การลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอุตสาหกรรม: กรณีศึกษาโรงงานผลิตผ้าอนามัยแห่งหนึ่ง

Electrical Energy Reduction in Industry: A Case Study of a Sanitary Napkin Factory

นายวิษุวัต ขานทอง

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา การจัดการงานวิศวกรรม

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสยาม

พุทธศักราช 2567

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสยาม

ใบรับรองสารนิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสยาม

หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ปริญญา

การจัดการงานวิศวกรรม (สาขาวิชา) บัณฑิตวิทยาลัย (คณะ)

เรื่อง การลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอุตสาหกรรม: กรณีศึกษาโรงงานผลิตผ้าอนามัยแห่งหนึ่ง

Electrical Energy Reduction in Industry: A Case Study of a Sanitary Napkin Factory

ผู้แต่ง นายวิษุวัต ขานทอง

Mr. Visuwat Khantong

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร.วีระกาจ ดอกจันทร์)

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร. ยุทธชัย บรรเทิงจิตร)

ผู้อำนวยการหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

วันที่ 7 เดือน ก.ค. พ.ศ. 2567

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่อง : การลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอุตสาหกรรม: กรณีศึกษาโรงงานผลิตผ้าอนามัยแห่งหนึ่ง

โดย : นายวิษุวัต ขานทอง

ชื่อปริญญา : วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา : การจัดการงานวิศวกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา : .....

(ดร.วีระกาจ ดอกจันทร์)

7 / 7 / 67

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนด้านพลังงานไฟฟ้าในโรงงานผลิตผ้าอนามัย เพื่อหามาตรการอนุรักษ์พลังงานที่เหมาะสม และเพื่อลดต้นทุนพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยการผลิตผลิตภัณฑ์ผ้าอนามัย

การวิเคราะห์เพื่อประเมินสถานะการณ์การใช้พลังงาน เป็นการประยุกต์ใช้เครื่องมือทางสถิติด้วยเครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด โดยนำข้อมูลใช้ในการวิเคราะห์หาสาเหตุการสูญเสียทางพลังงาน และกำหนดมาตรการการอนุรักษ์พลังงานโดยมุ่งเน้นที่จะปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานและการจัดการพลังงานเป็นหลัก

จากการศึกษาการอนุรักษ์พลังงานและการระดมสมองผู้เกี่ยวข้อง สรุปว่าระบบปรับอากาศมีการเสื่อมสภาพของแผงระบายความร้อนและปั๊มอัดสารหล่อเย็น เนื่องจากใช้มาแล้วร่วม 15 ปี ทำให้ประสิทธิภาพการทำความเย็นตกลงเหลือร้อยละ 77 เป็นปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนด้านพลังงานไฟฟ้า จึงได้กำหนดมาตรการอนุรักษ์พลังงาน 8 มาตรการคือ 1) เปลี่ยน Chiller ใหม่ลดพลังงานลงร้อยละ 44.77, 2) เปลี่ยนหอผึ่งเย็นใหม่ลดพลังงานลงร้อยละ 12, 3) ปรับปรุงเครื่องส่งลมเปลี่ยนมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงลดพลังงานลงร้อยละ 11.6, 4) เปลี่ยนใบพัดน้ำหนักเบาและมอเตอร์ของระบบหอผึ่งเย็นลดพลังงานร้อยละ 34, 5) ติดตั้งระบบกำจัดตะกรันของ Chiller อัตโนมัติ "Ball Technic" ลดพลังงานลงร้อยละ 14.2, 6) ปรับปรุงปั๊มน้ำเย็นของระบบ Chiller เปลี่ยนมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงลดพลังงานลงร้อยละ 11.89, 7) ติดตั้งโปรแกรม PLC ที่ชุดพัดลมดูดอากาศของระบบกำจัดฝุ่นลดพลังงานลงร้อยละ 6.6, 8) เปลี่ยนหลอดไฟเป็นหลอด LED ลดพลังงานร้อยละ 52.63 รวมเป็นเงินลงทุนทั้งหมด 18,113,381 บาท สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้ 8,944,287 บาท/ปี ถ้าคิดอายุโครงการ 5 ปีอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เท่ากับ 34% ระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 2.03 ปี ทำให้จากเดิมต้นทุนการผลิต 2.604 บาทต่อกิโลกรัม ลดลงเหลือ 2.476 บาทต่อกิโลกรัม หรือลดลงร้อยละ 4.902

คำสำคัญ: การลดการใช้พลังงานไฟฟ้า พลังงาน โรงงานผลิตผ้าอนามัย

ABSTRACT

Title : Electrical Energy Reduction in Industry: A Case Study of a Sanitary Napkin Factory

By : Mr. Visuwat Khantong

Degree : Master of Engineering

Major Field : Engineering Management

Advisor : .....

(Dr. Wee-rakarj Dokchan)

...7.../...7.../...24...

The purposes of this study were to determine the factors that affect the production energy cost of a Sanitary Napkin Factory to find suitable energy conservation measures and to reduce the cost of electricity per unit of sanitary napkin produced.

Analysis to assess energy consumption situation, QC 7 tools were used to analyze the causes of energy consumption and establish energy conservation program with a major focus on improving energy efficiency and energy management.

The study of energy conservation and brainstorming of stakeholders indicated that Low-efficiency air condition system that has been used for 15 years, the cooling efficiency has dropped to 77%. According to the analytical results, the 8 energy conservation measures were identified as follows: 1) changing a new chiller to make energy saving of 44.77%; 2) change a new cooling tower for the energy saving of 12%; 3) improve the air handing units by changing the motor to high efficiency for the energy saving of 11.6%; 4) replace the propeller and the motor of the cooling tower system for the energy saving of 34%; 5) install the automatic descaling system "Ball Technic" for the energy saving of 14.2%; 6) improve the water pump of the chiller system by changing the motor also to high efficiency for the energy saving of 11.89%; 7) install programmable logic controller at the blower to decrease the dust collector consumption for the energy saving of 6.6%; and 8)change the lamps to LED for the energy saving of 52.63%. The total investment was 18,113,381 Baht to be able to save electricity cost of 8,944,287 Baht / year. If the project life was 5 years, the internal rate of return (IRR) was 34% and the payback period was 2.03 years. The energy consumption of the production was reduced from 2.604 to 2.476 Baht per kilogram, or 4.902% reduction.

Keywords: Electrical Energy Reduction, Energy, Sanitary Napkin Factory

Approved by

.....

Director

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องด้วยได้รับความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงของ ดร.วีระกาจ ดอกจันทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ และ รศ. ดร. ยุทธชัย บรรเทิงจิตรที่ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะในการทำงานวิจัยฉบับนี้รวมถึงคณาจารย์บัณฑิตวิทยาลัย สาขาการจัดการงานวิศวกรรม มหาวิทยาลัยสยามทุกท่าน ซึ่งเป็นผู้ให้คำแนะนำและติดตามทั้งในการศึกษาการทำงานวิจัยและการให้ความรู้ต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างสูงสุดมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณทางคณะผู้บริหาร หัวหน้าแผนกและพนักงานทุกท่านของบริษัทกรณีศึกษาที่ได้มอบความช่วยเหลือ และสนับสนุนข้อมูลและอนุมัติการดำเนินงานวิจัย รวมถึงยังเป็นที่ปรึกษาในปัญหาต่างๆ ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีและสามารถนำผลสำเร็จของงานวิจัยนี้สามารถใช้งานได้จริง

วิษุวัต ขานทอง

พ.ศ. 2567

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	ฉ
สารบัญตาราง	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและสภาพของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	5
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	5
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	6
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6
1.6 คำนิยามศัพท์	6
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
2.1 ประเภทของผ้าอนามัย	7
2.2 ส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ผ้าอนามัย	8
2.3 กระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ผ้าอนามัย	10
2.4 ทฤษฎีและเครื่องมือวิเคราะห์	17
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	33
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	38
3.1 วิเคราะห์การใช้พลังงานของโรงงานผลิตผ้าอนามัย	40
3.2 ค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือน	42
3.3 สัดส่วนการใช้พลังงานของแต่ละระบบ	43
3.4 ค่าดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานจำเพาะ	44
3.5 ค่าไฟฟ้าต่อหน่วยการผลิต	45
3.6 ทบทวนและกำหนดเป้าหมายในการลดต้นทุน	51

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย	52
4.1 สาเหตุและปัจจัยที่ส่งผลต่อต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้า	52
4.2 จัดหามาตรการอนุรักษ์พลังงานเพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่กำหนด	56
4.3 มาตรการอนุรักษ์พลังงาน	57
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	75
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน	75
5.2 อภิปรายผล	80
5.3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม	82
บรรณานุกรม	83
ประวัติผู้เขียนสารนิพนธ์	84

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 รูปแสดงส่วนแบ่งตลาดผ้าอนามัยในประเทศไทยปี 2562	1
1.2 กราฟแสดงค่าไฟฟ้าโรงงานผลิตผ้าอนามัย (เดือนมกราคม 2560 – สิงหาคม 2562)	2
1.3 กราฟแสดงปริมาณไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง) เทียบกับ ปริมาณผลผลิต (กิโลกรัม)	3
1.4 แผนภาพการกระจายของปริมาณการใช้ไฟฟ้าเทียบกับปริมาณผลผลิต	4
1.5 การแสดงค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วยการผลิต	5
2.1 แสดงถึงกรรมวิธีการผลิตในเครื่องจักรโดยมีแผนผัง (Flow Diagram)	10
2.2 แสดงขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์ผ้าอนามัย	10
2.3 ค่า SEC และปริมาณผลผลิตในรอบ 12 เดือนของโรงงานแช่แข็งแห่งหนึ่ง	18
2.4 ตัวอย่างแบบตรวจสอบ (Check Sheet)	20
2.5 ตัวอย่างแผนผังพาเรโต้ (Pareto Diagram)	21
2.6 ตัวอย่างกราฟแท่ง	21
2.7 แผนผังแสดงเหตุและผล	22
2.8 Scatter Plot	23
2.9 Histogram Plot	24
2.10 แผนภูมิควบคุม	24
2.11 โครงสร้าง Why-Why Analysis	25
2.12 การกระจายของข้อมูลและสมการถดถอย	27
2.13 ตัวอย่างการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ	28
3.1 ความสัมพันธ์ของอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษกับอุตสาหกรรมอื่นๆ	38
3.2 กราฟแสดงปริมาณหน่วยไฟฟ้าในแต่ล่ะเดือนของปีฐาน (Baseline)	41
3.3 กราฟแสดงค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือน	42
3.4 แผนภาพการกระจายตัวปริมาณหน่วยไฟฟ้าเทียบกับปริมาณผลผลิต (กิโลกรัม)	42
3.5 สัดส่วนการใช้พลังงานแยกตามระบบ	43
3.6 แสดงค่าดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วยการผลิต (SEC)	44
3.7 กราฟแสดงค่าไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วยการผลิต (Cost/Product Unit)	45
3. 8 แสดงการวิเคราะห์ความถดถอย (Regression Analysis)	46

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.9 แสดงกราฟเส้นวิเคราะห์ความถดถอย (Regression Analysis) ระหว่างการใช้พลังงาน (kWh) เทียบกับปริมาณการผลิต (กิโลกรัม) 47
3.10 แสดง Residual Plots ของการใช้พลังงาน (kWh) ของโรงงานผลิตผ้าอนามัย 49
3.11 กราฟแสดงผลต่างระหว่างค่าการใช้พลังงานจริงและค่าการใช้พลังงานที่ควรจะเป็น 50
4.1 แผนผังแสดงเหตุและผล Cause And Effect Diagram 53
4.2 แผนภูมิพาเรโต้แสดงสาเหตุที่ส่งผลกระทบต่อต้นทุนพลังงาน 55
4.3 แสดงปัญหา Chiller No.9 ก่อนทำการปรับปรุง 58
4.4 แสดงปัญหา Cooling tower No.14 ก่อนทำการปรับปรุง 60
4.5 แสดงปัญหา Cooling tower No.18 ก่อนทำการปรับปรุง 63
4.6 แสดงส่วนประกอบและทิศทางการทำงานระบบกำจัดตะกรันอัตโนมัติ “บอลเทคนิค” 66
4.7 แสดงลักษณะ CHILLER 2 CYCLE 66
4.8 แสดงผลกระทบของตะกรันที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน 67
4.9 แสดงความหนาของตะกรันที่ส่งผลต่อกำลัง (HP/TR) 68
4.10 แสดงตำแหน่ง PUMP ของระบบ CHILLER No.15 69
4.11 แสดงตำแหน่ง Blower ของระบบ Duct Collector 71
4.12 แสดงตำแหน่งที่ทำการเปลี่ยนหลอดไฟ LED 73
5.1 แสดงผลดำเนินการลดต้นทุนพลังงานในโรงงานผลิตผ้าอนามัย 78
5.2 การตรวจติดตามการใช้พลังงาน (Energy Monitoring) 79
5.3 แสดงผลดำเนินการ ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า 80

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 ระยะเวลาในการดำเนินงาน	40
3.2 ตารางแสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าของโรงงาน ตั้งแต่ มกราคม พ.ศ. 2560	44
3.3 ตารางแสดงปริมาณการใช้พลังงานจำเพาะของโรงงาน	45
3.4 ตารางแสดงค่าไฟฟ้าต่อหน่วยของโรงงาน	51
4.1 วิเคราะห์ลำดับผลกระทบที่ส่งผลต่อต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้า	54
4.2 แสดงการวิเคราะห์ Why-Why-Analysis	56
4.3 แสดงรายละเอียดมอเตอร์ของ AHU	62
5.1 แสดงผลประหยัดจากมาตรการอนุรักษพลังงาน	76
5.2 ตารางแสดงค่าปริมาณการผลิต ค่าฟ้า หน่วยไฟฟ้า ไฟฟ้าต่อหน่วยและ SEC	77

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและสภาพของปัญหา

1.1.1 ความเป็นมา

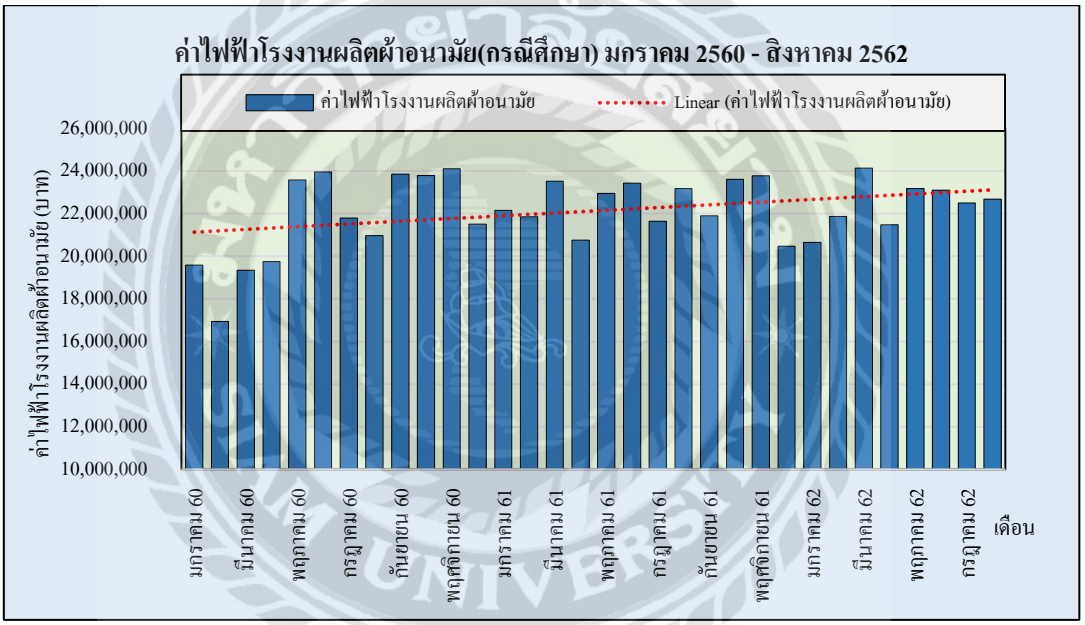
ผลิตภัณฑ์ผ้าอนามัย จัดเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อการบริโภค (**Consumer Products)** หมายถึง สินค้า **(Goods)** ที่ผู้ซื้อซื้อไปเพื่อนำไปบริโภคอุปโภคเองหรือซื้อไปสำหรับใช้ในครัวเรือนขั้นสุดท้าย มิได้เป็นการซื้อเพื่อนำไปผลิตหรือขายต่อ เรียกผู้ซื่อนี้ว่า ผู้บริโภคคนสุดท้าย สินค้าที่ใช้เพื่อการบริโภค

ธุรกิจตลาดผ้าอนามัยในเมืองไทยเติบโตเฉลี่ยปีละ 3-5% มีมูลค่าในแง่ของจำนวนอยู่ที่ 140 ล้านชิ้นต่อเดือน แบ่งเป็น ผ้าอนามัยสำหรับกลางวัน 66.3% และผ้าอนามัยสำหรับกลางคืน 33.7% โดยมีโซฟีเป็นผู้นำตลาด มีส่วนแบ่งอยู่ที่ 50% ตามด้วย ลอรีเอะ 37%, โมเดส 10% และอื่นๆ 3% จะเห็นได้ว่าตลาดผ้าอนามัยมีการแข่งขันเพื่อแย่งชิงลูกค้าอย่างดุเดือด โดยแต่ละ แบรนด์เร่งจัดกลยุทธ์บริการใหม่ ๆ และจัดโปรโมชั่นทำตลาดผ่านช่องทางออนไลน์และออฟไลน์ เพื่อกระตุ้นความสนใจและกำลังซื้อของผู้บริโภคตลอดทั้งปี

รูปที่ 1. 1 รูปแสดงส่วนแบ่งตลาดผ้าอนามัยในประเทศไทยปี 2562

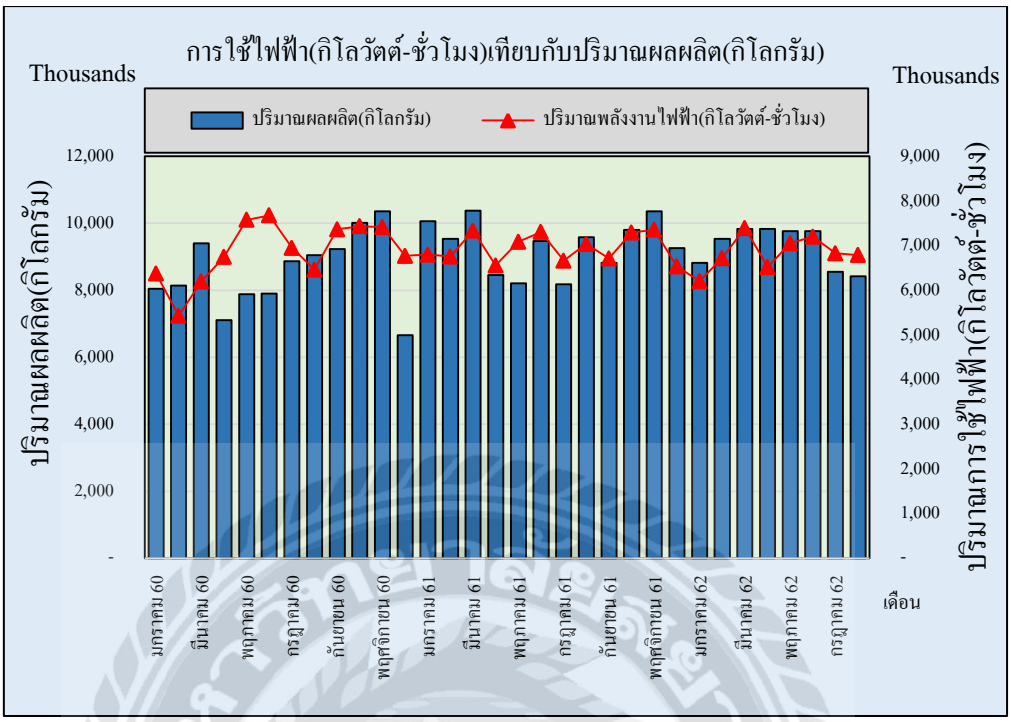
1.1.2 สภาพของปัญหา

เนื่องจากปัจจุบันมีคู่แข่งทางด้านธุรกิจผลิตภัณฑ์ประเภทผ้าอนามัยเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกิดส่วนแบ่งทางการตลาดทำให้บริษัทเกิดผลกระทบต่อรายได้โดยรวมของบริษัท จากการแข่งขันดังกล่าวจะต้องอาศัยปัจจัยที่มาจาก คุณภาพ เวลา และต้นทุนซึ่งเป็นปัจจัยหลัก ๆ ในการดำเนินธุรกิจ การลดต้นทุนที่ได้รับความนิยมอย่างยิ่งจากผู้ประกอบการได้แก่ การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงงาน เพราะอุตสาหกรรมผ้าอนามัยเป็นอุตสาหกรรมที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นปัจจัยหลักในการผลิต ทดสอบ ตลอดจนการดำเนินกิจการต่างๆ



รูปที่ 1. 2 กราฟแสดงค่าไฟฟ้าโรงงานผลิตผ้าอนามัย (เดือนมกราคม 2560 – สิงหาคม 2562)

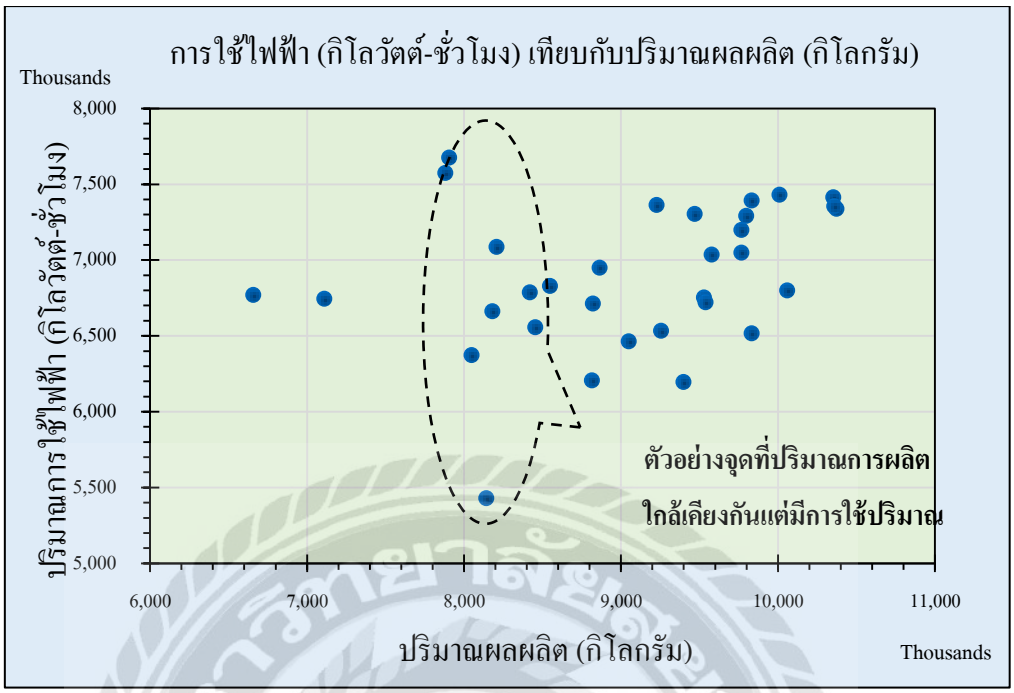
จากข้อมูลค่าไฟฟ้าโรงงานผลิตผ้าอนามัยตั้งแต่เดือนมกราคม 2560 ถึง สิงหาคม2562 มีแนวโน้วความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงขึ้นต่อเนื่อง



รูปที่ 1. 3 กราฟแสดงปริมาณไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง) เทียบกับ ปริมาณผลผลิต (กิโลกรัม) เดือนมกราคม 2560 – สิงหาคม 2562

จากข้อมูลแสดงปริมาณไฟฟ้าเทียบกับปริมาณผลผลิตพบที่มีปริมาณการผลิตใกล้เคียงกัน แต่ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่างกัน

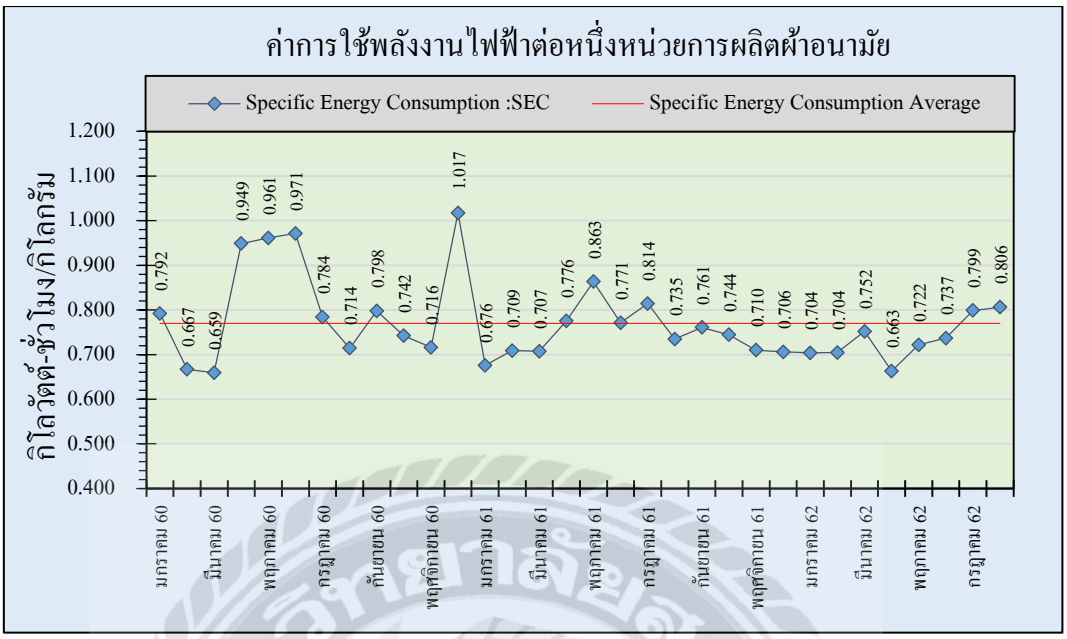
เพื่อให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้ไฟฟ้าเทียบกับปริมาณของผลผลิต ผู้วิจัยจึงนำข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้ามาเทียบกับปริมาณการผลิตในช่วงเวลาเดียวกัน ตั้งแต่เดือนมกราคม 2561 – สิงหาคม 2562 มาทำแผนภาพการกระจาย (Scatter Plot) เพื่อหาความสัมพันธ์ของกลุ่มของข้อมูล



รูปที่ 1. 4 แผนภาพการกระจายของปริมาณการใช้ไฟฟ้าเทียบกับปริมาณผลผลิต

จากแผนภาพการกระจายตัว (Scatter Plot) ทำให้ทราบว่าที่ปริมาณการผลิตผ้าอนามัยใกล้เคียงกันแต่พบความผิดปรกติมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าต่างกันอย่างชัดเจน โดยในบางเดือนมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงกว่าการคาดการณ์ไว้ ซึ่งมีสาเหตุจากหลายปัจจัยที่เป็นไปได้ เช่น การเปลี่ยนรุ่นของผ้าอนามัย การเพิ่มเครื่องจักรการผลิต การเปลี่ยนแปลงของฤดูกาล ประสิทธิภาพของเครื่องจักรในโรงงานลดลง

เพื่อให้ทราบถึงปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วยการผลิตผ้าอนามัย โดยทำการพิจารณาดัชนีชี้วัดที่ชี้บ่งถึงการใช้พลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption : SEC) ของโรงงานผลิตผ้าอนามัย ตั้งแต่เดือนมกราคม 2560 ถึง สิงหาคม 2562 ให้เห็นแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วยการผลิตผ้าอนามัย



รูปที่ 1.5 การแสดงค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วยการผลิต

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนด้านพลังงานไฟฟ้าในโรงงานผลิตผ้าอนามัย

1.2.2 เพื่อหามาตรการอนุรักษ์พลังงานที่เหมาะสมและลดต้นทุนการใช้พลังงานโรงงานผลิตผ้าอนามัย

1.2.3 เพื่อลดต้นทุนพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยการผลิตผ้าอนามัย

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 คัดเลือกโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ผ้าอนามัย 1 โรงงานเพื่อศึกษาข้อมูล และทำการวิจัย

1.3.2 ลดต้นทุนด้านการใช้พลังงานของโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ผ้าอนามัย โดยลดการใช้ไฟฟ้าในกิจกรรมที่ไม่เกี่ยวข้องกับข้อมูลผลิตภัณฑ์ ไม่ส่งผลต่อ ยอดการผลิต คุณภาพของผลิตภัณฑ์และความปลอดภัยในการทำงาน

1.3.3 ศึกษาและทำการลดต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ผ้าอนามัย

1.3.4 ใช้ชุดข้อมูลพื้นฐานด้านพลังงานและปริมาณผลผลิตผลิตภัณฑ์ผ้าอนามัยจากคณะทำงานด้านการจัดการพลังงานโรงงานควบคุม

1.3.5 ขอบเขตด้านระยะเวลาตั้งแต่เดือน มกราคม 2561 – สิงหาคม 2562

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ศึกษาและทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการวางกรอบงานวิจัย

1.4.1 ประเมินการใช้พลังงานด้านไฟฟ้าและการจัดการพลังงานเบื้องต้น

1.4.2 จัดหามาตรการอนุรักษ์พลังงานเพื่อลดต้นทุนพลังงานไฟฟ้า

1.4.3 ดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานตามแผนงาน เพื่อลดต้นทุนพลังงานไฟฟ้า

1.4.4 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายต้นทันพลังงานก่อนดำเนินการและหลังดำเนินการ

1.4.5 วิเคราะห์ผลที่ได้จากมาตรการอนุรักษ์พลังงงานแต่ละมาตรการไปประยุกต์ใช้

1.4.6 สรุปผลการวิจัย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้แนวทางในวิธีการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

1.5.2 ทราบถึงศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานในโรงงาน

1.5.3 สามารถนำแนวทางการอนุรักษ์พลังงานด้านไฟฟ้าไปประยุกต์ใช้กับโรงงานอื่นๆได้

1.6 คำนิยามศัพท์

คำนิยามศัพท์มีดังต่อไปนี้

1.6.1 ดัชนีพลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption: SEC)เป็นดัชนีติดตามประสิทธิภาพการใช้พลังงานในระดับรายผลผลิตในกระบวนการผลิต โดยวัดปริมาณพลังงานที่ใช้เทียบกับหน่วยนับของผลผลิตทางกายภาพ

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แบ่งเป็นสามส่วนหลักๆ คือในส่วนแรก กระบวนการผลิตผ้าอนามัย ส่วนที่สองหลักการ ทฤษฎีและเครื่องมือต่างๆที่นำมาวิเคราะห์หาสาเหตุหรือปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้ไฟฟ้าในโรงงานผลิตผ้าอนามัย ส่วนที่สามจะกล่าวถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อมาเป็นแนวทางในการดำเนินการวิจัย

2.1 ประเภทของผ้าอนามัย

ผลิตภัณฑ์ผ้าอนามัยเป็นผลิตภัณฑ์ส่วนบุคคลสำหรับผู้หญิง โดยช่วงเวลาของของการใช้งานจะเป็นช่วงที่มีประจำเดือน ประมาณ 4-6 วันในแต่ละเดือน หน้าที่หลักของผลิตภัณฑ์ผ้าอนามัยนั้น จะทำหน้าที่ในการดูดซับของเหลวในช่วงที่มีประจำเดือน

