การพัฒนาระบบตรวจติดตามผลการอนุรักษ์พลังงาน จากมาตรการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานควบคุม

นางสาว เบญจวรรณ นิรมิตวสุ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5 1 7 0 3 6 7 3 2 1

DEVELOPMENT OF MONITORING SYSTEM FOR ENERGY CONSERVATIVE SAVINGS IN DESIGNATED FACTORIES

Miss Benjawan Niramitwasu

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering
Department of Industrial Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2010
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาระบบตรวจติดตามผลการอนุรักษ์พลังงานจากมาตรการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานควบคุม
โดย	นางสาวเบญจวรรณ นิรมิตวสุ
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ จันทนา จันทโร
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รองศาสตราจารย์ ไชยะ แช่มช้อย

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ปารเมศ ชุติมา)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ จันทนา จันทโร)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(รองศาสตราจารย์ ไชยะ แช่มช้อย)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ จรูญ มหิทธาฟองกุล)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เบญจวรรณ นิรมิตวสุ : การพัฒนาระบบตรวจติดตามผลการอนุรักษ์พลังงานจากมาตรการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานควบคุม. (DEVELOPMENT OF MONITORING SYSTEM FOR ENERGY CONSERVATIVE SAVINGS IN DESIGNATED FACTORIES) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ.จันทนา จันทโร, อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม : รศ.ไชยะ แช่มช้อย 190 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงให้เห็นถึงการประยุกต์ใช้เครื่องมือทางสถิติในการตรวจติดตามการใช้พลังงาน แสดงให้เห็นถึงผลประหยัดที่เกิดจากมาตรการอนุรักษ์พลังงาน และประเมินประสิทธิภาพในการใช้พลังงานของโรงงานควบคุม เครื่องมือทางสถิติที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ แผนภูมิการกระจาย (scatter diagram) และแผนภูมิควบคุมผลรวมสะสม (cumulative sum control chart หรือ CUSUM control chart) ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า และปริมาณผลผลิตของโรงงานควบคุมตัวอย่างจำนวน 34 โรงงาน คือ มีจำนวนโรงงานที่มีผลประหยัดหรือมีความชันของแผนภูมิควบคุมสะสมเป็นลบทั้งสิ้น 21 โรงงาน คิดเป็นร้อยละ 61.76 ของจำนวนโรงงานตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ และอีก 13 โรงงาน คิดเป็นร้อยละ 38.24 ที่มีความชันของแผนภูมิควบคุมสะสมเป็นบวกหรือไม่มีผลประหยัดพลังงาน ในจำนวน 21 โรงงานที่มีผลประหยัดมีร้อยละผลประหยัดเฉลี่ย 7.52 เมื่อพิจารณาเฉพาะโรงงานที่มีร้อยละผลประหยัดตั้งแต่ร้อยละ 5 ขึ้นไป พบว่ามาตรการอนุรักษ์พลังงานที่มีความถี่ในการจัดทำมากที่สุด 3 อันดับแรก คือ 1) การกำหนดเวลาเปิด – ปิดที่เหมาะสม 2) การใช้สวิตช์ควบคุมการปิด – เปิด 3) บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์

นอกจากแสดงให้เห็นถึงผลประหยัดจากการอนุรักษ์พลังงานแล้ว วิธีการในงานวิจัยนี้ยังสามารถใช้ในการกำหนดเป้าหมายในการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานได้ด้วย การจัดการพลังงานที่ดี โดยการตรวจติดตามและกำหนดเป้าหมายการใช้พลังงานอย่างเหมาะสมเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถช่วยประหยัดต้นทุนค่าใช้จ่ายด้านพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา...วิศวกรรมอุตสาหการ... ลายมือชื่อนิสิต.....เบญจวรรณ นิรมิตวสุ.....
สาขาวิชา...วิศวกรรมอุตสาหการ.... ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....
ปีการศึกษา.....2553..... ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม.....

5170367321 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING
KEYWORDS : CUSUM CHART / ENERGY USED / ENERGY MANAGEMENT / ENERGY MONITORING / STATISTICAL PROCESS CONTROL

BENJAWAN NIRAMITWASU : DEVELOPMENT OF MONITORING SYSTEM FOR ENERGY CONSERVATIVE SAVINGS IN DESIGNATED FACTORIES. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. JANTANA JANTARO, THESIS CO-ADVISOR : ASSOC. PROF. CHAIYA CHAMCHOY, 190 pp.

The objective of this paper is to show how to apply statistic tools for monitoring energy used, represent energy savings from energy conservation plan and evaluate energy performance in designated factories. The statistic tools that used in this paper are scatter diagram and cumulative sum control chart (CUSUM control chart). After analyzed electric energy and production from 34 factories found that there are 21 factories or 61.76 percent that CUSUM control charts have negative slopes which mean they have energy-saving. The others 13 factories or 38.42 percent have positive slopes on CUSUM control charts which mean they lack energy-saving. The amounts of 21 factories that have energy-saving, have average percentage of savings 7.52. When considering specific factories that have percentage of saving five or more, there are three conservation plans mostly used 1) determination of proper opening – closing times 2) using switch to control opening – closing times 3) using electronic ballast with fluorescent lamp.

More over, the approach in this paper also can be used for targeting energy use in designated factories. Good energy management by energy monitoring and targeting is one of techniques to reduce energy cost in factories.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department : Industrial Engineering
Field of Study : Industrial Engineering
Academic Year : 2010

Student's Signature Benjawan Niramitwasu
Advisor's Signature
Co-Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาของ รองศาสตราจารย์จันทนา จันทโร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ไชยะ แซ่มซ้อย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้คำแนะนำปรึกษา ตลอดจนช่วยเหลือแก้ไขข้อบกพร่องเป็นอย่างดี จนกระทั่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ปารเมศ ชุติมา ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ และรองศาสตราจารย์จรูญ มหิทธาฟองกุล กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับทุนสนับสนุนในการวิจัย

ขอขอบพระคุณวิศวกร และเจ้าหน้าที่ ในหน่วยงานที่ปรึกษาตรวจสอบ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทุกท่านสำหรับคำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์

สุดท้ายนี้ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา สำหรับการสนับสนุน ความห่วงใยและกำลังใจที่มอบให้มาโดยตลอด ขอขอบคุณทุกท่านสำหรับกำลังใจและคำแนะนำที่ดีในการทำวิทยานิพนธ์เสมอมา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญ..... ช
สารบัญตาราง..... ญ
สารบัญภาพ..... ฏ
บทที่ 1: บทนำ..... 1
1.1 ที่มาและความสำคัญ..... 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย..... 2
1.3 ขอบเขตงานวิจัย..... 3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 3
1.5 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน..... 3
บทที่ 2: งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 5
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องด้านเครื่องมือทางสถิติ..... 5
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องด้านการจัดการพลังงาน..... 6
บทที่ 3: ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง..... 10
3.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องด้านเครื่องมือทางสถิติ..... 10
3.1.1 แผนภูมิการกระจาย (Scatter Diagram)..... 10
3.1.2 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสม (CUSUM Control Chart)..... 11
3.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องด้านพลังงาน..... 12
3.2.1 ระบบการจัดการพลังงาน (Energy Management System)..... 12
3.2.1.1 หลักการของระบบการจัดการพลังงาน..... 12
3.2.1.2 การประยุกต์ใช้งานระบบการจัดการพลังงาน..... 19
3.2.1.3 ตัวอย่างข้อมูลด้านเทคนิคของระบบการจัดการพลังงาน..... 20
3.2.2 การอนุรักษ์พลังงาน..... 22
3.2.3 พระราชบัญญัติส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535
(ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม)..... 22
3.2.3.1 ขอบเขตการบังคับใช้พระราชบัญญัติการส่งเสริม
การอนุรักษ์พลังงาน..... 23
3.2.3.2 ลักษณะของโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม..... 23

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2.3.3 การอนุรักษ์พลังงานตามพระราชบัญญัติการส่งเสริม
การอนุรักษ์พลังงาน..... 24
3.2.3.4 หน้าที่ของโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม..... 25
3.2.3.5 ผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน..... 25
ก) คุณสมบัติของผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน..... 25
ข) จำนวนของผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน..... 26
ค) หน้าที่ของผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน..... 27
3.2.4 การเปลี่ยนแปลงของกฎหมายอนุรักษ์พลังงาน..... 27
3.2.5 ระบบการตรวจติดตามและการกำหนดเป้าหมายการใช้พลังงาน
(Energy Monitoring and Targeting System)..... 27
3.2.5.1 ประโยชน์ที่ได้รับจาก M&T..... 29
3.2.5.2 ขั้นตอนการทำระบบ M&T..... 30
บทที่ 4: ข้อมูล..... 31
4.1 ที่มาของข้อมูล..... 31
4.2 หลักเกณฑ์ในการคัดเลือกข้อมูลไปใช้..... 32
บทที่ 5: การวิเคราะห์ข้อมูล..... 35
5.1 การวิเคราะห์ข้อมูล..... 35
5.1.1 ขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูล..... 35
5.1.2 การตัดข้อมูล..... 47
5.2 การสรุปผล..... 49
5.3 การใช้แผนภูมิควบคุมในการตรวจติดตามการใช้พลังงาน..... 54
บทที่ 6: ผลการวิเคราะห์ข้อมูล..... 61
6.1 การวิเคราะห์ข้อมูล..... 61
6.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล..... 76
6.2.1 ความต่างของผลประหยัด..... 78
6.2.2 มาตรการอนุรักษ์พลังงาน..... 79
6.2.3 ร้อยละของผลประหยัด..... 82
บทที่ 7: สรุปและข้อเสนอแนะ..... 85
7.1 สรุป..... 85
7.2 ข้อจำกัดของงานวิจัย/ข้อเสนอแนะ..... 87

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
รายการอ้างอิง	89
ภาคผนวก	92
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	190

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 การทบทวนสถานะเบื้องต้นเพื่อการดำเนินการจัดการพลังงาน..... 15
ตารางที่ 3.2 ข้อแตกต่างระหว่างกฎหมายเดิมและกฎหมายใหม่..... 28
ตารางที่ 4.1 การพิจารณาข้อมูลด้วยเกณฑ์การคัดเลือกข้อมูลเบื้องต้น..... 32
ตารางที่ 5.1 ข้อมูลปริมาณการผลิต และปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในรอบ 24 เดือนต่อเนื่อง ของโรงงานควบคุมแห่งหนึ่ง..... 36
ตารางที่ 5.2 การวิเคราะห์ผลต่าง และผลต่างสะสมจากข้อมูล 24 เดือน..... 39
ตารางที่ 5.3 ข้อมูลการวิเคราะห์ผลต่าง และผลต่างสะสมเทียบกับฐานอ้างอิงแบบรายปี... 43
ตารางที่ 5.4 ข้อมูลการวิเคราะห์ผลต่าง และผลต่างสะสมเทียบกับฐานอ้างอิง แบบฐานกิจกรรม..... 46
ตารางที่ 5.5 ตัวอย่างตารางสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล..... 49
ตารางที่ 5.6 ผลการอนุรักษ์พลังงานจากมาตรการอนุรักษ์พลังงานในกรณีที่ 1..... 51
ตารางที่ 5.7 ผลการอนุรักษ์พลังงานจากมาตรการอนุรักษ์พลังงานในกรณีที่ 2..... 51
ตารางที่ 5.7 วิธีแปลงผลประหยัดจากผลประหยัดที่แจ้งเป็นรายปี..... 48
ตารางที่ 5.8 ความหมายของตัวเลขความต่างของผลประหยัด..... 52
ตารางที่ 5.9 ผลการอนุรักษ์พลังงานจากมาตรการอนุรักษ์พลังงานในกรณีที่ 3..... 53
ตารางที่ 5.10 ผลการอนุรักษ์พลังงานจากมาตรการอนุรักษ์พลังงานในกรณีที่ 4..... 53
ตารางที่ 5.11 ปริมาณผลผลิตและปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงงานตัวอย่าง..... 54
ตารางที่ 5.12 การวิเคราะห์ผลต่าง และผลต่างสะสม จากสมการฐานอ้างอิงเดือน 1 - 8..... 56
ตารางที่ 5.13 การวิเคราะห์ผลต่าง และผลต่างสะสม จากสมการฐานอ้างอิงเดือน 8 - 12... 57
ตารางที่ 5.14 ขอบเขตบน และขอบเขตล่างของแผนภูมิควบคุม..... 58
ตารางที่ 5.15 ข้อมูลปริมาณผลผลิต และปริมาณพลังงานไฟฟ้าในเดือนที่ 13 -24..... 59
ตารางที่ 6.1 ข้อมูลปริมาณผลผลิต และข้อมูลปริมาณพลังงานไฟฟ้า 24 เดือน ของโรงงานที่ 1..... 62
ตารางที่ 6.2 การวิเคราะห์ข้อมูลของโรงงานที่ 1..... 63
ตารางที่ 6.3 มาตรการ และช่วงเวลาที่จัดทำมาตรการของโรงงานที่ 1..... 65
ตารางที่ 6.4 การวิเคราะห์ข้อมูลแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 1..... 66
ตารางที่ 6.5 สรุปผลการวิเคราะห์ของโรงงานที่ 1..... 68
ตารางที่ 6.6 ข้อมูลปริมาณผลผลิต และข้อมูลปริมาณพลังงานไฟฟ้า 24 เดือน ของโรงงานที่ 8..... 69
ตารางที่ 6.7 การวิเคราะห์ข้อมูลของโรงงานที่ 8..... 70

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 6.8 มาตรการ และช่วงเวลาที่จัดทำมาตรการของโรงงานที่ 8..... 72
ตารางที่ 6.9 การวิเคราะห์ข้อมูลแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 8..... 73
ตารางที่ 6.10 สรุปผลการวิเคราะห์ของโรงงานที่ 8..... 75
ตารางที่ 6.11 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั้ง 34 โรงงาน..... 76
ตารางที่ 6.12 จำนวนโรงงานในแต่ละช่วงของร้อยละผลประหยัด..... 75
ตารางที่ 6.13 ตารางสรุปผลการวิเคราะห์..... 84

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 3.1 ตัวอย่างแผนภูมิการกระจายในลักษณะต่าง ๆ 10
รูปที่ 3.2 องค์ประกอบของระบบการจัดการพลังงาน..... 13
รูปที่ 3.3 ตัวอย่างรูปแบบเอกสารแผนผังการใช้พลังงาน..... 20
รูปที่ 3.4 ตัวอย่างรูปแบบเอกสารแผนผังแหล่งพลังงาน..... 21
รูปที่ 3.5 ตัวอย่างรูปแบบเอกสารแผนการจัดการพลังงาน..... 21
รูปที่ 3.6 โครงสร้างกฎหมายเดิม (ฉบับ พ.ศ. 2535)..... 27
รูปที่ 3.7 โครงสร้างกฎหมายใหม่ (ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2550)..... 28
รูปที่ 3.8 วัฏจักรการทำระบบการตรวจติดตามและกำหนดเป้าหมายการใช้พลังงาน..... 30
รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนช่วงของข้อมูลและจำนวนมาตรการที่จัดทำ..... 32
รูปที่ 5.1 แผนภาพการกระจายแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า และปริมาณการผลิต..... 37
รูปที่ 5.2 แผนภาพการกระจายแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า และปริมาณการผลิตและสมการความสัมพันธ์..... 38
รูปที่ 5.3 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมของข้อมูลในช่วงเวลาต่อเนื่องกัน 24 เดือน..... 40
รูปที่ 5.4 แผนภูมิการกระจายระหว่างปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้และปริมาณเดือน 1-12.. 41
รูปที่ 5.5 แผนภูมิการกระจายระหว่างปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้และปริมาณผลผลิต โดยแยกเป็นรายปี..... 42
รูปที่ 5.6 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมที่ใช้ 12 เดือนแรกเป็นเส้นฐานอ้างอิง..... 44
รูปที่ 5.7 แผนภูมิการกระจายระหว่าปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้และปริมาณผลผลิต โดยแยกข้อมูลเป็นเดือนที่ 1-10 และเดือนที่ 11-24..... 45
รูปที่ 5.8 แผนภูมิควบคุมสะสมที่ใช้ฐานกิจกรรมเป็นเส้นฐานอ้างอิง (activity based)..... 47
รูปที่ 5.9 แผนภาพการกระจายที่มีข้อมูลบางจุดโดดออกจากกลุ่มอย่างชัดเจน..... 48
รูปที่ 5.10 แผนภาพการกระจายที่มีทำการตัดข้อมูลบางจุดออก..... 48
รูปที่ 5.11 สรุปความหมายความแตกต่างของผลประหยัด..... 50
รูปที่ 5.12 แผนภาพการกระจายและเส้นตรงตัวแทนเดือน 1 - 8..... 55
รูปที่ 5.13 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมที่ใช้เดือน 1-8 เป็นฐานอ้างอิง..... 56
รูปที่ 5.14 แผนภาพการกระจายและเส้นตรงตัวแทนเดือน 8 – 12..... 57
รูปที่ 5.15 แผนภูมิควบคุมโดยใช้ข้อมูลเดือนที่ 8 – 12 เป็นฐานอ้างอิง..... 58
รูปที่ 5.16 แผนภูมิควบคุมที่มีค่าผลต่างเดือนที่ 8 – 24..... 60

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 6.1 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าของโรงงานที่ 1 63
รูปที่ 6.2 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมของโรงงานที่ 1 65
รูปที่ 6.3 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 1 66
รูปที่ 6.4 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 1 68
รูปที่ 6.5 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าของโรงงานที่ 8 70
รูปที่ 6.6 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมของโรงงานที่ 8 72
รูปที่ 6.7 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 8 73
รูปที่ 6.8 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 8 75
รูปที่ 6.9 ความถี่ของช่วงความต่างผลประหยัดต่าง ๆ 78
รูปที่ 6.10 ความถี่ของมาตรการอนุรักษ์พลังงานที่จัดทำในโรงงานทีมีผลประหยัด 24 โรงงาน 79
รูปที่ 7.1 ขั้นตอนในการตรวจติดตามการใช้พลังงานโดย CUSUM..... 87

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

จากพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 ได้มีการแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2550 ได้กำหนดให้โรงงานควบคุมต้องดำเนินการจัดการพลังงานตามมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการจัดการพลังงานตามข้อกำหนดในกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม พ.ศ.2550 รวมถึงการจัดทำรายงานการจัดการพลังงานและการจัดส่งรายงานผลการตรวจสอบและรับรองการจัดการพลังงานให้แก่กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) เพื่อให้เจ้าของโรงงานควบคุมตระหนักถึงความสำคัญของการจัดการพลังงานและให้ความร่วมมือและสนับสนุนให้โรงงานควบคุมของตนเองดำเนินการมากยิ่งขึ้น การพิสูจน์เพื่อยืนยันให้เห็นถึงตัวเลขที่สามารถลดลงได้ของปริมาณพลังงานที่ใช้ไปจึงมีความสำคัญ

ปัจจุบันผู้ที่รับผิดชอบดูแลด้านพลังงานในโรงงานควบคุมส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นเรื่องการลดการใช้พลังงานหรือต้นทุนด้านพลังงานในลักษณะของการลดการสูญเสียพลังงานเฉพาะส่วนที่เห็นเป็นรูปธรรมหรือตามที่ตำราบอกไว้เท่านั้น เช่น การลดลมรั่วในระบบอากาศอัด การลดการสูญเสียในระบบไอน้ำ การหุ้มฉนวน การลดเวลาการทำงานของเครื่องจักรอุปกรณ์ รวมไปถึงการลงทุนซื้ออุปกรณ์ประหยัดพลังงานมาติดตั้งโดยตรง โดยที่ยังมองไม่เห็นว่าการดำเนินการหรือการลงทุนในลักษณะดังกล่าว จะสามารถแก้ไขปัญหาด้านพลังงานในโรงงานของตนเองได้ตรงกับความต้องการและคุ้มค่าหรือไม่ สาเหตุสำคัญคือการขาดความรู้ในด้านการบริหารจัดการพลังงานที่ถูกต้อง หรือที่เรียกว่าระบบการจัดการพลังงาน (Energy Management System: EMS) ซึ่งได้กล่าวถึงระบบการตรวจติดตามและการกำหนดเป้าหมายการใช้พลังงานด้วย

ระบบการตรวจติดตามและการกำหนดเป้าหมายการใช้พลังงาน (Energy Monitoring and Targeting System: M&T) เป็นเทคนิคในการบริหารจัดการพลังงานเบื้องต้น โดยอาศัยข้อมูลการใช้พลังงานในอดีตที่ผ่านมาของโรงงานเป็นพื้นฐานในการกำหนดและคาดการณ์การใช้พลังงานในอนาคต และนำข้อมูลที่ได้มาสร้างเป็นเครื่องมือสำหรับใช้ในการลดการสูญเสียพลังงาน ควบคุมระดับการใช้พลังงานในปัจจุบันให้เป็นไปตามค่าที่ควรจะเป็นและเหมาะสม รวมไปถึงใช้ในการปรับปรุงพัฒนากระบวนการทำงานหรือกระบวนการผลิตเดิมที่มีอยู่ให้ดีขึ้นและมีต้นทุนการใช้พลังงานที่ลดลง

ในขั้นตอนการตรวจติดตามการใช้พลังงาน (Monitoring) มีวัตถุประสงค์หลัก คือ เพื่อสร้างหรือกำหนดรูปแบบ (Pattern) ของการใช้พลังงานจากฐานข้อมูลการใช้พลังงานที่มีอยู่

ส่วนขั้นตอนการกำหนดเป้าหมายการใช้พลังงาน (Targeting) นั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดระดับการใช้พลังงานที่เหมาะสมหรือเป็นที่ต้องการของโรงงานเพื่อเป็นเป้าหมาย (Goal) ซึ่งจะนำไปสู่การกำหนดมาตรการอนุรักษ์พลังงานที่เหมาะสมต่อไป

การรายงานผลประหยัดจากมาตรการการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานนั้น จะมีการแจ้งผลประหยัดพลังงานเป็นหน่วยไฟฟ้า (kWh) หรือหน่วยความร้อน (MJ) ซึ่งสามารถสรุปออกมาได้ว่า แต่ละโรงงานมีผลประหยัดพลังงานในแต่ละปีเป็นเท่าไหร่ เพื่อเป็นการตรวจสอบว่ามาตรการอนุรักษ์พลังงานที่โรงงานจัดทำขึ้นนั้น สามารถทำให้โรงงานประหยัดพลังงานได้จริงหรือไม่ ในงานวิจัยนี้จึงจะนำเสนอวิธีการในการเคราะห์ข้อมูลโดยการใช้เทคนิคทางสถิติคือแผนภูมิควบคุมผลรวมสะสม (CUSUM chart หรือ cumulative sum control chat)ในการวัดผล ซึ่ง CUSUM chart จะมีความสามารถในการตรวจจับแม้มีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการใช้พลังงานเพียงเล็กน้อย ดังนั้นหากการประหยัดพลังงานของโรงงานเกิดขึ้นจริง ผลของ CUSUM chart จะแสดงว่ามีการใช้พลังงานลดลง

นอกจากการตรวจสอบผลลัพธ์ที่เกิดจากการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานแล้ว CUSUM chart ซึ่งสามารถบอกถึงพฤติกรรมของการใช้พลังงานของโรงงานในช่วงเวลาต่าง ๆ ทำให้สามารถติดตามและควบคุมเพื่อสร้างหรือกำหนดเป้าหมายการใช้พลังงานที่เหมาะสม และดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อพัฒนาระบบการตรวจติดตามผลการประหยัดพลังงานที่เกิดขึ้นจากมาตรการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานควบคุม

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

ก) งานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลการผลิต ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า ปริมาณการใช้พลังงานความร้อน และผลการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานควบคุมประเภทเคมี (TSIC 35XXX) ปี พ.ศ. 2548-2550 เท่านั้น

ข) ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยเป็นข้อมูลที่โรงงานควบคุมได้จัดทำเป็นเอกสารแจ้ง (แบบฟอร์ม บพร.1 และ เป้าหมายและแผนการอนุรักษ์พลังงานของโรงงาน) แก่กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ก) เป็นแรงผลักดันให้เจ้าของกิจการเห็นประโยชน์ของการจัดการพลังงานและการจัดทำมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

ข) เป็นแนวทางในการกำหนดเป้าหมาย (Target) และแผนการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานอนาคต

ค) ตรวจสอบผลประหยัดจากการจัดทำมาตรการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานควบคุมว่ามีผลการดำเนินการจริงหรือไม่

1.5 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

ก) ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ และแผนภูมิควบคุมผลรวมสะสม (CUSUM chart)

ข) รวบรวมข้อมูลปริมาณผลผลิต ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ และผลประหยัดที่ได้จากมาตรการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานควบคุม

ค) นำข้อมูลปริมาณพลังงานและปริมาณผลผลิต มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์โดยใช้แผนภาพการกระจาย (scatter diagram) จากนั้นทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์การถดถอยเชิงเส้น (linear regression) จะได้เส้นฐาน (base line) สำหรับสร้างแผนภูมิควบคุมผลรวมสะสม (CUSUM chart)

ง) หาผลต่างระหว่างเส้นฐานกับปริมาณพลังงานที่ใช้จริง และคิดผลต่างสะสมของแต่ละเดือน จากนั้นนำไปสร้างเป็นแผนภูมิควบคุมผลรวมสะสม

จ) วิเคราะห์ผลที่ได้จากแผนภูมิควบคุมผลรวมสะสม และทำการเปรียบเทียบผลที่ได้จากแผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมกับช่วงเวลาที่ทำมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

ฉ) สรุปผลที่ได้จากวิเคราะห์ทางสถิติ

ช) รวมรวมแนวทางในการดำเนินงานในการอนุรักษ์พลังงานที่เกิดผลประหยัด

ซ) สรุปผลการวิจัย

ฌ) จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

ต้นฉบับไม่มีหน้านี้

NO THIS PAGE IN ORIGINAL

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องด้านเครื่องมือทางสถิติ

Martin (1993) ได้ทำการอธิบายเกี่ยวกับระบบการติดตามและกำหนดเป้าหมาย (Monitoring and Targeting systems: M&T) ว่าเป็นที่รู้จักแพร่หลายในสหราชอาณาจักร โดยในหน่วยงานใหญ่ ๆ ต่างลงทุนซื้อโปรแกรม M&T หรือทำการพัฒนาระบบ M&T เพื่อใช้ในหน่วยงาน สำหรับในขั้นตอนการตรวจติดตามการใช้พลังงานนั้นมีจุดประสงค์เพื่อตั้งเป้าหมายการใช้พลังงานในอนาคต ซึ่งเทคนิคที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ คือ CUSUM รวมถึงยังมีตัวอย่างการประยุกต์ใช้ M&T ในการรายงานการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2 emissions) ออกสู่อากาศเพื่อนำไปสู่ระบบการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อมต่อไป

Stuart et al. (2007) ได้เสนอแนวทางสำหรับผู้เชี่ยวชาญเพื่อที่จะหาศักยภาพในการประหยัดพลังงานในอาคาร โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในทุกครึ่งชั่วโมง โดยประยุกต์ใช้ CUSUM ในการตรวจติดตามปริมาณการใช้ไฟฟ้าในโรงเรียนมัธยมจำนวน 37 แห่งในประเทศอังกฤษ ซึ่งวิธีการในการตรวจติดตามนี้เป็นประโยชน์อย่างมากในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการใช้พลังงาน และสามารถบอกได้ว่ามีปริมาณการใช้พลังงานมากในช่วงใดของปี

Puranik (2007) นำเสนอการวัดและการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานโดยเทคนิคทางสถิติ ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ CUSUM เพื่อใช้ในการติดตามปริมาณพลังงานที่ใช้เมื่อมีความผิดปกติจะมีการตรวจจับได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ยังบอกถึงประโยชน์ของ CUSUM charts สำหรับการตรวจติดตามการใช้พลังงาน โดยทำการเปรียบเทียบกับแผนภูมิควบคุม

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องด้านการจัดการพลังงาน

สงวน ตั้งโพธิธรรม (2529) จากวิทยานิพนธ์ เรื่อง การศึกษาการใช้และการประหยัดพลังงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอ จากการศึกษา พบว่า เมื่อทำการศึกษาการใช้พลังงานในภาคความร้อนและภาคไฟฟ้า ในส่วนของการเปลี่ยนโหลด ระบบแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ รวมถึงประสิทธิภาพของการสันดาปและการใช้ไอน้ำ จะสามารถประหยัดพลังงานในระบบต่าง ๆ ได้ประมาณร้อยละ 10 ของพลังงานทั้งหมดที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน และจากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ แสดงให้เห็นว่าแนวทางการประหยัดพลังงานเหล่านี้ มีระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) ที่สั้น

ดรุณี อาชวานันทกุล (2529) จากวิทยานิพนธ์ เรื่อง การศึกษาการประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมหนังเทียม สรุปเทคนิคในการประหยัดพลังงานไว้ ดังนี้

- การเพิ่มประสิทธิภาพหม้อไอน้ำด้วยการปรับอัตราส่วนอากาศต่อน้ำมันเชื้อเพลิง
- การเปลี่ยนเกรดน้ำมันเชื้อเพลิง
- การหุ้มฉนวนอุปกรณ์ทางความร้อน
- การปรับปรุงการนำคอนเดนเสทกลับมาใช้ประโยชน์
- การแก้ไขพาวเวอร์แฟคเตอร์ด้วยการติดตั้งคาปาซิเตอร์
- การเปลี่ยน Tap หม้อแปลงไฟฟ้า
- การตัดหม้อแปลงไฟฟ้าออกระหว่างหยุดทำงาน

กันต์ธร เก่งพล (2541) จากวิทยานิพนธ์ เรื่อง การควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงแรม กรณีศึกษา โรงแรมขนาดกลางและเล็ก ได้สรุปว่า การประหยัดพลังงานเป็นหนึ่งในวิธีการที่จะลดปัญหาการจัดการหาแหล่งพลังงาน โดยควรทำในทุกส่วนของการใช้พลังงาน ซึ่งแบ่งได้เป็น 4 ส่วนใหญ่ ๆ ดังนี้

1. การประหยัดพลังงานในอาคาร
2. การประหยัดพลังงานในภาคอุตสาหกรรม
3. การประหยัดพลังงานในภาคขนส่ง
4. การประหยัดพลังงานในด้านการใช้ไฟฟ้า

สำหรับปัจจัยที่สามารถควบคุมเพื่อให้การใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงแรมขนาดกลางและขนาดเล็กเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ มี 2 ประการ คือ

1. ลักษณะการใช้งานของผู้ใช้
2. อุปกรณ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์ใช้งานร่วม

ในส่วนของอุปกรณ์ไฟฟ้า ผู้ใช้งานมักจะละเลยในเรื่องของการบำรุงรักษา จึงควรทำการตรวจวัดและบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ เช่น

- เปิดใช้ cooling tower ให้มีปริมาณการระบายความร้อนใกล้เคียงกับปริมาณการทำความเย็นของ chiller
- การทำความสะอาด cooling tower
- การทำความสะอาดส่วนถ่ายเทความร้อนในระบบปรับอากาศแบบ split type
- การปรับหม้อแปลงไฟฟ้าเพื่อให้จ่ายแรงดันไฟฟ้าลดลง ทำให้ iron loss ลดลง

มักใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์ร่วมที่มีประสิทธิภาพต่ำ และมีการสูญเสียสูง สามารถแก้ไขได้ ดังนี้

- ใช้หลอด compact fluorescent แทนหลอด incandescent
- ใช้หลอด fluorescent แบบประหยัดพลังงานแทนแบบไม่ประหยัดพลังงาน
- ใช้บัลลาสต์ low loss แทนบัลลาสต์แบบธรรมดา

วีระพงษ์ ประสาทศิลปิน (2541) จากวิทยานิพนธ์ เรื่อง การประหยัดพลังงานในการผลิตกระแสไฟฟ้า กรณีศึกษา โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วมพระนครใต้ ชุดที่ 1 ได้สรุปว่า การลดปริมาณพลังงานเชื้อเพลิงต่อหน่วยผลิตไฟฟ้าให้น้อยลง ต้องพิจารณาถึงปัจจัยที่ส่งผลกระทบกับสมรรถนะของกังหันก๊าซเป็นส่วนสำคัญ โดยมีปัจจัย ดังนี้

1. ระดับความสูงที่ติดตั้งเครื่องจักร (Altitude)
2. ความดันไอเสีย (Exhaust Pressure)
3. การเสื่อมสภาพของกังหันก๊าซ (Gas Turbine Degradation)
4. ความดันอากาศขาเข้า (Inlet Pressure)
5. อุณหภูมิอากาศที่เข้าคอมเพรสเซอร์ (Air Inlet Temperature)
6. ความสะอาดของคอมเพรสเซอร์ (Cleanliness of Compressor)

การรักษาสมรรถนะของกังหันก๊าซโดยลงทุนน้อยที่สุด คือ ทำการรักษาความสะอาดของคอมเพรสเซอร์ และทำ PM (Preventive Maintenance) โดยทำการตรวจสภาพเครื่องจักรกังหันก๊าซ ตามระยะเวลา ประจำวัน ประจำสัปดาห์ และประจำเดือน เพื่อทำการแก้ไขก่อนที่จะเกิดความเสียหายขึ้น

ชัยพร วงศ์พิศาล (2543) จากวิทยานิพนธ์ เรื่อง การศึกษาการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตสายไฟฟ้า สรุปได้ว่า มาตรการประหยัดพลังงานในส่วนที่เกี่ยวกับพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน ทำได้โดย การเพิ่มประสิทธิภาพของเตาเผาโดยทำการปรับปรุงระบบควบคุมอากาศของเตาด้วยการปรับอัตราส่วนอากาศต่อน้ำมันเชื้อเพลิง การควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดด้วยการจัดเวลาทำงาน การลดการใช้หม้อแปลงไฟฟ้าโดยนำภาระจากระบบที่ใช้ไฟฟ้าน้อยไปรวมกัน การเปลี่ยน Tap หม้อแปลงไฟฟ้า การศึกษารายละเอียดของการประหยัดพลังงานด้วยการหุ้มฉนวน และการแก้ไขเพาเวอร์

แฟกเตอร์ด้วยการติดตั้งคะแปซิเตอร์ สามารถประหยัดพลังงานในระบบต่าง ๆ ได้ประมาณ ร้อยละ 17 ของพลังงานทั้งหมดที่ใช้อยู่

อุษา แพนพันธ์อ้วน (2543) จากวิทยานิพนธ์ เรื่อง การเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมในเชิงอนุรักษ์และประหยัดพลังงาน สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม พบว่าระบบปรับอากาศมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยสูงสุด จึงได้มีการศึกษาปัจจัยที่เป็นเกณฑ์เงื่อนไขทางด้านวิศวกรรม การจัดการ และเศรษฐศาสตร์ สำหรับการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อการอนุรักษ์พลังงานและลดค่าใช้จ่ายโดยมีเกณฑ์เงื่อนไข คือ

1. ด้านวิศวกรรม ประกอบด้วย ข้อมูลย่อยด้านเทคนิค ประสิทธิภาพ และการใช้พลังงาน
2. ด้านการจัดการ ประกอบด้วยการจัดการ และการควบคุมดูแลระบบ การซ่อมบำรุงขณะใช้งาน และค่าใช้จ่ายในการจัดการระบบ
3. ด้านเศรษฐศาสตร์ ประกอบด้วย การลงทุนติดตั้งระบบ และค่าใช้จ่ายในการใช้งาน
4. ด้านพลังงาน ประกอบด้วย การอนุรักษ์ และประหยัดพลังงาน

ได้มีการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจ และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ขึ้นเพื่อวิเคราะห์ทางเลือกในการใช้ระบบปรับอากาศที่เหมาะสมซึ่งสามารถคำนวณภาระการทำความเย็น เงินลงทุน และข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ของระบบปรับอากาศแต่ละแบบ ทำให้สะดวกรวดเร็วและลดค่าใช้จ่ายลงได้

เอกสิทธิ สุวรรณศรี (2543) จากวิทยานิพนธ์ เรื่อง การปรับปรุงการจัดการด้านพลังงานในกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ ได้สรุปว่า การจัดการด้านพลังงานในกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ส่งผลให้กระบวนการผลิตปูนซีเมนต์สามารถใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยทราบได้จากอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปูนซีเมนต์ที่ผลิตได้ และอัตราการใช้พลังงานความร้อนต่อปริมาณปูนเม็ดมีค่าลดลง ซึ่งมีแนวทางในการปรับปรุงการจัดการด้านพลังงาน ดังนี้

1. การกำหนดนโยบายจากผู้บริหารระดับสูงและกำหนดเป้าหมายในการดำเนินงาน
2. กำหนดแผนงานหลังในการดำเนินงานการปรับปรุงการจัดการด้านพลังงานและแผนงานในระดับแผนก
3. ปรับปรุงองค์กรดำเนินงานให้เข้าถึงทุกส่วนในกระบวนการผลิต
4. วางแผนการเดินเครื่องจักรในกระบวนการผลิตให้เหมาะสมโดยการควบคุมความต้องการไฟฟ้าสูงสุด
5. ปรับปรุงระบบการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยการจัดทำเอกสารมาตราฐานที่ใช้ในการตรวจสอบและทำการจัดตั้งทีมงานในการตรวจสอบการใช้พลังงานอย่างต่อเนื่อง
6. ปรับปรุงกระบวนการติดตามการปรับปรุงแก้ไขการดำเนินงานที่เกิดขึ้น

ฮุชเซ็น นิยมเดชา (2549) จากวิทยานิพนธ์ เรื่อง การลดต้นทุนค่าดำเนินการโรงงานโดยการจัดการพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ กรณีศึกษา: โรงงานผลิตหม้อแปลงไฟฟ้า พบว่าการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิตในโรงงานมีค่าสูงกว่ามาตรฐานที่โรงงานกำหนดทำให้ต้องดำเนินการปรับปรุงการจัดการด้านพลังงานในโรงงานให้ดีขึ้น โดยมีแนวทางดังนี้

1. การปรับปรุงองค์กรให้สอดคล้องกับการจัดการด้านพลังงาน
2. การเผยแพร่นโยบายพลังงาน
3. ตรวจวัดการบริโภคพลังงานในส่วนงานต่าง ๆ ของโรงงาน
4. การคัดเลือกมาตรการหลักในการประหยัดพลังงาน
5. การจัดระบบการตรวจสอบและประเมินผลการใช้พลังงาน
6. การส่งเสริมการมีส่วนร่วมและรับฟังข้อเสนอแนะจากพนักงานในการจัดการพลังงาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

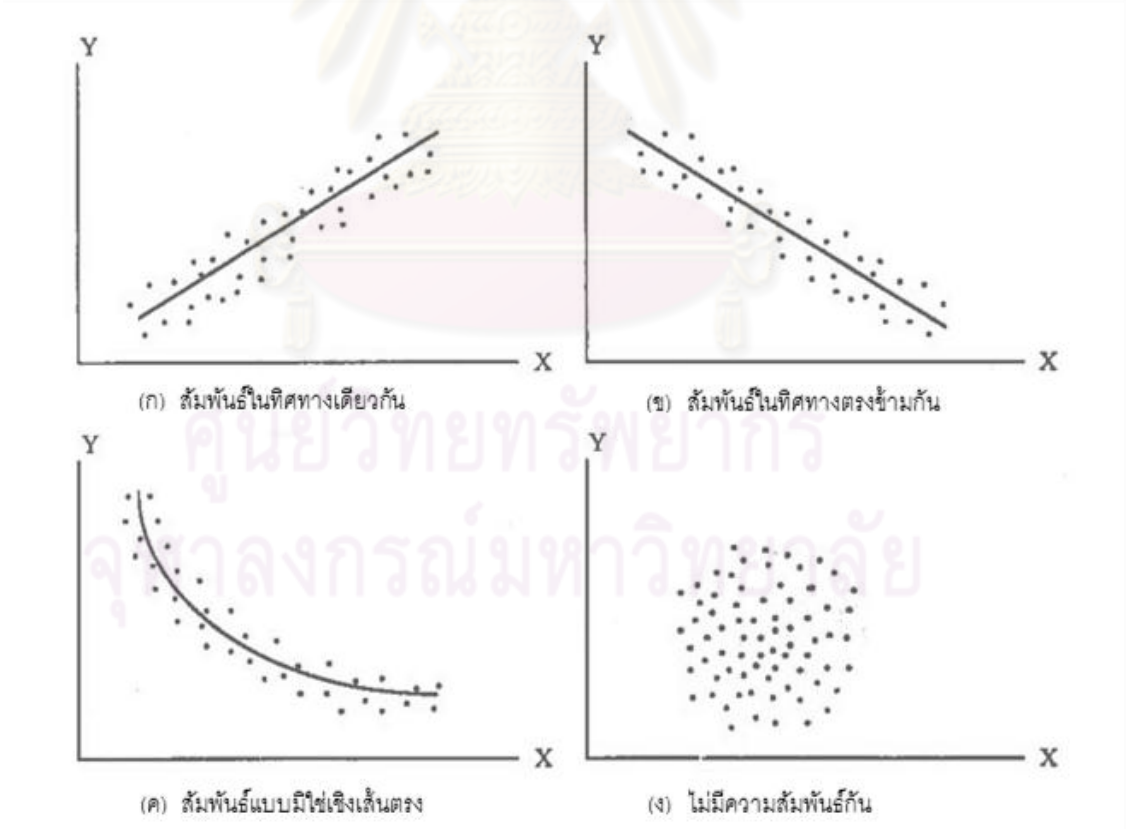
3.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องด้านเครื่องมือทางสถิติ

3.1.1 แผนภูมิการกระจาย (Scatter Diagram)

Ishikawa (1986) ให้นิยามแผนภูมิการกระจายหรือ Scatter Diagram ว่าหมายถึง แผนภูมิที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีความสอดคล้องกัน (Corresponding Data) ซึ่งหมายถึง ข้อมูลที่เก็บได้จากตัวอย่างเดียวกัน แต่ทำการวัดข้อมูลออกเป็น 2 ชนิด

ในการศึกษาความสัมพันธ์บนแผนภาพการกระจาย หากเป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล มักจะกำหนดให้พารามิเตอร์ที่แสดงถึงสาเหตุ (ตัวแปรอิสระ) อยู่บนแกนนอน และให้แกนตั้งเป็นตัวแปรตามที่หมายถึง พารามิเตอร์ที่แสดงผล

การตีความหมายรูปแบบสหสัมพันธ์ของข้อมูลตามแผนภาพการกระจาย สามารถตีความได้หลายแบบ ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ตัวอย่างแผนภูมิการกระจายในลักษณะต่าง ๆ

รูปที่ 3.1 (ก) หมายถึงมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน คือ เมื่อ x เพิ่ม y จะมีค่าเพิ่มขึ้น

รูปที่ 3.1 (ข) แสดงความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้าม คือ ถ้า x มีค่าเพิ่มขึ้น y จะมีค่าลดลง

รูปที่ 3.1 (ค) แสดงความสัมพันธ์แบบมิใช่เส้นตรง คือ ในแต่ละหน่วยของ x ที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่า y เพิ่มขึ้นหรือลดลงไม่เท่ากัน ขึ้นกับว่า x มีค่าเท่ากับเท่าใด

รูปที่ 3.1 (ง) แสดงถึงความไม่สัมพันธ์กัน โดยก่อนจะทำการสรุปว่าเป็นรูปแบบประเภทนี้ควรมีการวิเคราะห์จำแนกประเภทข้อมูลเสียก่อน เพราะอาจเป็นไปได้ที่มีความสัมพันธ์กัน แต่ข้อมูลมาจากคนละแหล่งกัน

3.1.2 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสม (CUSUM Control Chart)

Page (1961) เสนอแผนภูมิควบคุมผลรวมสะสม ซึ่งเป็นแผนภูมิควบคุมที่ใช้ในการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการ โดยจะนำข้อมูลตลอดช่วงเวลาของการเก็บข้อมูลมาวิเคราะห์ ด้วยการบวกสะสมค่าความคลาดเคลื่อนของค่าเฉลี่ยตัวอย่าง ($\bar{x}_i$) กับค่าเฉลี่ยกระบวนการเมื่อกระบวนการอยู่ภายในการควบคุม $_0$ โดยแผนภูมิควบคุมชนิดนี้เป็นแผนภูมิที่สามารถตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยของกระบวนการได้ดี ผลรวมสะสมของค่าความคลาดเคลื่อนจากตัวอย่างกลุ่มที่ i (C_i) คือ

$$\begin{aligned} C_i &= \sum_{j=1}^{i}\left(\bar{x}_j - {}_0\right) \\ &= \left(\bar{x}_i - {}_0\right) + \sum_{j=1}^{i-1}\left(\bar{x}_j - {}_0\right) \\ &= \left(\bar{x}_i - {}_0\right) + C_{i=1} \end{aligned} \qquad \ldots (3.1)$$

ในกระบวนการที่กำหนดค่าเฉลี่ยของกระบวนการเท่ากับ $_0$ ถ้ากระบวนการอยู่ในการควบคุม ค่าที่คลาดเคลื่อนไปจากค่าเฉลี่ยจะมีการกระจายอย่างสุ่ม แต่ถ้าค่าเฉลี่ยของกระบวนการผลิตมีการเปลี่ยนแปลงไปในทางเพิ่มขึ้น ค่าผลรวมสะสมของความคลาดเคลื่อนจะมีค่ามากขึ้น แต่ถ้าค่าเฉลี่ยของกระบวนการผลิตมีการเปลี่ยนแปลงไปในทางลดลง ค่าผลรวมสะสมของความคลาดเคลื่อนจะมีค่าลดลง ดังนั้นจะได้

$$C_i^{+} = \max\left[0, \bar{x}_i - \left({}_0 + K\right) + C_{i-1}^{+}\right] \qquad \ldots (3.2)$$

$$C_i^{-} = \max\left[0, \left({}_0 - K\right) - \bar{x}_i + C_{i-1}^{-}\right] \qquad \ldots (3.3)$$

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

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

$_0$ คือค่าเฉลี่ยเป้าหมาย เมื่อกระบวนการยังไม่มีการเปลี่ยแปลง

$_1$ คือค่าเฉลี่ยเมื่อกระบวนการเกิดการเปลี่ยแปลง โดยที่ $_1 = {}_0 +$

n จำนวนข้อมูล

H คือค่าความกว้างของช่วงควบคุม ซึ่งจะเลือกค่า H โดยการจำลองข้อมูลตามตัวแบบภายใต้สถานการณ์ต่าง ๆ เมื่อกระบวนการอยู่ในการควบคุม และหาค่าความยาววิ่งโดยเฉลี่ย (ARL) เมื่อกระบวนการอยู่ในการควบคุม

เกณฑ์การตัดสินใจ

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

3.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องด้านพลังงาน

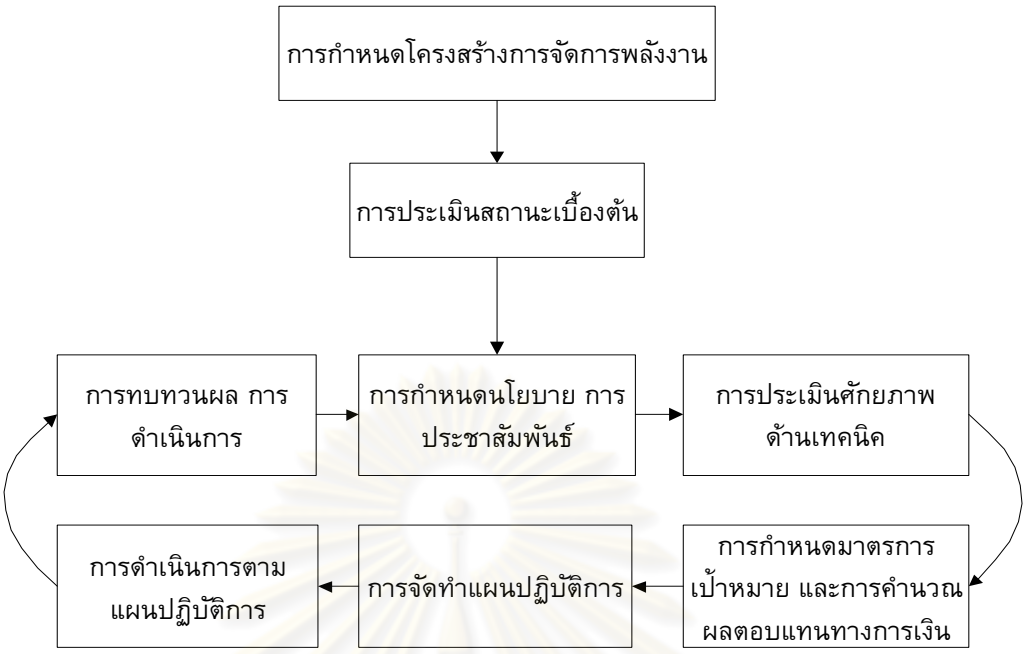
3.2.1 ระบบการจัดการพลังงาน (Energy Management System) *ที่ใช้งานในช่วงก่อนปรับปรุงพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535

3.2.1.1 หลักการของระบบการจัดการพลังงาน

การอนุรักษ์พลังงานที่จะประสบความสำเร็จและยั่งยืน ต้องอาศัยความเข้าใจและการมีส่วนร่วมจากทุกระดับและทุกฝ่ายในองค์กร ดังนั้นการมีระบบการจัดการพลังงานจะสามารถช่วยให้การดำเนินกิจกรรมด้านอนุรักษ์พลังงานครอบคลุมในทุกด้านและเกิดประสิทธิผลอย่างต่อเนื่อง

ระบบการจัดการพลังงาน (Energy Management System) ที่มีประสิทธิผลจำเป็นที่จะต้องมีองค์ประกอบในการสำรวจ ตรวจวัด จัดการข้อมูลและควบคุมการปฏิบัติ โดยคนและ/หรืออุปกรณ์อัตโนมัติที่เป็นระบบ ดังต่อไปนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.2 องค์ประกอบของระบบการจัดการพลังงาน

1. การกำหนดโครงสร้างการจัดการพลังงาน

กำหนดโครงสร้าง อำนาจหน้าที่และความรับผิดชอบของพนักงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดการในด้านพลังงาน เพื่อดูแลให้ระบบการจัดการพลังงานที่จัดทำขึ้น มีการนำไปใช้และดำเนินการเป็นไปอย่างต่อเนื่อง และรายงานผลการปฏิบัติตามระบบการจัดการพลังงานต่อผู้บริหารระดับสูง เพื่อนำไปใช้ในการทบทวนการจัดการ และเป็นแนวทางสำหรับการปรับปรุงระบบการจัดการพลังงานต่อไป

2. การประเมินสถานะเบื้องต้น

ทบทวนการดำเนินงานด้านพลังงานที่มีอยู่กับ

1) เกณฑ์การอนุรักษ์พลังงานที่ดี ซึ่งประกาศเป็นที่ยอมรับ หรือกำหนดเป็นข้อแนะนำ (Guideline) ในการตรวจประเมิน

2) ข้อกำหนดตามกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับพลังงาน

3) ประสิทธิภาพและประสิทธิผลของทรัพยากรที่มีอยู่ ซึ่งนำไปใช้ในการจัดการพลังงาน

4) แนวทางการดำเนินงานด้านพลังงานที่มีอยู่ในองค์กรในอดีต

5) ข้อปฏิบัติและการดำเนินงานที่ดีกว่า ซึ่งองค์กรหรือหน่วยงานอื่นได้จัดทำเอาไว้ (Best Practice)

ข้อมูลจากการทบทวนสถานะเริ่มต้น จะใช้ในการพิจารณากำหนดนโยบายและกระบวนการจัดทำระบบการจัดการพลังงาน การทบทวนสถานะเบื้องต้นนี้ จะใช้เฉพาะเมื่อมีการนำมาตรฐานระบบการจัดการพลังงานนี้มาใช้เป็นครั้งแรกเท่านั้น เมื่อระบบการจัดการดำเนินไปได้ครบถ้วนตามข้อกำหนดแล้ว ผลจากการทบทวนการจัดการจะนำไปใช้ในการทบทวนนโยบายและพิจารณาปรับปรุงระบบการจัดการต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 3.1 การทบทวนสถานะเบื้องต้นเพื่อการดำเนินการจัดการพลังงาน

ระดับ	นโยบายพลังงาน	การจัดองค์กร	การจูงใจ	ระบบสารสนเทศ	การตลาด	การลงทุน
4	ผู้บริหารระดับสูงสนับสนุนการใช้นโยบาย แผนการปฏิบัติและการตรวจสอบด้านพลังงานเป็นส่วนหนึ่งของการดำเนินการขององค์กร	การจัดการด้านพลังงานรวมอยู่ในโครงสร้างการบริหารงานทั้งหมด มีการแบ่งความรับผิดชอบในการติดตามดูแลการใช้พลังงานอย่างชัดเจน	มีการติดต่อสื่อสารอย่างเป็นทางการ และไม่เป็นทางการโดยผู้จัดการด้านพลังงาน และผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานในทุกระดับ	มีระบบซึ่งครอบคลุมการตั้งเป้าหมาย การใช้พลังงาน การตรวจสอบปริมาณการใช้พลังงาน การหาความผิดปกติการคำนวณมูลค่าการประหยัดและการตรวจสอบค่าใช้จ่ายต่าง ๆ	มีการส่งเสริมและประชาสัมพันธ์ให้เห็นถึงคุณค่าของการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ และกิจกรรมการดำเนินการจัดการด้านพลังงานทั้งภายในและภายนอกองค์กร	ให้ความสำคัญเป็นพิเศษแก่โครงการที่ก่อให้เกิดการประหยัดและส่งผลดีกับสิ่งแวดล้อม โดยมีการประเมินการลงทุนในโครงการใหม่และโครงการปรับปรุงระบบเดิมทั้งหมด
3	มีนโยบายด้านพลังงานขององค์กรอย่างเป็นทางการ แต่ยังไม่ได้กำหนดแนวทางปฏิบัติที่ชัดเจนให้กับเจ้าหน้าที่ฝ่ายต่าง ๆ ในโรงงาน	มีคณะกรรมการด้านพลังงานซึ่งเป็นตัวแทนจากส่วนต่าง ๆ ในองค์กร ในคณะกรรมการนี้จะมีผู้จัดการด้านพลังงานและประธานคณะกรรมการบริหารองค์กร	มอบหมายให้คณะกรรมการด้านพลังงานเป็นรับผิดชอบโดยตรง ในการติดต่อสื่อสารกับผู้ที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานหลัก	มีการรายงานการตรวจสอบและการตั้งเป้าหมายการใช้พลังงานในแต่ละส่วนการใช้พลังงาน โดยใช้ข้อมูลจากเครื่องวัดย่อย แต่ยังไม่มีการรายงานผลจากการประหยัดได้ให้กับผู้ที่เกี่ยวข้องรับทราบอย่างเหมาะสม	มีการดำเนินการส่งเสริมและประชาสัมพันธ์แก่พนักงานภายในองค์กร และมีการรณรงค์แก่องค์กรภายนอกเป็นประจำ	มีเกณฑ์การลงทุนเช่นเดียวกับการลงทุนในโครงการอื่น

ตาราง 3.1 การทบทวนสถานะเบื้องต้นเพื่อการดำเนินการจัดการพลังงาน (ต่อ)

ระดับ	นโยบายพลังงาน	การจัดองค์กร	การจูงใจ	ระบบสารสนเทศ	การตลาด	การลงทุน
2	มีนโยบายด้านพลังงานขององค์กร อย่างเป็นทางการ แต่ยังไม่ได้กำหนดแนวทางปฏิบัติที่ชัดเจนให้กับเจ้าหน้าที่ฝ่ายต่าง ๆ ในโรงงาน	มีผู้จัดการด้านพลังงาน ซึ่งรายงานต่อคณะกรรมการเฉพาะกิจ แต่โครงสร้างและอำนาจการบริหารยังไม่ชัดเจน	มอบหมายให้คณะกรรมการเฉพาะกิจที่มีผู้จัดการฝ่ายอาวุโสเป็นประธานในการติดต่อสื่อสารกับผู้ที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานหลัก	มีการรายงานการตรวจสอบและการตั้งเป้าหมายการใช้พลังงานโดยใช้ข้อมูลจากเครื่องวัดรวม มีการใช้ค่าใช้จ่ายพลังงานในการจัดทำงบประมาณ	มีการดำเนินการฝึกอบรมเฉพาะกิจแก่พนักงานภายในองค์กร	มีการลงทุนในโครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนสั้นเท่านั้น
1	มีแนวทางปฏิบัติด้านพลังงานแต่ไม่ได้จัดทำเป็นลายลักษณ์อักษร	มีผู้ที่ได้รับมอบหมายให้รับผิดชอบด้านการจัดการพลังงานแต่ไม่เต็มเวลาผู้ได้รับมอบหมายนี้มีอำนาจและการตัดสินใจที่จำกัด	มีการติดต่อสื่อสารอย่างไม่เป็นทางการระหว่างวิศวกรและผู้ที่เกี่ยวข้องบางราย	มีการรายงานค่าใช้จ่ายพลังงานตามข้อมูลการเรียกเก็บเงิน การใช้พลังงานจะถูกรายงานสำหรับใช้ภายในฝ่ายเทคนิคเท่านั้น	มีการส่งเสริมและประชาสัมพันธ์เกี่ยวกับการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ	มีการลงทุนเฉพาะโครงการที่มีค่าใช้จ่ายต่ำเท่านั้น
0	ไม่มีนโยบายด้านพลังงาน	ไม่มีการแต่งตั้งผู้รับผิดชอบในการจัดการด้านพลังงาน	ไม่มีการติดต่อสื่อสารกับผู้ที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ	ไม่มีระบบข้อมูลด้านพลังงาน และค่าใช้จ่ายพลังงาน	ไม่มีการส่งเสริมและประชาสัมพันธ์เกี่ยวกับการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ	ไม่มีการลงทุนเพื่อการปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. การกำหนดนโยบายและการประชาสัมพันธ์

กำหนดนโยบายพลังงาน โดยจัดทำเป็นเอกสารพร้อมทั้งลงนามโดยผู้บริหารระดับสูง เพื่อแสดงเจตจำนงในการจัดการพลังงาน โดยจะต้องมีการเผยแพร่และเปิดโอกาสให้พนักงานมีส่วนร่วมในการให้ข้อคิดเห็นและปฏิบัติตามนโยบาย รวมทั้งมีการทบทวนเป็นระยะ ๆ เพื่อให้แน่ใจว่านโยบายที่กำหนดขึ้นยังมีความเหมาะสมกับองค์กร ทั้งนี้ องค์กรจะต้องทำการประชาสัมพันธ์ รับ และตอบสนองข้อมูลข่าวสารระหว่างบุคคล ผู้เชี่ยวชาญและหน่วยงานระดับต่าง ๆ ทั้งภายในและภายนอก

ผู้บริหารสูงสุดขององค์กรควรกำหนดนโยบาย โดยจัดทำเป็นเอกสารพร้อมทั้งลงนามโดยผู้บริหารระดับสูง เพื่อแสดงเจตจำนงในการจัดการพลังงาน ซึ่งนโยบายดังกล่าว ต้อง

1) เป็นส่วนหนึ่งของธุรกิจ

2) เหมาะสมกับลักษณะและปริมาณพลังงานที่ใช้

3) แสดงเจตจำนงที่จะปฏิบัติตามกฎหมายและข้อกำหนดอื่นที่องค์กรได้ทำข้อตกลงไว้

4) แสดงเจตจำนงที่จะปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานอย่างต่อเนื่อง

5) แสดงเจตจำนงที่จะจัดสรรทรัพยากรให้เพียงพอเหมาะสมในการดำเนินการตามระบบการจัดการพลังงาน

นอกจากนี้ องค์กรควรมีการพิจารณาความต้องการในการฝึกอบรมและให้การฝึกอบรมบุคลากรทุกระดับภายในองค์กรให้มีความรู้ความสามารถ รวมถึงการสร้างจิตสำนึกเพื่อให้เกิดความตระหนักถึงผลกระทบจากการใช้พลังงาน และการมีส่วนร่วมของพนักงาน พร้อมทั้งวิธีปฏิบัติในการควบคุมการใช้พลังงานและต้องมีการประเมินความรู้ความสามารถของผู้ปฏิบัติงานในกิจกรรมที่มีการใช้พลังงานที่มีนัยสำคัญ

4. การประเมินศักยภาพด้านเทคนิค

จัดทำตัวบ่งชี้ลักษณะการใช้พลังงานขององค์กร ระดับพลังงานที่ใช้ และการประมาณระดับการใช้พลังงานทุกกิจกรรม และทบทวนการชี้บ่งและประเมินนี้ ในกรณีที่มีการดำเนินกิจกรรมใหม่หรือมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงกิจกรรมที่มีการใช้พลังงาน โดยพิจารณารายละเอียดด้านเทคนิคในหัวข้อต่างๆ ต่อไปนี้

1) ข้อมูลการใช้พลังงานทั้งในอดีตและปัจจุบัน รวมถึงดัชนีการใช้พลังงาน (Energy Efficiency Index: EEI) ขององค์กร และ/หรือ ระบบต่าง ๆ

2) รายการอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานในสัดส่วนสูง

5. การกำหนดมาตรการเป้าหมายและการคำนวณผลตอบแทนทางการเงิน

วิเคราะห์การใช้พลังงานและกำหนดมาตรการอนุรักษ์พลังงาน เพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่วางไว้โดยอาจพิจารณาจากปริมาณพลังงานที่ประหยัดได้ เงื่อนไขการลงทุน หรือผลตอบแทนทางการเงิน โดยกำหนดมาตรการอนุรักษ์พลังงานและวิเคราะห์ผลประหยัดพลังงานพร้อมกับระยะเวลาคืนทุนครอบคลุมมาตรการที่มีการลงทุนและไม่มีการลงทุน หรือลงทุนต่ำ ได้แก่

- มาตรการด้านวิธีการใช้งานอุปกรณ์
- มาตรการด้านการดูแลบำรุงรักษา
- มาตรการปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน
- มาตรการเปลี่ยนใช้อุปกรณ์ประสิทธิภาพสูง
- มาตรการใช้ระบบควบคุมและตรวจติดตามเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

6. การจัดทำแผนปฏิบัติการ

จัดทำแผนปฏิบัติการที่สนับสนุนหัวใจของการอนุรักษ์พลังงาน ได้แก่ การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ, พนักงานมีจิตสำนึก และพนักงานมีความรู้ ความเข้าใจ ที่เหมาะสม ดังนั้น แผนปฏิบัติการที่องค์กรต้องจัดทำ จะต้องประกอบด้วย แผนเพื่อรองรับมาตรการอนุรักษ์พลังงานที่คัดเลือก แผนประชาสัมพันธ์เพื่อสร้างจิตสำนึกของพนักงานในองค์กร แผนการฝึกอบรมเพื่อสร้างความรู้ ความเข้าใจที่ถูกต้อง โดยแผนปฏิบัติการที่ดีจะต้องมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) แผนงานและวัตถุประสงค์ รวมถึงบุคลากรและทรัพยากรเพื่อให้บรรลุตามนโยบาย

2) แผนปฏิบัติการสำหรับการควบคุมหรือลดการใช้พลังงานให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้

3) แผนปฏิบัติการสำหรับการตรวจติดตามตรวจสอบและการวัดผลการปฏิบัติการตรวจประเมิน และการทบทวนการจัดการ

7. การดำเนินการตามแผนปฏิบัติการ

นำแผนปฏิบัติการมาตรการอนุรักษ์พลังงานไปปฏิบัติเพื่อให้เกิดผลตามกำหนดเวลาที่ระบุ ในระหว่างที่กำลังดำเนินการยังไม่แล้วเสร็จ จำเป็นจะต้องติดตามความก้าวหน้าและเปรียบเทียบกับแผนงาน โดยต้องมีการกำหนดเครื่องมือในการติดตามการดำเนินงานออกเป็น 3 ด้าน คือ

1. การควบคุมการปฏิบัติงาน เช่น ระเบียบ ข้อปฏิบัติ แนวทาง หรือวิธีการในการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นต้น

2. การควบคุมเอกสาร เช่น การแจกจ่ายเอกสารที่ทันสมัยไปยังผู้ที่เกี่ยวข้องและ ณ จุดใช้งาน

3. การควบคุมบันทึกผลการปฏิบัติงาน เช่น บันทึกการประชุม ผลการติดตาม/ทบทวนการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดและการบำรุงรักษาเครื่องจักรและอุปกรณ์ เป็นต้น

8. การทบทวนผลการดำเนินการ

องค์กรต้องจัดทำและปฏิบัติตามเอกสารขั้นตอนการดำเนินงานในการตรวจประเมินระบบการจัดการพลังงานตามช่วงเวลาที่กำหนดอย่างสม่ำเสมอ และมีการตรวจประเมินตลอดทั้งองค์กร โดยต้องครอบคลุม ขอบข่าย ความถี่ วิธีการตรวจประเมิน รวมทั้งความรับผิดชอบในการตรวจประเมิน และผู้ตรวจประเมินต้องเป็นบุคคล ที่มีความรู้ความสามารถในการตรวจประเมินระบบการจัดการพลังงานและมีความเป็นอิสระจาก กิจกรรมที่ทำการตรวจประเมิน ซึ่งอาจมาจากบุคคลภายในองค์กรก็ได้ พร้อมกับจัดทำรายงานสรุปต่อผู้บริหารระดับสูง

นอกจากนี้ ผู้บริหารระดับสูงขององค์กรต้องวิเคราะห์ผลจากการตรวจประเมินระบบการจัดการพลังงานพร้อมกับกำหนดแนวทาง หรือ นโยบายในการปรับปรุงการบริหารจัดการพลังงานให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นอย่างต่อเนื่องต่อไป

3.2.1.2 การประยุกต์ใช้งานระบบการจัดการพลังงาน

การตระหนักถึงความสำคัญของการอนุรักษ์พลังงาน และการได้รับคำมั่นจากผู้บริหารระดับสูงถือเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดในการผลักดันให้การจัดการพลังงานในองค์กรประสบผลสำเร็จ

นอกจากนี้ การดำเนินการใด ๆ ก็ตามมีความจำเป็นที่จะต้องอาศัยข้อมูลข่าวสารเพื่อประกอบการตัดสินใจในการวางกลยุทธ์ และแผนงานปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงาน ดังนั้น การจัดสร้างระบบบริหารจัดการข้อมูลด้านพลังงาน (Energy Management Information System: EMIS) จึงต้องพิจารณาและจัดทำให้แก่ฝ่ายต่างๆ ได้แก่ ฝ่ายบริหาร และฝ่ายปฏิบัติการ ซึ่งตัวอย่างรายงานต่อไปนี้ จะใช้สำหรับการประเมินและวิเคราะห์การตรวจติดตามด้านพลังงานสำหรับพนักงานฝ่ายต่างๆ ในองค์กร โดยใช้การวิเคราะห์โดยคนหรือระบบอัตโนมัติ ตามความเหมาะสมต่อไป

ศักยภาพการประหยัดพลังงาน

ศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานโดยมีระบบการจัดการพลังงาน มีค่าตั้งแต่ร้อยละ 5-25 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต่อเนื่องของระบบ และศักยภาพของบุคลากรในองค์กร เนื่องจากผลการประหยัดพลังงานจะได้มาจากการบริหารจัดการอุปกรณ์ที่มีการใช้พลังงานโดยบุคลากรที่มีส่วนร่วมจากทุกฝ่าย ผสมผสานกับการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงโดยใช้เทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพสูงของระบบและอุปกรณ์

3.2.1.3 ตัวอย่างข้อมูลด้านเทคนิคของระบบการจัดการพลังงาน

ขั้นตอน	แหล่งพลังงาน	ลักษณะ/เปลี่ยนพลังงาน	ระดับพลังงานด้านเข้า	ลักษณะการใช้พลังงาน	ระดับพลังงานด้านออก	ระดับพลังงานของเครื่องจักรหรือชิ้นงาน	จำนวน
ผสมสีลงกับเม็ดพลาสติก	• ไฟฟ้า	• ใช้พลังงานไฟฟ้าขับมอเตอร์หมุนเพื่อปั่นผสม	• AC 220 V 15 Amp 1 Ø	• มอเตอร์ความเร็ว 1,450 รอบ/นาที ถังผสมความเร็ว 60 รอบ/นาที	-	-	3
อบเม็ดพลาสติก	• ไฟฟ้า	• ไฟฟ้า→ความร้อน • ไฟฟ้า→ลมเป่าเม็ดพลาสติก	• ความร้อน 120˚	• ลมร้อนเพื่อไล่ความชื้นออกจากเม็ดพลาสติก	-	• เม็ดพลาสติกอุณหภูมิ ~120˚ C	5
ฉีดเป่าขึ้นรูป	• ไฟฟ้า • ลมความดัน 35-40 Bar • น้ำเย็น T ~20˚C	• ไฟฟ้า→ความร้อน • ไฟฟ้า→ไฮโดรลิค • ใช้น้ำระบายความร้อนแม่พิมพ์	• อุณหภูมิกระบอกฉีด 220-250˚C • แม่พิมพ์ 150˚C • ความดันไฮโดรลิค 50 Bar • ความดันลม 35-40 Bar	• เปลี่ยนเม็ดพลาสติกที่อุณหภูมิ ~120˚C เป็นชิ้นงาน	• ความดันไฮดรอลิกด้านนอก ~1 Bar • ความดันลมด้านออก ~1 Bar	• อุณหภูมิด้านนอกเตาอบ ~80˚C • กระบอกฉีดอุณหภูมิประมาณ 200˚C	5
พิมพ์	• ไฟฟ้า • ลมความดัน 8 Bar	• ไฟฟ้ามอเตอร์ • ลมความดัน 8 Bar • ลมความดัน 5 Bar • กระบอกลม	• ไฟฟ้า AC 220 V 3 Amp • ลมความดัน 8 Bar	• ใช้พลังงานในการพิมพ์ชิ้นงาน	• ลมความดัน 1 Bar	• แม่พิมพ์อุณหภูมิ ~150 ˚C • ชิ้นงานอุณภูมิ ~60 ˚C	5

ผู้จัดทำ.....(หน.แผนกผลิต) ผู้ตรวจสอบ.....(EGR)

วันที่...../...../..... วันที่...../...../.....