2.1.1 ประเภทความหนามาก และแผ่นตรง (Maxi Straight Pad)

เป็นผลิตภัณฑ์ที่เหมาะกับวันเริ่มต้นของการมีประจำเดือน หรือช่วงวันที่มามาก ซึ่งต้องการการซึมซับที่มากกว่าปกติ เพราะเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนประกอบของสารดูดซับมาก (Fluff และ SAM) ทำให้มีความหนามากตามไปด้วย และแผ่นตรงนั้นเป็นรูปลักษณ์ของสินค้า โดยรูปลักษณ์ประเภทนี้จะมีการกระชับของแผ่นผ้าอนามัยกับกางเกงชั้นในมากกว่ารูปลักษณ์ประเภทอื่น

2.1.2 ประเภทความหนาน้อย และแผ่นตรง (Slim Straight Pad)

เป็นผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสำหรับช่วงกลางของการมีประจำเดือน หรือช่วงวันที่มาน้อย ซึ่งไม้ต้องการการซึมซับมาก และไม่ต้องการให้รู้สึกถึงความหนาเทอะทะในขณะสวมใส่ เพราะเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนประกอบของสารดูดซับ (Fluff และ SAM) น้อยกว่าประเภทความหนามาก ส่วนรายละเอียดของรูปลักษณ์ประเภทแผ่นตรงนั้นเหมือนกับประเภทความหนามาก และแผ่นตรง

2.1.3 ประเภทความหนามาก และแผ่นปีก (Maxi Wing Pad)

เป็นผลิตภัณฑ์ที่เหมาะกับวันเริ่มต้นของการมีประจำเดือน โดยมีรายละเอียดเหมือนกับประเภทความหนามาก และแผ่นตรงและหน้าที่ของแผ่นปีกนั้นมีหน้าที่ปกป้องด้านข้างของกางเกงชั้นในไม่ให้เปื้อน

2.1.4 ประเภทความหนาน้อย และแผ่นปีก (Slim Wing Pad)

เป็นผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสำหรับช่วงกลางของการมีประจำเดือน โดยมีรายละเอียดเหมือนกับประเภทความหนาน้อย และแผ่นตรง และรายละเอียดของรูปลักษณ์ประเภทแผ่นปีกนั้นเหมือนกับประเภทความหนามาก และแผ่นปีก

2.1.5 ประเภทกลางคืน (Overnight)

เป็นผลิตภัณฑ์ผ้าอนามัยที่มีความหนา ความกว่าและความยาวมากกว่าประเภทอื่นๆ เหมาะสำหรับการสวมใส่ในช่วงกลางคืนซึ่งไม่ต้องการให้เกิดการซึมเปื้อนออกสู่ด้านข้างและด้านหลัง ซึ่งผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 ประเภทข้างต้นไม่สามารถปกป้องได้เพียงพอ ลูกค้าจะใช้ในช่วงวันเริ่มต้นของการมีประจำเดือน หรือช่วงวันที่มามาก ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้มีราคาที่แพงมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 ประเภทข้างต้น แต่เมื่อเปรียบเทียบถึงความต้องการในการ

2.2 ส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ผ้าอนามัย

2.2.1 Pulp

เป็นวัตถุดิบของการผลิตผลิตภัณฑ์ผ้าอนามัย ซึ่งเมื่อผ่านกระบวนการผลิตจะมีลักษณะเป็นสำลีที่ละเอียดเรียกว่า Fluff อยู่ด้านในของผลิตภัณฑ์ผ้าอนามัย คุณสมบัติที่สำคัญคือ จะต้องมีความอ่อนนุ่ม มีความสามารถในการดูดซับของเหลว และจะต้องมีคุณสมบัติในการเกาะติดซึ่งกันและกันเพื่อไม่ให้เกิดการแตกของตัวมันเองในขณะใช้งาน สิ่งที่มีความสำคัญของการเลือกประเภทของ Pulp ที่นำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ผ้าอนามัยอีกอย่างหนึ่งก็คือ จะต้องไม่มีส่วนผสมของคลอรีนใน Pulp ชนิดนั้น

2.2.2 Super Absorbent Material (SAM)

คุณลักษณะภายนอกของ SAM มีลักษณะเป็นผง หน้าที่ของ SAM ในผลิตภัณฑ์ผ้าอนามัย คือ ช่วยในการดูดซับน้ำาและของเหลวและรักษาของเหลวนั้นไว้ในลักษณะของ SAM ที่พองตัวเป็น Gel หลังจากที่ได้มีการดูดซับของเหลวนั้นไว้ ในผลิตภัณฑ์ผ้าอนามัย SAM จะเป็นส่วนประกอบที่ผสมอยู่กับ Fluff และจะถูกปกคลุมด้วย Nonwoven และ Poly Outer Cover

2.2.3 Poly Outer Cover (PE)

มีหลายชนิด ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้ของผู้ผลิตแต่ละราย

- **Poly Breathable** มีลักษณะที่มีรูพรุนเล็กๆ ช่วยในการระบายความอับชื้น แต่มีราคาที่แพงเมื่อเปรียบเทียบกับ **Poly** ชนิดอื่น
- **Plain Poly** มีลักษณะเหมือนพลาสติกทั่วไป

2.2.4 Poly Dimple

มีลักษณะภายนอก ลวดลายเหมือนกับ **Poly Breathable**

2.2.5 Nonwoven

คุณสมบัติที่สำคัญคือ จะต้องมีความสามารถในการที่ของเหลวจะสามารถไหลผ่านลงสู่อีกด้านหนึ่งได้เป็นอย่างดี **(Hydrophilic)** มีความอ่อนนุ่ม ไม่อับชื้น ไม่เปื่อยและขาดง่ายเมื่อเปียกน้ำ และจะต้องไม่สร้างความระคายเคืองกับผิวหนัง เพราะ **Nonwoven** จะเป็นส่วนที่สัมผัสกับผิวหนังมากที่สุด

2.2.6 Garment Tape

มีหน้าที่ช่วยปกป้องกาวบนผลิตภัณฑ์ผ้าอนามัยก่อนการใช้งาน โดยลูกค้าจะดึง Garment tape นี้ออกก่อนที่จะนำผลิตภัณฑ์ผ้าอนามัยติดไว้ที่กางเกงชั้นใน

2.2.7 Construction Adhesive

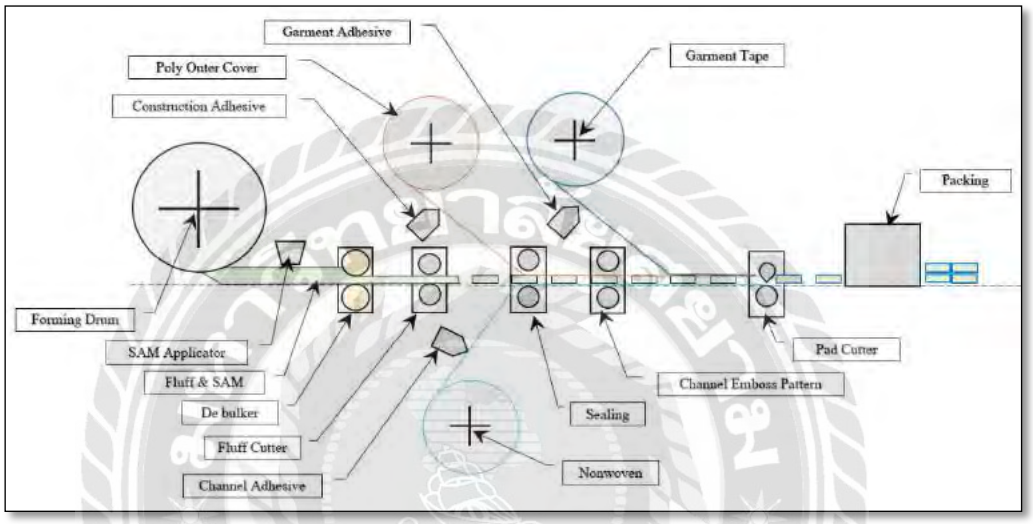
มีหน้าที่หลักคือ ช่วยยึดติดส่วนประกอบต่างๆของผลิตภัณฑ์ผ้าอนามัยเข้าด้วยกัน สามารถเป็นประเภทเดียวกันกับกาว Channel Adhesive

2.2.8 Garment Adhesive

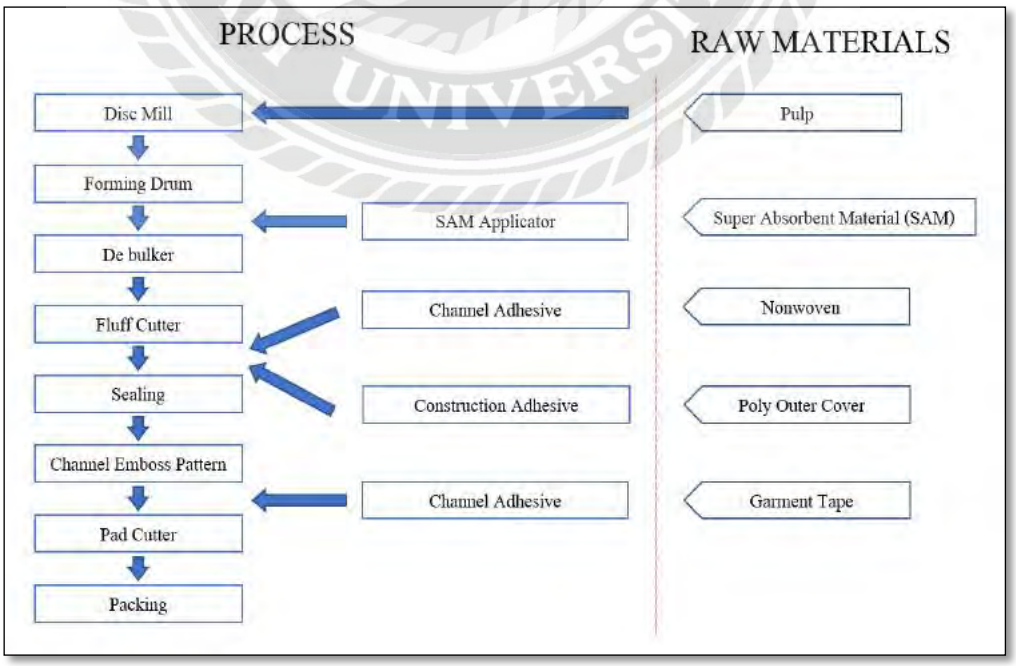
มีหน้าที่หลักคือ ช่วยในการยึดติดผลิตภัณฑ์ผ้าอนามัยกับกางเกงชั้นในเข้าด้วยกันในขณะใช้งาน

2.3 กระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ผ้าอนามัย

กระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ผ้าอนามัยเป็นกระบวนการผลิตแบบอัตโนมัติ (Automated Process) ซึ่งกระบวนการผลิตประเภทนี้จะใช้คนงานในการควบคุมดูแลเครื่องจักรเป็นหลัก การทำงานจำเป็นต้องมีความสัมพันธ์กันเพราะมีเป้าหมายในการทำงานร่วมกัน การทำงานร่วมกันเพื่อบรรลุเป้าหมายร่วมกัน



รูปที่ 2. 1 แสดงถึงกรรมวิธีการผลิตในเครื่องจักร โดยมีแผนผัง (FLOW DIAGRAM)



รูปที่ 2. 2 แสดงขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์ผ้าอนามัย

2.3.1 Disc Mill

เป็นกระบวนการแรกของการผลิตผลิตภัณฑ์ผ้าอนามัย ทำหน้าที่ในการบด ตี Pulp ให้ละเอียด ส่วนประกอบของระบบการทำงานที่สำคัญของ Disc Mill คือ

2.3.1.1 ระยะห่างระหว่างใบมีด

โดยระยะห่างที่ดีที่สุดจะต้องใกล้เคียงกับความหนาของ Pulp ที่ใช้งาน ถ้าระยะห่างระหว่างใบมีดมากเกินไปจะทำให้ Pulp ไม่ละเอียดส่งผลให้ค่า %Fiberization ต่ำแต่ถ้าระยะระหว่างใบมีดน้อยเกินไปจะทำให้เกิดการสะสมของ Pulp และทำให้เกิดการไหม้ใน Disc Mill ได้

2.3.1.2 ความคมของใบมีด

ความคมของใบมีดมีผลต่อความละเอียดของ Fluff ถ้าใบมีดไม่คมจะทำให้ค่า % Fiberization ต่ำ

2.3.1.3 อัตราการ Feed Pulp

เป็นการปรับความเร็วของ Motor โดยถ้าต้องการน้ำหนัก Fluff น้อยก็ทำการลดอัตราการ Feed Pulp และถ้าต้องการน้ำหนักFluff มากก็ทำการเพิ่มอัตราการ Feed Pulp

2.3.2 Forming Drum

หลังจากที่ Pulp ถูกกระบวนการ Disc Mill ทำให้ละเอียดออกเป็น Fluff แล้ว Fluff นั้นจะผ่านมาตามท่อส่งเพื่อเข้าสู่กระบวนการของการ Forming ที่เรียกว่า Forming Drum ส่วนประกอบของระบบการทำงานที่สำคัญของ Forming Fluff คือ

2.3.2.1 ตะแกรง Forming Drum

นั้นมีลักษณะเหมือนกับมุ่งลวด เพราะรูของมุ้งลวดนั้นจะมีหน้าที่ในการดูด Fluff ให้ยึดติดที่ตะแกรง ดังนั้นการทำความสะอาดตะแกรงจึงเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยในเรื่องของการ Forming Fluff ที่ดี ส่งผลให้น้ำหนัก Fluff ที่ออกไปแต่ละแผ่นมีน้ำหนักที่มีค่าความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์น้อย

2.3.2.2 Air Pressure

เป็นสิ่งที่สำคัญที่ช่วยในการดูด Fluff ให้ติดที่ตะแกรง

2.3.2.3 แปรงปัด Fluff

หน้าที่ของแปรงปัด Fluff ใน Forming Drum จะทำหน้าที่ในการปัด Fluff ให้สม่ำเสมอและเรียบ โดยใน Forming Drum จะมีแปรงปัด Fluff อยู่ 3 จุดซึ่งมีหน้าที่การทำงานที่แตกต่างกัน และ

คุณสมบัติของแปรงปัด Fluff ทั้ง 3 จุดก็แตกต่างกันด้วย แปรงปัด Fluff ที่ดีต้องไม่แหว่ง และความยาวของขนแปรงต้องเท่ากันคือ

- ตัวที่ 1 จะเป็นแปรงที่มีความละเอียดของขนแปรงไม่มาก โดยมีหน้าที่คือ จะปัด Fluff ใน Forming Drum อย่างหยาบครั้งแรก
- ตัวที่ 2 จะเป็นแปรงที่มีความละเอียดของขนแปรงปานกลาง โดยมีหน้าทีคือ จะปัด Fluff ใน Forming Drum ในระดับกลางๆ
- ตัวที่ 3 จะเป็นแปรงที่มีความละเอียดของขนแปรงมาก โดยมีหน้าที่คือ จะปัด Fluff ใน Forming Drum ขั้นสุดท้าย และ Fluff ที่ได้ต้องเรียบและสม่ำเสมอ

2.3.2.4 ระยะห่างของแปรงปัด Fluff ถึง Fluff

ระยะห่างนี้มีผลต่อความเรียบของ Fluff และมีความสัมพันธ์กับสภาพของขนแปรงปัด Fluff

2.3.2.5 สักหลาด Seal Forming Drum

ถ้าสภาพของสักหลาดไม่ดีมีผลทำให้ Air Pressure ใน Forming Drum รั่วออกมาด้านนอก ทำให้การ Forming ของ Fluff ไม่ดี

2.3.3 SAM Applicator

เป็นกระบวนการในการส่ง SAM ออกมาสู่ Fluff ที่ได้หลังจากออกจาก Forming Drum ส่วนประกอบของระบบการทำงานที่สำคัญของ SAM Applicator คือ

2.3.3.1 อัตราการ Feed SAM

เป็นปรับความเร็วของ Motor โดยถ้าต้องการน้ำหนัก SAM น้อยก็ทำการลดอัตราการ Feed SAM และถ้าต้องการน้ำหนัก SAM มากก็ทำการเพิ่มอัตราการ Feed SAM De bulker

2.3.4 De bulker

เมื่อได้รับ Fluff และ SAM แล้ว จะผ่านมาที่กระบวนการ De bulker ซึ่งก็คือกระบวนการที่ควบคุมความหนาของ Fluff และ SAM ให้ได้ความหนาเท่าที่ต้องการ ส่วนประกอบของระบบการทำงานที่สำคัญของ De bulker คือ

2.3.4.1 De bulker Gap

ช่องห่างของ De bulker ถ้าต้องการให้ความหนาลดลงก็ทำการปรับลดช่องห่าง และถ้าต้องการความหนามากก็ทำการเพิ่มช่องห่างดังกล่าว

2.3.5 Fluff Cutter

หลังจากผ่านกระบวนการ De bulker แล้ว จะเข้าสู่กระบวนการตัด Fluff ให้ออกมาเป็นขนาดตามต้องการ โดยสัมพันธ์กับขนาดของมีด ส่วนประกอบของระบบการทำงานของ Fluff Cutter ที่สำคัญ คือ

2.3.5.1 ขนาดของมีด

เป็นการออกแบบขนาดของความกว้างและความยาวของมีดให้สัมพันธ์กับขนาดของ Fluff ที่ต้องการ

2.3.5.2 ความคมของมีด

มีดที่ดีจะต้องสามารถตัด Fluff อย่างมีประสิทธิภาพโดยที่ไม่มีเศษ Fluff หลงเหลืออยู่ เพราะเศษ Fluff นั้นจะเข้าไปอยู่ใน End Seal และ Side Seal ทำให้ค่า End Seal Strength และ Side Seal Strength ต่ำ หรือบางครั้งรอบ End Seal และ Side Seal จะเปิดออกเพราะสาเหตุมาจากเศษ Fluff ที่ตัดไม่ขาดดังกล่าว

2.3.6 Sealing

เป็นกระบวนการหลังจากการรวมตัวกันของ Poly Outer Cover, Nonwoven, Construction Adhesive และ Fluff ที่ผ่านการตัดด้วย Fluff Cutter แล้ว เป็นกระบวนการที่ทำหน้าที่กดแผ่นผ้าอนามัยเพื่อเพิ่มค่า End Seal Strength และ Side Seal Strength ส่วนประกอบของระบบการทำงานที่สำคัญของ Sealing คือ

2.3.6.1 Sealing Gap

ช่องห่างของ Sealing ถ้าช่องห่างมากเกินไปจะส่งผลให้ค่า Seal Strength ต่ำ แต่ถ้าช่องห่างน้อยเกินไปจะทำให้เกิดความลำบากในการผลิต

2.3.6.2 สภาพผิวของ Sealing

มีความสำคัญในการกดมาก เพราะถ้าพื้นผิวเกิดการสึกหรอไม่เท่ากัน จะส่งผลให้ค่า Seal Strength ต่ำ

2.3.6.3 Hydraulic Pressure

เป็นค่าแรงดันในการกดของชุด Sealing Channel Pattern Emboss

2.3.7 Channel Pattern Emboss

หลังจากผ่านกระบวนการ Sealing แล้วจะผ่านมาที่กระบวนการของ Channel Pattern Emboss หรือการย้ำลวดลายลงบนแผ่น ความสำคัญของการย้ำลวดลายนี้คือ เป็นการเพิ่มการปกป้องของเหลวไม่ให้ซึมเปลี้อนไปที่ด้านข้างหรือด้านหน้า ส่วนประกอบของระบบการทำงานที่สำคัญของ Channel Pattern Emboss คือ

2.3.7.1 ขนาดของ Channel Pattern Emboss

เป็นการออกแบบขนาดของความกว้างและความยาวของ Channel Pattern Emboss ให้สัมพันธ์กับความต้องการของลูกค้า

2.3.7.2 อุณหภูมิ Channel Pattern Emboss

เป็นอุณหภูมิที่ใช้ในการกดแผ่นผ้าอนามัยเพื่อให้เกิดรอยย้ำที่ชัดเจน อุณหภูมิถ้ามากเกินไปจะมีผลทำให้ Nonwoven ขาด แต่ถ้าอุณหภูมิน้อยเกินไปจะทำให้รอยย้ำบนแผ่นผ่าอนามัยไม่ชัดเจน

2.3.7.3 Channel Pattern Emboss Gap

ช่องห่างของ Channel Pattern Emboss ถ้าช่องห่างมากเกินไปจะส่งผลให้รอยย้ำบนแผ่นผ้าอนามัยไม่ชัดเจน แต่ถ้าช่องห่างน้อยเกินไปจะทำให้ผลิตภัณฑ์ผ้าอนามัยเกิดการแตกเนื่องการกดมากเกินไป

2.3.7.4 Hydraulic Pressure

เป็นค่าแรงดันในการกดของชุด Channel Pattern Emboss

2.3.8 Construction Adhesive

เป็นกาวที่ใช้ในการยึดติดส่วนประกอบทุกตัวในผ้าอนามัยเข้าด้วยกัน ส่วนประกอบของระบบการทำงานที่สำคัญของระบบกาว Construction Adhesive คือ

2.3.8.1 อุณหภูมิกาว Construction Adhesive

อุณหภูมิมีผลต่อการละลายของกาว ถ้าอุณหภูมิน้อยเกินไป การละลายของกาวจะไม่ดีเท่าที่ควร ทำให้คุณสมบัติในเรื่องความเหนียวของกาวก็จะต่ำ ส่งผลต่อค่า Seal Strength ของผลิตภัณฑ์จะต่ำตามไปด้วย ซึ่งจะเกิดการฉีกขาดบริเวณรอย Seal ทำให้ Fluff ที่อยู่ด้านในหลุด

ออกมาในขณะใช้งานแต่ถ้าอุณหภูมิมากเกินไปจะส่งผลPoly Outer Cover Unwind เสียในระยะยาว คือ จะเกิดการไหม้ของกาวเองและส่วนประกอบของเครื่องจักรจะเสื่อมสภาพเร็วกว่าปกติ

2.3.8.2 Filter กาว

มีผลต่อปริมาณกาวที่ใช้ในกระบวนการผลิต ถ้า Filter ตันปริมาณกาวจะน้อย

2.3.8.3 ปริมาณกาวที่ใช้

จะสัมพันธ์กับความเหนียวของกาวแต่ละชนิด

2.3.9 Channel Adhesive

เป็นกาวที่ใช้ในการยึดติดของ Nonwoven กับ Fluff เพื่อให้เกิดรอยย้ำบนผลิตภัณฑ์ผ้าอนามัยที่ชัดเจน ส่วนประกอบของระบบการทำงานที่สำคัญของระบบกาว Channel Adhesive คือ

2.3.9.1 อุณหภูมิกาว Channel Adhesive

อุณหภูมิมีผลต่อการละลายของกาว ถ้าอุณหภูมิน้อยเกินไป การละลายของกาวจะไม่ดีเท่าที่ควร ทำให้คุณสมบัติในเรื่องความเหนียวของกาวก็จะต่ำ ส่งผลต่อรอยย้ำของ Channel บนผลิตภัณฑ์ผ้าอนามัยไม่ชัดเจน แต่ถ้าอุณหภูมิมากเกินไปจะส่งผลเสียในระยะยาวคือ จะเกิดการไหม้ของกาวเองและส่วนประกอบของเครื่องจักรจะเสื่อมสภาพเร็วกว่าปกติ

2.3.9.2 Filter กาว

มีผลต่อปริมาณกาวที่ใช้ในกระบวนการผลิต ถ้า Filter ตันปริมาณกาวจะน้อย

2.3.9.3 ปริมาณกาวที่ใช้

จะสัมพันธ์กับความเหนียวของกาวแต่ละชนิด

2.3.10 Poly Outer Cover Unwind

เป็นส่วนหนึ่งในกระบวนการผลิต เพื่อสำหรับการใส่วัตถุดิบคือ Poly Outer Cover ที่แกนของวัตถุดิบ เมื่อกระบวนการผลิตดำเนินไป ม้วน Poly Outer Cover นี้ ก็จะหมุนตามเพื่อให้ Poly Outer Cover ถูกปกคลุม (Coat) ด้วยกาว Construction Adhesive และไปยึดติดกับ Fluff และ Nonwoven ก่อนที่กระบวนการจะผ่านไปที่ Sealing และ Channel Pattern Emboss ตามลำดับ

2.3.11 Nonwoven Unwind

เป็นส่วนหนึ่งในกระบวนการผลิต มีหน้าที่สำหรับใส่วัตถุดิบคือ Nonwoven ที่แกนของวัตถุดิบ เมื่อกระบวนการผลิตดำเนินไป ม้วน Nonwoven นี้ ก็จะหมุนตามเพื่อให้ Nonwoven ถูกปกคลุม (Coat) ด้วยกาว Channel Adhesive และไปยึดติดกับ Fluff และ Poly Outer Cover ก่อนที่กระบวนการจะผ่านไปที่ Sealing และ Channel Pattern Emboss ตามลำดับ Garment Tape Unwind

2.3.12 Garment Tape Unwind

เป็นส่วนหนึ่งในกระบวนการผลิต เพื่อสำหรับการใส่วัตถุดิบคือ Garment Tape ที่แกนของวัตถุดิบ เมื่อกระบวนการผลิตดำเนินไป ม้วน Garment Tape นี้ ก็จะหมุนตามเพื่อให้ Garment Tape ถูกปกคลุม (Coat) ด้วยกาว Garment Adhesive และไปติดกับ Poly Outer Cover ก่อนที่กระบวนการจะผ่านไปที่ Pad Cutter

2.3.13 Packing

เป็นกระบวนการสุดท้ายในการผลิตผลิตภัณฑ์ผ้าอนามัย ทำหน้าที่ในการ บรรจุผลิตภัณฑ์ผ้าอนามัยไว้ในถุงพลาสติก เพื่อปกป้องสิ่งสกปรกจากภายนอก

สำหรับกระบวนการผลิตที่ได้กล่าวมานี้ ผู้ผลิตแต่ละรายจะมีการใช้การเทคโนโลยีการผลิตที่ต่างกันไป กับกระบวนการผลิตที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น แต่กระบวนการผลิตลิตภัณฑ์ผ้าอนามัยโดยทั่วไปจะมีลักษณะคล้ายกัน ความแต่ต่างที่ไม่เหมือนกันนี้ ขึ้นอยู่กับประเภทของผลิตภัณฑ์ผ้าอนามัย

2.4 ทฤษฎีและเครื่องมือวิเคราะห์

2.4.1 ดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption: SEC)

การประเมินการใช้พลังงานของโรงงานอุตสาหกรรมมีส่วนสำคัญเป็นอย่างยิ่งที่จะทำให้ผู้ประกอบการได้ทราบถึงประสิทธิภาพในการใช้พลังงานเพื่อนำไปสู่การพัฒนาเพื่อลดต้นทุนด้านการใช้พลังงาน ซึ่งค่าดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานจำเพาะเป็นตัวชี้วัดปริมาณการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิตที่โรงงานผลิตนั้นๆได้รับ โดยคำนวณมาจากปริมาณการใช้พลังงานที่โรงงานได้ใช้ไปเทียบกับปริมาณการผลิตในช่วงเวลาหนึ่ง เช่น 1 เดือน หรือ 1 ปี ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$SEC = \frac{\Sigma\, Energy\ Input(Mj\ or\ kWh)}{\Sigma\, Production\ Output\ (Unit)}$$

โดยที่

SEC = ค่าดัชนีชี้วัดการใช้พลังงาน

Energy Input = ผลรวมของพลังงานโดยคิดจากพลังงานสุทธิ

Product Output = ผลรวมของปริมาณผลผลิตในช่วงเวลาเดียวกัน

2.4.2 การคำนวณค่า SEC

ค่า SEC หาได้ โดยการเอาพลังงานที่โรงงานใช้ ในช่วงเวลาที่สนใจ ซึ่งมักจะเป็นเดือน หารด้วยผลผลิตในเดือน สามารถคำนวณ SEC ของพลังงานไฟฟ้า Specific Energy Consumption Electrical (SECE) หรือ SEC ของพลังงานความร้อน Specific Energy Consumption Heat (SECH) หรือ SEC ของการใช้พลังงานรวม (SEC) ขึ้นอยู่กับประเภทของพลังงานที่เอามาคิด หรือว่าเราสนใจจะดูว่าอะไร โดยทั่วไปเราจะสนใจมักจะเป็นค่า SEC ของการใช้พลังงานรวม ตัวอย่างการคิดค่า SEC เช่น โรงงานแห่งหนึ่งมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในเดือนหนึ่ง 1,000,000 หน่วย (kWh) และความร้อนที่ใช้ได้จากน้ำมันเตา ปริมาณ 5,000 ลิตรต่อเดือน ค่าความร้อน ผู้ผลิตแจ้งค่าความร้อนเท่ากับ 39.77 MJ/kg. และผลิตสินค้า 1,000,000 kg.