รูปที่ 3.3 ตัวอย่างรูปแบบเอกสารแผนผังการใช้พลังงาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ระบบและอุปกรณ์	แหล่งพลังงาน	ลักษณะการเปลี่ยนพลังงาน	ระดับพลังงานด้านเข้า	ลักษณะการใช้พลังงาน	ระดับพลังงานด้านออก	ระดับพลังงานอุปกรณ์	คำนวณ
เครื่องปรับอากาศ	ไฟฟ้า	ไฟฟ้า →กล	AC 220 V 10 Amp 1 ϕ AC 320 V 30 Amp 3 ϕ	ลดอุณหภูมิสำนักงานจากอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมเป็นอุณหภูมิที่กำหนด (20-25°C)	ความร้อนอุณหภูมิ 40-50°C	T 40-50°C	•1 TON 20 เครื่อง •2 TON 5 เครื่อง
อุปกรณ์แสงสว่าง	ไฟฟ้า	ไฟฟ้า →แสง	AC 220 V 10 Amp 1 ϕ	แสงสว่างเพื่อใช้ทำงาน	-	-	หลอดไฟ 12 V2 100 หลอด หลอดไฟ 36 w 200 w
เครื่องถ่ายเอกสาร	ไฟฟ้า	ไฟฟ้า →ความร้อน	AC 220 V 10 Amp 1 ϕ	ไฟฟ้า →ความร้อน	-	อุณหภูมิเครื่องถ่ายเอกสาร 35°C	5 เครื่อง

ผู้จัดทำ.....(หัวหน้าแผนกซ่อมบำรุง)

วันที่...../...../.....

ผู้ตรวจสอบ.....(EGR)

วันที่...../...../.....

รูปที่ 3.4 ตัวอย่างรูปแบบเอกสารแผนผังแหล่งพลังงาน

วัตถุประสงค์ : ลดปริมาณแสงสว่างหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์

เป้าหมาย : กำหนดให้บริเวณที่เป็นจุดปฏิบัติงานใช้พลังงานแสงสว่าง 15-18 W/m^2 บริเวณอื่นๆ ใช้พลังงาน 5 W/m^2

แผนดำเนินงาน	ผู้รับผิดชอบ	กำหนดเสร็จ	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.
1. ตรวจสอบการใช้พลังงานแสงสว่าง ณ สภาพปัจจุบัน	คณะทำงาน	31 ม.ค.52	▬							
2. ปรับปรุงการใช้พลังงานแสงสว่าง ปรับปรุงตำแหน่งหลอดไฟ	ผจ.ซ่อมฯ	30 เม.ย.52		▬	▬	▬				
ปรับปรุงปริมาณแสงสว่างให้เป็นไปตามเป้าหมาย		15 พ.ค.52				▬				
3. จัดทำระเบียบปฏิบัติ และวิธีปฏิบัติงานเกี่ยวกับการดูแลและการใช้พลังงานแสงสว่าง	คณะทำงาน	15 มิ.ย.52					▬	▬		
4. ตรวจสอบการใช้พลังงานแสงสว่าง	คณะทำงาน									
5. สรุปผลและรายงาน	คณะทำงาน	30 มิ.ย.52						▬		

ผู้จัดการแผนงาน

.....(ผจ.โรงงาน)

วันที่...../...../.....

ผู้อนุมัติ

.....(กจก.)

วันที่...../...../.....

รูปที่ 3.5 ตัวอย่างรูปแบบเอกสารแผนการจัดการพลังงาน

3.2.2 การอนุรักษ์พลังงาน

การอนุรักษ์พลังงาน หมายถึง การผลิตและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและประหยัด การอนุรักษ์พลังงานนอกจากจะช่วยลดปริมาณการใช้พลังงาน ซึ่งเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในกิจการแล้ว ยังลดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากแหล่งที่ใช้และผลิตพลังงานด้วย

การอนุรักษ์พลังงาน เป็นวัตถุประสงค์หลักภายใต้พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 และฉบับแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2550 ที่กำหนดให้กลุ่มเป้าหมายคืออาคารควบคุมและโรงงานควบคุม ต้องจัดเตรียมโครงสร้างพื้นฐาน เช่น ข้อมูล บุคลากร แผนงาน เป็นต้น เพื่อนำไปสู่การอนุรักษ์พลังงานตามกฎหมายและกิจกรรมการอนุรักษ์พลังงานนี้ยังใช้เป็นกรอบและแนวทางปฏิบัติในการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานให้ดียิ่งขึ้น

3.2.3 พระราชบัญญัติส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 (ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม)

เนื่องจากพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 มีบทบัญญัติบางประการไม่เหมาะสมกับสภาวการณ์ในปัจจุบัน จึงเห็นสมควรแก้ไขเพิ่มเติมบทบัญญัติดังกล่าว เพื่อให้สามารถกำกับและส่งเสริมการใช้พลังงานการอนุรักษ์พลังงานให้มีประสิทธิภาพและสามารถปรับเปลี่ยนแนวทางการอนุรักษ์พลังงานให้ทันต่อเทคโนโลยีกำหนดมาตรฐานด้านประสิทธิภาพของการผลิตเครื่องจักรและอุปกรณ์ การเก็บรักษาเงินและทรัพย์สินของกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานตลอดจนการมอบหมายให้บุคคลหรือนิติบุคคลตรวจสอบและรับรองการจัดการพลังงาน การใช้พลังงานในเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ และคุณภาพวัสดุหรืออุปกรณ์เพื่อการอนุรักษ์พลังงานแทนพนักงานเจ้าหน้าที่เพื่อให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจและสังคม จึงได้ตรา “พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550” ขึ้นใช้บังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ.2551 เป็นต้นไป

พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2550 มีวัตถุประสงค์หลัก 3 ประการดังนี้

1. เพื่อกำกับดูแล ส่งเสริม และสนับสนุนให้ผู้ที่ต้องดำเนินการอนุรักษ์พลังงานตามกฎหมายมีการอนุรักษ์พลังงานด้วยการผลิตและใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและประหยัด
2. เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้เกิดการผลิตเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง รวมทั้งวัสดุที่ใช้ในการอนุรักษ์พลังงานขึ้นใช้ในประเทศ และให้มีการใช้อย่างแพร่หลาย
3. เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้มีการอนุรักษ์พลังงานอย่างเป็นรูปธรรม โดยการจัดตั้ง “กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน” เพื่อใช้เป็นกลไกในการให้ความช่วยเหลือทางการเงินแก่ผู้ที่ต้องดำเนินการอนุรักษ์พลังงานตามกฎหมาย

3.2.3.1 ขอบเขตการบังคับใช้พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 (ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม) มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อกำกับดูแล ส่งเสริม และสนับสนุนให้ “โรงงานควบคุม” และ “อาคารควบคุม” ดำเนินการอนุรักษ์พลังงานด้วยการผลิตและใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและประหยัด และเพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้เกิดการผลิตเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง รวมทั้งส่งเสริมการใช้วัสดุหรืออุปกรณ์ เพื่อการอนุรักษ์พลังงานขึ้นในประเทศและให้มีการใช้อย่างแพร่หลาย ฉนั้น กลุ่มเป้าหมายที่รัฐมุ่งเข้าไปกำกับ ดูแล ส่งเสริม และสนับสนุนเพื่อให้เกิดการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานตามพระราชบัญญัตินี้จึงประกอบด้วย 3 กลุ่มดังนี้

(1) โรงงานควบคุม

(2) อาคารควบคุม

(3) ผู้ผลิตหรือผู้จำหน่ายเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง รวมถึงวัสดุหรืออุปกรณ์เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

3.2.3.2 ลักษณะของโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม

ผู้ที่มีหน้าที่ต้องดำเนินการอนุรักษ์พลังงานตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 (ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม) นั้นจะถูกเรียกว่า **“โรงงานควบคุม”** หรือ **“อาคารควบคุม”** แล้วแต่กรณี โดยจะเน้นไปที่โรงงานและอาคารที่มีการใช้พลังงานในปริมาณมากและมีศักยภาพพร้อมที่จะดำเนินการอนุรักษ์พลังงานได้ทันที ทั้งนี้ ลักษณะของโรงงานควบคุมหรืออาคารควบคุมย่อมเป็นไปตามที่พระราชกฤษฎีกากำหนดโรงงานควบคุม พ.ศ.2540 และพระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม พ.ศ.2538 ได้กำหนดไว้ ดังนี้

โรงงานควบคุมหรืออาคารควบคุม หมายถึง โรงงานหรืออาคารที่มีหน้าที่ต้องดำเนินการอนุรักษ์พลังงานตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 (ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม) ซึ่งโรงงานหรืออาคารที่เข้าข่ายเป็นโรงงานควบคุมหรืออาคารควบคุมนั้นจะต้องมีลักษณะการใช้พลังงานอย่างหนึ่งอย่างใดดังต่อไปนี้

1. เป็นโรงงานหรืออาคารที่ได้รับอนุมัติจากผู้จำหน่ายพลังงานให้ใช้เครื่องวัดไฟฟ้าหรือให้ติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าชุดเดียวหรือหลายชุดรวมกันมีขนาดตั้งแต่ 1,000 กิโลวัตต์ หรือ 1,175 กิโลโวลต์แอมแปร์ขึ้นไป หรือ

2. เป็นโรงงานหรืออาคารที่ใช้ไฟฟ้าจากระบบของผู้จำหน่ายพลังงาน ความร้อนจากไอน้ำจากผู้จำหน่ายพลังงาน หรือ พลังงานสิ้นเปลืองอื่นจากผู้จำหน่ายพลังงานหรือของตนเอง อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือ รวมกันตั้งแต่วันที่ 1 มกราคมถึงวันที่ 31 ธันวาคมของปีที่ผ่านมา มีปริมาณพลังงานทั้งหมดเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าตั้งแต่ 20 ล้านเมกะจูลขึ้นไป

สำหรับอาคารบางประเภทแม้มีลักษณะการใช้พลังงานเข้าข่ายเป็นอาคารควบคุมตามที่กล่าวมาข้างต้น แต่พระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม พ.ศ.2538 ก็ได้กำหนดยกเว้นไว้ไม่ให้อาคารดังต่อไปนี้เป็นอาคารควบคุม ได้แก่ อาคารที่ใช้เป็นพระที่นั่งหรือพระราชวัง อาคารที่ทำการสถานทูตหรือสถานกงสุลต่างประเทศ อาคารที่ทำการขององค์การระหว่างประเทศหรือที่ทำการของหน่วยงานที่ตั้งขึ้นตามความตกลงระหว่างรัฐบาลไทยกับรัฐบาลต่างประเทศ โบราณสถาน วัดวาอารามหรืออาคารต่างๆ ที่ใช้เพื่อการศาสนา ซึ่งมีกฎหมายควบคุมการก่อสร้างไว้แล้วโดยเฉพาะ

3.2.3.3 การอนุรักษ์พลังงานตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 (ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม) ได้กำหนดการดำเนินการเพื่อการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานควบคุม อาคารควบคุม และในเครื่องจักรหรืออุปกรณ์และส่งเสริมการใช้วัสดุหรืออุปกรณ์เพื่อการอนุรักษ์พลังงานไว้ ทั้งนี้ เพื่อให้ผู้ที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องทั้งในส่วนผู้ปฏิบัติและผู้กำกับดูแลมีความเข้าใจชัดเจนตรงกันว่าการดำเนินการอย่างใดที่ถือว่าเป็นการอนุรักษ์พลังงานตามกฎหมายนี้ ซึ่งได้แก่

1. การอนุรักษ์พลังงานในโรงงาน

การอนุรักษ์พลังงานในโรงงานตามมาตรา 7 ได้แก่ การดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่ง ดังต่อไปนี้

(1) การปรับปรุงประสิทธิภาพของการเผาไหม้เชื้อเพลิง

(2) การป้องกันการสูญเสียพลังงาน

(3) การนำพลังงานที่เหลือจากการใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่

(4) การเปลี่ยนไปใช้พลังงานอีกประเภทหนึ่ง

(5) การปรับปรุงการใช้ไฟฟ้าด้วยวิธีปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้า การลดความต้องพลังไฟฟ้าสูงสุดในช่วงความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดของระบบการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าให้เหมาะสมกับภาระและวิธีการอื่น

(6) การใช้เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงตลอดจนระบบควบคุมการทำงานและวัสดุที่ช่วยในการอนุรักษ์พลังงาน

(7) การอนุรักษ์พลังงานโดยวิธีอื่นตามที่กำหนดในกฎกระทรวง

2. การอนุรักษ์พลังงานในอาคาร

การอนุรักษ์พลังงานในอาคารตามมาตรา 17 ได้แก่ การดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่ง ดังต่อไปนี้

(1) การลดความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่เข้ามาในอาคาร

(2) การปรับอากาศอย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งการรักษาอุณหภูมิภายในอาคารให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม

(3) การใช้วัสดุก่อสร้างอาคารที่จะช่วยอนุรักษ์พลังงาน ตลอดจนการแสดงคุณภาพของวัสดุก่อสร้างนั้น ๆ

(4) การใช้แสงสว่างในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ

(5) การใช้และการติดตั้งเครื่องจักร อุปกรณ์และวัสดุที่ก่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร

(6) การใช้ระบบควบคุมการทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์

(7) การอนุรักษ์พลังงานโดยวิธีอื่นตามที่กำหนดในกฎกระทรวง

3.2.3.4 หน้าที่ของโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม

พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานฯ และกฎหมายลำดับรองตามพระราชบัญญัตินี้ได้กำหนดให้เจ้าของโรงงานควบคุมและเจ้าของอาคารควบคุมมีหน้าที่ต้องดำเนินการอนุรักษ์พลังงานดังต่อไปนี้

1. จัดให้มีผู้รับผิดชอบด้านพลังงานประจำในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุมแต่ละแห่ง โดยมีจำนวนและคุณสมบัติตามที่กำหนดไว้ในกฎกระทรวงกำหนดคุณสมบัติ หน้าที่และจำนวนของผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน พ.ศ.2552

2. จัดให้มีการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุมตามที่กำหนดไว้ในกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม พ.ศ.2552

3.2.3.5 ผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน

การจัดให้มีผู้รับผิดชอบด้านพลังงานประจำในโรงงานควบคุมหรืออาคารควบคุมแต่ละแห่งมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานซึ่งมีความรู้เฉพาะทางเป็นผู้ช่วยเจ้าของโรงงานควบคุมหรือเจ้าของอาคารควบคุมในการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานตามกฎหมายให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยรายละเอียดเกี่ยวกับคุณสมบัติ จำนวน หน้าที่ การแจ้งการแต่งตั้ง และการแจ้งการพ้นหน้าที่ของผู้รับผิดชอบด้านพลังงานนั้นเป็นไปตามกฎกระทรวงกำหนดคุณสมบัติ หน้าที่ และจำนวนของผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน พ.ศ.2552

ก) คุณสมบัติของผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน

ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานต้องมีคุณสมบัติอย่างหนึ่งอย่างใด ดังต่อไปนี้

(1) เป็นผู้ได้รับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงและมีประสบการณ์การทำงานในโรงงานหรืออาคารอย่างน้อย 3 ปี โดยมีผลงานด้านการอนุรักษ์พลังงานตามการรับรองของเจ้าของโรงงานควบคุมหรือเจ้าของอาคารควบคุม

(2) เป็นผู้ได้รับปริญญาทางวิศวกรรมศาสตร์หรือทางวิทยาศาสตร์ โดยมีผลงานด้านการอนุรักษ์พลังงานตามการรับรองของเจ้าของโรงงานควบคุมหรือเจ้าของอาคารควบคุม

(3) เป็นผู้สำเร็จการฝึกอบรมด้านการอนุรักษ์พลังงานหรือการฝึกอบรมที่มีวัตถุประสงค์คล้ายคลึงกันที่อธิบดีกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานให้ความเห็นชอบ

(4) เป็นผู้สำเร็จการฝึกอบรมหลักสูตรผู้รับผิดชอบด้านพลังงานอาวุโสที่อธิบดีกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานให้ความเห็นชอบ

(5) เป็นผู้ที่สอบได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดจากการจัดสอบผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน ซึ่งจัดโดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

ข) จำนวนของผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน

เจ้าของโรงงานควบคุมหรือเจ้าของอาคารควบคุมต้องจัดให้มีผู้รับผิดชอบด้านพลังงานประจำที่โรงงานควบคุมหรืออาคารควบคุมแต่ละแห่ง โดยมีจำนวนและคุณสมบัติดังต่อไปนี้

(1) ในกรณีที่เป็นโรงงานควบคุมหรืออาคารควบคุมที่ได้รับอนุมัติจากผู้จำหน่ายพลังงานให้ใช้เครื่องวัดไฟฟ้าหรือให้ติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าชุดเดียวหรือหลายชุดรวมกันมีขนาดต่ำกว่า 3,000 กิโลวัตต์ หรือ 3,530 กิโลโวลต์แอมแปร์ หรือมีการใช้พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อนจากไอน้ำ หรือ พลังงานสิ้นเปลืองอื่นจากผู้จำหน่ายพลังงานหรือของตนเอง อย่างใดอย่างหนึ่งหรือรวมกันตั้งแต่วันที่ 1 มกราคมถึงวันที่ 31 ธันวาคมของปีที่ผ่านมามีปริมาณพลังงานทั้งหมดเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าต่ำกว่า 60 ล้านเมกะจูล ต้องจัดให้มีผู้รับผิดชอบด้านพลังงานอย่างน้อย 1 คน โดยมีคุณสมบัติอย่างหนึ่งอย่างใดใน 5 ประการตามหัวข้อ 3.2.3.5.ก) ด้วย

(2) ในกรณีที่เป็นโรงงานควบคุมหรืออาคารควบคุมที่ได้รับอนุมัติจากผู้จำหน่ายพลังงานให้ใช้เครื่องวัดไฟฟ้าหรือให้ติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าชุดเดียวหรือหลายชุดรวมกันมีขนาดตั้งแต่ 3,000 กิโลวัตต์ หรือ 3,530 กิโลโวลต์แอมแปร์ขึ้นไป หรือมีการใช้พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อนจากไอน้ำ หรือพลังงานสิ้นเปลืองอื่นจากผู้จำหน่ายพลังงานหรือของตนเอง อย่างใดอย่างหนึ่งหรือรวมกันตั้งแต่วันที่ 1 มกราคมถึงวันที่ 31 ธันวาคมของปีที่ผ่านมามีปริมาณพลังงานทั้งหมดเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าตั้งแต่ 60 ล้านเมกะจูลขึ้นไป ต้องจัดให้มีผู้รับผิดชอบด้านพลังงานไม่น้อยกว่า 2 คน โดยอย่างน้อย 1 คนต้องมีคุณสมบัติตามหัวข้อ 3.2.3.5.ก) (4) หรือ (5) สำหรับผู้รับผิดชอบด้านพลังงานจำนวนที่เหลือต้องมีคุณสมบัติอย่างหนึ่งอย่างใดใน 5 ประการตามหัวข้อ 3.2.3.5.ก) ด้วย

ค) หน้าที่ของผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน

ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานมีหน้าที่ดังต่อไปนี้

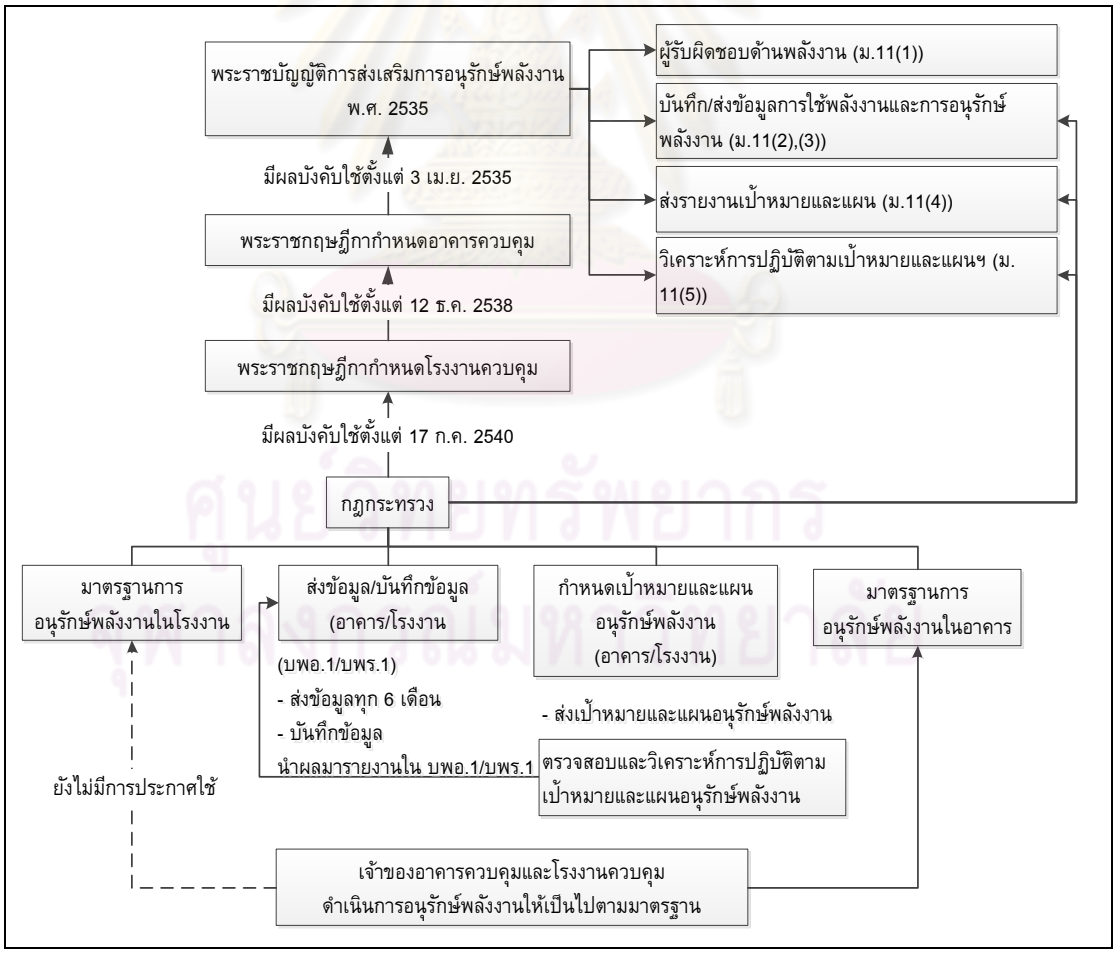
(1) บำรุงรักษาและตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานเป็นระยะๆ

(2) ปรับปรุงวิธีการใช้พลังงานให้เป็นไปตามหลักการอนุรักษ์พลังงาน

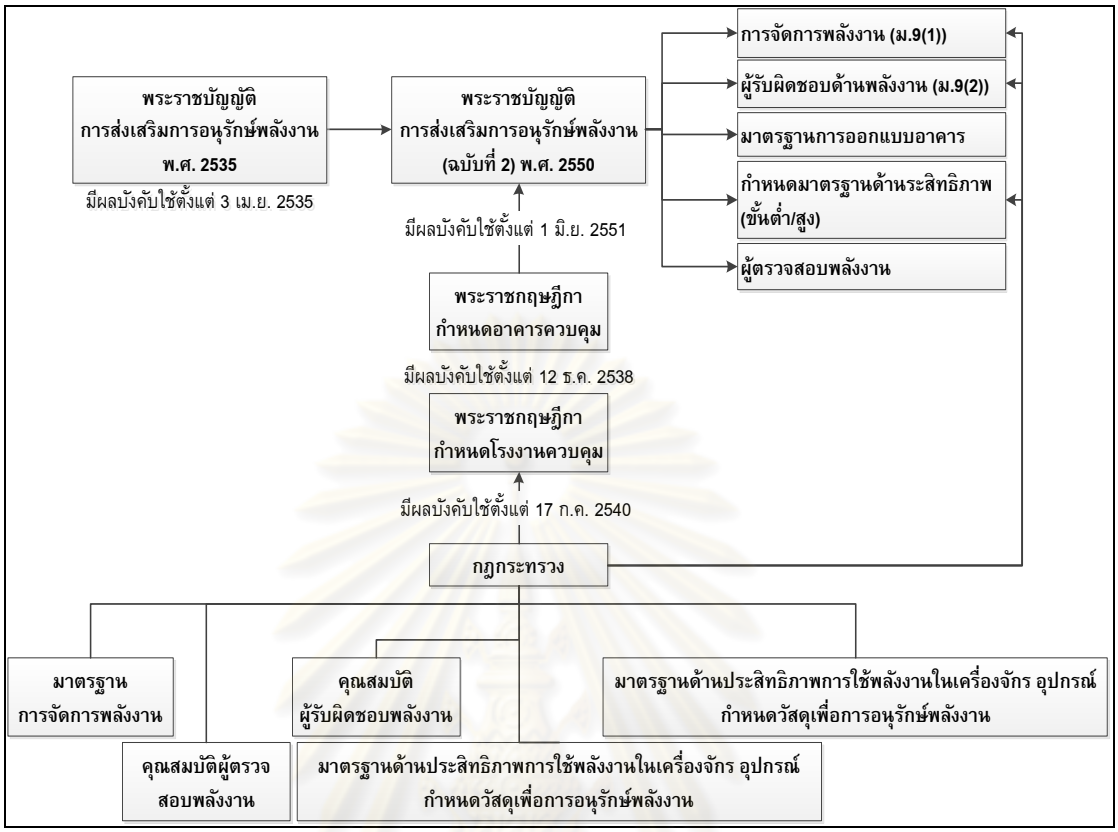
(3) ช่วยเจ้าของโรงงานควบคุมหรือเจ้าของอาคารควบคุมในการจัดการพลังงานตามกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม

3.2.4 การเปลี่ยนแปลงของกฎหมายอนุรักษ์พลังงาน

โครงสร้างของพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 และฉบับแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2550 แสดงดังรูปที่ 3.6 และ 3.7 และข้อแตกต่างโดยสรุปแสดงดังตารางที่ 3.2



รูปที่ 3.6 โครงสร้างกฎหมายเดิม (ฉบับ พ.ศ. 2535)



รูปที่ 3.7 โครงสร้างกฎหมายใหม่ (ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2550)

ตาราง 3.2 ข้อแตกต่างระหว่างกฎหมายเดิมและกฎหมายใหม่

กฎหมายเดิม	กฎหมายใหม่
หน้าที่ของเจ้าของอาคาร / โรงงานควบคุม	
1. จัดให้มีผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน (ผชอ./ผชร.) คุณสมบัติ/หน้าที่ ผชอ., ผชร.	- เหมือนเดิม - ไม่กำหนดรายละเอียดในกฎหมาย แต่ให้ออกเป็นกฎกระทรวง - คุณสมบัติ/จำนวน ผชอ., ผชร. แยกตามขนาดการใช้พลังงาน
2. การบันทึก การส่งข้อมูลการใช้พลังงานและการอนุรักษ์พลังงาน (บพอ.1, 2/บพร.1, 2)	ไม่กำหนดไว้ในกฎหมาย แต่กำหนดให้เป็นส่วนหนึ่งของระบบการจัดการพลังงานที่ออกเป็นกฎกระทรวง
3. การกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน	
4. การตรวจสอบ วิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนฯ	

ตาราง 3.2 ข้อแตกต่างระหว่างกฎหมายเดิมและกฎหมายใหม่ (ต่อ)

กฎหมายเดิม	กฎหมายใหม่
หน้าที่ของเจ้าของอาคาร / โรงงานควบคุม	
5. การส่งข้อมูล/บันทึกการใช้พลังงานและอนุรักษ์พลังงาน	- ยกเลิก - ปรับปรุงให้ง่ายต่อการปฏิบัติ - เป็นส่วนหนึ่งในกฎกระทรวงการจัดการพลังงาน
6. การกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานและการตรวจสอบปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนฯ	- ยกเลิก - ปรับปรุงให้ง่ายต่อการปฏิบัติ - เป็นส่วนหนึ่งในกฎกระทรวงการจัดการพลังงาน
7. มาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานในอาคารควบคุม	- ยกเลิก - ปรับปรุงมาตรฐานใหม่ โดยจะบังคับใช้กับอาคารที่จะก่อสร้างใหม่ หรือดัดแปลงที่มีขนาดพื้นที่รวมทุกชั้นในหลังเดียวกันตั้งแต่ 2,000 ตารางเมตรขึ้นไป
8. ไม่มี	การจัดการพลังงาน

3.2.5 ระบบการตรวจติดตามและการกำหนดเป้าหมายการใช้พลังงาน (Energy Monitoring and Targeting System)

ระบบการตรวจติดตามและการกำหนดเป้าหมายการใช้พลังงาน หรือที่เรียกว่า M&T เป็นหนึ่งในขั้นตอนการจัดการพลังงาน ที่อาศัยเทคนิคง่าย ๆ ในการบริหารจัดการพลังงาน โดยการนำเอาข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานในอดีตมาเป็นพื้นฐานในการกำหนดและคาดการณ์การใช้พลังงานในอนาคต และนำข้อมูลมาสร้างเป็นเครื่องมือสำหรับใช้ในการลดการสูญเสียพลังงาน ควบคุมระดับพลังงานที่ใช้อยู่ในปัจจุบันให้เป็นไปตามค่าที่เหมาะสม รวมไปถึงใช้ในการปรับปรุงพัฒนาเพื่อลดปริมาณพลังงานที่ใช้ในการผลิต

3.2.5.1 ประโยชน์ที่ได้รับจาก M&T

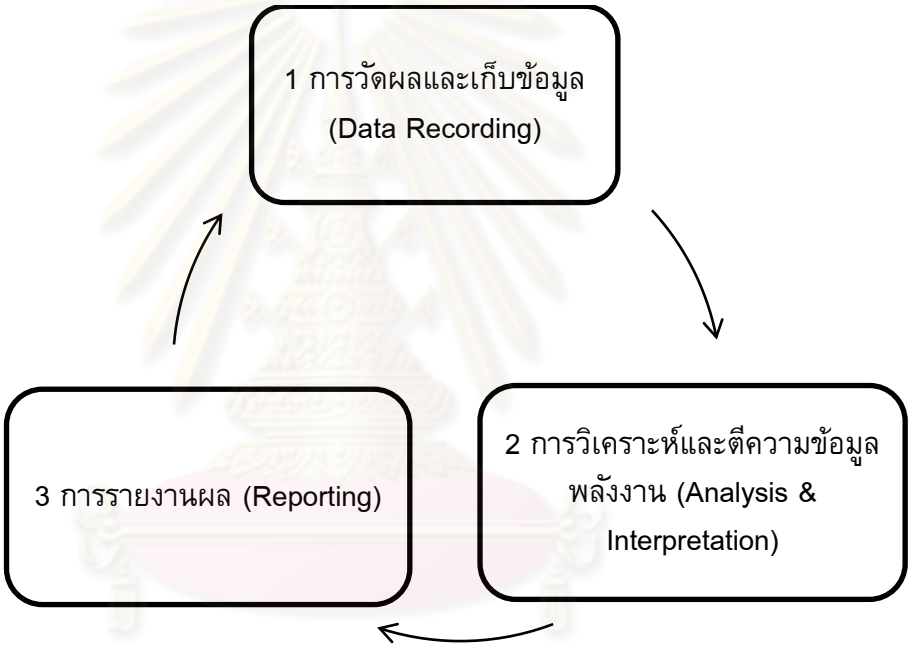
1. ช่วยในการทวนความถูกต้องของการจัดเก็บข้อมูลการใช้พลังงานของหน่วยงาน

2. สามารถประเมินสมรรถนะหรือประสิทธิภาพของการใช้พลังงานของหน่วยงานได้อย่างถูกต้อง และช่วยให้ทราบว่าในปัจจุบันมีระดับของการใช้พลังงานเป็นอย่างไรเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐาน (base line)

3. เป็นเครื่องมือสำหรับบันทึกและติดตามผลของการใช้พลังงาน โดยเฉพาะหน่วยงานที่มีการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงาน จะทราบได้ว่าผลประหยัดที่ได้รับจากมาตรการนั้นเป็นเท่าใดและเป็นไปตามแผนที่วางไว้มากน้อยเพียงใด

3.2.5.2 ขั้นตอนการทำระบบ M&T

มีขั้นตอนที่สำคัญ 3 ขั้นตอน แสดงดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 วัฏจักรการทำระบบการตรวจติดตามและกำหนดเป้าหมายการใช้พลังงาน

1. การวัดผลและเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้อง (Data Recording) หากการเก็บข้อมูลมีความผิดพลาด หรือไม่มีความสัมพันธ์กัน จะทำให้การนำข้อมูลไปใช้ต่อไม่มีประสิทธิภาพ

2. การวิเคราะห์และตีความข้อมูลการใช้พลังงาน (Analysis & Interpretation) มักจะนำเสนอในรูปของกราฟ ซึ่งขึ้นอยู่กับว่าต้องการตีความในแง่มุมใด

3. การรายงานผล (Reporting) เป็นขั้นตอนสุดท้าย โดยนำสิ่งที่วิเคราะห์ได้ไปรายงานให้ผู้ที่เกี่ยวข้องทราบ

บทที่ 4

ข้อมูล

4.1 ที่มาของข้อมูล

สำหรับงานวิจัยนี้จะนำเสนอการติดตามผลการอนุรักษ์พลังงานโดยการใช้ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับการผลิตที่โรงงานควบคุมทุกแห่งทำการบันทึกไว้ และจะต้องจัดทำเอกสารแจ้ง (แบบฟอร์ม บพร.1 และ เป้าหมายและแผนการอนุรักษ์พลังงานของโรงงาน) แก่กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

บพร. 1 เป็นเอกสารที่โรงงานควบคุมและอาคารควบคุมทุกแห่งจะต้องจัดส่งแก่กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ทุก ๆ 6 เดือน โดยแบ่งเป็น ข้อมูลของเดือนมกราคม – มิถุนายน และเดือนกรกฎาคม – ธันวาคมของทุกปี เนื้อหาของข้อมูลที่อยู่ใน บพร. 1 มีดังนี้

- ข้อมูลทั่วไปของโรงงานควบคุม ซึ่งได้แก่ สถานที่ตั้ง ระยะเวลาการทำงาน ประเภทของโรงงาน เป็นต้น
- ข้อมูลการผลิตสำหรับโรงงานควบคุม ในช่วง 6 เดือนที่ผ่านมา
- ข้อมูลการใช้พลังงานทุกประเภทที่ใช้ในโรงงานควบคุม ในช่วง 6 เดือนที่ผ่านมา
- ข้อมูลการอนุรักษ์พลังงานและผลการตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามแผนเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานที่เกิดขึ้นในช่วง 6 เดือนที่ผ่านมา

ข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ในงานวิจัยนี้ ได้แก่

1. ข้อมูลปริมาณผลผลิตรายเดือน
2. ข้อมูลปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้รายเดือน
3. มาตรการอนุรักษ์พลังงานที่โรงงานได้ดำเนินการ ช่วงเวลาที่ดำเนินการ พร้อมผลประหยัดที่เกิดจากการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

ด้วยความอนุเคราะห์จากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ทำให้ได้ข้อมูล บพร. 1 ของโรงงานควบคุม TSIC 35XXX จำนวน 100 โรงงาน โดยได้เป็นข้อมูลในช่วงปี พ.ศ. 2548 – 2550 ซึ่งจะแบ่งเป็นช่วงละ 6 เดือน รวมทั้งสิ้น 6 ช่วง

4.2 หลักเกณฑ์ในการคัดเลือกข้อมูลไปใช้

ข้อมูลที่จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้ ต้องผ่านเกณฑ์ ดังนี้

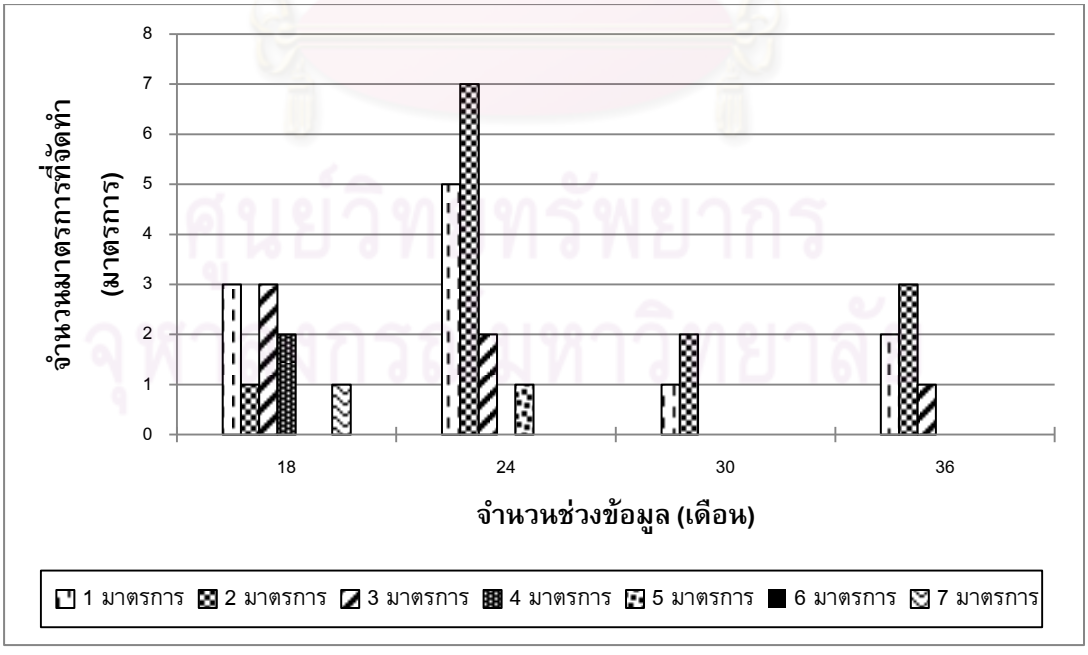
ก) มีข้อมูลปริมาณผลผลิต และปริมาณพลังงานไฟฟ้ารายเดือน ติดต่อกันตั้งแต่ 18 เดือนขึ้นไป

ข) มีการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงาน และไม่ได้เป็นการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานในช่วง 6 เดือนแรกของข้อมูล

เมื่อพิจารณาตามเกณฑ์ทั้ง 2 ข้อข้างต้นแล้ว ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1

ตาราง 4.1 การพิจารณาข้อมูลด้วยเกณฑ์การคัดเลือกข้อมูลเบื้องต้น

ข้อมูล	จำนวน (โรงงาน)	
ข้อมูลทั้งหมด	100	
มีข้อมูล 18 เดือนขึ้นไป	49	
มีข้อมูล 18 เดือนขึ้นไปและมีมาตรการ		**34**
มีข้อมูล 18 เดือนขึ้นไปแต่ไม่มีมาตรการ		15
มีข้อมูลน้อยกว่า 18 เดือนต่อเนื่อง	51	



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนช่วงของข้อมูลและจำนวนมาตรการที่จัดทำ

จากตารางที่ 4.1 จะพบว่าในกลุ่มตัวอย่างมีจำนวนโรงงานที่ส่งข้อมูลติดต่อกัน 18 เดือนขึ้นไปและมีการจัดทำมาตรการอนุรักษ์พลังงานเพียง 34 โรงงาน จากทั้งหมด 100 โรงงาน และรูปที่ 4.1 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนมาตรการและจำนวนข้อมูลปริมาณพลังงานและปริมาณผลผลิตของทั้ง 34 โรงงานที่ผ่านเกณฑ์ข้อ ก) และ ข) โดยโรงงานส่วนมากมักจะจัดส่งข้อมูลการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานมา 1 – 2 มาตรการ คิดเป็นร้อยละ 70.59 ของจำนวนโรงงานที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกข้อมูล

ในจำนวน 34 โรงงานที่ผ่านเกณฑ์นั้นมีมาตรการที่จัดทำทั้งสิ้นรวม 29 มาตรการ แต่ละมาตรการมีความถี่ในการจัดทำดังนี้

	<u>มาตรการด้านแสงสว่าง</u>		
1	การติดตั้งแผ่นสะท้อนแสงที่โคมไฟเดิม	1	ครั้ง
2	บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์	9	ครั้ง
3	ลดจำนวนวัตต์ของหลอดไฟฟ้า	2	ครั้ง
4	ลดจำนวนหลอดไฟฟ้า	1	ครั้ง
5	การใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์แทนหลอด HID	3	ครั้ง
6	การเปลี่ยนจากหลอดแสงจันทร์เป็นหลอดโลหะฮาไลด์	3	ครั้ง
	รวม	19	ครั้ง
	คิดเป็นร้อยละ	25.33	
	<u>มาตรการเกี่ยวกับระบบอากาศอัด</u>		
7	การลดการรั่วไหลของอากาศอัด	5	ครั้ง
8	การดัดแปลงระบบท่อส่งจ่ายลมอัด	1	ครั้ง
	รวม	6	ครั้ง
	คิดเป็นร้อยละ	8.00	
	<u>มาตรการที่เกี่ยวข้องกับระบบปรับอากาศ</u>		
9	มาตรการการเพิ่มประสิทธิภาพที่อุปกรณ์ใช้ความเย็น	1	ครั้ง
10	การใช้เครื่องปรับอากาศชุดใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูง (High EER) ทดแทนชุดเดิม	3	ครั้ง
11	การใช้ระบบปรับความเร็วรอบ (VVVF) กับมอเตอร์พัดลมระบายอากาศ	1	ครั้ง
12	มาตรการการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)	1	ครั้ง
13	การใช้ระบบตรวจจับอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็น เพื่อควบคุมการทำงานของหอผึ่งน้ำเย็น	1	ครั้ง
	รวม	7	ครั้ง
	คิดเป็นร้อยละ	9.33	

	มาตรการด้านความร้อน		
14	การหุ้มฉนวนอุปกรณ์ให้ความร้อน	3	ครั้ง
15	การเปลี่ยนหม้อไอน้ำ	1	ครั้ง
16	มาตรการเพิ่มประสิทธิภาพในการให้ความร้อนด้วยไฟฟ้าในรูปแบบอื่น ๆ	1	ครั้ง
	รวม	5	ครั้ง
	คิดเป็นร้อยละ	6.67	
	มาตรการที่ไม่สามารถจัดหมวดหมู่ได้		
17	การใช้สวิตช์ควบคุมอุณหภูมิชนิดอิเล็กทรอนิกส์	1	ครั้ง
18	การกำหนดเวลาเปิด-ปิดที่เหมาะสม	9	ครั้ง
19	มาตรการที่เกี่ยวข้องกับหลังคา และช่องเปิดบนหลังคา (หลังคาโปร่งแสง)	1	ครั้ง
20	การบำรุงรักษาที่เหมาะสม	3	ครั้ง
21	การใช้สวิตช์ควบคุมการปิด-เปิด	9	ครั้ง
22	การใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ประสิทธิภาพสูง	1	ครั้ง
23	มาตรการการใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ประสิทธิภาพสูงอื่นๆที่ไม่สามารถจัดอยู่ในกลุ่มอื่นได้	1	ครั้ง
24	การยกเลิกการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็น	3	ครั้ง
25	การปรับความเร็วรอบของอุปกรณ์ให้เหมาะสม	2	ครั้ง
26	มาตรการด้านการจัดการ	2	ครั้ง
27	การใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง	3	ครั้ง
28	การติดตั้งระบบอัตโนมัติควบคุมการทำงานของอุปกรณ์	2	ครั้ง
29	ลดเวลาการทำงานของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์	1	ครั้ง
	รวม	38	ครั้ง
	คิดเป็นร้อยละ	50.67	

มาตรการส่วนใหญ่จะอยู่ในหมวดมาตรการด้านแสงสว่างซึ่งคิดเป็นร้อยละ 25.33 ของจำนวนมาตรการที่จัดทำทั้งหมด มาตรการที่มีความถี่ในการจัดทำสูงสุด 3 อันดับแรกคือ บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์, การกำหนดเวลาเปิด-ปิดที่เหมาะสม และการใช้สวิตช์ควบคุมการปิด-เปิด โดยแต่ละมาตรการมีความถี่ในการจัดทำ 9 ครั้ง ซึ่งอยู่ในหมวดแสงสว่างและกลุ่มที่ไม่สามารถจัดหมวดหมู่ได้

บทที่ 5

การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1.1 ขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในบทที่ 5 จะแสดงวิธีการในการวิเคราะห์เพื่อการตรวจติดตามผลการอนุรักษ์พลังงาน โดยใช้ข้อมูลปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ และปริมาณผลผลิตในโรงงานทั้ง 34 โรงงานที่ได้จำแนกไว้ในบทที่ 4 โดยสามารถสรุปขั้นตอนในการตรวจติดตามผลการอนุรักษ์พลังงาน ได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 รวมรวมข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละเดือน

ขั้นตอนที่ 2 สร้างแผนภาพการกระจายระหว่างปริมาณการผลิตและปริมาณการใช้พลังงาน

ขั้นตอนที่ 3 หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการผลิตและปริมาณการใช้พลังงานในรูปแบบสมการเส้นตรง

ขั้นตอนที่ 4 นำสมการเส้นตรงในขั้นตอน 3 ใช้เป็นสมการฐานอ้างอิง และคำนวณปริมาณพลังงานที่ควรจะเป็นจากสมการฐานอ้างอิง

ขั้นตอนที่ 5 คำนวณผลต่างระหว่างพลังงานที่ควรจะเป็น และพลังงานที่ใช้จริง

ขั้นตอนที่ 6 คำนวณผลต่างสะสม

ขั้นตอนที่ 7 สร้างแผนภูมิควบคุมผลรวมสะสม

ขั้นตอนที่ 8 วิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงาน และผลประหยัดจากการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานจากแผนภูมิ

โดยในแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียด ดังนี้

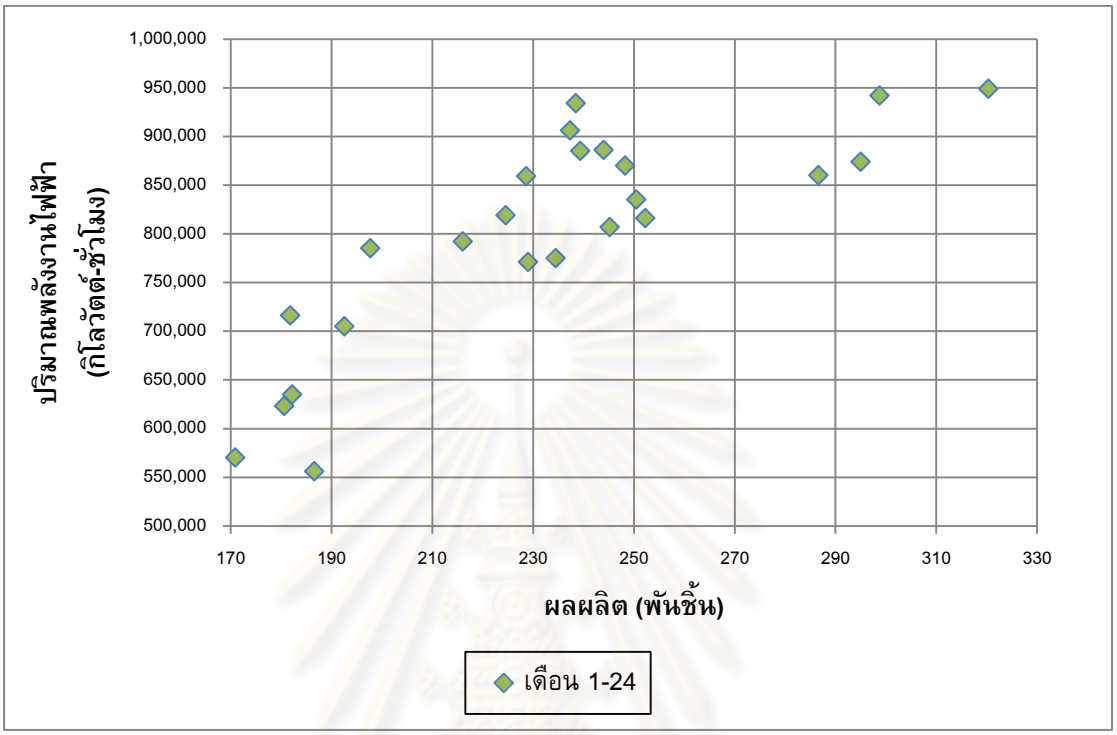
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นตอนที่ 1 รวมรวมข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละเดือน ซึ่งโดยมากจะนิยมจัดเรียงไว้ในรูปแบบตาราง ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ข้อมูลปริมาณการผลิต และปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในรอบ 24 เดือนต่อเนื่องของโรงงานควบคุมแห่งหนึ่ง

เดือน	ผลผลิต (พันชิ้น)	ปริมาณพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
1	228.65	859,000
2	197.70	785,000
3	244.03	886,000
4	192.57	705,000
5	248.29	870,000
6	238.50	934,000
7	237.34	906,000
8	239.40	885,000
9	224.61	819,000
10	216.05	792,000
11	229.01	771,000
12	182.22	635,000
13	170.88	570,000
14	180.61	623,000
15	181.81	716,000
16	186.63	556,000
17	234.46	775,000
18	252.28	816,000
19	245.22	807,000
20	250.52	835,000
21	286.63	860,000
22	320.37	949,000
23	298.78	942,000
24	295.05	874,000
เฉลี่ย	232.74	798,750

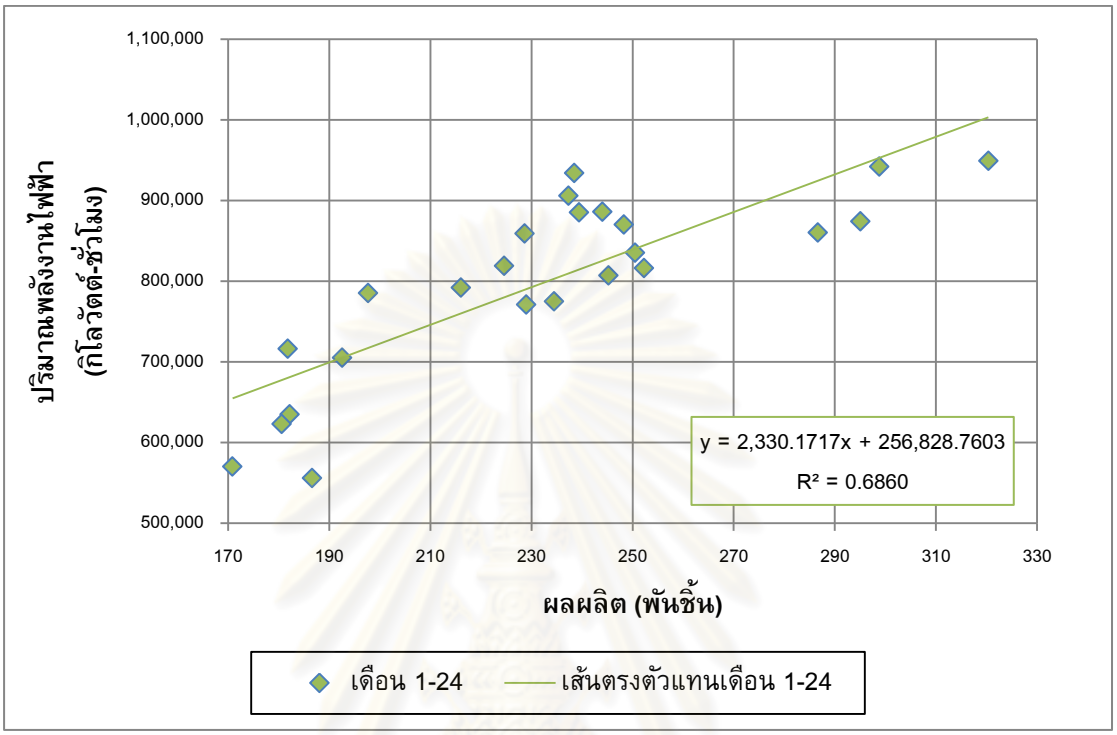
ขั้นตอนที่ 2 นำข้อมูลจากขั้นตอนที่ 1 มาสร้างเป็นแผนภาพการกระจายระหว่างปริมาณการผลิตและปริมาณการใช้พลังงาน ดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 แผนภาพการกระจายแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณการผลิต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นตอนที่ 3 หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการผลิตและปริมาณการใช้พลังงานในรูปแบบสมการเส้นตรง ดังรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 แผนภาพการกระจายแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณการผลิตและสมการความสัมพันธ์

สมการที่ปรากฏในรูปที่ 5.2 เป็นสมการเส้นตรงที่ใช้เป็นตัวแทนของกลุ่มข้อมูล คือ

$$y = 2{,}330.1717x + 256{,}828.7603 \quad \ldots (5.1)$$

เมื่อ y คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ซึ่งแปรตามผลผลิต (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
x คือ ปริมาณผลผลิตรายเดือน (พันชิ้น)

สัมประสิทธิ์หน้าตัวแปร x หมายถึง พลังงานที่ต้องใช้เมื่อทำการผลิตหนึ่งหน่วย (Productive dependent Energy Consumption: PEC) ซึ่งสำหรับสมการนี้ ค่าสัมประสิทธิ์มีค่า 2,330.17 แสดงว่าพลังงานไฟฟ้าที่ต้องใช้เมื่อทำการผลิตหนึ่งหน่วยในช่วงการผลิต 170,880 – 320,370 ชิ้นเท่ากับ 2,330.17 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

ส่วนค่าคงที่ หมายถึง ปริมาณพลังงานที่ใช้ในส่วนที่ไม่ขึ้นกับปริมาณการผลิต (Unproductive Energy Consumption: UEC) ในช่วงการผลิต 170,880 – 320,370 ชิ้น ซึ่งอาจหมายถึงพลังงานที่จำเป็นต้องใช้ เช่น แสงสว่าง ระบบทำความเย็นในคลังสินค้า ฯลฯ และ

พลังงานที่สูญเปล่าโดยไม่มีความจำเป็น เช่น การรั่วของระบบอากาศอัด การเดินเครื่องจักรเปล่า ฯลฯ ซึ่งสำหรับสมการนี้ ค่าคงที่เท่ากับ 256,828.76 หมายถึงค่าพลังงานในส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องกับการผลิตมีค่าคงที่ 256,828.76 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

จากข้อมูลในตารางที่ 5.1 พบว่าปริมาณผลผลิตเฉลี่ยทั้ง 24 เดือน คือ 232.74 พันชิ้น เมื่อนำมาแทนค่าในสมการที่ 5.1 จะได้พลังงานไฟฟ้าหรือค่า y เท่ากับ 798,750.00 กิโลวัตต์-ชั่วโมง เปรียบเทียบกับ UEC แล้ว UEC หรือพลังงานที่ใช้ในส่วนที่ไม่ขึ้นกับปริมาณการผลิตคิดเป็นร้อยละ 32.15 ของการใช้พลังงานทั้งหมด

จากการหาความสัมพันธ์เชิงเส้น ได้ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจหรือ $R^2 = 0.686$ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าข้อมูลมีการกระจายตัวอยู่นอกเส้นแนวโน้มมาก เป็นสัญญาณบ่งบอกว่า ภายในเวลา 24 เดือนที่ผ่านมานั้นมีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการใช้พลังงานในการผลิต

ขั้นตอนที่ 4-6 นำสมการเส้นตรงในขั้นตอน 3 ใช้เป็นสมการฐานอ้างอิง คำนวณปริมาณพลังงานที่ควรจะเป็นจากสมการฐานอ้างอิง จากนั้นคำนวณผลต่างระหว่างพลังงานที่ควรจะเป็น และพลังงานที่ใช้จริง และคำนวณผลต่างสะสม ดังตารางที่ 5.2

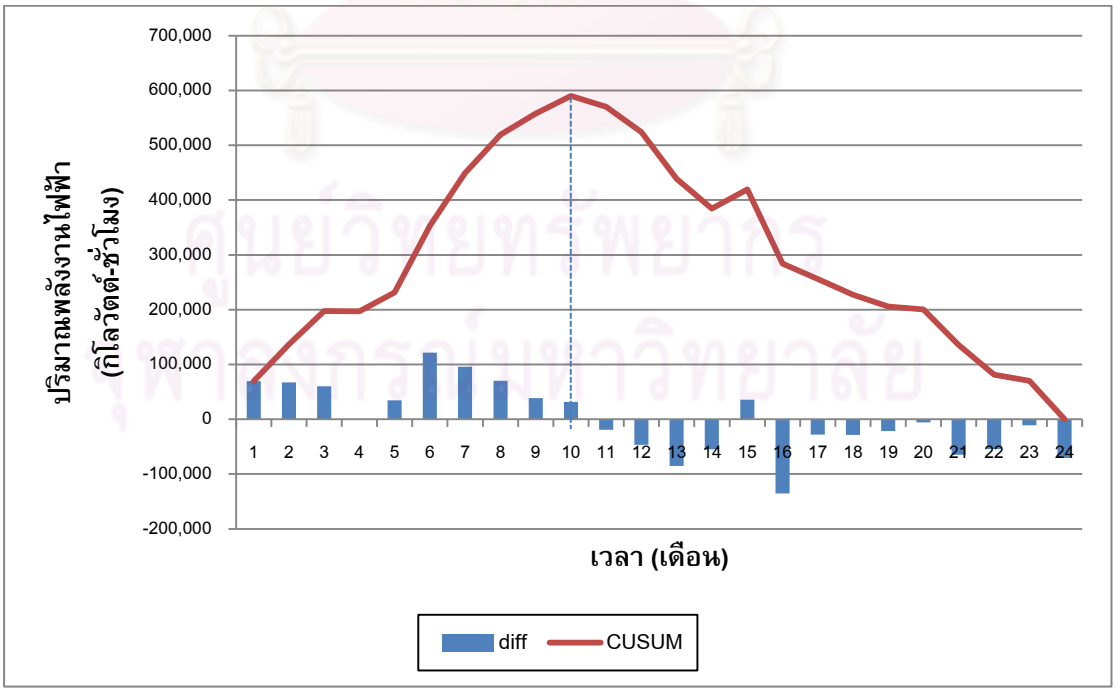
ตารางที่ 5.2 การวิเคราะห์ผลต่าง และผลต่างสะสมจากข้อมูล 24 เดือน

เดือน	ผลผลิต (พันชิ้น)	ปริมาณพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ปริมาณพลังงานที่คำนวณจากเส้นฐาน (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ผลต่าง diff (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ผลต่างสะสม CUSUM (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
1	228.65	859,000	789,622.52	69,377.48	69,377.48
2	197.70	785,000	717,503.71	67,496.29	136,873.78
3	244.03	886,000	825,460.56	60,539.44	197,413.21
4	192.57	705,000	705,549.92	-549.92	196,863.29
5	248.29	870,000	835,387.09	34,612.91	231,476.20
6	238.50	934,000	812,574.71	121,425.29	352,901.49
7	237.34	906,000	809,871.71	96,128.29	449,029.78
8	239.40	885,000	814,671.87	70,328.13	519,357.91
9	224.61	819,000	780,208.63	38,791.37	558,149.29
10	216.05	792,000	760,262.36	31,737.64	589,886.93
11	229.01	771,000	790,461.38	-19,461.38	570,425.55
12	182.22	635,000	681,432.65	-46,432.65	523,992.90
13	170.88	570,000	655,008.50	-85,008.50	438,984.40
14	180.61	623,000	677,681.07	-54,681.07	384,303.33

ตารางที่ 5.2 การวิเคราะห์ผลต่าง และผลต่างสะสมจากข้อมูล 24 เดือน (ต่อ)

เดือน	ผลผลิต (พันชิ้น)	ปริมาณพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ปริมาณพลังงานที่คำนวณจากเส้นฐาน (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ผลต่าง diff (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ผลต่างสะสม CUSUM (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
15	181.81	716,000	680,477.28	35,522.72	419,826.05
16	186.63	556,000	691,708.70	-135,708.70	284,117.35
17	234.46	775,000	803,160.82	-28,160.82	255,956.53
18	252.28	816,000	844,684.48	-28,684.48	227,272.05
19	245.22	807,000	828,233.46	-21,233.46	206,038.59
20	250.52	835,000	840,583.37	-5,583.37	200,455.21
21	286.63	860,000	924,725.87	-64,725.87	135,729.34
22	320.37	949,000	1,003,345.87	-54,345.87	81,383.47
23	298.78	942,000	953,037.46	-11,037.46	70,346.01
24	295.05	874,000	944,345.92	-70,345.92	0.09

ขั้นตอนที่ 7 สร้างแผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมจากข้อมูลผลต่าง และผลต่างสะสมในตารางที่ 5.2 ได้ดังรูปที่ 5.3

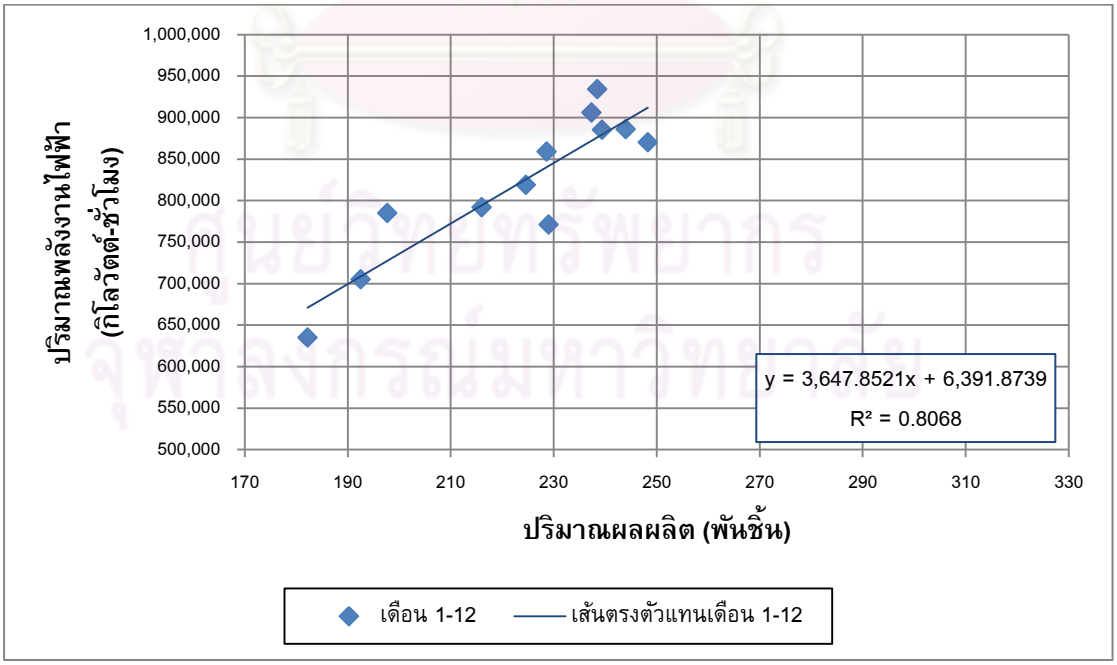


รูปที่ 5.3 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมของข้อมูลในช่วงเวลาต่อเนื่องกัน 24 เดือน

ขั้นตอนที่ 8 ทำการวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงาน และผลประหยัดจากการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานจากแผนภูมิ จากรูปที่ 5.3 จะเห็นได้ชัดว่ามีการเปลี่ยนแปลงครั้งใหญ่เกิดขึ้น ในช่วงเดือนที่ 11-12 สังเกตได้จากความชันของแผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมในช่วงเดือนที่ 1-10 ความชันของกราฟเป็นบวก แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงานต่ำกว่าค่าฐานอ้างอิง และตั้งแต่เดือนที่ 11 เป็นต้นไปเส้นกราฟจะมีความชันเป็นลบ แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่ดีขึ้นเมื่อเทียบกับเส้นฐานอ้างอิง โดยในระหว่างช่วงเดือน 11 ถึง 24 มีความผิดปกติเกิดขึ้นในเดือนที่ 15 เพราะมีปริมาณการใช้พลังงานมากขึ้นอย่างผิดปกติ ซึ่งต้องติดตามหาสาเหตุต่อไป

จากผลการวิเคราะห์เบื้องต้นที่เกิดขึ้นทำให้สามารถวิเคราะห์ต่อได้โดยแยกเป็น 2 แบบ คือ 1. การวิเคราะห์แบบเทียบรายปี (year based) และ 2. การวิเคราะห์แบบเทียบพฤติกรรม (activity based) โดยในทั้ง 2 แบบ จะต้องทำซ้ำตั้งแต่ขั้นตอนที่ 2-8 เพียงแต่เปลี่ยนชุดข้อมูลที่ใช้ในการสร้างสมการฐานอ้างอิง

1. การวิเคราะห์แบบเทียบรายปี (year based) เพื่อเป็นการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงภายใน 1 ปีซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในรายงานประจำปีที่จัดทำขึ้นเพื่อเสนอผู้บริหารในโรงงาน โดยใช้ข้อมูลเดือนที่ 1 – 12 เป็นฐานอ้างอิง นำไปสร้างเป็นแผนภาพการกระจายและสมการความสัมพันธ์ได้ดังแสดงในรูปที่ 5.4

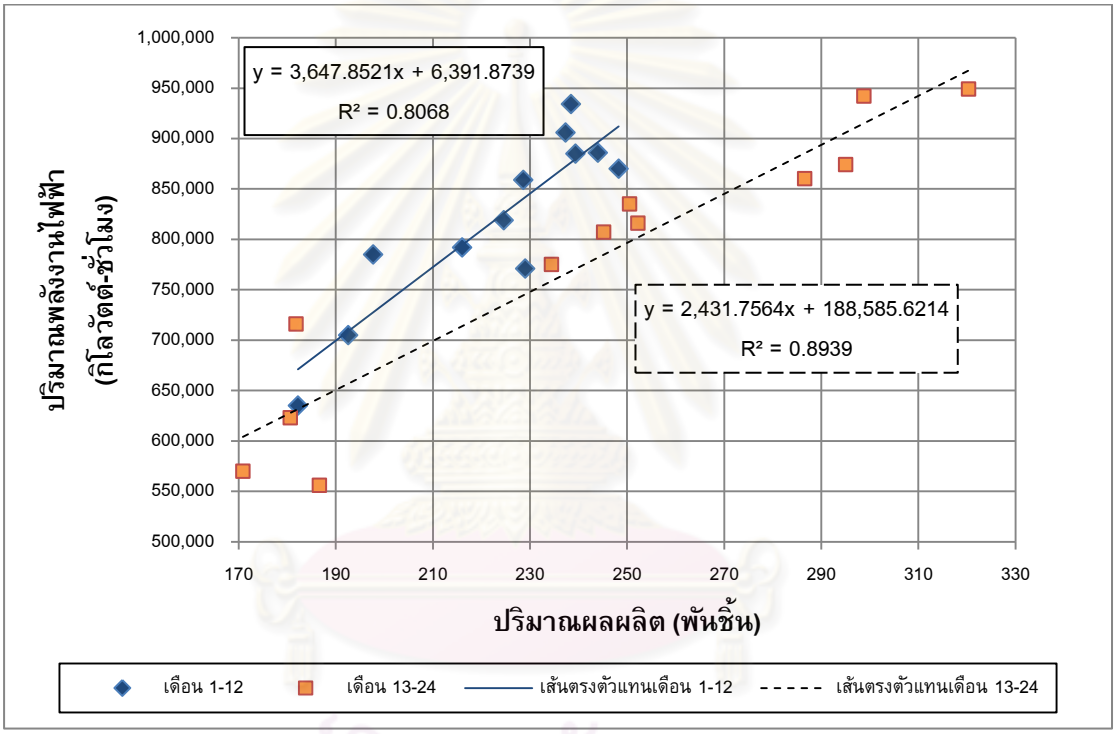


รูปที่ 5.4 แผนภูมิการกระจายระหว่างปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้และปริมาณผลผลิตเดือน 1-12

จะเห็นได้ว่าค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจของข้อมูล 12 เดือนแรกมีค่า R^2 =0.8068 มีค่าสูงกว่า R^2 รวมของ 24 เดือนเนื่องจากข้อมูลมีการกระจายตัวใกล้เส้นฐานอ้างอิงมากกว่า โดยมีสมการเส้นตรงที่ใช้แทนกลุ่มข้อมูลช่วงปีแรก ดังสมการที่ 5.2

$$y = 3{,}647.8521x + 6{,}391.8739 \quad \ldots (5.2)$$

เมื่อทำการนำเอาข้อมูลในช่วงเดือนที่ 13 ถึง 24 มาสร้างแผนภูมิกระจายเพื่อเปรียบเทียบ จะแสดงได้ดัง รูปที่ 5.5



รูปที่ 5.5 แผนภูมิการกระจายระหว่างปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้และปริมาณผลผลิต โดยแยกเป็นรายปี

จากรูปที่ 5.5 แสดงให้เห็นว่าเมื่อเทียบปริมาณพลังงานไฟฟ้าในส่วนที่ขึ้นกับปริมาณการผลิต (PEC) พบว่าในช่วงเดือนที่ 11 ถึง 24 มีปริมาณพลังงานที่ใช้ต่อหน่วยผลผลิตลดลงเมื่อเทียบกับเดือนที่ 1-12 จาก 3647.85 กิโลวัตต์-ชั่วโมง เป็น 2431.76 กิโลวัตต์-ชั่วโมง สมการเส้นตรงตัวแทนข้อมูลเดือนที่ 13 ถึง 24 แสดงในสมการที่ 5.3

$$y = 2{,}431.7564x + 188{,}585.6214 \quad \ldots (5.3)$$

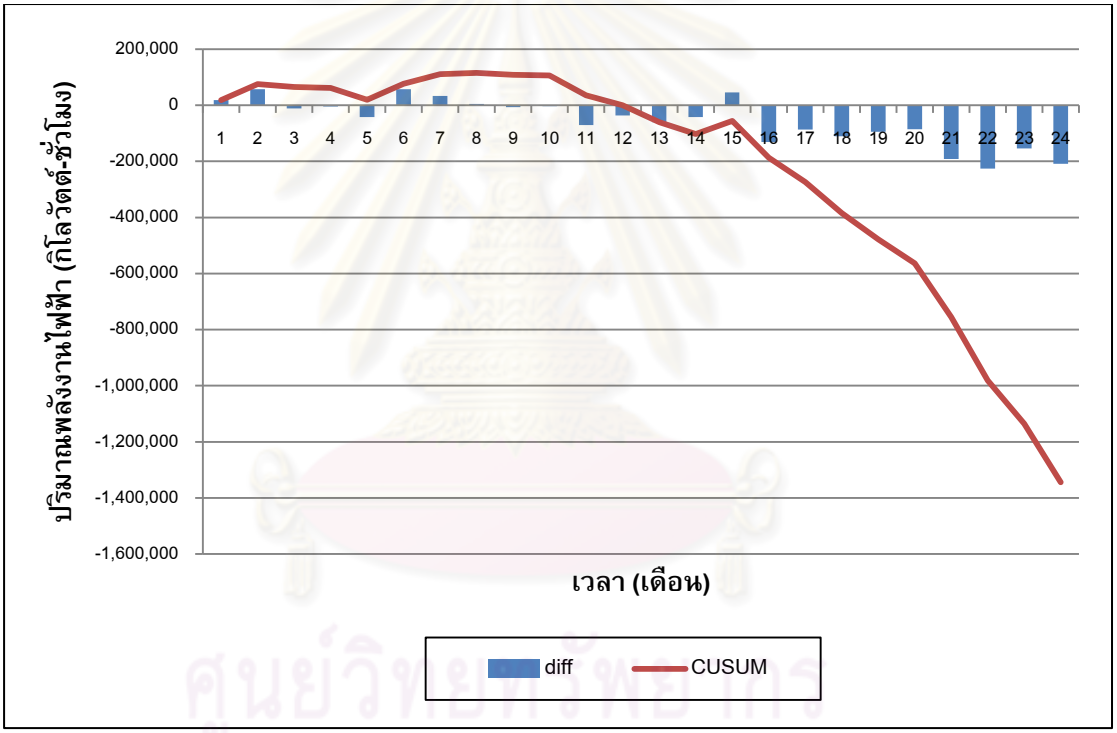
รูปที่ 5.5 แสดงให้เห็นว่าปริมาณการใช้พลังงานกับปริมาณผลผลิตในเดือนที่ 13 - 24 มีการกระจายตัวในรูปแบบที่แคบลง ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในช่วงเดือนที่ 13 - 24 ซึ่งวิเคราะห์ได้จากแผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมโดยใช้สมการที่ 5.2 เป็นเส้นฐานอ้างอิง เนื่องจากต้องการแสดงถึงปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้ในช่วงปีหลัง (เดือน 13 - 24) ข้อมูลการวิเคราะห์และแผนภูมิควบคุมผลรวมสะสม แสดงดัง ตารางที่ 5.3 และรูปที่ 5.6

ตารางที่ 5.3 ข้อมูลการวิเคราะห์ผลต่าง และผลต่างสะสมเทียบกับฐานอ้างอิงแบบรายปี

เดือน	ผลผลิต (พันชิ้น)	ปริมาณพลังงานไฟฟ้า (kWh)	ปริมาณพลังงานที่คำนวณจากเส้นฐาน (kWh)	ผลต่าง diff (kWh)	ผลต่างสะสม CUSUM (kWh)
1	228.65	859,000	840,473.26	18,526.74	18,526.74
2	197.70	785,000	727,572.23	57,427.77	75,954.51
3	244.03	886,000	896,577.22	-10,577.22	65,377.29
4	192.57	705,000	708,858.75	-3,858.75	61,518.53
5	248.29	870,000	912,117.07	-42,117.07	19,401.46
6	238.50	934,000	876,404.60	57,595.40	76,996.86
7	237.34	906,000	872,173.09	33,826.91	110,823.77
8	239.40	885,000	879,687.67	5,312.33	116,136.11
9	224.61	819,000	825,735.93	-6,735.93	109,400.17
10	216.05	792,000	794,510.32	-2,510.32	106,889.85
11	229.01	771,000	841,786.48	-70,786.48	36,103.37
12	182.22	635,000	671,103.48	-36,103.48	-0.12
13	170.88	570,000	629,736.84	-59,736.84	-59,736.96
14	180.61	623,000	665,230.44	-42,230.44	-101,967.40
15	181.81	716,000	669,607.86	46,392.14	-55,575.26
16	186.63	556,000	687,190.51	-131,190.51	-186,765.77
17	234.46	775,000	861,667.28	-86,667.28	-273,433.05
18	252.28	816,000	926,672.00	-110,672.00	-384,105.05
19	245.22	807,000	900,918.17	-93,918.17	-478,023.22
20	250.52	835,000	920,251.78	-85,251.78	-563,275.00

ตารางที่ 5.3 ข้อมูลการวิเคราะห์ผลต่าง และผลต่างสะสมเทียบกับฐานอ้างอิงแบบรายปี (ต่อ)

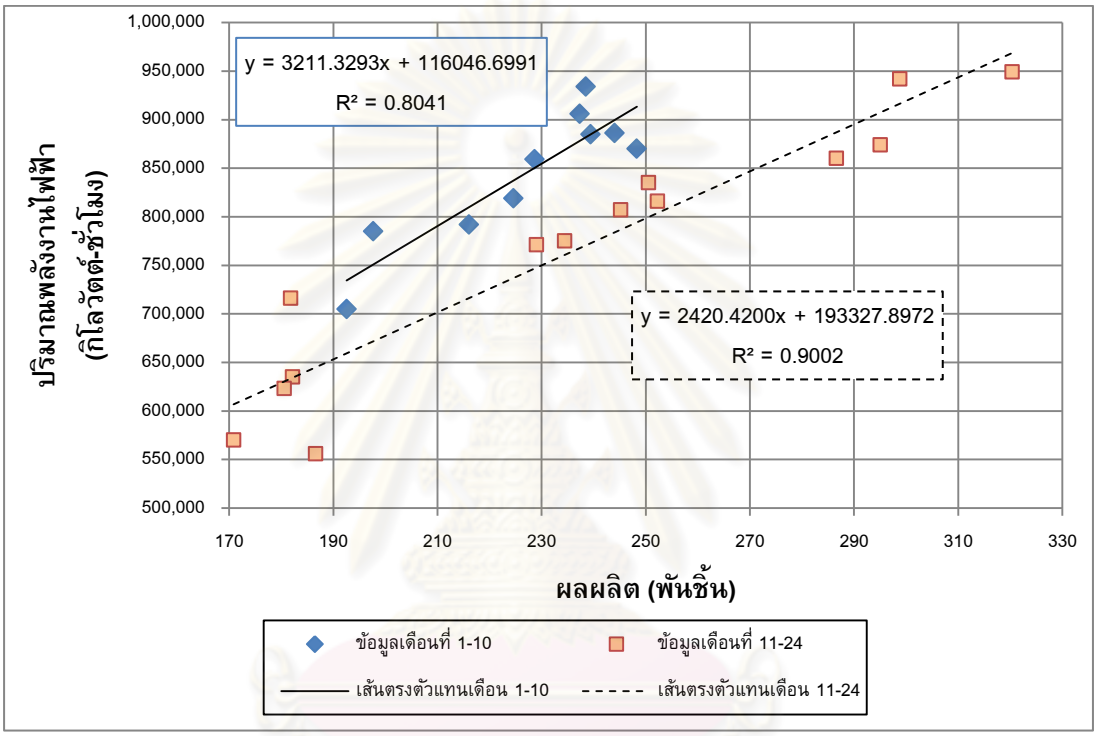
เดือน	ผลผลิต (พันชิ้น)	ปริมาณพลังงานไฟฟ้า (kWh)	ปริมาณพลังงานที่คำนวณจากเส้นฐาน (kWh)	ผลต่าง diff (kWh)	ผลต่างสะสม CUSUM (kWh)
21	286.63	860,000	1,051,975.72	-191,975.72	-755,250.72
22	320.37	949,000	1,175,054.25	-226,054.25	-981,304.97
23	298.78	942,000	1,096,297.12	-154,297.12	-1,135,602.10
24	295.05	874,000	1,082,690.64	-208,690.64	-1,344,292.73



รูปที่ 5.6 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมที่ใช้ 12 เดือนแรกเป็นเส้นฐานอ้างอิง

จากรูปที่ 5.6 พบว่าหลังจากเดือนที่ 12 มีปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่โรงงานสามารถประหยัดได้เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งในเดือนที่ 24 มียอดพลังงานไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้มากกว่า 1,300,000 กิโลวัตต์-ชั่วโมง แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการใช้พลังงานของโรงงานนี้ดีขึ้นเมื่อเทียบกับเส้นฐานอ้างอิง

2. การวิเคราะห์แบบเทียบพฤติกรรม (activity based) เป็นการวิเคราะห์เพื่อให้เห็นถึงผลกระทบที่แท้จริงว่ามีปริมาณการใช้พลังงานในช่วงที่ดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานเป็นอย่างไร โดยจะทำการเลือกข้อมูลในช่วงก่อนทำมาตรการอนุรักษ์พลังงาน อย่างน้อย 6 เดือนมาใช้ในการคำนวณสมการฐานอ้างอิง โดยในที่นี้ใช้ข้อมูลเดือนที่ 1-10 เพื่อสร้างแผนภาพการกระจายและสมการเส้นฐานอ้างอิง เนื่องจากมีการจัดทำมาตรการในเดือนที่ 10 ดังแสดงในรูปที่ 5.7



รูปที่ 5.7 แผนภูมิการกระจายระหว่างปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้และปริมาณผลผลิต โดยแยกข้อมูลเป็นเดือนที่ 1-10 และเดือนที่ 11-24

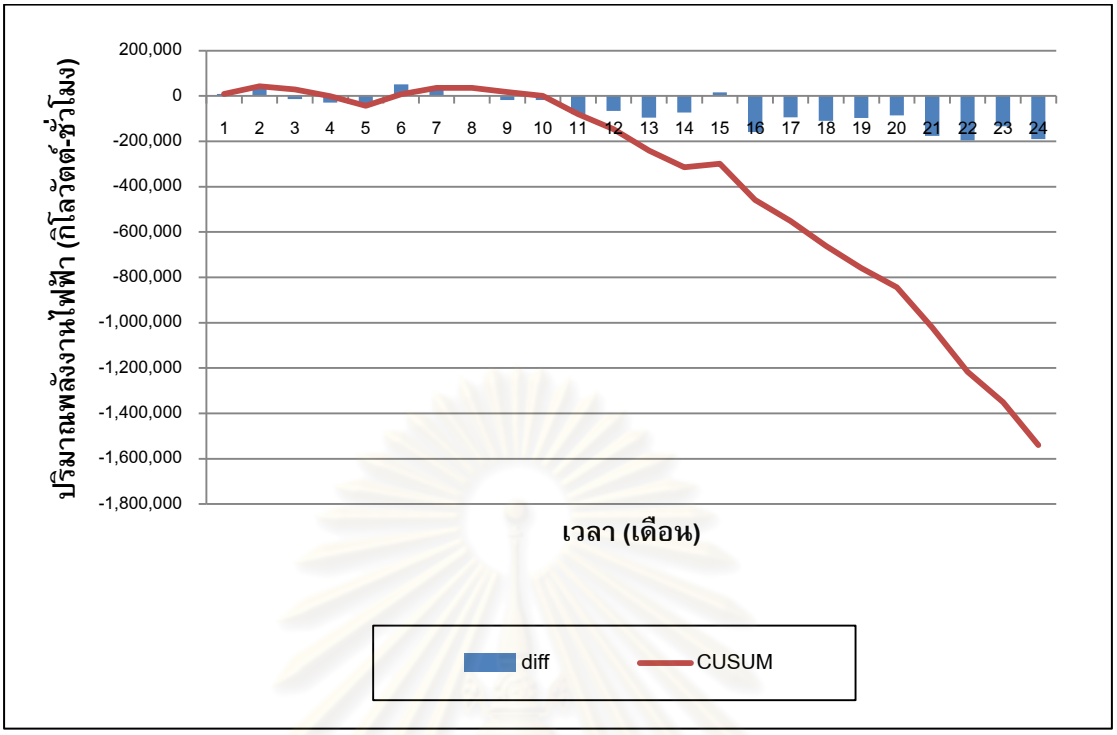
จากรูปที่ 5.7 จะได้สมการความสัมพันธ์ของข้อมูลเดือนที่ 1-10 ดังสมการที่ 5.4 โดยที่มีสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ $R^2 = 0.8041$

$$y = 3{,}211.3293x + 116{,}046.6991 \quad \ldots (5.4)$$

นำสมการที่ 5.4 ไปเป็นสมการเส้นฐานอ้างอิงเพื่อสร้างเป็นแผนภูมิควบคุมผลรวมสะสม โดยรายละเอียดการวิเคราะห์ข้อมูล และแผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมแสดงดังตารางที่ 5.4 และรูปที่ 5.8

ตารางที่ 5.4 ข้อมูลการวิเคราะห์ผลต่าง และผลต่างสะสมเทียบกับฐานอ้างอิงแบบฐานกิจกรรม

เดือน	ผลผลิต (พันชิ้น)	ปริมาณพลังงานไฟฟ้า (kWh)	ปริมาณพลังงานที่คำนวณจากเส้นฐาน (kWh)	ผลต่าง diff (kWh)	ผลต่างสะสม CUSUM (kWh)
1	228.65	859,000	850,317.14	8,682.86	8,682.86
2	197.7	785,000	750,926.50	34,073.50	42,756.35
3	244.03	886,000	899,707.39	-13,707.39	29,048.97
4	192.57	705,000	734,452.38	-29,452.38	-403.42
5	248.29	870,000	913,387.65	-43,387.65	-43,791.07
6	238.5	934,000	881,948.74	52,051.26	8,260.20
7	237.34	906,000	878,223.60	27,776.40	36,036.60
8	239.4	885,000	884,838.93	161.07	36,197.67
9	224.61	819,000	837,343.37	-18,343.37	17,854.29
10	216.05	792,000	809,854.39	-17,854.39	-0.10
11	229.01	771,000	851,473.22	-80,473.22	-80,473.32
12	182.22	635,000	701,215.12	-66,215.12	-146,688.45
13	170.88	570,000	664,798.65	-94,798.65	-241,487.10
14	180.61	623,000	696,044.88	-73,044.88	-314,531.98
15	181.81	716,000	699,898.48	16,101.52	-298,430.46
16	186.63	556,000	715,377.09	-159,377.09	-457,807.55
17	234.46	775,000	868,974.97	-93,974.97	-551,782.51
18	252.28	816,000	926,200.85	-110,200.85	-661,983.37
19	245.22	807,000	903,528.87	-96,528.87	-758,512.24
20	250.52	835,000	920,548.92	-85,548.92	-844,061.15
21	286.63	860,000	1,036,510.02	-176,510.02	-1,020,571.17
22	320.37	949,000	1,144,860.27	-195,860.27	-1,216,431.44
23	298.78	942,000	1,075,527.67	-133,527.67	-1,349,959.10
24	295.05	874,000	1,063,549.41	-189,549.41	-1,539,508.51

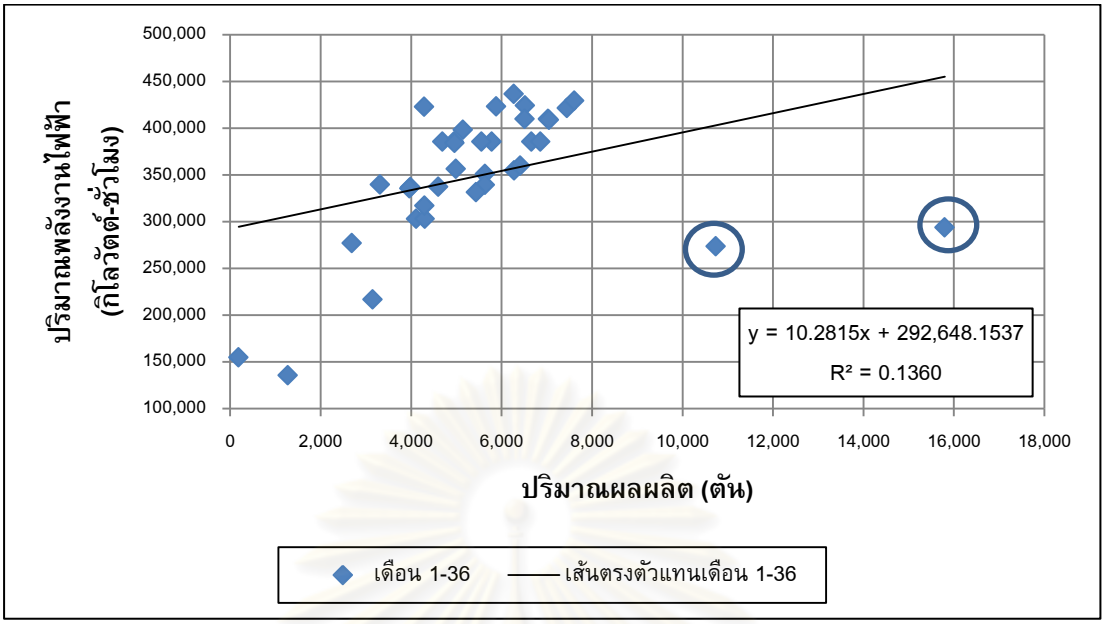


รูปที่ 5.8 แผนภูมิควบคุมสะสมที่ใช้ฐานกิจกรรมเป็นเส้นฐานอ้างอิง (activity based)

จากรูปที่ 5.8 จะแสดงให้เห็นถึงผลประหยัดสะสม ตั้งแต่เริ่มทำกิจกรรมอนุรักษ์พลังงาน โดยเริ่มตั้งแต่เดือนที่ 11 เป็นต้นมา มีผลประหยัดพลังงานไฟฟ้ารวมถึงมากกว่า 1,5000,000 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

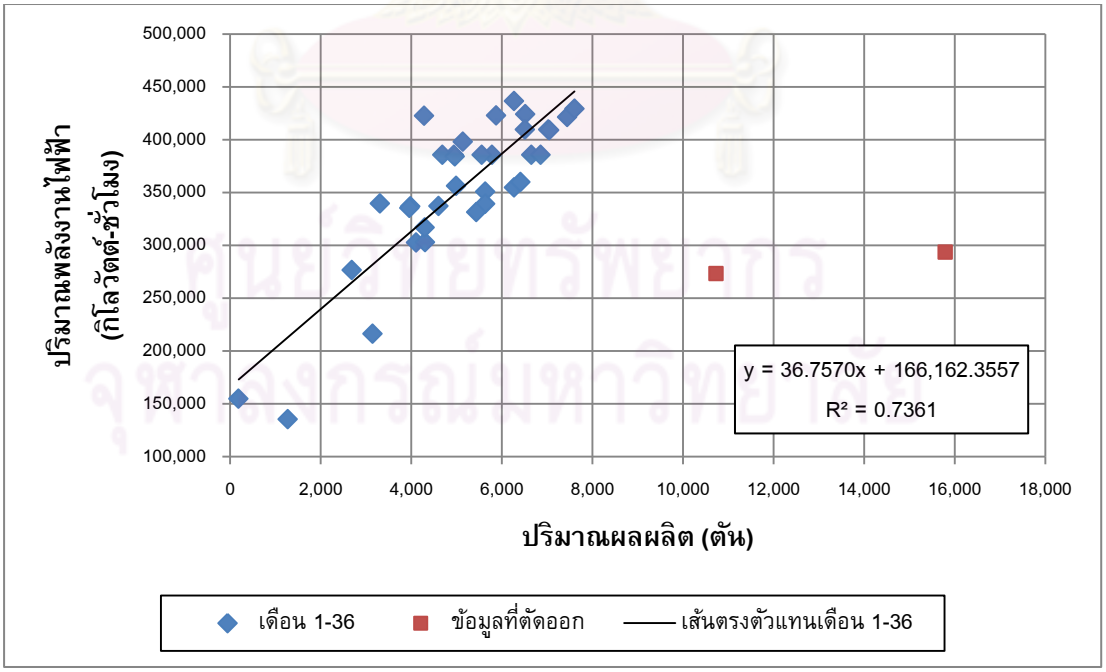
5.1.2 การตัดข้อมูล

ในบางกรณีอาจจำเป็นต้องพิจารณาตัดข้อมูลออกบางเดือน ข้อมูลในเดือนนั้น ๆ ส่งผลกระทบต่อการวิเคราะห์ โดยจุดที่พบในแผนภาพการกระจายมีลักษณะโดดออกจากกลุ่มอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากความผิดพลาดในการบันทึกข้อมูล หรือมีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการใช้พลังงานโดยชั่วคราว เช่น เครื่องจักรเสีย เป็นต้น ตัวอย่างดังเช่น รูปที่ 5.9



รูปที่ 5.9 แผนภาพการกระจายที่มีข้อมูลบางจุดโดดออกจากกลุ่มอย่างชัดเจน

จากรูปที่ 5.9 จะเห็นว่ามีข้อมูล 2 จุดที่โดดออกจากกลุ่มอย่างชัดเจน และค่า R^2 ของสมการเส้นตรงมีค่าเพียง 0.1360 ดังนั้นจึงทำการตัดข้อมูลในเดือนที่ 2 และ 4 ออกจากการคำนวณ ดังรูปที่ 5.10



รูปที่ 5.10 แผนภาพการกระจายที่มีการตัดข้อมูลบางจุดออก

ในรูป 5.10 เมื่อทำการตัดข้อมูลจุดที่คาดว่ามีปัญหาออก 2 จุด พบว่าค่า R^2 เพิ่มขึ้นเป็น 0.7361 และชุดข้อมูลทั้งหมดมีการรวมกลุ่มกันดีมากขึ้น จากนั้นจึงนำสมการที่ได้ไปใช้เป็นสมการฐานอ้างอิงสำหรับการวิเคราะห์แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมต่อไป

5.2 การสรุปผล

หลังจากทำการวิเคราะห์ตามขั้นตอนในหัวข้อ 5.1 เรียบร้อยแล้วจะทำการสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลของแต่ละโรงงานไว้ในรูปแบบตารางดังตารางที่ 5.5

ตาราง 5.5 ตัวอย่างตารางสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล

มีผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้า		ผลประหยัดใกล้เคียงกับที่ประเมินไว้		ความต่างของผลประหยัด	ร้อยละผลประหยัด
ใช่	ไม่ใช่	ใช่	ไม่ใช่		

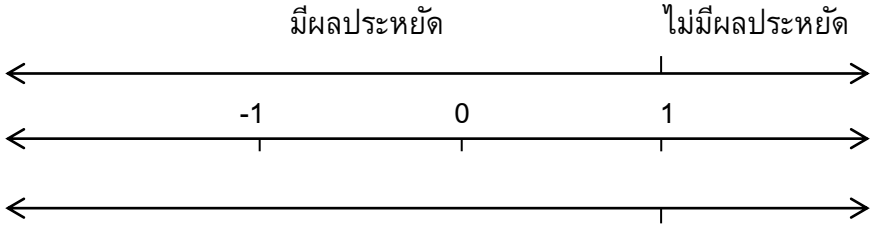
5.2.1 ผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้า จะดูจากแผนภูมิควบคุมผลรวมสะสม (CUSUM chart)

- แผนภูมิมีความชันเป็นลบในช่วงที่ทำมาตรการอนุรักษ์พลังงาน หมายถึง มีผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้า

- ในทางกลับกันหากแผนภูมิมีความชันเป็นบวกในช่วงที่ทำมาตรการอนุรักษ์พลังงาน หมายถึง ไม่มีผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้า

5.2.2 ผลการประหยัดใกล้เคียงกับที่ประเมินไว้ หมายถึง ผลต่างสะสมของแผนภูมิมีตัวเลขที่ใกล้เคียงกับที่ทางโรงงานได้แจ้งเอาไว้ ซึ่งตัวเลขความแตกต่างระหว่างตัวเลขผลประหยัดที่ได้จากแผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมและตัวเลขผลประหยัดที่ทางโรงงานได้แจ้งมาคิดได้จากสมการที่ 5.5

- ความต่างผลประหยัด มีค่า ระหว่าง ±1 หมายถึง มีผลประหยัดใกล้เคียงกับที่ประเมินไว้



รูปที่ 5.11 สรุปความหมายความแตกต่างของผลประหยัด

5.2.3 ความแตกต่างของผลประหยัด คำนวณได้จาก

$$\text{ความแตกต่างของผลประหยัดที่แจ้งและผลประหยัดจาก CUSUM} = \frac{\text{ผลประหยัดที่แจ้ง} - \text{ผลต่างสะสมจากแผนภูมิ}}{\text{ผลประหยัดที่แจ้ง}} \quad \text{... (5.5)}$$

โดยที่ ผลประหยัดที่แจ้ง หมายถึง ผลประหยัดที่ทางโรงงานได้แจ้งไว้ผ่านทาง บพร.1 มีเครื่องหมายเป็น + เสมอ ซึ่งตัวเลขที่แจ้งเป็นผลประหยัดรายปี จะต้องแปลงตัวเลขผลต่างสะสมจากแผนภูมิให้เป็นรายปีก่อน จึงจะนำมาเปรียบเทียบกับผลประหยัดที่แจ้งได้

ผลต่างสะสมจากแผนภูมิ หมายถึง ตัวเลขที่เกิดจากการคำนวณเพื่อนำไปใช้สร้างแผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมโดยจะใช้ผลรวมของผลต่างในช่วงที่มีการจัดทำมาตรการอนุรักษ์พลังงานเท่านั้น โดยที่หากแผนภูมิมีความชันเป็นลบหรือมีผลประหยัด จะให้เครื่องหมายเป็น + และหากแผนภูมิมีความชันเป็นบวกหรือไม่มีผลการประหยัดจะให้เครื่องหมายเป็น –

ผลต่างสะสมจากแผนภูมิสามารถคำนวณได้จาก

1) ในกรณีที่มีการจัดทำมาตรการอนุรักษ์พลังงานรวมกันทั้งสิ้นตั้งแต่ 12 เดือนขึ้นไป ให้ใช้ผลประหยัดที่เกิดขึ้น 12 เดือนสุดท้ายที่ดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

ตัวอย่างเช่น โรงงานแห่งหนึ่งแจ้งผลการอนุรักษ์พลังงานดังตารางที่ 5.6

ตารางที่ 5.6 ตัวอย่างผลการอนุรักษ์พลังงานจากมาตรการอนุรักษ์พลังงานในกรณีที่ 1

มาตรการ	เดือนที่เริ่ม	เดือนที่สิ้นสุด	ระยะเวลา (เดือน)	ผลประหยัดรายปี	
				กิโลวัตต์-ชั่วโมง	บาท
1	10	15	6	9,961	27,890
2	14	24	11	24,695	69,147
			รวม	34,656	97,037

จากตารางที่ 5.6 โรงงานมีการจัดทำมาตรการอนุรักษ์พลังงาน 2 มาตรการ มีช่วงเวลาที่มาตรการครอบคลุมทั้งหมด คือ เดือนที่ 10 – 24 รวม 15 เดือน ในกรณีนี้จะใช้ผลต่างสะสมจากแผนภูมิในเดือนที่ 13 – 24

2) กรณีที่มีระยะเวลาในการจัดทำมาตรการอนุรักษ์พลังงานรวมกันน้อยกว่า 12 เดือน

ตัวอย่างเช่น โรงงานแห่งหนึ่งแจ้งผลการอนุรักษ์พลังงานดังตารางที่ 5.7

ตารางที่ 5.7 ตัวอย่างผลการอนุรักษ์พลังงานจากมาตรการอนุรักษ์พลังงานในกรณีที่ 2

มาตรการ	เดือนที่เริ่ม	เดือนที่สิ้นสุด	ระยะเวลา (เดือน)	ผลประหยัดรายปี	
				กิโลวัตต์-ชั่วโมง	บาท
1	10	18	9	9,961	27,890
			รวม	9,961	9,961

2.1) มีข้อมูลหลังจากช่วงที่จัดทำมาตรการ ให้คิดผลประหยัดตั้งแต่เดือนแรกที่จัดทำมาตรการอนุรักษ์พลังงาน และนับต่อไปให้ครบ 12 เดือน จากตัวอย่างในตารางที่ 5.7 โรงงานมีการจัดทำมาตรการในเดือนที่ 10 – 18 รวม 9 เดือน ในกรณีนี้จะใช้ผลต่างสะสมจากแผนภูมิในเดือนที่ 10 – 21

2.2) ไม่มีข้อมูลหลังจากช่วงที่จัดทำมาตรการ ให้คิดผลประหยัดตั้งแต่เดือนแรกที่จัดทำมาตรการอนุรักษ์พลังงานจนถึงเดือนสุดท้ายแล้วนำผลประหยัดที่ได้ไปทำการเทียบบัญญัติ-ไตรยางศ์ให้เป็น 12 เดือน จากตัวอย่างในตารางที่ 5.7 โรงงานมีการจัดทำมาตรการในเดือนที่ 10 – 18 รวม 9 เดือน ในกรณีนี้จะใช้ผลต่างสะสมจากแผนภูมิในเดือนที่ 10 – 18 แล้วนำไปเทียบบัญญัติไตรยางศ์ให้เป็น 12 เดือน หรือคิดจากสมการที่ 5.6

$$\text{ผลประหยัดจากแผนภูมิรายปี} = \frac{\text{ผลประหยัดจากแผนภูมิในช่วงที่จัดทำมาตรการ} \times 12}{\text{จำนวนเดือนในช่วงที่จัดทำมาตรการ}} \quad \ldots(5.6)$$

และในช่องความต่างของผลประหยัด ให้เขียนตัวเลขที่คำนวณได้จากสมการที่ 5.5 ซึ่งตัวเลขที่คำนวณได้จะมีความหมายดังตารางที่ 5.8

ตารางที่ 5.8 ความหมายของตัวเลขความแตกต่างของผลประหยัด

ผลประหยัดจาก CUSUM	ความแตกต่างของผลประหยัด		
	+	0	-
มีผลประหยัด (ความชันเป็น -)	ผลประหยัดจากการคำนวณ**น้อยกว่า**ผลประหยัดจากมาตรการ	ผลประหยัดจากการคำนวณ**เท่ากับ**ผลประหยัดจากมาตรการ	ผลประหยัดจากการคำนวณ**มากกว่า**ผลประหยัดจากมาตรการ
ไม่มีผลประหยัด (ความชันเป็น +)			

5.2.4 ร้อยละผลประหยัด จะแสดงให้เห็นถึงสัดส่วนระหว่างผลประหยัดที่เกิดขึ้น กับปริมาณพลังงานที่ใช้ต่อปี โดยคำนวณได้จากสมการที่ 5.7

$$\text{ร้อยละผลประหยัด} = \frac{\text{ผลต่างสะสมจากแผนภูมิต่อปี}}{\text{ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อปี}} \times 100 \quad \ldots(5.7)$$

โดยที่ผลต่างสะสมจากแผนภูมิต่อปีสามารถคำนวณได้ตามวิธีการที่ระบุไว้ในข้อ 5.2.3 และปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อปี มีวิธีการคำนวณ ดังนี้

1) มีข้อมูลปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ก่อนทำมาตรการอนุรักษ์พลังงานตั้งแต่ 12 เดือนขึ้นไป ให้ใช้ผลรวมของปริมาณพลังงานไฟฟ้าก่อนทำมาตรการอนุรักษ์พลังงาน 12 เดือน ตัวอย่างเช่น โรงงานแห่งหนึ่งแจ้งผลการอนุรักษ์พลังงานดังตารางที่ 5.9

ตารางที่ 5.9 ตัวอย่างผลการอนุรักษ์พลังงานจากมาตรการอนุรักษ์พลังงานในกรณีที่ 3

มาตรการ	เดือนที่เริ่ม	เดือนที่สิ้นสุด	ระยะเวลา (เดือน)	ผลประหยัดรายปี	
				กิโลวัตต์-ชั่วโมง	บาท
1	14	24	11	23,482	54,387
			รวม	23,482	54,387

จากตัวอย่างในตารางที่ 5.9 โรงงานมีการจัดทำมาตรการในเดือนที่ 14 – 24 รวม 11 เดือน ในกรณีนี้จะใช้ผลรวมของปริมาณพลังงานไฟฟ้าในเดือนที่ 2 – 13

2) มีข้อมูลปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ก่อนทำมาตรการอนุรักษ์พลังงานน้อยกว่า 12 เดือน ให้ใช้ผลรวมของปริมาณพลังงานไฟฟ้าก่อนทำมาตรการอนุรักษ์พลังงานทั้งหมดแล้วนำไปทำการเทียบบัญญัติไตรยางศ์ให้เป็น 12 เดือน ตัวอย่างเช่น โรงงานแห่งหนึ่งแจ้งผลการอนุรักษ์พลังงานดังตารางที่ 5.10

ตารางที่ 5.10 ตัวอย่างผลการอนุรักษ์พลังงานจากมาตรการอนุรักษ์พลังงานในกรณีที่ 4

มาตรการ	เดือนที่เริ่ม	เดือนที่สิ้นสุด	ระยะเวลา (เดือน)	ผลประหยัดรายปี	
				กิโลวัตต์-ชั่วโมง	บาท
1	7	18	12	6,325	39,875
			รวม	6,325	39,875

จากตัวอย่างในตารางที่ 5.10 โรงงานมีการจัดทำมาตรการในเดือนที่ 7 – 18 รวม 12 เดือน ในกรณีนี้จะใช้ผลรวมของปริมาณพลังงานไฟฟ้าในเดือนที่ 1 - 6 แล้วนำไปเทียบบัญญัติไตรยางศ์ให้เป็น 12 เดือน หรือคิดจากสูตรในสมการที่ 5.8

$$\text{ปริมาณพลังงานไฟฟ้ารายปี} = \frac{\text{ผลรวมปริมาณพลังงานไฟฟ้าในช่วงก่อนการจัดทำมาตรการ} \times 12}{\text{จำนวนเดือนที่มีข้อมูลก่อนการจัดทำมาตรการ (} 12\text{)}} \quad \ldots(5.8)$$

5.3 การใช้แผนภูมิควบคุมในการตรวจติดตามการใช้พลังงาน

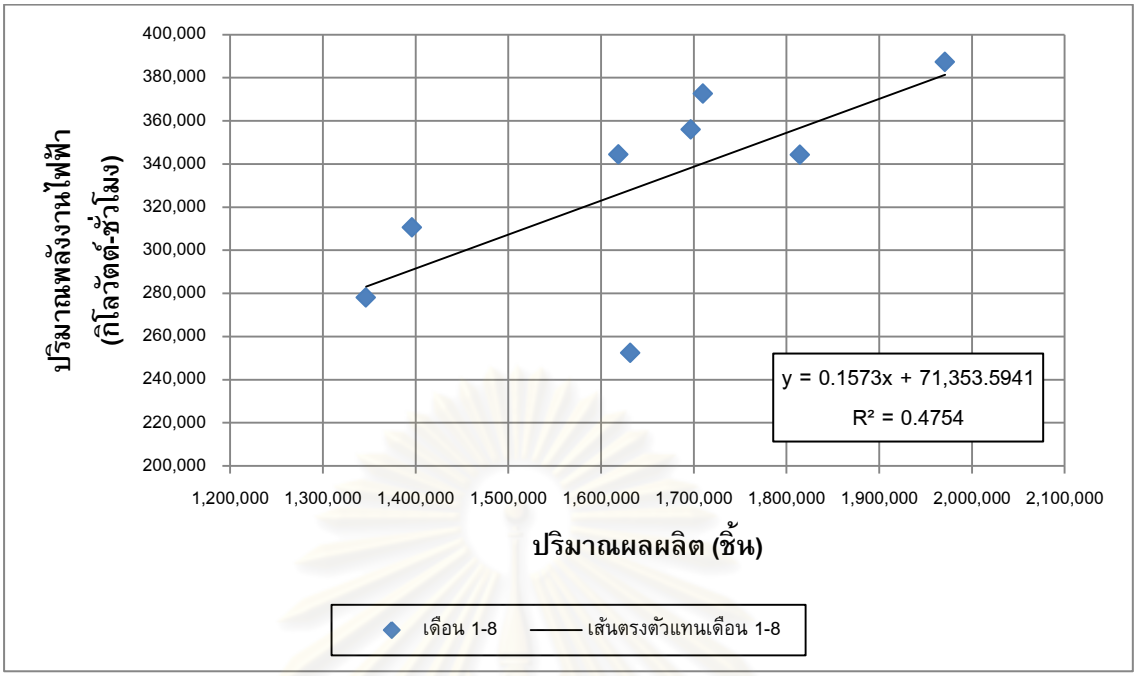
การตรวจติดตามผลการอนุรักษ์พลังงานจากมาตรการอนุรักษ์พลังงานในงานวิจัยนี้เป็นเพียงการทำเอาข้อมูลเก่าที่เก็บบันทึกไว้ มาทำการวิเคราะห์เพื่อเป็นการศึกษาขั้นตอน วิธีการ และแนวทางในการใช้แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมในการตรวจติดตามผลการอนุรักษ์พลังงานเท่านั้น

ในการติดตามผลการอนุรักษ์พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ควรมีการสร้างขอบเขตบน และขอบเขตล่างสำหรับแผนภูมิควบคุม เพื่อที่จะได้ทราบว่าเดือนใดมีพฤติกรรมการใช้พลังงานเบี่ยงเบนออกจากสมการเส้นฐานมากเกินกว่าขอบเขตที่สามารถยอมรับได้ โดยมีวิธีในการสร้างแผนภูมิควบคุมและขอบเขตบน – ขอบเขตล่าง รายละเอียดดังนี้

นำข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณการใช้พลังงานก่อนการจัดทำมาตรการอนุรักษ์พลังงาน ในตารางที่ 5.11 มาสร้างเป็นแผนภาพการกระจายและหาความสัมพันธ์ในรูปแบบสมการเส้นตรงดังรูปที่ 5.12 โดยโรงงานเริ่มจัดทำมาตรการอนุรักษ์พลังงานในเดือนที่ 8

ตารางที่ 5.11 ปริมาณผลผลิตและปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงงานตัวอย่าง

เดือน	ปริมาณผลผลิต (ชิ้น)	ปริมาณพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
1	1,346,431	277,960
2	1,631,417	252,320
3	1,970,957	387,280
4	1,396,196	310,600
5	1,696,807	355,880
6	1,709,818	372,640
7	1,618,736	344,400
8	1,814,563	344,240
9	1,553,794	292,560
10	1,752,065	327,200
11	1,831,702	352,120
12	1,408,157	286,680



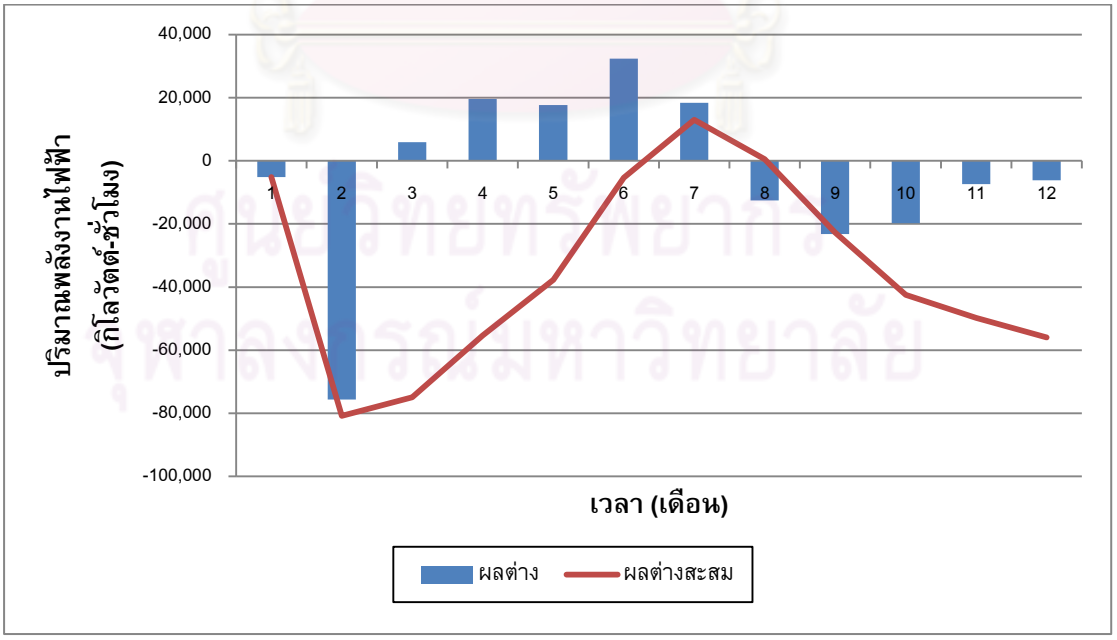
รูปที่ 5.12 แผนภาพการกระจายและเส้นตรงตัวแทนเดือน 1 - 8

จากรูปที่ 5.12 จะเห็นว่าสร้างแผนภาพการกระจายและสมการเส้นตรงโดยใช้ข้อมูลในเดือนที่ 1 - 8 เนื่องจากมีการเริ่มจัดทำมาตรการอนุรักษ์พลังงานในเดือนที่ 8 และจากสมการเส้นตรงความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้ นำไปใช้เป็นสมการเส้นฐาน และทำการคำนวณหาค่าพลังงานที่ควรจะเป็น ผลต่าง และผลต่างสะสม ดังตารางที่ 5.12 จากนั้นสร้างเป็นแผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมได้ดังรูปที่ 5.13

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

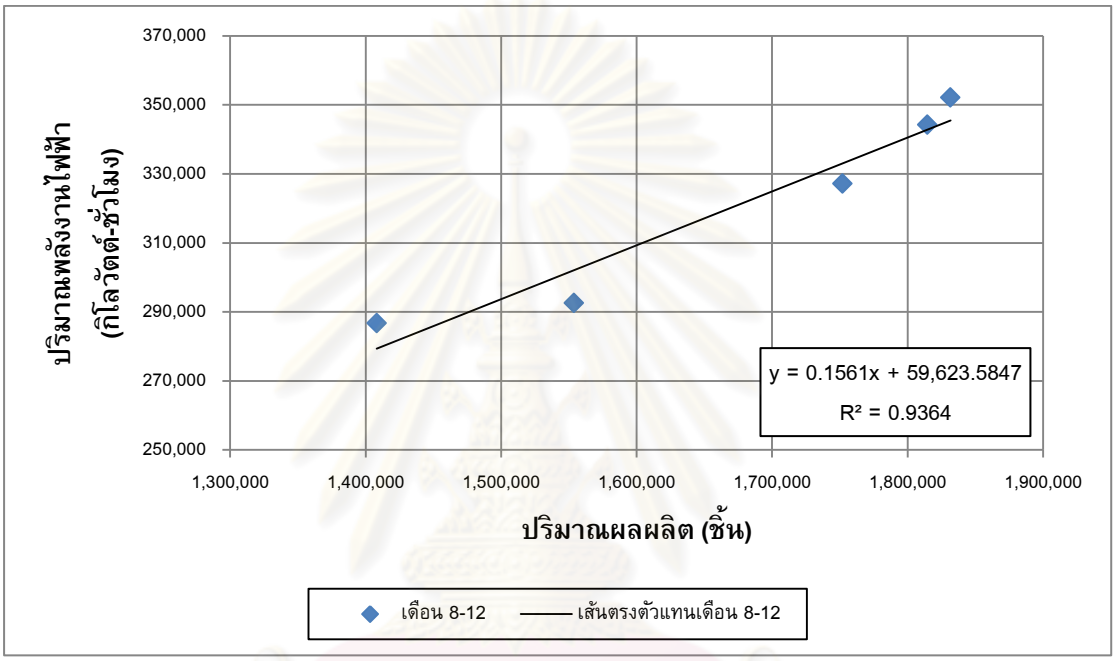
ตารางที่ 5.12 การวิเคราะห์ผลต่าง และผลต่างสะสม จากสมการฐานอ้างอิงเดือน 1 - 8

สมการเส้นฐานอ้างอิง: y = 0.1573x + 71,353.5941					
เดือน	ปริมาณผลผลิต (ชิ้น)	ปริมาณพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ปริมาณพลังงานจากเส้นฐาน (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ผลต่าง diff (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ผลต่างสะสม CUSUM (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
1	1,346,431	277,960	283,147.19	-5,187.19	-5,187.19
2	1,631,417	252,320	327,975.49	-75,655.49	-80,842.68
3	1,970,957	387,280	381,385.13	5,894.87	-74,947.81
4	1,396,196	310,600	290,975.22	19,624.78	-55,323.03
5	1,696,807	355,880	338,261.34	17,618.66	-37,704.37
6	1,709,818	372,640	340,307.97	32,332.03	-5,372.33
7	1,618,736	344,400	325,980.77	18,419.23	13,046.90
8	1,814,563	344,240	356,784.35	-12,544.35	502.54
9	1,553,794	292,560	315,765.39	-23,205.39	-22,702.85
10	1,752,065	327,200	346,953.42	-19,753.42	-42,456.26
11	1,831,702	352,120	359,480.32	-7,360.32	-49,816.58
12	1,408,157	286,680	292,856.69	-6,176.69	-55,993.27



รูปที่ 5.13 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมที่ใช้เดือน 1-8 เป็นฐานอ้างอิง

จากแผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมรูปที่ 5.13 สรุปได้ว่าตั้งแต่เดือนที่ 8 เป็นต้นไปมีผลประหยัดจากมาตรการอนุรักษ์พลังงานจริง และหากต้องการสร้างแผนภูมิควบคุม เพื่อใช้ในการตรวจติดตามผลการอนุรักษ์พลังงานในอนาคตให้อยู่ในรูปแบบที่ง่ายต่อการติดตาม และสามารถแก้ไขได้ทันการหากมีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการใช้พลังงาน สามารถทำได้โดยการนำข้อมูลในเดือนที่ 8 – 12 มาหาความสัมพันธ์ในรูปแบบเส้นตรงเพื่อใช้เป็นสมการเส้นฐาน ดังรูปที่ 5.14 จากนั้นนำไปวิเคราะห์หาผลต่างและผลต่างสะสม ดังแสดงในตารางที่ 5.13



รูปที่ 5.14 แผนภาพการกระจายและเส้นตรงตัวแทนเดือน 8 - 12

ตารางที่ 5.13 การวิเคราะห์ผลต่าง และผลต่างสะสม จากสมการฐานอ้างอิงเดือน 8 - 12

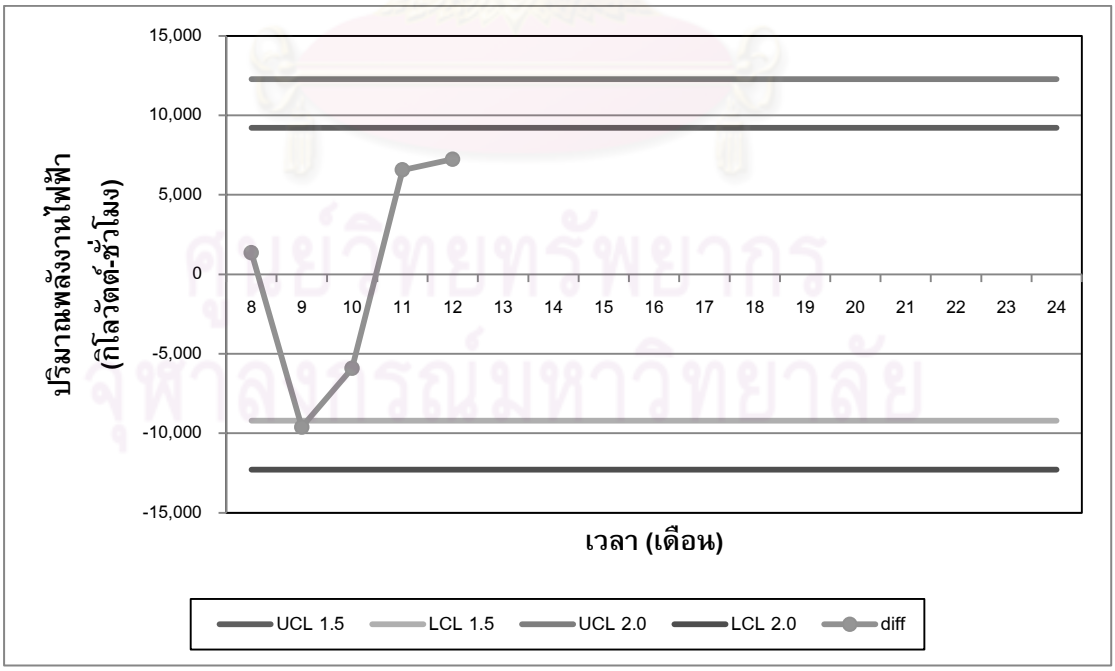
สมการเส้นฐานอ้างอิง: y = 0.1561x + 59,623.5847					
เดือน	ปริมาณผลผลิต (ชิ้น)	ปริมาณพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ปริมาณพลังงานจากเส้นฐาน (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ผลต่าง diff (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ผลต่างสะสม CUSUM (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
8	1,814,563	344,240	342,876.87	1,363.13	1,363.13
9	1,553,794	292,560	302,170.83	-9,610.83	-8,247.70
10	1,752,065	327,200	333,120.93	-5,920.93	-14,168.63
11	1,831,702	352,120	345,552.27	6,567.73	-7,600.90
12	1,408,157	286,680	279,436.89	7,243.11	-357.79
			เฉลี่ย	6,141.15	

จากนั้นนำค่าเฉลี่ยของผลต่างในเดือนที่ 8 – 12 (โดยไม่ต้องคิดเครื่องหมาย) ไปใช้เป็นขอบเขตบน – ขอบเขตล่างของแผนภูมิ โดยเลือกใช้เกณฑ์ค่าควบคุม ±1.5 และ ±2.0 เท่าของค่าเฉลี่ยผลต่าง ดังแสดงในตารางที่ 5.14

ตารางที่ 5.14 ขอบเขตบน และขอบเขตล่างของแผนภูมิควบคุม

ขอบเขต	เกณฑ์ควบคุม	
	1.5 เท่า	**2.0 เท่า**
ขอบเขตบน UCL (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	9,211.7193	12,282.2924
ขอบเขตล่าง LCL (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	-9,211.7193	-12,282.2924

จากข้อมูลที่แสดงดังตารางที่ 5.14 นำไปสร้างเป็นแผนภูมิควบคุมของผลต่าง โดยมีขอบเขตบน และขอบเขตล่างดังแสดงในรูปที่ 5.15 หากผลต่างอยู่เหนือเส้น UCL ต้องทำการหาสาเหตุ พร้อมทำการแก้ไขอย่างเร่งด่วน เนื่องจากมีการใช้พลังงานมากกว่าเส้นฐาน หากผลต่างอยู่ใต้เส้น LCL อย่างต่อเนื่อง หมายถึงมีประสิทธิภาพการใช้พลังงานดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง ให้ทำการพิจารณาความเหมาะสมและคำนวณหาสมการเส้นฐานใหม่ เพื่อการควบคุมประสิทธิภาพในการใช้พลังงานต่อไป



รูปที่ 5.15 แผนภูมิควบคุมโดยใช้ข้อมูลเดือนที่ 8 – 12 เป็นฐานอ้างอิง

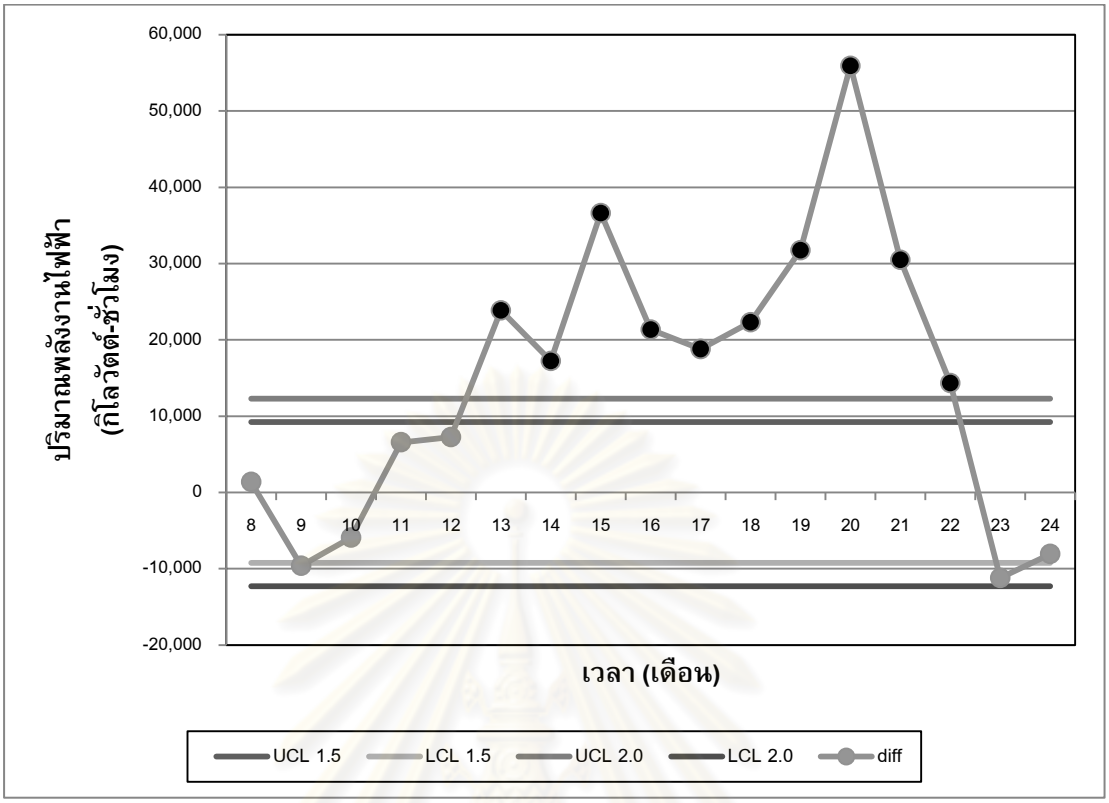
เมื่อได้แผนภูมิควบคุมพร้อมขอบเขตบน และขอบเขตล่าง ดังรูปที่ 5.15 สามารถนำมาใช้ในการติดตามพฤติกรรมการใช้พลังงานเมื่อมีข้อมูลปริมาณผลผลิต และปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในอนาคต โดยใช้สมการเส้นฐานอ้างอิงเดิม (สมการฐานอ้างอิงเดือน 8 – 12)

ข้อมูลปริมาณผลผลิต และปริมาณพลังงานไฟฟ้า เดือนที่ 13 -24 พร้อมทั้งคำนวณผลต่างจากสมการเส้นฐาน แสดงในตารางที่ 5.15

ตารางที่ 5.15 ข้อมูลปริมาณผลผลิต และปริมาณพลังงานไฟฟ้าในเดือนที่ 13 -24

สมการเส้นฐานอ้างอิง: y = 0.1573x + 71,353.5941					
เดือน	ปริมาณผลผลิต (ชิ้น)	ปริมาณพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ปริมาณพลังงานจากเส้นฐาน (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ผลต่าง diff (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ผลต่างสะสม CUSUM (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
13	1,259,906	280,160	256,294.91	23,865.09	23,507.30
14	1,792,241	356,640	339,392.40	17,247.60	40,754.90
15	1,964,757	402,960	366,322.15	36,637.85	77,392.74
16	1,251,559	276,360	254,991.94	21,368.06	98,760.80
17	1,856,263	368,200	349,386.24	18,813.76	117,574.56
18	1,795,859	362,280	339,957.17	22,322.83	139,897.39
19	1,788,386	370,560	338,790.64	31,769.36	171,666.75
20	1,788,386	394,720	338,790.64	55,929.36	227,596.11
21	1,909,758	388,240	357,736.81	30,503.19	258,099.30
22	2,093,674	400,800	386,446.10	14,353.90	272,453.20
23	2,170,357	387,200	398,416.31	-11,216.31	261,236.89
24	1,858,098	341,600	349,672.68	-8,072.68	253,164.21

นำผลต่างที่ได้จากตาราง 5.15 ไปใส่ในแผนภูมิควบคุมที่สร้างไว้ดังรูปที่ 5.16



รูปที่ 5.16 แผนภูมิควบคุมที่มีค่าผลต่างเดือนที่ 8 - 24

จากรูปที่ 5.16 พบว่า ตั้งแต่เดือนที่ 13 - 22 ค่าผลต่างของพลังงานที่ใช้จริงกับค่าพลังงานที่คำนวณได้จากเส้นฐานตกอยู่นอกขอบเขตบนของแผนภูมิควบคุม ซึ่งหมายถึงในช่วงเวลานี้ โรงงานไม่สามารถคงพฤติกรรมการอนุรักษ์พลังงานดังเช่นเดือนที่ 8 – 12

หากในเดือนที่ 13 – 22 ยังมีการดำเนินการตามมาตรการอนุรักษ์พลังงานอย่างต่อเนื่องจากเดือนที่ 12 ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานควรรีบทำการหาสาเหตุที่ทำให้ค่าผลต่างพลังงานที่ใช้จริงและค่าพลังงานที่คำนวณจากเส้นฐานมีความต่างกันมากจนออกนอกขอบเขตบนของแผนภูมิควบคุม จากนั้นรีบทำการแก้ไขให้กลับสู่สภาวะปกติอย่างรวดเร็ว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

6.1 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในบทที่ 6 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ และปริมาณผลผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมกลุ่มตัวอย่างที่ได้ทำการสุ่ม โดยทำการวิเคราะห์โดยแผนภาพการกระจาย (scatter diagram) และแผนภูมิควบคุมผลรวมสะสม (CUSUM chart) และเปรียบเทียบกับการดำเนินการจัดทำมาตรการอนุรักษ์พลังงานที่โรงงานได้ทำการบันทึกเอาไว้

การวิเคราะห์โดยแผนภาพการกระจายและแผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมในงานวิจัยนี้จะทำในภาพรวมของข้อมูลแต่ละโรงงาน และการวิเคราะห์แบบฐานกิจกรรม (activity based) เท่านั้น โดยจะแสดงเพียง 2 ตัวอย่าง สำหรับผลการวิเคราะห์ข้อมูลโรงงานอื่น ๆ จะแสดงไว้ในภาคผนวก

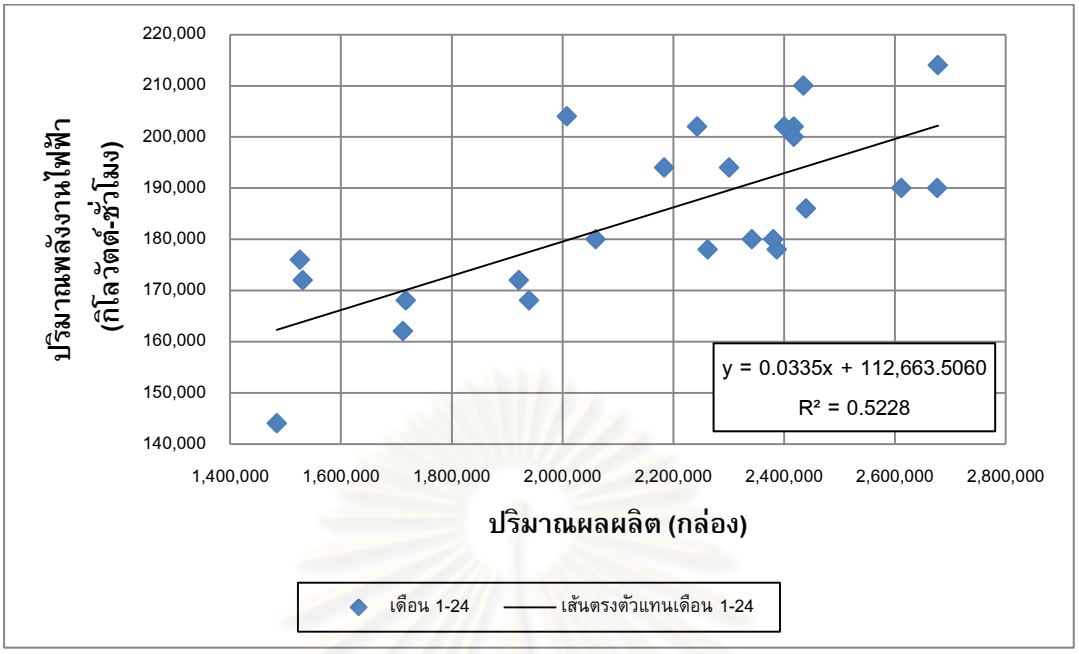
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โรงงานที่ 1

ตารางที่ 6.1 ข้อมูลปริมาณผลผลิต และข้อมูลปริมาณพลังงานไฟฟ้า 24 เดือนของโรงงานที่ 1

เดือน	ปริมาณผลผลิต (กล่อง)	ปริมาณพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	เดือน	ปริมาณผลผลิต (กล่อง)	ปริมาณพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
1	1,531,205	172,000	13	2,387,116	178,000
2	1,525,925	176,000	14	2,341,925	180,000
3	2,008,280	204,000	15	2,417,674	200,000
4	1,712,181	162,000	16	1,940,085	168,000
5	2,060,095	180,000	17	2,300,851	194,000
6	2,183,968	194,000	18	2,676,490	190,000
7	2,243,316	202,000	19	2,611,826	190,000
8	2,677,873	214,000	20	2,439,684	186,000
9	2,434,915	210,000	21	2,380,581	180,000
10	2,417,568	202,000	22	2,262,319	178,000
11	2,400,298	202,000	23	1,921,048	172,000
12	1,717,242	168,000	24	1,484,234	144,000
เฉลี่ย	2,076,072	190,500	เฉลี่ย	2,263,653	180,000
%	100.00	100.00	%	109.04	94.49

จากข้อมูลปริมาณผลผลิต และปริมาณพลังงานไฟฟ้าในตารางที่ 6.1 ข้างต้นนำมาเขียนเป็นแผนภาพการกระจายตัว และหาสมการเชิงเส้นเพื่อเป็นตัวแทนของชุดข้อมูลได้ดังรูปที่ 6.1 จากนั้น ดำเนินการวิเคราะห์หาค่าปริมาณพลังงานจากสมการ1, ผลต่าง1 และผลต่างสะสม1 ดังรายละเอียดในตารางที่ 6.2 และนำข้อมูลไปสร้างเป็นแผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมดังแสดงในรูปที่ 6.2



รูปที่ 6.1 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าของโรงงานที่ 1

ตารางที่ 6.2 การวิเคราะห์ข้อมูลของโรงงานที่ 1

เดือน	ปริมาณผลผลิต (กล่อง)	ปริมาณพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ปริมาณพลังงานที่คำนวณจากเส้นฐาน1 (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ผลต่าง1 (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ผลต่างสะสม1 (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
1	1,531,205	172,000	163,958.87	8,041.13	8,041.13
2	1,525,925	176,000	163,781.99	12,218.01	20,259.13
3	2,008,280	204,000	179,940.89	24,059.11	44,318.25
4	1,712,181	162,000	170,021.57	-8,021.57	36,296.68
5	2,060,095	180,000	181,676.69	-1,676.69	34,619.99
6	2,183,968	194,000	185,826.43	8,173.57	42,793.56
7	2,243,316	202,000	187,814.59	14,185.41	56,978.96
8	2,677,873	214,000	202,372.25	11,627.75	68,606.71
9	2,434,915	210,000	194,233.16	15,766.84	84,373.55
10	2,417,568	202,000	193,652.03	8,347.97	92,721.52
11	2,400,298	202,000	193,073.49	8,926.51	101,648.03
12	1,717,242	168,000	170,191.11	-2,191.11	99,456.92

ตารางที่ 6.2 การวิเคราะห์ข้อมูลของโรงงานที่ 1 (ต่อ)

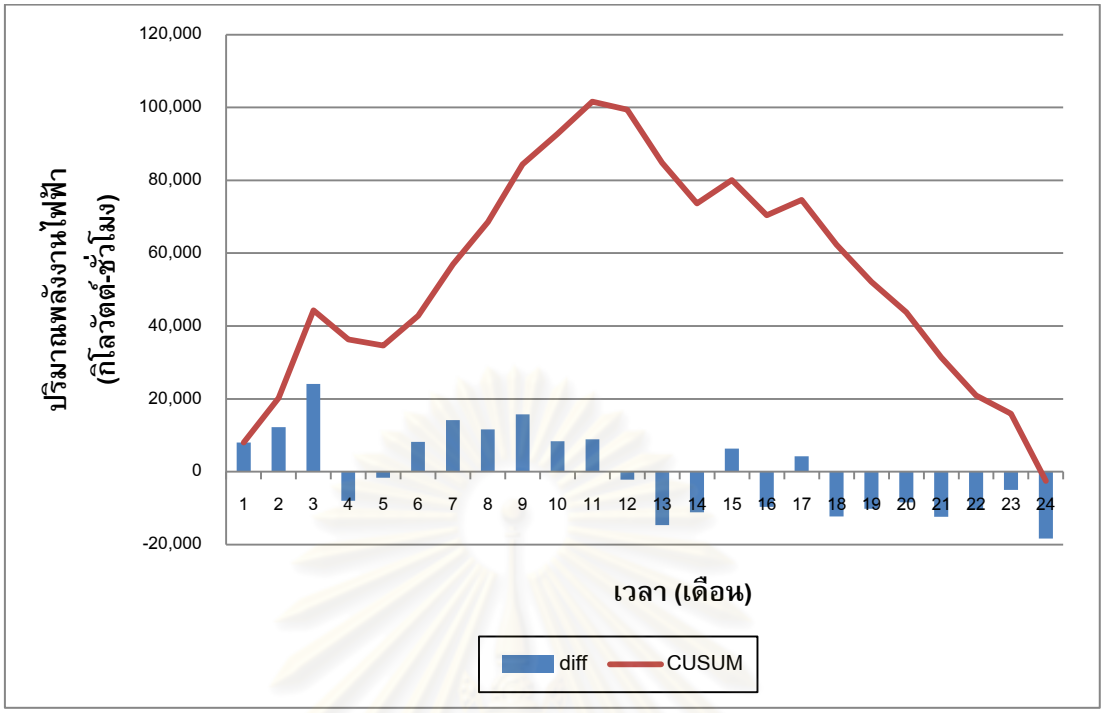
เดือน	ปริมาณผลผลิต (กล่อง)	ปริมาณพลังงานไฟฟ้า กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ปริมาณพลังงานที่คำนวณจากเส้นฐาน1 (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ผลต่าง1 (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ผลต่างสะสม1 (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
13	2,387,116	178,000	192,631.89	-14,631.89	84,825.03
14	2,341,925	180,000	191,117.99	-11,117.99	73,707.03
15	2,417,674	200,000	193,655.59	6,344.42	80,051.45
16	1,940,085	168,000	177,656.35	-9,656.35	70,395.09
17	2,300,851	194,000	189,742.01	4,257.99	74,653.08
18	2,676,490	190,000	202,325.92	-12,325.92	62,327.16
19	2,611,826	190,000	200,159.68	-10,159.68	52,167.48
20	2,439,684	186,000	194,392.92	-8,392.92	43,774.56
21	2,380,581	180,000	192,412.97	-12,412.97	31,361.59
22	2,262,319	178,000	188,451.19	-10,451.19	20,910.40
23	1,921,048	172,000	177,018.61	-5,018.61	15,891.78
24	1,484,234	144,000	162,385.35	-18,385.35	-2,493.56
สมการเส้นฐาน1: y = 0.0335x + 112,663.5060					

สมการเส้นฐาน1 หมายถึง สมการเส้นตรงที่ได้จากเส้นแนวโน้มของแผนภาพการกระจายซึ่งใช้ข้อมูลทั้งหมด

ปริมาณพลังงานที่คำนวณจากเส้นฐาน1 หมายถึง ตัวเลขที่ได้จากการนำเอาปริมาณผลผลิตไปแทนค่าในตัวแปร x ของสมการเส้นฐาน1

ผลต่าง1 หมายถึง ผลต่างระหว่างปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้จริงและปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่คำนวณจากสมการเส้นฐาน1

ผลต่างสะสม1 หมายถึง ผลรวมของผลต่าง1สะสมตั้งแต่เดือนที่ 1 ถึงเดือนที่ 24



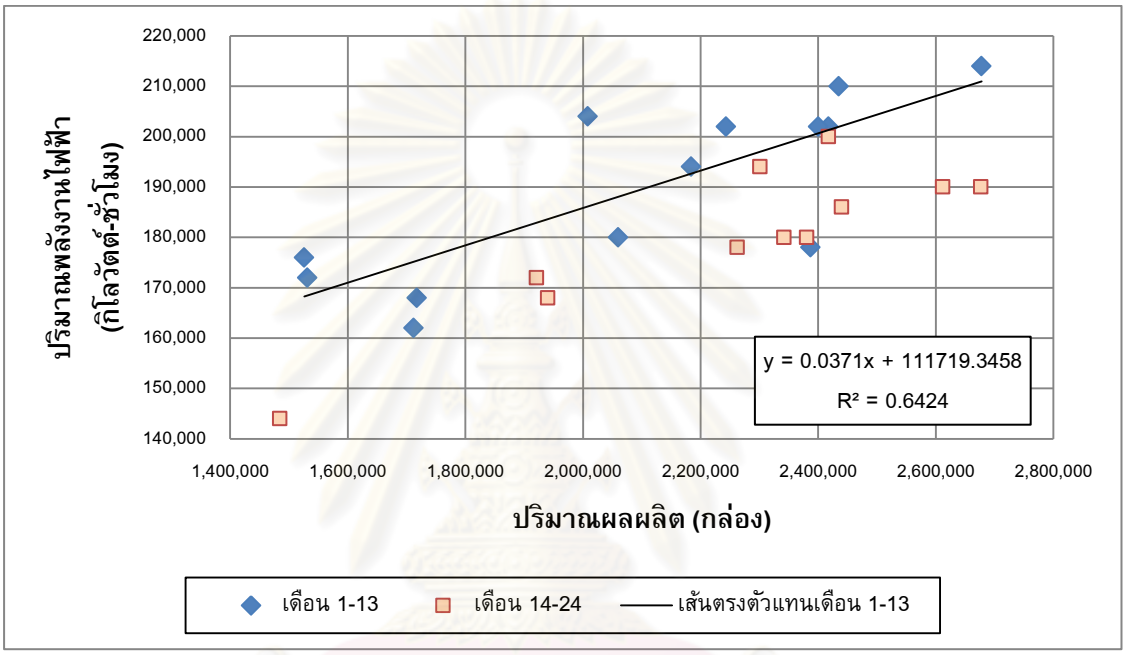
รูปที่ 6.2 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมของโรงงานที่ 1