ดังนั้น

SECE = 1,000,000 kWh/1,000,000 kg = 1 kWh/kg

SECH = 5,000 x 39.77 MJ/1,000,000 kg = 0.198 MJ/kg

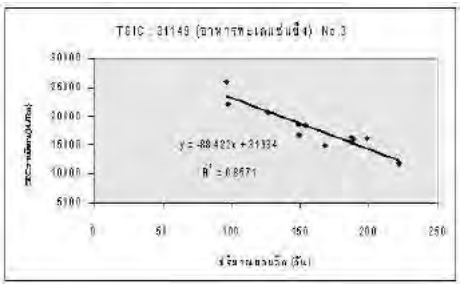
SEC = (1,000,000 x 3.6 + 5,000 x 39.77) / 1,000,000 = 1.198 MJ/kg

ในกรณีที่หาค่า SEC รวมให้แปลงพลังงานไฟฟ้าในหน่วย kWh ให้เป็น MJ โดยคูณด้วย 3.6 และนำมารวมกับ MJ ของพลังงานความร้อนซึ่งได้จากปริมาณเชื้อเพลิง คูณค่าความร้อนของเชื้อเพลิงนั้นๆ

หน่วยพลังงานที่นิยมใช้ในการคำณวณค่า SEC มักจะเป็น MJ หรือ GJ ในขณะที่ปริมาณผลผลิตขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของผลผลิต ที่นิยมใช้มักเป็นหน่วยน้ำหนัก เช่น ตัน เป็นต้น

ในกรณีที่โรงงานมีหลายผลผลิต และไม่มีเครื่องวัดการใช้พลังงานของแต่ละผลผลิต ให้ตรวจสอบว่าการใช้พลังงานต่อหน่วยของผลผลิตใดสูงกว่าผลผลิตอื่นมากหรือไม่ ถ้ามีเราสามารถคำนวณโดย ใช้ผลผลิตนั้นมาเป็นตัวแทน คิดเลขเพียงตัวเดียวก็ได้ แต่ถ้าไม่มีความแตกต่างกันที่ชัดเจน ประมาณว่าการใช้พลังงานของแต่ละผลผลิต ใกล้เคียงกัน และหน่วยนับผลผลิตเหมือนกัน เช่นเป็นตันเหมือนกัน อาจจะจับรวมกันเป็นปริมาณเดียวแล้วคิดเลขก็ได้

ในกรณีที่ผลผลิตหลายอย่าง และหน่วยนับแตกต่างกัน ใช้พลังงานต่างกัน การจับมารวมกันจะทำให้ค่า SEC ผิดความหมายไป ให้คำนวณ SEC จากราคาผลผลิตรวมแทน โดยแทนที่จะใช้ปริมาณผลผลิต ก็ใช้ราคาต่อหน่วย ของแต่ละผลผลิต มาคิดหาราคาสินค้ารวมที่ขายในเดือนนั้น และนำราคารวมนี้มาคิดค่า SEC ราคาต่อหน่วยที่นำมาใช้คำนวณควรใช้ค่าเฉลี่ยกลางๆ และใช้ตัวเลขนี้คงที่ในทุกเดือน เพื่อไม่ให้ค่า SEC ของเราเบี่ยงเบน เนื่องจากราคาสินค้าในท้องตลาดในแต่ละเดือนเมื่อเรานำค่า SEC ในแต่ละเดือนมาเขียนกราฟ กับปริมาณผลผลิตของเดือนนั้นๆ



รูปที่ 2. 3 ค่า SEC และปริมาณผลผลิตในรอบ 12 เดือนของโรงงานแช่แข็งแห่งหนึ่ง

ที่มารูป: http://www.acbangmod.com/actip/tipSEC.htm

ค่า SEC นั้นจะลดลงเมื่อโรงงานผลิตมากขึ้น เนื่องจากพลังงานที่ใช้ในการผลิตมี 2 ส่วน คือ ส่วนที่แปรผันตามปริมาณการผลิต และส่วนที่คงที่ไม่ขึ้นกับผลผลิต เช่น ส่วนของสำนักงาน เป็นต้น เมื่อปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้น การใช้พลังงานหารต่อหน่วยในส่วนนี้จะลด จึงทำให้ SEC รวมลดลง นั่นคือในโรงงานเดียวกัน ยิ่งผลิตมาก การใช้พลังงานจะมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ปัจจัยหลักที่มีผลต่อค่า SEC ในแต่ละเดือนก็คือปริมาณผลผลิต แต่จะเห็นว่าแม้ในบางเดือนผลผลิตใกล้เคียงกัน การใช้พลังงาน หรือ SEC ก็มีความแตกต่างกันบ้าง ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลของปัจจัยอื่น ๆ เช่น ความยากง่ายของชิ้นงานในแต่ละเดือนมีความแตกต่างกัน วัตถุดิบที่นำเข้ามาคุณภาพต่างกัน เชื้อเพลิงที่ใช้ความชื้นต่างกัน หรือ มีของเสียในเดือนนั้นมาก หรือ Down time มาก หรือจำนวนวันหยุดมาก ฯลฯ ถ้าเราสามารถควบคุมปัจจัยเหล่านี้ได้ ค่า SEC ก็จะค่อนข้างสม่ำเสมอและอยู่ในค่าที่ต้องการ

2.4.3 ประโยชน์อะไรจากค่า SEC

การเก็บข้อมูลค่า SEC ในแต่ละเดือน และเขียนกราฟไว้ในรูปที่ 1 ข้อมูลของเดือนใหม่ที่เข้ามาจะทำให้รู้ว่าเราใช้พลังงานมีประสิทธิภาพดีขึ้น หรือ แย่ลง และถ้าแย่ลง คือต่ำกว่าเส้นเฉลี่ยที่เคยทำได้ ก็จะต้องอธิบาย หรือหาสาเหตุมาให้ได้ว่าความสิ้นเปลืองที่เกิดขึ้น เกิดจากตรงไหน

บริษัทขนาดใหญ่หลายแห่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง บริษัทญี่ปุ่น จะกำหนดให้แต่ละหน่วยผลิตย่อย , แผนก มีเครื่องวัดการใช้พลังงานของตัวเองได้ และคำนวณค่า SEC ของตัวเองเทียบกับชิ้นงาน หรือ OUTPUT ที่หน่วยงานนั้นทำได้ในแต่ละเดือน คือมีการเก็บข้อมูล SEC กันทุกระดับตั้งแต่ระดับแผนก จนถึง SEC รวมของบริษัท ทุกแผนก หน่วยงานจะต้องรายงานค่า SEC ของตัวเองอย่างสม่ำเสมอ ในเดือนที่ SEC ของบริษัทโด่งขึ้นมาก็จะดูรู้ว่าเกิดจากจุดไหน

สิ่งที่ต้องทำไปพร้อมๆ กับการติดตามเฝ้าระวังค่า SEC ก็คือการตั้งเป้าหมาย หรือ Targeting จากข้อมูลในอดีตจะมีทั้งเดือนการใช้พลังงานดี และบางเดือนที่ไม่ดี หลายบริษัทใช้วิธีแบ่งเป็นเดือนที่ใช้พลังงานสูงกว่าค่าเฉลี่ย และพวกที่ใช้ต่ำกว่าค่าเฉลี่ย ถ้าเราสนใจพวกที่ดีกว่าค่าเฉลี่ย แล้วหาค่าเฉลี่ยของกลุ่มดีนี้ตั้งเป็นเป้าหมายของแต่ละหน่วยงานให้ปรับปรุงไปสู่ค่าเฉลี่ยของซีกที่ดีกว่า ก็จะทำให้การใช้พลังงานของทั้งบริษัทปรับปรุงขึ้นด้วย

การรวบรวม และวิเคราะห์ค่า SEC นี้มีประโยชน์อย่างยิ่งในการดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน บางโรงงานสามารถบรรลุเป้าการลดการใช้พลังงานต่อหน่วยลงได้ 3-5 % โดยไม่ต้องลงทุน เปลี่ยนอุปกรณ์ได้เลย ทั้งนี้เพราะการใช้พลังงานนั้น เกิดจากองค์ประกอบ 2 ส่วน คือประสิทธิภาพ

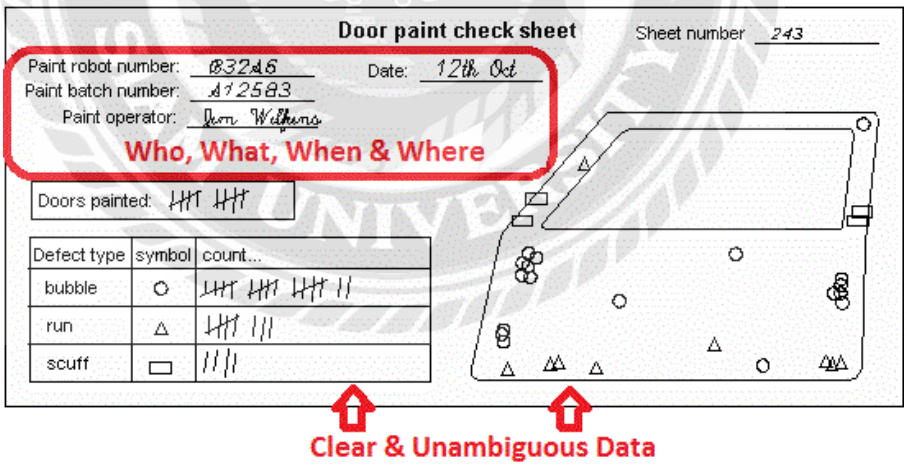
เครื่องจักรอุปกรณ์เอง และการใช้งาน และควบคุมโดยคน แม้ว่าจะปรับปรุงอุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพดีเลิศหรู แต่การใช้งานไม่ดี ขาดการดูแล ก็ทำให้ประสิทธิภาพการใช้พลังงานต่ำเช่นกัน

2.4.4 เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด (QC 7 Tools)

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการผลิตหรือการทำงานที่ทำให้เข้าใจถึงสภาพของปัญหาและสามารถทำการวิเคราะห์หาสาเหตุเพื่อหาปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้องอีกทั้งยังช่วยในการจัดทำมาตรฐาน และควบคุมติดตามผลงานของกระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่อง เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิดประกอบไปด้วย

2.4.4.1 แบบตรวจสอบ (Check Sheet)

เป็นแบบฟอร์มเพื่อใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของงานที่มีการออกแบบช่องว่างไว้เพื่อใช้ในการเติมข้อมูล หรือมีลักษณะเป็นตารางแสดงรายละเอียดต่างๆ ที่เกี่ยวกับการทำงานไว้เพื่อให้ผู้บันทึกสามารถบันทึกข้อมูลได้ง่ายและสะดวก แบบตรวจสอบนี้มักจะถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการชี้บ่งประเด็นของปัญหา



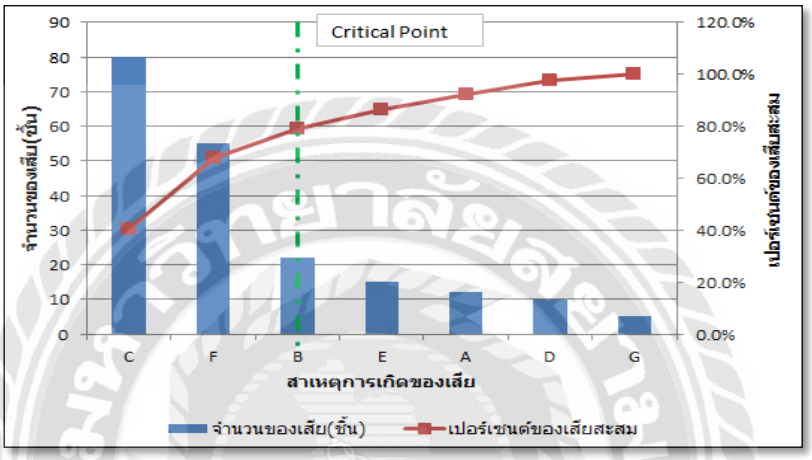
รูปที่ 2. 4 ตัวอย่างแบบตรวจสอบ (CHECK SHEET)

ที่มารูปภาพhttp://www.cqeacademy.com

2.4.4.2 แผนผังพาเรโต้ (Pareto Diagram)

เป็นแผนภูมิที่ใช้แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างความสูญเสียหรือความถี่ที่เกิดขึ้นเทียบกับสาเหตุของความสูญเสีย ถือเป็นแผนผังที่ช่วยในการจัดลำดับความสำคัญและความรุนแรง

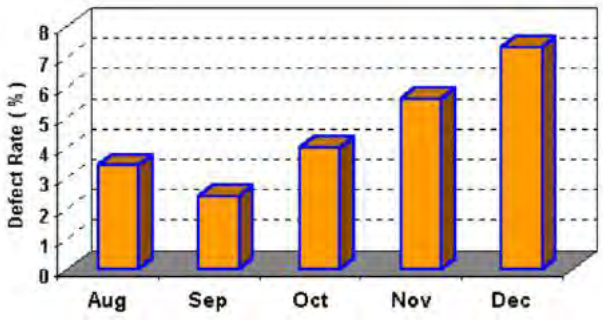
ของปัญหาที่เกิดขึ้น โดยแสดงให้เห็นว่าสาเหตุใดเป็นปัญหามากที่สุด แผนพาเรโต้จะนำมาใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจว่าควรคัดเลือกปัญหาใดมาทำการแก้ไขเป็นอันดับแรก ลักษณะโดยทั่วไปของแผนผังจะเป็นกราฟแท่งโดยแนวตั้งจะแสดงความสูญเสียที่เกิดขึ้นหรืออัตราส่วนของความสูญเสียที่เกิดขึ้น ส่วนแนวนอนจะแสดงสาเหตุหรือชนิดของปัญหา



รูปที่ 2. 5 ตัวอย่างแผนผังพาเรโต้ (PARETO DIAGRAM),
ที่มารูปภาพ http://learning-be.blogspot.com

2.4.4.3 การจำแนกข้อมูลและกราฟ (Stratification and Graph)

เป็นการนำเสนอข้อมูลผ่านแผนภาพที่ทำให้เห็นถึงตัวเลขหรือข้อมูลทางสถิติ นิยมนำมาใช้เมื่อต้องการทำการวิเคราะห์ผลของข้อมูลหรือทำการนำเสนอข้อมูลเพื่อให้ง่ายและรวดเร็วต่อการทำความเข้าใจ**กราฟแท่ง** ใช้อธิบายขนาดของข้อมูล ของแต่ละกลุ่มที่มีอยู่ โดยแนวแกน Y จะเป็นขนาดหรือปริมาณของข้อมูล ส่วนแกน X จะใช้แสดงกลุ่ม หรือชนิดของข้อมูลนั้นๆ

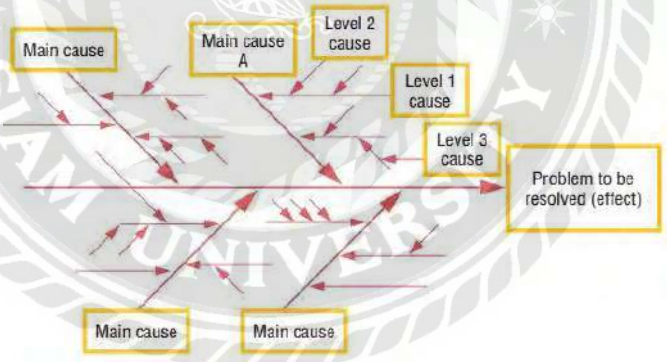


รูปที่ 2. 6 ตัวอย่างกราฟแท่ง

จากตัวอย่าง เป็นกราฟที่ใช้อธิบายอัตราการเกิดขึ้น ของของเสียใน 5 เดือน สาระที่สำคัญไม่ได้อยู่ที่ว่าแต่ละเดือนมีของเสียเกิดขึ้นเท่าไหร่ แต่อยู่ตรงที่ 3 เดือนที่ผ่านมาแนวโน้มจะเกิดของเสียจากกระบวนการผลิต เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ผู้ที่มีหน้าที่รับผิดชอบจะต้องหาทางแก้ไข

2.4.4.4 แผนผังแสดงเหตุและผล (Cause &Effect Diagram)

เป็นภาพหรือแผนผังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลลัพธ์ของปัญหากับปัจจัยต่างๆที่เป็นสาเหตุของปัญหา นิยมเรียกในอีกชื่อหนึ่งว่าแผนก้างปลา (Fishbone Diagram) วัตถุประสงค์ในการใช้แผนผังก้างปลานี้เพื่อทำการค้นหาสาเหตุที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่เกิดขึ้น โดยการสร้างแผนผังต้องทำการระบุปัญหาที่เกิดขึ้นให้ชัดเจน จากนั้นทำการกำหนดปัจจัยที่อาจเป็นสาเหตุของปัญหาผ่านการระดมสมองของทีมงานที่เกี่ยวข้องทั้งหมดเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมสาเหตุของปัญหาทั้งหมดมา จากนั้นทำการจัดลำดับความสำคัญของสาเหตุและแนวทางที่ใช้ในการแก้ปัญหาหรือแนวทางในการปรับปรุง



รูปที่ 2. 7 แผนผังแสดงเหตุและผล ที่มารูปภาพ

HTTPS://WWW.MMTHAILAND.COM

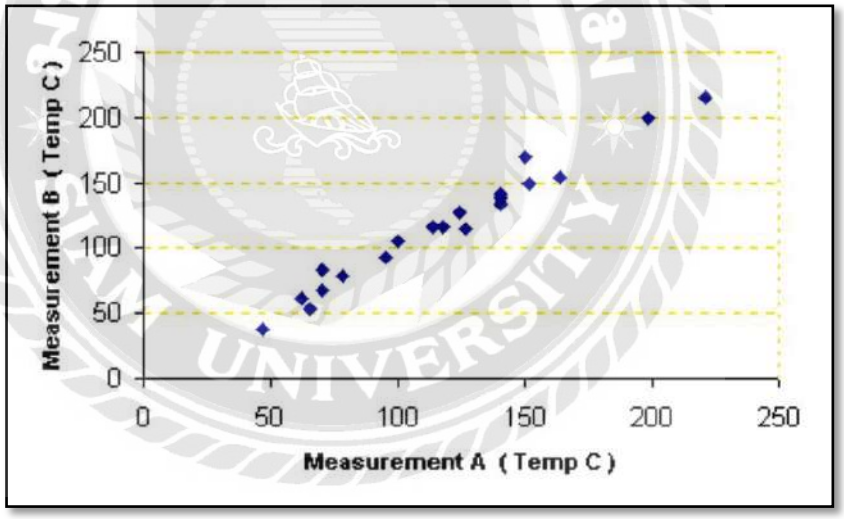
ขั้นตอนการสร้างแผนผัง

- กำหนดปัญหาหรือสิ่งที่ต้องแก้ไข (หัวข้อ) อย่างชัดเจน
- เขียนปัญหาในช่อง Effect แล้วลากลูกศรไปที่ผลลัพธ์
- ระบุสาเหตุและความเป็นไปได้ของปัญหา หากคิดไม่ออกให้ยึดหลักพิจารณาจาก 4 M คือ Man Machine Material และ Method โดยใส่ไว้ในช่องใดก็ได้ เน้นไปที่คำถามทำไมจึงเกิดขึ้น

- ระบุสาเหตุหลักที่คาดว่าจะเป็นไปได้และลากลงมายังเส้นหลักที่ชี้มุ่งไปยังผลลัพธ์ (เส้นกลาง)
- ระบุสาเหตุรอง โดยลากเส้นต่อจากเส้นสาเหตุหลักโดยระบุปัญหาไว้ที่ปลายเส้น
- ระบุสาเหตุย่อย โดยลากเส้นต่อจากเส้นสาเหตุรอง

2.4.4.5 Scatter Plot

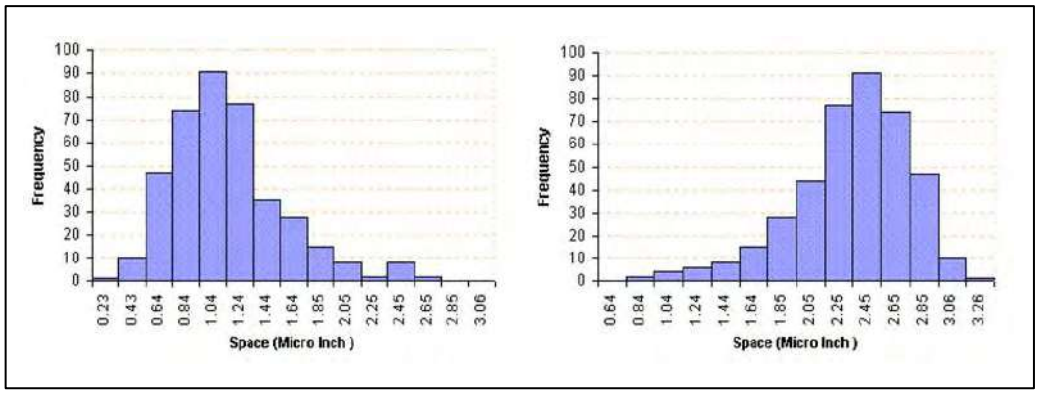
จากที่ผ่านมา เป็นกราฟที่แสดงข้อมูลเพียงหนึ่งตัวแปรเท่านั้น (Univariate data plot) แต่ในบางครั้งเวลาเราจำเป็นที่จะต้องศึกษาตัวแปรสองตัว พร้อมๆกัน เช่น อาจจะศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรสองตัว ข้อมูลที่เราได้จากการศึกษาก็จะมีสองข้อมูล (Bivariate data) หากเราจำเป็นที่สร้างกราฟเพื่อดูความสัมพันธ์ เราจะใช้ Scatter plot เป็นกราฟ ที่นำเอาจุดตัดกันของค่าในแนวแกน X และแกน Y ของทั้งสองข้อมูลมาแสดง



รูปที่ 2. 8 SCATTER PLOT

2.4.4.6 Histogram

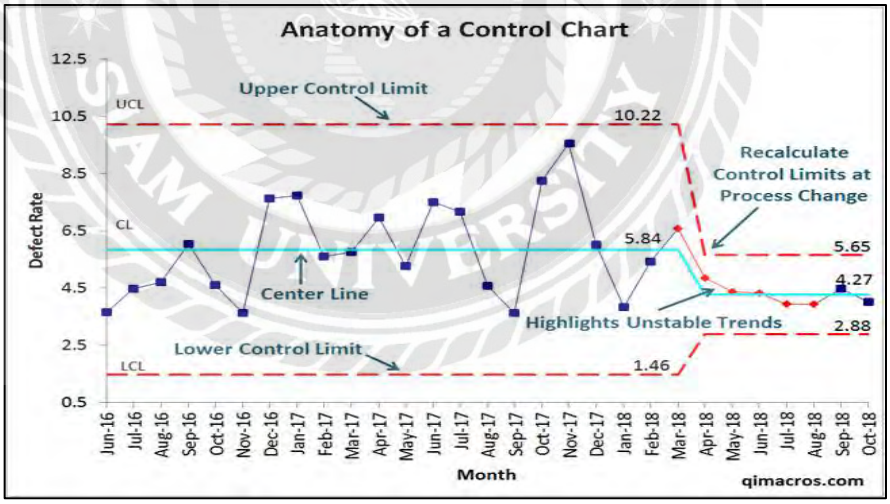
เป็นกราฟที่ใช้แสดงการกระจายของข้อมูล ความถี่ในการเกิดเหตุการณ์ที่เราสนใจ โดยแนวแกน x คือค่าหรือสิ่งที่เราสนใจ โดยจะถูกแบ่งออกเป็นช่วงๆ ส่วนแกน Y คือความถี่ในการเกิดค่านั้นๆ ดังตัวอย่างต่อไปนี้



รูปที่ 2. 9 HISTOGRAM PLOT

2.4.4.7 แผนภูมิควบคุม (Control Chart)

เป็นแผนภูมิที่มีการกำหนดขอบเขตของข้อมูลที่สามารถยอมรับได้ที่เรียกว่าเส้นควบคุม (Limited Line) เพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางและตัวเฝ้าติดตามเพื่อควบคุมกระบวนการ และทำการแก้ไขได้ทันเวลาหากตรวจพบว่าข้อมูลที่ได้อยู่นอกขอบเขตการควบคุม



รูปที่ 2.10 แผนภูมิควบคุม ที่มารูปภาพ https://www.qimacros.com

2.4.5 เครื่องมือหาสาเหตุของปัญหา (Why-Why analysis)

เป็นการวิเคราะห์หาสาเหตุเพื่อไปให้ถึงสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาโดยการตั้งคำถามเพื่อให้ได้สาเหตุที่แท้จริง หากสามารถค้นหาสาเหตุของปัญหาที่แท้จริงได้และทำการแก้ไขหรือกำจัดสาเหตุเหล่านั้นได้ ทำให้ปัญหาที่เคยเกิดขึ้นจะไม่เกิดขึ้นซ้ำอีก ซึ่งวิธีการนี้เป็นเครื่องมือที่มี

ประสิทธิภาพสูงมาก หากผู้ทำการวิเคราะห์มีความรู้ ความเข้าใจ และความชำนาญในกระบวนการทำงานที่ทำการในงานที่ทำอยู่หลักการ 5 Gen เป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะทำให้สามารถวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาผ่านการทำ Why-Why Analysis ได้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น โดยหลักการนี้จะมีการใช้ข้อมูลจากสองส่วนหลัก ได้แก่ข้อมูลจากหน้างานจริง และข้อมูลที่ได้มาจากทฤษฎี

GENBA : พื้นที่จริง

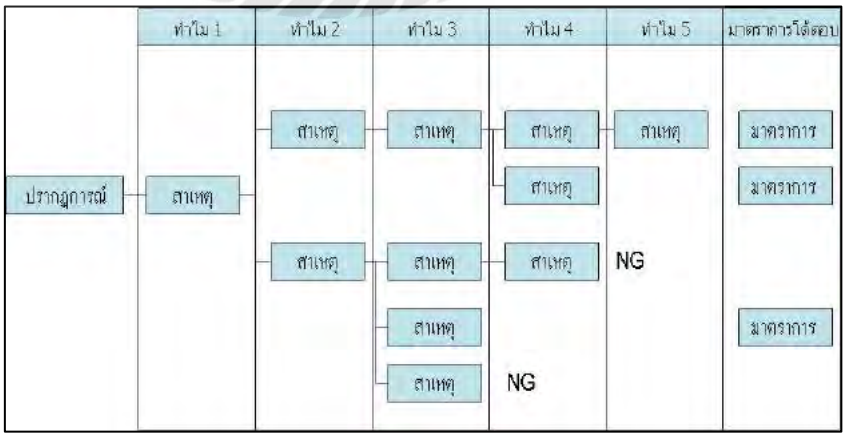
GENBUTSU : ของจริง

GENJITSU : สถานการณ์จริงในการปฏิบัติงาน

GENRI : หลักการทางทฤษฎี

GENSOKU : ระเบียบกฎเกณฑ์

เป็นการจำแนกลักษณะการใช้งานสำหรับแต่ละ Gen หากใช้เพื่อเป็นการแก้ไขปัญหาเบื้องต้นนิยมใช้ 3 G อันได้แก่ การค้นหาความผิดปกติจากพื้นที่จริง (GENBA) ของจริง (GENBUTSU) และสถานการณ์จริงในการปฏิบัติงาน (GENJITSU) เพื่อเป็นแนวทางในการค้นหาความผิดปกติของกระบวนการทำงาน สำหรับการปรับปรุงวิธีการทำงานและการค้นหาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหานั้นจะใช้อีก 2G ที่เหลือ ได้แก่ หลักการทางทฤษฎี (GENRI) และระเบียบกฎเกณฑ์ (GENSOKU) มาทำการอธิบายและหาสาเหตุที่อาจเป็นไปได้ หลักการ 5G นิยมมาใช้วิเคราะห์ร่วมกับ Why-Why Analysis เพื่อป้องกันการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาที่อาจขาดการทวนสอบจากสถานที่จริงซึ่งอาจส่งผลให้ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ไม่ถูกต้องหรือได้สาเหตุของปัญหาที่ไม่ถูกต้องมาทำการแก้ไข



รูปที่ 2.11 โครงสร้างWHY-WHY ANALYSIS

ขั้นตอนการวิเคราะห์ Why - Why Analysis

- ทำการจัดลำดับความสำคัญของหัวข้อที่จะทำการปรับปรุงหรือแก้ไขผ่านแผนผัง Pareto เพื่อทำการแก้ไขปัญหาที่มีความสำคัญมากที่สุดเป็นอันดับแรก
- ทำการเลือกหัวข้อที่จะทำการปรับปรุงหรือทำการแก้ไขหลังจากได้สาเหตุแล้วจากนั้นทำการเขียนปัญหาให้มีความกระชับและเข้าใจง่าย
- ทำการจัดตั้งทีมงานที่มีความเกี่ยวข้องและมีความรู้เกี่ยวกับเรื่องนั้นๆ มาช่วยกันระดมสมองเพื่อช่วยกันวิเคราะห์หาสาเหตุ โดยทีมงานที่จัดตั้งขึ้นมานี้ควรมีพนักงานที่เป็นระดับหัวหน้างานมาเป็นสมาชิกด้วยเพื่อให้ทราบถึงสภาพการณ์เบื้องต้นและความผิดปรกติที่เกิดขึ้น
- หลังจากทำการระดมสมองเพื่อทำ Why เสร็จสิ้นแล้วให้ทำการตรวจสอบการวิเคราะห์ปัญหาที่ได้ผ่าน 5G โดยให้ทีมงานเข้าไปดูที่หน้างานจริงที่เกิดปัญหา และทำการวิเคราะห์ผ่าน 3 GEN แรก เพื่อตรวจสอบความผิดปรกติ หากพบว่าทุกโอกาสมีความเป็นไปได้ให้ตรวจสอบต่อโดยใช้ 2 GEN ที่เหลือเพื่อช่วยในการค้นหาปัญหาที่แท้จริงต่อไป
- ทำการจัดหามาตรการเพื่อทำการแก้ไขหรือปรับปรุงหลังจากที่ได้สาเหตุที่แท้จริงแล้วโดยเน้นไปที่มาตรการที่ทำได้ง่ายมีค่าใช้จ่ายต่ำ และมีประสิทธิผลสูง
- ทำการตรวจสอบผลหลังจากได้ทำการแก้ไขหรือปรับปรุงกระบวนการ โดยดูว่าปัญหาดังกล่าวยังคงเกิดขึ้นอีกหรือไม่ ลดน้อยลงอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ผ่านรูปแบบของกราฟ หรือการทดสอบสมมุติฐานทางสถิติ หากพบว่าปัญหาที่ได้ทำการแก้ไขนั้นไม่ลดลง ให้กลับมาทำการวิเคราะห์ใหม่ทันทีเพราะอาจมีสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาตกหล่นไปจากการวิเคราะห์ครั้งแรก
- จัดทำเป็นมาตรฐานของการทำงานหากมาตรการที่นำไปทำการแก้ไขนั้นได้ผล

2.4.6 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น

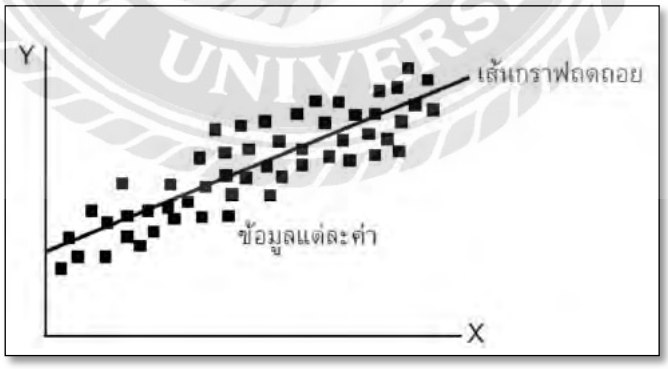
แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

2.4.6.1 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Linear Regression)

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายประกอบด้วยตัวแปรตาม 1 ตัว และตัวแปรอิสระ1 ตัว เป็นการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งสอง และทำการสร้างรูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์ที่เป็นการพยากรณ์ค่าของตัวแปรตามโดยที่ในช่วงแรกจะศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง Y กับ X ในรูปสมการเชิงเส้น

$$Y = \alpha + \beta X + \varepsilon \ldots (1)$$

โดย Y ในที่นี้ก็คือค่าเฉลี่ยของ Y (ไมใช่ค่า Y แต่ละค่า) เนื่องจากในการวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่ายนั้น ตัวแปร X จะถูกกำหนดค่าไว้ก่อน และค่า Y จะเปลี่ยนแปลงไปตามค่าของตัวแปร X เนื่องจากค่า X ค่าหนึ่งจะมีค่า Y ที่เป็นคู่ของค่า X หลายๆค่า และเมื่อน าค่า X และ Y ทั้งหมดไปพล็อตบนแกน X, Y แล้วลากเส้นเชื่อมระหว่างจุดที่ปรากฏ เส้นกราฟที่ได้จะกลายเป็นเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ย ของตัวแปร X กับตัวแปร Y ซึ่งก็คือ เส้นกราฟถดถอย (Regression Line) นั่นเอง (บุญญารัตน์,2553)

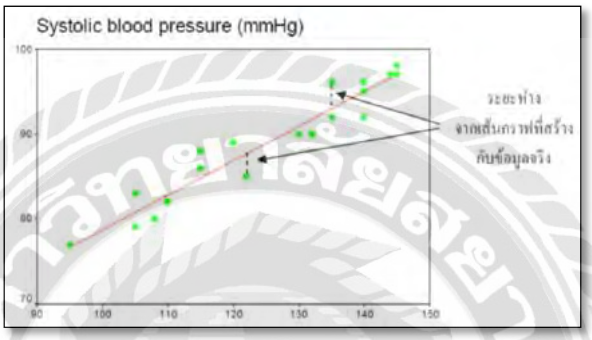


รูปที่ 2.12 การกระจายของข้อมูลและสมการถดถอย

2.4.6.2 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ (Multiple Linear Regression)

เป็นการวิเคราะห์หาขนาดของความสัมพันธ์ และสร้างรูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์ขึ้นมา ซึ่งประกอบไปด้วยตัวแปรตาม 1 ตัว และตัวแปรอิสระตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป เพื่อเป็นการพยากรณ์ค่าของตัวแปรตาม โดยใช้ตัวแปรอิสระมาทำการสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ที่ดีที่สุด

ขึ้นมาเพื่อใช้เป็นตัวแทนของรูปแบบความสัมพันธ์สำหรับตัวแปรที่ต้องการทำการศึกษา กล่าวคือ เป็นวิธีการหาขนาดของความสัมพันธ์ของตัวแปร ระหว่างตัวแปรตาม Y หรือตัวแปรเกณฑ์ (Criterion Variable) จำนวน 1 ตัว กับตัวแปรอิสระ X หรือตัวแปรทำนาย (Predictor Variable) ตั้งแต่ 2 ตัวแปรขึ้นไป ซึ่งเป็นเทคนิคทางสถิติที่อาศัยความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างตัวแปรมาใช้ในการทำนาย โดยเมื่อทราบค่าของตัวแปรหนึ่งก็จะทำให้สามารถทำนายค่าของอีกตัวแปรหนึ่งได้



รูปที่ 2.13 ตัวอย่างการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ
(Multiple Regression Analysis)

จากรูปที่ 2.13 เส้นตรงที่ได้ดังกล่าว ใช้กระบวนการทางสถิติเพื่อหาค่าคงที่และสัมประสิทธิ์สมการสร้างเป็นแบบจำลองในรูปสมการทางคณิตศาสตร์ เรียก สมการถดถอยเชิงเส้น หรือ สมการพยากรณ์หลังจากได้แบบจำลองแล้ว จึงทำการตรวจสอบความสอดคล้องของแบบจำลอง เพื่อดูว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นมานั้นมีความสอดคล้องและมีความเหมาะกับข้อมูลหรือไม่ โดยใช้การทดสอบทางสถิติดังต่อไปนี้

- ทดสอบความเหมาะสมของโมเดล (เป็นการตรวจสอบว่าตัวแปรอิสระ และตัวแปรตามมีความสัมพันธ์เชิงเส้นกันหรือไม่) จะใช้สถิติทดสอบ ANOVA
- ทดสอบค่าคงที่และค่าสัมประสิทธิ์ในสมการถดถอย
- พิจารณาค่าความสัมพันธ์เชิงเส้นแบบพหุและค่าความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ (Standard Error of Estimate)

2.4.6.3 ข้อตกลงเบื้องต้นในการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น

2.4.6.3.1 ตัวแปรอิสระ และตัวแปรตาม มีมาตรวัดเป็น Interval ขึ้นไป (ให้ตัวแปรอิสระบางตัวมีมาตรวัดเป็น Nominal หรือ Ordinal ได้บ้าง โดยจะต้องทำการเปลี่ยนตัวแปรอิสระที่มีมาตรวัดเป็น Nominal หรือ Ordinal เหล่านั้น เป็นตัวแปรหุ่น แล้วจึงทำการวิเคราะห์การถดถอย โดยใช้ตัวแปรที่เกิดขึ้นแทนตัวแปรเดิมที่มี)

2.4.6.3.2 ข้อมูลของตัวแปรอิสระ และตัวแปรตาม จะต้องสุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ

2.4.6.3.3 ตัวแปรอิสระจะต้องไม่มีความสัมพันธ์กันเอง (การเกิดความสัมพันธ์กันเองของตัวแปรอิสระ เรียกว่า การเกิด multicollinearity) เฉพาะในการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ

2.4.6.3.4 ข้อมูลจะต้องไม่มีความสัมพันธ์ภายในตัวเอง

2.4.6.3.5 ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการพยากรณ์จะต้องเป็นไปตามหลักการดังนี้

- มีการแจกแจงแบบปกติ (Assumption of Normality)
- มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0
- มีความแปรปรวนคงที่ (Homogeneity of Variance)
- ความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน (Assumption of Autocorrelation)

2.6.4.4 วิธีคัดเลือกตัวแปรพยากรณ์มาทำการสู่สมการถดถอย

มีอยู่หลายวิธีด้วยกัน เช่น

2.4.6.4.1 การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณแบบเดินหน้า (Forward Regression)

2.4.6.4.2 การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณแบบถอยหลัง (Backward Regression)

2.4.6.4.3 การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณแบบขั้นบันได (Stepwise Regression)

ในการวิเคราะห์จะพิจารณาจาก Partial F (p-value), Partial t (p-value) โดย p-value จะนำมาเทียบกับ ระดับนัยสำคัญที่กำหนด โดยทั่วไปจะใช้เกณฑ์ที่ระดับ 0.05 ถ้า p-value มากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด จะตัดตัวแปรนั้นออกจากสมการ

2.4.6.5 สัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (Coefficient of Determination)

เป็นค่าที่ใช้อธิบายว่าสมการการถดถอยที่ได้ใช้การประมาณค่ามีความสามารถในการอธิบายความผันผวน (Variation) หรือตัวแปรอิสระในแบบจำลองสามารถอธิบายตัวแปลตามได้มากน้อยเพียงใด ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจจะใช้ R เป็นสัญลักษณ์ ซึ่งเป็นสัดส่วนของส่วนเบี่ยงเบน ของ ความผันแปรที่สามารถอธิบายได้ด้วยตัวแบบถดถอย (SSR) ต่อความผันแปรทั้งหมดของข้อมูล (SST) ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 (Lomax, Richard G. (1992)

ความแปรปรวนทั้งหมดที่เกิดขึ้นในตัวแปรตาม y มีค่าเท่ากับความแปรปรวนที่สามารถอธิบายได้ด้วยสมการถดถอยบวกกับความแปรปรวนที่ไม่สามารถอธิบายได้ด้วยสมการถดถอย จะได้ว่า

$$\boldsymbol{R^2 = \frac{\text{ความผันแปรที่สามารถอธิบายได้ด้วยตัวแบบถดถอย}(\boldsymbol{SSR})}{\text{ความผันแปรทั้งหมดในข้อมูล}(\boldsymbol{SST})}}$$

โดยที่ $\boldsymbol{0 \leq R^2 \leq 1}$

- ถ้าหากว่า $R^2 = 1$ หมายความว่าความแปรปรวนทั้งหมดมาจากสมการถดถอย และไม่มีความแปรปรวนที่มาจากปัจจัยอื่นๆเลย (ไม่มี error)
- ถ้า $R^2 = 0$ หมายความว่าความแปรปรวนทั้งหมดมาจาก error และค่าของ y ที่เปลี่ยนแปลงไป ไม่ได้มีสาเหตุมาจากค่า x ที่เปลี่ยนแปลงไป อาจกล่าวได้ว่าไม่มีเส้นตรงถดถอยระหว่าง x กับ y
- ถ้า $R^2 = 0.90$ หมายความว่า 90% ของความแปรปรวนที่เกิดขึ้นใน y มาจากสมการถดถอย และอีก10%ของความแปรปรวนทั้งหมดมาจาก error

ดังนั้น ผู้วิเคราะห์ส่วนใหญ่จึงมีความคาดหมายที่จะได้ค่า R^2 ที่มีค่ามากๆ เข้าใกล้ 1.00 แต่อย่างไรก็ตามมีข้อควรระวังค่อนข้างมากในการตีความหมาย R^2 ทั้งนี้เนื่องจากกรณีที่มีข้อมูล n ตัว แล้วท าการสร้างแบบสมการถดถอยเป็นแบบโพลีโนเมียล (Polynomial) อันดับ n-1 จะได้ R^2 = 1.00 เสมอแต่ไม่ได้หมายความว่าแบบสมการถดถอยดังกล่าวจะมีความเหมาะสมกับข้อมูล เพราะเป็นไปไม่ได้ที่ R^2 = 1.00 เนื่องจากแบบสมการถดถอยจะไม่สามารถอธิบายความผันแปรเนื่องจากการทดลอง (Pure error) ได้ ในการวิเคราะห์จึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำการพิจารณาผลที่ได้จากค่าองศาความอิสระของความคลาดเคลื่อนเสมอ หากค่าองศาความอิสระของความคลาดเคลื่อนมีค่าน้อยมากจะทำให้มีโอกาสในการตัดสินใจผิดพลาดสูง ในการพิจารณาความเหมาะสมของแบบสมการถดถอยนั้น ถ้าหากมีการเพิ่มเทอมของตัวแปรถดถอยเข้าไปในแบบสมการแล้วจะมีผลทำให้ R^2 ของแบบสมการใหม่เพิ่มขึ้นเสมอแต่ทั้งนี้มิได้หมายความว่า แบบสมการใหม่จะดีกว่าแบบสมการเก่า เพราะการเพิ่มเทอมตัวแปรถดถอยเข้าไปในแบบสมการจะทำให้องศาความอิสระของความคลาดเคลื่อนในแบบสมการใหม่มีค่าลดลง ดังนั้น แบบสมการใหม่จะดีกว่าแบบสมการเดิมก็ต่อเมื่อค่าความคลาดเคลื่อนในแบบสมการใหม่ในรูป SSE มีค่าลดลงไม่น้อยกว่าค่ามัชฌิมความคลาดเคลื่อนของแบบสมการเดิม MSE ซึ่งจะมีผลทำให้ค่ามัชฌิมความคลาดเคลื่อนของแบบสมการใหม่มีค่าต่ำกว่าค่ามัชฌิมความคลาดเคลื่อนของแบบสมการเดิมแต่อย่างไรก็ตาม ผู้วิเคราะห์นิยมหลีกหนีความยุ่งยากในการตีความหมาย R^2 ด้วยการใช้ตัวสถิติใหม่ที่เรียกว่า "R^2 Adjusted" (R^2ที่ได้รับการปรับค่า) ค่า R^2 ปรับค่า หรือ R^2 adjusted สามารถคำนวณได้ด้วยสูตร

$$\text{Adjusted } R^2 = 1 - (1 - R^2)\,[(n - 1) / (n - m - 1)]$$

2.4.7 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสม (CUSUM Control Chart)

แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสม เป็นแผนภูมิควบคุมที่ใช้ในการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการ โดยจะนำข้อมูลตลอดช่วงเวลาของการเก็บข้อมูลมาวิเคราะห์ ด้วยการบวกสะสมค่าความคลาดเคลื่อนของค่าเฉลี่ยตัวอย่าง ($\overline{x_i}$) กับค่าเฉลี่ยกระบวนการเมื่อกระบวนการอยู่ภายในการควบคุม μ_0 โดยแผนภูมิควบคุมชนิดนี้เป็นแผนภูมิที่สามารถตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยของกระบวนการได้ดี ผลรวมสะสมของค่าความคลาดเคลื่อนจากตัวอย่างกลุ่มที่ i (C_i) คือ

$$C_i = \sum_{j=1}^{i}(\bar{x}_j - \mu_0)$$
$$= (\bar{x}_i - \mu_0) + \sum_{j=1}^{i}(\bar{x}_j - \mu_0)$$
$$= (\bar{x}_i - \mu_0) + C_{i=1}$$

ในกระบวนการที่กำหนดค่าเฉลี่ยของกระบวนการเท่ากับ μ_0 ถ้ากระบวนการอยู่ในการควบคุม ค่าที่คลาดเคลื่อนไปจากค่าเฉลี่ยจะมีการกระจายอย่างสุ่ม แต่ถ้าค่าเฉลี่ยของกระบวนการผลิตมีการเปลี่ยนแปลงไปในทางเพิ่มขึ้น ค่าผลรวมสะสมของความคลาดเคลื่อนจะมีค่ามากขึ้น แต่ถ้าค่าเฉลี่ยของกระบวนการผลิตมีการเปลี่ยนแปลงไปในทางลดลง ค่าผลรวมสะสมของความคลาดเคลื่อนจะมีค่าลดลง ดังนั้นจะได้

$$C_i^+ = \max\left[0, x_i\ (\mu_0 + k) + C_{i-1}^+\right]$$
$$C_i^- = \max\left[0, x_i\ (\mu_0 - k) - \bar{x}_i + C_{i-1}^-\right]$$

ซึ่งค่าเริ่มต้นของ $C_i^+ = C_i^- = 0$

K คือ ค่าอ้างอิง (reference value) ในทางปฏิบัตินิยมใช้ k=$\frac{1}{2}$ โดยที่ K=k$\frac{\mu}{\sqrt{n}}$

μ_0 คือ ค่าเฉลี่ยเป้าหมาย เมื่อกระบวนการยังไม่มีการเปลี่ยนแปลง

μ_1 คือ ค่าเฉลี่ยเมื่อกระบวนการเกิดการเปลี่ยนแปลง โดยที่ μ_1=μ_0+

n คือ จำนวนข้อมูล

H คือ ค่าความกว้างของช่วงควบคุม

ซึ่งจะเลือกค่า H โดยการจำลองข้อมูลตามตัวแบบภายใต้สถานการณ์ต่าง ๆ เมื่อกระบวนการอยู่ในการควบคุม และหาค่าความยาววิ่งโดยเฉลี่ย (*ARL)* เมื่อกระบวนการอยู่ในการควบคุมเกณฑ์การตัดสินใจ

ถ้า C_i^+ หรือ C_i^- มีค่ามากกว่า H$\frac{\mu}{\sqrt{n}}$ จะถือว่ากระบวนการไม่อยู่ในการควบคุม ซึ่ง H แทนความกว้างของช่วงควบคุม

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.5.1 การลดต้นทุนพลังงานในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ : กรณีศึกษาโรงงานอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์

การศึกษาวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพิจารณาหาวิธีการลดต้นทุนด้านพลังงานต่อหน่วยการผลิตของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้กรณีศึกษาเป็นอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ ผ่านการประเมินและวิเคราะห์หาสาเหตุ ด้วยเทคนิคทางสถิติ ก่อนจะจัดหามาตรการแก้ไขและวัดผลการด าเนินการ ตรวจสอบ ตลอดจนติดตามผล โดยมุ่งเน้นที่การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานและการจัดการด้านพลังงานเป็นหลัก

จากการประเมินการใช้พลังงานมีการตั้งเป้าหมายเพื่อลดต้นทุนต่อหน่วยการผลิตลง 14 % จากปี 2/2555 (ก.ค. – ธ.ค. พ.ศ.2555) ผ่าน 6 มาตรการดังนี้คือ มาตรการที่ 1 เปลี่ยนไปใช้เครื่องทำความเย็นที่มีประสิทธิภาพสูง มาตรการที่ 2 คือการบริหารจัดการการเครื่องทำความเย็น โดยนำประสิทธิภาพของเครื่องทำความเย็นมาวางแผนการเดินเครื่อง มาตรการที่ 3 ลดการรั่วไหลของระบบอัดอากาศ มาตรการที่ 4 ประเมินแสงสว่างเทียบกับพื้นที่และกิจกรรมการใช้งาน มาตรการนี้จะเน้นการลดจำนวนหลอดไฟในบริเวณที่มีแสงเกินความจำเป็น มาตรการที่ 5 คือการเปลี่ยนหลอดไฟ *T*8 เป็นหลอด *LED* มาตรการสุดท้าย คือการจัดอบรมและกิจกรรมส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน เพื่อกระตุ้นให้เกิดแรงจูงใจในการลดใช้พลังงานสำหรับพนักงาน จากการดำเนินการทั้งหมด สามารถลดต้นทุนต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ได้ประมาณ 19% ซึ่งสามารถบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ว่าจะลดต้นทุนพลังงานต่อหน่วยลง14% จากเดือนกรกฎาคม - ธันวาคม 2012 (Baseline) (ภาชนีย์, 2557)

2.5.2 การประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายการทำงานเชิงคุณภาพสำหรับการออกแบบผลิตภัณฑ์ผ้าอนามัย

ผลิตภัณฑ์ผ้าอนามัย เป็นผลิตภัณฑ์ส่วนบุคคลสำหรับผู้หญิง โดยช่วงเวลาของการใช้งานจะเป็นช่วงที่มีประจำเดือน ประมาณ 4 – 6 วันในแต่ละเดือน หน้าที่หลักของผลิตภัณฑ์ผ้าอนามัยนั้นจะทำหน้าที่ในการดูดซับของเหลวในช่วงของการมีประจำเดือนดังกล่าว ในปัจจุบันทางเลือกของลูกค้าสำหรับการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ผ้าอนามัยมีมากมายหลายยี่ห้อ รวมถึงมากมายหลายประเภท ขึ้นอยู่กับความต้องการ ความเหมาะสมและความชอบในการใช้งานของลูกค้า

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการเสนอแนะแนวทางเพื่อเป็นวิธีการในการปรับปรุงการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าอนามัยให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เพื่อให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการและเพิ่มความพึงพอใจของลูกค้า โดยใช่เทคนิคการกระจายหน้าที่งานเชิงคุณภาพ (*Quality Function Deployment : QFD)*

การวิจัยเริ่มต้นจากการค้นหาความต้องการของลูกค้าด้วยการเปรียบเทียบคุณภาพการใช้งานของผลิตภัณฑ์ของบริษัทกับผลิตภัณฑ์ของคู่แข่ง 2 ราย แล้วทำการแปลงข้อมูลที่ได้นี้ให้เป็นข้อกำหนดเชิงเทคนิค ต่อจากนั้นก็แปลงข้อกำหนดทางเทคนิคเหล่านี้ให้เป็นกระบวนการหรือขั้นตอนในการปรับปรุงตามลำดับ

ในงานวิจัยได้เสนอแนวทางในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 3 ทางเลือก ซึ่งทางทีมงานได้เลือกทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดเพื่อทำผลิตภัณฑ์ตัวอย่างขึ้นเพื่อใช้ในเปรียบเทียบถึงผลของการวิจัยอีกครั้ง ซึ่งผลที่ได้สามารถสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้ามากขึ้น 17.76% เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์เดิมและมากขึ้น 15.42% และ 4.84% เมื่อเปรียบเทียบกับคู่แข่ง *A* และ *B* ตามลำดับ โดยที่ราคาของผลิตภัณฑ์หลังทำการปรับปรุงมีราคาที่ถูกลงกว่าผลิตภัณฑ์เดิม 26.58% รวมทั้งทำการเสนอแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการผลิตและสิ่งที่ต้องลงทุนเพิ่ม เพื่อนำไปปรับปรุงกระบวนการผลิตให้เป็นไปตามผลการวิจัยที่ได้รับเพื่อให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจมากยิ่งขึ้น (สุกัญญา, 2544)

2.5.3 การพัฒนาระบบตรวจติดตามผลการอนุรักษ์พลังงาน จากมาตรการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานควบคุม

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์โรงงานควบคุมทั้งสิ้น 34 โรงงาน ภายหลังการนำเอาเครื่องมือทางสถิติคือ แผนภาพการกระจาย และแผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมมาใช้ในการตรวจติดตามผลการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานแล้ว พบว่ามีจำนวนโรงงานที่มีผลประหยัดหรือมีความชันของแผนภูมิควบคุมสะสมเป็นลบทั้งสิ้น 21 โรงงาน คิดเป็นร้อยละ 61.76 ของจำนวนโรงงานตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ และอีกร้อยละ 38.24 หรือ 13 โรงงานมีความชันของแผนภูมิควบคุมสะสมเป็นบวกหรือไม่มีผลประหยัดพลังงาน

- ความต่างของผลประหยัด ความต่างของผลประหยัดแสดงถึงความแตกต่างระหว่างผลประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่ทางโรงงานแจ้ง และผลประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่คำนวณจากแผนภูมิควบคุมผลรวมสะสม หากความต่างของผลประหยัดมีค่าระหว่าง -1 ถึง 1 หมายถึง ผลประหยัดจาก

การคำนวณมีค่าใกล้เคียงกับที่แจ้งไว้ หากความต่างของผลประหยัดมีค่าน้อยกว่า -1 หมายถึง ผลประหยัดจากการคำนวณมีค่ามากกว่าผลประหยัดที่แจ้งไว้ และหากความต่างของผลประหยัดมีค่ามากกว่า 1 หมายถึง ไม่มีผลประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากการคำนวณ ความต่างของผลประหยัด มีค่าระหว่าง -1 ถึง 1 มีจำนวน 5 โรงงาน คิดเป็นร้อยละ 14.70 ความต่างของผลประหยัด มีค่าน้อยกว่า -1 มีจำนวน 13 โรงงาน คิดเป็นร้อยละ 47.06 ความต่างของผลประหยัด มีค่ามากกว่า 1 มีจำนวน 16 โรงงาน คิดเป็นร้อยละ 38.24 - ร้อยละของผลประหยัด แสดงสัดส่วนระหว่างผลประหยัดที่เกิดขึ้นกับปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ หากมีค่ามาก หมายถึง โรงงานมีประสิทธิภาพในอนุรักษ์พลังงานมาก จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่ามีโรงงานที่มีร้อยละของผลประหยัดมากกว่า ร้อยละ 5 จำนวน 12 โรงงาน คิดเป็นร้อยละ 57.14

จากผลการวิเคราะห์ทั้ง 34 โรงงาน พบว่า มีการแจ้งข้อมูลการอนุรักษ์พลังงานใน บพร.1 ใกล้เคียงกับที่คำนวณได้จากแผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมหรือมีค่าความต่างของผลประหยัดอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 เพียงร้อยละ 14.70 เท่านั้น ส่วนโรงงานที่มีค่าความต่างของผลประหยัดน้อยกว่า -1 มีร้อยละ 47.06 ซึ่งหมายถึง ผลประหยัดที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าผลประหยัดที่แจ้งไว้ เนื่องจากโรงงานจัดแจ้งข้อมูลอนุรักษ์พลังงานเฉพาะมาตรการอนุรักษ์พลังงานที่ง่าย ๆ ส่วนมาตรการที่ให้ผลประหยัดจำนวนมากอาจมีความยุ่งยากในด้านเอกสาร ดังแสดงในผลการวิเคราะห์มาตรการอนุรักษ์พลังงาน เนื่องจากมาตรการที่มีความถี่ในการจัดทำสูงสุด 3 อันดับแรกล้วนเป็นมาตรการอนุรักษ์พลังงานที่ง่ายต่อการรายงานใน บพร.1 ส่วนโรงงานอีกร้อยละ 38.24 เป็นโรงงานที่มีค่าความต่างของผลประหยัดมากกว่า 1 หรือหมายถึงไม่มีผลการประหยัดพลังงานจริง อาจหมายถึงโรงงานไม่มีการจัดทำมาตรการอนุรักษ์พลังงานจริง หรืออาจเป็นเพราะความผิดพลาดในการจัดเก็บและบันทึกข้อมูลปริมาณพลังงานและปริมาณผลผลิต การตรวจติดตามผลการอนุรักษ์พลังงานจากมาตรการอนุรักษ์พลังงานนั้น (เบญจวรรณ, 2553)

2.5.4 แผนภูมิควบคุมผสม *CUSUM-TCC* เพื่อตรวจจับการกระจายของกระบวนการ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเสนอแผนภูมิควบคุมผสม *CUSUM-TCC* เพื่อตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของการกระจายของกระบวนการโดยใช้ค่าพิสัย เมื่อกระบวนการมีการแจกแจงสมมาตรและไม่สมมาตร และเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงระหว่างแผนภูมิควบคุมผสม *CUSUM-TCC* แผนภูมิควบคุมของทูกี (*TCC)* แผนภูมิควบคุมรวมสะสม (*CUSUM)* และแผนภูมิควบคุม *EWMA-TCC* ประสิทธิภาพในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของแผนภูมิควบคุมวัดจากค่าความยาวรันเฉลี่ย (*Average Run Length; ARL)* ก าหนดให้ค่าความยาวรันเฉลี่ย เมื่อกระบวนการอยู่ภายใต้ การควบคุม (*In Control Average Run Length; ARL0)* มีค่าเท่ากับ *370* และ *500* การประมาณค่า *ARL* ได้จากวิธีการจำลองแบบมอนติคาร์โล พบว่าแผนภูมิควบคุมผสม *CUSUM-TCC* มีประสิทธิภาพในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงการกระจายของกระบวนการได้ดีกว่าแผนภูมิควบคุม *TCC* แผนภูมิควบคุม *CUSUM* และแผนภูมิควบคุม *EWMA-TCC* ในกรณีที่กระบวนการมีการแจกแจงแบบไม่สมมาตร แต่ในกรณี *ARL0 = 370* ขนาดตัวอย่างย่อย (*n)* เท่ากับ *1* และ *5* เมื่อกระบวนการมีการแจกแจงลาปลาซ แผนภูมิควบคุม *EWMA-TCC* มีประสิทธิภาพดีกว่าแผนภูมิควบคุมผสม *CUSUM-TCC* และแผนภูมิควบคุม อื่นๆ เมื่อขนาดการเปลี่ยนแปลง $\delta \leq 1.6$ และเมื่อ *ARL0 = 500* ขนาดตัวอย่างย่อย (*n)* เท่ากับ *1* และ *5* แผนภูมิควบคุม *EWMA-TCC* มีประสิทธิภาพดีกว่าแผนภูมิควบคุมผสม *CUSUM-TCC* และแผนภูมิควบคุมอื่นๆ ทุกระดับขนาดการเปลี่ยนแปลง (รวีวลี, เสาวณิต และยุพาภรณ์, 2562*)*

2.5.5 การประหยัดพลังงานในเครื่องปรับอากาศทั่วไปด้วยอินเวอร์เตอร์

จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อทดสอบค่าการประหยัดไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ ที่มีการติดตั้งอินเวอร์เตอร์ควบคุมความเร็วรอบเปรียบเทียบกับเครื่องปรับอากาศที่ใช้กัน ตามบ้านทั่วไป ซึ่งในการทดสอบนี้จำเป็นต้องมีการออกแบบห้องวัดความร้อนและสร้าง ให้ได้ขนาดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 1155-2536 จากการทดลองที่สภาวะการทำงานเดียวกันโดยควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ก่อนเข้าแฟนคอยล์ให้คงที่จะเห็นได้ว่าจากความสัมพันธ์ที่ได้แสดงไว้จากการทดลอง ระบบ ที่ติดตั้งอินเวอร์เตอร์ควบคุมความเร็วรอบจะให้การประหยัดพลังงานได้ดีกว่าระบบที่มีใช้ กันอยู่ตามบ้านทั่วไปและเมื่อทำการทดลองที่สภาวะการทำงานดังนี้ ที่อัตราการป้อนความ ร้อนสัมผัสคงที่ 1000 W ที่ความร้อนแฝงคงที่ 220 W ที่อุณหภูมิลมกลับก่อนเข้าแฟนคอยล์ 21C° เป็นระยะเวลา 4 ชั่วโมง เครื่องปรับอากาศที่มีการติดตั้งอินเวอร์เตอร์จะใช้พลังงาน ไป

ทั้งสิ้น 1.25 kWh ส่วนเครื่องปรับอากาศที่ใช้กันตามบ้านทั่วไปจะใช้พลังงานไปทั้งสิ้น 1.74 kWh เมื่อคิดเป็นเปอร์เซนต์แล้วจะสามารถประหยัดพลังงานได้ 28.16% และยัง สามารถควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ได้คงที่กว่าระบบที่มีใช้กันอยู่ตามบ้านเรือนทั่วไป (ชาตรี, 2544)

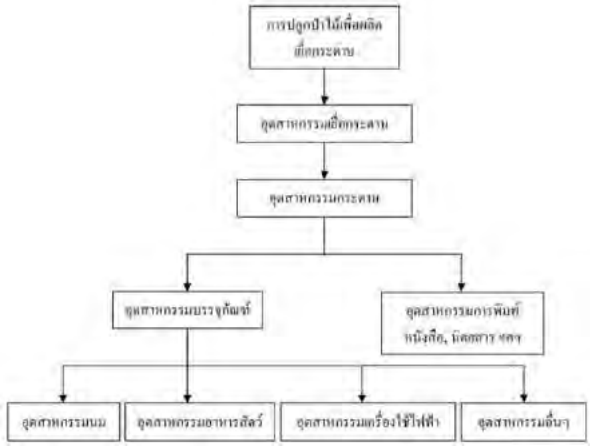
2.5.6 ศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานของอุตสาหกรรมโลหะ: กรณีศึกษาของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตลวดเหล็ก

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงศักยภายการอนุรักษ์พลังงานของอุตสาหกรรมโลหะ โดยได้ทำการศึกษาการใช้พลังงานของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตลวดเหล็กแห่งหนึ่งในเขตภาคกลางของประเทศ ซึ่งโรงงานมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในการเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตจำนวน 387,018 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี คิดเป็นเงิน 1,227,969.41 บาทต่อปี และมีการใช้ความร้อนจากเตาชุปสังกะสี ซึ่งใช้น้ำมันเตาในกระบวนการผลิตจำนวน 75,000 ลิตรต่อปี คิดเป็นเงิน 1,007,940 บาทต่อปี จากการศึกษาข้อมูลการใช้พลังงานของโรงงาน และทำการสำรวจการใช้พลังงานอย่างละเอียดทำให้สามารถหามาตรการในการอนุ รักษ์พลังงานจำนวน 5 มาตรการ แบ่งออกเป็นมาตการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า สามารถลดการใช้พลังงานรว มได้ทั้งสิ้น 32,518.09 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ทั้งสิ้น 160,314.18บาท ในส่วนของมาตรการอนุรักษ์พลังงานความร้อนยังไม่มีการดำเนินมาตรการ เนื่องจากอยู่ในช่วงการพิจารณาการปรับปรุงอุปกรณ์ โดยมาตรการใช้เงินลงทุนทั้งสิ้น 144,640 บาท (ชูกฤต, 2561)

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

ในบทนี้จะเป็นการมุ่งเน้นศึกษาศักยภาพในการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุสาหกรรมประเภทอุสาหกรรมกระดาษ โดยใช้กรณีตัวอย่างในโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ผ้าอนามัย เพื่อนำไปกำหนดเป้าหมายและสร้างมาตรการอนุรักษ์พลังงาน และเป็นแนวทางการลดต้นทุนด้านพลังงานให้กับกลุ่มอุตสาหกรรมประเภท กระดาษ ต่อไป

จากข้อมูลสถิติของกรมโรงงานอุตสาหกรรม พบว่าประเทศไทยมีจำนวนโรงงานอุตสาหกรรม เยื่อและกระดาษ รวมถึงโรงงานที่ เกี่ยวข้องกับการผลิตผลิตภัณฑ์จากกระดาษ และวัสดุเกี่ยวกับ กระดาษ ที่ได้ขึ้นทะเบียนไว้ทั้งสิ้น 807 โรงงาน มีบุคลากรที่เกี่ยวข้องรวมทั้งสิ้น 36,000 คน คิดเป็น มูลค่าเงินลงทุนจำนวนกว่า 55,000 ล้านบาท ซึ่งอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษจะมีความเกี่ยวยาข้องกับ อุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น การปลูกป่าไม้เพื่อเป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตเยื่อกระดาษ อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์กล่องใส่สินค้าต่างๆ รวมถึงเข้ามาเกี่ยวข้องกับการดำเนินชีวิตประจำวันของคนเรา เช่น การใช้ กระดาษในการจดบันทึก และใช้ในการเขียนติดต่อในด้านต่างๆ ใช้ในอุตสาหกรรมการพิมพ์เพื่อผลิต เป็นหนังสือ และนิตยสาร เป็นต้น โดยเฉพาะอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์นั้นจะมีความเกี่ยวข้องกับ อุตสาหกรรมอื่นๆอีกหลายอุตสาหกรรม ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3. 1ความสัมพันธ์ของอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษกับอุตสาหกรรมอื่นๆ

สำหรับในการศึกษาเพื่อหาค่าเกณฑ์การใช้พลังงานนั้น ได้มีการจัดแบ่งกลุ่มอุตสาหกรรมเยื่อ และกระดาษออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

(1) กลุ่มอุตสาหกรรมกระดาษขั้นต้น ซึ่งได้แก่อุตสาหกรรมการผลิต เยื่อกระดาษ

(2) กลุ่มอุตสาหกรรมขั้นกลาง ซึ่งได้แก่การผลิตกระดาษประเภทต่างๆ เช่น กระดาษคราฟท์ กระดาษพิมพ์เขียน กระดาษ Duplex กระดาษอนามัย กระดาษหนังสือพิมพ์