จากรูปที่ 6.2 จะเห็นว่าแผนภูมิแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือช่วงเดือนที่ 1 – 11 ความชันเป็นบวก และเดือนที่ 12 - 24 ความชันเป็นลบ (ยกเว้นเดือนที่ 15 และ 17) ซึ่งหมายถึงในช่วงนี้มีพฤติกรรมการประหยัดพลังงานเกิดขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการจัดทำมาตรการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานซึ่งแสดงดังตารางที่ 6.3

ตารางที่ 6.3 มาตรการ และช่วงเวลาที่จัดทำมาตรการของโรงงานที่ 1

มาตรการ	เดือนที่เริ่ม	เดือนที่สิ้นสุด	ผลประหยัดต่อปี (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
การลดการรั่วไหลของอากาศอัด	14	20	10,134
บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์	13	17	9,600
การดัดแปลงระบบท่อส่งจ่ายลมอัด	22	23	11,180
การลดการรั่วไหลของอากาศอัด	21	22	56,810
รวม			87,724

จากตารางที่ 6.3 แสดงให้เห็นว่าโรงงานมีช่วงเวลาในการจัดทำมาตรการอนุรักษ์พลังงานตั้งแต่เดือนที่ 13 – 23 จึงดำเนินการวิเคราะห์ต่อโดยใช้การวิเคราะห์แบบฐานกิจกรรม โดยใช้ข้อมูลในเดือนที่ 1 – 13 เป็นฐานอ้างอิงซึ่งสร้างแผนภาพการกระจายและสมการเชิงเส้นตัวแทนข้อมูลได้ดังรูปที่ 6.3 จากนั้น ดำเนินการวิเคราะห์หาค่าปริมาณพลังงานจากสมการ2, ผลต่าง2 และผลต่างสะสม2 ดังรายละเอียดในตารางที่ 6.4 และนำข้อมูลไปสร้างเป็นแผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมดังแสดงในรูปที่ 6.4



รูปที่ 6.3 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 1

ตารางที่ 6.4 การวิเคราะห์ข้อมูลแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 1

เดือน	ปริมาณผลผลิต (กล่อง)	ปริมาณพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ปริมาณพลังงานที่คำนวณจากเส้นฐาน2 (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ผลต่าง2 (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ผลต่างสะสม2 (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
1	1,531,205	172,000	168,527.1	3,472.949	3,472.949
2	1,525,925	176,000	168,331.2	7,668.837	11,141.79
3	2,008,280	204,000	186,226.5	17,773.47	28,915.25
4	1,712,181	162,000	175,241.3	-13,241.3	15,673.99
5	2,060,095	180,000	188,148.9	-8,148.87	7,525.12

ตารางที่ 6.4 การวิเคราะห์ข้อมูลแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 1 (ต่อ)

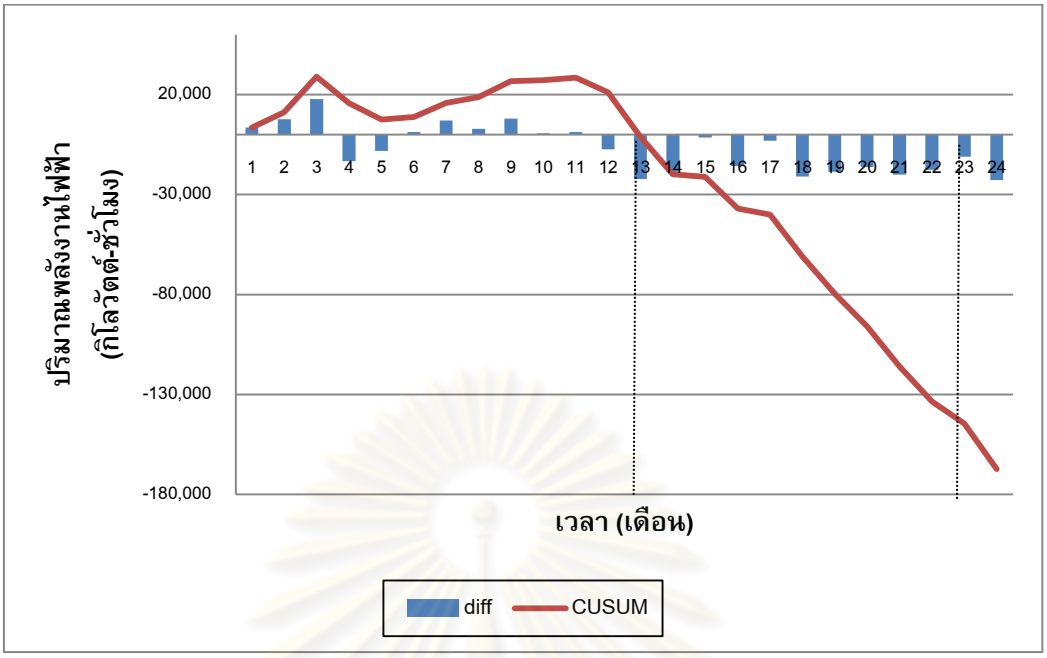
เดือน	ปริมาณผลผลิต (กล่อง)	ปริมาณพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ปริมาณพลังงานที่คำนวณจากเส้นฐาน2 (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ผลต่าง2 (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ผลต่างสะสม2 (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
6	2,183,968	194,000	192,744.6	1,255.441	8,780.562
7	2,243,316	202,000	194,946.4	7,053.631	15,834.19
8	2,677,873	214,000	211,068.4	2,931.566	18,765.76
9	2,434,915	210,000	202,054.7	7,945.308	26,711.07
10	2,417,568	202,000	201,411.1	588.8814	27,299.95
11	2,400,298	202,000	200,770.4	1,229.598	28,529.55
12	1,717,242	168,000	175,429	-7,429.02	21,100.52
13	2,387,116	178,000	200,281.3	-2,2281.3	-1,180.83
14	2,341,925	180,000	198,604.8	-18,604.8	-19,785.6
15	2,417,674	200,000	201,415.1	-1,415.05	-21,200.6
16	1,940,085	168,000	183,696.5	-15,696.5	-36,897.1
17	2,300,851	194,000	197,080.9	-3,080.92	-39,978.1
18	2,676,490	190,000	211,017.1	-21,017.1	-60,995.2
19	2,611,826	190,000	208,618.1	-18,618.1	-79,613.3
20	2,439,684	186,000	202,231.6	-16,231.6	-95,844.9
21	2,380,581	180,000	200,038.9	-20,038.9	-115,884
22	2,262,319	178,000	195,651.4	-17,651.4	-133,535
23	1,921,048	172,000	182,990.2	-10,990.2	-144,525
24	1,484,234	144,000	166,784.4	-22,784.4	-167,310
สมการเส้นฐาน2: y = 0.0371x + 111,719.3458					

สมการเส้นฐาน2 หมายถึง สมการเส้นตรงที่ได้จากเส้นแนวโน้มของแผนภาพการกระจายซึ่งใช้ข้อมูลแบบฐานกิจกรรม

ปริมาณพลังงานที่คำนวณจากเส้นฐาน2 หมายถึง ตัวเลขที่ได้จากการนำเอาปริมาณผลผลิตไปแทนค่าในตัวแปร x ของสมการเส้นฐาน2

ผลต่าง2 หมายถึง ผลต่างระหว่างปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้จริงและปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่คำนวณจากสมการเส้นฐาน2

ผลต่างสะสม2 หมายถึง ผลรวมของผลต่าง2สะสมตั้งแต่เดือนที่ 1 ถึงเดือนที่ 24



รูปที่ 6.4 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 1

จากแผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมแบบฐานกิจกรรมในรูปที่ 6.4 สามารถสรุปได้ว่าตั้งแต่เดือนที่ 13 เป็นต้นมา โรงงานมีประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่ดีขึ้น หรือมีการประหยัดพลังงานเกิดขึ้น โดยมีปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้สะสมเมื่อเทียบกับฐานอ้างอิงประมาณ 144,525 กิโลวัตต์-ชั่วโมง (เดือน 13 – 23)

สรุปผลการวิเคราะห์โรงงานที่ 1 ได้ดังตารางที่ 6.5

ตารางที่ 6.5 สรุปผลการวิเคราะห์ของโรงงานที่ 1

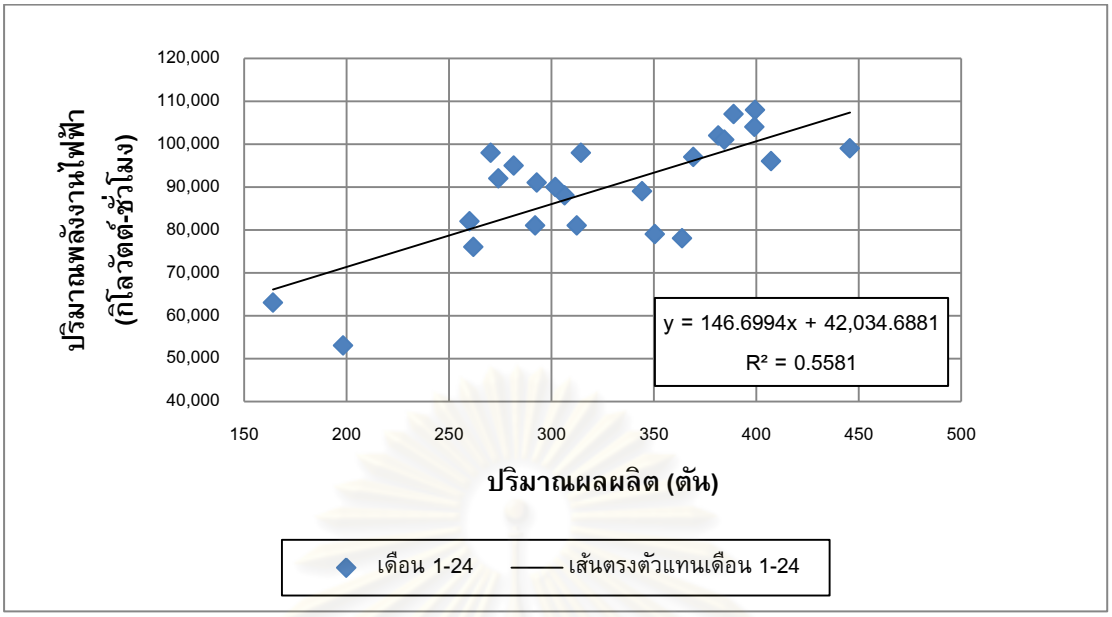
มีผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้า		ผลประหยัดใกล้เคียงกับที่ประเมินไว้		ความต่างของผลประหยัด	ร้อยละของผลประหยัด
ใช่	ไม่ใช่	ใช่	ไม่ใช่		
✓			✓	-1.15	8.24

โรงงานที่ 8

ตารางที่ 6.6 ข้อมูลปริมาณผลผลิต และข้อมูลปริมาณพลังงานไฟฟ้า 24 เดือนของโรงงานที่ 8

เดือน	ปริมาณผลผลิต (ตัน)	ปริมาณพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	เดือน	ปริมาณผลผลิต (ตัน)	ปริมาณพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
1	350.57	79,000	13	198.32	53,000
2	363.75	78,000	14	312.42	81,000
3	388.98	107,000	15	292.12	81,000
4	369.33	97,000	16	261.91	76,000
5	445.76	99,000	17	399.07	104,000
6	399.40	108,000	18	306.42	88,000
7	381.46	102,000	19	302.03	90,000
8	407.30	96,000	20	274.18	92,000
9	384.47	101,000	21	292.95	91,000
10	260.16	82,000	22	270.35	98,000
11	344.24	89,000	23	281.65	95,000
12	164.10	63,000	24	314.38	98,000
เฉลี่ย	354.96	91,750	เฉลี่ย	292.15	87,250
%	100.00	100.00	%	82.31	95.10

จากข้อมูลปริมาณผลผลิต และปริมาณพลังงานไฟฟ้าในตารางที่ 6.6 ข้างต้นนำมาเขียนเป็นแผนภาพการกระจายตัว และหาสมการเชิงเส้นเพื่อเป็นตัวแทนของชุดข้อมูลได้ดังรูปที่ 6.5 จากนั้น ดำเนินการวิเคราะห์หาค่าปริมาณพลังงานจากสมการ1, ผลต่าง1 และผลต่างสะสม1 ดังรายละเอียดในตารางที่ 6.7 และนำข้อมูลไปสร้างเป็นแผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมดังแสดงในรูปที่ 6.6



รูปที่ 6.5 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าของโรงงานที่ 8

ตารางที่ 6.7 การวิเคราะห์ข้อมูลของโรงงานที่ 8

เดือน	ปริมาณผลผลิต (ตัน)	ปริมาณพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ปริมาณพลังงานที่คำนวณจากเส้นฐาน1 (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ผลต่าง1 (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ผลต่างสะสม1 (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
1	350.57	79,000	93,463.10	-14,463.62	-14,463.62
2	363.75	78,000	95,396.59	-17,397.13	-31,860.74
3	388.98	107,000	99,097.82	7,901.63	-23,959.11
4	369.33	97,000	96,215.18	784.29	-23,174.82
5	445.76	99,000	107,427.41	-8,427.99	-31,602.81
6	399.40	108,000	100,626.43	7,373.02	-24,229.79
7	381.46	102,000	97,994.64	4,004.82	-20,224.98
8	407.30	96,000	101,785.35	-5,785.91	-26,010.89
9	384.47	101,000	98,436.21	2,563.25	-23,447.63
10	260.16	82,000	80,200.00	1,799.53	-21,648.11
11	344.24	89,000	92,534.49	-3,535.01	-25,183.11
12	164.10	63,000	66,108.06	-3,108.47	-28,291.58
13	198.32	53,000	71,128.11	-18,128.54	-46,420.13

ตารางที่ 6.7 การวิเคราะห์ข้อมูลของโรงงานที่ 8 (ต่อ)

เดือน	ปริมาณผลผลิต (ตัน)	ปริมาณพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ปริมาณพลังงานที่คำนวณจากเส้นฐาน1 (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ผลต่าง1 (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ผลต่างสะสม1 (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
14	312.42	81,000	87,866.51	-6,867.01	-53,287.14
15	292.12	81,000	84,888.52	-3,889.00	-57,176.15
16	261.91	76,000	80,456.73	-4,457.20	-61,633.34
17	399.07	104,000	100,578.02	3,421.43	-58,211.91
18	306.42	88,000	86,986.32	1,013.19	-57,198.73
19	302.03	90,000	86,342.31	3,657.20	-53,541.53
20	274.18	92,000	82,256.73	9,742.79	-43,798.73
21	292.95	91,000	85,010.28	5,989.24	-37,809.50
22	270.35	98,000	81,694.87	16,304.66	-21,504.84
23	281.65	95,000	83,352.57	11,646.95	-9,857.90
24	314.38	98,000	88,154.05	9,845.45	-12.44
สมการเส้นฐาน1: y = 146.6994x + 42,034.6881					

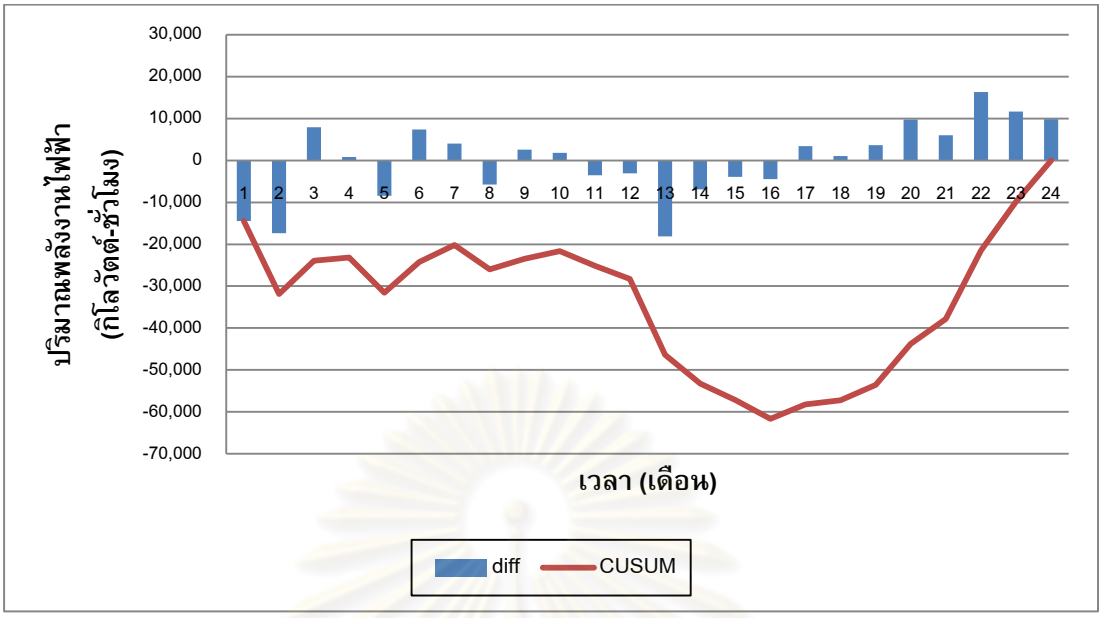
สมการเส้นฐาน1 หมายถึง สมการเส้นตรงที่ได้จากเส้นแนวโน้มของแผนภาพการกระจายซึ่งใช้ข้อมูลทั้งหมด

ปริมาณพลังงานที่คำนวณจากเส้นฐาน1 หมายถึง ตัวเลขที่ได้จากการนำเอาปริมาณผลผลิตไปแทนค่าในตัวแปร x ของสมการเส้นฐาน1

ผลต่าง1 หมายถึง ผลต่างระหว่างปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้จริงและปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่คำนวณจากสมการเส้นฐาน1

ผลต่างสะสม1 หมายถึง ผลรวมของผลต่าง1สะสมตั้งแต่เดือนที่ 1 ถึงเดือนที่ 24

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



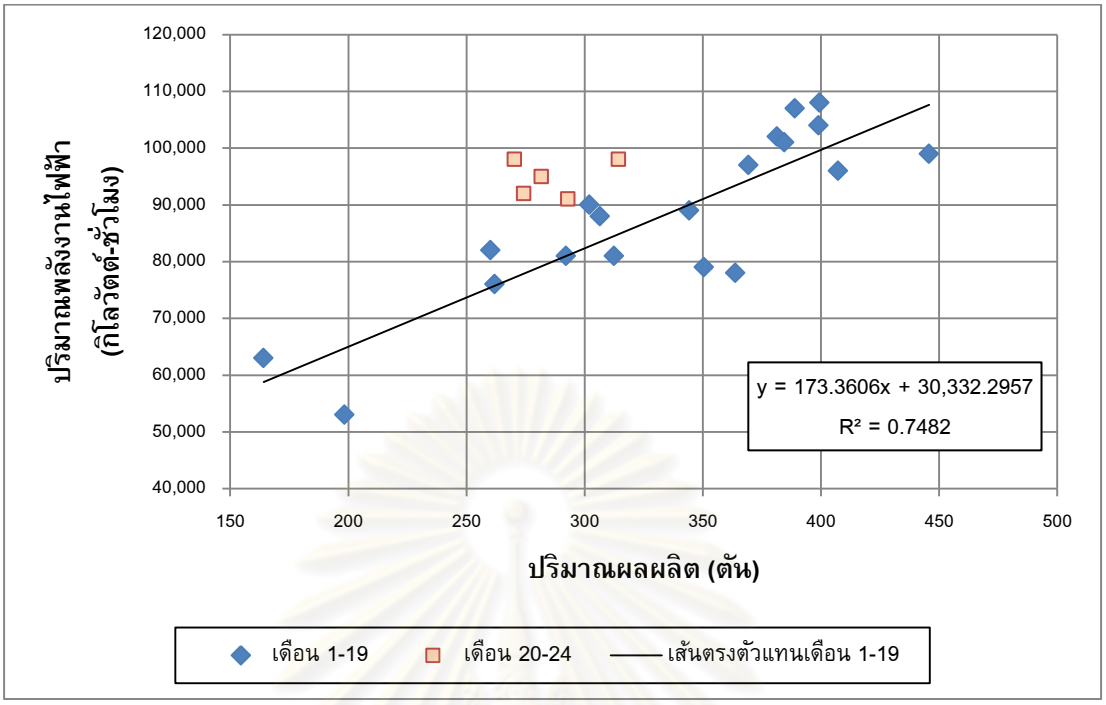
รูปที่ 6.6 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมของโรงงานที่ 8

จากรูปที่ 6.6 จะเห็นว่าแผนภูมิแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือช่วงเดือนที่ 1 – 12 ความชันจะขยับขึ้นลงในช่วงแคบๆ และเดือนที่ 12 - 16 ความชันเป็นลบ และความชันกลับเป็นบวกในช่วงเดือนที่ 17 - 24 มาตรการอนุรักษ์พลังงานที่โรงงานได้จัดทำแสดงดังตารางที่ 6.8

ตารางที่ 6.8 มาตรการ และช่วงเวลาที่จัดทำมาตรการของโรงงานที่ 8

มาตรการ	เดือนที่เริ่ม	เดือนที่สิ้นสุด	ผลประหยัดต่อปี (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
การควบคุมระดับความดันของระบบอากาศอัด	19	24	12,063
รวม			12,063

จากตารางที่ 6.8 แสดงให้เห็นว่าโรงงานมีช่วงเวลาในการจัดทำมาตรการอนุรักษ์พลังงานตั้งแต่เดือนที่ 19 - 24 จึงดำเนินการวิเคราะห์ต่อโดยใช้การวิเคราะห์แบบฐานกิจกรรม โดยใช้ข้อมูลในเดือนที่ 1 – 19 เป็นฐานอ้างอิงซึ่งสร้างแผนภาพการกระจายและสมการเชิงเส้นตัวแทนข้อมูลได้ดังรูปที่ 6.7 จากนั้น ดำเนินการวิเคราะห์หาค่าปริมาณพลังงานจากสมการ2, ผลต่าง2 และผลต่างสะสม2 ดังรายละเอียดในตารางที่ 6.9 และนำข้อมูลไปสร้างเป็นแผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมดังแสดงในรูปที่ 6.8



รูปที่ 6.7 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 8

ตารางที่ 6.9 การวิเคราะห์ข้อมูลแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 8

เดือน	ปริมาณผลผลิต (ตัน)	ปริมาณพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ปริมาณพลังงานที่คำนวณจากเส้นฐาน2 (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ผลต่าง2 (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ผลต่างสะสม2 (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
1	350.57	79,000	91,107.32	-12,107.32	-12,107.32
2	363.75	78,000	93,392.21	-15,392.21	-27,499.54
3	388.98	107,000	97,766.10	9,233.90	-18,265.64
4	369.33	97,000	94,359.57	2,640.43	-15,625.20
5	445.76	99,000	107,609.52	-8,609.52	-24,234.72
6	399.40	108,000	99,572.52	8,427.48	-15,807.24
7	381.46	102,000	96,462.43	5,537.57	-10,269.67
8	407.30	96,000	100,942.07	-4,942.07	-15,211.74
9	384.47	101,000	96,984.25	4,015.75	-11,195.98
10	260.16	82,000	75,433.79	6,566.21	-4,629.77

ตารางที่ 6.9 การวิเคราะห์ข้อมูลแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 8 (ต่อ)

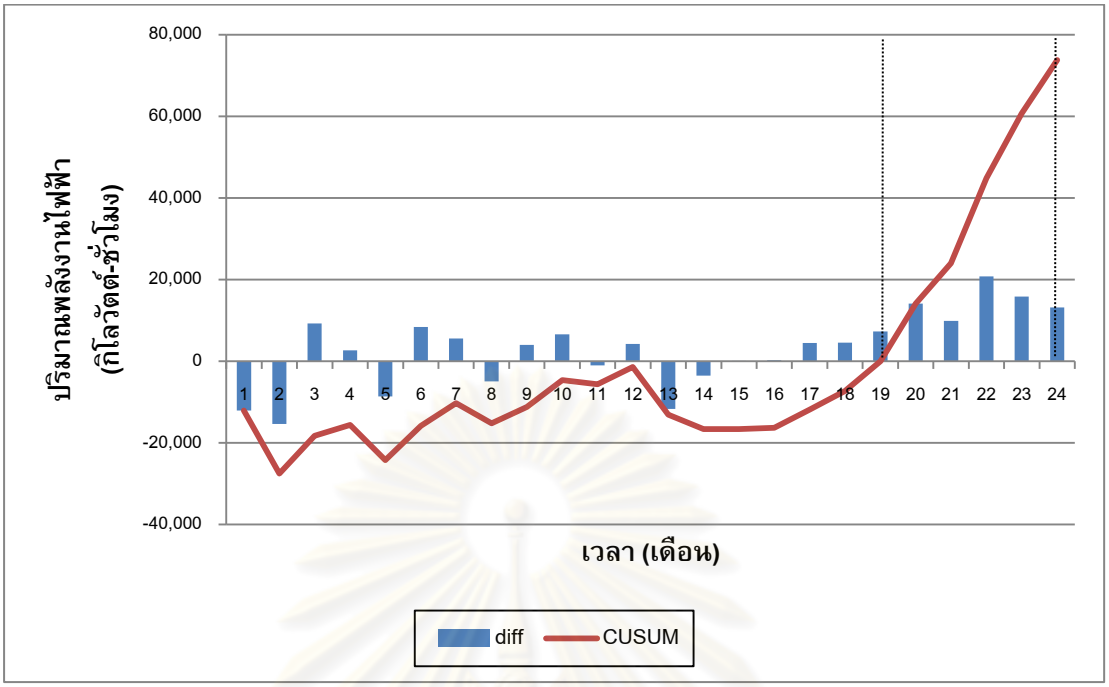
เดือน	ปริมาณผลผลิต (ตัน)	ปริมาณพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ปริมาณพลังงานที่คำนวณจากเส้นฐาน2 (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ผลต่าง2 (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ผลต่างสะสม2 (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
11	344.24	89,000	90,009.95	-1,009.95	-5,639.72
12	164.10	63,000	58,780.77	4,219.23	-1,420.49
13	198.32	53,000	64,713.17	-11,713.17	-13,133.66
14	312.42	81,000	84,493.61	-3,493.61	-16,627.28
15	292.12	81,000	80,974.39	25.61	-16,601.67
16	261.91	76,000	75,737.17	262.83	-16,338.84
17	399.07	104,000	99,515.31	4,484.69	-11,854.15
18	306.42	88,000	83,453.45	4,546.55	-7,307.60
19	302.03	90,000	82,692.40	7,307.60	0.00
20	274.18	92,000	77,864.31	14,135.69	14,135.70
21	292.95	91,000	81,118.28	9,881.72	24,017.41
22	270.35	98,000	77,200.33	20,799.67	44,817.08
23	281.65	95,000	79,159.31	15,840.69	60,657.77
24	314.38	98,000	84,833.40	13,166.60	73,824.37
สมการเส้นฐาน2: y = 173.3606x + 30,332.2957					

สมการเส้นฐาน2 หมายถึง สมการเส้นตรงที่ได้จากเส้นแนวโน้มของแผนภาพการกระจายซึ่งใช้ข้อมูลแบบฐานกิจกรรม

ปริมาณพลังงานที่คำนวณจากเส้นฐาน2 หมายถึง ตัวเลขที่ได้จากการนำเอาปริมาณผลผลิตไปแทนค่าในตัวแปร x ของสมการเส้นฐาน2

ผลต่าง2 หมายถึง ผลต่างระหว่างปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้จริงและปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่คำนวณจากสมการเส้นฐาน2

ผลต่างสะสม2 หมายถึง ผลรวมของผลต่าง2สะสมตั้งแต่เดือนที่ 1 ถึงเดือนที่ 24



รูปที่ 6.8 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 8

จากแผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมแบบฐานกิจกรรมในรูปที่ 6.8 สามารถสรุปได้ว่าตั้งแต่เดือนที่ 19 เป็นต้นมา โรงงานมีประสิทธิภาพการใช้พลังงานต่ำลง หรือมีการใช้พลังงานสิ้นเปลืองมากกว่าปกติเกิดขึ้น โดยสูญสิ้นพลังงานไปประมาณ 73,824 กิโลวัตต์-ชั่วโมง (เดือน 19 – 24)

สรุปผลการวิเคราะห์โรงงานที่ 8 ได้ดังตารางที่ 6.10

ตารางที่ 6.10 สรุปผลการวิเคราะห์ของโรงงานที่ 8

มีผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้า		ผลประหยัดใกล้เคียงกับที่ประเมินไว้		ความต่างของผลประหยัด	ร้อยละของผลประหยัด
ใช่	ไม่ใช่	ใช่	ไม่ใช่		
	✓		✓	7.41	-

6.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการวิเคราะห์ข้อมูลของโรงงานทั้งสิ้น จำนวน 34 โรงงาน มีรายละเอียดดังตารางที่ 6.11

ตารางที่ 6.11 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั้ง 34 โรงงาน

โรงงานที่	ช่วงข้อมูล (เดือน)	จำนวนมาตรการ	มีผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้า		ผลประหยัดใกล้เคียงกับที่ประเมินไว้		ความต่างของผลประหยัด	ร้อยละผลประหยัดจาก CUSUM
			ใช่	ไม่ใช่	ใช่	ไม่ใช่		
1	24	4	/			/	-1.15	8.24
2	24	3		/		/	3.28	-
3	36	1	/		/		0.45	3.33
4	36	4	/			/	-3.74	12.14
5	36	3	/			/	-77.82	2.08
6	36	3		/		/	1.72	-
7	18	2	/			/	-29.87	2.25
8	24	1		/		/	7.24	-
9	18	1	/			/	-12.34	9.99
10	24	7		/		/	1.25	-
11	24	5		/		/	1.78	-
12	24	1		/		/	3.71	-
13	24	1		/		/	1.21	-
14	24	1	/		/		-0.10	0.71
15	24	2	/			/	-21.89	5.57
16	36	2	/			/	-45.89	2.01
17	18	3	/		/		0.15	4.83
18	24	2	/			/	-607.54	10.09
19	18	2	/			/	-22.34	11.34
20	18	2		/			21.09	-

ตารางที่ 6.11 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั้ง 34 โรงงาน (ต่อ)

โรงงานที่	ช่วงข้อมูล (เดือน)	จำนวนมาตรการ	มีผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้า		ผลประหยัดใกล้เคียงกับที่ประเมินไว้		ความต่างของผลประหยัด	ร้อยละผลประหยัดจาก CUSUM
			ใช่	ไม่ใช่	ใช่	ไม่ใช่		
21	36	3		/			2.12	-
22	30	1	/			/	-65.63	23.85
23	30	1	/			/	-52.57	13.64
24	24	2	/		/		0.57	2.26
25	18	2	/			/	-6.26	7.11
26	18	2		/		/	1.79	-
27	24	2		/		/	15.91	-
28	18	1		/		/	21.57	-
29	24	2	/			/	-1.73	10.88
30	18	1		/			305.34	-
31	24	1	/			/	-187.89	6.63
32	30	2	/		/		0.06	3.33
33	24	2	/			/	-30.10	3.59
34	18	3	/			/	-2.11	13.96
		รวม	21	13	5	29		

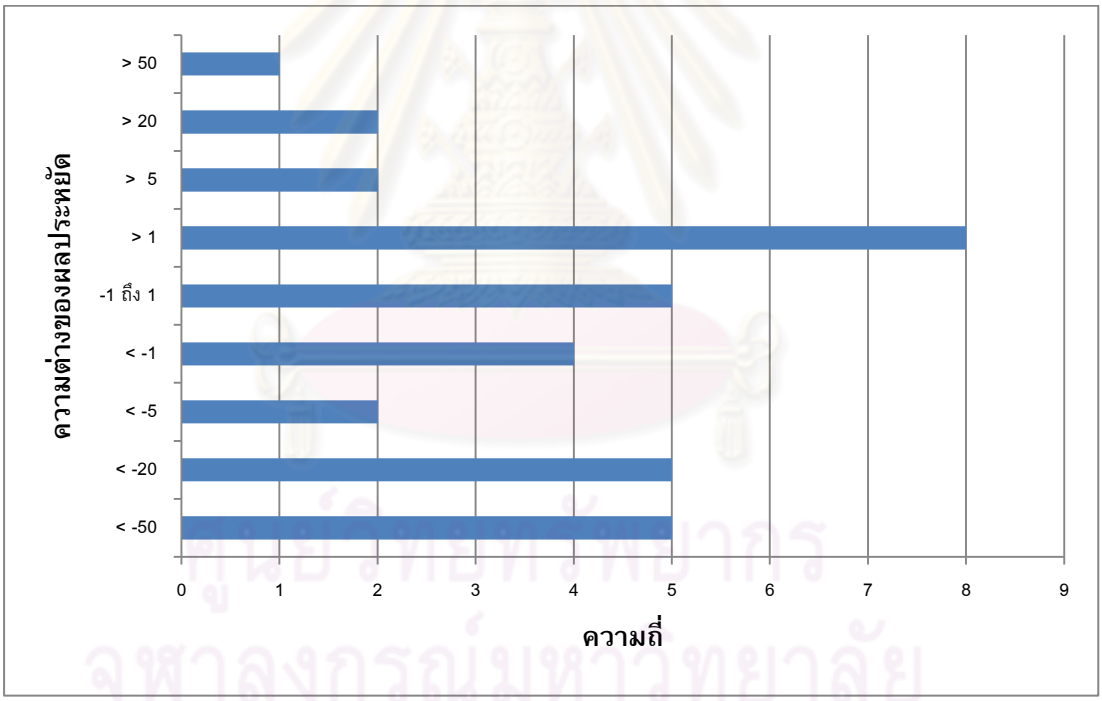
จากโรงงานจำนวน 34 โรงงาน โรงงานที่มีผลประหยัดหรือมีความชันของแผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมเป็นลบทั้งสิ้น 21 โรงงาน คิดเป็นร้อยละ 61.76 ของจำนวนตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ และอีก 13 โรงงาน คิดเป็นร้อยละ 38.24 ที่มีความชันของแผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมเป็นบวกหรือไม่มีผลประหยัด

6.2.1 ความต่างของผลประหยัด

ความต่างของผลประหยัดสามารถแบ่งเป็นช่วงได้ ดังนี้

-1 ≤ ความต่าง ≤ 1	จำนวน 5 โรงงาน
-5 ≤ ความต่าง < -1 และ 1 < ความต่าง ≤ 5	จำนวน 12 โรงงาน
-20 ≤ ความต่าง < -5 และ 5 < ความต่าง ≤ 20	จำนวน 4 โรงงาน
-50 ≤ ความต่าง < -20 และ 20 < ความต่าง ≤ 50	จำนวน 7 โรงงาน
ความต่าง < -50 และ ความต่าง > 50	จำนวน 6 โรงงาน

โรงงานส่วนใหญ่จะมีความคลาดเคลื่อนในการรายงานผลการประหยัดพลังงานอยู่ในช่วง ±5 ดังแสดงในรูปที่ 6.9 โดยสาเหตุที่สำคัญน่าจะมาจากความยุ่งยากในการคำนวณผลประหยัด เพราะหากจะคำนวณผลประหยัดในทุกมาตรการอนุรักษ์พลังงานที่จัดทำแล้ว อาจต้องทำการติดตั้งเครื่องมือหรืออุปกรณ์เพิ่ม จึงข้ามการรายงานในส่วนนั้นไปทั้งที่มีการจัดทำมาตรการอนุรักษ์พลังงาน



รูปที่ 6.9 ความถี่ของช่วงความต่างผลประหยัดต่าง ๆ

ความต่างของผลประหยัดสามารถแสดงให้เห็นถึงความคลาดเคลื่อนของการรายงานข้อมูลการอนุรักษ์พลังงาน และผลการประหยัดพลังงาน โดยตัวเลขความต่างของผลประหยัดมีความหมายดังนี้

- ความต่างของผลประหยัด มีค่า มากกว่า 1 หมายถึง ไม่มีผลประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากแผนภูมิควบคุมผลรวมสะสม โดยคิดเป็นร้อยละ 47.06 ของจำนวนโรงงานที่ทำการวิเคราะห์

- ความต่างของผลประหยัด มีค่า น้อยกว่า -1 หมายถึง ผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากแผนภูมิควบคุมผลรวมสะสม มีค่ามากกว่าผลประหยัดที่แจ้ง โดยคิดเป็นร้อยละ 14.70 ของจำนวนโรงงานที่ทำการวิเคราะห์

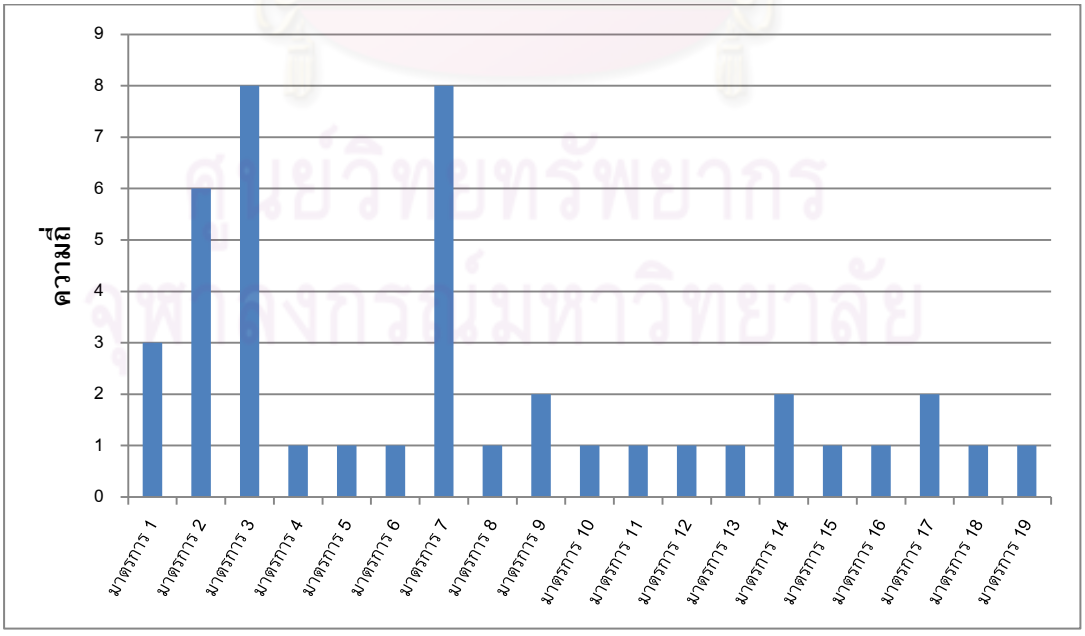
- ความต่างของผลประหยัด มีค่า ระหว่าง -1 ถึง 1 หมายถึง มีผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากแผนภูมิควบคุมผลรวมสะสม มีค่าใกล้เคียงผลประหยัดที่แจ้ง โดยคิดเป็นร้อยละ 38.24 ของจำนวนโรงงานที่ทำการวิเคราะห์

โรงงานที่มีค่าความต่างของผลประหยัดน้อยกว่า 1 คือโรงงานที่มีผลการประหยัดจริง สมควรได้รับการส่งเสริมสนับสนุนในด้านการอนุรักษ์พลังงานต่อไป โดยคิดเป็นร้อยละ 52.94 ของจำนวนโรงงานที่ทำการวิเคราะห์

ส่วนโรงงานที่มีค่าความต่างของผลประหยัดมากกว่า 1 อาจเป็นเพราะ ความผิดพลาดในการบันทึกข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณการใช้พลังงาน หรือเพราะไม่มีการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานจริง

6.2.2 มาตรการอนุรักษ์พลังงาน

มาตรการอนุรักษ์พลังงานที่มีการจัดทำใน 21 โรงงานที่มีผลประหยัด แสดงได้ดังรูปที่ 6.10



รูปที่ 6.10 ความถี่ของมาตรการอนุรักษ์พลังงานที่จัดทำในโรงงานที่มีผลประหยัด

โดยที่มาตรการที่ 1 – มาตรการที่ 19 ในรูปที่ 6.10 หมายถึง

มาตรการ 1 การลดการรั่วไหลของอากาศอัด

มาตรการ 2 บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์

มาตรการ 3 การกำหนดเวลาเปิด-ปิดที่เหมาะสม

มาตรการ 4 การดัดแปลงระบบท่อส่งจ่ายลมอัด

มาตรการ 5 มาตรการที่เกี่ยวข้องกับหลังคา และช่องเปิดบนหลังคา (หลังคาโปร่งแสง)

มาตรการ 6 การบำรุงรักษาที่เหมาะสม

มาตรการ 7 การใช้สวิตช์ควบคุมการปิด-เปิด

มาตรการ 8 ลดจำนวนวัตต์ของหลอดไฟฟ้า

มาตรการ 9 การใช้เครื่องปรับอากาศชุดใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูง (High EER) ทดแทนชุดเดิม

มาตรการ 10 มาตรการเพิ่มประสิทธิภาพในการให้ความร้อนด้วยไฟฟ้าในรูปแบบอื่น ๆ

มาตรการ 11 การใช้ระบบปรับความเร็วรอบ (VVVF) กับมอเตอร์พัดลมระบายอากาศ

มาตรการ 12 การใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ประสิทธิภาพสูง

มาตรการ 13 มาตรการการใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ประสิทธิภาพสูงอื่นๆที่ไม่สามารถจัดอยู่ในกลุ่มอื่นได้

มาตรการ 14 การยกเลิกการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็น

มาตรการ 15 ลดจำนวนหลอดไฟฟ้า

มาตรการ 16 มาตรการด้านการจัดการ

มาตรการ 17 การปรับความเร็วรอบของอุปกรณ์ให้เหมาะสม

มาตรการ 18 การใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์แทนหลอด HID

มาตรการ 19 มาตรการการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

มาตรการที่มีความถี่ในการจัดทำมากที่สุดคือมาตรการที่ 3 และ 7 คือ การกำหนดเวลาเปิด-ปิดที่เหมาะสม และการใช้สวิตช์ควบคุมการปิด-เปิด ตามลำดับ โดยมีความถี่ในการจัดทำมาตรการถึง 8 ครั้ง ลำดับรองลงมามีความถี่ในการจัดทำ 6 ครั้ง คือมาตรการที่ 2 บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์

เมื่อแยกมาตรการทั้ง 19 มาตรการตามหมวดหมู่ ได้ดังนี้

<u>มาตรการด้านแสงสว่าง</u>

บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์	6	ครั้ง
ลดจำนวนวัตต์ของหลอดไฟฟ้า	1	ครั้ง
ลดจำนวนหลอดไฟฟ้า	1	ครั้ง
การใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์แทนหลอด HID	1	ครั้ง
รวม	9	ครั้ง
คิดเป็นร้อยละ	20.93	

<u>มาตรการเกี่ยวกับอากาศอัด</u>

การลดการรั่วไหลของอากาศอัด	3	ครั้ง
การดัดแปลงระบบท่อส่งจ่ายลมอัด	1	ครั้ง
รวม	4	ครั้ง
คิดเป็นร้อยละ	9.30	

<u>มาตรการที่เกี่ยวข้องกับระบบปรับอากาศ</u>

การใช้เครื่องปรับอากาศชุดใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูง (High EER) ทดแทนชุดเดิม	2	ครั้ง
การใช้ระบบปรับความเร็วรอบ (VVVF) กับมอเตอร์พัดลมระบายอากาศ	1	ครั้ง
มาตรการการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)	1	ครั้ง
รวม	4	ครั้ง
คิดเป็นร้อยละ	9.30	

<u>มาตรการด้านความร้อน</u>

มาตรการเพิ่มประสิทธิภาพในการให้ความร้อนด้วยไฟฟ้าในรูปแบบอื่น ๆ	1	ครั้ง
รวม	1	ครั้ง
คิดเป็นร้อยละ	2.33	

<u>มาตรการที่ไม่สามารถจัดหมวดหมู่ได้</u>

การกำหนดเวลาเปิด-ปิดที่เหมาะสม	8	ครั้ง
มาตรการที่เกี่ยวข้องกับหลังคา และช่องเปิดบนหลังคา (หลังคาโปร่งแสง)	1	ครั้ง
การบำรุงรักษาที่เหมาะสม	1	ครั้ง
การใช้สวิตซ์ควบคุมการปิด-เปิด	8	ครั้ง
การใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ประสิทธิภาพสูง	1	ครั้ง
มาตรการการใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ประสิทธิภาพสูงอื่นๆที่ไม่สามารถจัดอยู่ในกลุ่มอื่นได้	1	ครั้ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การยกเลิกการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็น	2	ครั้ง
การปรับความเร็วรอบของอุปกรณ์ให้เหมาะสม	2	ครั้ง
มาตรการด้านการจัดการ	1	ครั้ง
รวม	25	ครั้ง
คิดเป็นร้อยละ	58.14	

มาตรการในส่วนที่ไม่สามารถจัดหมวดหมู่ได้เนื่องจากเป็นมาตรการที่อยู่ได้หลายหมวดหมู่ ขึ้นอยู่กับรายละเอียดในการจัดทำมาตรการ ซึ่งข้อมูลที่มีอยู่ไม่สามารถระบุได้

มาตรการส่วนใหญ่จะอยู่ในหมวดมาตรการด้านแสงสว่างซึ่งคิดเป็นร้อยละ 20.93 ของจำนวนมาตรการที่จัดทำทั้งหมด และในส่วนมาตรการที่ไม่สามารถจัดหมวดหมู่ได้นั้น ผู้วิจัยมีความเห็นว่ามีมาตรการด้านแสงสว่างรวมอยู่ด้วย

6.2.3 ร้อยละของผลประหยัด

ร้อยละของผลประหยัด แสดงให้เห็นถึงสัดส่วนระหว่างผลประหยัดที่เกิดขึ้น กับปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อปี โดยคำนวณเฉพาะโรงงานที่มีผลประหยัดจากแผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมจำนวน 21 โรงงานเท่านั้น และสามารถแบ่งร้อยละผลประหยัดออกเป็นช่วงได้ดังตารางที่ 6.12

ตารางที่ 6.12 จำนวนโรงงานในแต่ละช่วงของร้อยละผลประหยัด

ร้อยละผลประหยัด	จำนวน (โรงงาน)	คิดเป็นร้อยละ
0.00-3.00	5	23.81
3.01-5.00	4	19.05
5.01-10.00	5	23.81
10.01 ขึ้นไป	7	33.33
รวม	21	100.00

ร้อยละของผลประหยัดยิ่งมีค่ามาก แสดงถึงประสิทธิภาพในการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานนั้นสูง จากตารางที่ 6.12 พบว่าช่วงร้อยละผลประหยัดตั้งแต่ 10.01 ขึ้นไป มีจำนวนโรงงาน 7 โรงงานคิดเป็นร้อยละ 33.33 ของโรงงานทั้งหมด นั่นหมายถึงข้อมูลโรงงานตัวอย่างทั้ง 21 โรงงานนั้น ส่วนใหญ่มีผลประหยัดมากกว่าร้อยละ 10 ของปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้

เมื่อพิจารณาเฉพาะโรงงานที่มีร้อยละผลประหยัดตั้งแต่ร้อยละ 5 ขึ้นไป ทั้งหมด 12 โรงงาน คิดเป็นร้อยละ 57.14 พบว่ามาตรการที่มีความถี่ในการจัดทำสูงสุด 3 อันดับแรก ยังคงเป็นการกำหนดเวลาเปิด-ปิดที่เหมาะสม, การใช้สวิตช์ควบคุมการปิด-เปิด และบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ความถี่ 4 ครั้ง, 4 ครั้ง และ 5 ครั้งตามลำดับ มีรายละเอียด ดังนี้

<u>มาตรการด้านแสงสว่าง</u>			
บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์		5	ครั้ง
ลดจำนวนวัตต์ของหลอดไฟฟ้า		1	ครั้ง
ลดจำนวนหลอดไฟฟ้า		1	ครั้ง
การใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์แทนหลอด HID		1	ครั้ง
	รวม	8	ครั้ง
	คิดเป็นร้อยละ	32.00	
<u>มาตรการเกี่ยวกับอากาศอัด</u>			
การลดการรั่วไหลของอากาศอัด		3	ครั้ง
การดัดแปลงระบบท่อส่งจ่ายลมอัด		1	ครั้ง
	รวม	4	ครั้ง
	คิดเป็นร้อยละ	16.00	
<u>มาตรการที่เกี่ยวข้องกับระบบปรับอากาศ</u>			
การใช้เครื่องปรับอากาศชุดใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูง (High EER) ทดแทนชุดเดิม		1	ครั้ง
มาตรการการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)		1	ครั้ง
	รวม	2	ครั้ง
	คิดเป็นร้อยละ	8.00	
<u>มาตรการที่ไม่สามารถจัดหมวดหมู่ได้</u>			
การกำหนดเวลาเปิด-ปิดที่เหมาะสม		4	ครั้ง
การบำรุงรักษาที่เหมาะสม		1	ครั้ง
การใช้สวิตช์ควบคุมการปิด-เปิด		4	ครั้ง
มาตรการการใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ประสิทธิภาพสูงอื่นๆที่ไม่สามารถจัดอยู่ในกลุ่มอื่นได้		1	ครั้ง
มาตรการด้านการจัดการ		1	ครั้ง
	รวม	11	ครั้ง
	คิดเป็นร้อยละ	44.00	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลของโรงงานทั้งสิ้น 34 โรงงาน มีจำนวนข้อมูลเฉลี่ย 24 เดือนต่อโรงงาน จำนวนมาตรการเฉลี่ย คือ 2 มาตรการต่อโรงงาน โรงงานที่มีผลประหยัดมีทั้งสิ้น 21 โรงงาน และอีก 13 โรงงานเป็นโรงงานที่ไม่มีผลประหยัดจากการวิเคราะห์โดยแผนภูมิควบคุมผลรวมสะสม ดังแสดงในตารางที่ 6.13

ตารางที่ 6.13 ตารางสรุปผลการวิเคราะห์

โรงงานที่ทำการวิเคราะห์ทั้งหมด (โรงงาน)	34
โรงงานที่มีผลการประหยัด (โรงงาน)	21
โรงงานที่ไม่มีผลการประหยัด (โรงงาน)	13
จำนวนมาตรการเฉลี่ย (มาตรการ)	2
จำนวนข้อมูลเฉลี่ย (เดือน)	24
ความต่างของผลประหยัดเฉลี่ย	-22.93
ร้อยละผลประหยัดเฉลี่ย	7.52

จากตารางที่ 6.13 ความต่างของผลประหยัดเฉลี่ย เท่ากับ -22.93 หมายถึงในจำนวน 34 โรงงานที่ทำการวิเคราะห์ เมื่อหาค่าเฉลี่ยแล้วพบว่า โรงงานส่วนใหญ่มีการรายงานผลการอนุรักษ์พลังงานน้อยกว่าผลประหยัดที่สามารถทำได้จริง

ร้อยละผลประหยัดเฉลี่ย คิดจากโรงงานที่มีความชันของแผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมเป็นลบหรือมีผลการประหยัดพลังงานทั้งสิ้น 21 โรงงาน โดยร้อยละผลประหยัดเฉลี่ย หมายถึงผลการประหยัดพลังงานเมื่อเทียบกับปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่โรงงานใช้อยู่นั้นมีค่าเฉลี่ยของทั้ง 21 โรงงานเท่ากับ 7.52

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 7

สรุปและข้อเสนอแนะ

7.1 สรุป

ในงานวิจัยนี้ ได้ทำการวิเคราะห์โรงงานควบคุมทั้งสิ้น 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 ผลประหยัดจากการคำนวณมีค่าใกล้เคียงกับที่แจ้งไว้ 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

- มาตรการอนุรักษ์พลังงาน

เมื่อพิจารณาเฉพาะโรงงานที่มีร้อยละผลประหยัดตั้งแต่ร้อยละ 5 ต่อปีขึ้นไปพบว่ามาตรการอนุรักษ์พลังงานที่มีความถี่ในการจัดทำมากที่สุด 3 อันดับแรก คือ

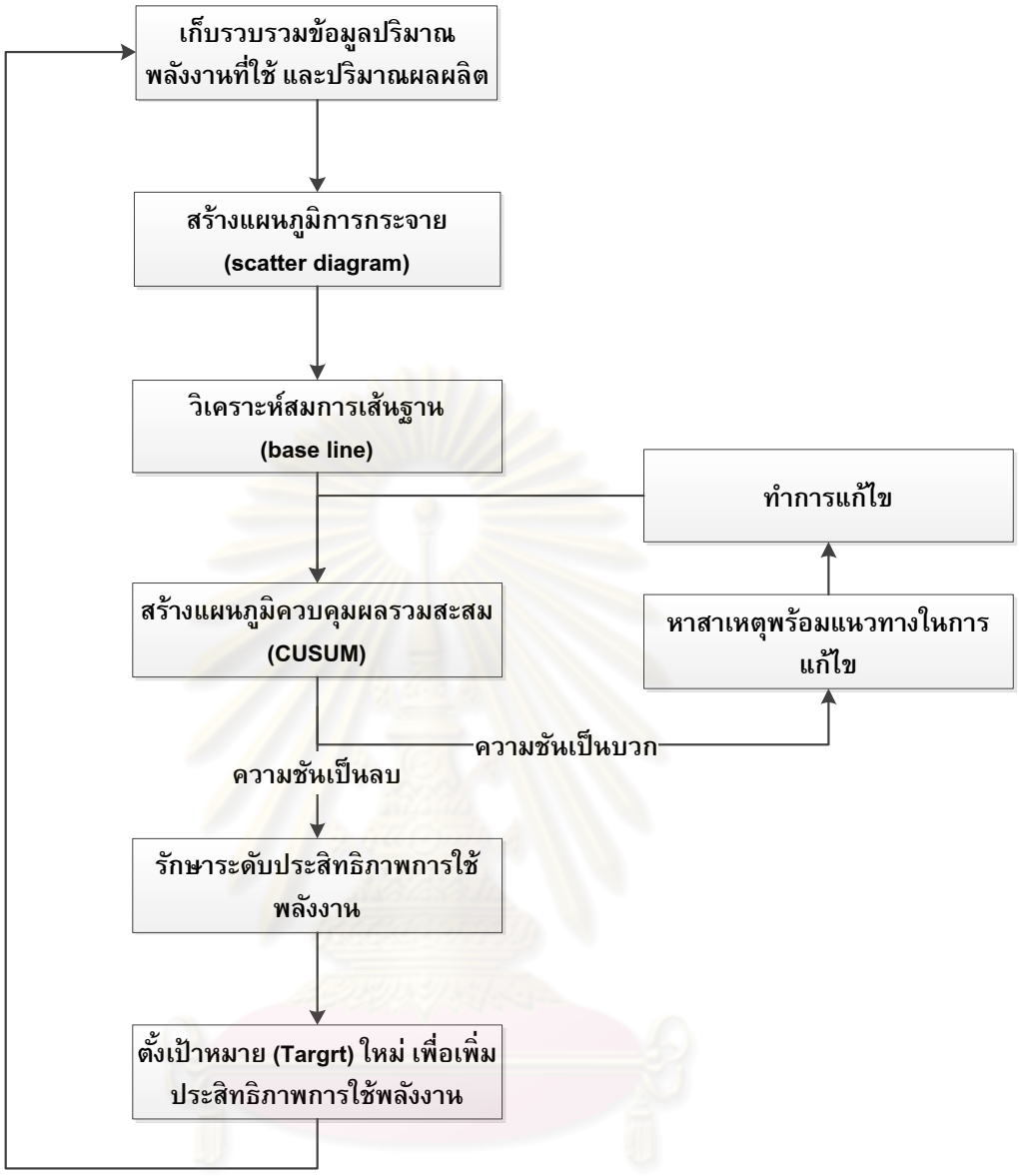
- มาตรการบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์
- มาตรการการกำหนดเวลาเปิด – ปิดที่เหมาะสม

- มาตรการการใช้สวิตช์ควบคุมการปิด – เปิด

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 สามารถสรุปเป็นขั้นตอนได้ ดังรูปที่ 7.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 7.1 ขั้นตอนในการตรวจติดตามการใช้พลังงานโดย CUSUM

7.2 ข้อจำกัดของงานวิจัย/ข้อเสนอแนะ

1. งานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลทุติยภูมิในการวิเคราะห์ ทำให้ไม่สามารถกลับไปตรวจสอบถึงสาเหตุของความแปรปรวนของข้อมูลได้

2. งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาขั้นตอน วิธีการ แนวทางในการพัฒนาระบบตรวจติดตามผลการอนุรักษ์พลังงานจากมาตรการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งการอนุรักษ์พลังงานเป็นเรื่องที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการวางแผนพัฒนาประเทศในอนาคต โดยผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิธีการในงานวิจัยนี้จะมีประโยชน์ต่อผู้เกี่ยวข้องและผู้สนใจในเรื่องการตรวจติดตามผลการ

อนุรักษ์พลังงานจากมาตรการอนุรักษ์พลังงาน และนำไปพัฒนาเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่สะดวกต่อการใช้งานในอนาคต

3. ในการใช้งานแผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมเพื่อการติดตามผลการอนุรักษ์พลังงานนั้น สมการอ้างอิงที่ใช้ควรทำการเปลี่ยนแปลงตามสถานการณ์ตลอดเวลา เช่น เมื่อมีการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานมาตรการใหม่ ควรใช้ฐานอ้างอิงเป็นช่วงเวลาก่อนที่จะเริ่มดำเนินการตามมาตรการอนุรักษ์พลังงาน เพื่อที่จะทำให้ทราบว่ามาตรการอนุรักษ์พลังงานที่ดำเนินการไปนั้น สามารถลดปริมาณการใช้พลังงานได้เท่าไร หากช่วงแผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมมีการเปลี่ยนแปลงความชันจากเดิมไปมาก ทั้งที่มีพฤติกรรมการใช้พลังงานปกติ และไม่มีการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงาน หรือติดตั้งเครื่องจักรใหม่แล้ว ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานควรทำการตรวจสอบหาสาเหตุ และทำการแก้ไขอย่างเร่งด่วน

4. วิธีการในงานวิจัยนี้ยังสามารถใช้ในการกำหนดเป้าหมายในการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานได้อีกด้วย โดยการกำหนดเป้าหมายการใช้พลังงานจากสมการฐานอ้างอิง เช่น ต้องการลดการใช้พลังงานลงร้อยละ 5 ในปีถัดไป

5. ข้อควรระวังประการหนึ่งในการวิเคราะห์และตรวจติดตามการใช้พลังงานคือ การเก็บข้อมูลที่ไม่ถูกต้อง ซึ่งจะทำให้การวิเคราะห์มีการเบี่ยงเบนไปจากความเป็นจริง และไม่สามารถทราบประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานที่แท้จริงได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กันต์ธร เก่งพล. การควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงแรม กรณีศึกษา โรงแรมขนาดกลางและเล็ก. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2541.

ชัยพร วงศ์พิศาล. การศึกษาการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตสายไฟฟ้า. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2543.

ไชยะ แช่มช้อย. การใช้ข้อมูลเชิงสถิติเพื่อการกำหนดเป้าหมายและการตรวจสอบสัมฤทธิ์ผลการอนุรักษ์พลังงาน. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553.

ดรุณี อาชวานันทกุล. การศึกษาการประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมหนังเทียม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2529.

เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, มหาวิทยาลัย. จะมีวิธีการวัดผลการประหยัดพลังงานได้อย่างไร?. โครงการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วม. จดหมายข่าวโครงการรายสองเดือน. 4(กุมภาพันธ์-มีนาคม 2551): 3.

ประพันธ์ ธนาปิยกุล. การประยุกต์ใช้ระบบตรวจติดตามและกำหนดเป้าหมายการใช้พลังงาน (1). เทคนิค. 304(สิงหาคม 2552): 73-84.

ประพันธ์ ธนาปิยกุล. การประยุกต์ใช้ระบบตรวจติดตามและกำหนดเป้าหมายการใช้พลังงาน (2). เทคนิค. 305(กันยายน 2552): 89-95.

ผานิต โอพารรัตน์มณี. ระบบสนับสนุนการเลือกใช้และออกแบบพารามิเตอร์แผนภูมิควบคุม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2543.

พลังงาน, กระทรวง. พัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กรม. สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน. การปรับปรุงกฎหมายอนุรักษ์พลังงาน (พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550)[ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http//:www2.dede.go.th/kmberc/Presentation/law2550.ppt[2553, กรกฎาคม 11]

พลังงาน, กระทรวง. พัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กรม. คู่มือพัฒนาระบบการจัดการพลังงานสำหรับโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม. กรุงเทพมหานคร: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2552.

พลังงาน, กระทรวง. พัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กรม. การจัดการองค์กรเพื่ออนุรักษ์พลังงาน. เอกสารเผยแพร่ชุด รู้รักษ์พลังงาน. พิมพ์ครั้งที่ 2 (ฉบับปรับปรุง). กรุงเทพมหานคร: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2548.

พลังงาน, กระทรวง. พัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กรม. ระบบการจัดการพลังงาน. เอกสารเผยแพร่ภาคอุตสาหกรรมหมวดที่ 8: การจัดการพลังงาน [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www2.dede.go.th/bhrd/old/web_display/websemple/Industrial(PDF)/Bay24%20Energy%20Management%20System.pdf[2553, มีนาคม 17]

วีระพงษ์ ประสาทศิลปิน. การประหยัดพลังงานในการผลิตกระแสไฟฟ้า: กรณีศึกษาโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วมพระนครใต้ ชุดที่ 1. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2541.

ศุภชัย นาทะพันธ์. การควบคุมคุณภาพ. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2551.

สงวน ตั้งโพธิธรรม. การศึกาการใช้และการประหยัดพลังงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2529.

สมบัติ สินธุเชาวน์. การวิเคราะห์ความถดถอยและสหสัมพันธ์[ออนไลน์], 2550. แหล่งที่มา: app.eng.ubu.ac.th/~edocs/f20080528Sombat29.doc[2553, มีนาคม 13]

อภิวันท์ พัฒนสุขเกษม. แผนภูมิควบคุมคุณภาพสำหรับการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงค่าของกระบวนการ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2548.

อุษา แพนพันธ์อ้วน. การเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมในเชิงอนุรักษ์และประหยัดพลังงานสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2543.

เอกสิทธิ สุวรรณศรี. การปรับปรุงการจัดการด้านพลังงานในกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2543.

ฮุชเซ็น นิยมเดชา. การลดต้นทุนค่าดำเนินการโรงงานโดยการจัดการพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพกรณีศึกษา: โรงงานผลิตหม้อแปลงไฟฟ้า. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2549.

ภาษาอังกฤษ

Energent. Monitoring & Targeting: The foundation of an Effective Energy Management System[Online]. Available from: http://www.energent.com/downloads/EnergentMTwhitepaperR4.pdf [2010, March 20]

Paul, K. M. Energy and Environment Management Information Systems. Applied Energy. 44(1993): 175-183.

Stuart, G., et al. Rapid analysis of time series data to identify changes in electricity consumption patterns in UK secondary schools. Building and Environment. 42(2007): 1568-1580.

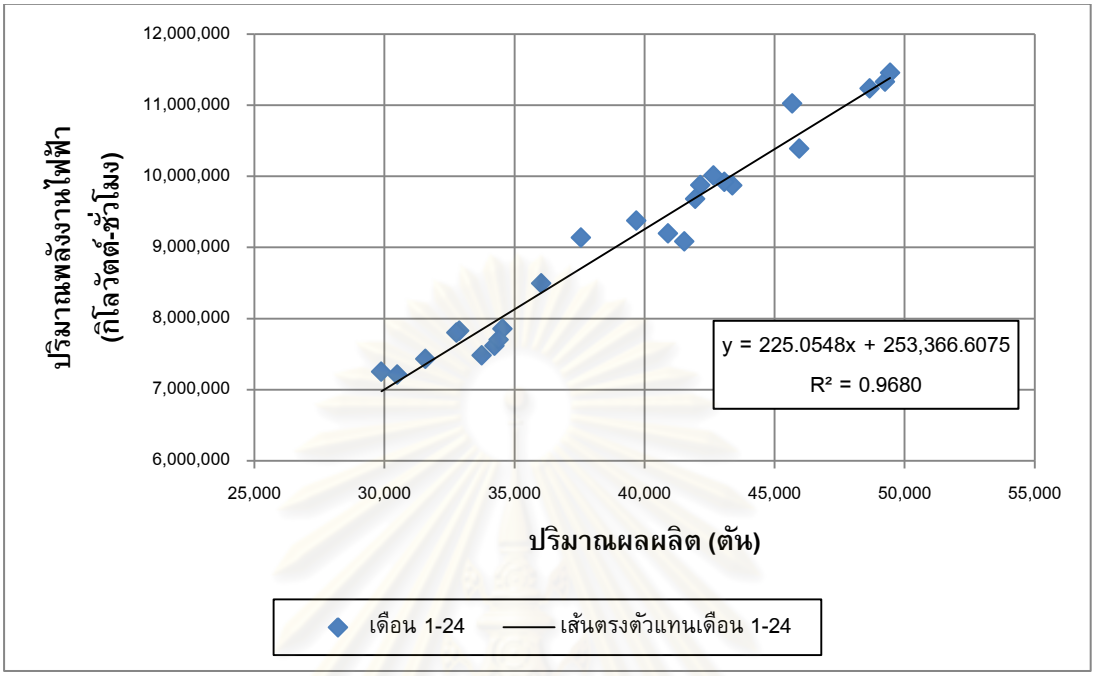
Vinod, S. P. CUSUM Quality Control Chart for Monitoring Energy Use Performance. Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, pp. 1231-1235. Singapore, 2007.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

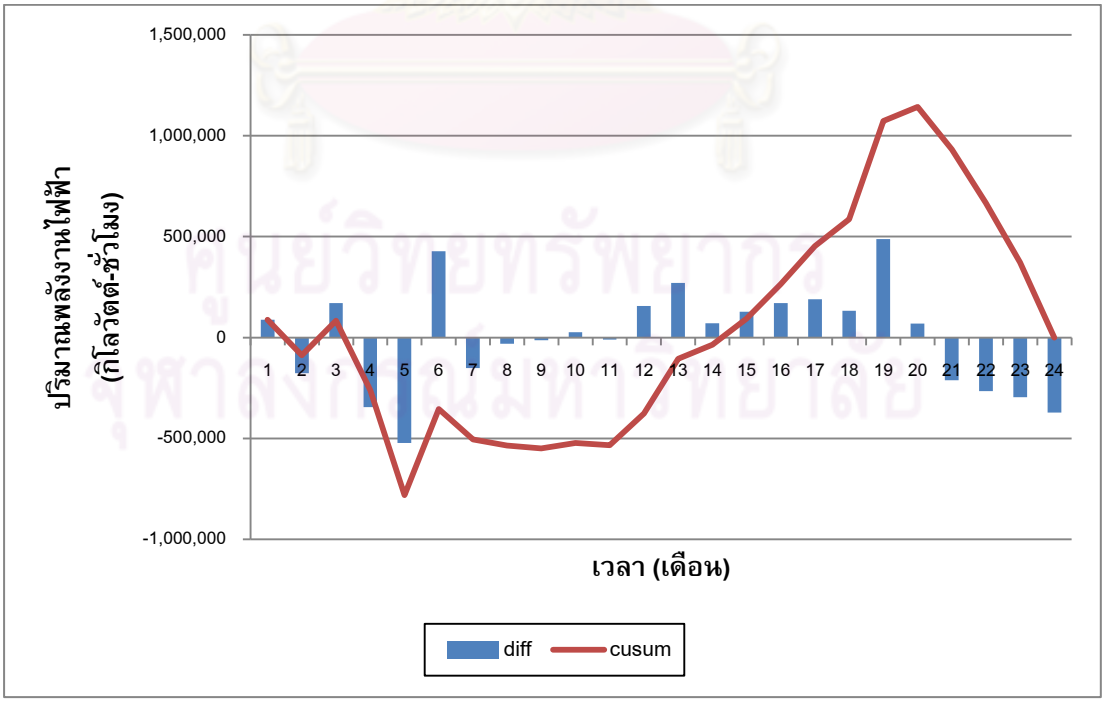
ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โรงงานที่ 2



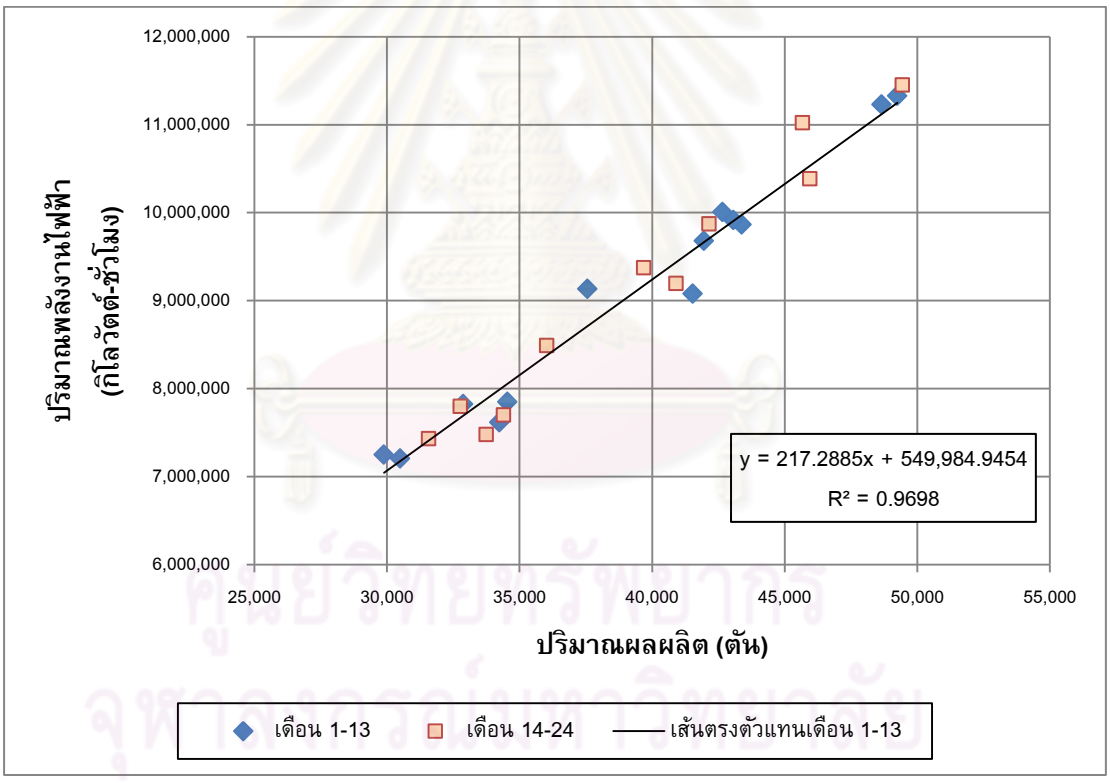
รูปที่ ก1 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าของโรงงานที่ 2



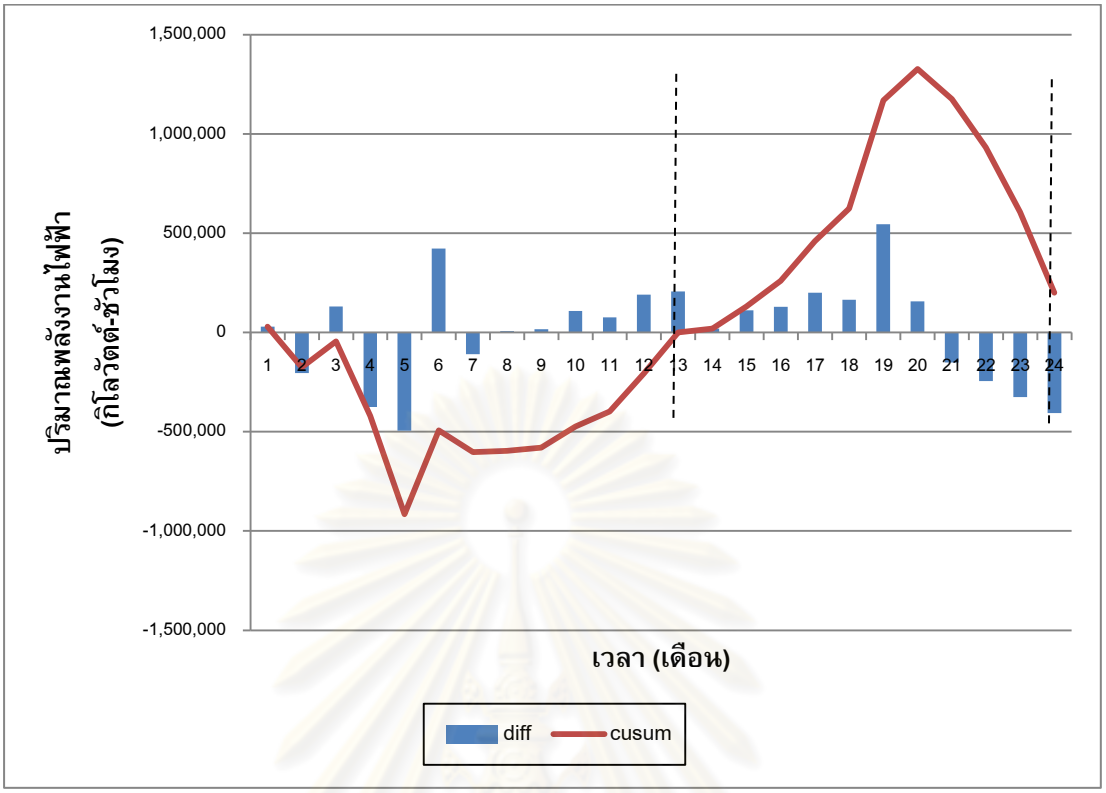
รูปที่ ก2 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมของโรงงานที่ 2

ตารางที่ ก1 มาตรการ และช่วงเวลาที่จัดทำมาตรการของโรงงานที่ 2

มาตรการ	เดือนที่เริ่ม	เดือนที่สิ้นสุด	ผลประหยัดต่อปี (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
การกำหนดเวลาเปิด-ปิดที่เหมาะสม	13	24	262
การใช้สวิตช์ควบคุมการปิด-เปิด	13	24	3,024
การใช้เครื่องปรับอากาศชุดใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูง (High EER) ทดแทนชุดเดิม	13	24	21,600
รวม			24,886



รูปที่ ก3 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 2

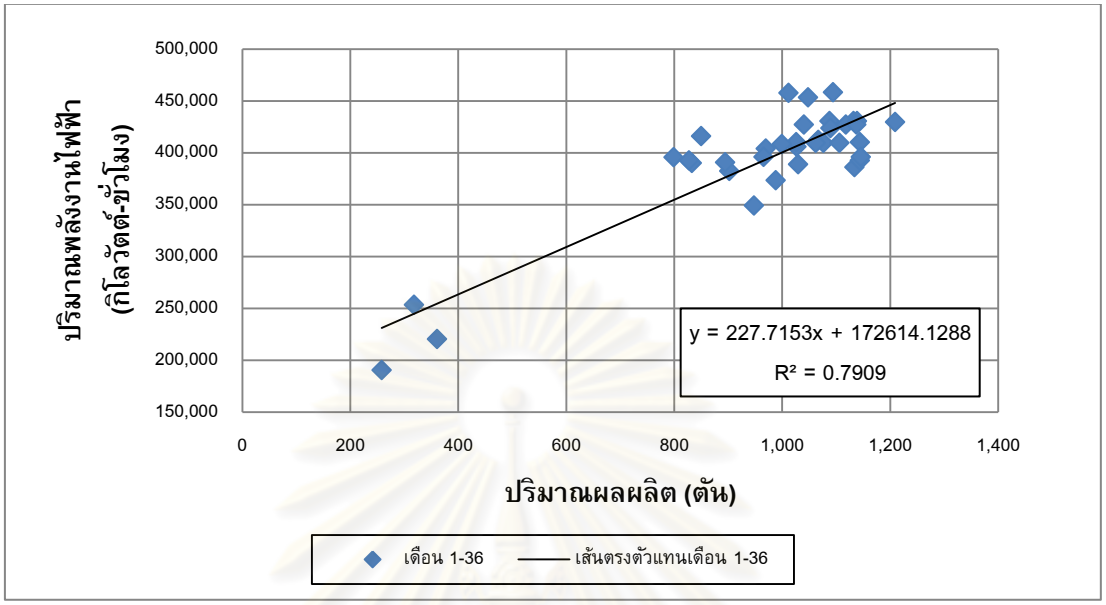


รูปที่ ก4 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 2

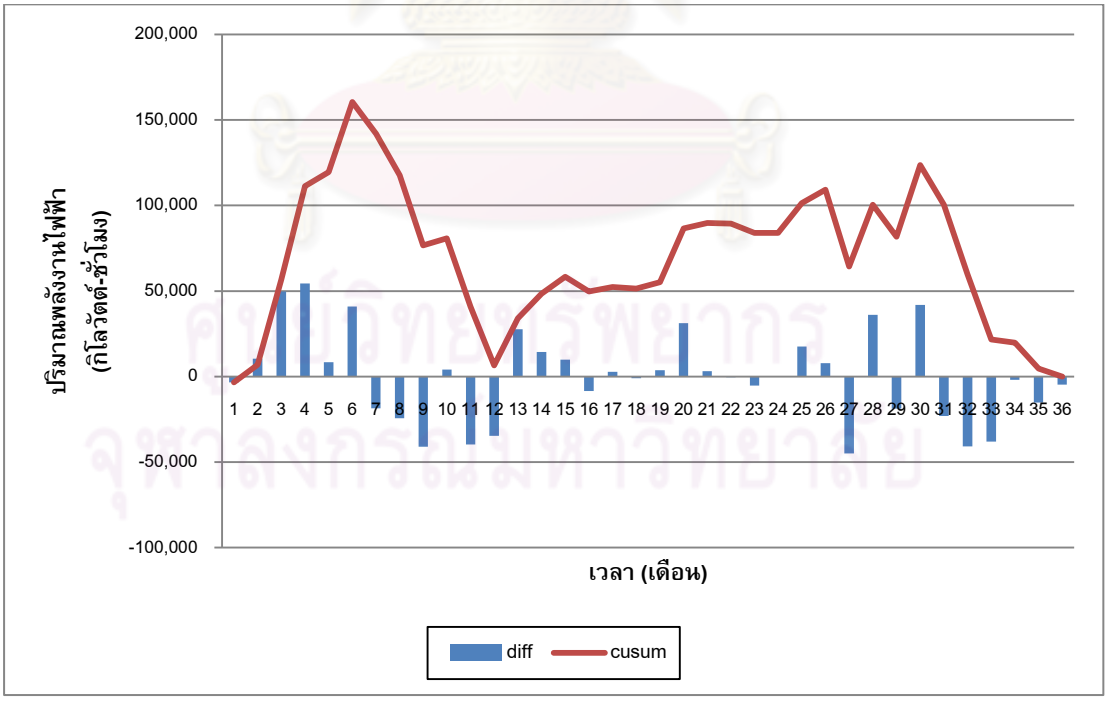
ตารางที่ ก2 สรุปผลการวิเคราะห์ของโรงงานที่ 2

มีผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้า		ผลประหยัดใกล้เคียงกับที่ประเมินไว้		ความต่างของผลประหยัด	ร้อยละของผลประหยัด
ใช่	ไม่ใช่	ใช่	ไม่ใช่		
	✓		✓	3.28	-

โรงงานที่ 3



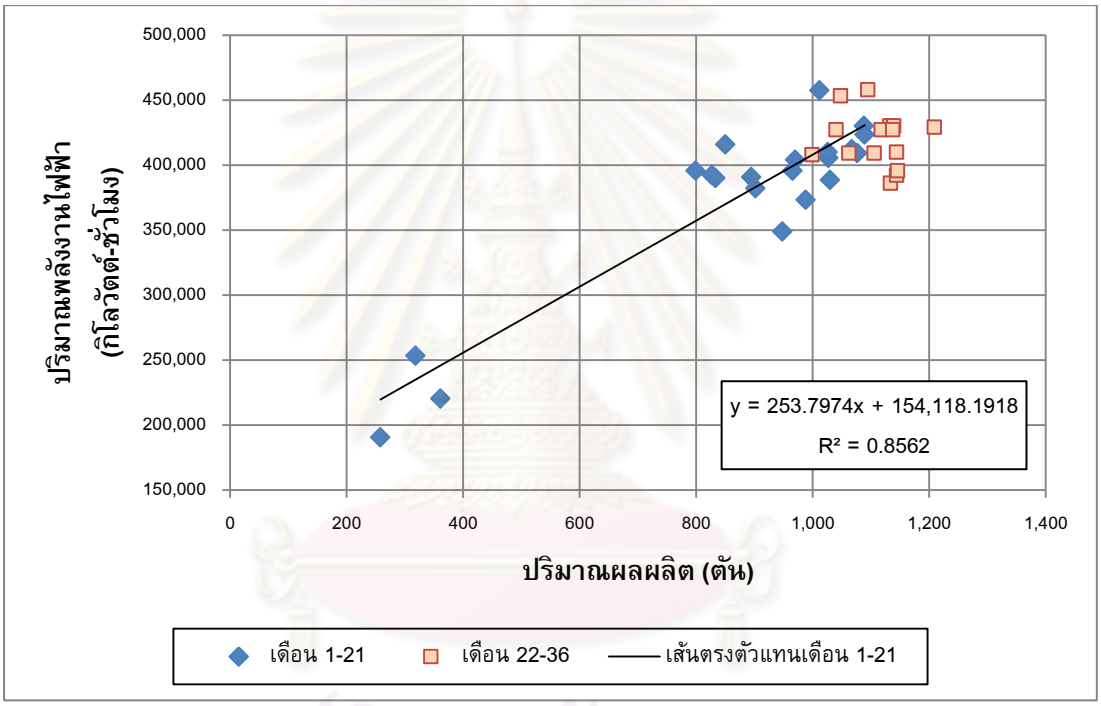
รูปที่ ก5 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าของโรงงานที่ 3



รูปที่ ก6 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมของโรงงานที่ 3

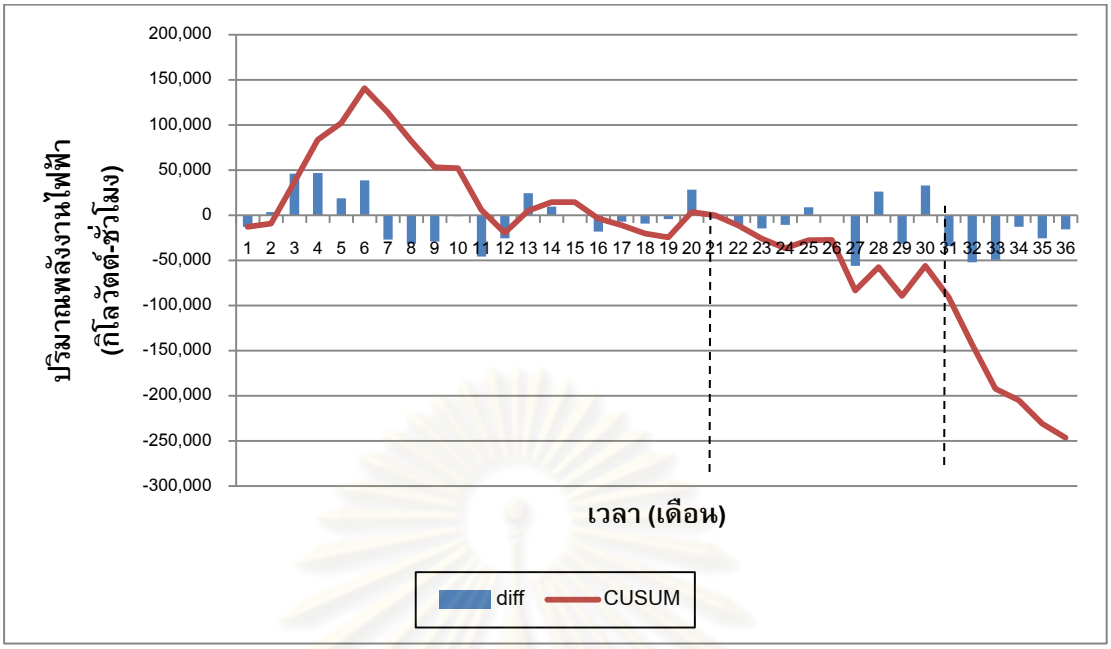
ตารางที่ ก3 มาตรการ และช่วงเวลาที่จัดทำมาตรการของโรงงานที่ 3

มาตรการ	เดือนที่เริ่ม	เดือนที่สิ้นสุด	ผลประหยัดต่อปี (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
มาตรการที่เกี่ยวข้องกับหลังคาและช่องเปิดบนหลังคา (หลังคาโปร่งแสง)	21	31	266,667
รวม			266,667



รูปที่ ก7 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



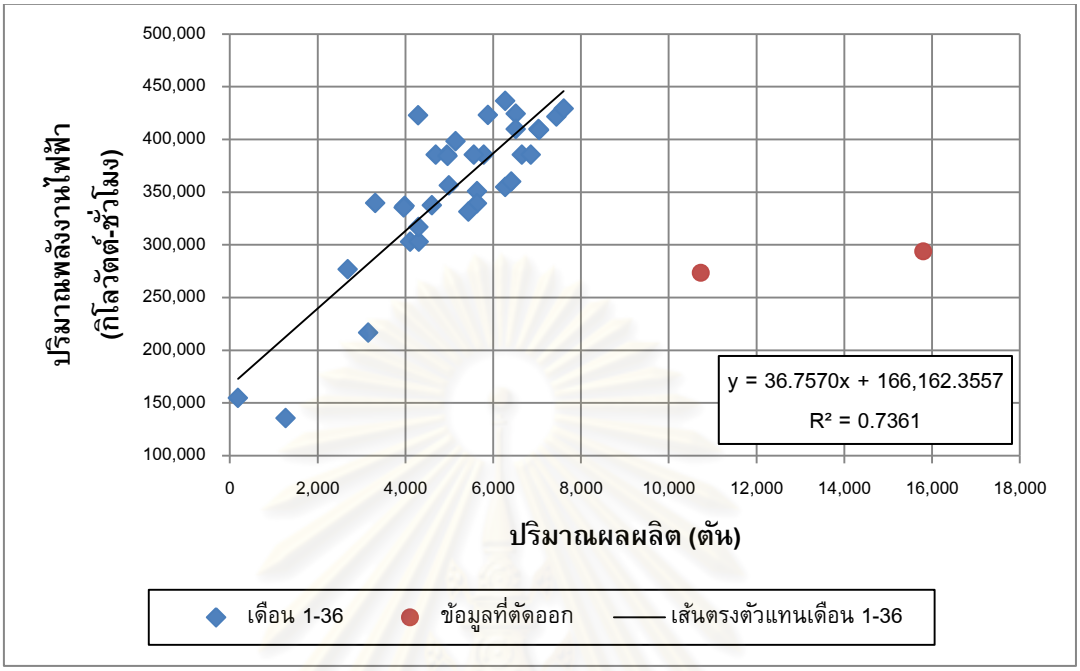
รูปที่ ก8 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 3

ตารางที่ ก4 สรุปผลการวิเคราะห์ของโรงงานที่ 3

มีผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้า		ผลประหยัดใกล้เคียงกับที่ประเมินไว้		ความต่างของผลประหยัด	ร้อยละของผลประหยัด
ใช่	ไม่ใช่	ใช่	ไม่ใช่		
✓		✓		0.45	3.33

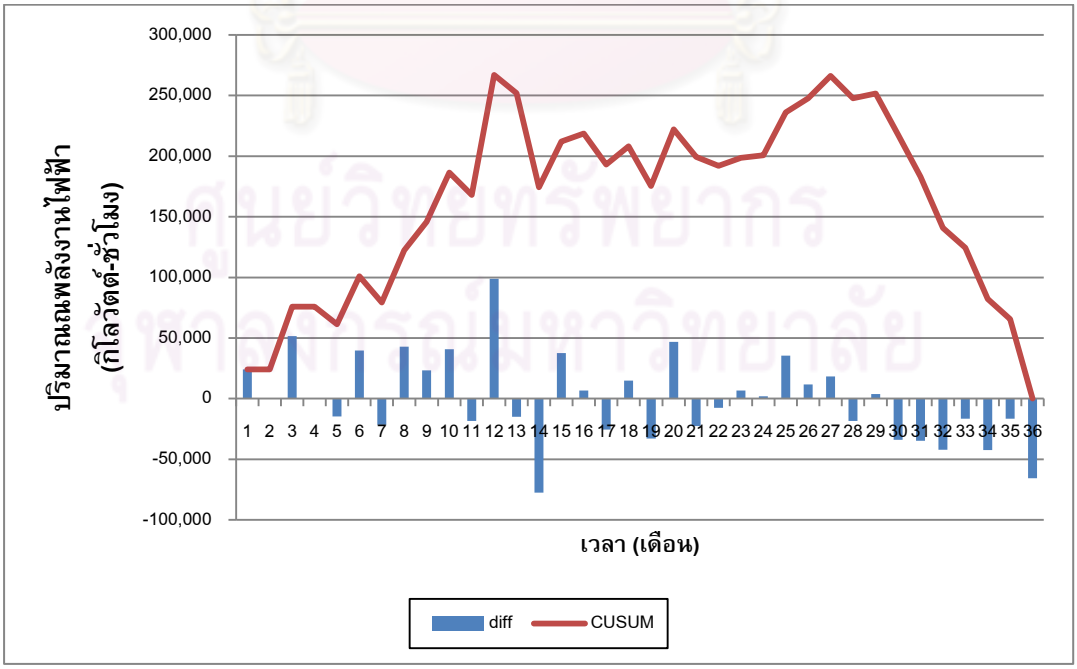
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โรงงานที่ 4



รูปที่ ก9 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าของโรงงานที่ 4

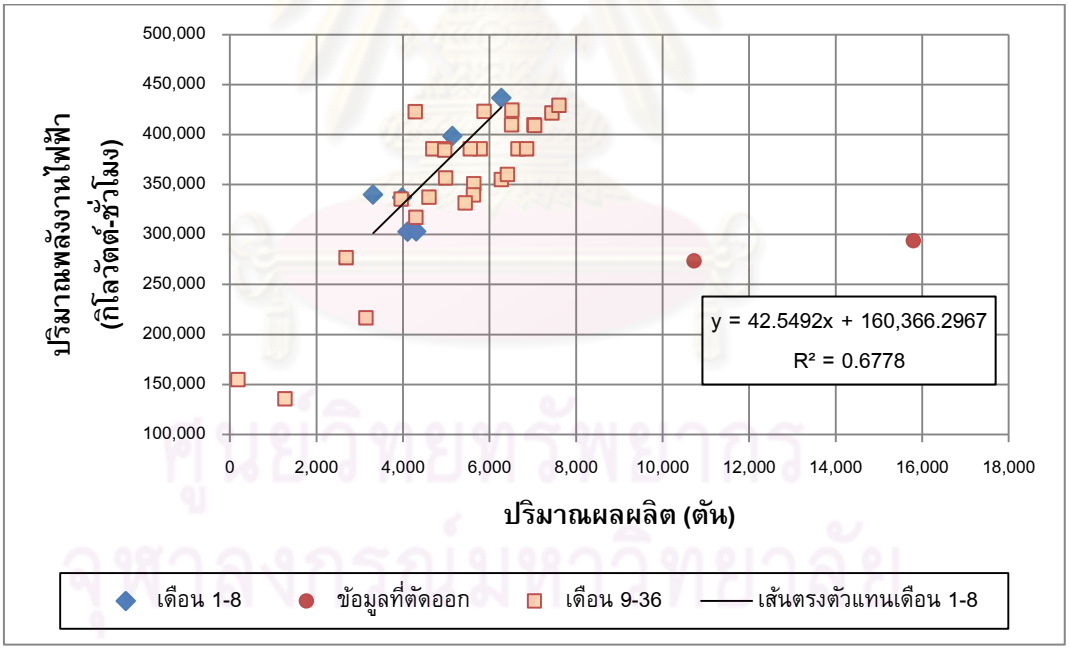
หมายเหตุ ตัดข้อมูลเดือนที่ 2 และ 4 ออกจากการคำนวณ



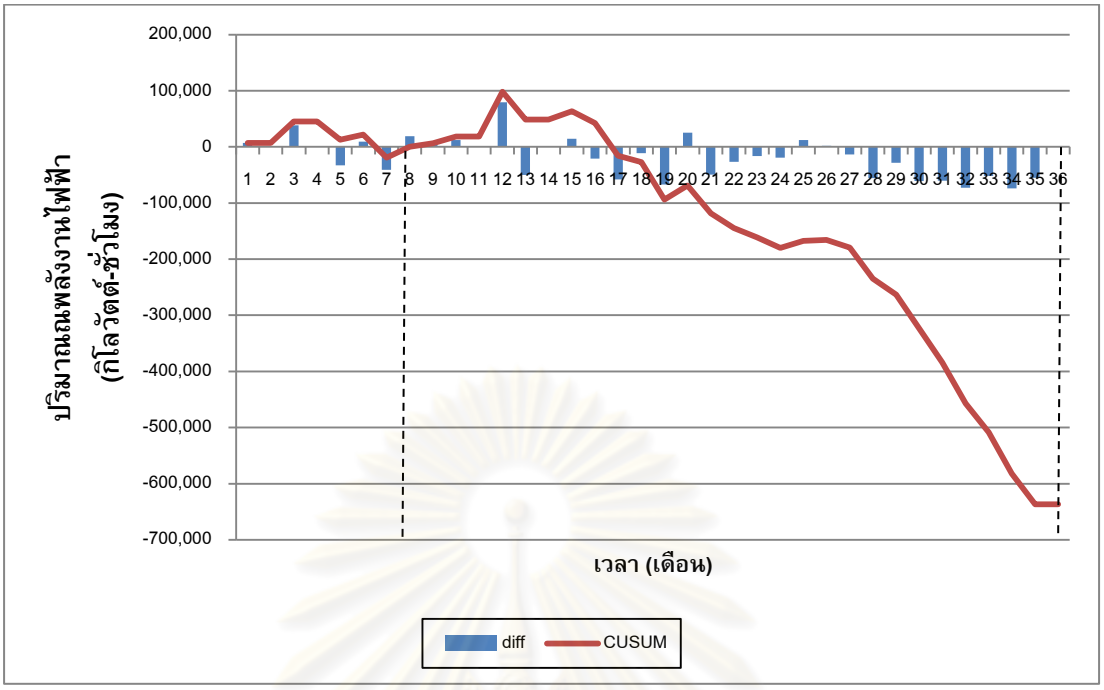
รูปที่ ก10 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมของโรงงานที่ 4

ตารางที่ ก5 มาตรการ และช่วงเวลาที่จัดทำมาตรการของโรงงานที่ 4

มาตรการ	เดือนที่เริ่ม	เดือนที่สิ้นสุด	ผลประหยัดต่อปี (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
การบำรุงรักษาที่เหมาะสม	8	12	63,504
บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนส์	8	12	2,206
การกำหนดเวลาเปิด-ปิดที่เหมาะสม	29	36	9,961
การใช้เครื่องปรับอากาศชุดใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูง (High ERR) ทดแทนชุดเดิม	29	36	24,695
รวม			100,366



รูปที่ ก11 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 4



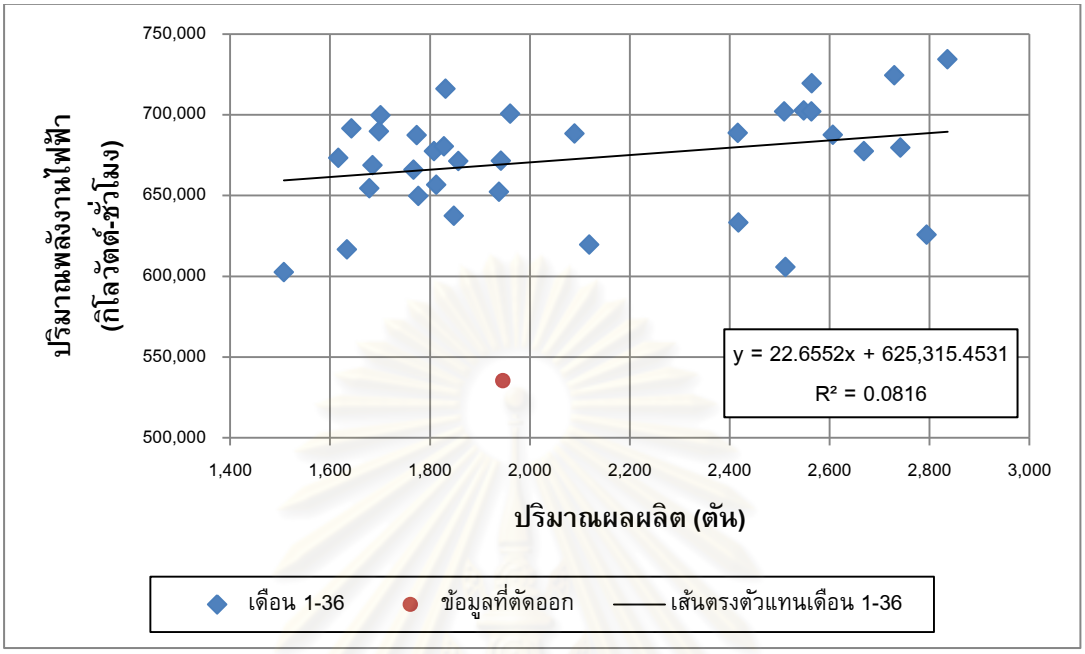
รูปที่ ก12 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 4

ตารางที่ ก6 สรุปผลการวิเคราะห์ของโรงงานที่ 4

มีผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้า		ผลประหยัดใกล้เคียงกับที่ประเมินไว้		ความต่างของผลประหยัด	ร้อยละของผลประหยัด
ใช่	ไม่ใช่	ใช่	ไม่ใช่		
✓			✓	-3.74	12.14

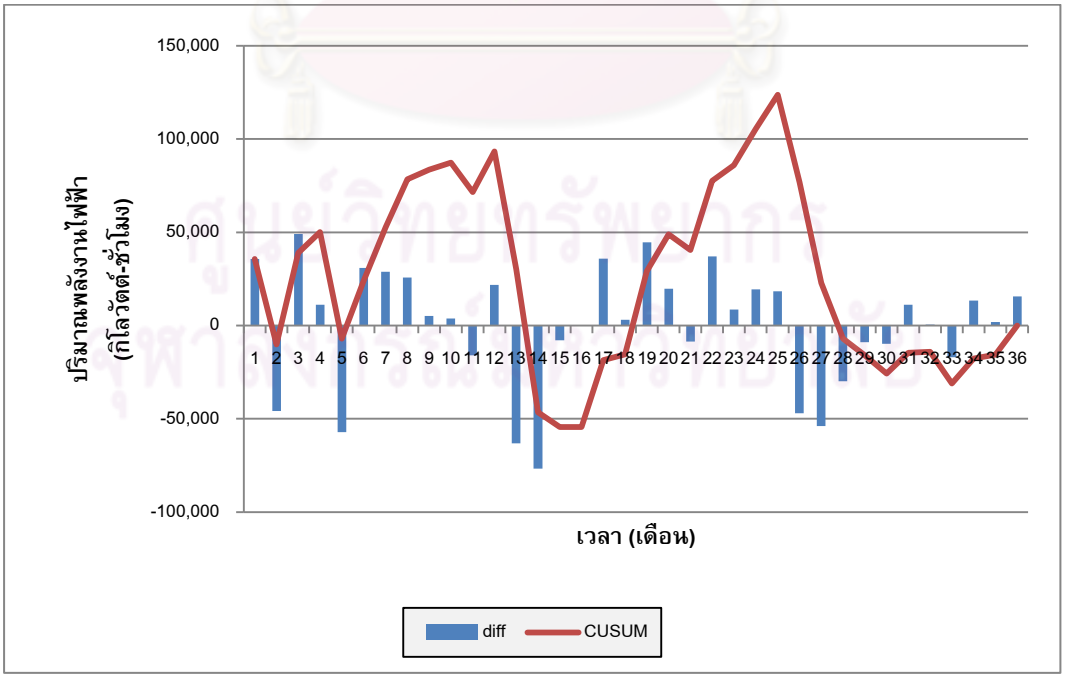
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โรงงานที่ 5



รูปที่ ก13 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าของโรงงานที่ 5

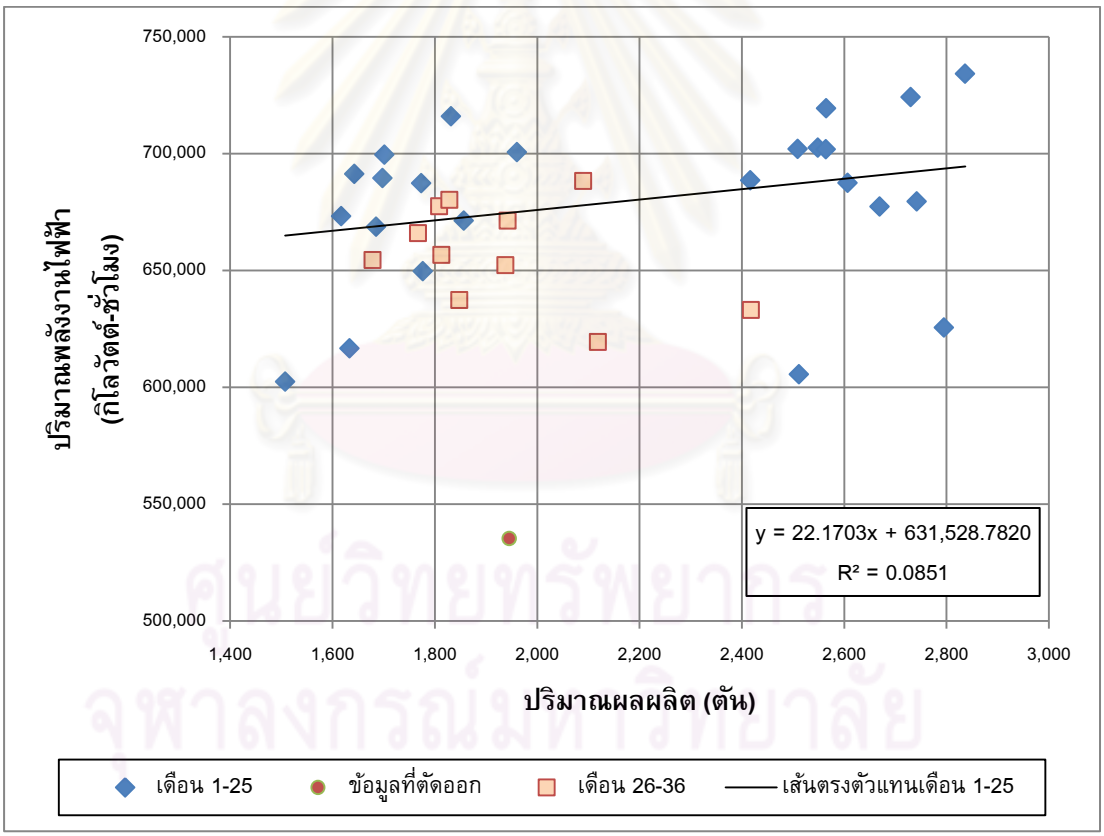
หมายเหตุ ตัดข้อมูลเดือนที่ 16 ออกจากการคำนวณ



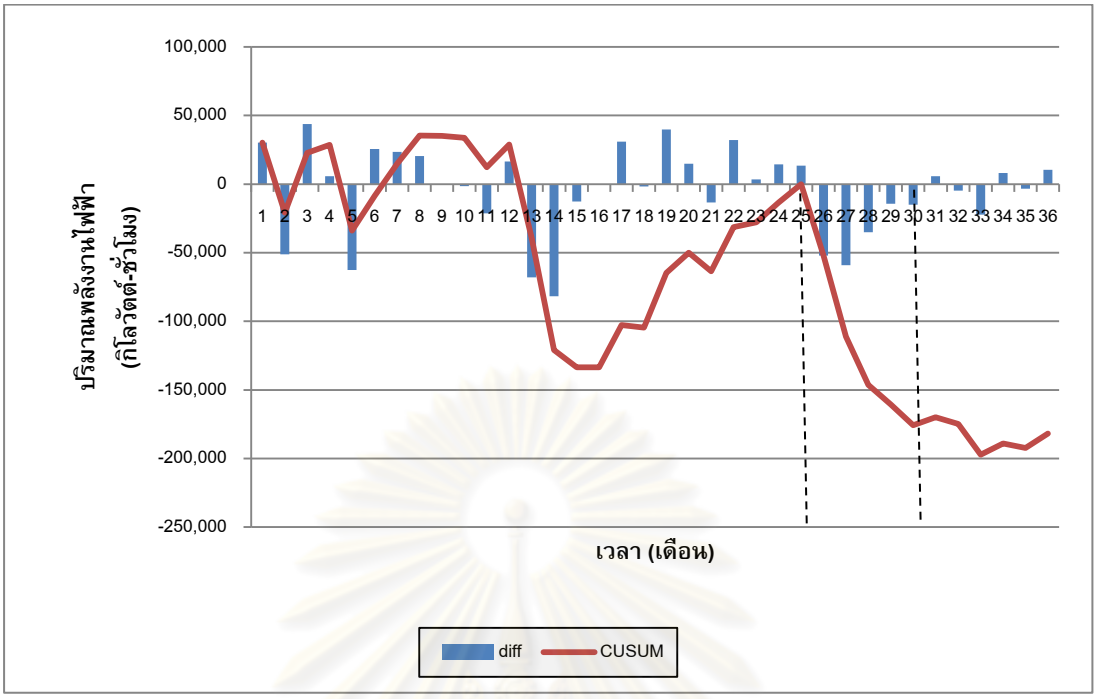
รูปที่ ก14 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมของโรงงานที่ 5

ตารางที่ ก7 มาตรการ และช่วงเวลาที่จัดทำมาตรการของโรงงานที่ 5

มาตรการ	เดือนที่เริ่ม	เดือนที่สิ้นสุด	ผลประหยัดต่อปี (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
การใช้สวิตช์ควบคุมการปิด-เปิด	25	30	114
การกำหนดเวลาปิด-เปิดอุปกรณ์อย่างเหมาะสม	25	30	1,916
บัลลาสต์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์	25	30	107
รวม			2,137



รูปที่ ก15 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 5



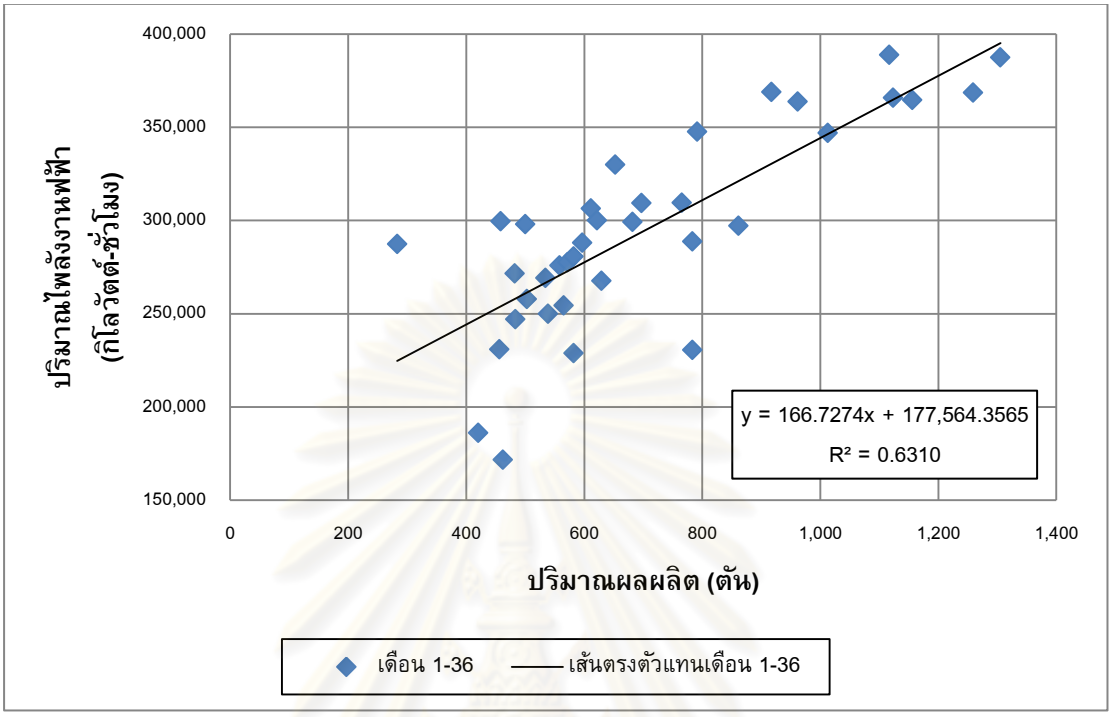
รูปที่ ก16 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 5

ตารางที่ ก8 สรุปผลการวิเคราะห์ของโรงงานที่ 5

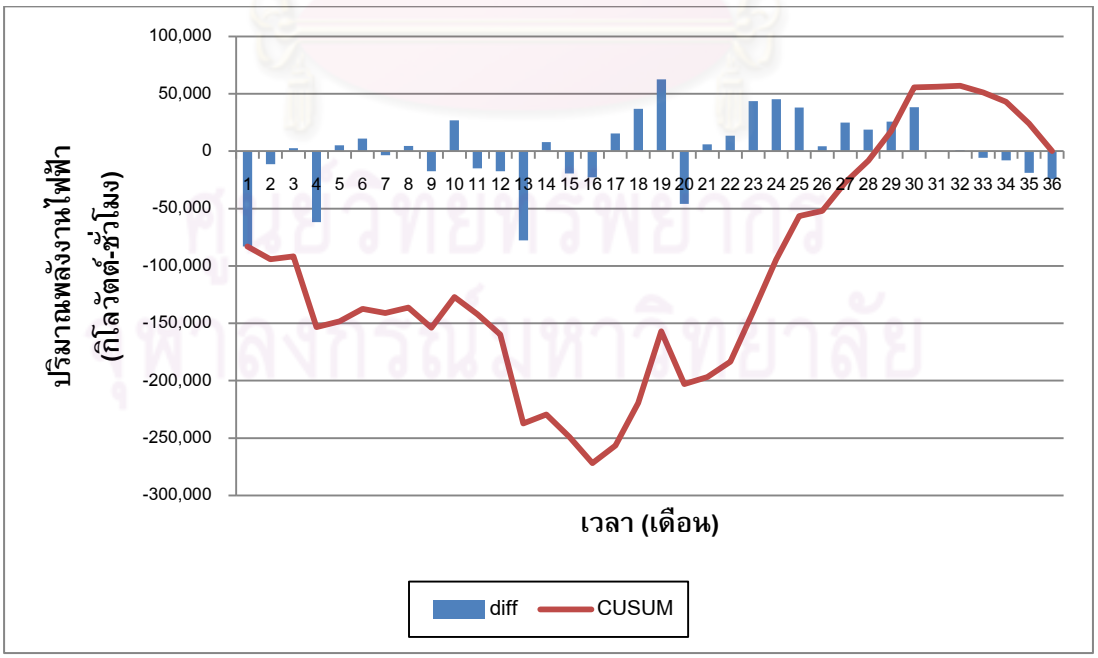
มีผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้า		ผลประหยัดใกล้เคียงกับที่ประเมินไว้		ความต่างของผลประหยัด	ร้อยละของผลประหยัด
ใช่	ไม่ใช่	ใช่	ไม่ใช่		
✓			✓	-77.82	2.08

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โรงงานที่ 6



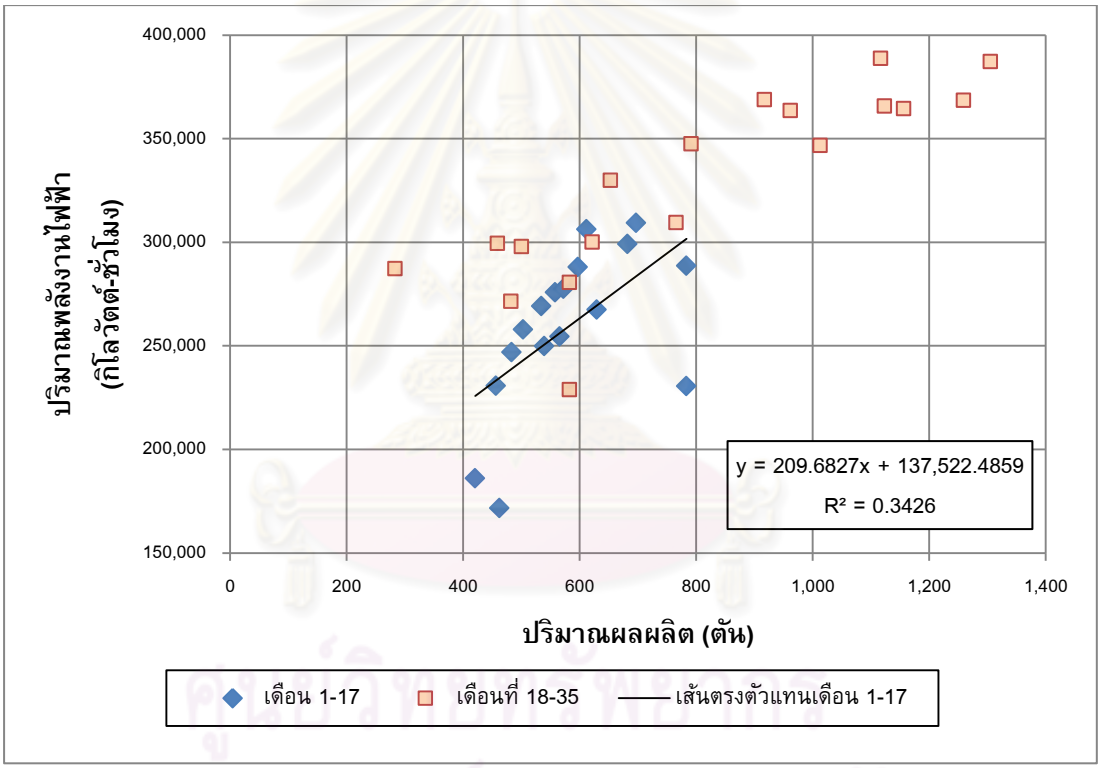
รูปที่ ก17 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าของโรงงานที่ 6



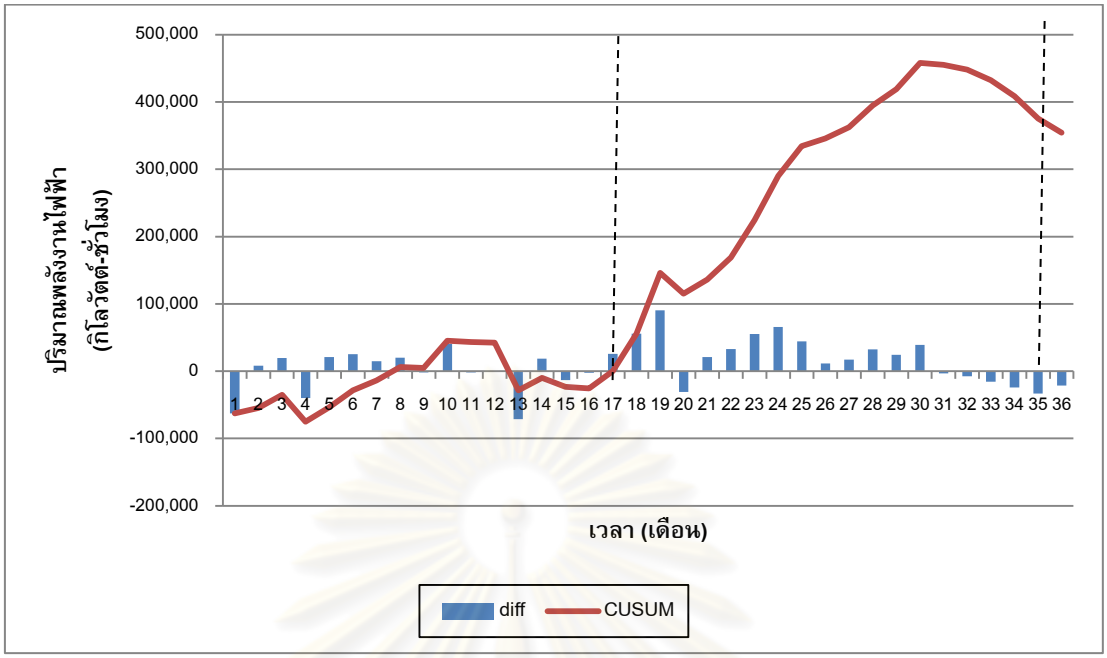
รูปที่ ก18 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมของโรงงานที่ 6

ตารางที่ ก9 มาตรการ และช่วงเวลาที่จัดทำมาตรการของโรงงานที่ 6

มาตรการ	เดือนที่เริ่ม	เดือนที่สิ้นสุด	ผลประหยัดต่อปี (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
มาตรการการเพิ่มประสิทธิภาพที่อุปกรณ์ใช้ความเย็น	17	23	105,091
การบำรุงรักษาที่เหมาะสม	17	32	8,403
การบำรุงรักษาที่เหมาะสม	31	35	5,446
รวม			118,940



รูปที่ ก19 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 6



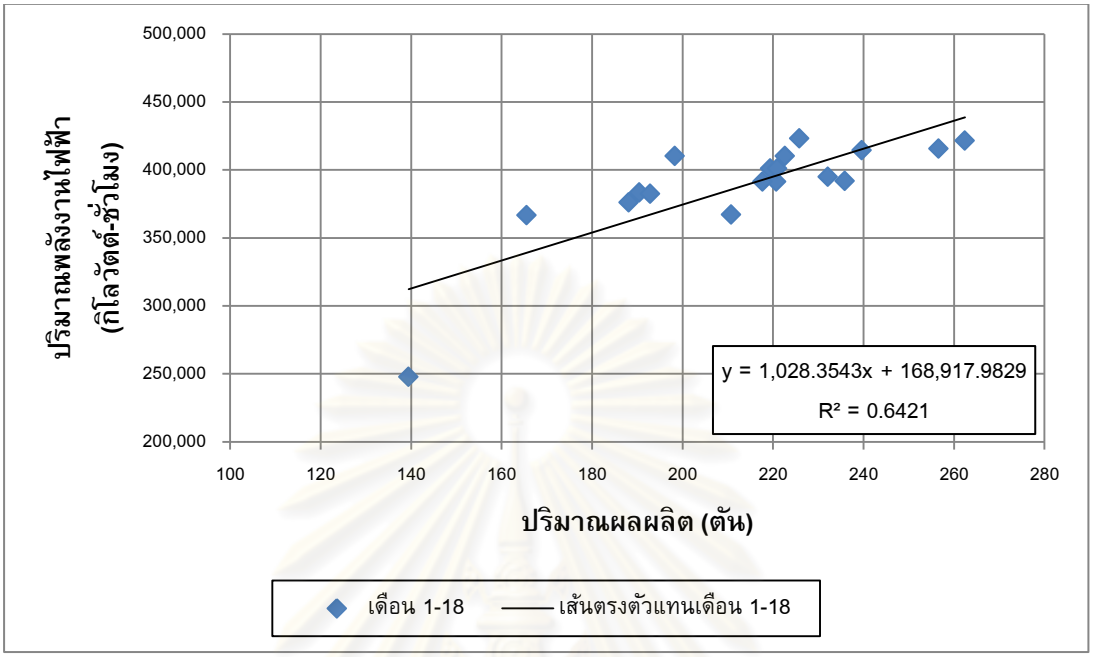
รูปที่ ก20 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 6

ตารางที่ ก10 สรุปผลการวิเคราะห์ของโรงงานที่ 6

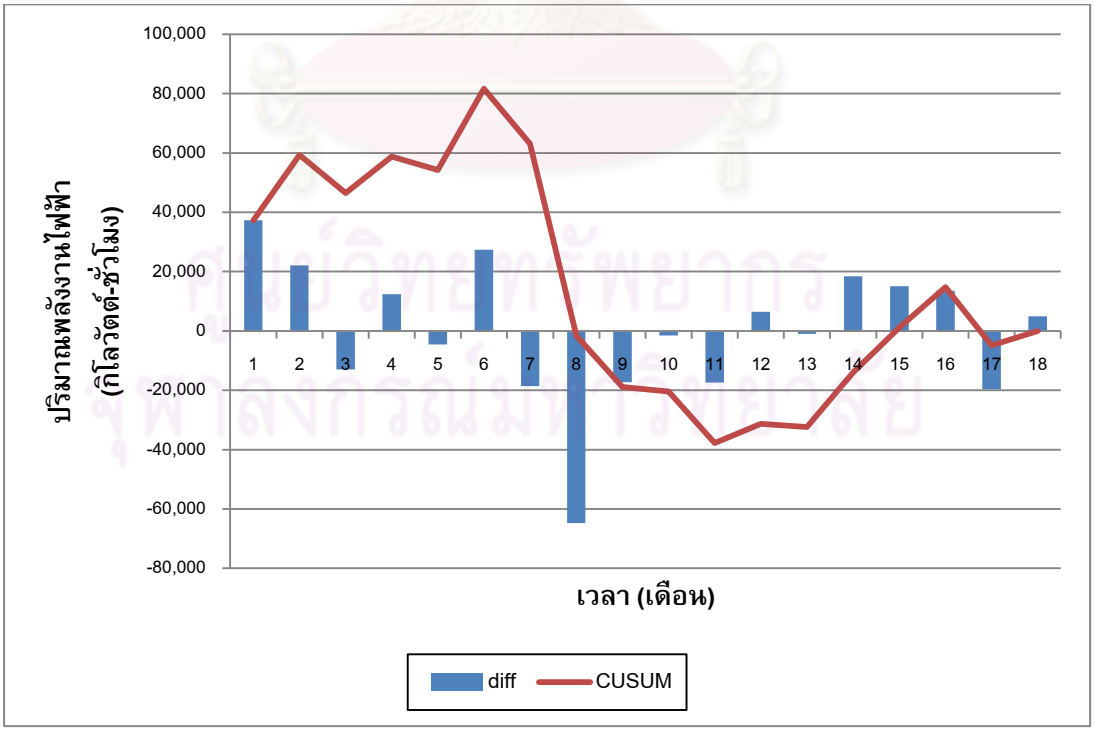
มีผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้า		ผลประหยัดใกล้เคียงกับที่ประเมินไว้		ความต่างของผลประหยัด	ร้อยละของผลประหยัด
ใช่	ไม่ใช่	ใช่	ไม่ใช่		
	✓		✓	1.72	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โรงงานที่ 7



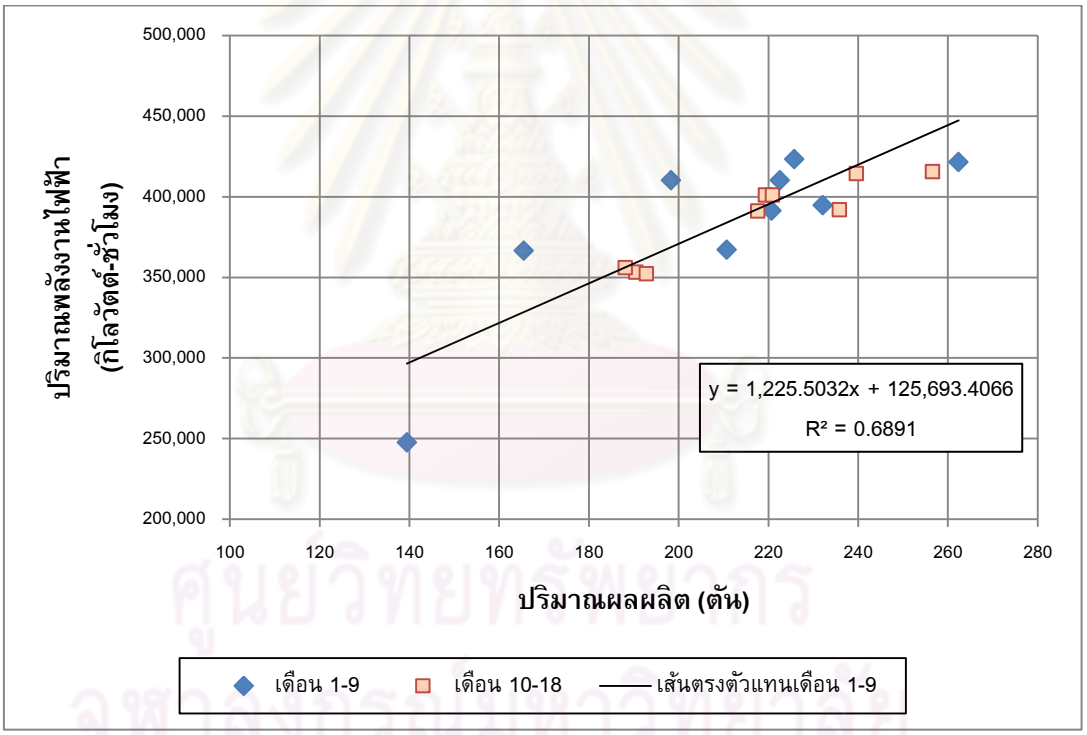
รูปที่ ก21 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าของโรงงานที่ 7



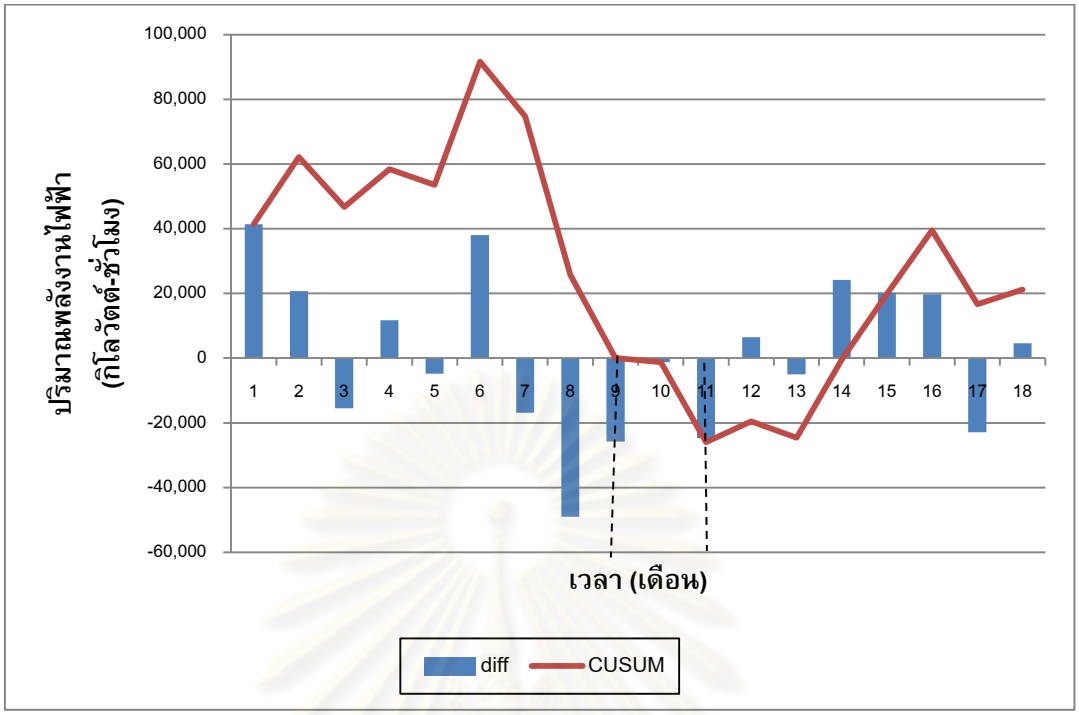
รูปที่ ก22 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมของโรงงานที่ 7

ตารางที่ ก11 มาตรการ และช่วงเวลาที่จัดทำมาตรการของโรงงานที่ 7

มาตรการ	เดือนที่เริ่ม	เดือนที่สิ้นสุด	ผลประหยัดต่อปี (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
มาตรการเพิ่มประสิทธิภาพในการให้ความร้อนด้วยไฟฟ้าในรูปแบบอื่น ๆ	9	11	262
การใช้ระบบปรับความเร็วรอบ (VVF) กับมอเตอร์พัดลมระบายอากาศ	9	11	3,024
รวม			3,286



รูปที่ ก23 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 7



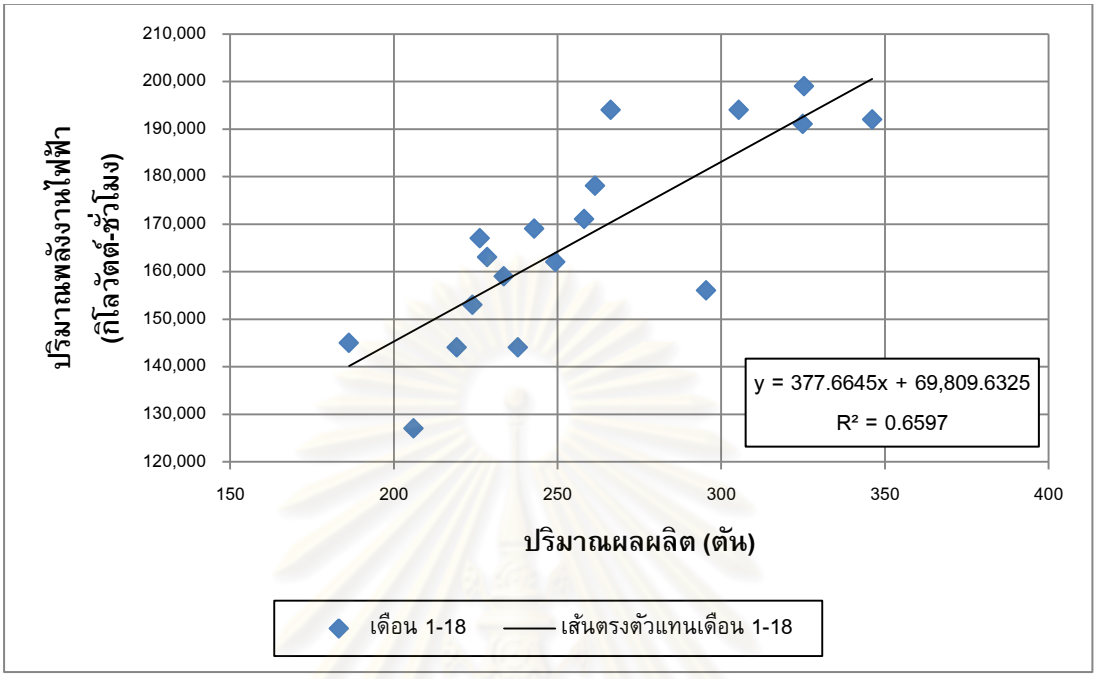
รูปที่ ก24 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 7

ตารางที่ ก12 สรุปผลการวิเคราะห์ของโรงงานที่ 7

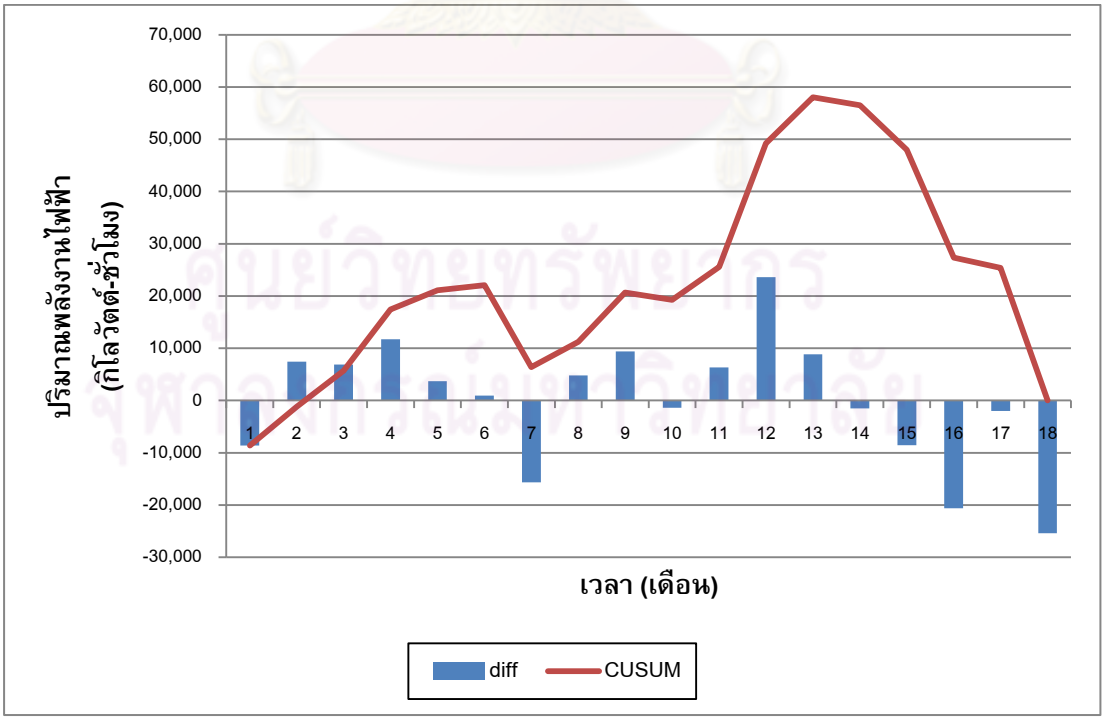
มีผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้า		ผลประหยัดใกล้เคียงกับที่ประเมินไว้		ความต่างของผลประหยัด	ร้อยละของผลประหยัด
ใช่	ไม่ใช่	ใช่	ไม่ใช่		
✓			✓	-29.87	2.25

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โรงงานที่ 9



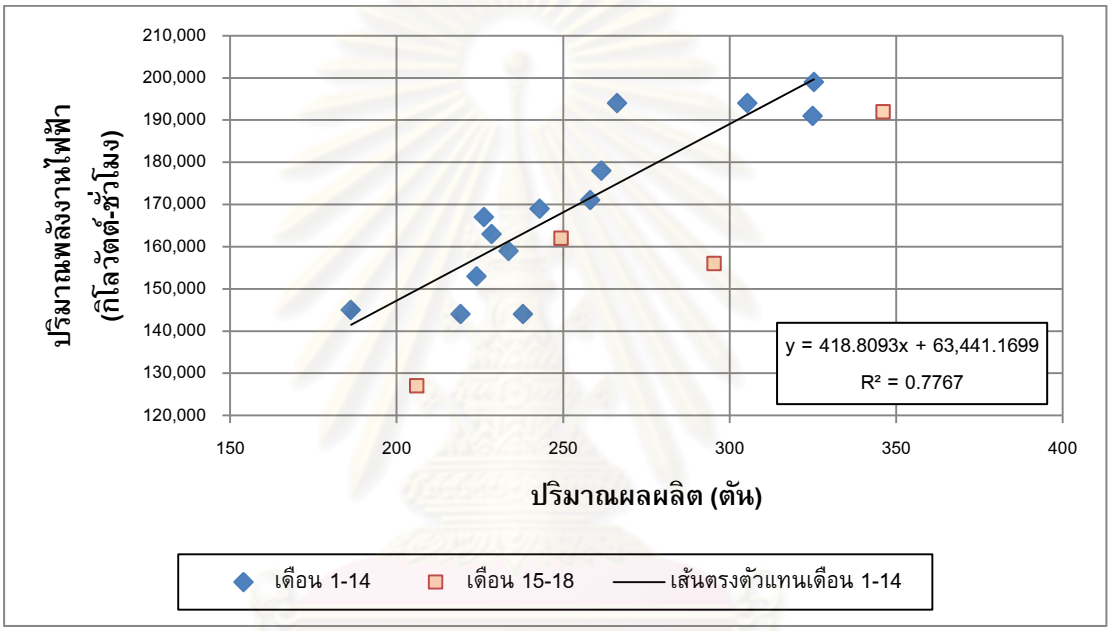
รูปที่ ก25 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าของโรงงานที่ 9



รูปที่ ก26 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมของโรงงานที่ 9

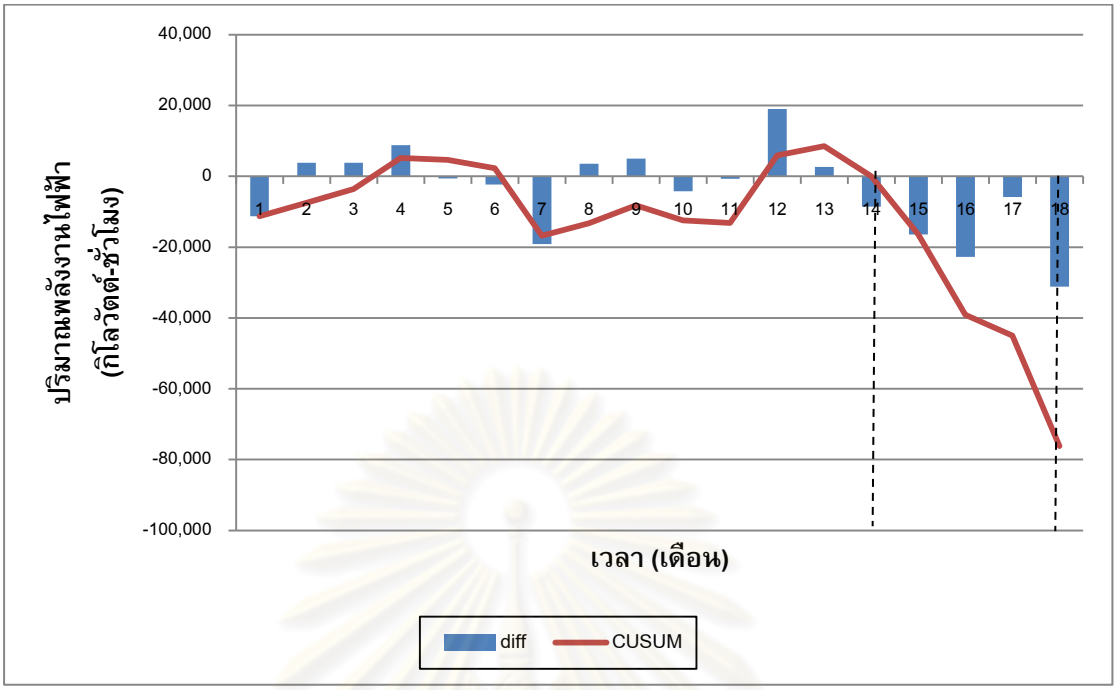
ตารางที่ ก13 มาตรการ และช่วงเวลาที่จัดทำมาตรการของโรงงานที่ 9