(3) กลุ่ม อุตสาหกรรมขั้นปลาย ซึ่งได้แก่อุตสาหกรรมการผลิตบรรจุภัณฑ์ (ซึ่งในการศึกษานั้นได้มีการ พิจารณาเฉพาะการผลิตแผ่นลูกฟูก (Sheet board) เท่านั้น) ทั้งนี้ เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ลักษณะของ การใช้พลังงานได้อย่างเหมาะสมและชัดเจน

เนื่องจากลักษณะของการใช้พลังงานในแต่ละกลุ่มนั้นมี ความแตกต่างกัน โรงงานผลิตผ้าอนามัยที่คัดเลือกมาทำงานวิจัยจะอยู่ในโรงงานควบคุมกลุ่มที่ 2 (ขนาดใหญ่): โรงงานควบคุมที่ใช้เครื่องวัดไฟฟ้าหรือติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้ารวมกันตั้งแต่สามพันกิโลวัตต์หรือสามพันห้าร้อยสามสิบกิโลโวลต์แอมแปร์ขึ้นไปหรือโรงงานควบคุมที่ใช้พลังงาน

อ้างอิงข้อกำหนดคู่มือการพัฒนาและข้อแนะนำในการตรวจประเมินของระบบการจัดการพลังงานของ พพ. โดยกำหนดว่า คือ โรงงานที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าตั้งแต่ 1 MW ขึ้นไป เป็นโรงงานควบคุม ตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พรบ.) พ.ศ. 2535 ตามประกาศของกระทรวงพลังงานประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่องหลักเกณฑ์และวิธีการดำเนินการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม พ.ศ. 2552 เจ้าของโรงงานควบคุมจะต้องประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน เพื่อใช้เป็นแนวทาง การกำหนดมาตรการอนุรักษ์พลังงานและปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน โดยมีการประเมินเป้าหมายหลักเพื่อการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานภายในองค์กร เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดอย่างเป็นรูปธรรมและยั่งยืนต่อไป เพื่อให้ได้มาตรการอนุรักษ์พลังงานที่เหมาะสมและลดต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ผ้าอนามัยต่อไป

โดยดำเนินงานตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ประเมินการใช้พลังงานด้านไฟฟ้าเบื้องต้น
2. หาสาเหตุและปัจจัยที่ส่งผลต่อต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้า
3. จัดหามาตรการอนุรักษ์พลังงานเพื่อลดต้นทุนพลังงานไฟฟ้า
4. ดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานตามแผนงาน เพื่อลดต้นทุนพลังงานไฟฟ้า
5. เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายต้นทันพลังงานก่อนดำเนินการและหลังดำเนินการ
6. วิเคราะห์ผลที่ได้จากมาตรการอนุรักษ์พลังงงานแต่ละมาตรการไปประยุกต์ใช้
7. สรุปผลการวิจัย

ในการมาตรการอนุรักษ์พลังงานที่เหมาะสมตามขั้นตอนที่กล่าวมาจะใช้ระยะเวลาตามตารางที่ 3.1 ซึ่งเป็นเวลาที่เหมาะสมเนื่องจากการหาสาเหตุและปัจจัยที่ส่งผลต่อต้นทุนต้องใช้ระยะเวลาในการดำเนินงานนาน

ตารางที่ 3. 1 ระยะเวลาในการดำเนินงาน

หัวข้อ	การดำเนินงานวิจัย	เดือน	พ.ย 62				ธ.ค. 62				ม.ค. 63				ก.พ. 63				มี.ค. 62				เม.ย. 63			
		สัปดาห์	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	ประเมินการใช้พลังงานด้านไฟฟ้าเบื้องต้น																									
2	หาสาเหตุและปัจจัยที่ส่งผลต่อต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้า																									
3	จัดหามาตรการอนุรักษ์พลังงานเพื่อลดต้นทุนพลังงานไฟฟ้า																									
4	ดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานตามแผนงาน เพื่อลดต้นทุนพลังงานไฟฟ้า																									
5	เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายต้นทันพลังงานก่อนดำเนินการและหลังดำเนินการ																									
6	วิเคราะห์ผลที่ได้จากมาตรการอนุรักษ์พลังงงานแต่ละมาตรการไปประยุกต์ใช้																									
7	สรุปผลการวิจัย																									

3.1 วิเคราะห์การใช้พลังงานของโรงงานผลิตผ้าอนามัย

ในการดำเนินการวิเคราะห์การใช้พลังงาน จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทราบข้อมูลพื้นฐานของการใช้พลังงาน ไม่ว่าจะเป็นดัชนีชี้วัดต่างๆ ความสัมพันธ์ระหว่างการใช้พลังงานกับปริมาณผลผลิต ต้นทุนพลังงานในแต่ล่ะเดือน รวมไปถึงแบบจำลองการใช้พลังงานเพื่อพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานที่ควรในอนาคต ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการดำเนินการจัดการพลังงาน การปรับปรุงหามาตรการประหยัดพลังงาน หรือ เพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

ข้อมูลพื้นฐานเพื่อใช้ในการวิเคราะห์การใช้พลังงาน ของกรณีศึกษา

1 ปริมาณน้ำหนักของผ้าอนามัย (kg.) และปริมาณการใช้ไฟฟ้า (kWh)

2 ค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือน (บาท)

3 สัดส่วนการใช้ไฟฟ้าของแต่ละระบบ

4 ค่าดัชนีชี้วัดใช้พลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption; SEC)

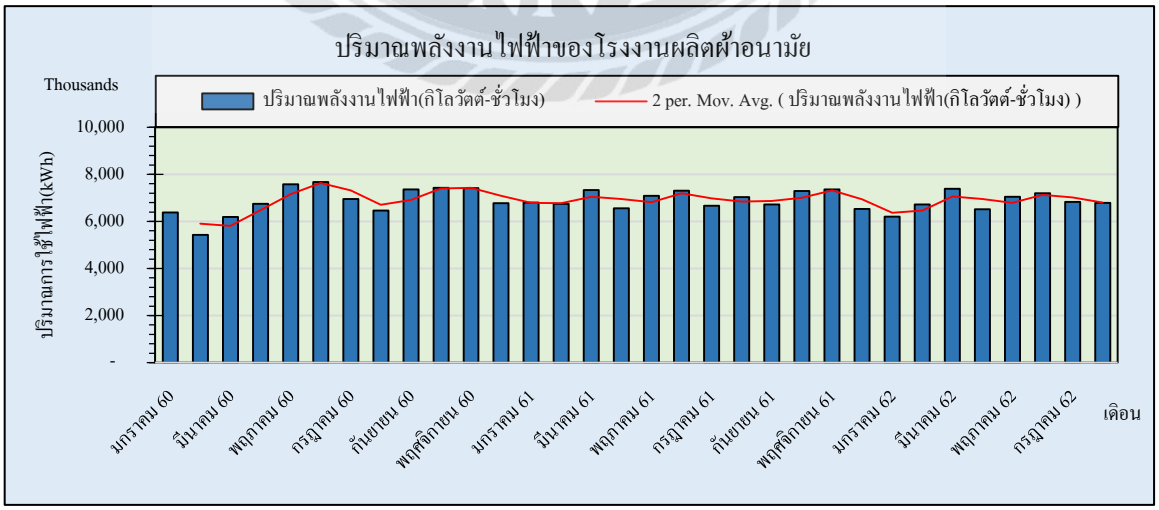
5 ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย (Energy Cost Per Unit :บาท/หน่วย)

ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงปริมาณน้ำหนักของผ้าอนามัยและปริมาณการใช้ไฟฟ้าของโรงงาน ตั้งแต่ มกราคม พ.ศ. 2560 ถึง สิงหาคม พ.ศ. 2562

ปี	เดือน	ผลิตภัณฑ์(kg.)	ไฟฟ้า(kWh)
1/2560	Jan-17	8,774,908.65	6,373,600.00
	Feb-17	6,720,156.37	5,428,800.00
	Mar-17	7,477,211.06	6,195,200.00
	Apr-17	8,143,644.18	6,743,600.00
	May-17	9,584,356.17	7,574,400.00
	Jun-17	10,124,442.73	7,676,000.00
2/2560	Jul-17	8,553,170.43	6,949,600.00
	Aug-17	7,701,507.81	6,462,400.00
	Sep-17	9,025,852.05	7,362,400.00
	Oct-17	9,686,736.83	7,430,400.00
	Nov-17	9,947,100.61	7,412,800.00
	Dec-17	9,191,425.72	6,770,000.00

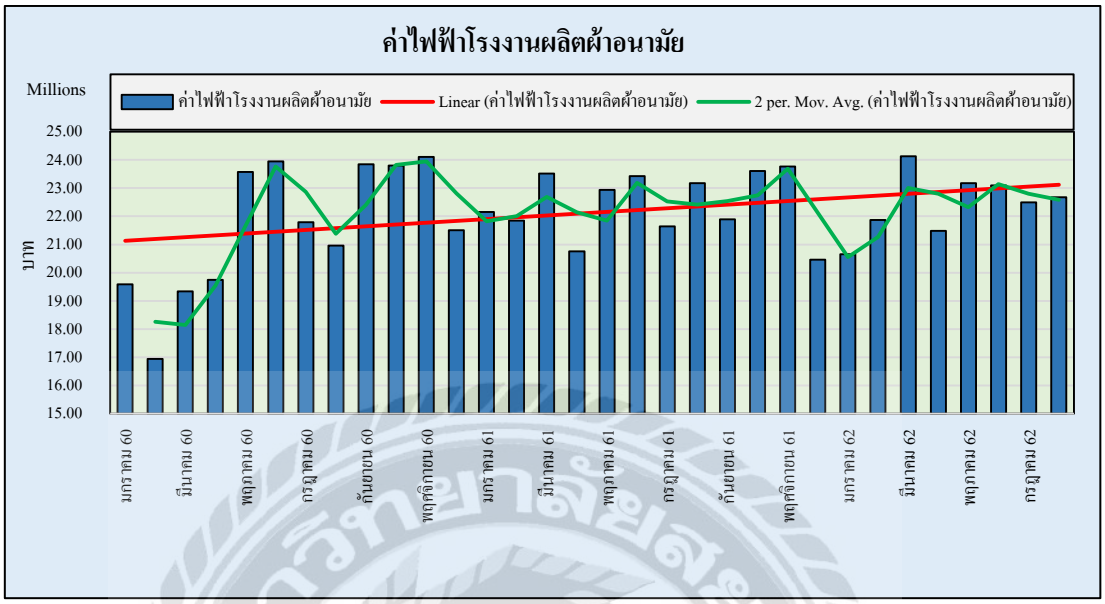
ปี	เดือน	ผลิตภัณฑ์(kg.)	ไฟฟ้า(kWh)
1/2561	Jan-18	10,058,446.10	6,799,600.00
	Feb-18	9,529,509.88	6,753,600.00
	Mar-18	10,373,543.25	7,336,400.00
	Apr-18	8,453,679.23	6,556,000.00
	May-18	8,207,726.87	7,085,600.00
	Jun-18	9,470,120.38	7,302,800.00
2/2561	Jul-18	8,179,854.35	6,661,600.00
	Aug-18	9,578,339.04	7,036,000.00
	Sep-18	8,821,864.54	6,713,200.00
	Oct-18	9,798,380.48	7,292,000.00
	Nov-18	10,357,722.10	7,354,000.00
	Dec-18	9,255,253.55	6,533,200.00

ปี	เดือน	ผลิตภัณฑ์(kg.)	ไฟฟ้า(kWh)
1/2562	Jan-19	8,814,007.04	6,204,800.00
	Feb-19	9,538,725.66	6,720,000.00
	Mar-19	9,832,062.76	7,392,400.00
	Apr-19	9,832,062.76	6,516,800.00
	May-19	9,767,333.03	7,049,200.00
	Jun-19	9,767,333.03	7,198,000.00



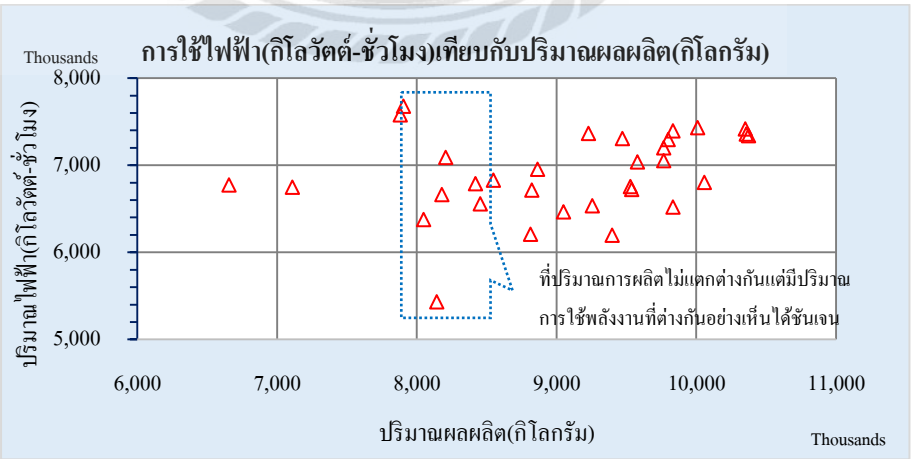
รูปที่ 3. 2 กราฟแสดงปริมาณหน่วยไฟฟ้าในแต่ล่ะเดือน ระหว่างมกราคม พ.ศ. 2560 ถึง สิงหาคม พ.ศ. 2562

3.2 ค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือน



รูปที่ 3. 3 กราฟแสดงค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือน

จากกราฟข้างต้นแสดงให้เห็นว่าค่าไฟฟ้าย้อนหลังของโรงงานดังกล่าว ในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ.2560 ถึง สิงหาคม พ.ศ.2562 มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นแต่เนื่องด้วยค่าไฟฟ้ามีอีกหลายเหตุปัจจัยที่สามารถทำให้ค่าใช้จ่ายในส่วนนี้เพิ่มสูงขึ้นได้ เพื่อให้เห็นภาพการใช้พลังงานของกรณีศึกษาที่ชัดเจนยิ่งขึ้น ผู้วิจัยจึงนำปริมาณการผลิตและปริมาณการใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลาดังกล่าวมาหาความสัมพันธ์ผ่านการสร้างแผนภาพการกระจายหรือ Scatter plot

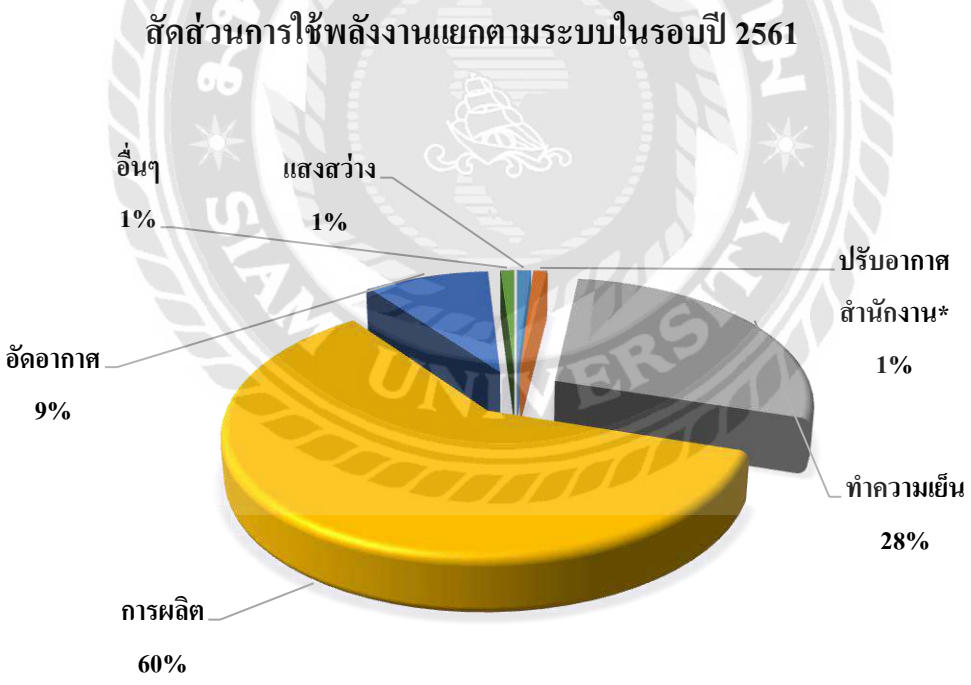


รูปที่ 3. 4 แผนภาพการกระจายตัวปริมาณหน่วยไฟฟ้าเทียบกับปริมาณผลผลิต (กิโลกรัม)

หลายๆจุดบนแผนภาพการกระจายแสดงให้เห็นถึงความไม่สอดคล้องกันของการใช้พลังงานเทียบกับปริมาณการผลิต ซึ่งในส่วนนี้เป็นส่วนที่เราต้องวิเคราะห์หาสาเหตุว่าเพราะเหตุใดถึงมีการใช้พลังงานแตกต่างกันทั้งที่มีการผลิตใกล้เคียงกัน หรือยังมีปัจจัยอื่นใดอีกบ้างที่ยังไม่ได้รับการควบคุม จากนั้นจัดหามาตรการที่เหมาะสมในการปรับปรุงและแก้ไขปัญหาด้านพลังงานของกรณีศึกษาต่อไป

3.3 สัดส่วนการใช้พลังงานของแต่ละระบบ

เมื่อทราบปริมาณการใช้พลังงานของกรณีศึกษา สามารถแบ่งการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละระบบ ซึ่งจะเห็นว่าการการใช้พลังงานส่วนใหญ่ของกรณีศึกษาจะอยู่ที่ การผลิต(60%) ระบบความเย็นและระบบระบายอากาศ(28%) ระบบอัดอากาศ(9%) ปรับอากาศสำนักงาน(1%) ระบบแสงสว่าง(1%) และระบบอื่นๆ(1%) ตามลำดับ



รูปที่ 3. 5 สัดส่วนการใช้พลังงานแยกตามระบบ

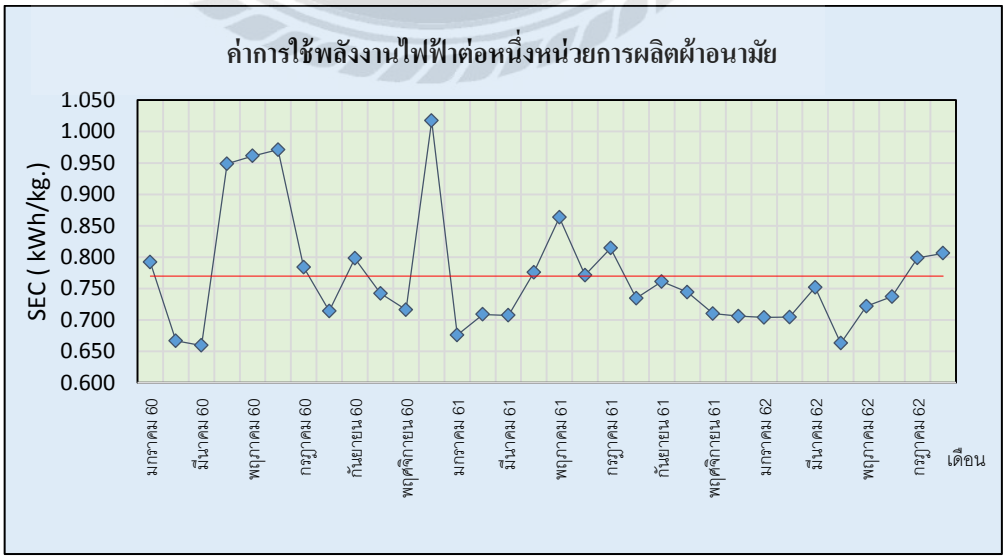
3.4 ค่าดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption ; SEC)

เป็นอีกหนึ่งดัชนีสำคัญที่ใช้ในการเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานต่อหน่วยผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 3. 2 ตารางแสดงปริมาณการใช้พลังงานจำเพาะของโรงงานตั้งแต่ มกราคม พ.ศ. 2560 ถึง สิงหาคม พ.ศ. 2562 (KWH/KG.)

ปี2560		ปี2561		ปี2562	
การใช้พลังงานจำเพาะSEC		การใช้พลังงานจำเพาะSEC		การใช้พลังงานจำเพาะSEC	
Jan-17	0.7920	Jan-18	0.6760	Jan-19	0.7040
Feb-17	0.6668	Feb-18	0.7087	Feb-19	0.7045
Mar-17	0.6592	Mar-18	0.7072	Mar-19	0.7519
Apr-17	0.9486	Apr-18	0.7755	Apr-19	0.6628
May-17	0.9612	May-18	0.8633	May-19	0.7217
Jun-17	0.9711	Jun-18	0.7711	Jun-19	0.7369
Jul-17	0.7840	Jul-18	0.8144	Jul-19	0.7988
Aug-17	0.7142	Aug-18	0.7346	Aug-19	0.8061
Sep-17	0.7979	Sep-18	0.7610		
Oct-17	0.7423	Oct-18	0.7442		
Nov-17	0.7161	Nov-18	0.7100		
Dec-17	1.0171	Dec-18	0.7059		

จากตารางที่ 3.3 จะเห็นว่าการผ้าอนามัย 1 กิโลกรัม มีการใช้พลังงานเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเทียบกับ SEC Baseline ที่ผ่านมาหรือเปรียบเทียบกับ Benchmarking ของอุตสาหกรรมที่มีการประกอบธุรกิจในแบบเดียวกัน



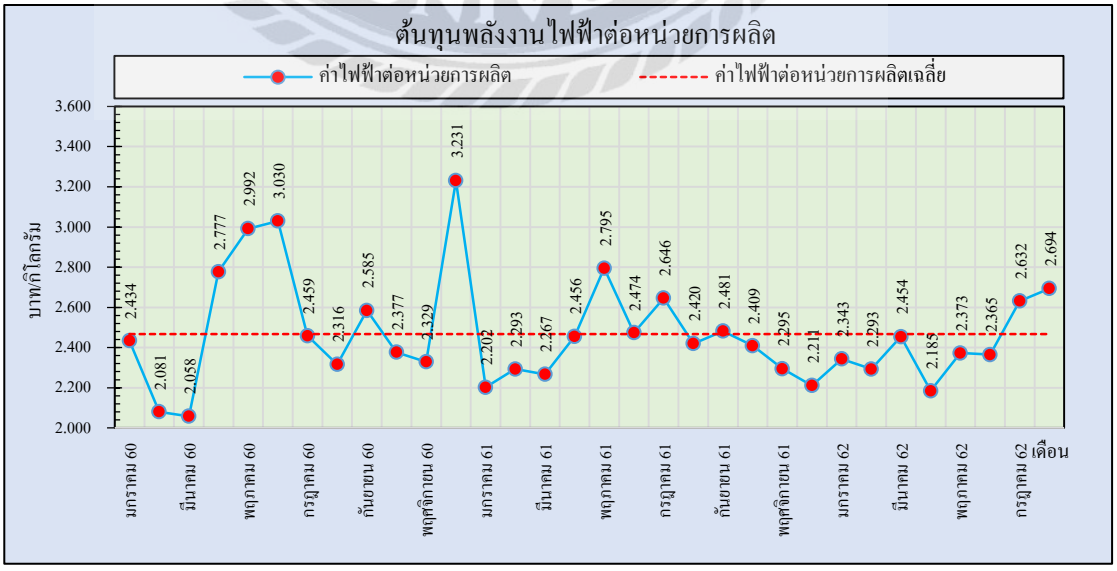
รูปที่ 3. 6 แสดงค่าดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วยการผลิต (SEC)

จากกราฟแสดงค่าดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานจำเพาะ ช่วงเดือน มกราคม พ.ศ.2560 ถึง สิงหาคม พ.ศ.2562 พบว่าค่าดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานของปี พ.ศ. 2560 มีค่าสูงกว่า ค่าเฉลี่ย 0.770 โดยค่า SEC มากสุดอยู่ที่ 1.017 kWh/kg. ในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2560 และค่า SEC ต่ำสุดอยู่ที่ 0.6592 kWh/kg. ในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2560

3.5 ค่าไฟฟ้าต่อหน่วยการผลิต

ตารางที่ 3. 3 ตารางแสดงค่าไฟฟ้าต่อหน่วยของโรงงาน ตั้งแต่ มกราคม พ.ศ. 2560 ถึง สิงหาคม พ.ศ. 2562 (บาท/กิโลกรัม)

ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย					
ปี2560		ปี2561		ปี2562	
Jan-17	2.4337	Jan-18	2.2023	Jan-19	2.3429
Feb-17	2.0805	Feb-18	2.2929	Feb-19	2.2930
Mar-17	2.0580	Mar-18	2.2669	Mar-19	2.4541
Apr-17	2.7771	Apr-18	2.4558	Apr-19	2.1846
May-17	2.9916	May-18	2.7950	May-19	2.3729
Jun-17	3.0299	Jun-18	2.4735	Jun-19	2.3645
Jul-17	2.4587	Jul-18	2.6455	Jul-19	2.6319
Aug-17	2.3163	Aug-18	2.4200	Aug-19	2.6937
Sep-17	2.5846	Sep-18	2.4815		
Oct-17	2.3769	Oct-18	2.4090		
Nov-17	2.3289	Nov-18	2.2947		
Dec-17	3.2307	Dec-18	2.2110		



รูปที่ 3. 7 กราฟแสดงค่าไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วยการผลิต (COST/PRODUCT UNIT)

จากรูปที่ 3.7 พบว่าค่าไฟฟ้าต่อหน่วยการผลิตมีแนวโน้มที่สอดคล้องกันกับ SEC พบต้นทุนพลังงานต่อหน่วยสูงสุดอยู่ที่ 3.231 บาทต่อกรัม ในเดือนธันวาคม พ.ศ.2560 ค่าต้นทุนพลังงานเฉลี่ยอยู่ที่ 2.467 บาทต่อกรัม และต้นทุนพลังงานต่อหน่วยต่ำสุดอยู่ที่ 2.058 บาทต่อกรัม ในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2560 เพื่อให้สามารถพยากรณ์ปริมาณพลังงานที่จะต้องใช้ในการผลิตผ้าอนามัยจำนวนหนึ่งๆ Regression Analysis จึงเป็นเครื่องมือทางสถิติที่ถูกหยิบขึ้นมาใช้วิเคราะห์ผ่านโปรแกรม MINITAB 16 เพื่อสร้างแบบจำลองในการคาดคะเนพลังงานที่จะต้องใช้ในการผลิตผ้าอนามัย โดยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบกระจายตัว (XY scatter) พร้อมกับการวิเคราะห์สหสัมพันธ์และการถดถอย เป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์และเป็นที่นิยมในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆอีกทั้งยังช่วยในการตรวจติดตามการใช้พลังงานของโรงงานผลของแบบจำลองที่ได้จากการวิเคราะห์ความถดถอย (Regression Analysis) ระหว่างปริมาณที่ใช้ (kWh) กับปริมาณผลผลิตผ้าอนามัยที่ได้ (kg.)

```
Welcome to Minitab, press F1 for help.
MTB > Fitline 'ปริมาณไฟฟ้า(kWh)' 'ปริมาณผลผลิต(kg.)';
SUBC>   Confidence 95.0.

Regression Analysis: ปริมาณไฟฟ้า(kWh) versus ปริมาณผลผลิต(kg.)

The regression equation is
ปริมาณไฟฟ้า(kWh) = 3241180 + 0.4006 ปริมาณผลผลิต(kg.)


S = 330117   R-Sq = 54.3%   R-Sq(adj) = 52.8%


Analysis of Variance

Source       DF           SS           MS      F      P
Regression    1  3.89204E+12  3.89204E+12  35.71  0.000
Error        30  3.26933E+12  1.08978E+11
Total        31  7.16137E+12

Fitted Line: ปริมาณไฟฟ้า(kWh) versus ปริมาณผลผลิต(kg.)
```

รูปที่ 3.8 แสดงการวิเคราะห์ความถดถอย (Regression Analysis)
ระหว่างปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ (kWh) เทียบกับปริมาณการผลิต (kg.)

จากการสร้างแบบจำลอง ทำให้ได้สมการที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการใช้พลังงานและผลผลิตดังนี้คือ Energy(kWh) = 3,241,180 + 0.4006 Product (kg.)

ภายใต้ R-Sq. = 54.3% และ R-Sq. (adj) = 52.8%

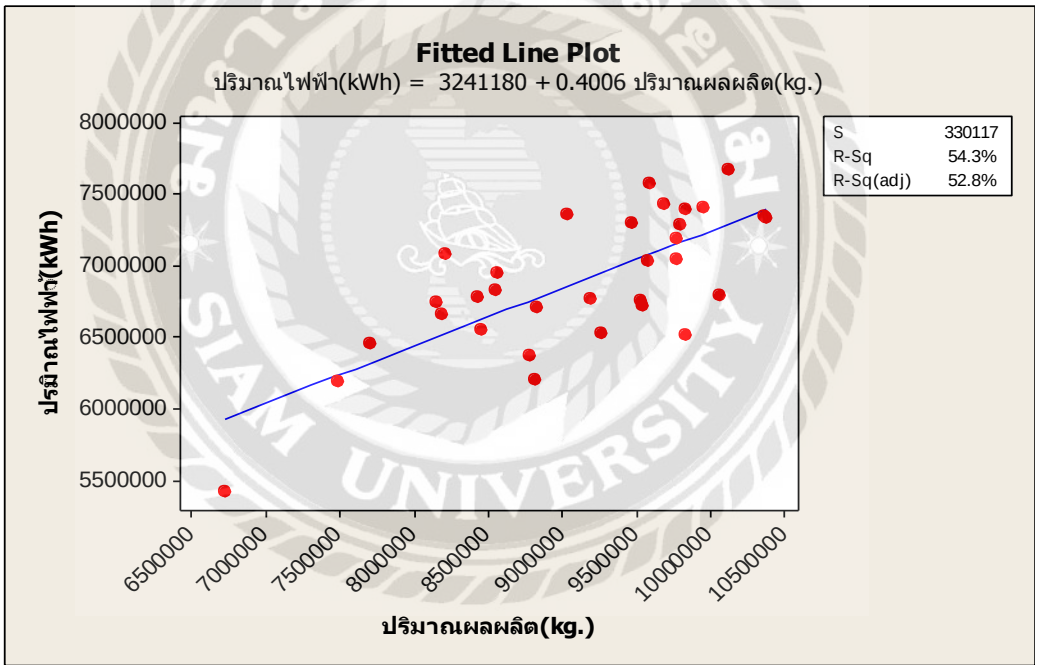
สมการน้อยที่ในรูปแบบของสมการเส้นตรง คือ y = mx + C

เมื่อ

Y: ปริมาณการใช้พลังงานที่คาดว่าจะเป็น (kWh)

X: ปริมาณผลผลิตรายเดือน (kg.)

M: ความชันของเส้นตรง (พลังงานที่ต้องใช้เมื่อทำการผลิตหนึ่งหน่วย หรือ productive dependent energy consumption: PEC)



รูปที่ 3. 9 แสดงกราฟเส้นวิเคราะห์ความถดถอย (REGRESSION ANALYSIS) ระหว่างการใช้พลังงาน (KWH) เทียบกับปริมาณการผลิต (กิโลกรัม)

แสดงวิธีทำ

ปริมาณการใช้พลังงานที่คาดว่าจะเป็น (kWh) = 3,241,180 + 0.4006 Product (kg.)