มาตรการ	เดือนที่เริ่ม	เดือนที่สิ้นสุด	ผลประหยัดต่อปี (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
การลดการรั่วไหลของอากาศอัด	14	18	15,243
รวม			15,243



รูปที่ ก27 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 9

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



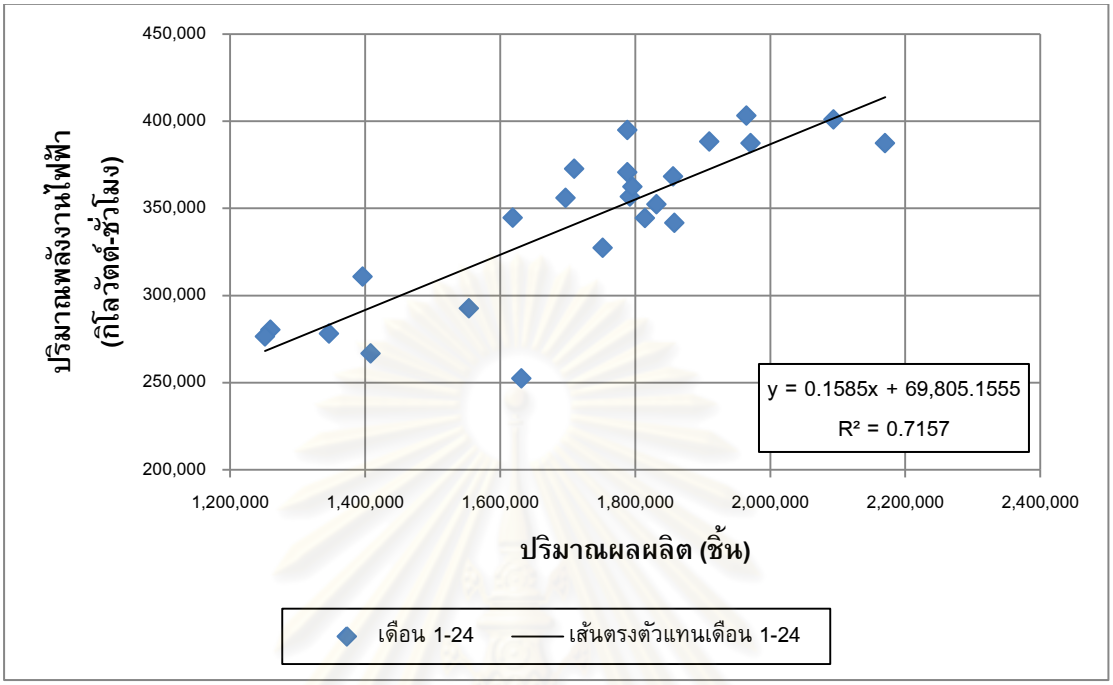
รูปที่ ก28 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 9

ตารางที่ ก14 สรุปผลการวิเคราะห์ของโรงงานที่ 9

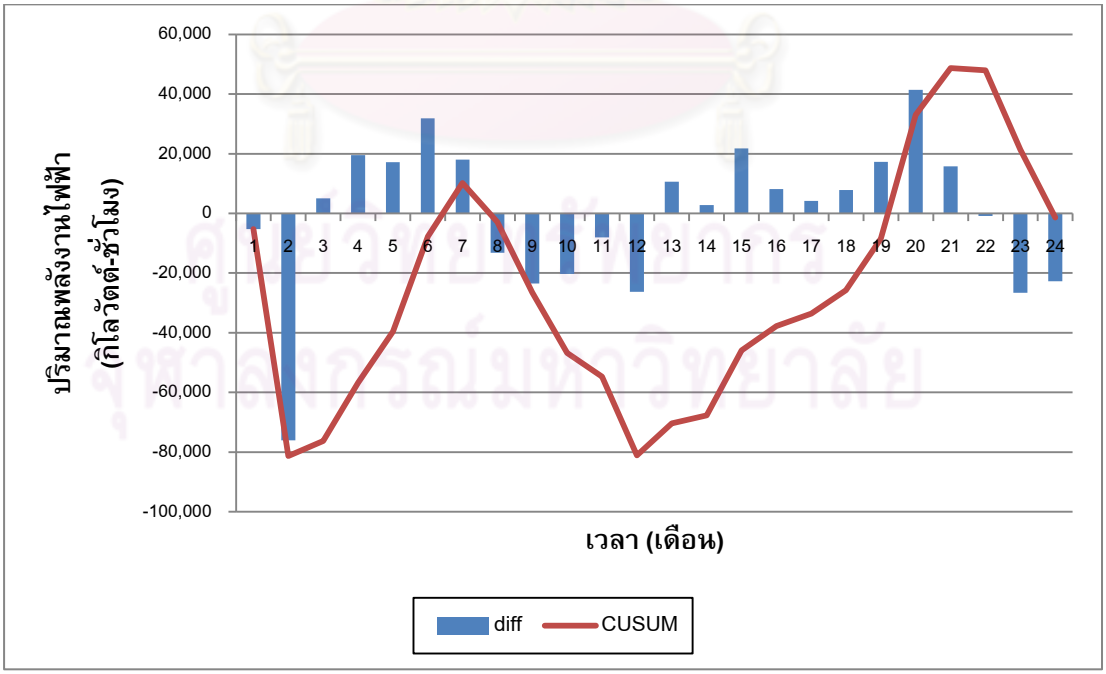
มีผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้า		ผลประหยัดใกล้เคียงกับที่ประเมินไว้		ความต่างของผลประหยัด	ร้อยละของผลประหยัด
ใช่	ไม่ใช่	ใช่	ไม่ใช่		
✓			✓	-12.34	9.99

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โรงงานที่ 10



รูปที่ ก29 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าของโรงงานที่ 10

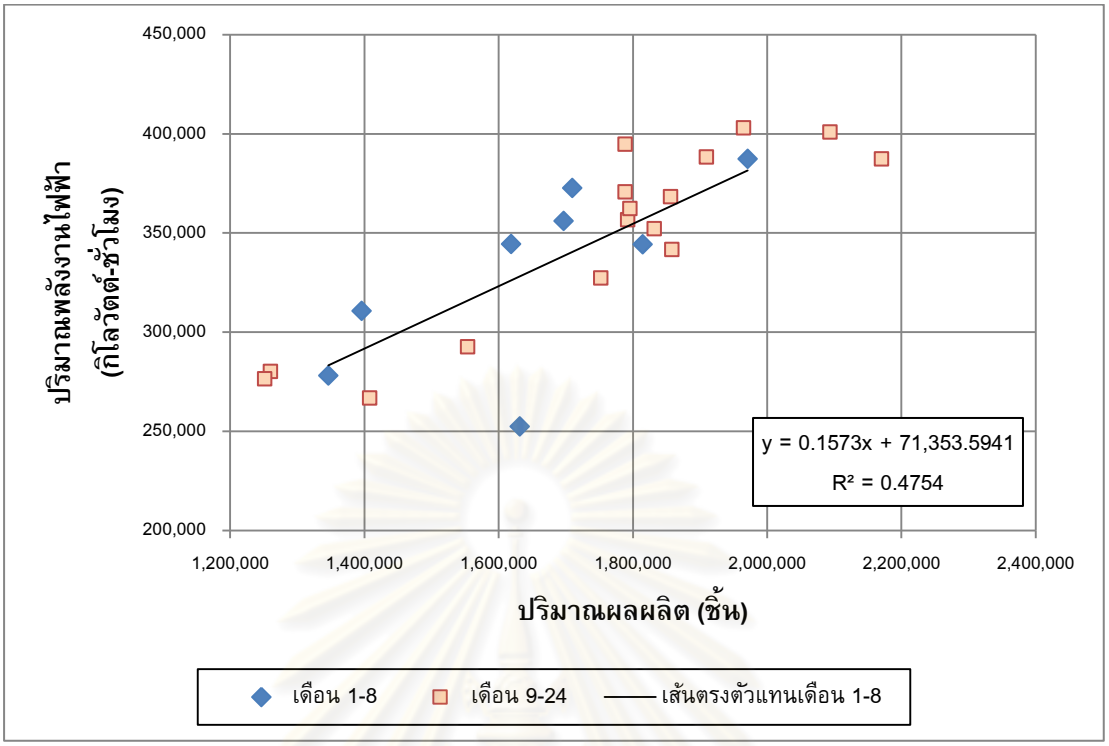


รูปที่ ก30 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมของโรงงานที่ 10

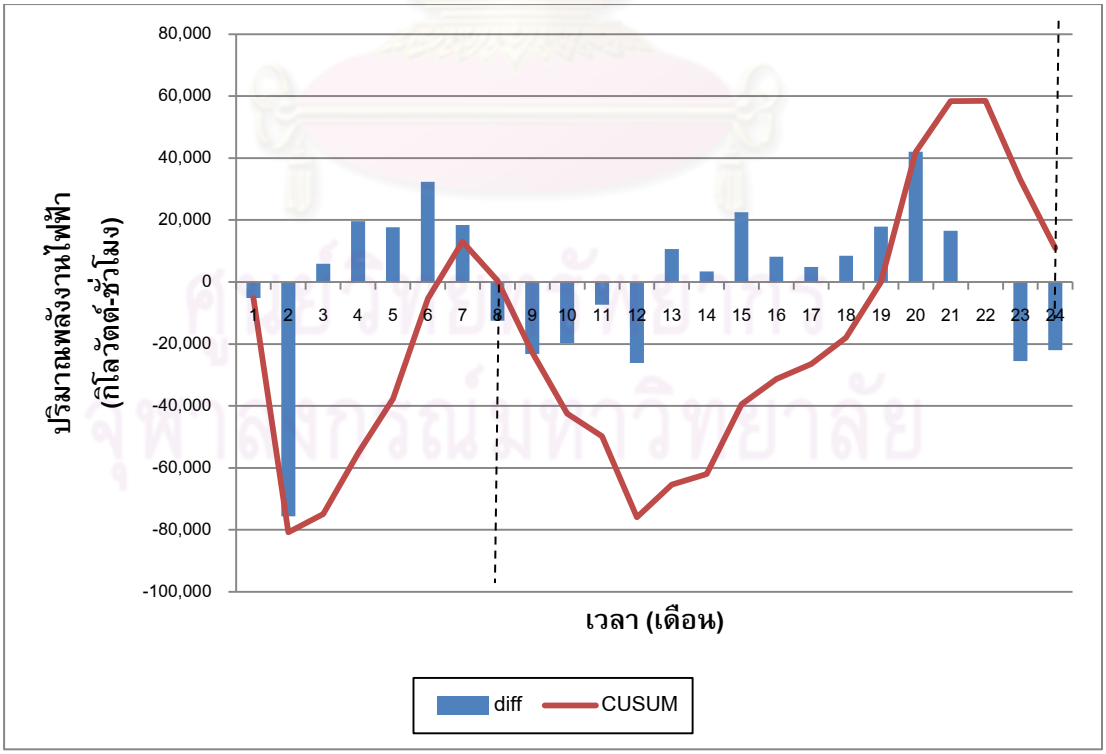
ตารางที่ ก15 มาตรการ และช่วงเวลาที่จัดทำมาตรการของโรงงานที่ 10

มาตรการ	เดือนที่เริ่ม	เดือนที่สิ้นสุด	ผลประหยัดต่อปี (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
การหุ้มฉนวนอุปกรณ์ให้ความร้อน	10	10	253,200
การใช้สวิตช์ควบคุมอุณหภูมิชนิดอิเล็คทรอนิกส์	8	8	11,413
การติดตั้งแผ่นสะท้อนแสงที่โคมไฟเดิม	14	14	1,800
การเปลี่ยนจากหลอดแสงจันทร์เป็นหลอดโลหะฮาไลด์	17	18	6,000
การใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง	14	14	65,000
ลดจำนวนวัตต์ของหลอดไฟฟ้า	13	13	600
การใช้ระบบตรวจจับอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็น เพื่อควบคุมการทำงานของหอผึ่งน้ำเย็น	23	24	11,000
รวม			349,013

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ก31 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 10



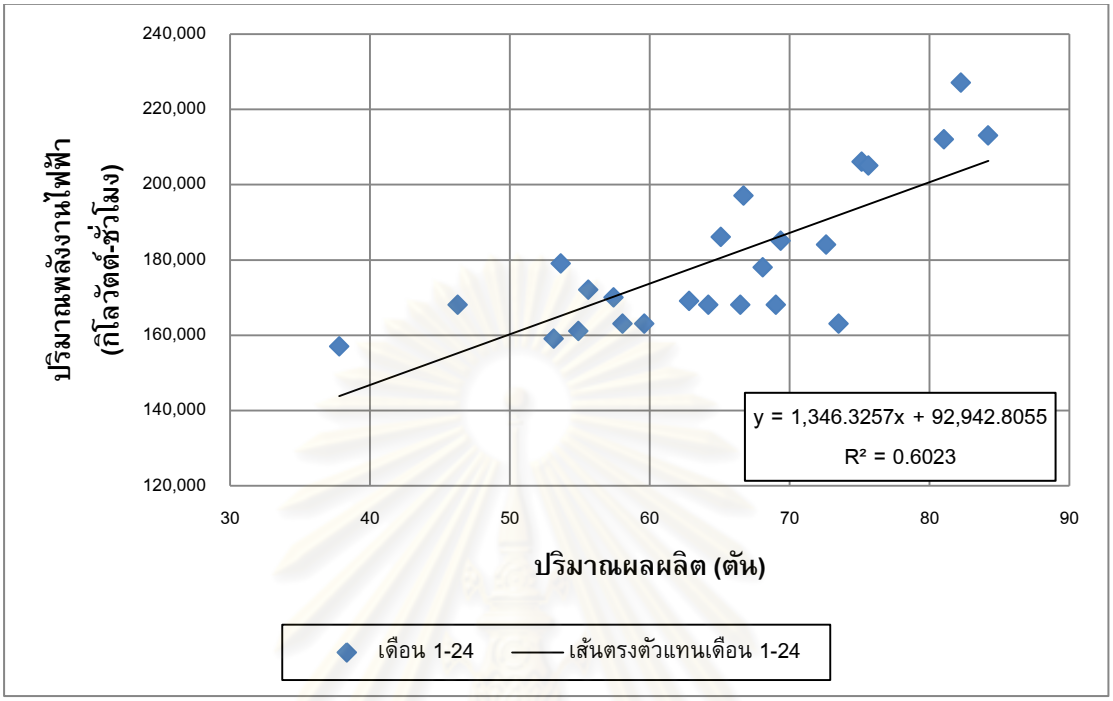
รูปที่ ก32 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 10

ตารางที่ ก16 สรุปผลการวิเคราะห์ของโรงงานที่ 10

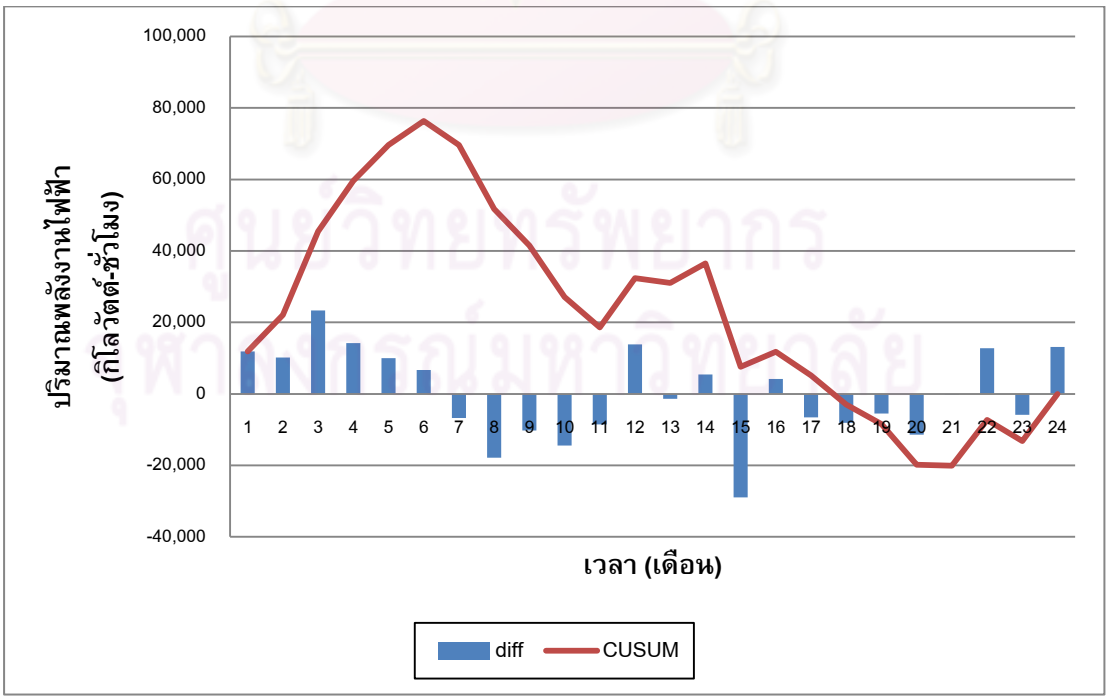
มีผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้า		ผลประหยัดใกล้เคียงกับที่ประเมินไว้		ความต่างของผลประหยัด	ร้อยละของผลประหยัด
ใช่	ไม่ใช่	ใช่	ไม่ใช่		
	✓		✓	1.25	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โรงงานที่ 11



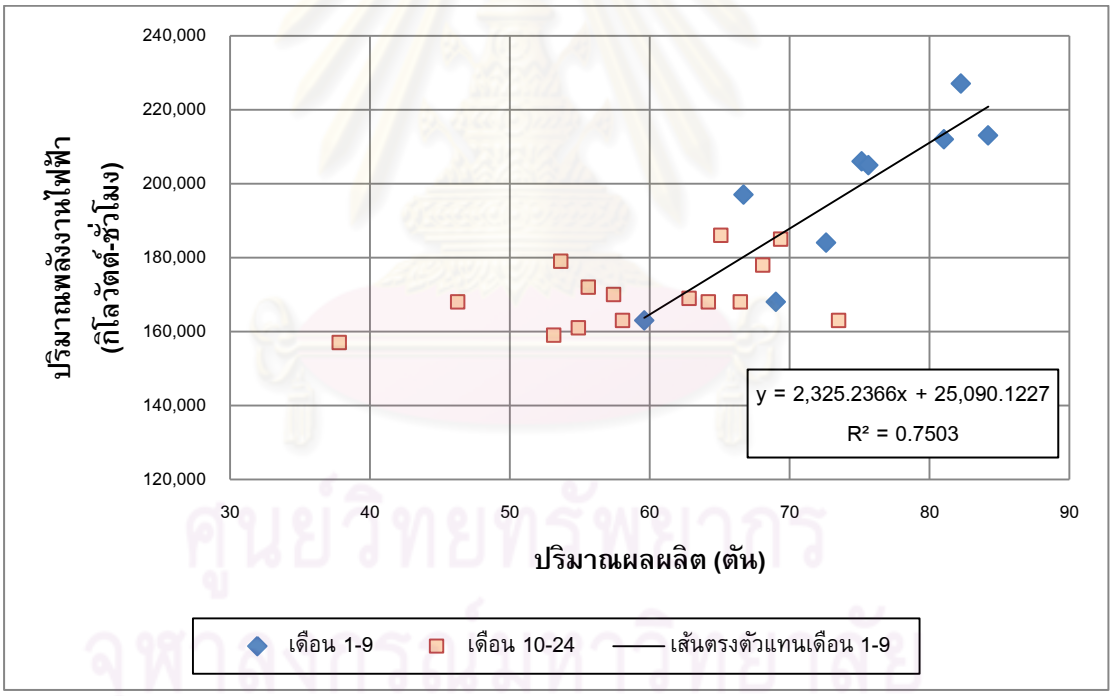
รูปที่ ก33 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าของโรงงานที่ 11



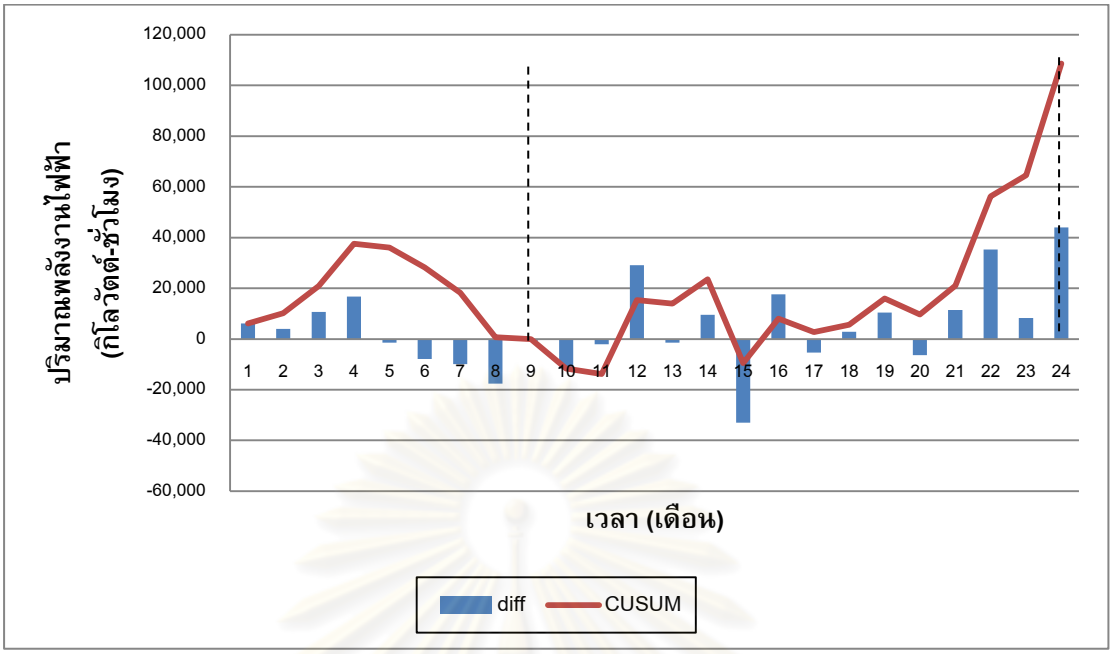
รูปที่ ก34 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมของโรงงานที่ 11

ตารางที่ ก17 มาตรการ และช่วงเวลาที่จัดทำมาตรการของโรงงานที่ 11

มาตรการ	เดือนที่เริ่ม	เดือนที่สิ้นสุด	ผลประหยัดต่อปี (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
การใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง	9	18	3,456
บัลลาสต์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ (Low Loss Ballast)	9	18	17,712
การใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง	9	24	8,208
บัลลาสต์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ (Low Loss Ballast)	9	18	17,712
การลดการรั่วไหลของอากาศอัด	10	14	71,712
รวม			118,800



รูปที่ ก35 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 11



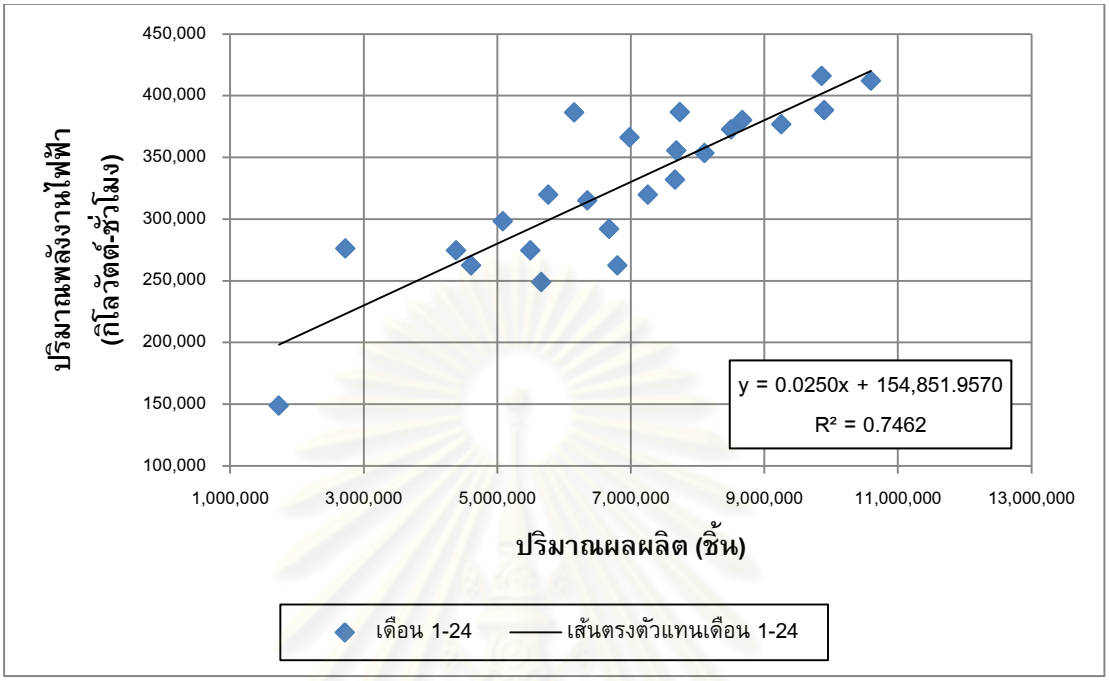
รูปที่ ก36 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 11

ตารางที่ ก18 สรุปผลการวิเคราะห์ของโรงงานที่ 11

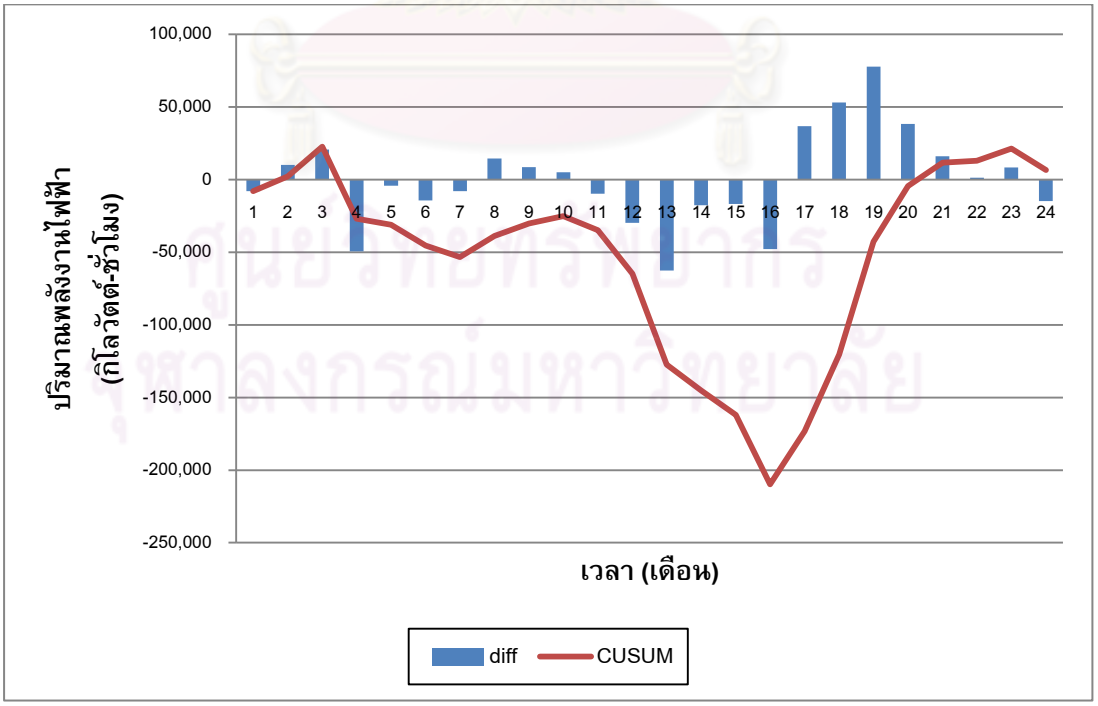
มีผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้า		ผลประหยัดใกล้เคียงกับที่ประเมินไว้		ความต่างของผลประหยัด	ร้อยละของผลประหยัด
ใช่	ไม่ใช่	ใช่	ไม่ใช่		
	✓		✓	1.78	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โรงงานที่ 12



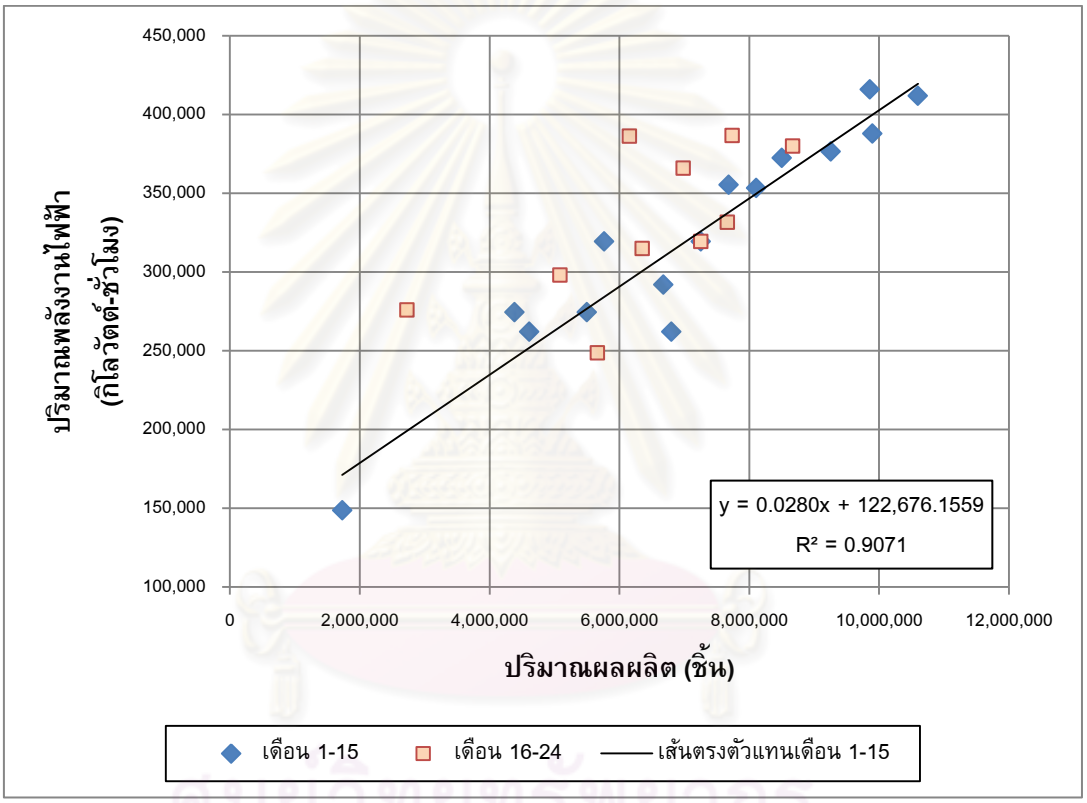
รูปที่ ก37 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าของโรงงานที่ 12



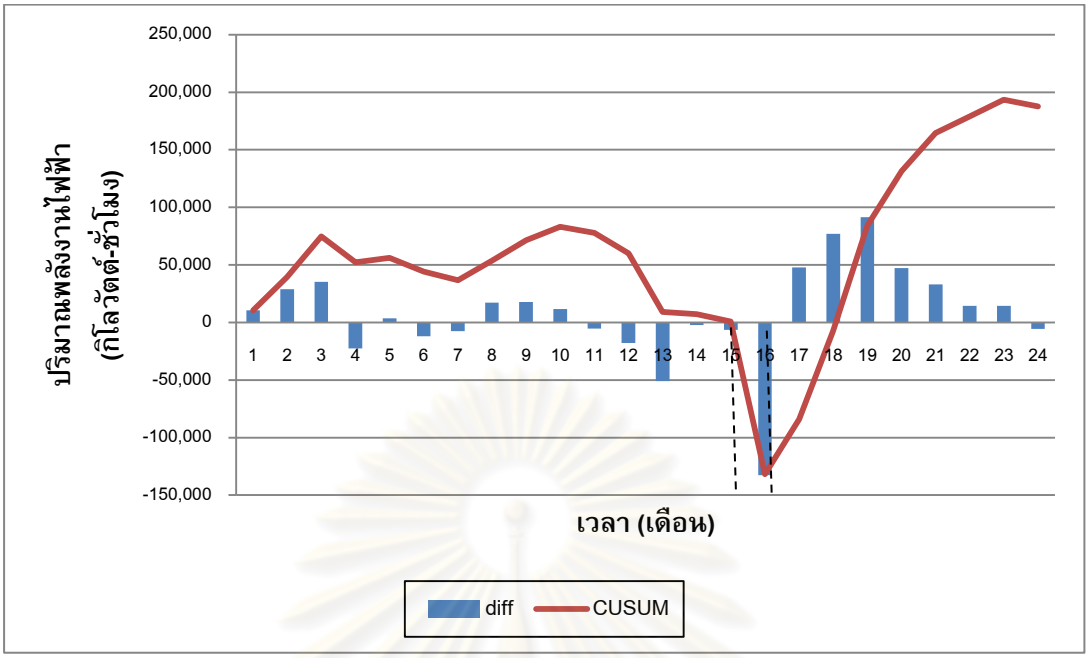
รูปที่ ก38 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมของโรงงานที่ 12

ตารางที่ ก19 มาตรการ และช่วงเวลาที่จัดทำมาตรการของโรงงานที่ 12

มาตรการ	เดือนที่เริ่ม	เดือนที่สิ้นสุด	ผลประหยัดต่อปี (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
การหุ้มฉนวนให้กับอุปกรณ์ที่ใช้ความร้อน	15	16	124,272.30
รวม			124,272.30



รูปที่ ก39 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 12



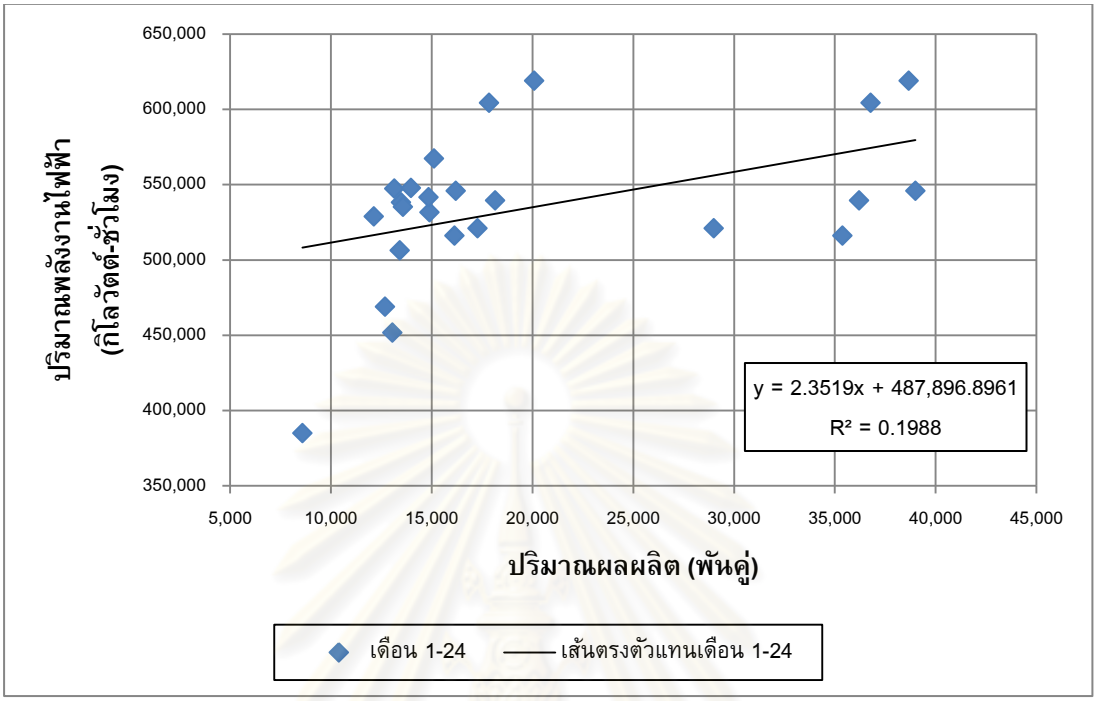
รูปที่ ก40 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 12

ตารางที่ ก20 สรุปผลการวิเคราะห์ของโรงงานที่ 12

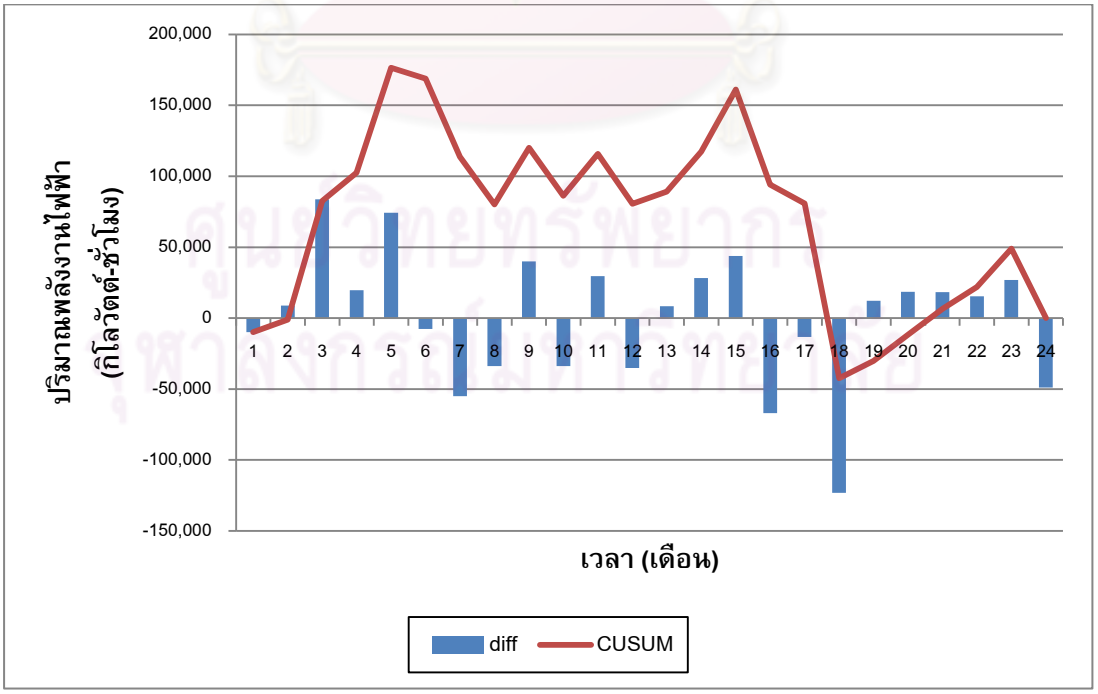
มีผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้า		ผลประหยัดใกล้เคียงกับที่ประเมินไว้		ความต่างของผลประหยัด	ร้อยละของผลประหยัด
ใช่	ไม่ใช่	ใช่	ไม่ใช่		
✓			✓	3.71	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โรงงานที่ 13



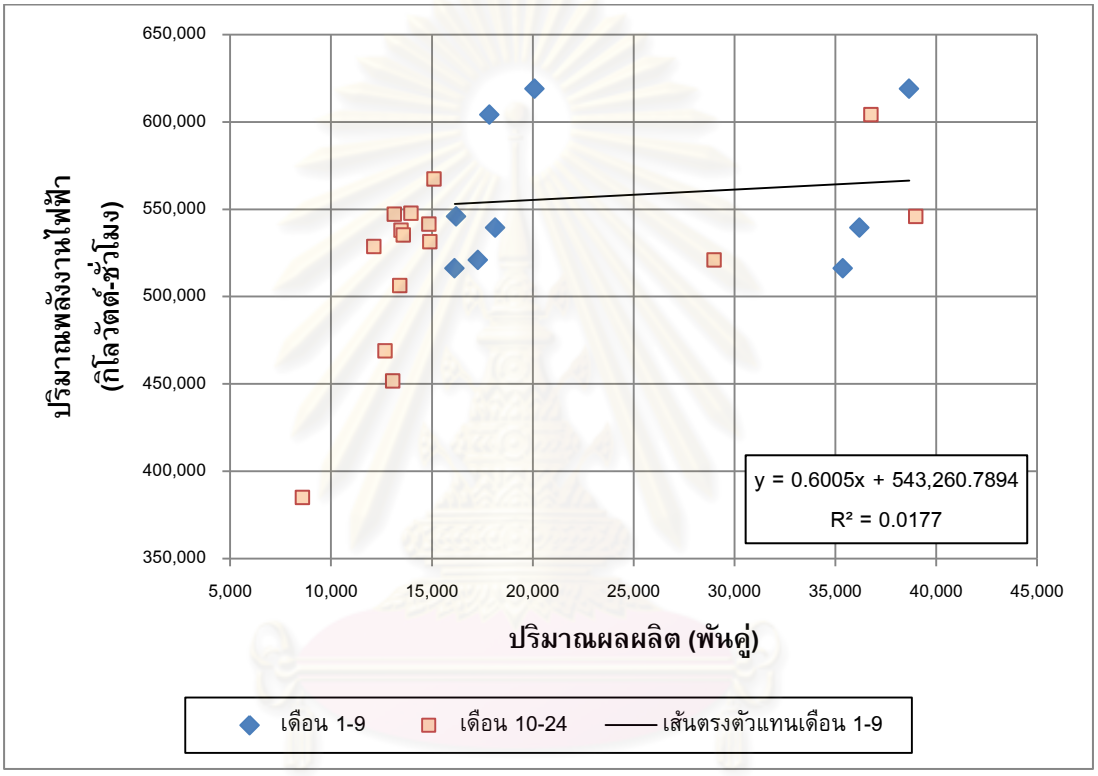
รูปที่ ก41 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าของโรงงานที่ 13



รูปที่ ก42 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมของโรงงานที่ 13

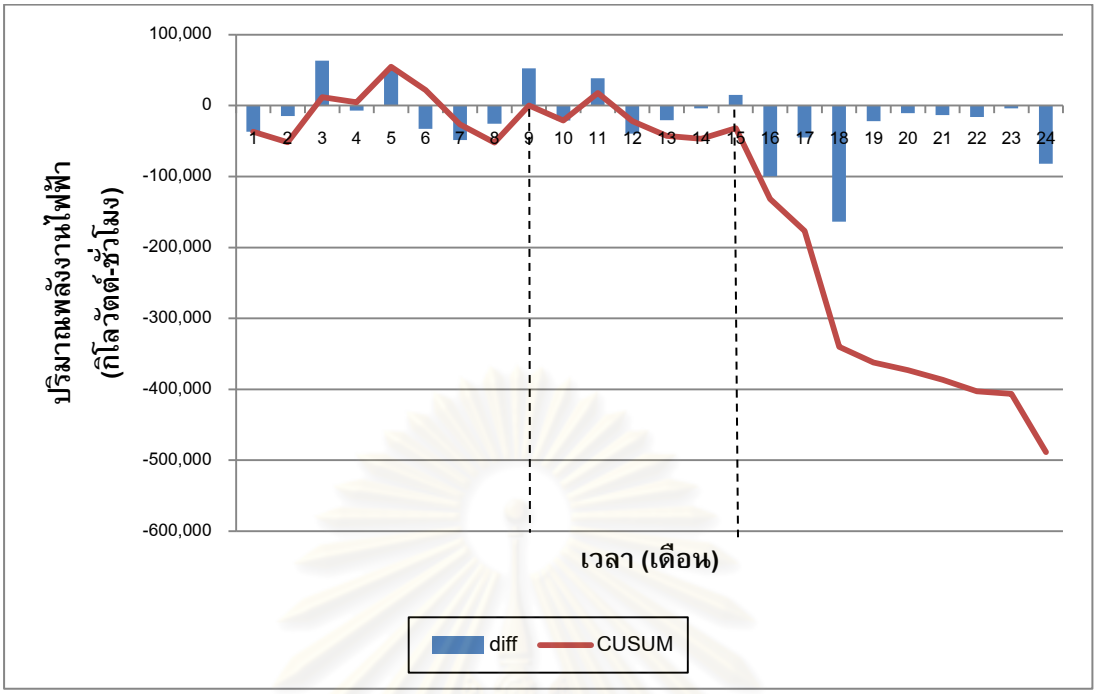
ตารางที่ ก21 มาตรการ และช่วงเวลาที่จัดทำมาตรการของโรงงานที่ 13

มาตรการ	เดือนที่เริ่ม	เดือนที่สิ้นสุด	ผลประหยัดต่อปี (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
การเปลี่ยนหม้อไอน้ำ	9	15	1,546,560
รวม			1,546,560



รูปที่ ก43 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 13

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



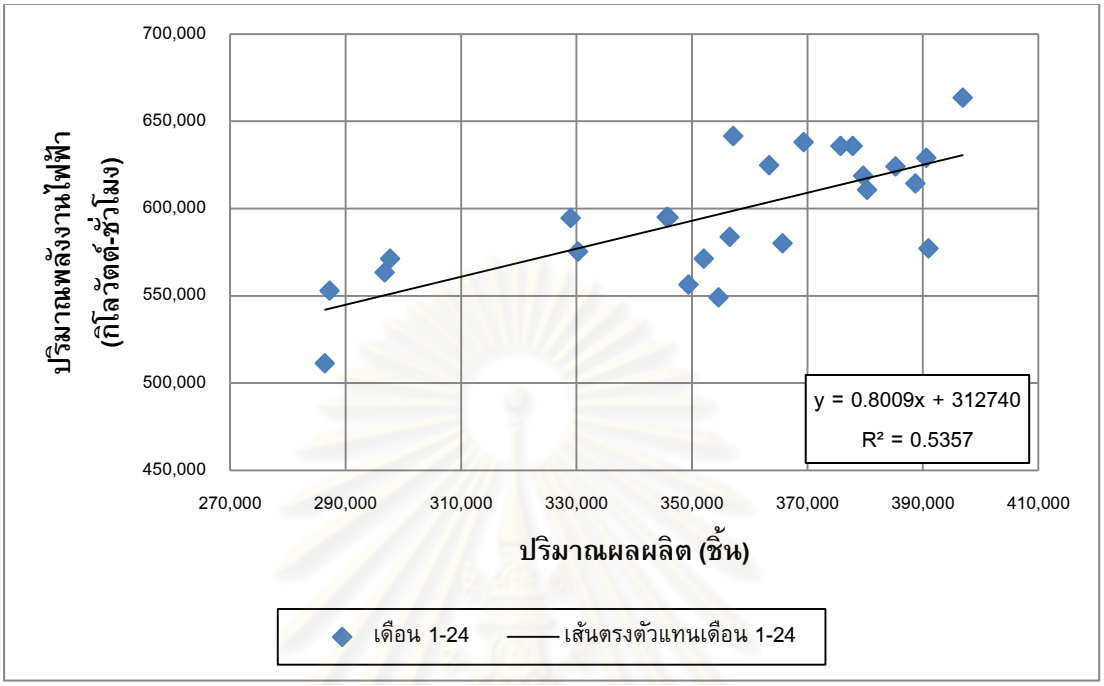
รูปที่ ก44 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 13

ตารางที่ ก22 สรุปผลการวิเคราะห์ของโรงงานที่ 13

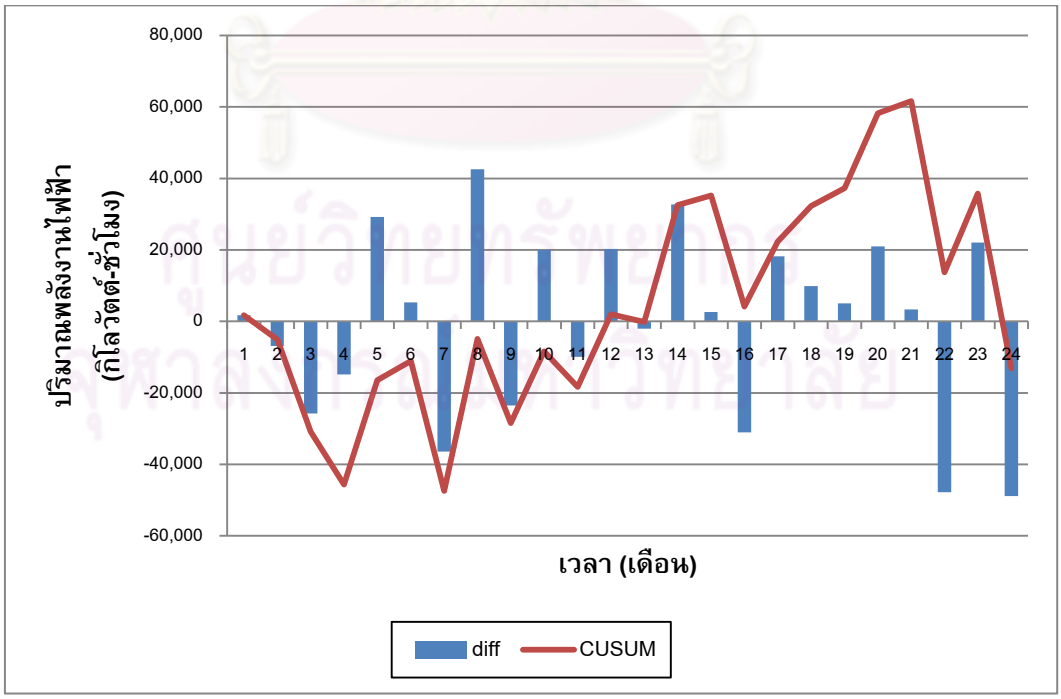
มีผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้า		ผลประหยัดใกล้เคียงกับที่ประเมินไว้		ความต่างของผลประหยัด	ร้อยละของผลประหยัด
ใช่	ไม่ใช่	ใช่	ไม่ใช่		
	✓		✓	1.21	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โรงงานที่ 14



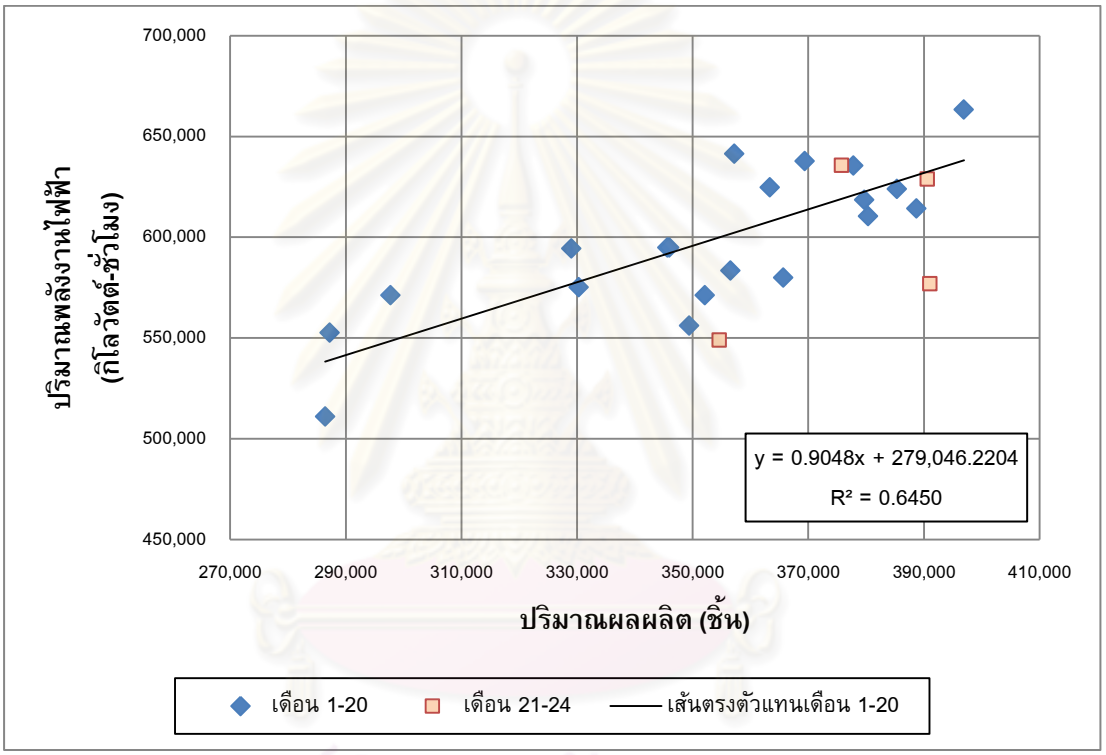
รูปที่ ก45 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าของโรงงานที่ 14



รูปที่ ก46 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมของโรงงานที่ 14

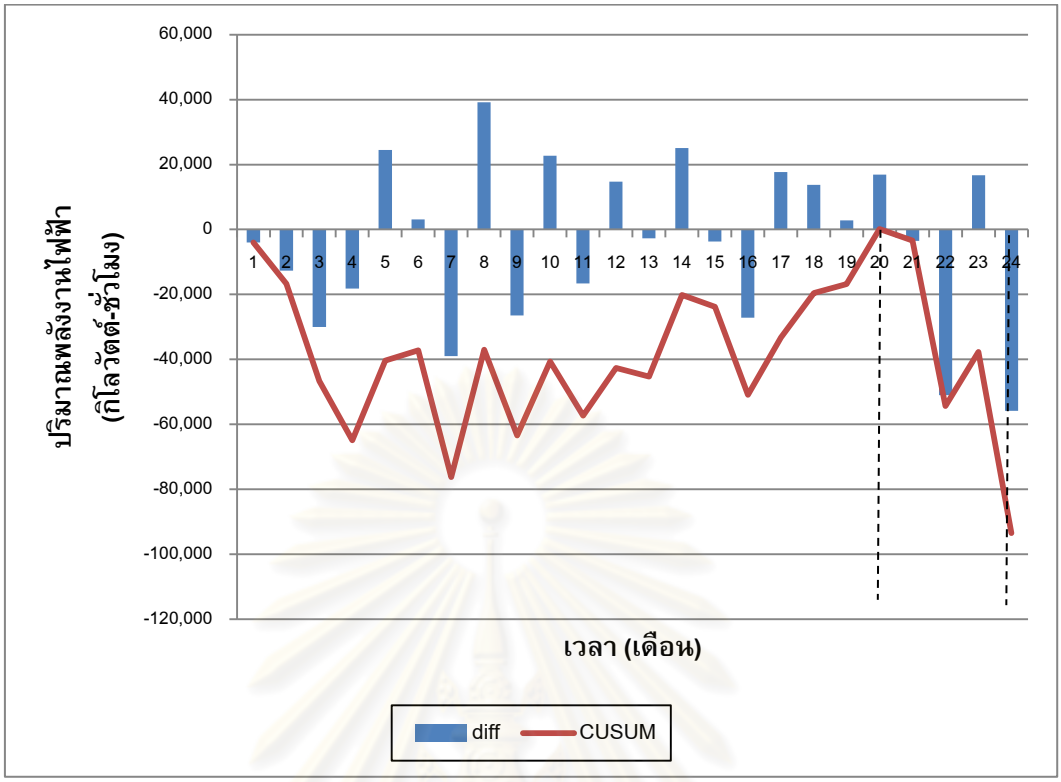
ตารางที่ ก23 มาตรการ และช่วงเวลาที่จัดทำมาตรการของโรงงานที่ 14

มาตรการ	เดือนที่เริ่ม	เดือนที่สิ้นสุด	ผลประหยัดต่อปี (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
การใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ประสิทธิภาพสูง	20	24	46,260.00
รวม			46,260.00



รูปที่ ก47 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 14

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

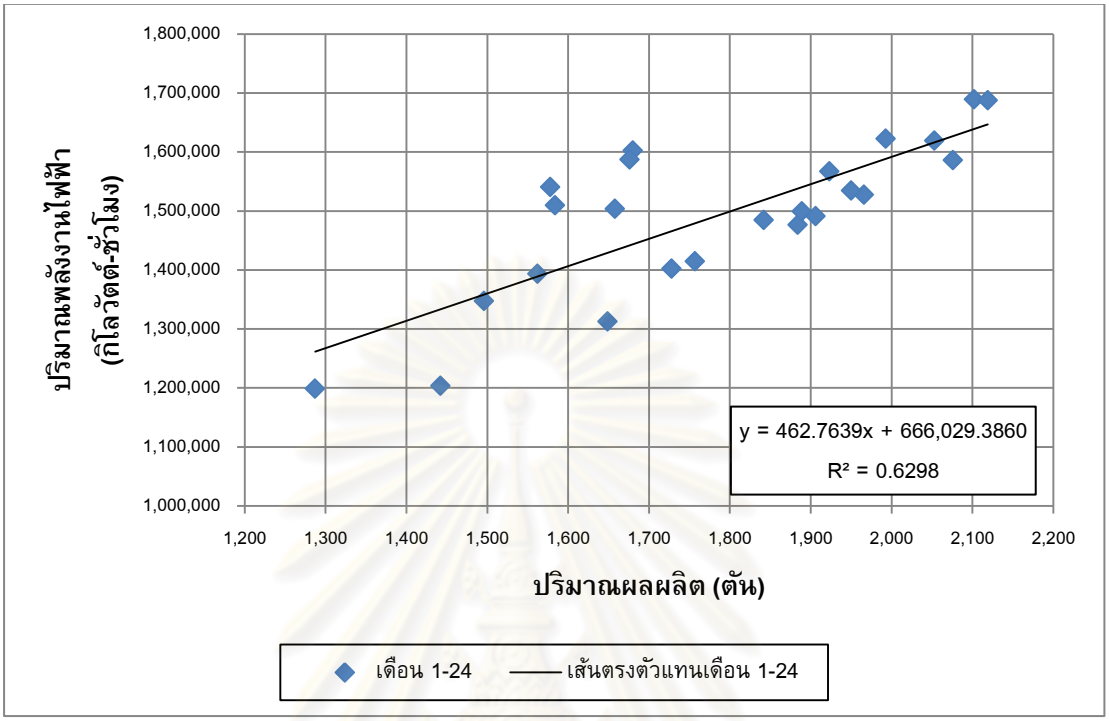


รูปที่ ก48 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 14

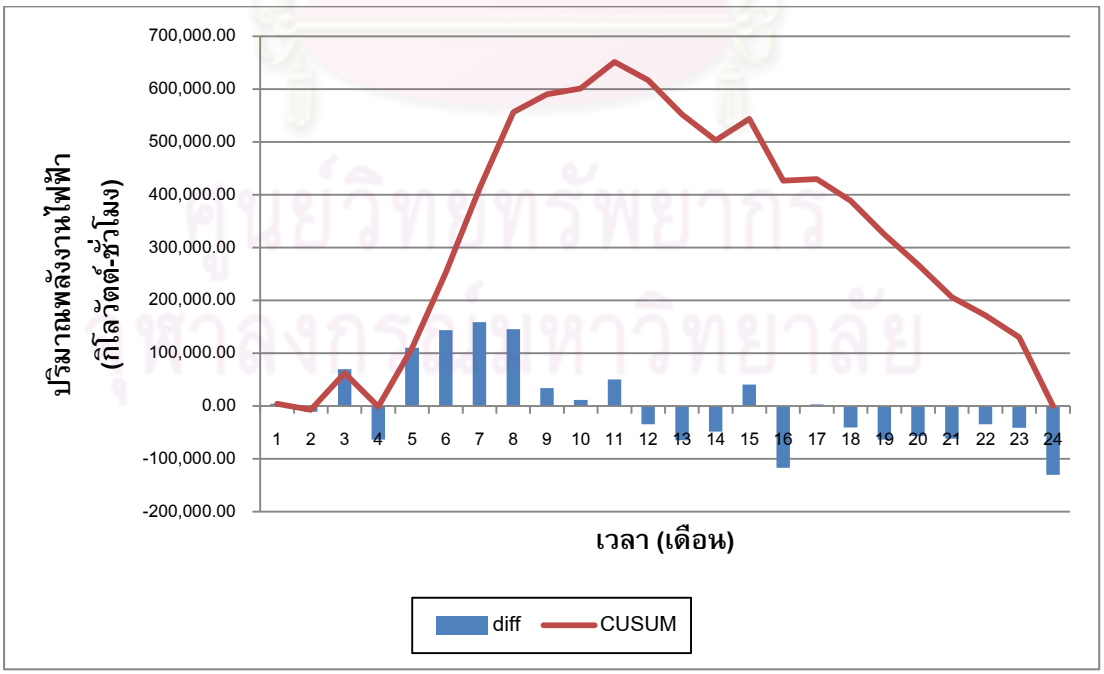
ตารางที่ ก24 สรุปผลการวิเคราะห์ของโรงงานที่ 14

มีผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้า		ผลประหยัดใกล้เคียงกับที่ประเมินไว้		ความต่างของผลประหยัด	ร้อยละของผลประหยัด
ใช่	ไม่ใช่	ใช่	ไม่ใช่		
✓		✓		-0.10	0.71

โรงงานที่ 15



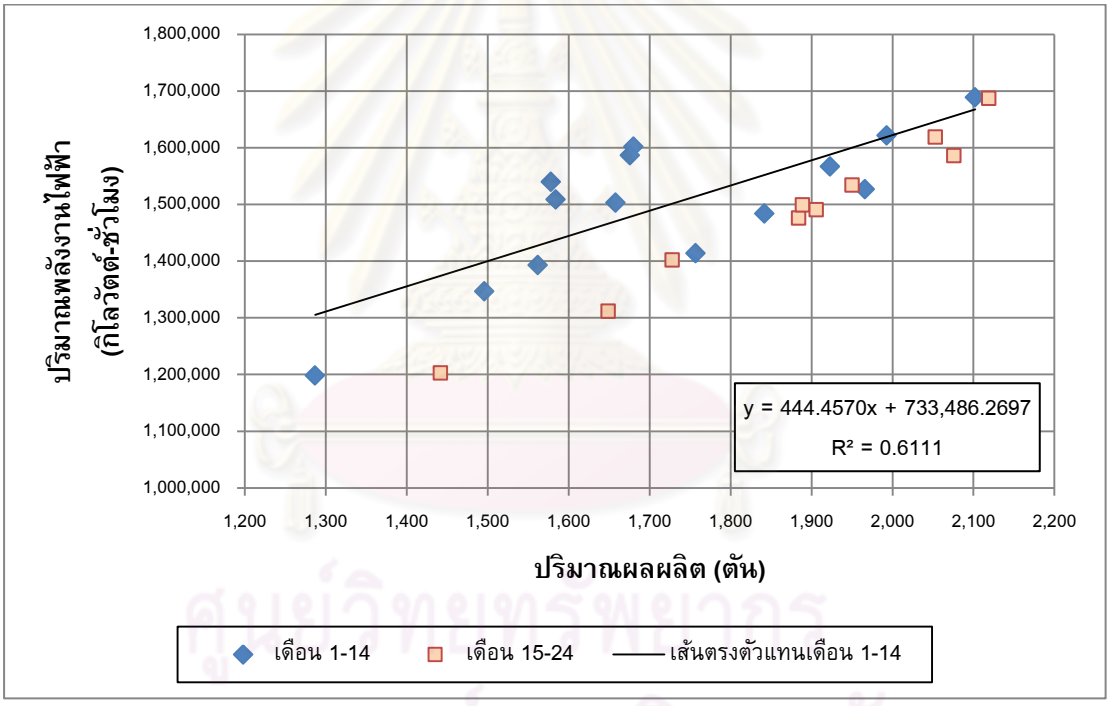
รูปที่ ก49 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าของโรงงานที่ 15



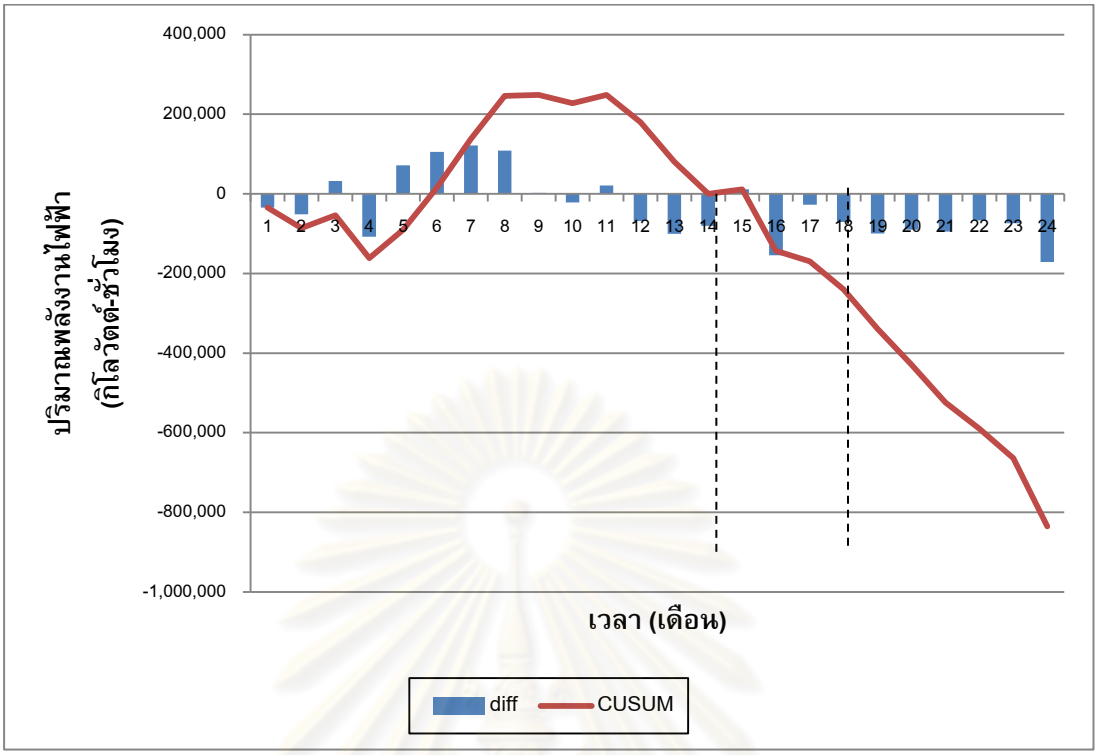
รูปที่ ก50 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมของโรงงานที่ 15

ตารางที่ ก25 มาตรการ และช่วงเวลาที่จัดทำมาตรการของโรงงานที่ 15

มาตรการ	เดือนที่เริ่ม	เดือนที่สิ้นสุด	ผลประหยัดต่อปี (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
มาตรการการใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ประสิทธิภาพสูงอื่นๆที่ไม่สามารถจัดอยู่ในกลุ่มอื่นได้	14	18	41,092
การใช้สวิตช์ควบคุมการปิดเปิด	15	18	2,543
รวม			43,635



รูปที่ ก51 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 15



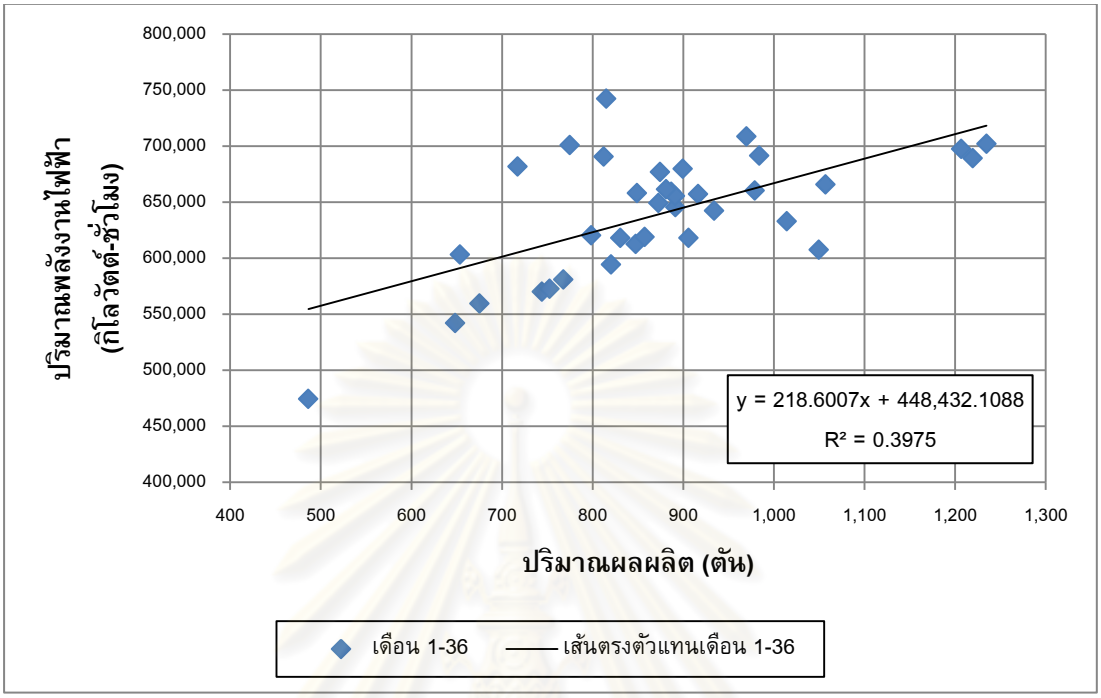
รูปที่ ก52 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 15

ตารางที่ ก26 สรุปผลการวิเคราะห์ของโรงงานที่ 15

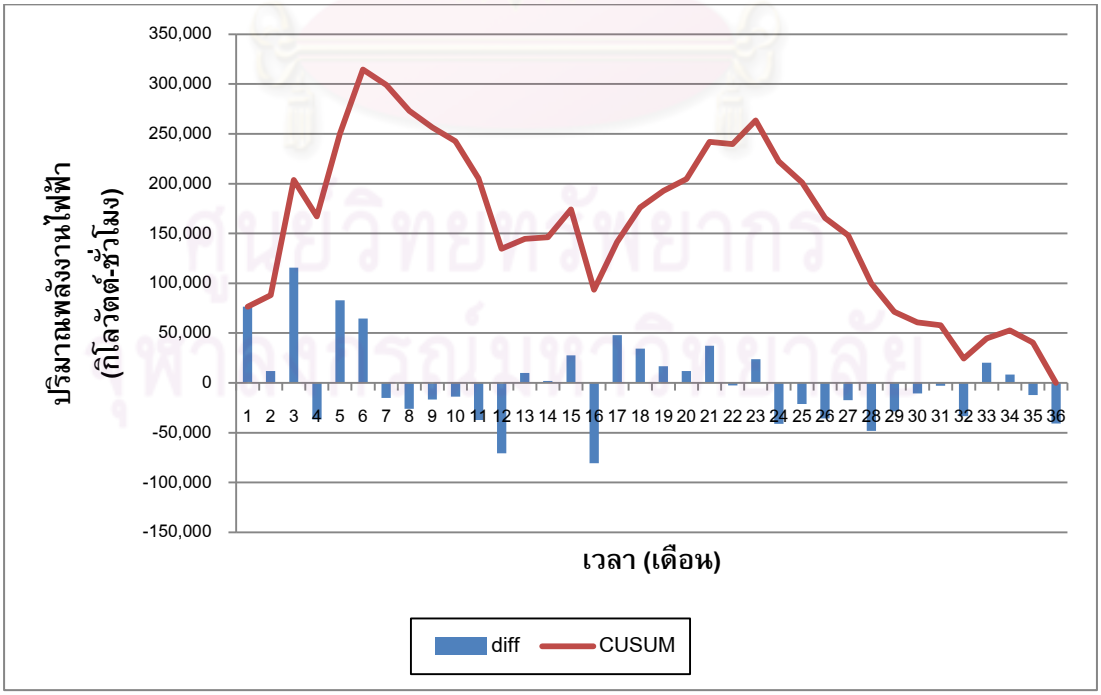
มีผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้า		ผลประหยัดใกล้เคียงกับที่ประเมินไว้		ความต่างของผลประหยัด	ร้อยละของผลประหยัด
ใช่	ไม่ใช่	ใช่	ไม่ใช่		
✓			✓	-21.89	5.57

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โรงงานที่ 16



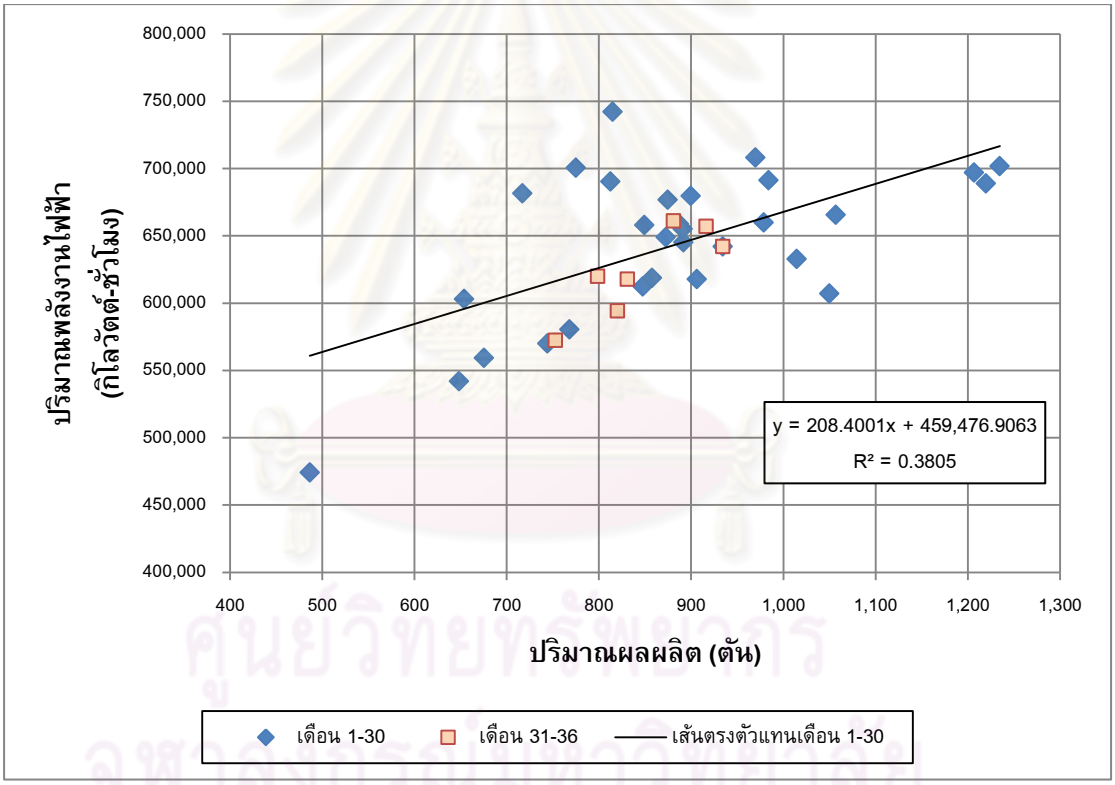
รูปที่ ก53 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าของโรงงานที่ 16



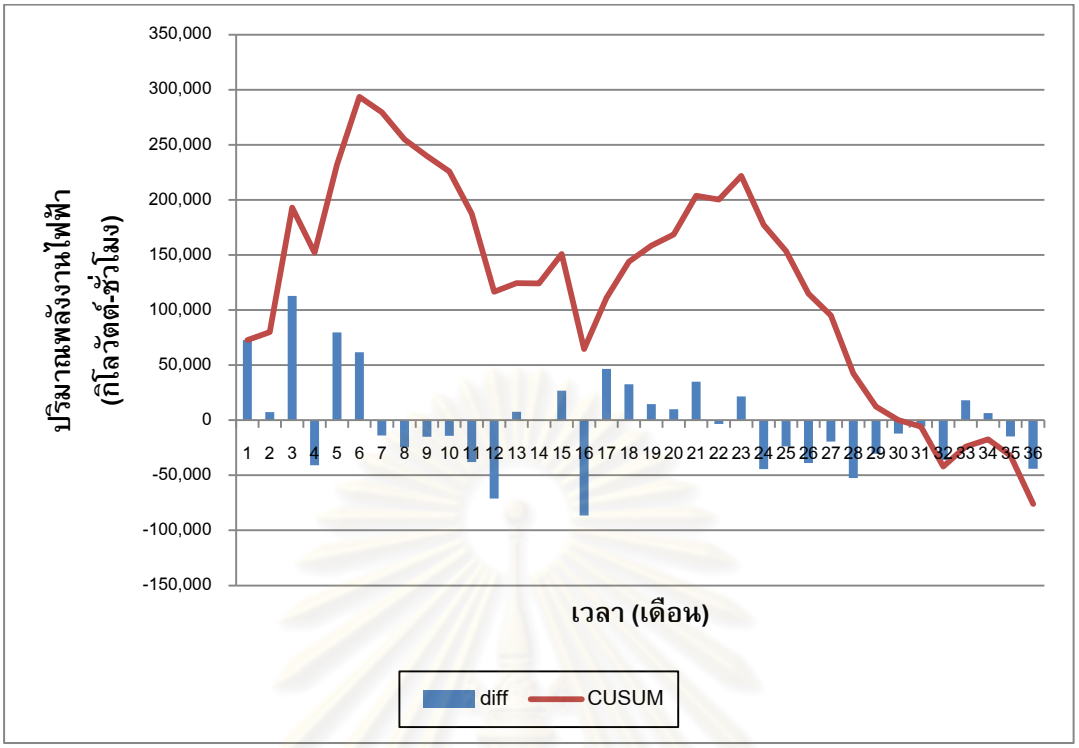
รูปที่ ก54 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมของโรงงานที่ 16

ตารางที่ ก27 มาตรการ และช่วงเวลาที่จัดทำมาตรการของโรงงานที่ 16

มาตรการ	เดือนที่เริ่ม	เดือนที่สิ้นสุด	ผลประหยัดต่อปี (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
การใช้สวิตช์ควบคุมการปิด-เปิด	30	30	1,613.00
การกำหนดเวลาเปิด-ปิดที่เหมาะสม	31	31	1,612.80
รวม			3,225.80



รูปที่ ก55 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 16



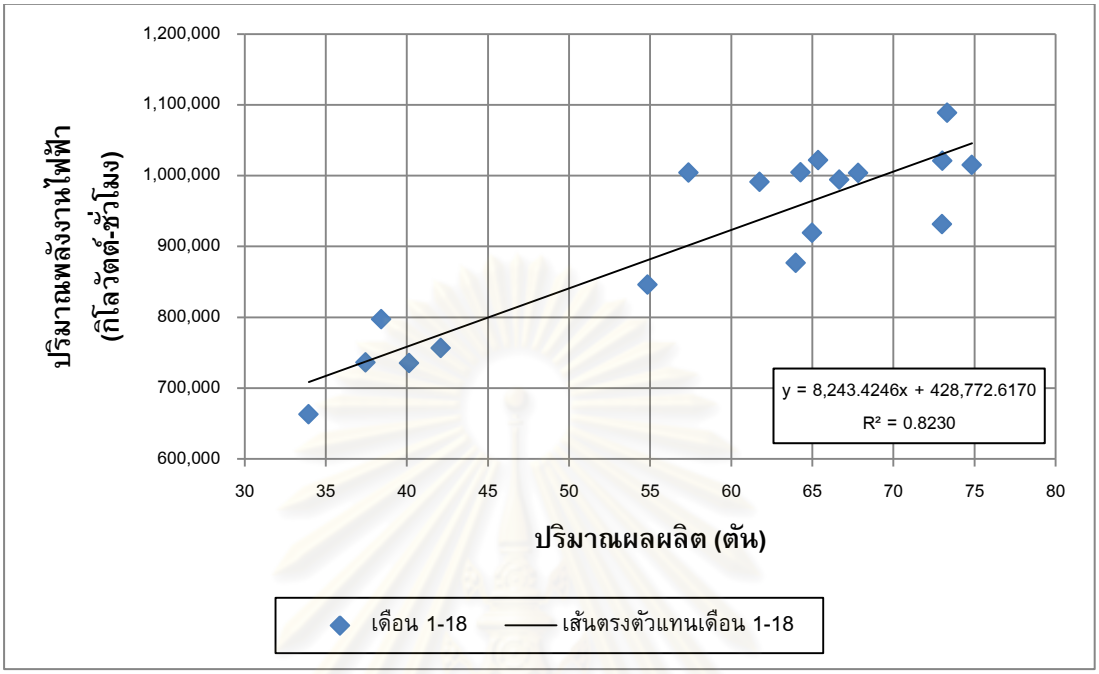
รูปที่ ก56 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 16

ตารางที่ ก28 สรุปผลการวิเคราะห์ของโรงงานที่ 16

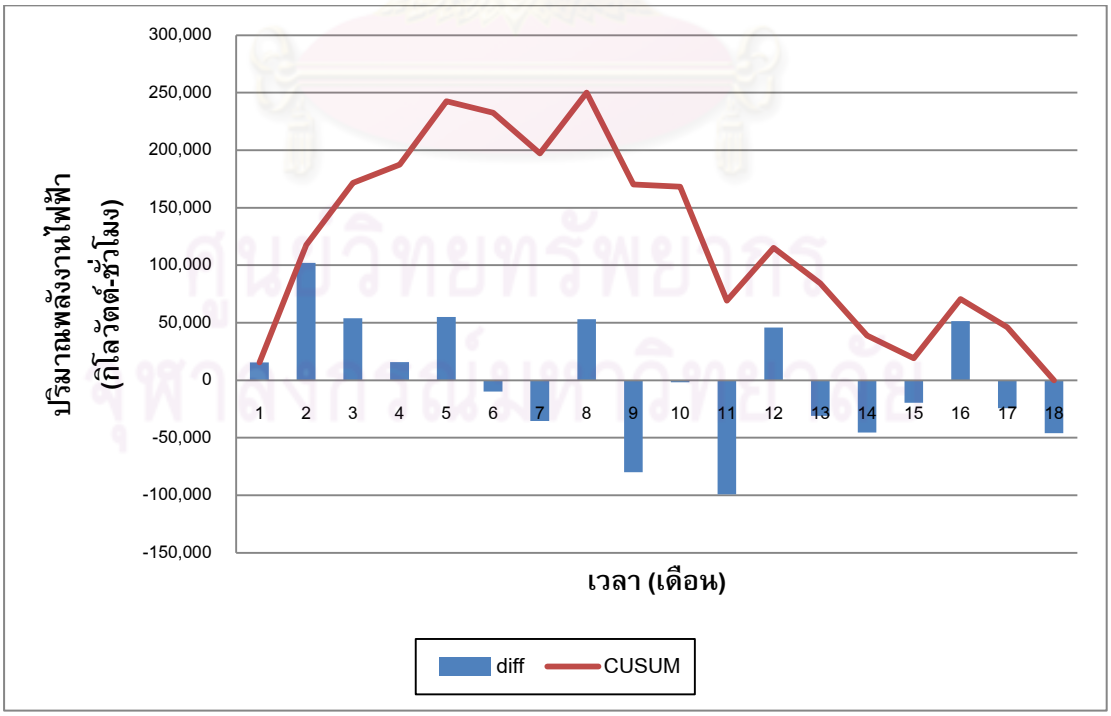
มีผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้า		ผลประหยัดใกล้เคียงกับที่ประเมินไว้		ความต่างของผลประหยัด	ร้อยละของผลประหยัด
ใช่	ไม่ใช่	ใช่	ไม่ใช่		
✓			✓	-45.89	2.01

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โรงงานที่ 17



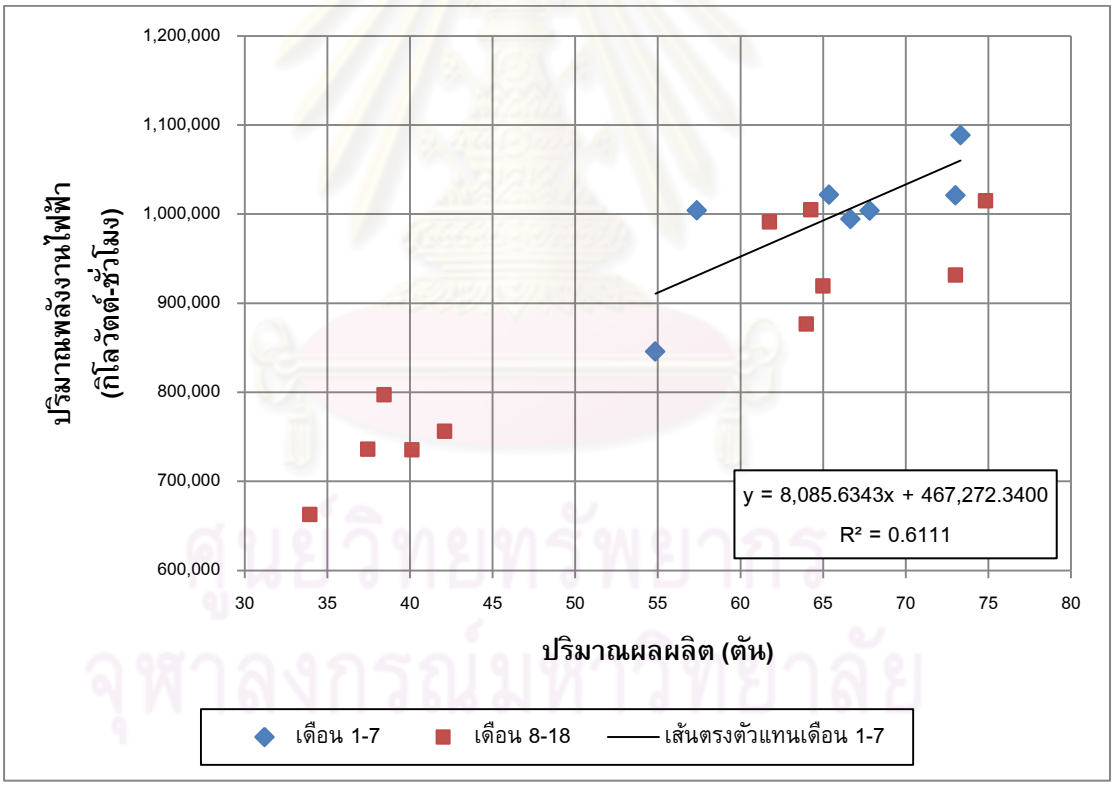
รูปที่ ก57 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าของโรงงานที่ 17



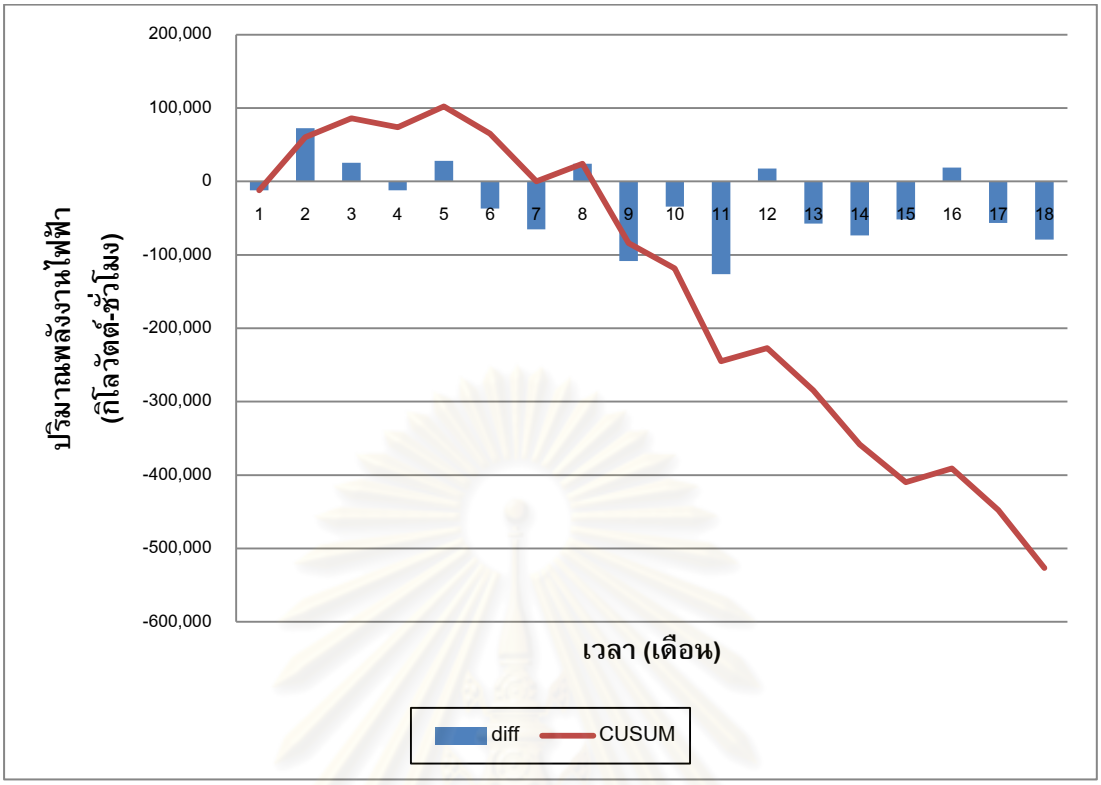
รูปที่ ก58 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมของโรงงานที่ 17

ตารางที่ ก29 มาตรการ และช่วงเวลาที่จัดทำมาตรการของโรงงานที่ 17

มาตรการ	เดือนที่เริ่ม	เดือนที่สิ้นสุด	ผลประหยัดต่อปี (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
การกำหนดเวลาเปิด-ปิดที่เหมาะสม	7	18	20,437
การใช้สวิตช์ควบคุมการปิด-เปิด	7	18	86,549
การใช้เครื่องปรับอากาศชุดใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูง (High EER) ทดแทนชุดเดิม	7	18	588,480
รวม			695,466



รูปที่ ก59 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 17



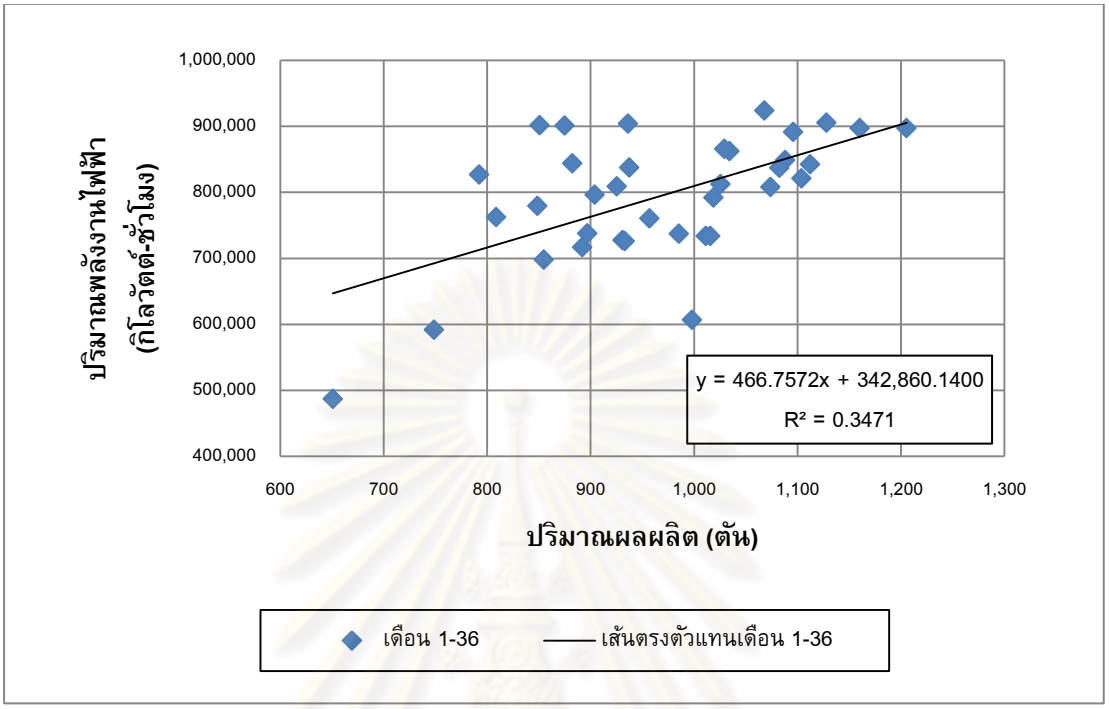
รูปที่ ก 60 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 17

ตารางที่ ก30 สรุปผลการวิเคราะห์ของโรงงานที่ 17

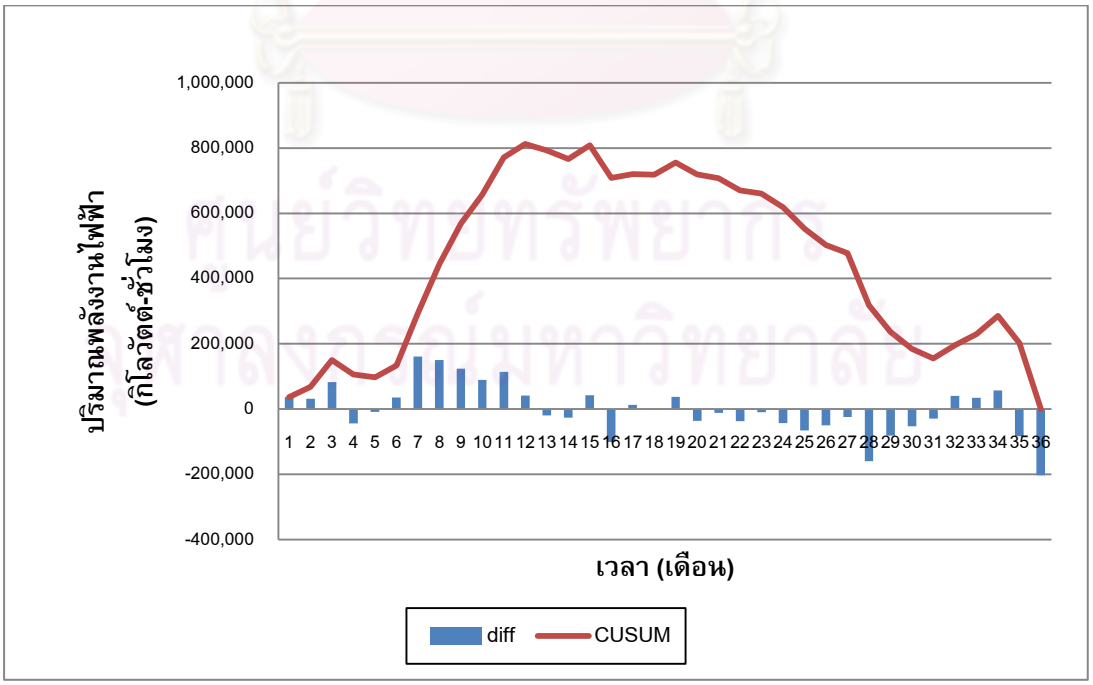
มีผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้า		ผลประหยัดใกล้เคียงกับที่ประเมินไว้		ความต่างของผลประหยัด	ร้อยละของผลประหยัด
ใช่	ไม่ใช่	ใช่	ไม่ใช่		
✓		✓		0.15	4.83

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โรงงานที่ 18



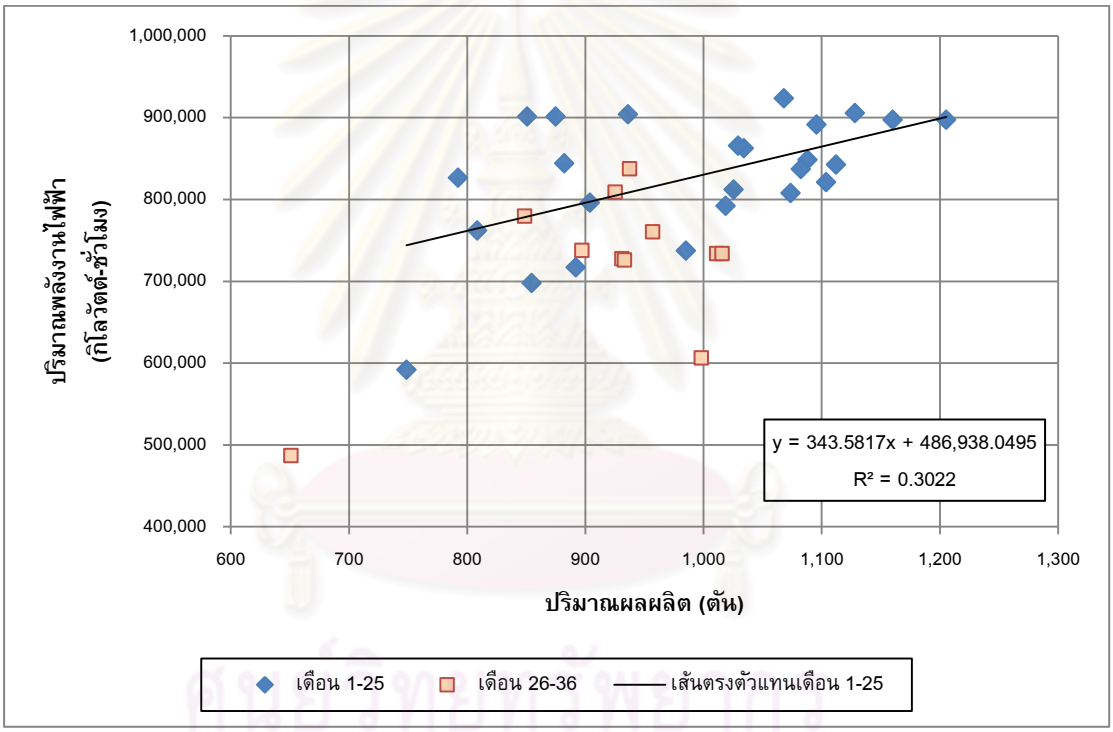
รูปที่ ก61 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าของโรงงานที่ 18



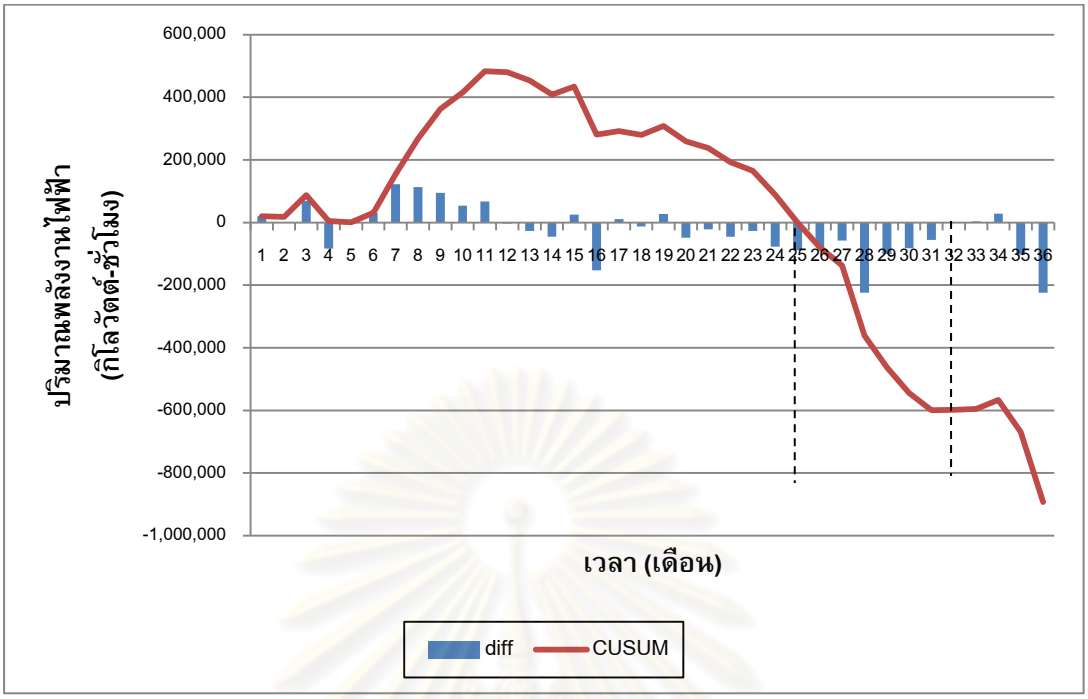
รูปที่ ก62 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมของโรงงานที่ 18

ตารางที่ ก31 มาตรการ และช่วงเวลาที่จัดทำมาตรการของโรงงานที่ 18

มาตรการ	เดือนที่เริ่ม	เดือนที่สิ้นสุด	ผลประหยัดต่อปี (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
การใช้สวิตช์ควบคุมการปิด-เปิด	25	28	806
การใช้สวิตช์ควบคุมการปิด-เปิด	32	32	806
รวม			1,612



รูปที่ ก63 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 18



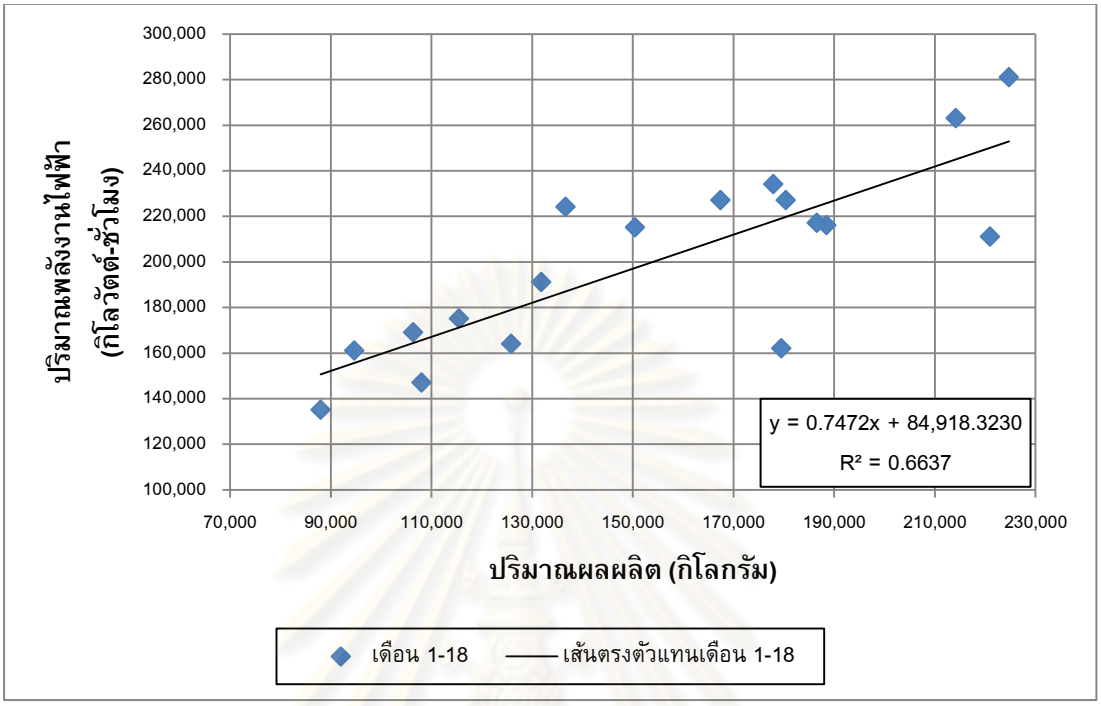
รูปที่ ก64 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 18

ตารางที่ ก32 สรุปผลการวิเคราะห์ของโรงงานที่ 18

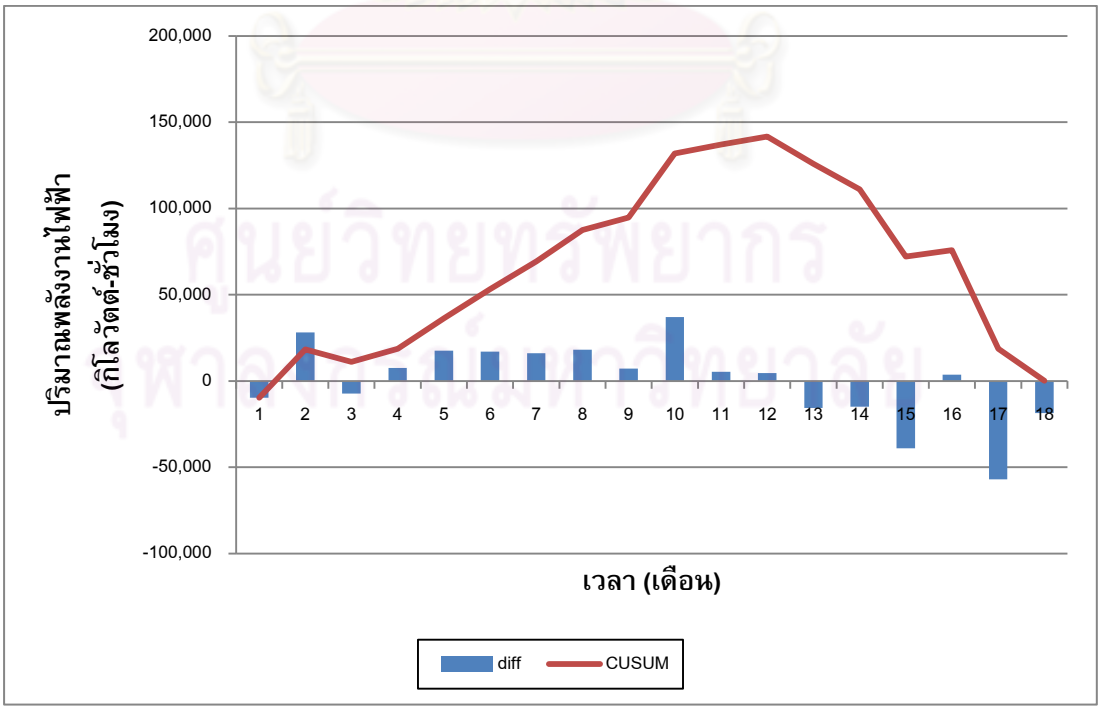
มีผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้า		ผลประหยัดใกล้เคียงกับที่ประเมินไว้		ความต่างของผลประหยัด	ร้อยละของผลประหยัด
ใช่	ไม่ใช่	ใช่	ไม่ใช่		
	✓		✓	-607.54	10.09

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โรงงานที่ 19



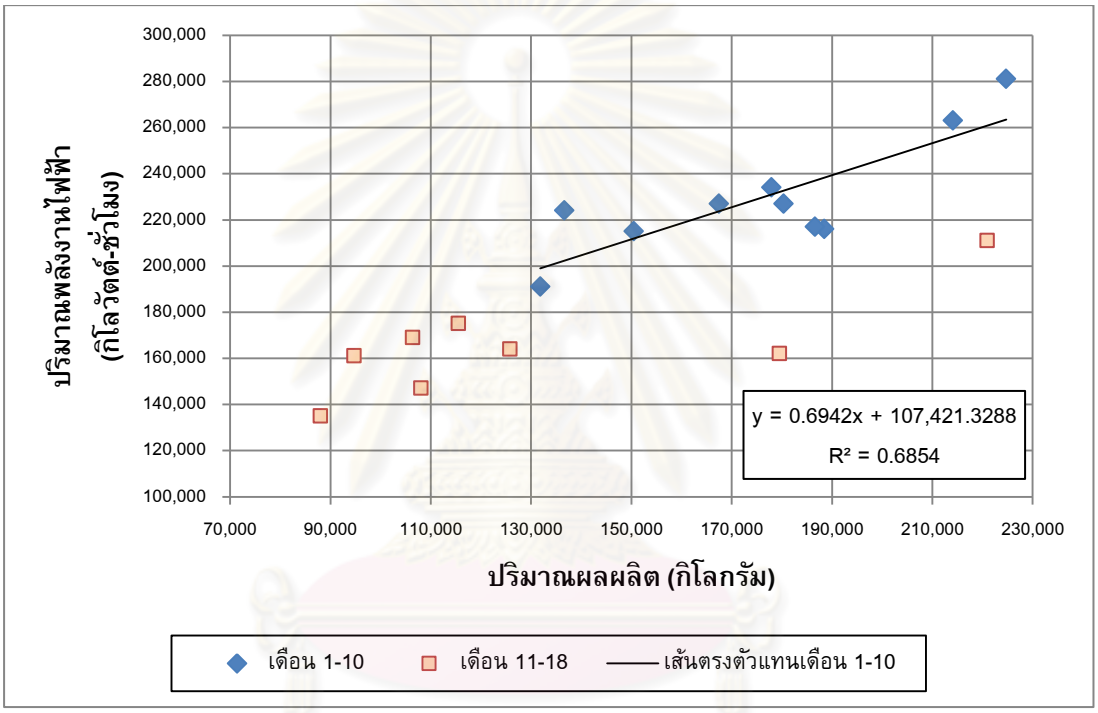
รูปที่ ก65 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าของโรงงานที่ 19



รูปที่ ก66 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมของโรงงานที่ 19

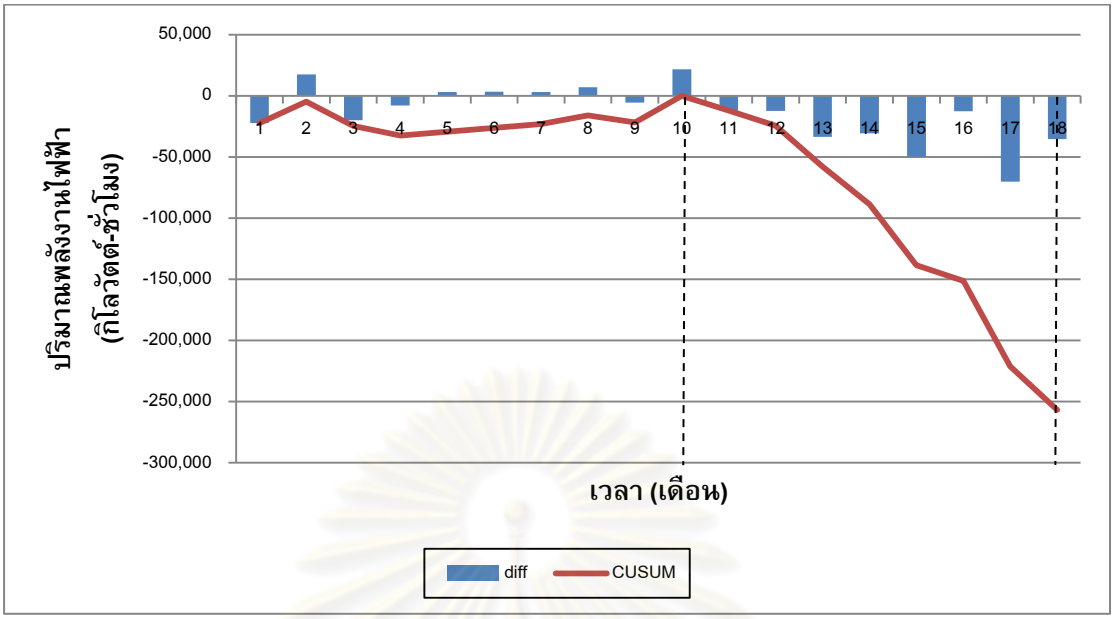
ตารางที่ ก33 มาตรการ และช่วงเวลาที่จัดทำมาตรการของโรงงานที่ 19

มาตรการ	เดือนที่เริ่ม	เดือนที่สิ้นสุด	ผลประหยัดต่อปี (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
ลดจำนวนหลอดไฟฟ้า	10	10	5,493
มาตรการด้านการจัดการ	13	18	7,926
รวม			13,419



รูปที่ ก67 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 19

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



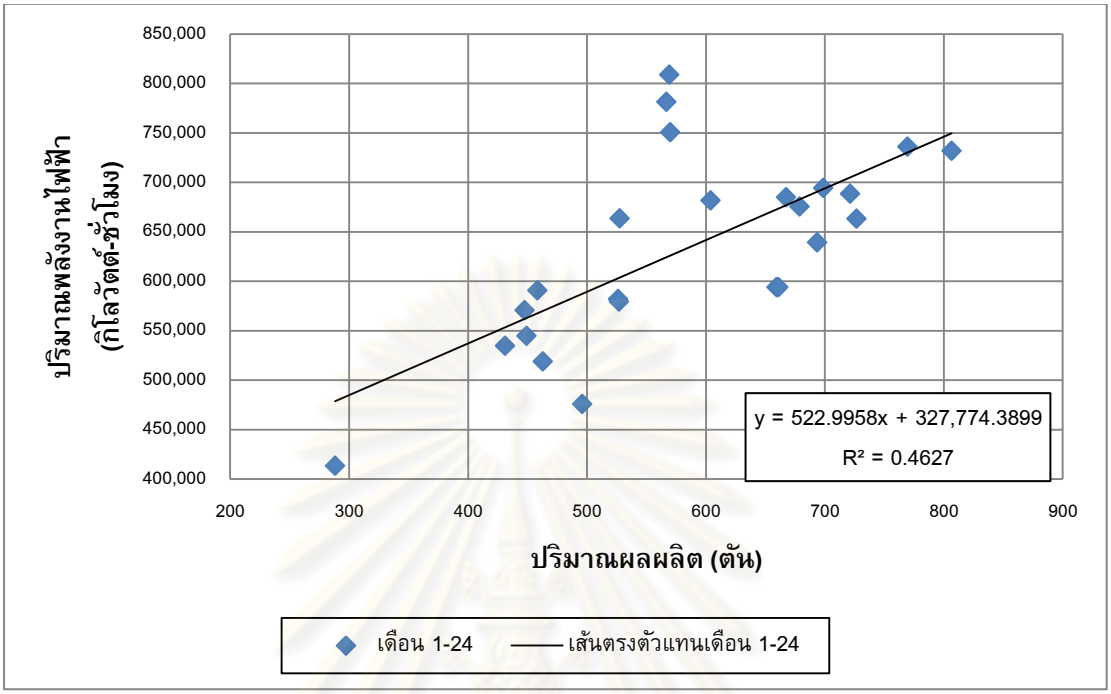
รูปที่ ก68 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 19

ตารางที่ ก34 สรุปผลการวิเคราะห์ของโรงงานที่ 19

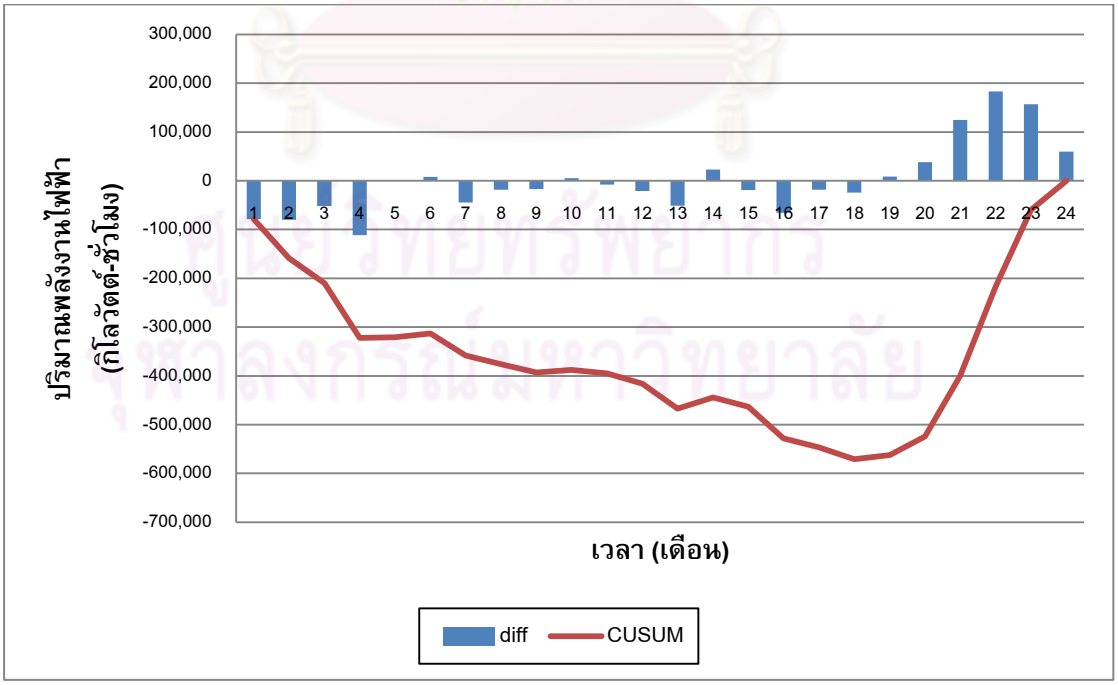
มีผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้า		ผลประหยัดใกล้เคียงกับที่ประเมินไว้		ความต่างของผลประหยัด	ร้อยละของผลประหยัด
ใช่	ไม่ใช่	ใช่	ไม่ใช่		
	✓		✓	-22.34	11.34

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โรงงานที่ 20



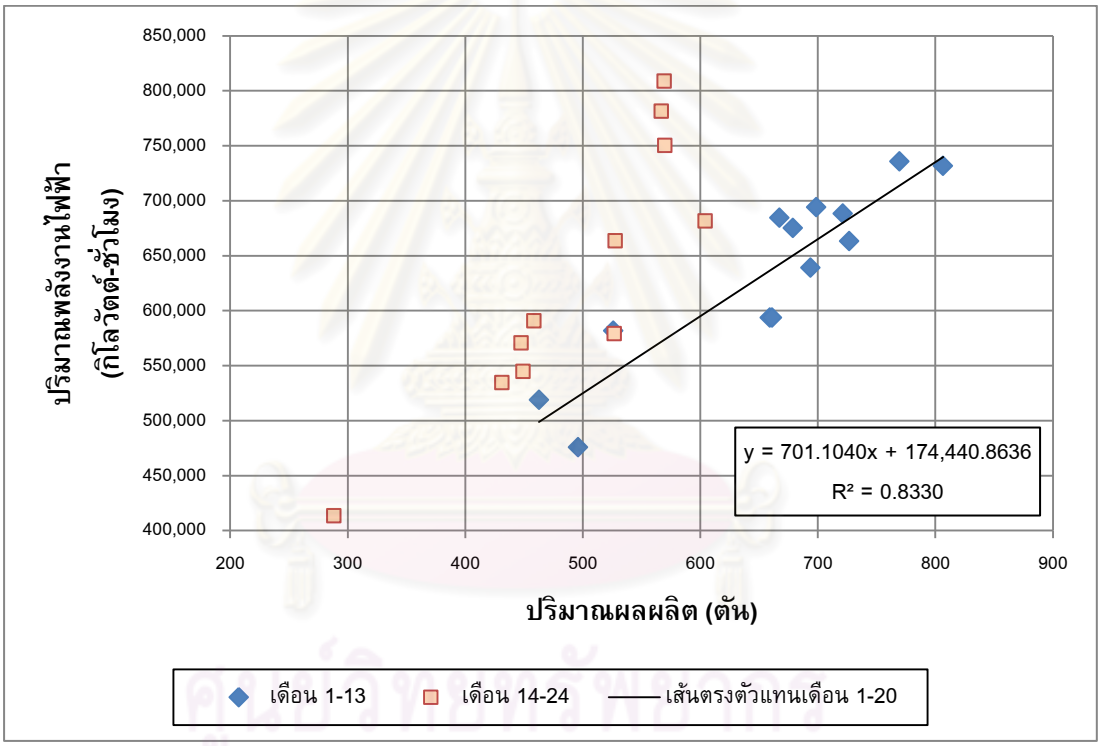
รูปที่ ก69 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าของโรงงานที่ 20



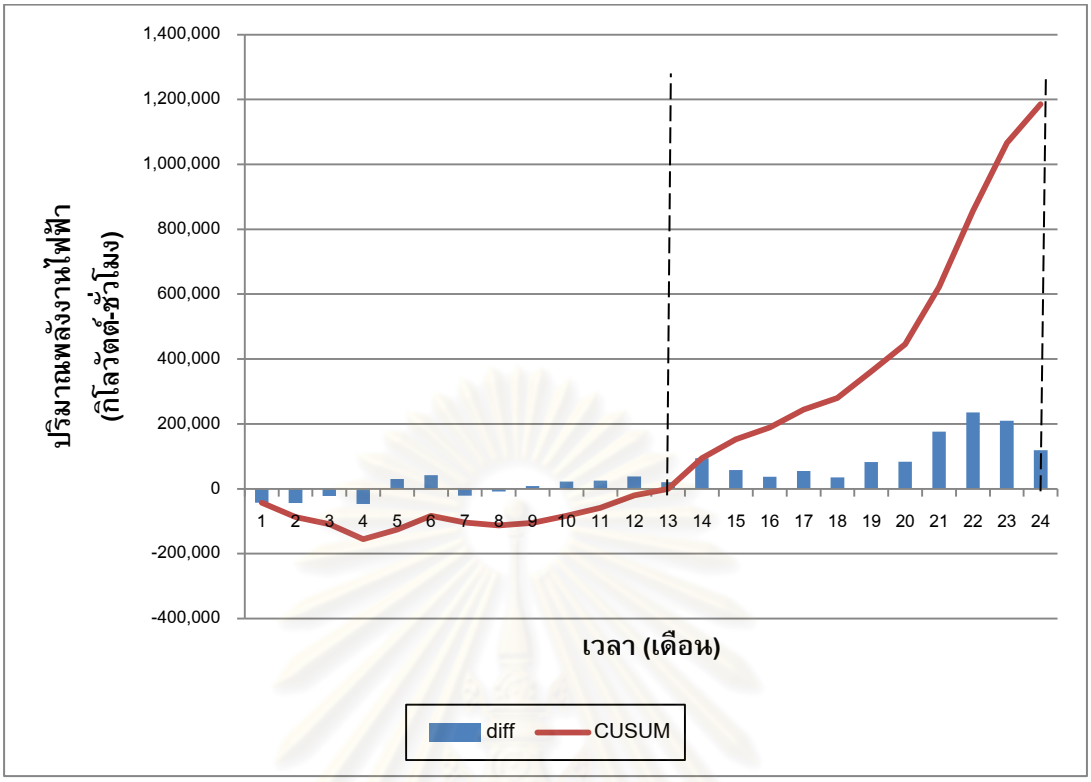
รูปที่ ก70 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมของโรงงานที่ 20

ตารางที่ ก35 มาตรการ และช่วงเวลาที่จัดทำมาตรการของโรงงานที่ 20

มาตรการ	เดือนที่เริ่ม	เดือนที่สิ้นสุด	ผลประหยัดต่อปี (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
มาตรการด้านการจัดการ	13	14	25,344
การใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์แทนหลอด HID	20	24	34,623
รวม			59,967



รูปที่ ก71 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 20



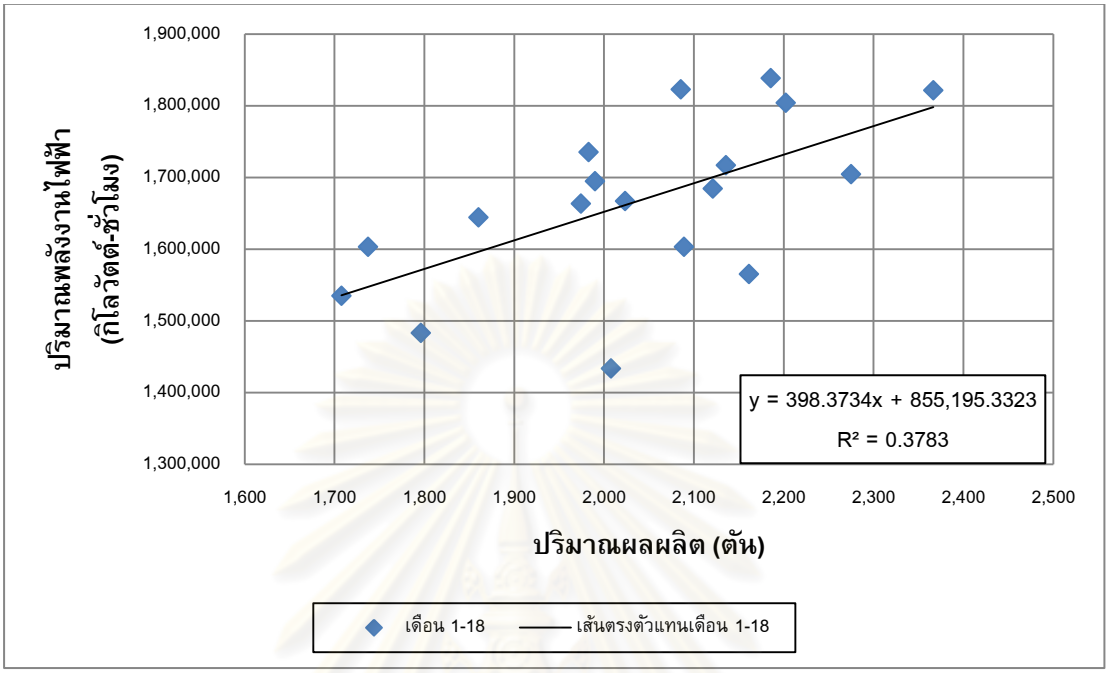
รูปที่ ก72 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 20

ตารางที่ ก36 สรุปผลการวิเคราะห์ของโรงงานที่ 20

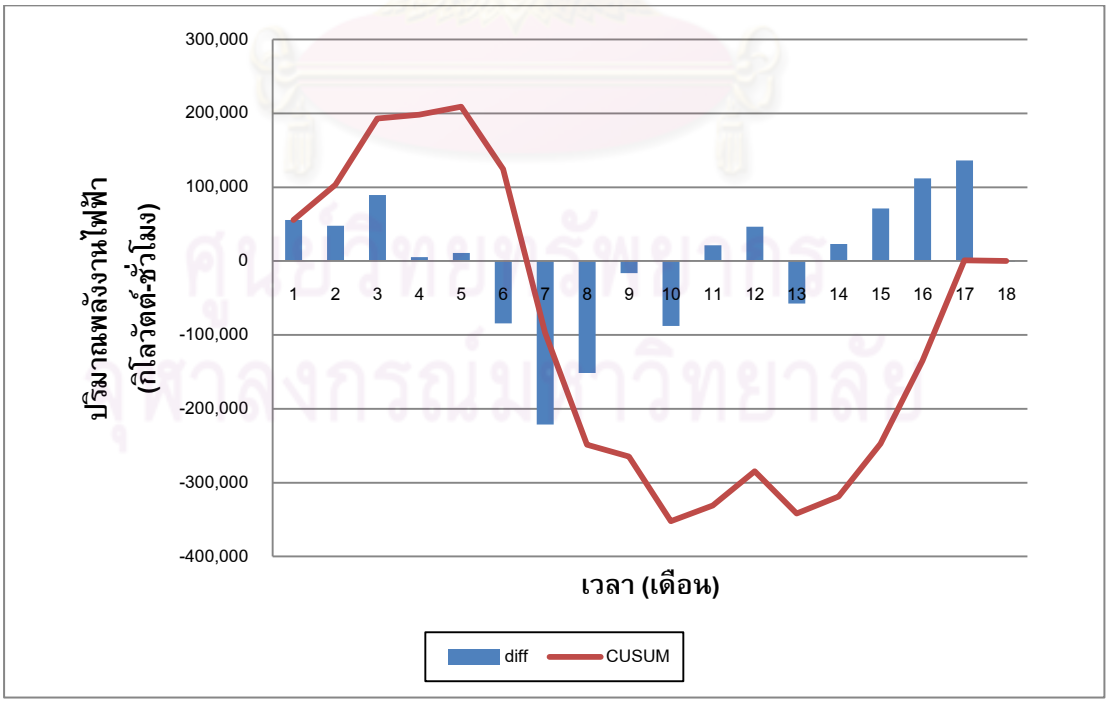
มีผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้า		ผลประหยัดใกล้เคียงกับที่ประเมินไว้		ความต่างของผลประหยัด	ร้อยละของผลประหยัด
ใช่	ไม่ใช่	ใช่	ไม่ใช่		
	✓		✓	21.09	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โรงงานที่ 21



รูปที่ ก73 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าของโรงงานที่ 21

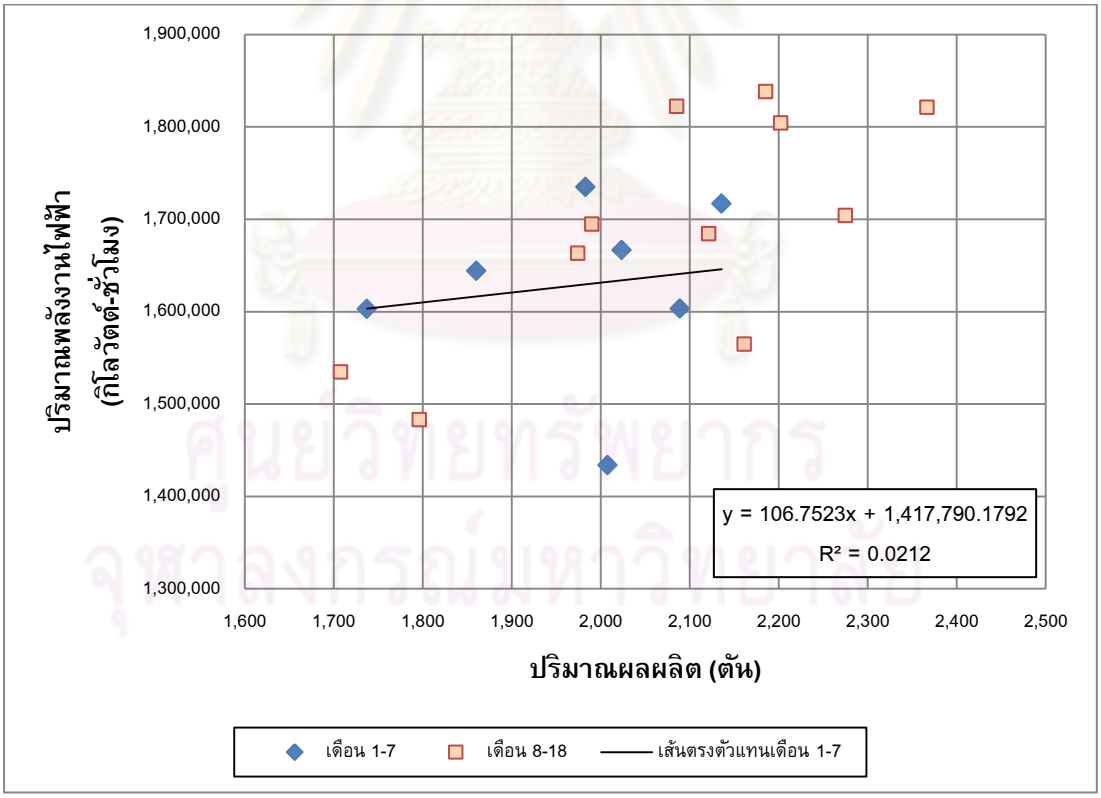


รูปที่ ก74 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมของโรงงานที่ 21

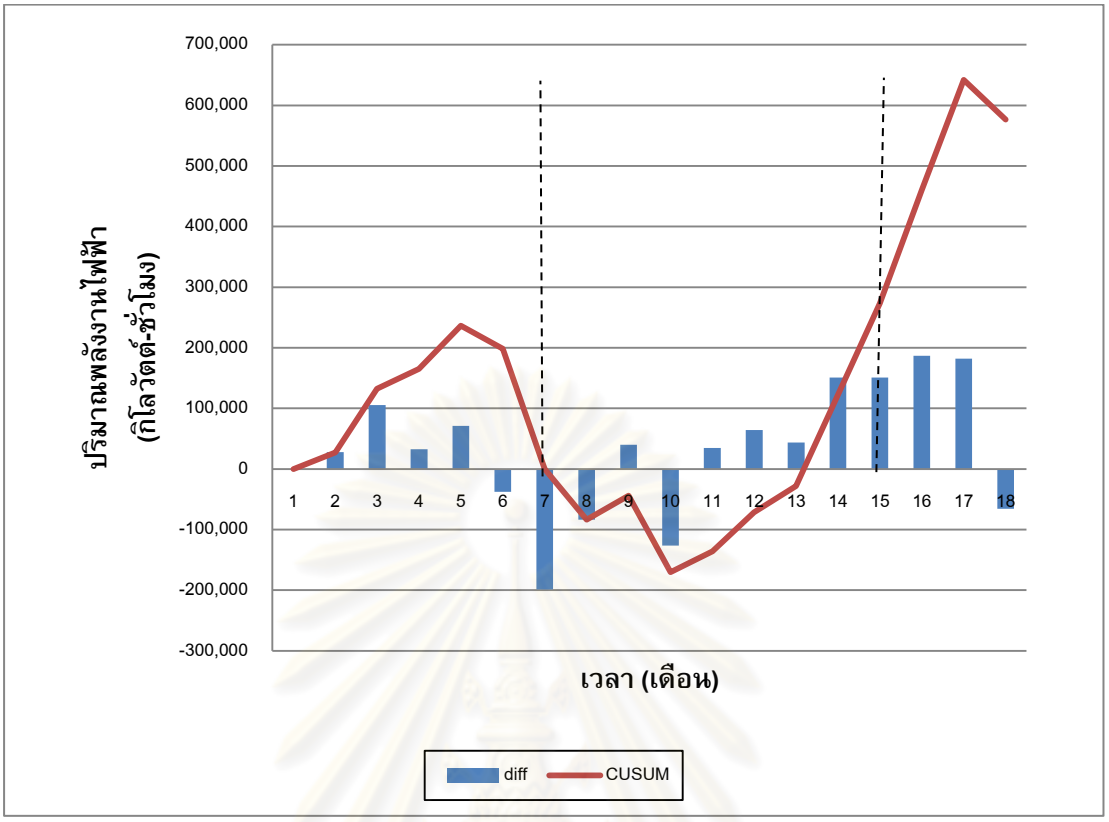
ตารางที่ ก37 มาตรการ และช่วงเวลาที่จัดทำมาตรการของโรงงานที่ 21

มาตรการ	เดือนที่เริ่ม	เดือนที่สิ้นสุด	ผลประหยัดต่อปี (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
การยกเลิกการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็น	7	12	202,176
การติดตั้งระบบอัตโนมัติควบคุมการทำงานของอุปกรณ์	13	15	75,816
การใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์แทนหลอด HID	7	12	58,735
รวม			336,727

,



รูปที่ ก75 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 21

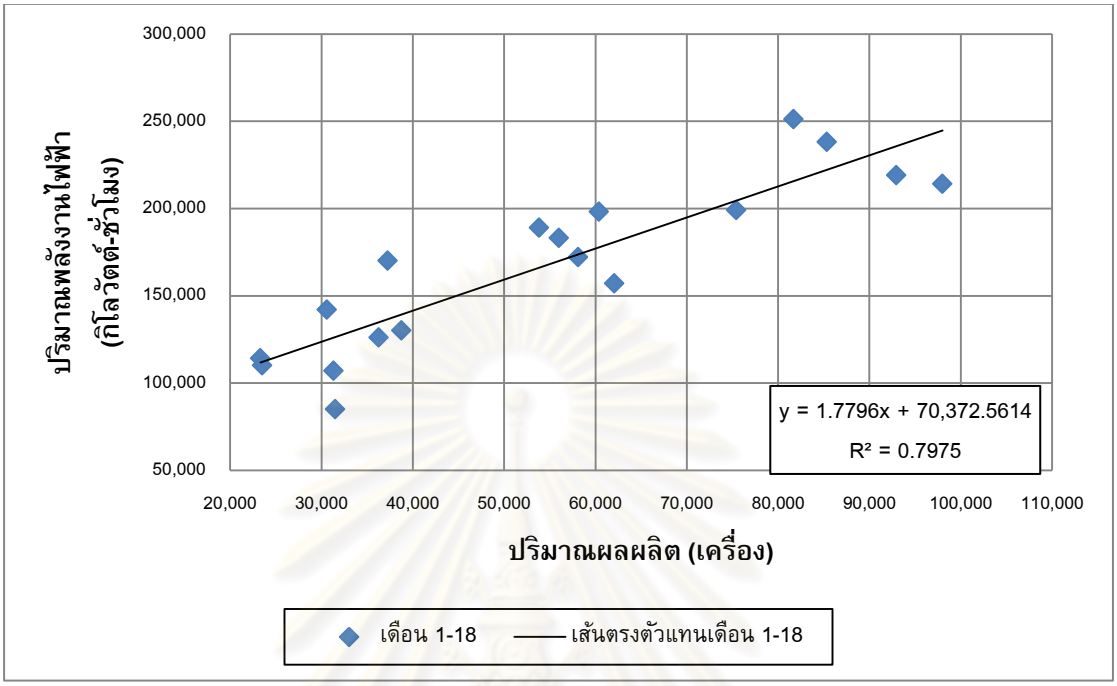


รูปที่ ก76 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 21

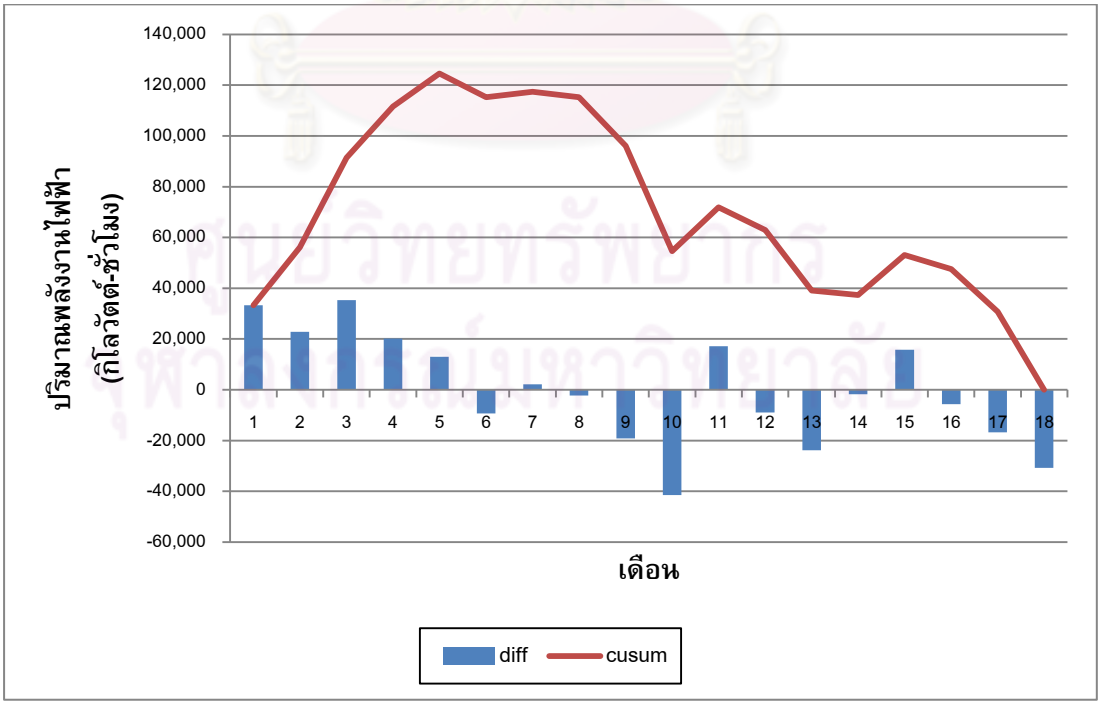
ตารางที่ ก38 สรุปผลการวิเคราะห์ของโรงงานที่ 21

มีผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้า		ผลประหยัดใกล้เคียงกับที่ประเมินไว้		ความต่างของผลประหยัด	ร้อยละของผลประหยัด
ใช่	ไม่ใช่	ใช่	ไม่ใช่		
	✓		✓	2.12	-