เดือนเมษายน 2562

น้ำหนักผลิตภัณฑ์ 9,832,062.76 กิโลกรัม

ปริมาณการใช้พลังงานที่คาดว่าจะเป็น (kWh) = 3,241,180 + (0.4006 x 9,832,062.76)

ปริมาณการใช้พลังงานที่คาดว่าจะเป็นในเดือนเมษายน 7,179,904.34 kWh

เดือนพฤษภาคม 2562

น้ำหนักผลิตภัณฑ์ 9,767,333.03 กิโลกรัม

ปริมาณการใช้พลังงานที่คาดว่าจะเป็น (kWh) = 3,241,180 + (0.4006 x 9,767,333.03)

ปริมาณการใช้พลังงานที่คาดว่าจะเป็นในเดือนพฤษภาคม 7,179,904.34 kWh

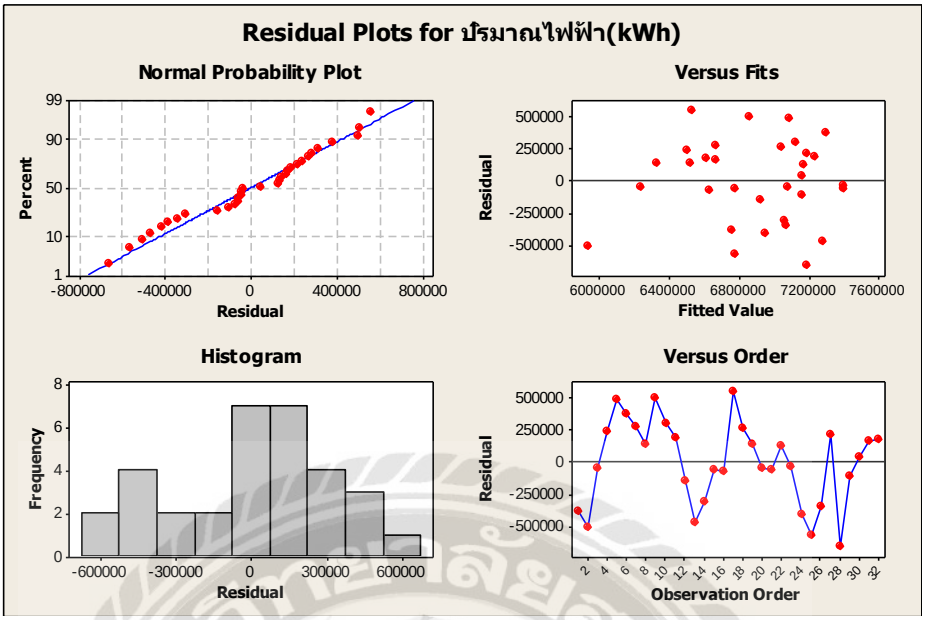
เดือนมิถุนายน 2562

น้ำหนักผลิตภัณฑ์ 9,664,314.22 กิโลกรัม

ปริมาณการใช้พลังงานที่คาดว่าจะเป็น (kWh) = 3,241,180 + (0.4006 x 9,664,314.22)

ปริมาณการใช้พลังงานที่คาดว่าจะเป็นในเดือนมิถุนายน 7,116,570.00 kWh

จากสมการจะเห็นว่า ปริมาณพลังงานที่ใช้ในส่วนที่ไม่ขึ้นตรงกับปริมาณการผลิต ไม่ว่าจะเป็น ระบบแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ รวมถึงพลังงานที่สูญเสียโดยไม่จำเป็น เช่น การรั่วไหลในระบบอัดอากาศ การเปิดเครื่องปรับอากาศ หรือหลอดไฟในช่วงที่ไม่มีการใช้งาน การเดินเครื่องจักรหรือเครื่องตัวเปล่า ฯลฯ มีค่าสูงถึง 3.2 ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง/เดือน Residual Plots แสดงการให้เห็นว่าข้อมูลด้านพลังงานชุดนี้มีการกระจายตัวแบบปกติ



รูปที่ 3. 10 แสดง RESIDUAL PLOTS ของการใช้พลังงาน (KWH) ของโรงงานผลิตผ้าอนามัย

จากสมการข้างต้นที่ได้จากแบบจำลอง สามารถนำมาใช้คาดการปริมาณการใช้พลังงานของกรณีศึกษาได้ การนำสมการที่ได้ไปวิเคราะห์เพื่อคาดการณ์ การใช้พลังงานของกรณีศึกษาจะใช้เทคนิคแผนภูมิควบคุมผลรวมสะสม (CUSUM Chart) คือหาค่าพลังงานไฟฟ้าที่ควรจะเป็นสำหรับจำนวนการผลิต เพื่อใช้ดูพฤติกรรมการใช้พลังงานที่ผ่านมาและเป็นค่าอ้างอิงสำหรับพยากรณ์อนาคตของการใช้พลังงานว่าเป็นไปตามเป้าหมายที่ควรจะเป็นหรือไม่

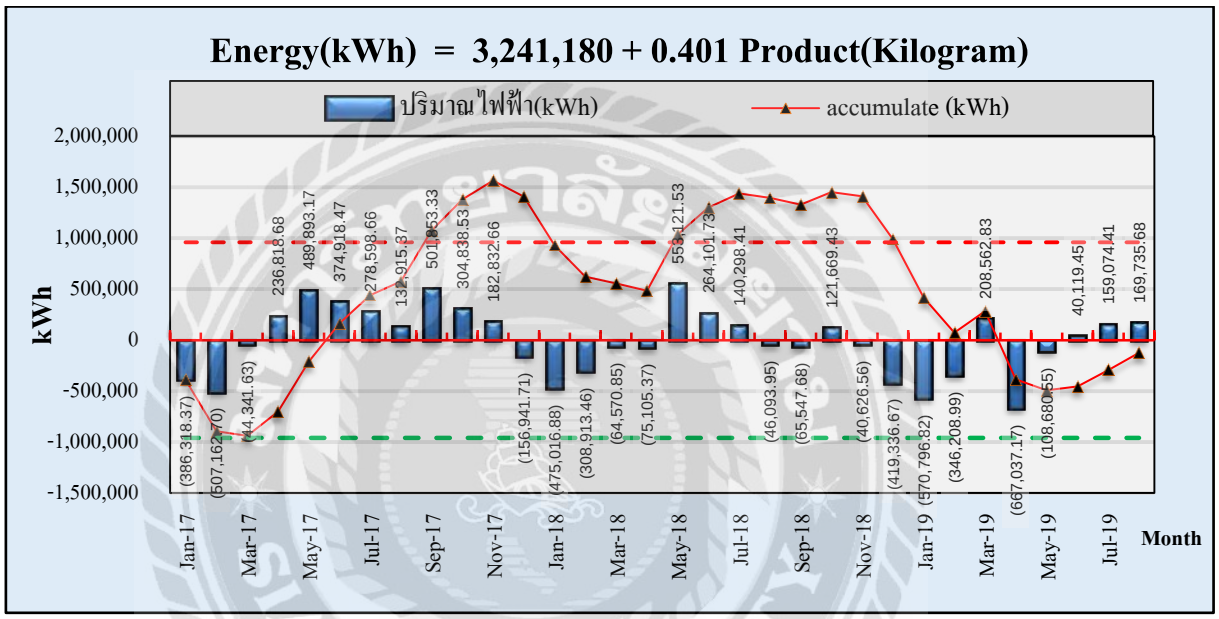
โดยนำหลักการ CUSUM (Cumulative sum of different) มาสร้างกราฟสำหรับระบุการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต กราฟ CUSUM จะสามารถตรวจพบความผิดปกติที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตได้อย่างรวดเร็ว

ถือเป็นพื้นฐานในการกำหนดและคาดการณ์การใช้พลังงานเพื่อการควบคุมระดับการใช้พลังงานในปัจจุบันให้เป็นไปตามค่าที่ควรจะเป็นและเหมาะสม รวมไปถึงใช้ในการปรับปรุงพัฒนากระบวนการทำงานหรือกระบวนการผลิตเดิมที่มีอยู่ให้ดีขึ้นและมีต้นทุนการใช้พลังงานที่ลดลง

ซึ่งค่าผลต่างระหว่างค่าจริงและค่าฐานจะแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของโรงงานดังสมการ

ผลต่างการใช้พลังงาน = ค่าการใช้พลังงานจริง – ค่าการใช้พลังงานที่คาดว่าจะเป็น

หากค่าที่ได้จากการนำผลต่างมารวมกันเป็นบวก หมายความว่าค่าการใช้พลังงานจริงสูงเกินกว่าค่าพลังงานที่ควรจะเป็น ในทางตรงกันข้ามถ้าค่าผลรวมมีค่าเป็นลบ หมายถึงโรงงานมีการใช้พลังงานจริงต่ำกว่าค่าคาดหมายที่ได้จากสมการ การตรวจติดตามการใช้พลังงาน (energy monitoring) เช่นนี้ ถือเป็นเทคนิคในการบริหารจัดการพลังงานเบื้องต้น โดยอาศัยข้อมูลการใช้พลังงานของโรงงาน เพื่อควบคุมระดับการใช้พลังงานให้เป็นไปตามความเหมาะสม



รูปที่ 3. 11 กราฟแสดงผลต่างระหว่างค่าการใช้พลังงานจริงและค่าการใช้พลังงานที่ควรจะเป็น เมื่อผลิตในจำนวนหนึ่งๆ ระหว่างเดือน มกราคม พ.ศ. 2560 – สิงหาคม พ.ศ. 2562

จากกราฟ CUSUM ข้างบนทำให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลง การใช้พลังงานส่วนใหญ่จะเกินจากการใช้พลังงานจริงและพบว่าตั้งแต่เดือน มิถุนายน 2562 - สิงหาคม 2562 มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น

3.6 ทบทวนและกำหนดเป้าหมายในการลดต้นทุน

เป้าหมายของโรงงานกรณีศึกษานี้ต้องการที่จะลดต้นทุนต่อหน่วยการผลิต จากต้นทุนต่อหน่วยการผลิตอยู่ที่ 2.423 บาทต่อกิโลกรัม

จากปีฐาน (ระหว่างเดือน มกราคม 2560 – มิถุนายน 2562)

ตารางที่ 3. 4 ตารางแสดงค่าปริมาณการผลิต ค่าฟ้า หน่วยไฟฟ้า ไฟฟ้าต่อหน่วยและ SEC ตั้งแต่ มกราคม พ.ศ. 2560 ถึง มิถุนายน พ.ศ. 2562

ปี	เดือน	ผลิตภัณฑ์(kg.)	ไฟฟ้าที่ใช้(kWh)	ค่าไฟฟ้าที่จ่าย(บาท)	ค่าไฟฟ้าต่อผลิตภัณฑ์(บาท)	SEC
1/2560	Jan-17	8,774,908.65	6,373,600.00	19,585,749.68	2.232	0.726
	Feb-17	6,720,156.37	5,428,800.00	16,939,608.72	2.521	0.808
	Mar-17	7,477,211.06	6,195,200.00	19,339,809.52	2.587	0.829
	Apr-17	8,143,644.18	6,743,600.00	19,743,575.04	2.424	0.828
	May-17	9,584,356.17	7,574,400.00	23,575,528.88	2.460	0.790
	Jun-17	10,124,442.73	7,676,000.00	23,950,082.64	2.366	0.758
2/2560	Jul-17	8,553,170.43	6,949,600.00	21,794,172.08	2.548	0.813
	Aug-17	7,701,507.81	6,462,400.00	20,960,261.20	2.722	0.839
	Sep-17	9,025,852.05	7,362,400.00	23,849,045.12	2.642	0.816
	Oct-17	9,686,736.83	7,430,400.00	23,793,862.48	2.456	0.767
	Nov-17	9,947,100.61	7,412,800.00	24,107,582.48	2.424	0.745
	Dec-17	9,191,425.72	6,770,000.00	21,505,403.48	2.340	0.737
1/2561	Jan-18	10,058,446.10	6,799,600.00	22,151,626.00	2.202	0.676
	Feb-18	9,529,509.88	6,753,600.00	21,850,476.56	2.293	0.709
	Mar-18	10,373,543.25	7,336,400.00	23,515,864.12	2.267	0.707
	Apr-18	8,453,679.23	6,556,000.00	20,760,852.00	2.456	0.776
	May-18	8,207,726.87	7,085,600.00	22,940,922.56	2.795	0.863
	Jun-18	9,470,120.38	7,302,800.00	23,424,501.24	2.474	0.771
2/2561	Jul-18	8,179,854.35	6,661,600.00	21,640,112.08	2.646	0.814
	Aug-18	9,578,339.04	7,036,000.00	23,179,930.88	2.420	0.735
	Sep-18	8,821,864.54	6,713,200.00	21,891,375.88	2.481	0.761
	Oct-18	9,798,380.48	7,292,000.00	23,604,555.68	2.409	0.744
	Nov-18	10,357,722.10	7,354,000.00	23,768,225.96	2.295	0.710
	Dec-18	9,255,253.55	6,533,200.00	20,463,432.04	2.211	0.706
1/2562	Jan-19	8,814,007.04	6,204,800.00	20,650,467.76	2.343	0.704
	Feb-19	9,538,725.66	6,720,000.00	21,872,598.16	2.293	0.704
	Mar-19	9,832,062.76	7,392,400.00	24,129,248.28	2.454	0.752
	Apr-19	9,832,062.76	6,516,800.00	21,479,160.24	2.185	0.663
	May-19	9,767,333.03	7,049,200.00	23,177,182.28	2.373	0.722
	Jun-19	9,767,333.03	7,198,000.00	23,094,997.00	2.365	0.737
ค่าเฉลี่ย (Mean)		9,152,215.89	6,896,146.67	22,091,340.33	2.423	0.757
การกระจายตัว(SD)		898,454.22	496,395.14	1,739,026.38	0.15	0.05
ค่าเป้าหมาย (Target) = (ค่าเฉลี่ย-การกระจายตัว)					2.270	0.705
เปอร์เซ็นต์ต้นทุนพลังงานที่ต้องการลด					6.283%	6.801%

เป้าหมายที่คำนวณจากข้อมูลการใช้พลังงานตั้งแต่ มกราคม พ.ศ. 2560 ถึง มิถุนายน พ.ศ. 2562

เป้าหมาย (Target) = ค่าเฉลี่ย (Mean) – การกระจายตัว (SD)

ค่าเฉลี่ย (Mean) = 2.423 บาทต่อกิโลกรัม

ค่าการกระจายตัว = 0.15 บาทต่อกิโลกรัม

บทที่ 4
ผลการดำเนินการวิจัย

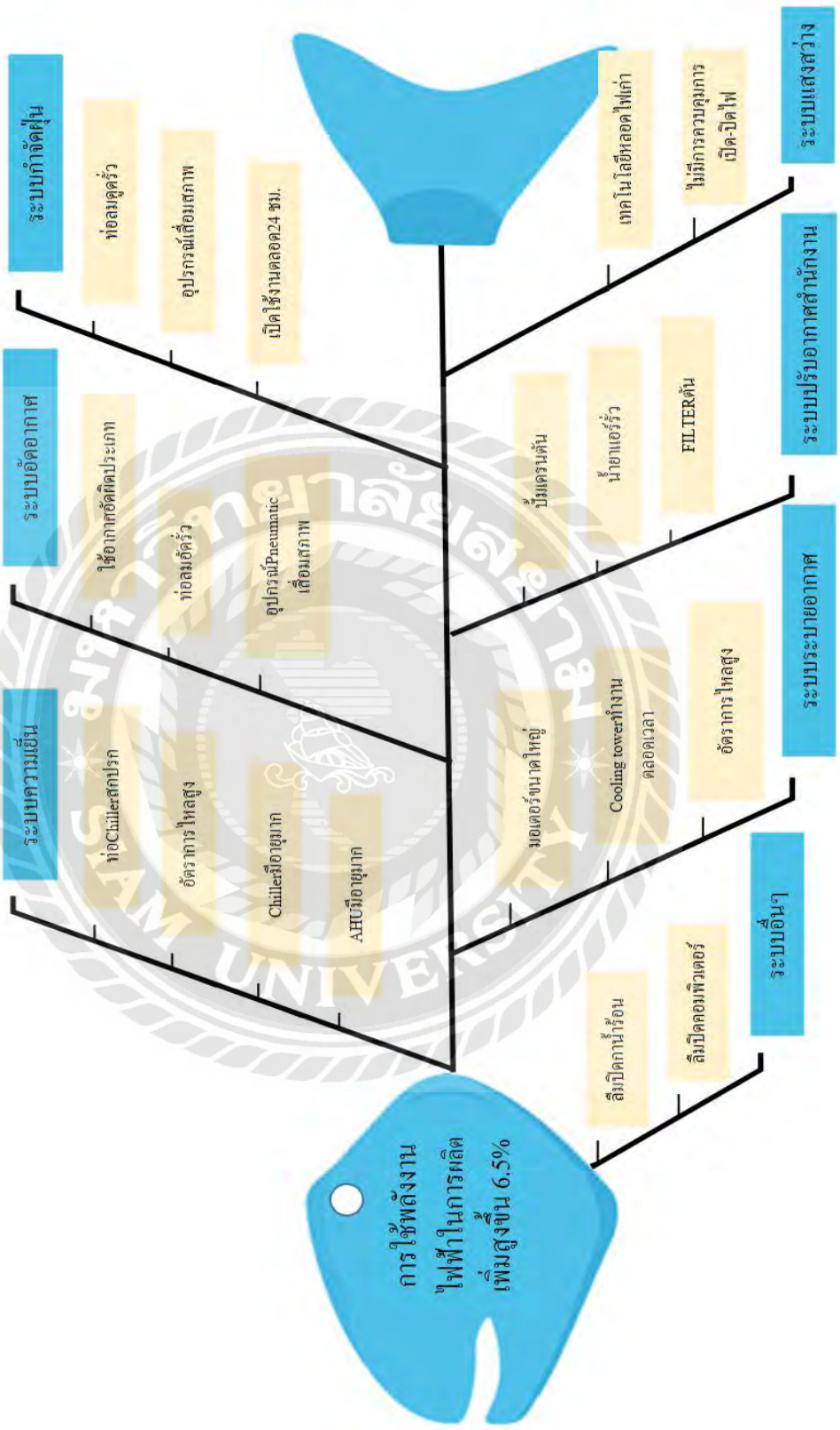
ในบทนี้หลังจากผู้วิจัยได้ทราบถึงการใช้พลังงานด้านไฟฟ้าเบื้องต้นและสถานะภาพการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานกรณีศึกษา และได้กำหนดเป้าหมาย SEC เท่ากับ 0.683 กิโลวัตต์ต่อกรัมหรือ เปอร์เซ็นต์พลังงานที่ต้องการลด 4.355 % จาก ผู้วิจัยจะหาสาเหตุและดำเนินการเพื่อลดต้นทุนด้านพลังงานตามที่ตั้งเป้าหมายไว้

4.1 สาเหตุและปัจจัยที่ส่งผลต่อต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้า

การหาสาเหตุและปัจจัยที่ส่งผลต่อต้นทุนการใช้พลังงานของโรงงานจะใช้ แผนผังแสดงเหตุและผล Cause And Effect Diagram ถือเป็นเครื่องมือที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลกระทบและสาเหตุต่างๆ และนำ Why-Why Analysis มาเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์หารากเง้าปัญหาและจัดการหามาตรการแก้ไขต่อไป ทั้งนี้ต้องอาศัยข้อมูลสถิติหรือตัวเลขในการใส่น้ำหนักและคะแนนแต่ล่ะสาเหตุเพื่อจัดลำดับความสำคัญ และอาจอาศัยข้อมูลการให้คะแนนจากประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญร่วมด้วย

4.1.1 ขั้นตอนการหาสาเหตุที่ส่งผลกระทบต่อต้นทุนพลังงานของโรงงานผลิตผ้าอนามัย

- วิเคราะห์สาเหตุผ่าน Cause And Effect Diagram โดยแบ่งหมวดหมู่ตามเครื่องจักรหรืออุปกรณ์หลักที่ไม่ขึ้นกับการผลิต ระบบความเย็น, ระบบระบายอากาศ, ระบบกำจัดฝุ่น, ระบบอัดอากาศ, ระบบปรับอากาศสำนักงาน, ระบบแสงสว่าง, ระบบอื่นๆ นำเสนอปัญหาที่เคยพบหรือปัญหาที่คาดการณ์อาจจะเกิดขึ้นใส่แผนผังแสดงเหตุและผล Cause And Effect Diagram และให้น้ำหนักของปัญหาโดยคณะกรรมการเพื่อนำไปค้นหามาตรการอนุรักษ์พลังงาน

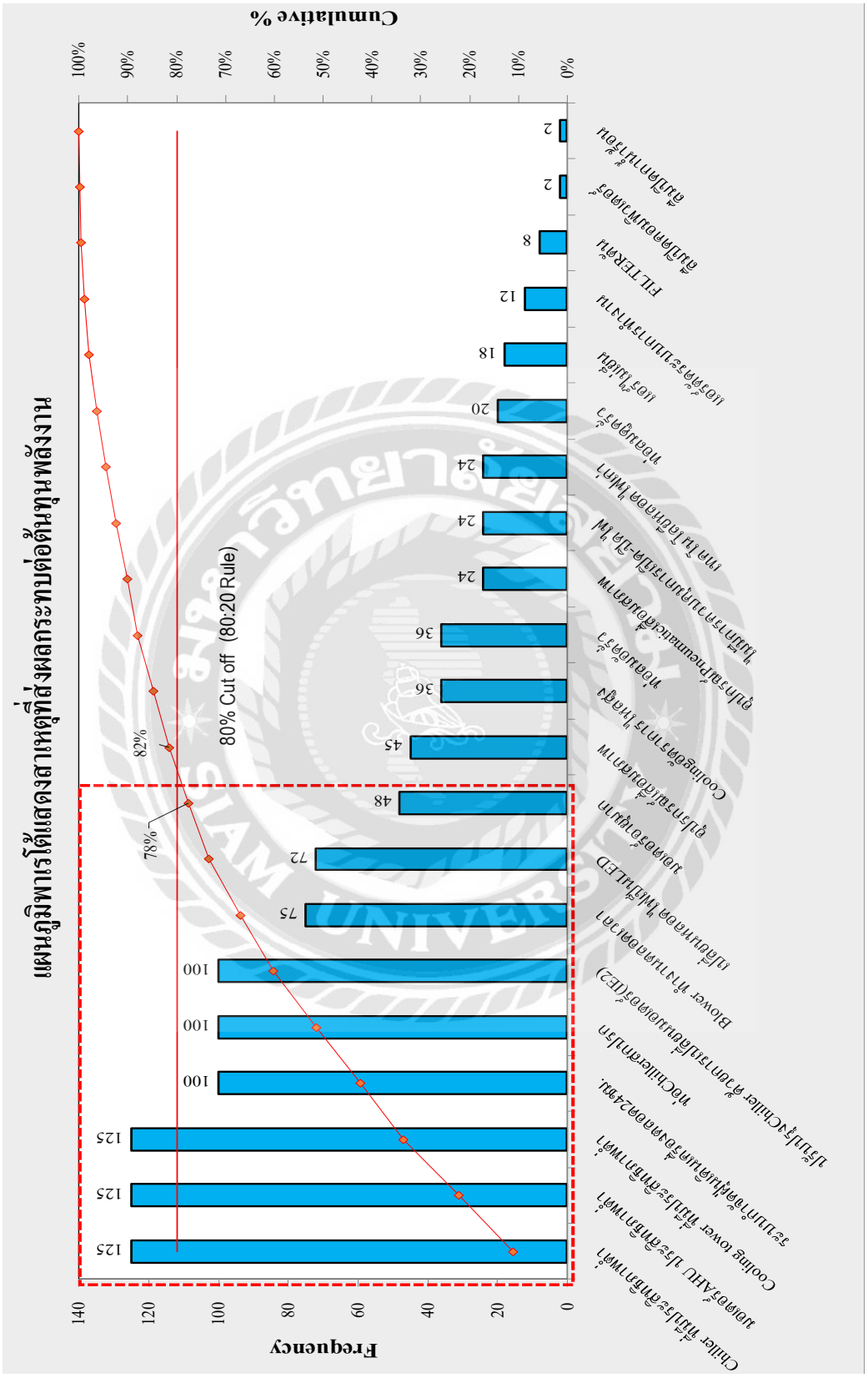


รูปที่ 4.1 แผนผังแสดงเหตุและผล CAUSE AND EFFECT DIAGRAM

ตารางที่ 4.1 วิเคราะห์ลำดับผลกระทบที่ส่งผลต่อต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้า

หัวข้อ	สาเหตุ	(1)โอกาส					(2)ความรุนแรง					(3)ผลกระทบ					RPN
		มากที่สุด (5 คะแนน)	มาก (4 คะแนน)	ปานกลาง (3 คะแนน)	น้อย (2 คะแนน)	น้อยที่สุด (1 คะแนน)	มากที่สุด (5 คะแนน)	มาก (4 คะแนน)	ปานกลาง (3 คะแนน)	น้อย (2 คะแนน)	น้อยที่สุด (1 คะแนน)	ระดับสูงที่สุด(5 คะแนน)	ระดับสูง(4 คะแนน)	ระดับปานกลาง(3 คะแนน)	ระดับต่ำ(2 คะแนน)	ระดับต่ำที่สุด(1 คะแนน)	รวม(1)x(2)x(3)
1	ท่อChillerสกปรก		x				x					x					100
2	เทคโนโลยีหลอดไฟเก่า			x						x			x				24
3	ปรับปรุงChiller ด้วยการเปลี่ยนมอเตอร์	x						x				x					100
4	มอเตอ์AHUประสิทธิภาพต่ำ	x					x					x					125
5	ลืมปิดคอมพิวเตอร์				x						x					x	2
6	ระบบกำจัดฝุ่นเปิดใช้งานตลอด24 ชม.	x						x				x					100
7	อุปกรณ์Pneumaticเสื่อมสภาพ	x						x		x							24
8	ท่อลมดูดรั่ว				x					x		x					20
9	อุปกรณ์เสื่อมสภาพ			x					x			x					45
10	แอร์ไม่เย็น			x					x						x		18
11	ท่อลมอัดรั่ว			x						x							36
12	ไม่มีการควบคุมการเปิด-ปิดไฟ			x						x			x				24
13	Coolingอัตราการไหลสูง			x						x							36
14	Blower ทำงานตลอดเวลา			x						x		x					75
15	มอเตอร์Coolingอายุมาก		x					x						x			48
16	เปลี่ยนหลอดไฟเป็นLED		x						x				x				60
17	FILTERตัน		x								x				x		8
18	แอร์ตัดระบบการทำงาน				x				x						x		12
19	Chillerประสิทธิภาพต่ำ	x					x					x					125
20	ลืมปิดกาน้ำร้อน			x							x					x	2
21	Cooling tower ที่มีประสิทธิภาพต่ำ	x					x					x					125

เมื่อทราบสาเหตุและปัจจัยที่ส่งผลต่อต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้า จากการใช้วิเคราะห์สาเหตุผ่าน Cause And Effect Diagram และนำข้อมูลมาทำตารางน้ำหนักผลกระทบที่ส่งผลต่อต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้า และใช้แผนภูมิพาเรโต้แสดงสาเหตุที่ส่งผลกระทบต่อต้นทุนพลังงาน



รูปที่ 4. 2 แผนภูมิพาเรโต้แสดงสาเหตุที่ส่งผลกระทบต่อต้นทุนพลังงาน

4.2 จัดหามาตรการอนุรักษ์พลังงานเพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่กำหนด

จากแผนภูมิพาเรโต้แสดงสาเหตุที่ส่งผลปัจจัยที่ส่งผลให้ต้นทุนด้านพลังงานสูงขึ้น จากกฎ 80:20 จะได้สาเหตุหลัก 8 ข้อแรกมาวิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยแฝงอื่นๆ ส่งผลกระทบต่อต้นทุนพลังงานไฟฟ้าของโรงงานผลิตผ้าอนามัย ผ่านการวิเคราะห์ Why-Why-Analysis อีกครั้งเพื่อหาสาเหตุที่แท้จริง

ตารางที่ 4. 2 แสดงการวิเคราะห์ WHY-WHY-ANALYSIS

หัวข้อ	Why-1	Why-2	Why-3	การแก้ไข
Chiller ที่มีประสิทธิภาพต่ำ	ค่าEERสูงกว่ามาตรฐาน	กำลังอัดScrew Compressor ลดลง	เกิดการสึกหรอจากการใช้งานเป็นเวลานาน	พิจารณาเปลี่ยนChiller ใหม่
มอเตอร์AHU ประสิทธิภาพต่ำ	ค่าEERสูงกว่ามาตรฐาน	Motor ทำงานที่ประสิทธิภาพต่ำกว่า 80 %	เกิดการสึกหรอจากการใช้งานเป็นเวลานาน	เปลี่ยนไปใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง (IE2) AHU
Cooling tower ที่มีประสิทธิภาพต่ำ	ใช้พลังงานไฟฟ้าสูงขึ้น	พัดลมระบายความร้อนเสื่อมสภาพ	ใบพัดหนักและมอเตอร์มีคราบสกปรก	พิจารณาเปลี่ยนCooling Tower
Cooling tower เก่าและผุ		อัตราการไหลน้ำCooling tower สูงกว่าค่าออกแบบ		พิจารณาเปลี่ยนใบพัดและมอเตอร์ใหม่
ระบบกำจัดฝุ่นเดินเครื่องตลอด 24ชม.	เดินเครื่องเปล่าขณะไปพัก	ไม่สามารถลดรอบ Blower		พิจารณาติดตั้ง INVERTOR เพื่อลดความเร็วรอบ Blower ขณะช่วงพักเบรค
Chiller ท่อสกปรก	อุณหภูมิน้ำเข้า-ออกสูงกว่าค่าออกแบบ	ท่อมีคราบตะกรันและสกปรก	ทำงานตลอดเวลาไม่สามารถทำความสะอาดได้	พิจารณาติดตั้ง BALL TECHNIC SYSTEM
มอเตอร์ Pump ประสิทธิภาพต่ำ	Pumpน้ำที่ระบบทำน้ำเย็นประสิทธิภาพต่ำ	อายุการใช้มากกว่า 15 ปี		เปลี่ยนไปใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง (IE2) Chiller
หลอดไฟดับ	หลอดไฟ เสื่อมสภาพจากการใช้งาน	หลอดไฟเป็นเทคโนโลยีเก่า		พิจารณาเปลี่ยนหลอดไฟ ชนิดLED

จากตารางแสดงการวิเคราะห์ Why-Why-Analysis จะได้แนวทางแก้ไข 8 ข้อ

1. พิจารณาเปลี่ยน Chiller ใหม่แทนตัวที่มีประสิทธิภาพต่ำ
2. พิจารณาเปลี่ยน Cooling Tower ใหม่แทนตัวที่มีประสิทธิภาพต่ำ
3. ปรับปรุงAHUด้วยการเปลี่ยนมอเตอร์เป็นประสิทธิภาพสูง (IE2)
4. เปลี่ยนมอเตอร์เป็นประสิทธิภาพสูง (IE2) ที่ปั๊มน้ำเย็นของระบบChiller
5. ติดตั้งโปรแกรม PLC ที่ Blower ของระบบกำจัดฝุ่น
6. เปลี่ยนหลอดไฟเป็นชนิด LED
7. ติดตั้งระบบกำจัดตะกรันของ Chiller ชนิดอัตโนมัติ “Ball Technic”

8. เปลี่ยนใบพัดและมอเตอร์ใหม่ของระบบ Cooling tower

4.3 มาตรการอนุรักษ์พลังงาน

4.3.1 ชื่อมาตรการ : เปลี่ยน Chiller ใหม่แทนตัวที่มีประสิทธิภาพต่ำ

ผู้รับผิดชอบมาตรการ : Equipment Department

อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : Chiller No.9

จำนวนอุปกรณ์ที่ปรับปรุง : 1 ชุด

สถานที่ปรับปรุง : Chiller Room

สาเหตุการปรับปรุง : Chiller No.9 เป็นแบบAir cooled ที่ใช้งานที่ โรงงาน 1 ได้ติดตั้งในปี 2006 ใช้งานมาแล้ว 14 ปี ซึ่งปัจจุบันจากการเสื่อมสภาพของCoilทำความเย็นและCompressor ทำให้ประสิทธิภาพการทำความเย็นตกลง ที่ 77 % ในกรณีที่ทำการซ่อม จะมีค่าใช้จ่าย 5.2ล้านบาท และประสิทธิภาพการทำความเย็นจะเพิ่มขึ้น ที่ 86%

เป้าหมายเชิงปริมาณ : 1,020,888 kWh/ปี

ระดับการใช้พลังงานอ้างอิงก่อนการปรับปรุง : 2,280,168 kWh/ปี

ระดับการใช้พลังงานเป้าหมายหลังการปรับปรุง : 1,259,280 kWh/ปี

เงินลงทุนทั้งหมด : 9,750,000 บาท

ระยะเวลาคืนทุน : 2.808 ปี

รายละเอียดการดำเนินการปรับปรุง : เปลี่ยนระบบ chiller เป็นระบบ Water Cooled จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำความเย็นได้ที่ 95% ทำให้สามารถลดค่าไฟฟ้าและเครื่องจักรในการผลิตสามารถวิ่งได้อย่างเสถียร

รูปที่ 4. 3 แสดงปัญหา CHILLER No.9 ก่อนทำการปรับปรุง

วิธีการตรวจสอบผลการประหยัดหลังปรับปรุง : ใช้เครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้า (Power Meter)

แสดงวิธีการคำนวณประกอบ :

CHILLER MODEL	=	RCU270AYCZ	
ขนาดพิกัดติดตั้งเครื่องทำความเย็นเดิม	=	207	TR
พลังงานที่ใช้ต่อตันความเย็น	=	1.17	kW/TR
ชั่วโมงการทำงาน	=	24	ชั่วโมง/วัน
จำนวนวันทำงาน	=	330	วัน/ปี
	=	7,920	ชั่วโมง/ปี
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	=	3.4	บาท/kWh

<u>ก่อนปรับปรุง</u>

ความสามารถในการทำความเย็น	=	160	TR
พลังไฟฟ้าที่เครื่องทำน้ำเย็นใช้	=	287.9	kW
พลังงานที่ใช้ต่อตันความเย็น	=	1.799	kW/TR
ปริมาณการใช้ไฟฟ้ารวม = 287.9 kW x 24 hr. x 330 day/year	=	2,280,168	kWh/ปี

<u>หลังปรับปรุง</u>

NEW CHILLER MODEL	=	RCUG220WHYZ-E	
ขนาดพิกัดติดตั้งเครื่องทำความเย็น	=	202.8	TR
พลังงานที่ใช้ต่อตันความเย็น	=	0.675	kW/TR
ปริมาณการใช้ไฟฟ้า CHILLER	=	137	kW

ปริมาณการใช้ไฟฟ้า COOLING TOWER = 22 kW

ปริมาณการใช้ไฟฟ้ารวม = (137kW+22kW) x 24 hr. x330 day/year = 1,259,280 kWh/ปี

ผลประหยัด

กำลังไฟฟ้าที่ลดลง = 287.9 kW - 159 kW = 128.9 kW

พลังงานไฟฟ้าที่ลดลงทั้งปี = 128.9 kW x 24 hr. x 330 day/year = 1,020,888 kWh/ปี

คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ = 1,020,888 kWh/year x 3.4 Bath/kWh = 3,471,019.2 บาท/ปี

วิเคราะห์ด้านการเงิน

เงินลงทุน = 9,750,000 บาท

ระยะเวลาคืนทุนเบื้องต้น = 9,750,000 บาท / 3,471,019.2 บาท/ปี = 2.808 ปี

4.3.2 ชื่อมาตรการ :พิจารณาเปลี่ยน Cooling Tower ใหม่แทนตัวที่มีประสิทธิภาพต่ำ

ผู้รับผิดชอบมาตรการ : Equipment Department

อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : Cooling tower No.14

จำนวนอุปกรณ์ที่ปรับปรุง : 1 ชุด

สถานที่ปรับปรุง : Cooling tower yard

สาเหตุการปรับปรุง : สาเหตุการปรับปรุง: เนื่องจาก Cooling Tower No.14 ที่โรงงาน 1 ได้นำเข้าและติดตั้งเมื่อปี จนถึงปัจจุบันได้ใช้งานมานานถึง 17 ปี จึงทำให้เกิดการเสื่อมสภาพ เป็นเหตุให้ประสิทธิภาพในการทำความเย็นแย่ลงจากการชำรุดของแผง Fin Coil ทำให้ Air Flow ลดลง จาก Spec เดิมอยู่ที่ 24,000 CMH ปัจุบันลดลงเหลือ 11,118 CHM ปัจจุบัน สามารถส่งลมเย็นได้เพียง 46.3% และสภาพภายในตู้ เกิดการชำรุด ผุ เป็นสนิมมากและผนังตู้ยุบเสื่อมสภาพ ถ้าทำการซ่อมแซม ค่าใช้จ่ายในการซ่อมจะใกล้เคียงกันกับราคาเปลี่ยน AHU ตัวใหม่

เป้าหมายเชิงปริมาณ : 220,492.80 kWh/ปี

ระดับการใช้พลังงานอ้างอิงก่อนการปรับปรุง : 1,837,440.00 kWh/ปี

ระดับการใช้พลังงานเป้าหมายหลังการปรับปรุง : 1,616,947.20 kWh/ปี

เงินลงทุนทั้งหมด : 2,527,526 บาท

ระยะเวลาคืนทุน : 1.11 ปี

รายละเอียดการดำเนินการปรับปรุง : เปลี่ยน Cooling tower model SDC-U500BSD เป็น model SNC-U640BSSD

รูปที่ 4. 4 แสดงปัญหา COOLING TOWER No.14 ก่อนทำการปรับปรุง

COOLING TOWER MODEL			SDC-U500BSD
อัตราการไหล	=	5,678	L/min
กระแสไฟที่ใช้ (Chiller)	=	260	Amp.
กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (Chiller)	=	220	kW
ชั่วโมงการทำงาน	=	24	ชั่วโมง/วัน
	=	348	วัน/ปี
	=	8,352	ชั่วโมง/ปี

<u>ก่อนปรับปรุง</u>

ปริมาณการใช้ไฟฟ้า = 220kW x 8,352 ชั่วโมง/ปี = 1,837,440 kWh/ปี

<u>หลังปรับปรุง</u>

COOLING TOWER MODEL			SNC-U640BSSD
อัตราการไหล (เพิ่มขึ้น 18%)	=	6,975	L/min
กระแสไฟที่ใช้ (Chiller)	=	213	Amp.
กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (Chiller)	=	193.6	kW

ปริมาณการใช้ไฟฟ้า = 193.6kW x 8,352 ชั่วโมง/ปี = 1,616,947 kWh/ปี

ผลประหยัด

กำลังไฟฟ้าที่ลดลง = (220 kW - 193.6 kW)	=	26.4	kW
พลังงานไฟฟ้าที่ลดลงทั้งปี = 26.4 kW x 24 hr. x 348 day/year	=	220,493	kWh/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ = 220,493 kWh/year x 3.4 Bath/kWh	=	749,676	บาท/ปี
ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง	=	1,523,600	บาท/ปี
รวมผลประหยัด = 1,523,600บาท/ปี+749,676บาท/ปี	=	2,273,276	บาท/ปี

วิเคราะห์ด้านการเงิน

เงินลงทุน	=	2,527,526	บาท
ระยะเวลาคืนทุนเบื้องต้น = 2,527,526 บาท/ปี / 2,273,276 บาท/ปี	=	1.11	ปี

4.3.3 ชื่อมาตรการ : ปรับปรุงAHUด้วยการเปลี่ยนมอเตอร์เป็นประสิทธิภาพสูง (IE2)

ผู้รับผิดชอบมาตรการ : Equipment Department

อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : AIR HARDING UNIT

จำนวนอุปกรณ์ที่ปรับปรุง : 14 ชุด

สถานที่ปรับปรุง : AHU Room

สาเหตุการปรับปรุง : มอเตอร์ที่ AHU มีอายุการใช้งานมากและเสื่อมสภาพ และประสิทธิภาพต่ำ

เป้าหมายเชิงปริมาณ : 500,517.66 kWh/ปี

ระดับการใช้พลังงานอ้างอิงก่อนการปรับปรุง : 4,306,349.45 kWh/ปี

ระดับการใช้พลังงานเป้าหมายหลังการปรับปรุง : 3,805,831.79 kWh/ปี

เงินลงทุนทั้งหมด : 1,644,973 บาท

ระยะเวลาคืนทุน : 0.95 ปี

รายละเอียดการดำเนินการปรับปรุง : เปลี่ยนมอเตอร์ประสิทธิภาพต่ำเป็นมอเตอร์ (IE2)

รูปที่ 4. 5 แสดงปัญหามอเตอร์ที่มีอายุการใช้งานมาก

ตารางที่ 4. 3 แสดงรายละเอียดมอเตอร์ของ AHU

Item	No.	Motor Size (KW)	HP	Before (kWh/Month)	After (kWh/Month)	Saving (kWh/Month)
1	AHU 1/1	30	40	25,800	22,648	3,151
2	AHU 2/1	22	30	19,350	16,986	2,363
3	AHU 2/2	22	30	19,350	16,986	2,363
4	AHU 2/3	22	30	19,350	16,986	2,363
5	AHU 26	30	40	25,800	22,648	3,151
6	AHU 27	22	30	19,350	16,986	2,363
7	AHU 28	22	30	19,350	16,986	2,363
8	AHU 30	30	40	25,800	22,648	3,151
9	AHU 32	30	40	25,800	22,648	3,151
10	AHU 33	37	50	32,249	28,311	3,939
11	CDP 1/1	45	60	37,534	34,010	3,524
12	CDP 1/2	45	60	37,534	34,010	3,524
13	AHU 1/2	30	40	25,800	22,648	3,151
14	AHU 1/3	30	40	25,800	22,648	3,151

ก่อนปรับปรุง

การใช้พลังงาน = 4,306,349.45 kWh/ปี

หลังปรับปรุง

การใช้พลังงาน = 3,805,831.79 kWh/ปี

ผลประหยัด

พลังงานที่ลดลง = 4,306,349.45 - 3,805,831.79 kWh/ปี = 500,517.66 kWh/ปี

คิดเป็นเงิน = 1,726,785.92 บาท/ปี

วิเคราะห์ด้านการเงิน

เงินลงทุนทั้งหมด = 1,644,973.00 บาท

ระยะเวลาคืนทุน = 0.953 ปี

4.3.4 ชื่อมาตรการ : เปลี่ยนใบพัดและมอเตอร์ใหม่ของระบบ Cooling tower

ผู้รับผิดชอบมาตรการ : Equipment Department

อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : Cooling tower No.18

จำนวนอุปกรณ์ที่ปรับปรุง : 3 ชุด

สถานที่ปรับปรุง : Cooling tower yard

สาเหตุการปรับปรุง : เนื่องจากมอเตอร์พัดลม Cooling No.18 เป็นใบพัด Cooling tower เป็นแบบ Aluminum ที่มีน้ำหนักมากต้องใช้ ขนาดมอเตอร์ 7.5 HP จำนวน 3 ชุด ทำงานที่ในการระบายความ

ร้อน,มีแผนการ PM Cost Service 117,000 บาท/ปี และมีแผน เปลี่ยนBox Bearing ,Bearing Motor, Belt, ฝาครอบมอเตอร์ที่เป็นสนิม เกิดจากอยู่ภายในโดนน้ำและเคมีตลอดเวลา

เป้าหมายเชิงปริมาณ : 48,920.02 kWh/ปี

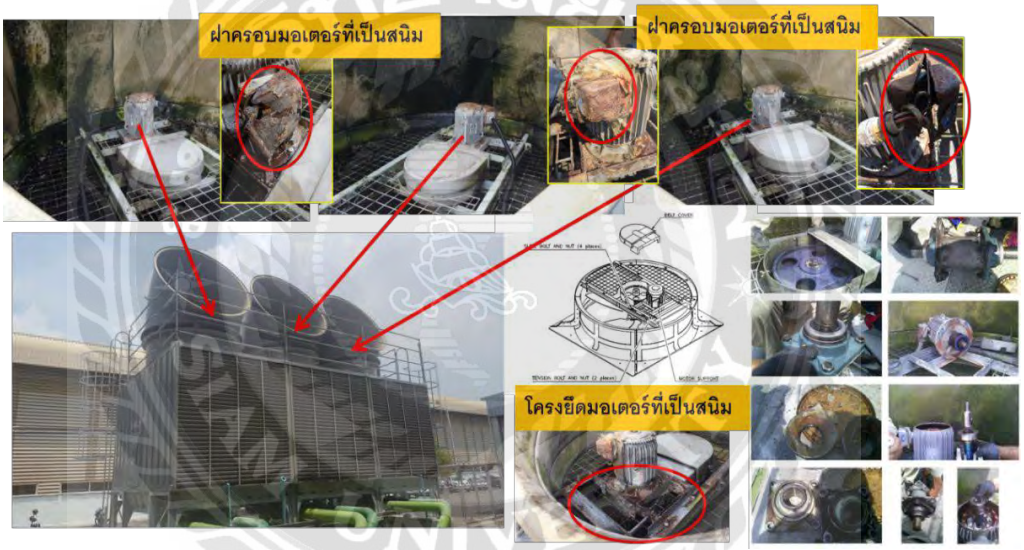
ระดับการใช้พลังงานอ้างอิงก่อนการปรับปรุง : 141,381.23 kWh/ปี

ระดับการใช้พลังงานเป้าหมายหลังการปรับปรุง : 92,461.22 kWh/ปี

เงินลงทุนทั้งหมด : 329,400 บาท

ระยะเวลาคืนทุน : 1.98 ปี

รายละเอียดการดำเนินการปรับปรุง : เปลี่ยนใบพัดลมแบบใหม่ใช้ใบพัดแบบไฟเบอร์กาส มีน้ำหนักเบาใช้ขนาดมอเตอร์ใช้ขนาดมอเตอร์ 5.5 HP จำนวน 3 Set ทำงานที่ Max Speed จะสามารถประหยัดพลังงานได้และลดการ Maintenance Cost Service ได้



รูปที่ 4. 5 แสดงปัญหา COOLING TOWER No.18 ก่อนทำการปรับปรุง

วิธีการตรวจสอบผลการประหยัดหลังปรับปรุง : ใช้เครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้า (Power Meter)

แสดงวิธีการคำนวณประกอบ :

Cooling Tower Model	=	SDC-U600BSD	
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบพัดลม	=	1,800	mm.
อัตราการไหลของอากาศ	=	1,250	m^3/min
ชั่วโมงการทำงาน	=	24	ชั่วโมง/วัน

จำนวนวันทำงาน		=	350	วัน/ปี
		=	8,400	ชั่วโมง/ปี
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย		=	3.4	บาท/kWh
<u>ก่อนปรับปรุง</u>				
Pitch Angle		=	45°	
น้ำหนักใบพัดเดิม (Aluminum)		=	18	kg./ใบ
มอเตอร์ขนาด		=	7.5 HP	(5.5kW)
กระแสไฟ		=	11.8	Amp.
Power Factor		=	0.84	
ประสิทธิภาพมอเตอร์		=	86%	
พลังงานที่ใช้	$=\sqrt[3]{380x11.8x0.84x0.86}$	=	5,610 watts	
		=	(5.61kW)	
ปริมาณการใช้ไฟฟ้า	=5.61 kW x 24 hr. x 350 day/year	=	47,127 kWh/ปี	
ปรุบปรุงจำนวน 3 ชุด	=47,127 kWh/ปี x 3 ชุด	=	141,381 kWh/year	
<u>หลังปรับปรุง</u>				
Pitch Angle		=	45°	
น้ำหนักใบพัดเดิม (Fiber glass)		=	4.5	kg./ใบ
มอเตอร์ขนาด		=	5.5 HP	(3.7kW)
กระแสไฟ		=	7.81	Amp.
Power Factor		=	0.83	
ประสิทธิภาพมอเตอร์		=	86%	
พลังงานที่ใช้	$= \sqrt[3]{380x7.81x0.83x0.86}$	=	3,669 watts (3.7kW)	
ปริมาณการใช้ไฟฟ้า	= 3.7 kW x 24 hr. x 350 day/year	=	30,820 kWh/ปี	
ปรุบปรุงจำนวน 3 ชุด	= 30,820 kWh/ปี x 3 ชุด	=	92,461 kWh/year	
<u>ผลประหยัด</u>				
กำลังไฟฟ้าที่ลดลง	= (5.61 kW - 3.7 kW) x 3 ชุด	=	5.73 kW	
พลังงานไฟฟ้าที่ลดลงทั้งปี	= 5.73 kW x 24 hr. x 350 day/year	=	48,132 kWh/ปี	
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	= 48,132 kWh/year x 3.4 Bath/kWh	=	163,648.8 บาท/ปี	

<u>วิเคราะห์ด้านการเงิน</u>

เงินลงทุน	=	329,400 บาท
ระยะเวลาคืนทุนเบื้องต้น = 329,400 บาท / 163,648.8 บาท/ปี	=	2.012 ปี

4.3.5 ชื่อมาตรการ : ระบบกำจัดตะกรันอัตโนมัติ “บอลเทคนิค”

ผู้รับผิดชอบมาตรการ : Equipment Department

อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : CHILLER MODEL No.12

จำนวนอุปกรณ์ที่ปรับปรุง : 1 ชุด (2Cycle)

สถานที่ปรับปรุง : Chiller yard

สาเหตุการปรับปรุง : สามารถลดค่าแรงและค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดคอนเดนเซอร์ เฉลี่ยปีละ 30,000 - 40,000 บาทต่อปี/เครื่อง เพิ่มประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อนในท่อคอนเดนเซอร์

เป้าหมายเชิงปริมาณ : 321,048 kWh/ปี

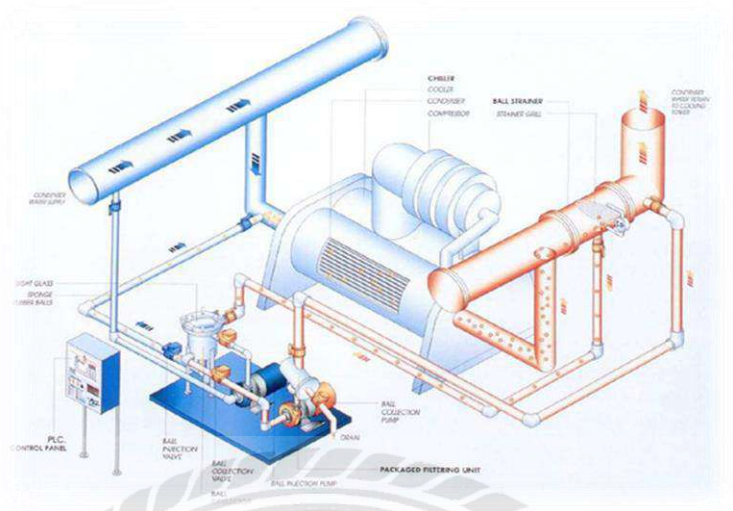
ระดับการใช้พลังงานอ้างอิงก่อนการปรับปรุง : 2,247,342.42 kWh/ปี

ระดับการใช้พลังงานเป้าหมายหลังการปรับปรุง : 1,926,288 kWh/ปี

เงินลงทุนทั้งหมด : 780,000 บาท

ระยะเวลาคืนทุน : 0.714 ปี

รายละเอียดการดำเนินการปรับปรุง : ติดตั้งระบบกำจัดตะกรัน เพื่อการประหยัดพลังงาน สำหรับเครื่องปรับอากาศแบบศูนย์รวม (Central Air Conditioning) ได้รับการยอมรับและติดตั้งแพร่หลายในหลายๆประเทศทั่วโลก โดยได้ พิสูจน์ให้เห็นอย่างชัดเจนว่า สามารถช่วยให้เครื่องปรับอากาศแบบศูนย์รวมนั้นๆประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ นอกจากนั้นยังทำให้ เครื่องปรับอากาศแบบศูนย์รวมนั้นๆ มีอายุยาวนาน และช่วยลดภาระและค่าใช้จ่ายต่างๆในการบำรุงรักษา

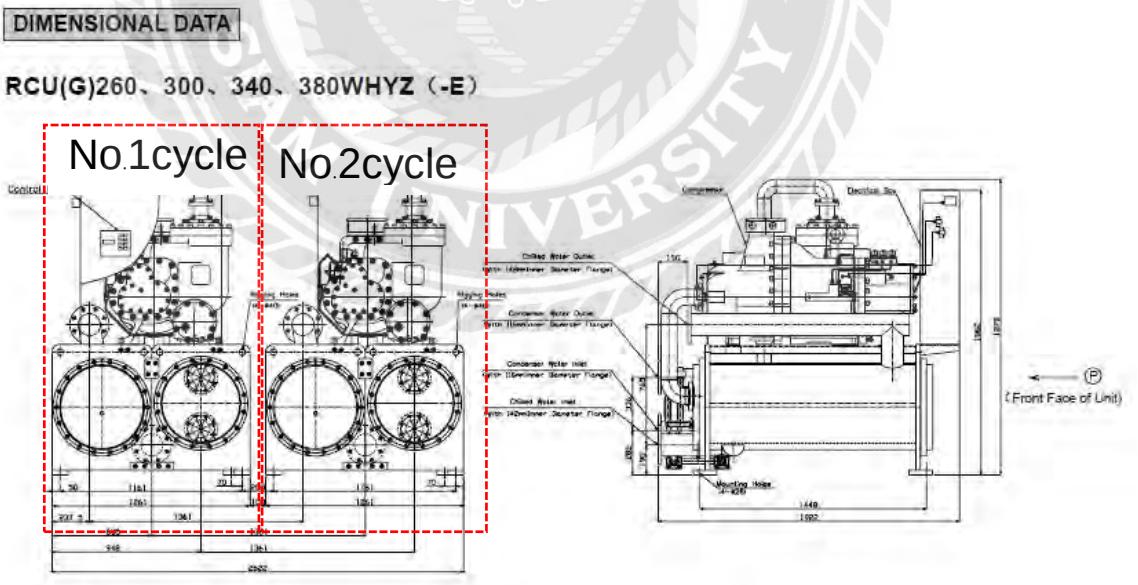


รูปที่ 4. 6 แสดงส่วนประกอบและทิศทางการทำงานระบบกำจัดตะกรันอัตโนมัติ “บอลเทคนิค”

แหล่งที่มา: http://www.sahapie.com/ballguard/images/ballguard_clip_image002.jpg

วิธีการตรวจสอบผลการประหยัดหลังปรับปรุง : ใช้เครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้า (Power Meter)

แสดงวิธีการคำนวณประกอบ :



รูปที่ 4. 7 แสดงลักษณะ CHILLER 2 CYCLE

แหล่งที่มา: http://www.sre-aircon.com.hk/img/products/pdf/2.pdf

CHILLER MODEL	=	RCUG380WHYZ	
ขนาดพิกัดติดตั้งเครื่องทำความเย็นเดิม	=	346.1	TR
กำลังไฟฟ้าที่ใช้	=	234	kW
พลังงานที่ใช้ต่อตันความเย็น	=	0.676	kW/TR
การทำงานของเครื่องเฉลี่ย	=	80%	
ชั่วโมงการทำงาน	=	24	ชั่วโมง/วัน
จำนวนวันทำงาน	=	343	วัน/ปี
	=	8,232	ชั่วโมง/ปี
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	=	3.4	บาท/kWh

<u>ก่อนปรับปรุง</u>

ปริมาณการใช้ไฟฟ้า$_{Spec}$ = 234 kW x 24 hr. x 343 day/year = 1,926,288 kWh/ปี

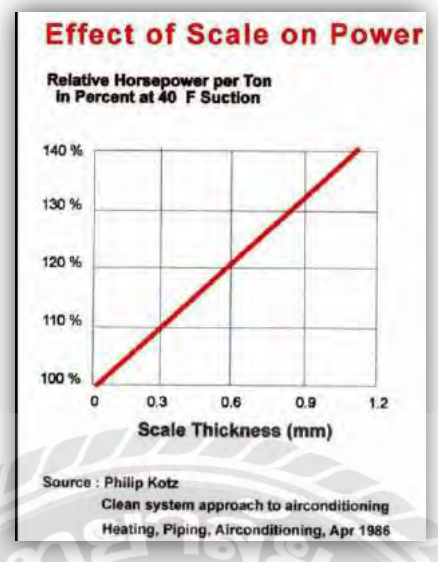
งานวิจัยที่ชื่อว่า “Clean System Approach to Air Conditioning” ในปี 1986 โดย Phillip Kotz

EFFECT OF SCALE ON HEAT TRANSFER

$CaCO_3$ Scale Thickness (mm)	Heat Transfer Coefficient (BTU/ft^2/°F)	Percent Loss of Heat Transfer
0	92.77	0
0.3	73.68	21%
0.6	61.12	34%
0.9	52.20	44%
1.2	45.60	56%
1.6	39.52	57%

Source - Phillip Kotz
"Clean System Approach to Air Conditioning"
Heating Piping Air Conditioning Apr 1986

รูปที่ 4. 8 แสดงผลกระทบของตะกรันที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน



รูปที่ 4. 9 แสดงความหนาของตะกรันที่ส่งผลต่อกำลัง (HP/TR)

ค่าความสกปรกเฉลี่ยที่ทำให้การระบายความร้อนลดลง = 0.5 mm.

พลังงานที่เพิ่มขึ้น 110% + $\frac{(0.5mm - 0.3mm.)\ x\ (120\%-110\%)}{(0.6\ mm.- 0.3mm)}$ = 116.667%

ปริมาณการใช้ไฟฟ้า$_{losses}$ = 1,926,288 kWh/year x 116.667% = 2,247,342.42 kWh/ปี

<u>หลังปรับปรุง</u>

ปริมาณการใช้ไฟฟ้า$_{Spec}$ = 234 kW x 24 hr. x 343 day/year = 1,926,288 kWh/ปี

<u>ผลประหยัด</u>

กำลังไฟฟ้าที่ลดลง = (273 kW - 234 kW) = 39 kW

พลังงานไฟฟ้าที่ลดลงทั้งปี = 39 kW x 24 hr. x 343 day/year = 321,048 kWh/ปี

คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ = 321,048 kWh/year x 3.4 Bath/kWh = 1,091,563.2 บาท/ปี

<u>วิเคราะห์ด้านการเงิน</u>

เงินลงทุน = 780,000 บาท

ระยะเวลาคืนทุนเบื้องต้น = 780,000 บาท / 1,091,563.2 บาท/ปี = 0.714 ปี

4.3.6 ชื่อมาตรการ : เปลี่ยนมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง (IE2)

ผู้รับผิดชอบมาตรการ : Equipment Department

อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : PUMP ของระบบ CHILLER No.15

จำนวนอุปกรณ์ที่ปรับปรุง : 6 ชุด

สถานที่ปรับปรุง : Chiller yard

สาเหตุการปรับปรุง : Pump ของ Chiller No.15 ได้ติดตั้งเมื่อปี 2007 ซึ่งได้ใช้งานมาแล้ว 12 ปี ในปัจจุบัน ในส่วนของ Motor มีประสิทธิภาพการทำงานลดลง 80 % ส่งผลให้เกิดการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงขึ้น มอเตอร์และปั๊มเสื่อมสภาพ ซึ่งถึงรอบในการซ่อมบำรุงแล้ว ทำให้จะต้องเสียค่าใช้จ่ายการซ่อมบำรุงในการซ่อมมอเตอร์ที่ 420,000 บาท และ ค่าซ่อมปั๊มที่ 288,000 บาท รวมค่า ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงรวมที่ 708,000 บาท

เป้าหมายเชิงปริมาณ : 160,081 kWh/ปี

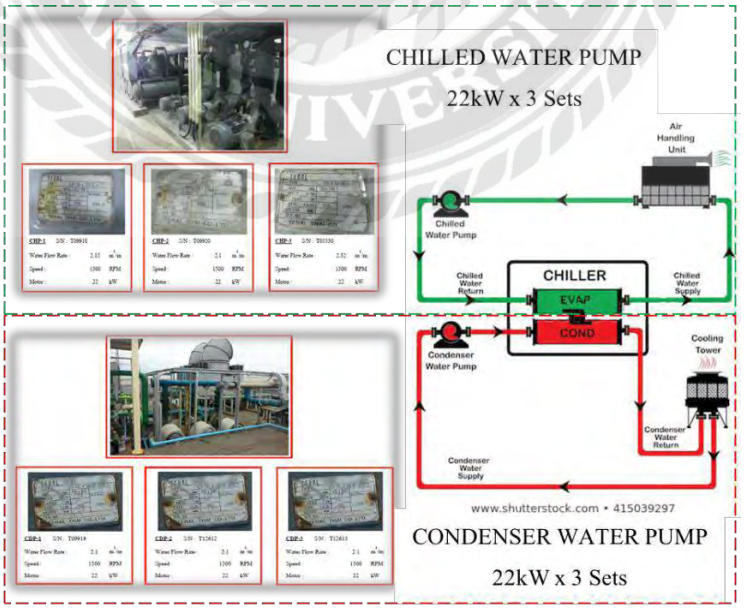
ระดับการใช้พลังงานอ้างอิงก่อนการปรับปรุง : 1,345,587 kWh/ปี

ระดับการใช้พลังงานเป้าหมายหลังการปรับปรุง : 1,185,506 kWh/ปี

เงินลงทุนทั้งหมด : 1,252,275.4 บาท

ระยะเวลาคืนทุน : 0.714 ปี

รายละเอียดการดำเนินการปรับปรุง : เปลี่ยนมอเตอร์ประสิทธิภาพต่ำเป็นมอเตอร์(IE2)



รูปที่ 4. 10 แสดงตำแหน่ง PUMP ของระบบ CHILLER No.15

แหล่งที่มา: https://image.shutterstock.com/image-vector/chiller-diagram

PUMP MODEL	=	SJ-125x100GC522	
อัตราการไหล	=	2.1	m^3/min
กำลังไฟฟ้าที่ใช้	=	22	kW
การทำงานของเครื่องเฉลี่ย	=	100%	
ชั่วโมงการทำงาน	=	24	ชั่วโมง/วัน
จำนวนวันทำงาน	=	343	วัน/ปี
	=	8,232	ชั่วโมง/ปี
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	=	3.4	บาท/kWh

<u>ก่อนปรับปรุง</u>

มอเตอร์ขนาด	=	30 HP	(22kW)
กระแสไฟ	=	38	Amp.
Power Factor	=	0.70	
ประสิทธิภาพมอเตอร์	=	80.5%	
ปริมาณการใช้ไฟฟ้า = 22 kW x 100% x 8232 hr. x (100/80.5)	=	224,931.16 kWh/ปี	
ปรับปรุงจำนวน 6 ชุด = 224,931.16 kWh/ปี x 6 ชุด	=	1,345,587 kWh/year	

<u>หลังปรับปรุง</u>

ปริมาณการใช้ไฟฟ้า = 22 kW x 100% x 8232 hr. x (100/91.7)	=	197,584. kWh/ปี
ปรับปรุงจำนวน 6 ชุด = 197,584 kWh/ปี x 6 ชุด	=	1,185,506 kWh/year

<u>ผลประหยัด</u>

พลังงานไฟฟ้าที่ลดลงทั้งปี = 1,345,587 kWh/year - 1,185,506 kWh/year	= 160,081 kWh/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ = 160,506 kWh/year x 3.4 Bath/kWh	= 544,275.4 บาท/ปี
ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง	= 708,000 บาท
รวมผลประหยัด = 708,000 บาท + 544,275.4 บาท	= 1,252,275.4 บาท

<u>วิเคราะห์ด้านการเงิน</u>

เงินลงทุน	= 780,000 บาท
ระยะเวลาคืนทุนเบื้องต้น = 1,252,275.4 บาท/ 1,380,000 บาท/ปี	= 0.907 ปี

4.3.7 ชื่อมาตรการ : ติดตั้งโปรแกรม PLC ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์

ผู้รับผิดชอบมาตรการ : Equipment Department

อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : Blower ของระบบDuct Collector

จำนวนอุปกรณ์ที่ปรับปรุง : 4 ชุด

สถานที่ปรับปรุง : Duct Collector yard

สาเหตุการปรับปรุง : เพื่อควบคุมลดความเร็วรอบของมอเตอร์ระบบดูดฝุ่นใน ช่วงพักเบรค และวันหยุดเครื่องจักรเพื่อซ่อมบำรุงจากการตั้งโปรแกรมที่ตั้งค่าการควบคุมความเร็วรอบแบบอัตโนมัติตามช่วงเวลา ของแต่ละเครื่องจักร

เป้าหมายเชิงปริมาณ : 160,081 kWh/ปี

ระดับการใช้พลังงานอ้างอิงก่อนการปรับปรุง : 1,774,080 kWh/ปี

ระดับการใช้พลังงานเป้าหมายหลังการปรับปรุง : 1,655,280 kWh/ปี

เงินลงทุนทั้งหมด : 30,960 บาท

ระยะเวลาคืนทุน : 0.077 ปี

รายละเอียดการดำเนินการปรับปรุง :ติดตั้งโปรแกรม PLC เพื่อควบคุมลดความเร็วรอบ 40 นาทีต่อกะทำงาน มี 3 กะทำงานต่อ1วันหยุดการทำงานช่วงวันซ่อมบำรุง 4 วันต่อเดือน

รูปที่ 4. 11 แสดงตำแหน่ง BLOWER ของระบบ DUCT COLLECTOR

BLOWER

กำลังไฟฟ้า	4P/50Hz/380V	=	55	kW
ความเร็วรอบ		=	1,500	รอบ/นาที
จำนวน		=	4	ชุด
ชั่วโมงการทำงาน		=	24	ชั่วโมง/วัน
วันทำงาน		=	336	วัน/ปี
		=	8,064	ชั่วโมง/ปี

<u>ก่อนปรับปรุง</u>

ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ = 55 Kw x 8,064 ชั่วโมง/ปี x 4 ชุด = 1,774,080 kWh/ปี

<u>หลังปรับปรุง</u>

คำนวณความเร็วรอบ $= \frac{120\ x\ F}{P}$

$= \frac{120\ x\ 25\ Hz}{4}$

= 750 RPM

คำนวนกำลังไฟฟ้า $= P_1$ x $\left(\frac{RPM_2}{RPM_1}\right)$

$= 55$ kW x $\left(\frac{750\ RPM}{1500\ RPM}\right)$

= 27.5 kW

ลดความเร็วรอบ 40 นาทีต่อกะทำงาน มี 3 กะทำงานต่อ1วัน

= (30 นาที/60นาที/ชั่วโมง) x 3 ครั้ง/วัน x 336 วัน/ปี =504 ชั่วโมง/ปี

ปริมาณไฟฟ้าที่ลดลง = (55kW-27.5kW) x 504 ชั่วโมง/ปี = 13,860 kWh/ปี

หยุดการทำงานช่วงวันซ่อมบำรุง 4 วันต่อเดือน

= 6 ชั่วโมง/วัน x 4 วัน/เดือน x 12เดือน = 288 ชั่วโมง/ปี

ปริมาณไฟฟ้าที่ลดลง = 55 kW x 288 ชั่วโมง/ปี = 15,840 kWh/ปี

= 13,860 kWh/ปี + 15,840 kWh/ปี = 29,700 kWh/ปี

รวมไฟฟ้าที่ลดลง = 29,700 kWh/ปี x 4 ชุด = 118,800 kWh/ปี

ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ = 1,774,080 kWh – 118,800 kWh = 1,613,700 kWh/ปี

<u>ผลประหยัด</u>

คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ = 160,380 kWh/year x 3.4 Bath/kWh = 545,292 บาท/ปี

<u>วิเคราะห์ด้านการเงิน</u>

เงินลงทุน	= 30,960.00	บาท
ระยะเวลาคืนทุนเบื้องต้น = 30,960 บาท / 545,292 บาท/ปี	= 0.056	ปี

4.3.8 ชื่อมาตรการ : เปลี่ยนหลอดไฟเป็น LED

ผู้รับผิดชอบมาตรการ : Equipment Department

อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : หลอดไฟ

จำนวนอุปกรณ์ที่ปรับปรุง : 2,695 ชุด

สถานที่ปรับปรุง : Line Production Factory 2 & WHS DC

สาเหตุการปรับปรุง : หลอดไฟที่ใช้ครบชั่วโมงการทำงานแล้วจะต้องทำการเปลี่ยนใหม่ ลดพลังงานไฟฟ้าโดยใช้วัตต์น้อยแต่แสงสว่างเท่าเดิมหรือมากกว่า

เป้าหมายเชิงปริมาณ : 201,801.60 kWh/ปี

ระดับการใช้พลังงานอ้างอิงก่อนการปรับปรุง : 383,423.04 kWh/ปี

ระดับการใช้พลังงานเป้าหมายหลังการปรับปรุง : 181,621.44 kWh/ปี

เงินลงทุนทั้งหมด : 1,798,247 บาท

ระยะเวลาคืนทุน : 2.621 ปี

รายละเอียดการดำเนินการปรับปรุง : เปลี่ยน Fluorescent มี Electronic ballastเป็นหลอด Light-Emitting Diode (LED)

รูปที่ 4. 12 แสดงตำแหน่งที่ทำการเปลี่ยนหลอดไฟ LED

Fluorescent มี Electronic ballast

กำลังไฟฟ้าที่ใช้	=	0.038	kW/หลอด
จำนวนหลอด	=	2,695	หลอด
ชั่วโมงการทำงาน	=	12	ชั่วโมง/วัน
จำนวนวันทำงาน	=	312	วัน/ปี
	=	3,744	ชั่วโมง/ปี

<u>ก่อนปรับปรุง</u>

ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ = 0.038kW x 3,744ชั่วโมง x 2,695หลอด = 383,423.04 kWh/ปี

<u>หลังปรับปรุง</u>

Light-Emitting Diode (LED)

กำลังไฟฟ้าที่ใช้	= 0.018		kW/หลอด
จำนวนหลอด	= 2,695		หลอด
ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้	= 0.012 kW x 3,744 ชั่วโมง x 2,695 หลอด	= 181,621.44	kWh/ปี

<u>ผลประหยัด</u>

พลังงานไฟฟ้าที่ลดลงทั้งปี	= 327,652 - 155,230 kWh/year	= 201,802 kWh/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	= 201,802 kWh/year x 3.4 Bath/kWh	= 686,125.44 บาท/ปี

<u>วิเคราะห์ด้านการเงิน</u>

เงินลงทุน		= 1,798,247 บาท
ระยะเวลาคืนทุนเบื้องต้น	= 1,798,2470 บาท / 686,125.44 บาท/ปี	= 2.621 ปี

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษา อภิปลายผล และข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะเป็นการนำเสนอผลสรุปจากการดำเนินงาน อภิปลายผล และ ข้อเสนอแนะต่างๆ โดยมี วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนด้านพลังงานไฟฟ้าในโรงงานผลิตผ้าอนามัย เพื่อหามาตรการอนุรักษ์พลังงานที่เหมาะสมและลดต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงงานผลิตอนามัย และ เพื่อลดต้นทุนพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยการผลิตผลิตภัณฑ์ผ้าอนามัยโดยมีรายละเอียดดังนี้

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

ผลจากการรวบรวมข้อมูลพื้นฐานเพื่อใช้ในการวิเคราะห์การใช้พลังงานในโรงงานผลิตผ้าอนามัย ตามระยะเวลาดำเนินการตั้งแต่ เดือนพฤจิกายน 2562 ถึง เดือนเมษายน 2563 ปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนด้านพลังงานไฟฟ้าในโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ผ้าอนามัย พบว่าระบบปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพต่ำทำให้ส่งผลต่อต้นทุนพลังงาน เป้าหมายของโรงงานกรณีศึกษานี้ต้องการที่จะลดต้นทุนต่อหน่วยการผลิต จากต้นทุนต่อหน่วยการผลิตอยู่ที่ 2.423 บาท/กิโลกรัม จากปีฐาน(ระหว่างเดือน มกราคม 2560 – มิถุนายน 2562) คิดเป็น 6.283%

ผลจากการดำเนินการมาตรการอนุรักษ์พลังงาน สามารถดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานได้จำนวน 8 มาตรการ คือ

1) เปลี่ยน Chiller ใหม่แทนตัวที่มีประสิทธิภาพต่ำ

2) เปลี่ยน Cooling Tower ใหม่แทนตัวที่มีประสิทธิภาพต่ำ

3) ปรับปรุง AHU ด้วยการเปลี่ยนมอเตอร์เป็นประสิทธิภาพสูง (IE2)

4) ปรับปรุงปั๊มน้ำเย็นของระบบ Chiller ด้วยการเปลี่ยนมอเตอร์เป็นประสิทธิภาพสูง (IE2)

5) ติดตั้งโปรแกรม PLC ที่ Blower ของระบบกำจัดฝุ่น

6) เปลี่ยนหลอดไฟเป็น LED

7) ติดตั้งระบบกำจัดตะกรันอัตโนมัติ “Ball Technic”

8) เปลี่ยนใบพัดและมอเตอร์ใหม่ของระบบ Cooling tower

ทำให้สามารถลดต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยการผลิตผลิตภัณฑ์ผ้าอนามัย ได้ที่ 2.476 บาท/กรัม หรือลดลงได้ถึง 4.902% คิดเป็นการลดต้นทุนค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าเฉลี่ยต่อเดือน 1,129,317.11 บาท/เดือน หรือ 13,551,805.32 บาท/ปี

ตารางที่ 5. 1 แสดงผลประหยัดจากมาตรการอนุรักษพลังงาน

ลำดับที่	มาตรการ	การประหยัด		เงินลงทุน (บาท)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	IRR (5year)
		ไฟฟ้า				
		กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	บาท/ปี			
ด้านไฟฟ้า						
1	เปลี่ยน Chiller No.9 ที่มีประสิทธิภาพต่ำ	1,020,888	3,522,064	9,750,000	2.77	17%
2	เปลี่ยน Cooling tower No.14 มีประสิทธิภาพต่ำ	220,492	760,697	2,527,526	3.32	8%
3	ปรับปรุงAHUด้วยการเปลี่ยนมอเตอร์เป็นประสิทธิภาพสูง(IE2)14 ชุด	500,517	1,726,784	1,644,973	0.95	98%
4	เปลี่ยนใบพัดและมอเตอร์ใหม่ของระบบ Cooling tower No.18 3 ชุด	48,920	168,774	329,400	1.95	36%
5	พิจารณาติดตั้งระบบกำจัดตะกรันอัตโนมัติ “บอลเทคนิค” Chiller No.12 2ชุด	321,048	1,107,616	780,000	0.70	138%
6	ปรับปรุงChiller No.15ด้วยการเปลี่ยนมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง (IE2) 6 ชุด	160,081	552,279	1,252,275	2.27	27%
7	ติดตั้งโปรแกรมPLCควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ 4 ชุด	118,800	409,860	30,960	0.08	1324%
8	เปลี่ยนหลอดไฟเป็นLED 2,695 ชุด	201,801	696,213	1,798,247	2.58	20%
รวม		2,592,547	8,944,287	18,113,381	2.03	34%

รวมเป็นเงินลงทุนทั้งหมด 18,113,381 บาท สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้ 8,944,287 บาท/ปี ค่าIRR เท่ากับ 34% ระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 2.03 ปี ผลการลดต้นทุนพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยการผลิตผลิตภัณฑ์ผ้าอนามัย จากข้อมูลพื้นฐานการใช้พลังงานตั้งแต่ กรกฎาคม พ.ศ. 2562 ถึง มกราคม พ.ศ. 2563 นำมาคิดเปรียบเทียบข้อมูลผลประหยัดก่อนดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานเปรียบกับหลังดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

ตารางที่ 5. 2 ตารางแสดงค่าปริมาณการผลิต ค่าฟ้า หน่วยไฟฟ้า ไฟฟ้าต่อหน่วยและ SEC ตั้งแต่ กรกฎาคม พ.ศ. 2562 ถึง มรกราคม พ.ศ. 2563

	Jul-19	8,547,994.00	6,828,000.00	22,497,682.88	2.632	0.799
	Aug-19	8,419,661.65	6,787,200.00	22,680,180.40	2.694	0.806
	Sep-19	8,222,004.00	6,260,800.00	21,145,190.00	2.572	0.761
	Oct-19	10,279,679.85	7,627,600.00	25,079,392.76	2.440	0.742
	Nov-19	10,531,644.13	7,322,800.00	24,102,456.68	2.289	0.695
	Dec-19	9,960,143.00	6,618,400.00	21,504,073.28	2.159	0.664
	Jan-20	8,285,588.34	6,267,600.00	21,131,317.24	2.550	0.756
	Feb-20					
ค่าเฉลี่ย (Mean)		9,178,102.14	6,816,057.14	22,591,470.46	2.476	0.746
การกระจายตัว(SD)		1,027,951.85	510,644.95	1,521,825.08	0.193	0.052
ผลประหยัด (Result) = (ค่าเฉลี่ย-ผลดำเนินการ)					0.128	0.0106
เปอร์เซ็นต์ต้นทุนพลังงานที่ต้องการลด					4.902%	1.400%

ผลประหยัด = ค่าเฉลี่ย – ผลการดำเนินการ

ค่าเฉลี่ย (Mean) = 2.604 บาท/กิโลกรัม

ผลการดำเนินการ = 2.476 บาท/กิโลกรัม

= 2.604 – 2.476

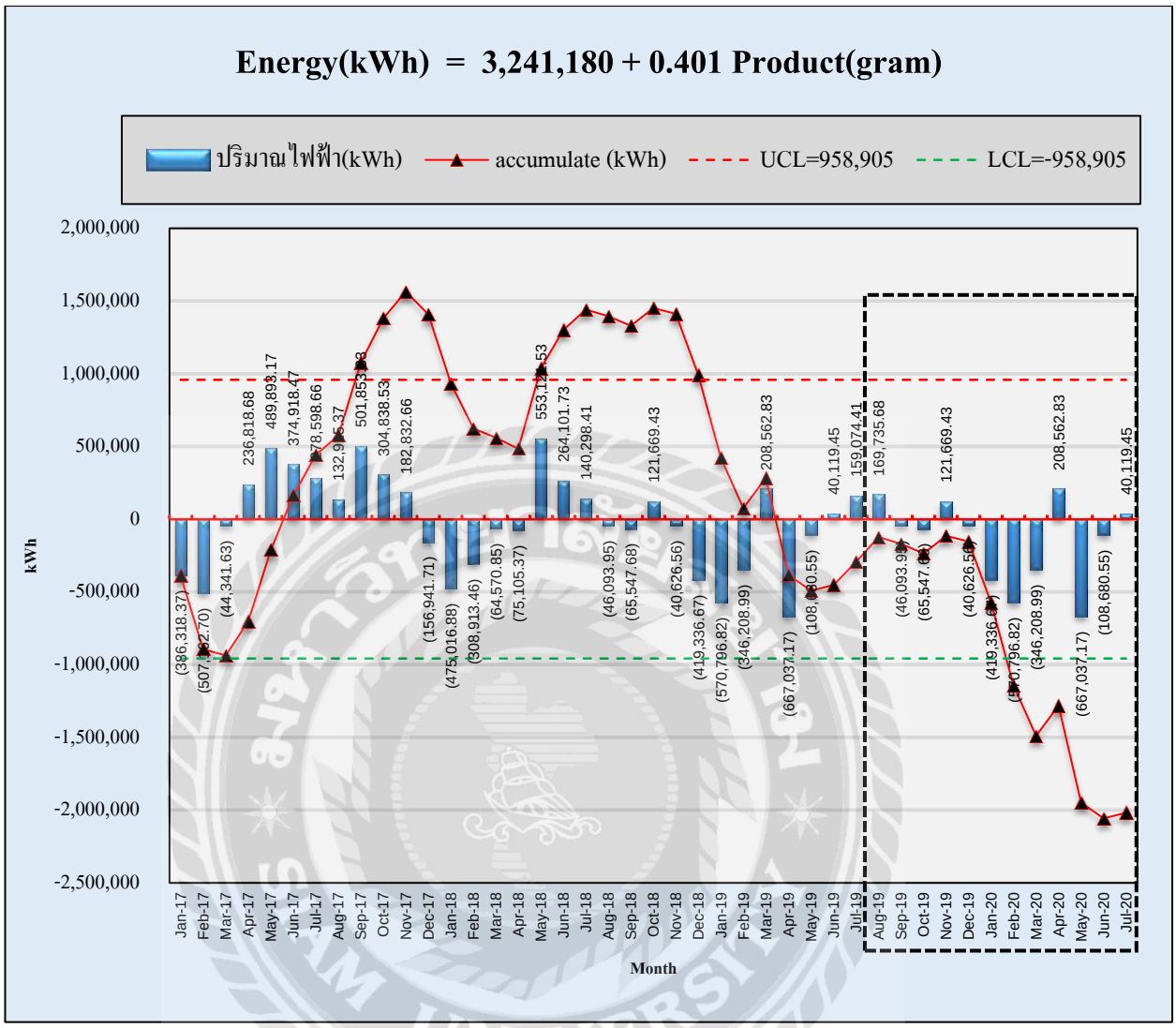
= 0.128 บาท/กิโลกรัม

= 4.902%

การตรวจติดตามบิลค่าไฟฟ้าตั้งแต่ กรกฎาคม พ.ศ. 2562 ถึง มรกราคม พ.ศ. 2563 เฉลี่ยอยู่ที่ 22,607,101.73 บาท/เดือน และค่าเฉลี่ยของปริมาณการผลิตอยู่ที่ 9,178,102.14 กิโลกรัม/เดือน ส่งผลต้นทุนพลังงานการผลิตลดลงอยู่ที่ 2.476 บาท/กิโลกรัม คิดเป็น 4.902% คิดการลดต้นทุนค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าเฉลี่ยต่อเดือน 1,129,317.11 บาท/เดือน หรือ 13,551,805.32 บาท/ปี

รูปที่ 5. 1 แสดงผลดำเนินการลดต้นทุนพลังงานในโรงงานผลิตผ้าอนามัย

และนำสมการที่ได้ (Regression Analysis) ระหว่างการใช้พลังงาน (kWh) เทียบกับปริมาณการผลิต (กิโลกรัม) ไปวิเคราะห์เพื่อคาดการ การใช้พลังงานของกรณีศึกษาจะใช้เทคนิค Cumulative Sum Chart (CUSUM Chart) เพื่อใช้ดูพฤติกรรมการใช้พลังงานด้วยการใส่ข้อมูลพื้นฐานของปริมาณการไฟฟ้าและปริมาณน้ำหนักการผลิต ตั้งแต่ กรกฎาคม พ.ศ. 2562 ถึง มกราคม พ.ศ. 2563



รูปที่ 5. 2 การตรวจติดตามการใช้พลังงาน (ENERGY MONITORING)
ตั้งแต่ มกราคม พ.ศ. 2560 ถึง กรกฎาคม พ.ศ. 2563

จากกราฟ CUSUM (Cumulative sum of different) พฤติกรรมการใช้พลังงาน ณ เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2563 มีค่าพลังงานเป็นลบ อยู่ที่ -1,190,949.84 kWh

รูปที่ 5. 3 แสดงผลดำเนินการ ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า

การใช้พลังงานไฟฟ้าตั้งแต่เดือน มิถุนายน 62 - สิงหาคม 62 มีค่าใช้จ่ายอยู่ที่ 23,720,787.57 บาท/เดือนและค่าเฉลี่ยค่าใช้จ่ายจากบิลค่าไฟฟ้าตั้งแต่ กรกฎาคม พ.ศ. 2562 ถึง มรกราคม พ.ศ. 2563 มีค่าใช้จ่ายอยู่ที่ 22,591,470.46 บาท/เดือน จากข้อมูลที่กล่าวมาคิดการลดต้นทุนค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าเฉลี่ยต่อเดือน1,129,317.11 บาท/เดือน หรือ 13,551,805.32 บาท/ปี

5.2 อภิปรายผล

จากการศึกษา การลดต้นทุนพลังงานในโรงงานผลิตผ้าอนามัย เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนด้านพลังงานไฟฟ้าในโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ผ้าอนามัย หามาตรการอนุรักษ์พลังงานที่เหมาะสมและลดต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้า และ เพื่อลดต้นทุนพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยการผลิตผลิตภัณฑ์ผ้าอนามัย

ผู้ศึกษาขอนำประเด็นสำคัญมาอภิปรายผลดังนี้

1. การศึกษาการลดต้นทุนพลังงานในโรงงานผลิตผ้าอนามัย นี้จากการประเมินการใช้พลังงานมีการตั้งเป้าหมายเพื่อลดต้นทุนต่อหน่วยการผลิตลง 6.283% จากปีฐาน (มกราคม 2560 – มิถุนายน 2562) จากการดำเนินการมาตรการอนุรักษพลังงาน จำนวน 8 มาตรการ สามารถลดต้นทุนต่อหน่วยการผลิตลง 4.902% ซึ่งสอดคล้องกับงานศึกษาของ ภาชนีย์ ฤทธิบุญ เรื่อง การลดต้นทุนพลังงานในอุตสาหกรรมอเล็กทรอนิกส์ : กรณีศึกษาโรงงานอุสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ จากการประเมิน

การใช้พลังงานมีการตั้งเป้าหมายเพื่อลดต้นทุนต่อหน่วยการผลิตลง 14 % จากปี 2/2555 (ก.ค. 2555– ธ.ค. 2555) ผ่าน 6 มาตรการดังนี้คือ มาตรการที่ 1 เปลี่ยนไปใช้เครื่องทำความเย็นที่มีประสิทธิภาพสูง มาตรการที่ 2 คือการบริหารจัดการการเครื่องทำความเย็น โดยนำประสิทธิภาพของเครื่องทำความเย็นมาวางแผนการเดินเครื่อง มาตรการที่ 3 ลดการรั่วไหลของระบบอัดอากาศ มาตรการที่ 4 ประเมินแสงสว่างเทียบกับพื้นที่และกิจกรรมการใช้งาน มาตรการนี้จะเน้นการลดจำนวนหลอดไฟในบริเวณที่มีแสงเกินความจำเป็น มาตรการที่ 5 คือการเปลี่ยนหลอดไฟ *T*8 เป็นหลอด *LED* มาตรการสุดท้าย คือการจัดอบรมและกิจกรรมส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน เพื่อกระตุ้นให้เกิดแรงจูงใจในการลดใช้พลังงานสำหรับพนักงาน จากการดำเนินการทั้งหมด สามารถลดต้นทุนต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ได้ประมาณ 19% ซึ่งสามารถบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ว่าจะลดต้นทุนพลังงานต่อหน่วยลง14% จากเดือนกรกฎาคม - ธันวาคม 2012 (*Baseline)* (ภาชนีย์, 2557)

2. โรงงานผลิตผ้าอนามัย เป็นโรงงานควบคุม ซึ่งนำเอาเครื่องมือทางสถิติคือ แผนภาพการกระจาย และแผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมมาใช้ในการตรวจติดตามผลการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานแล้ว พบว่า โรงงานผลิตผ้าอนามัย มีผลประหยัดเป็นลบ อยู่ที่ -1,190,949.84 kWh ซึ่งสอดคล้องกับงานศึกษาของ เบญจวรรณ นิรมิตวสุ เรื่อง การพัฒนาระบบตรวจติดตามผลการอนุรักษ์พลังงานจากมาตรการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานควบคุม งานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์โรงงานควบคุมทั้งสิ้น 34 โรงงาน ภายหลังการนำเอาเครื่องมือทางสถิติคือ แผนภาพการกระจายและแผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมมาใช้ในการตรวจติดตามผลการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานแล้ว พบว่ามีจำนวนโรงงานที่มีผลประหยัดหรือมีความชันของแผนภูมิควบคุมสะสมเป็นลบทั้งสิ้น 21 โรงงาน คิดเป็นร้อยละ 61.76 ของจำนวนโรงงานตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ และอีกร้อยละ 38.24 หรือ 13 โรงงานมีความชันของแผนภูมิควบคุมสะสมเป็นบวกหรือไม่มีผลประหยัดพลังงาน (เบญจวรรณ, 2553)

3. การศึกษาการลดต้นทุนพลังงานในโรงงานผลิตผ้าอนามัย การใช้พลังงานไฟฟ้าตั้งแต่เดือน มิถุนายน 62 - สิงหาคม 62 มีค่าใช้จ่ายอยู่ที่ 23,720,787.57 บาท/เดือนปี จากการศึกษาข้อมูลการใช้พลังงานของโรงงาน และทำการสำรวจการใช้พลังงานอย่างละเอียดทำให้สามารถหามาตรการในการอนุรักษ์พลังงานจำนวน 8 มาตรการ และค่าเฉลี่ยค่าใช้จ่ายจากบิลค่าไฟฟ้าตั้งแต่กรกฎาคม พ.ศ. 2562 ถึง มรกราคม พ.ศ. 2563 มีค่าใช้จ่ายอยู่ที่ 22,591,470.46 บาท/เดือน จาก

ข้อมูลที่กล่าวมาคิดการลดต้นทุนค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าเฉลี่ยต่อเดือน1,129,317.11 บาท/เดือน หรือ 13,551,805.32 บาท/ปี ซึ่โดยมาตรการใช้เงินลงทุนทั้งสิ้น 18,113,381 บาท ซึ่งสอดคล้องกับงานศึกษาของ ชูกฤต องคานนท์ เรื่องศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานของอุตสาหกรรมโลหะ: กรณีศึกษาของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตลวดเหล็ก เป็นการศึกษาถึงศักยภายการอนุรักษ์พลังงานของอุตสาหกรรมโลหะ โดยได้ทำการศึกษาการใช้พลังงานของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตลวดเหล็กแห่งหนึ่งในเขตภาคลางของประเทศ ซึ่งโรงงานมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในการเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตจำนวน 387,018 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี คิดเป็นเงิน 1,227,969.41 บาทต่อปี และมีการใช้ความร้อนจากเตาชุปสังกะสีซึ่งใช้นำมันเตาในกระบวนการผลิตจำนวน 75,000 ลิตรต่อปี คิดเป็นเงิน 1,007,940 บาทต่อปี จากการศึกษาข้อมูลการใช้พลังงานของโรงงาน และทำการสำรวจการใช้พลังงานอย่างละเอียดทำให้สามารถหามาตรการในการอนุรักษ์พลังงานจำนวน 5 มาตรการ แบ่งออกเป็นมาตการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า สามารถลดการใช้พลังงานรวมได้ทั้งสิ้น 32,518.09 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ทั้งสิ้น 160,314.18บาท ในส่วนของมาตรการอนุรักษ์พลังงานความร้อนยังไม่มีการดำเนินมาตรการ เนื่องจากอยู่ในช่วงการพิจารณาการปรับปรุงอุปกรณ์ โดยมาตรการใช้เงินลงทุนทั้งสิ้น 144,640 บาท (ชูกฤต, 2561)

5.3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

จากการดำเนินวิจัยพบว่าต้องใช้เงินลงทุนสูงและไม่สามารถปิดระบบพร้อมกันเพื่อปรับปรุงได้ จึงควรจะจัดทำแผนระยะยาว ในการจัดลำดับการปรับปรุงเครื่องจักรด้วยการใช้ Risk Priority Number (RPN) โดยเน้นปรับปรุงเครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพต่ำที่สุดและมีผลกระทบกับการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงที่สุดเป็นลำดับแรก สอดคล้องกับประสิทธิภาพของเครื่องจักรและจุดคุ้มทุน หมั่นตรวจวัดประสิทธิภาพเครื่องจักรเพื่อทราบถึงศักยภาพพลังงานปัจจุบันเพื่อที่จะสามารถวางแผนการซ่อมบำรุงได้อย่างคุ้มค่าและป้องกันการเกิดปัญหากับเครื่องจักรในสายการผลิต

บรรณานุกรม

ชาตรี บ้านเกาะ. (2544). *การประหยัดพลังงานในเครื่องปรับอากาศทั่วไปด้วยอินเวอร์เตอร์*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี). ฐานข้อมูลงานวิจัย (ThaiLis).

ชูกฤต องคานนท์. (2561). ศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานของอุตสาหกรรมโลหะ: กรณีศึกษาของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตลวดเหล็ก. *JEET 2018, 5*(1), 52-60.

เบญจวรรณ นิรมิตวสุ. (2553). *การพัฒนาระบบตรวจติดตามผลการอนุรักษ์พลังงาน จากมาตรการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานควบคุม*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย). ฐานข้อมูลงานวิจัย (ThaiLis).

ภาชนีย์ ฤทธิบุญ. (2554). *การลดต้นทุนพลังงานในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ : กรณีศึกษาโรงงานอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย). ฐานข้อมูลงานวิจัย (ThaiLis).

รวีวลี ฐิติสุวรานนท์ เสาวณิต สุขภารังษี และ ยุพาภรณ์ อารีพงษ์. (2562). แผนภูมิควบคุมผสม CUSUM-TCC เพื่อตรวจจับการกระจายของกระบวนการ. *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 29*(3), 507-517.

สุกัญญา ประคองวิทยา. (2554). *การประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายการทำงานเชิงคุณภาพสำหรับการออกแบบผลิตภัณฑ์ผ้าอนามัย*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย). ฐานข้อมูลงานวิจัย (ThaiLis).

สุวิทย์ ภูลี และ ปารเมศ ชุติมา. (2555). การปรับปรุงงานบำรุงรักษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต. *วารสารวิจัยพลังงาน, 9*(2555/1), 30-46.

ประวัติผู้เขียนสารนิพนธ์

ชื่อ	นายวิษุวัต ขานทอง
วัน เดือน ปี เกิด	23 มีนาคม 2534
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
	สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
	ปีการศึกษา 2556
ประวัติการทำงาน	
พ.ศ. 2556-2560	บริษัท ไทคิชา (ประเทศไทย) จำกัด เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานครฯ
	ตำแหน่ง วิศวกรภาคสนาม
พ.ศ. 2560-2562	บริษัท นูทริกซ์ จำกัด (มหาชน) อำเภอเมือง ฉะเชิงเทรา
	ตำแหน่ง วิศวกรพัฒนาศักยภาพการผลิต/ผู้รับผิดชอบพลังงาน
พ.ศ. 2562-2565	บริษัท ยูนิ-ชาร์ม (ประเทศไทย) จำกัด อำเภอบางประกง ฉะเชิงเทรา
	ตำแหน่ง วิศวกรไคเซ็น/ผู้รับผิดชอบพลังงาน
พ.ศ. 2565-ปัจจุบัน	บริษัท แอร์โค จำกัด เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร
	ตำแหน่ง วิศวกรโครงการ