โรงงานที่ 22



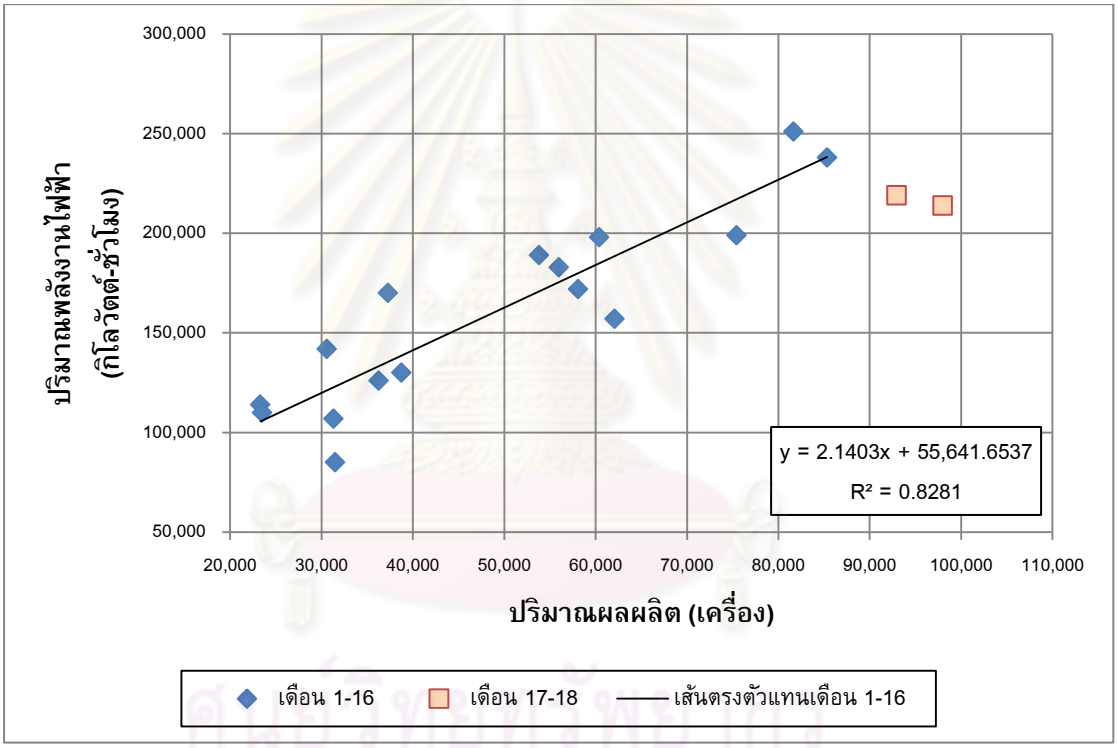
รูปที่ ก77 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าของโรงงานที่ 22



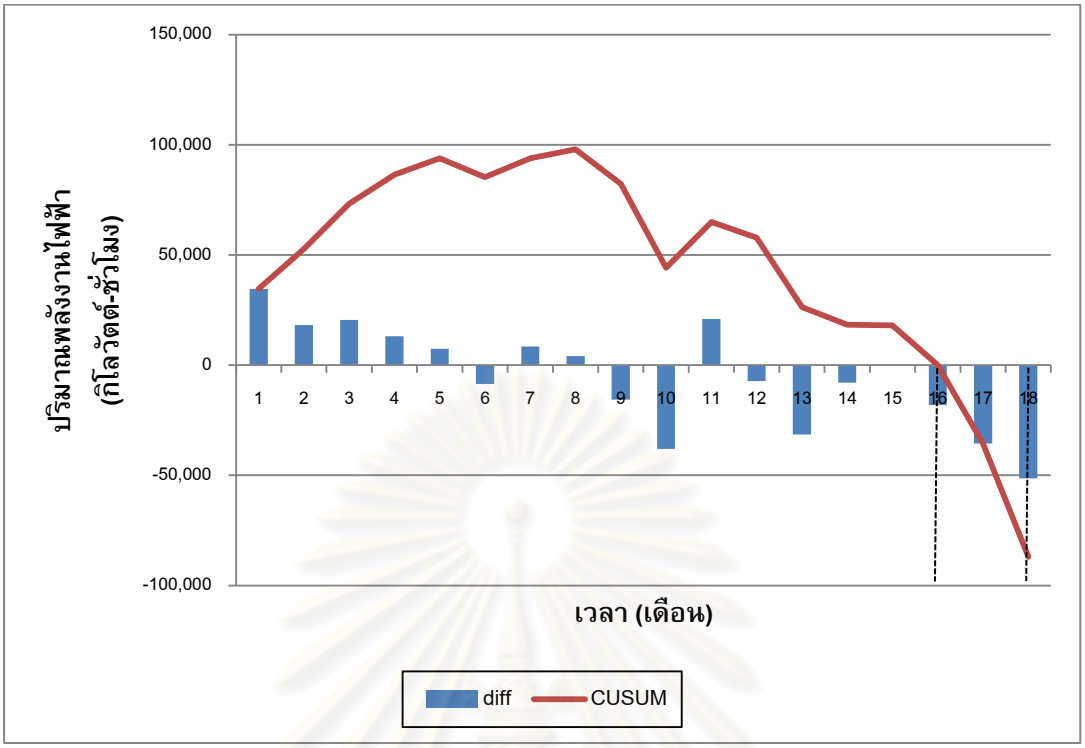
รูปที่ ก78 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมของโรงงานที่ 22

ตารางที่ ก39 มาตรการ และช่วงเวลาที่จัดทำมาตรการของโรงงานที่ 22

มาตรการ	เดือนที่เริ่ม	เดือนที่สิ้นสุด	ผลประหยัดต่อปี (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
การใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์แทนหลอด HID	16	18	6,307
รวม			6,307



รูปที่ ก79 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 22



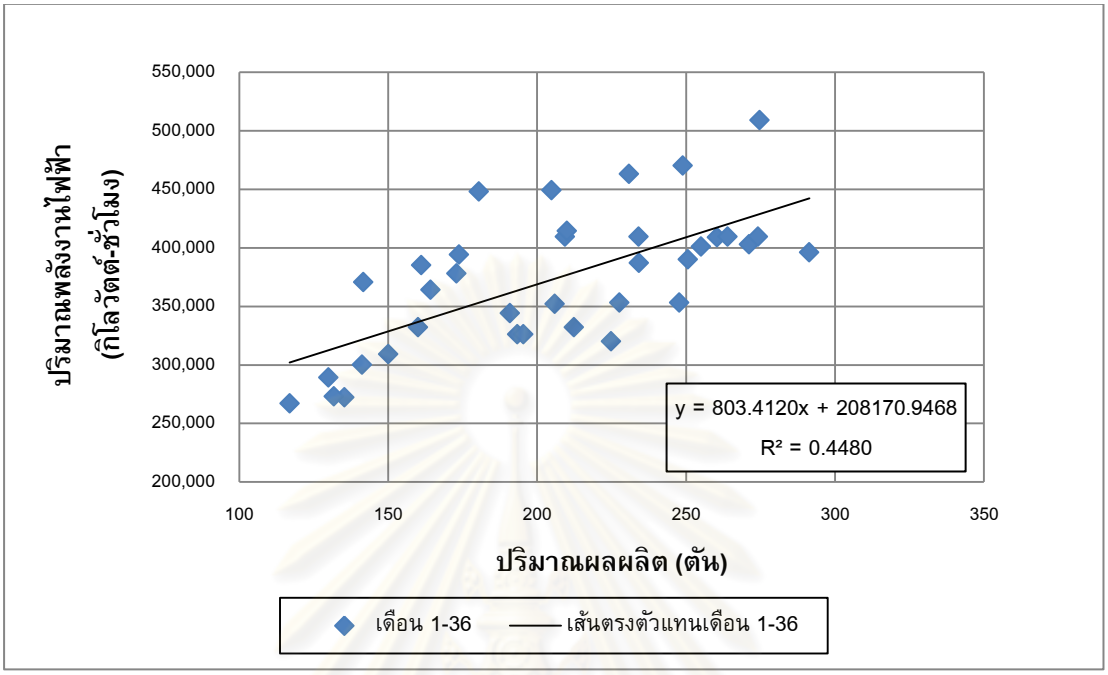
รูปที่ ก80 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 22

ตารางที่ ก40 สรุปผลการวิเคราะห์ของโรงงานที่ 22

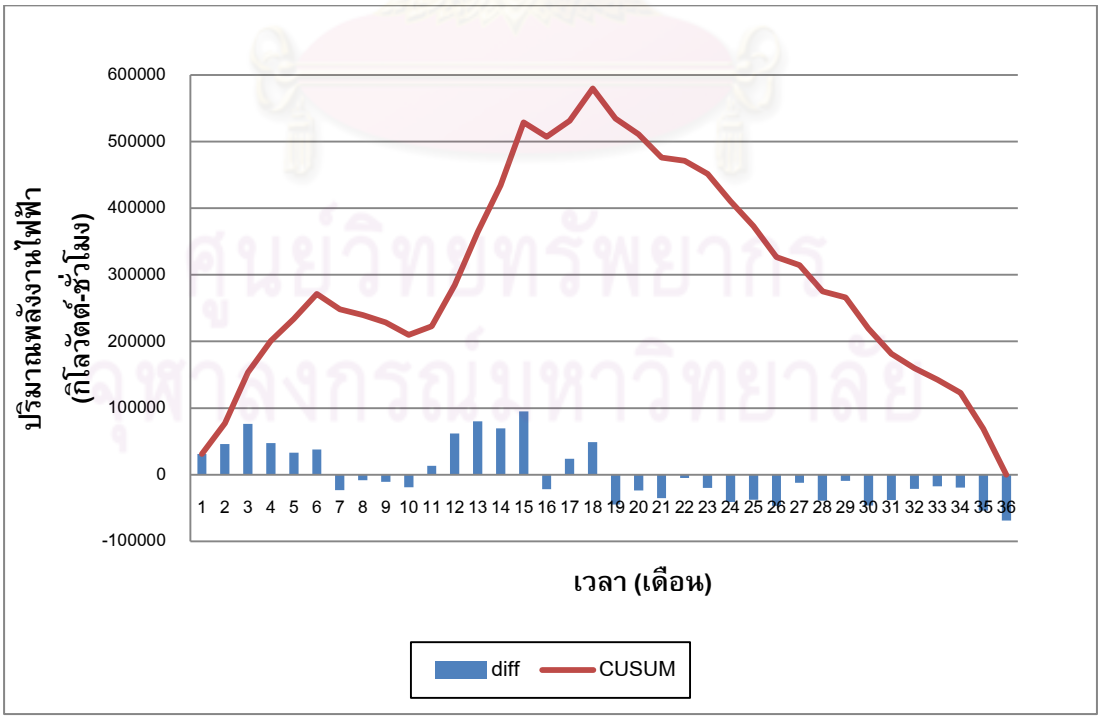
มีผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้า		ผลประหยัดใกล้เคียงกับที่ประเมินไว้		ความต่างของผลประหยัด	ร้อยละของผลประหยัด
ใช่	ไม่ใช่	ใช่	ไม่ใช่		
✓			✓	-65.63	23.85

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โรงงานที่ 23



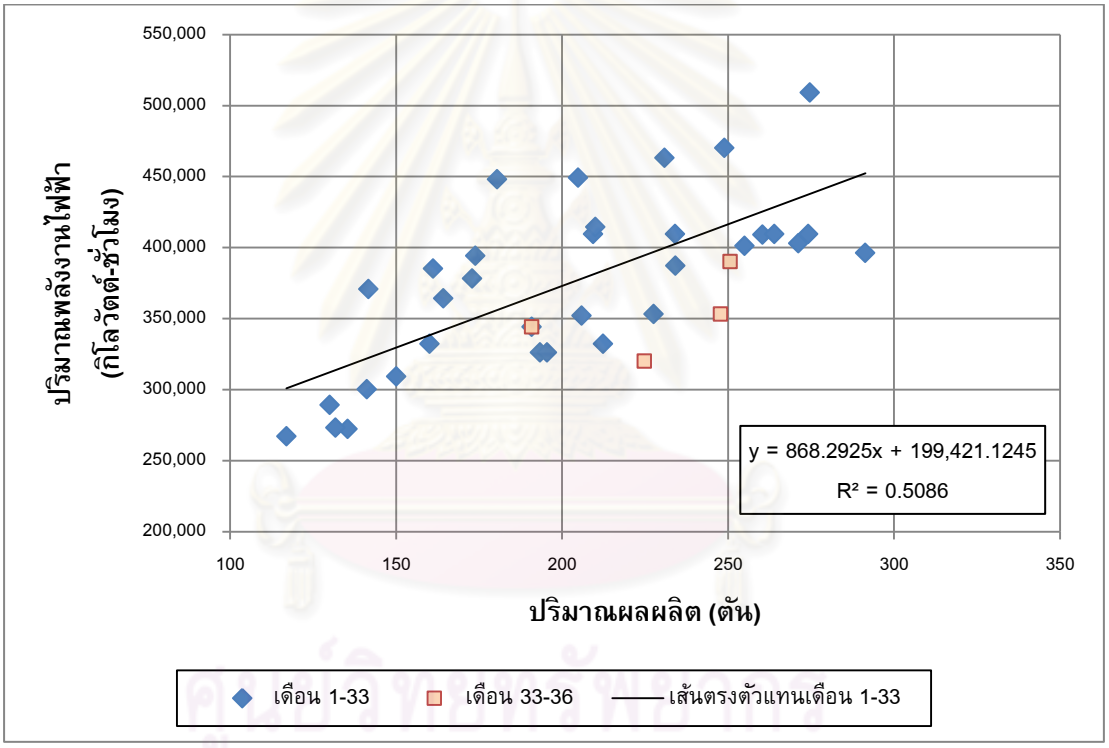
รูปที่ ก81 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าของโรงงานที่ 23



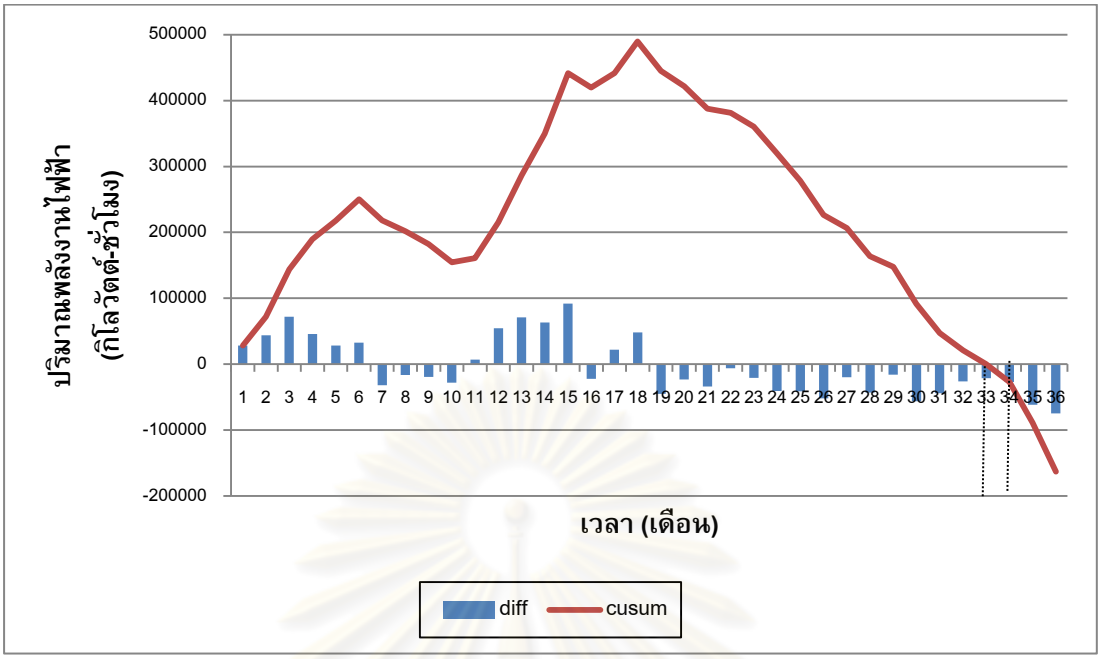
รูปที่ ก82 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมของโรงงานที่ 23

ตารางที่ ก41 มาตรการ และช่วงเวลาที่จัดทำมาตรการของโรงงานที่ 23

มาตรการ	เดือนที่เริ่ม	เดือนที่สิ้นสุด	ผลประหยัดต่อปี (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
มาตรการการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)	33	34	10,326
รวม			10,326



รูปที่ ก83 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 23



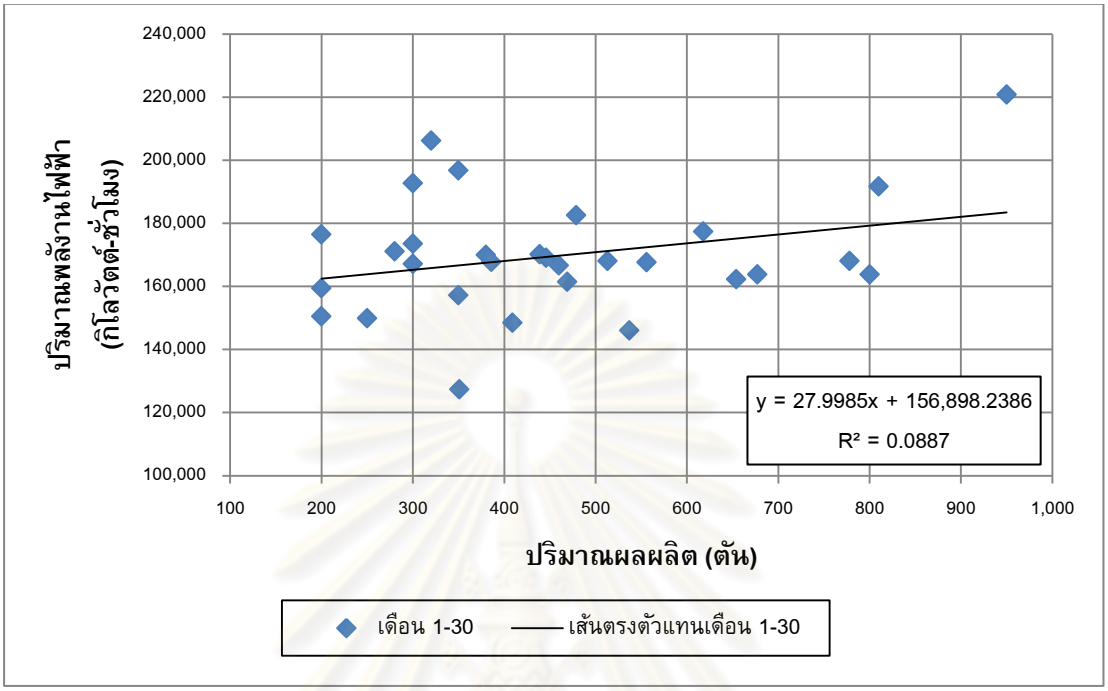
รูปที่ ก84 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 23

ตารางที่ ก42 สรุปผลการวิเคราะห์ของโรงงานที่ 23

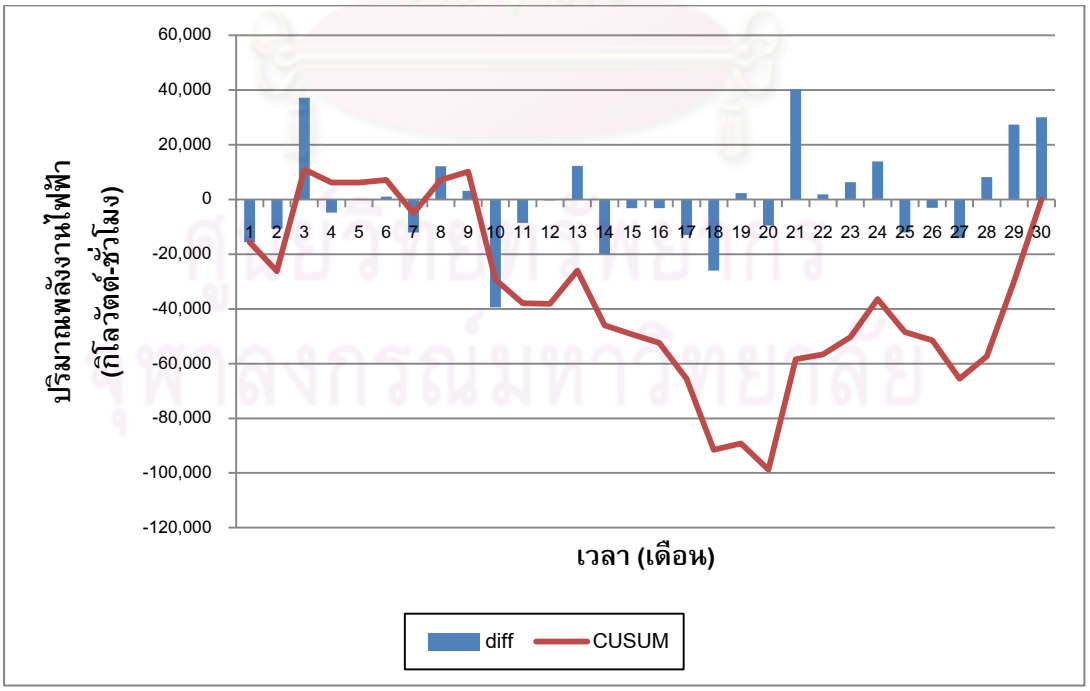
มีผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้า		ผลประหยัดใกล้เคียงกับที่ประเมินไว้		ความต่างของผลประหยัด	ร้อยละของผลประหยัด
ใช่	ไม่ใช่	ใช่	ไม่ใช่		
✓			✓	-52.57	13.64

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โรงงานที่ 24



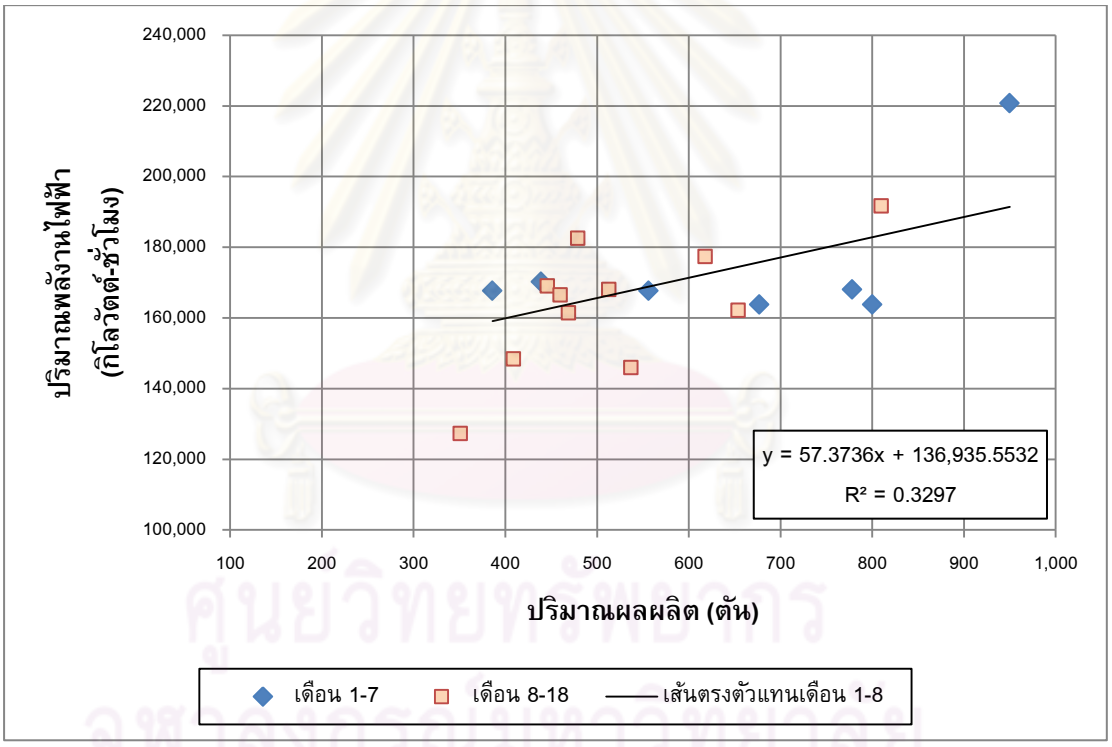
รูปที่ ก85 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าของโรงงานที่ 24



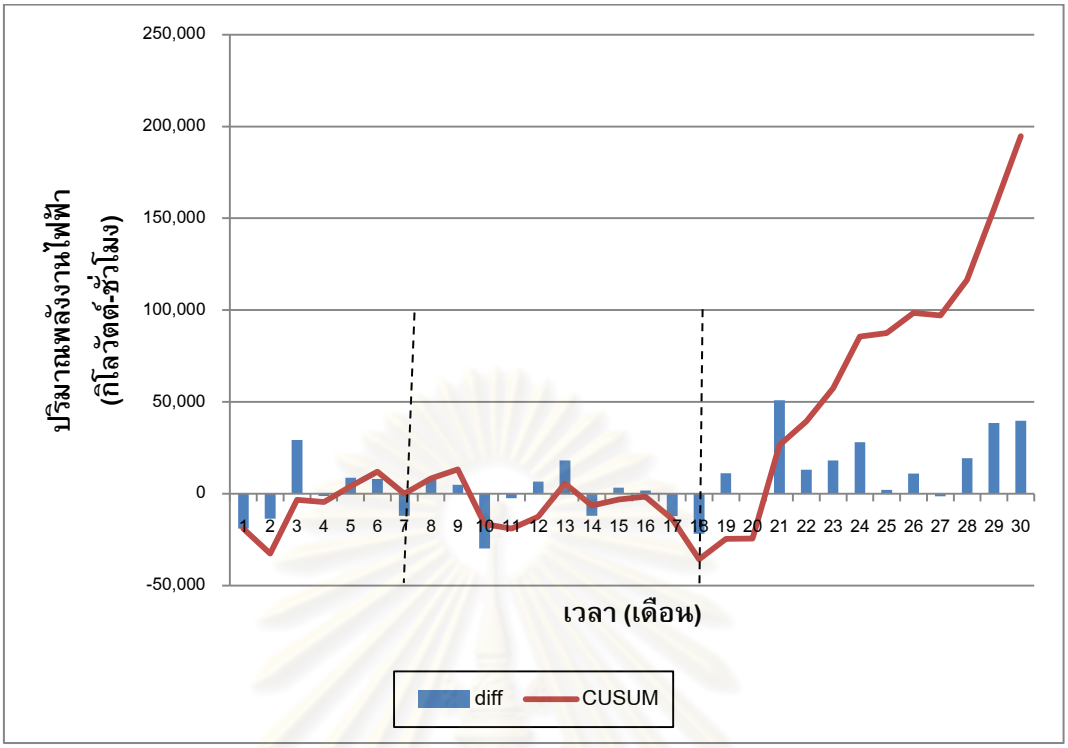
รูปที่ ก86 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมของโรงงานที่ 24

ตารางที่ ก43 มาตรการ และช่วงเวลาที่จัดทำมาตรการของโรงงานที่ 24

มาตรการ	เดือนที่เริ่ม	เดือนที่สิ้นสุด	ผลประหยัดต่อปี (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
การยกเลิกการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็น	18	18	15,000
การปรับความเร็วรอบของอุปกรณ์ให้เหมาะสม	7	12	97,056
รวม			112,056



รูปที่ ก87 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 24



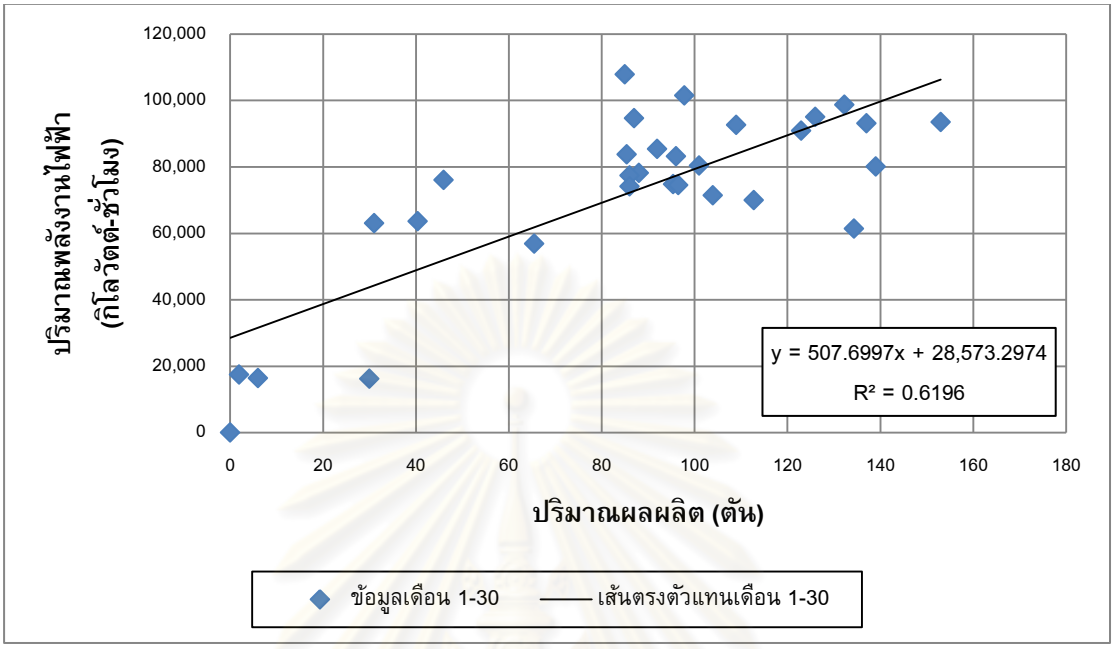
รูปที่ ก88 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 24

ตารางที่ ก44 สรุปผลการวิเคราะห์ของโรงงานที่ 24

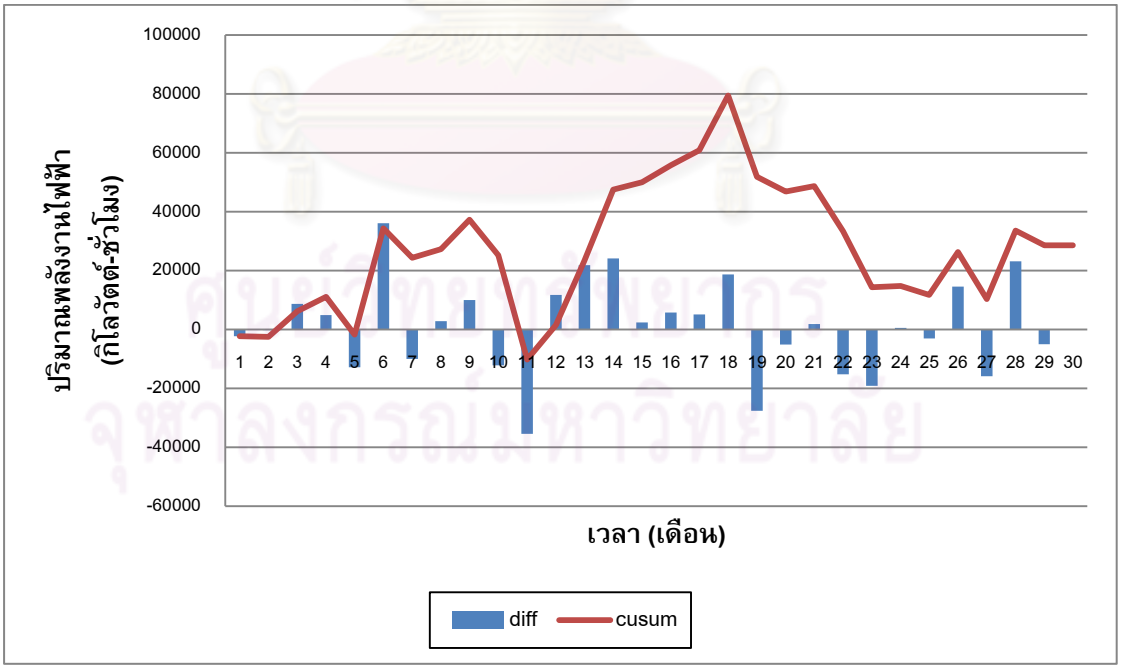
มีผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้า		ผลประหยัดใกล้เคียงกับที่ประเมินไว้		ความต่างของผลประหยัด	ร้อยละของผลประหยัด
ใช่	ไม่ใช่	ใช่	ไม่ใช่		
✓		✓		0.57	2.26

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โรงงานที่ 25



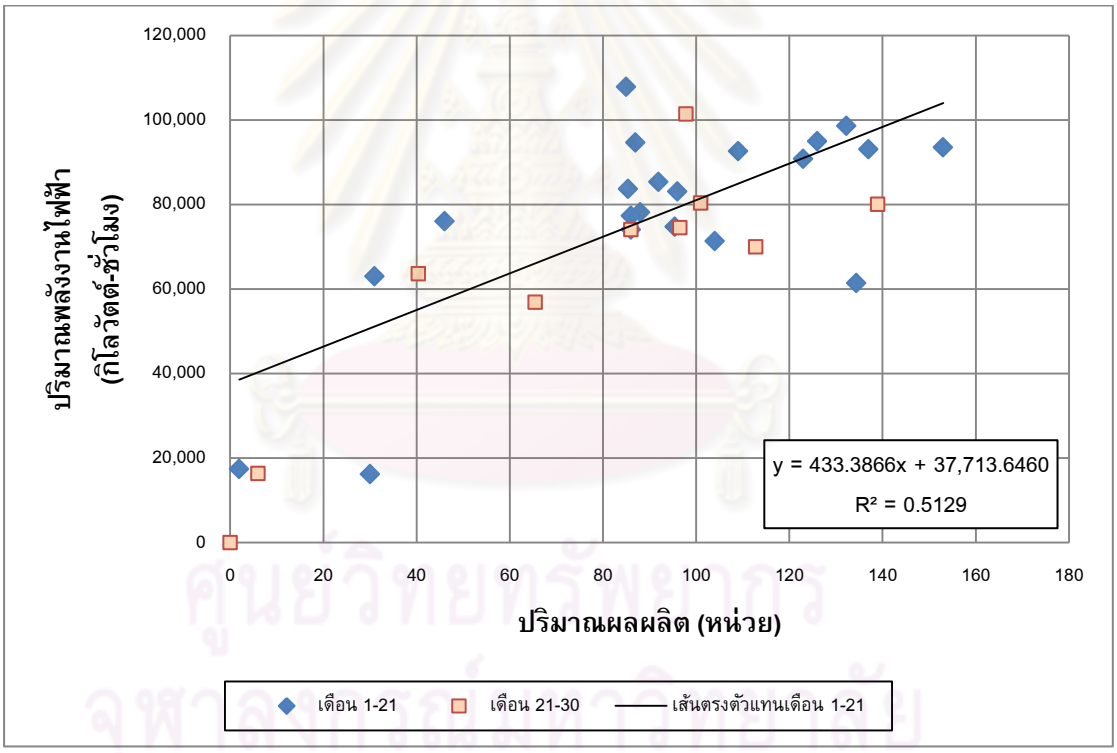
รูปที่ ก89 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าของโรงงานที่ 25



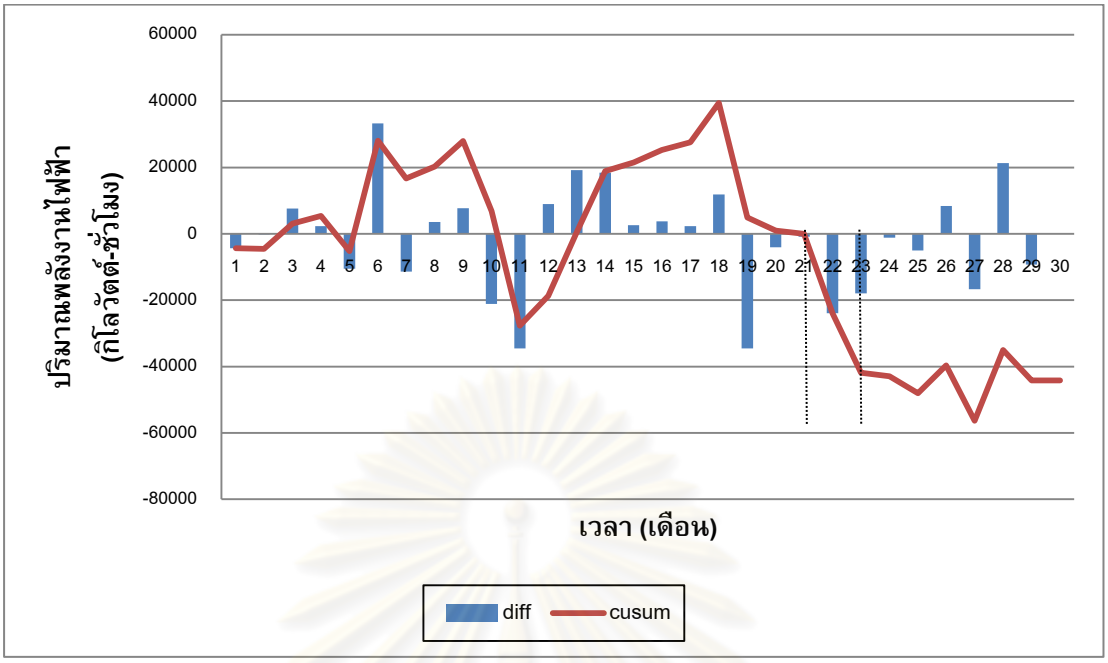
รูปที่ ก90 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมของโรงงานที่ 25

ตารางที่ ก45 มาตรการ และช่วงเวลาที่จัดทำมาตรการของโรงงานที่ 25

มาตรการ	เดือนที่เริ่ม	เดือนที่สิ้นสุด	ผลประหยัดต่อปี (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
กำหนดเวลาปิด-เปิดอุปกรณ์อย่างเหมาะสม	21	21	373
การใช้สวิตช์ควบคุมการปิด-เปิด	22	23	7,919
รวม			8,292



รูปที่ ก91 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 25



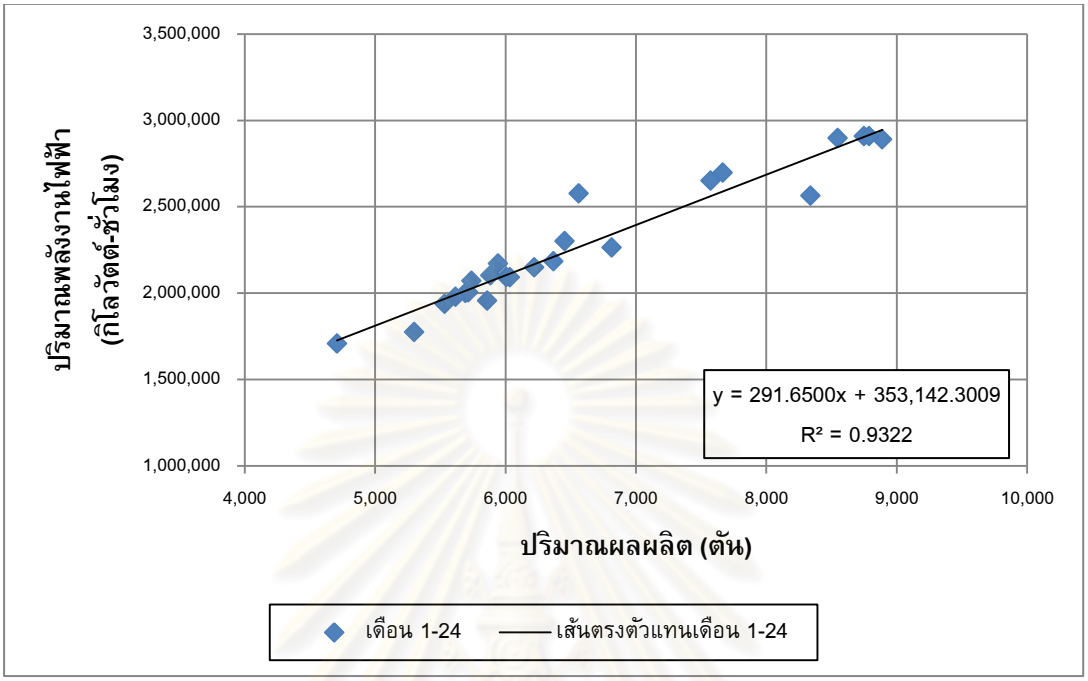
รูปที่ ก92 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 25

ตารางที่ ก44 สรุปผลการวิเคราะห์ของโรงงานที่ 25

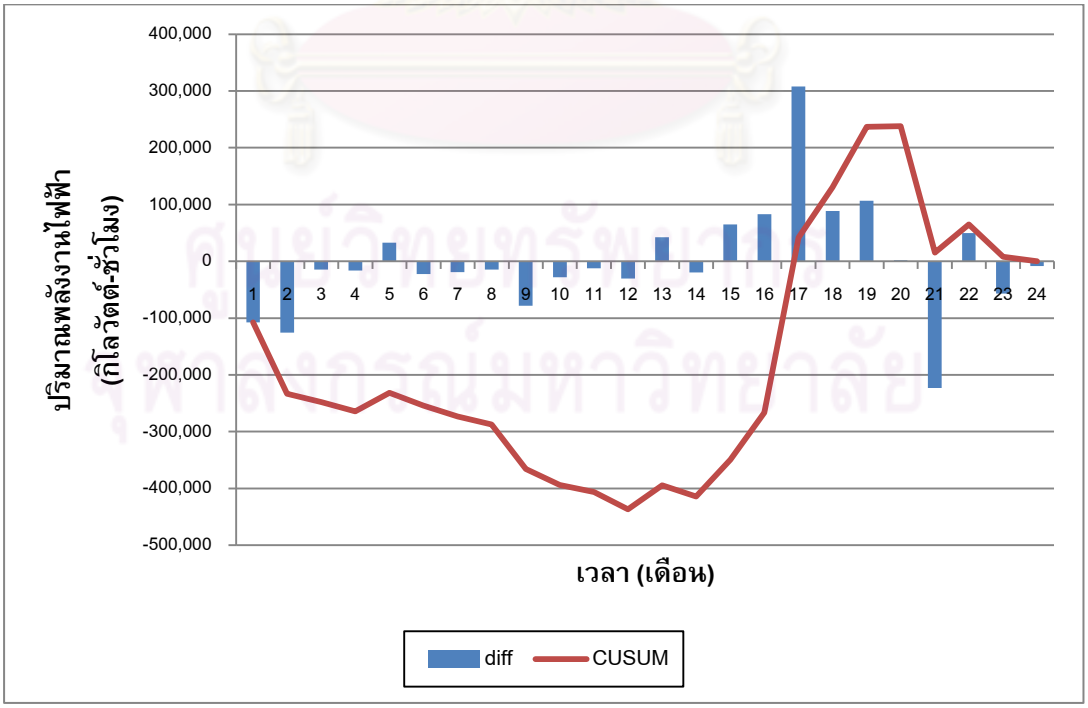
มีผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้า		ผลประหยัดใกล้เคียงกับที่ประเมินไว้		ความต่างของผลประหยัด	ร้อยละของผลประหยัด
ใช่	ไม่ใช่	ใช่	ไม่ใช่		
	✓		✓	-6.26	7.11

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โรงงานที่ 26



รูปที่ ก93 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าของโรงงานที่ 26

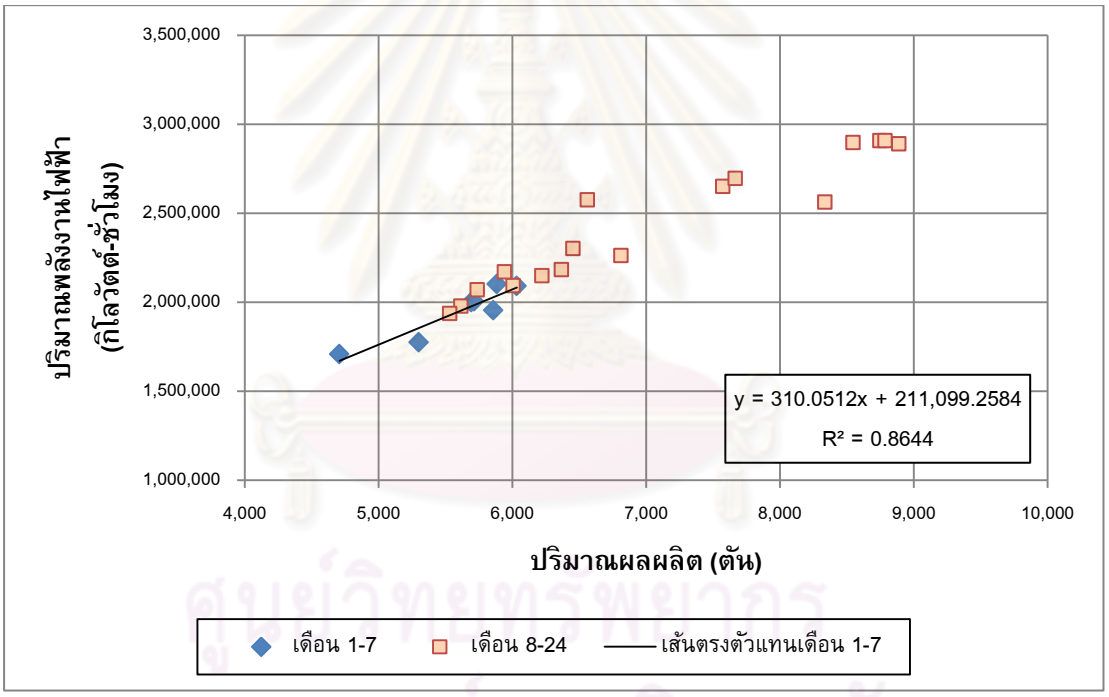


รูปที่ ก94 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมของโรงงานที่ 26

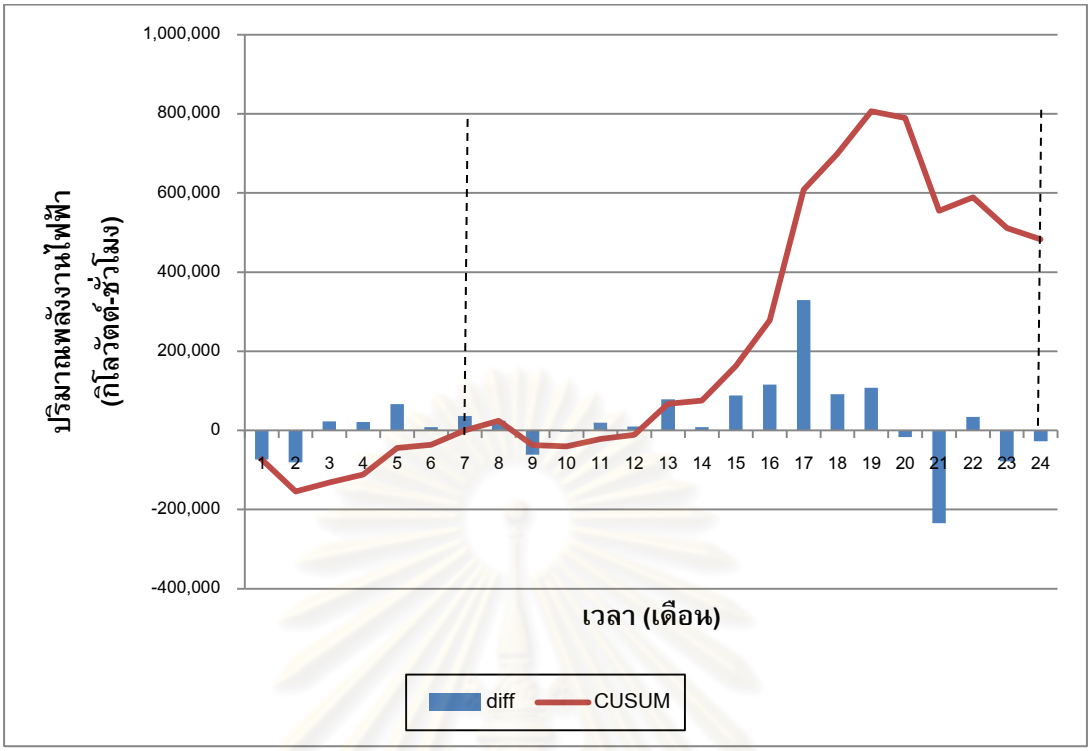
ตารางที่ ก47 มาตรการ และช่วงเวลาที่จัดทำมาตรการของโรงงานที่ 26

มาตรการ	เดือนที่เริ่ม	เดือนที่สิ้นสุด	ผลประหยัดต่อปี (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
ลดเวลาการทำงานของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์	7	12	362,780
การติดตั้งระบบอัตโนมัติควบคุมการทำงานของอุปกรณ์	13	24	264,924
รวม			627,704

,



รูปที่ ก95 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 26



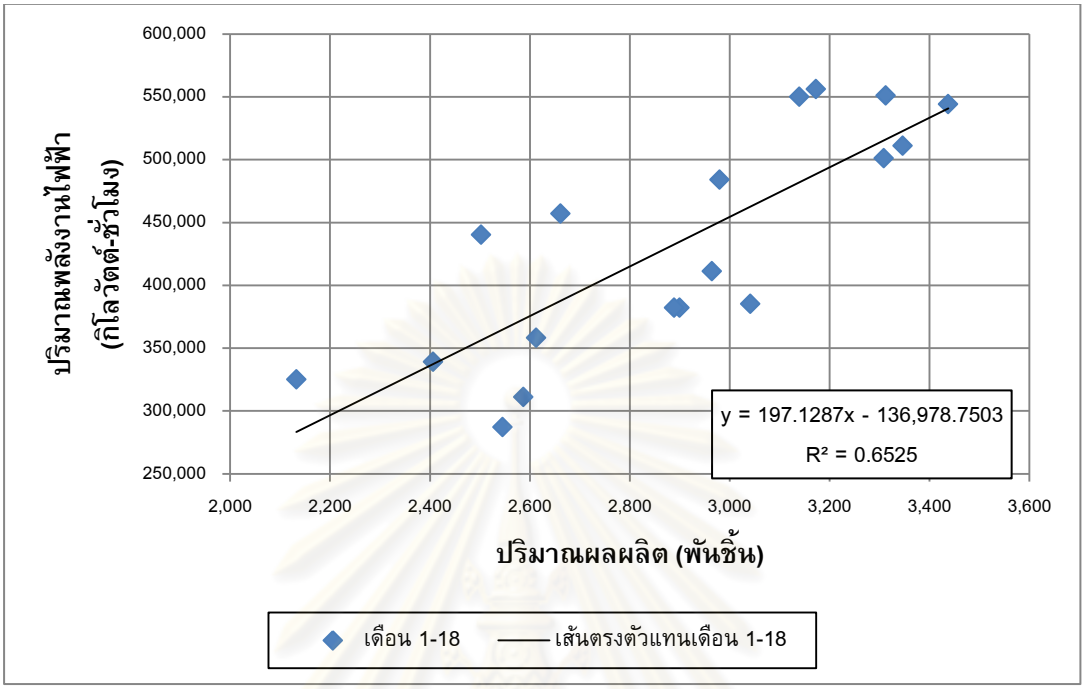
รูปที่ ก96 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 26

ตารางที่ ก48 สรุปผลการวิเคราะห์ของโรงงานที่ 26

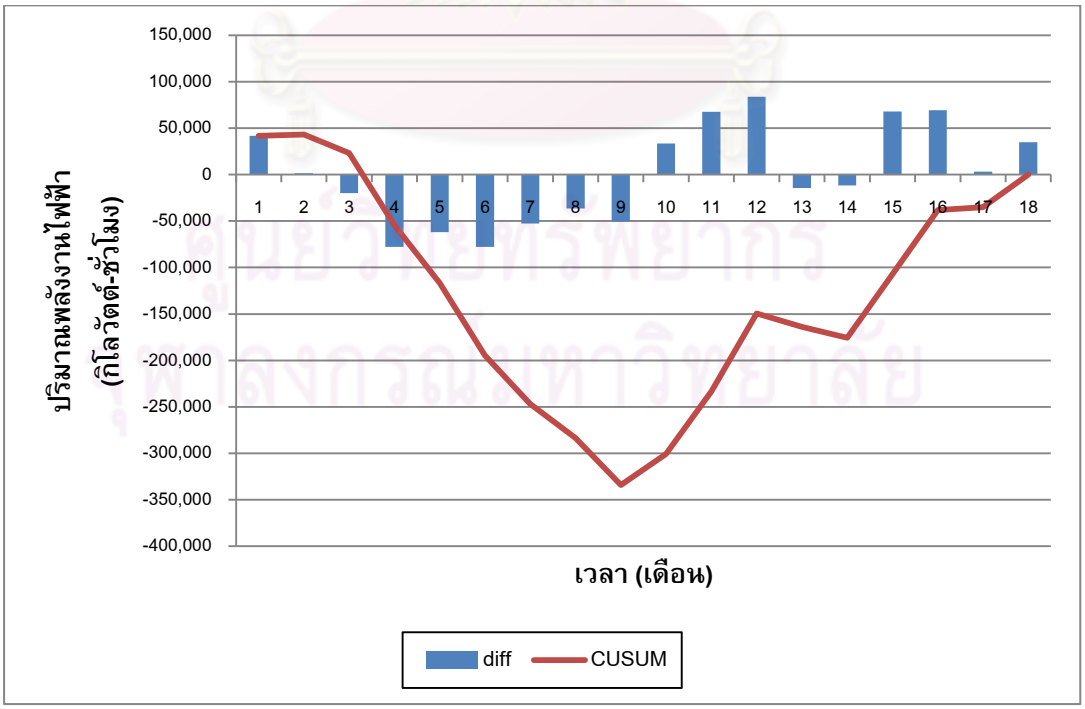
มีผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้า		ผลประหยัดใกล้เคียงกับที่ประเมินไว้		ความต่างของผลประหยัด	ร้อยละของผลประหยัด
ใช่	ไม่ใช่	ใช่	ไม่ใช่		
	✓		✓	1.79	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โรงงานที่ 27



รูปที่ ก97 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าของโรงงานที่ 27

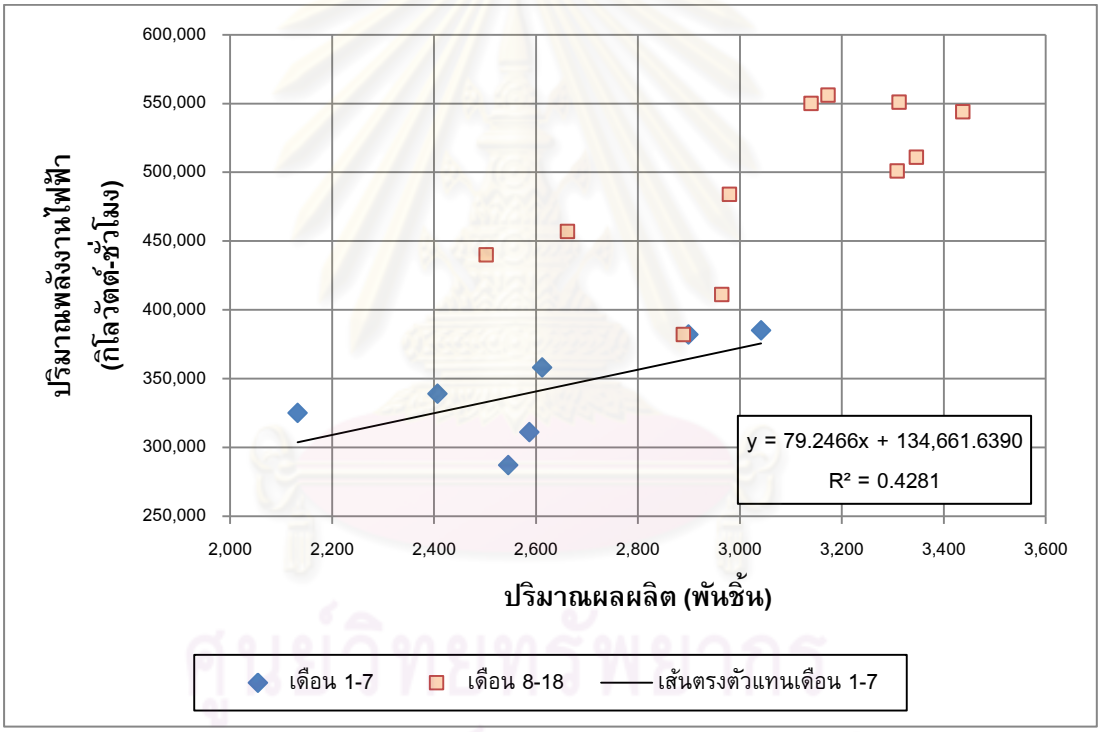


รูปที่ ก98 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมของโรงงานที่ 27

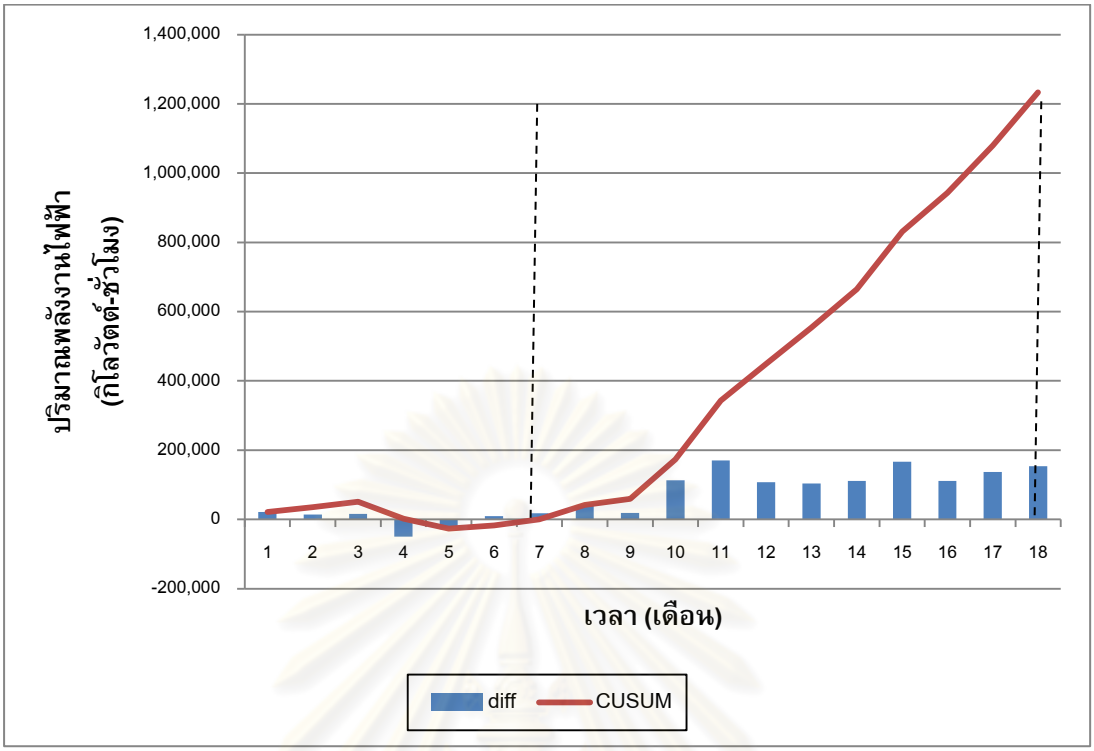
ตารางที่ ก49 มาตรการ และช่วงเวลาที่จัดทำมาตรการของโรงงานที่ 27

มาตรการ	เดือนที่เริ่ม	เดือนที่สิ้นสุด	ผลประหยัดต่อปี (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
การลดการรั่วไหลของอากาศอัด	7	12	42,600
การหุ้มฉนวนอุปกรณ์ให้ความร้อน	15	18	41,303
รวม			83,903

,



รูปที่ ก99 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 27



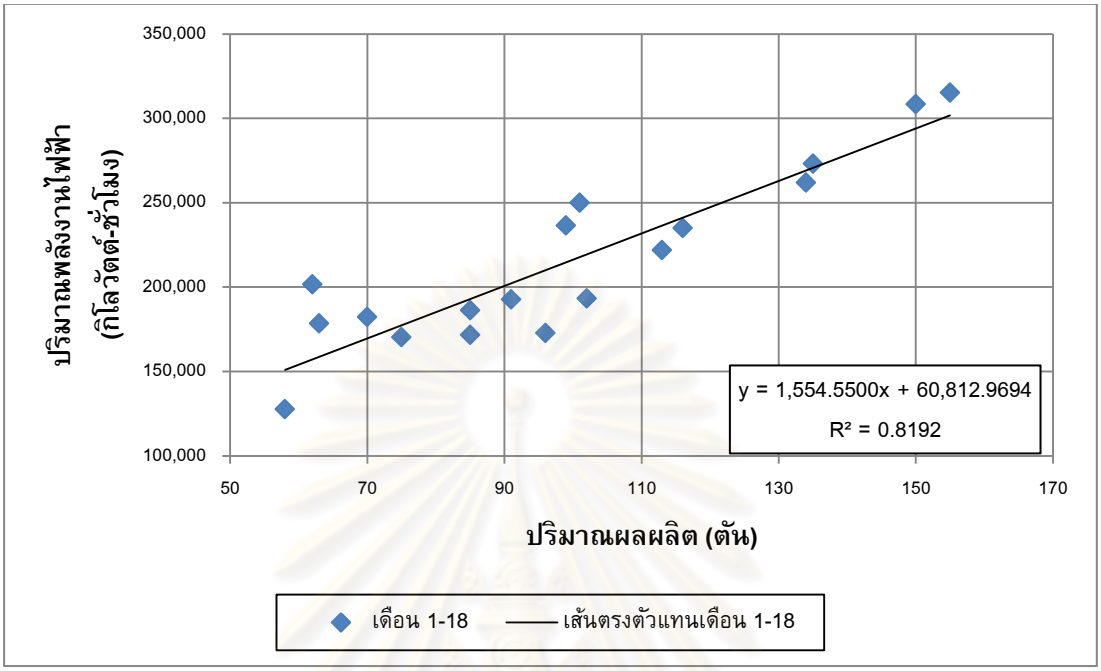
รูปที่ ก100 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 27

ตารางที่ ก50 สรุปผลการวิเคราะห์ของโรงงานที่ 27

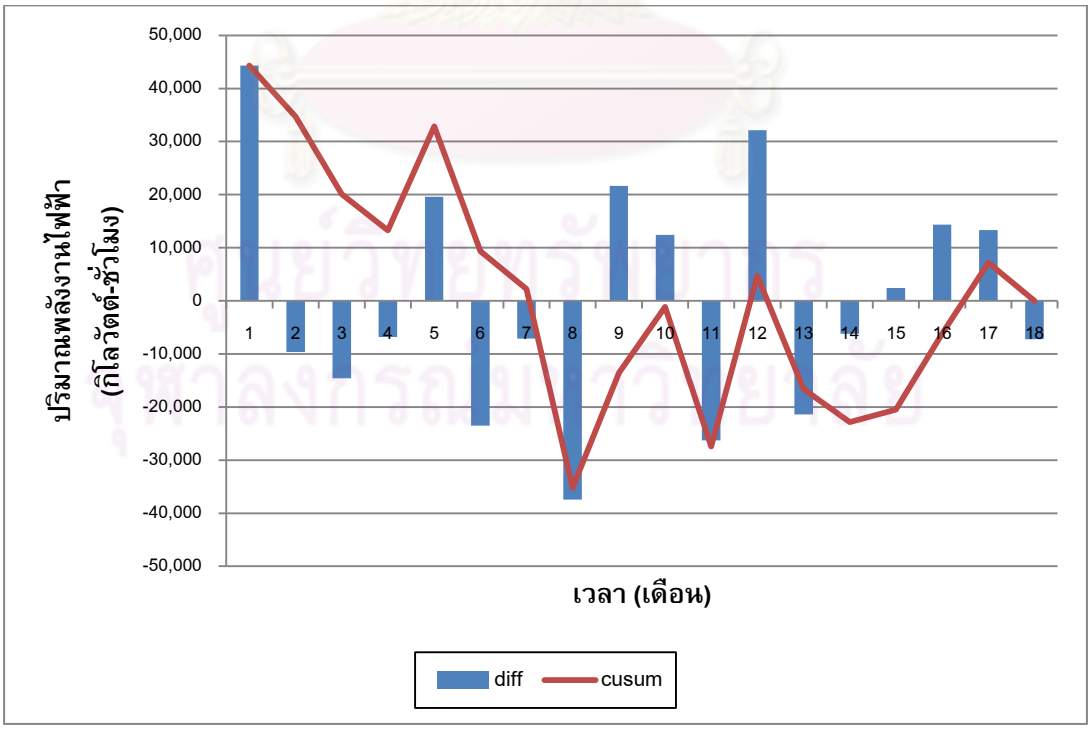
มีผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้า		ผลประหยัดใกล้เคียงกับที่ประเมินไว้		ความต่างของผลประหยัด	ร้อยละของผลประหยัด
ใช่	ไม่ใช่	ใช่	ไม่ใช่		
	✓		✓	15.91	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โรงงานที่ 28



รูปที่ ก101 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าของโรงงานที่ 28

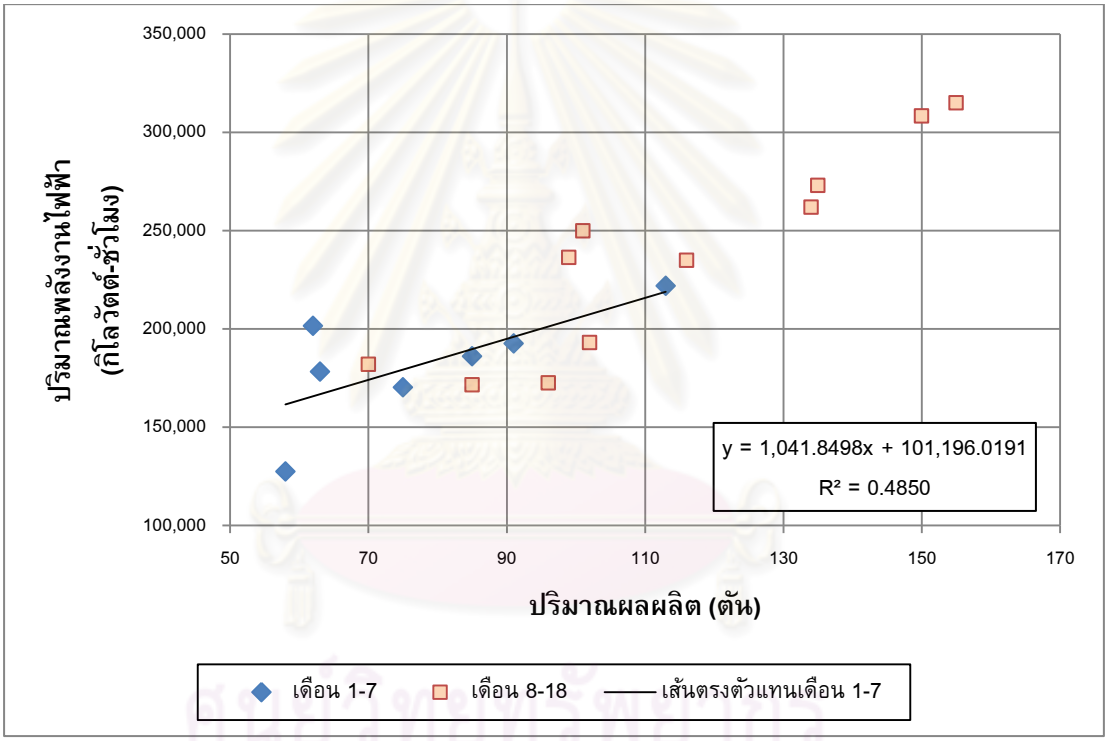


รูปที่ ก102 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมของโรงงานที่ 28

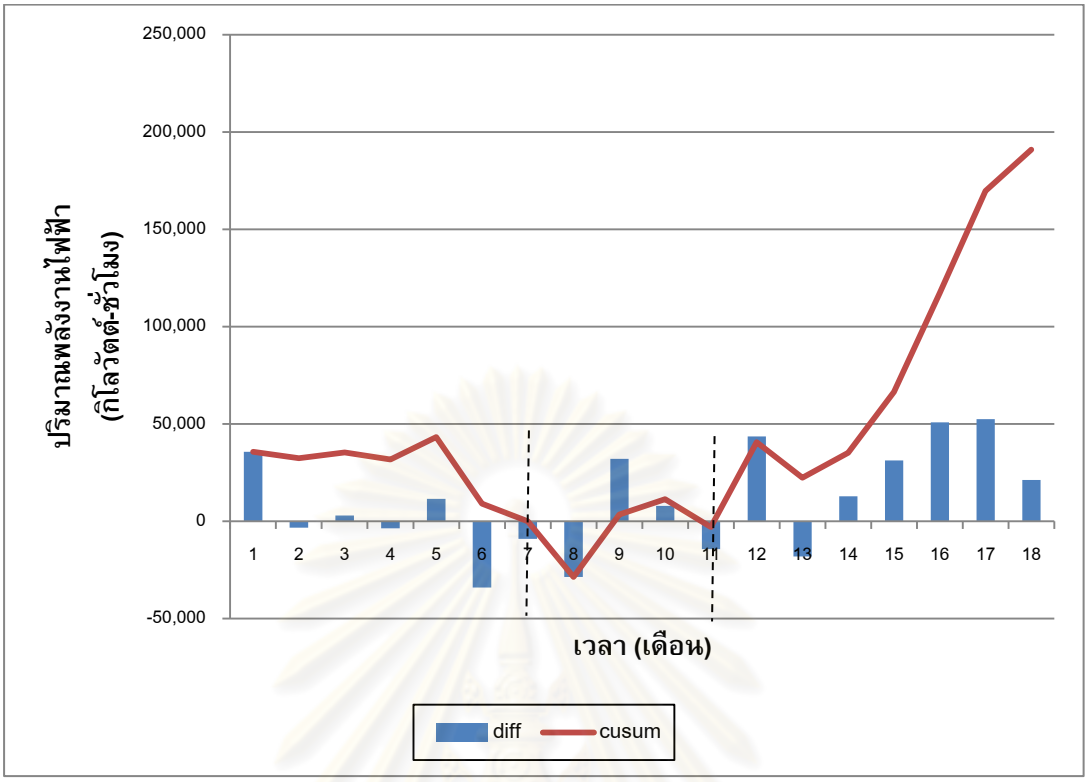
ตารางที่ ก51 มาตรการ และช่วงเวลาที่จัดทำมาตรการของโรงงานที่ 28

มาตรการ	เดือนที่เริ่ม	เดือนที่สิ้นสุด	ผลประหยัดต่อปี (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
บัลลาสต์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ (Low Loss Ballast)	7	11	8,839
รวม			8,839

,



รูปที่ ก103 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 28



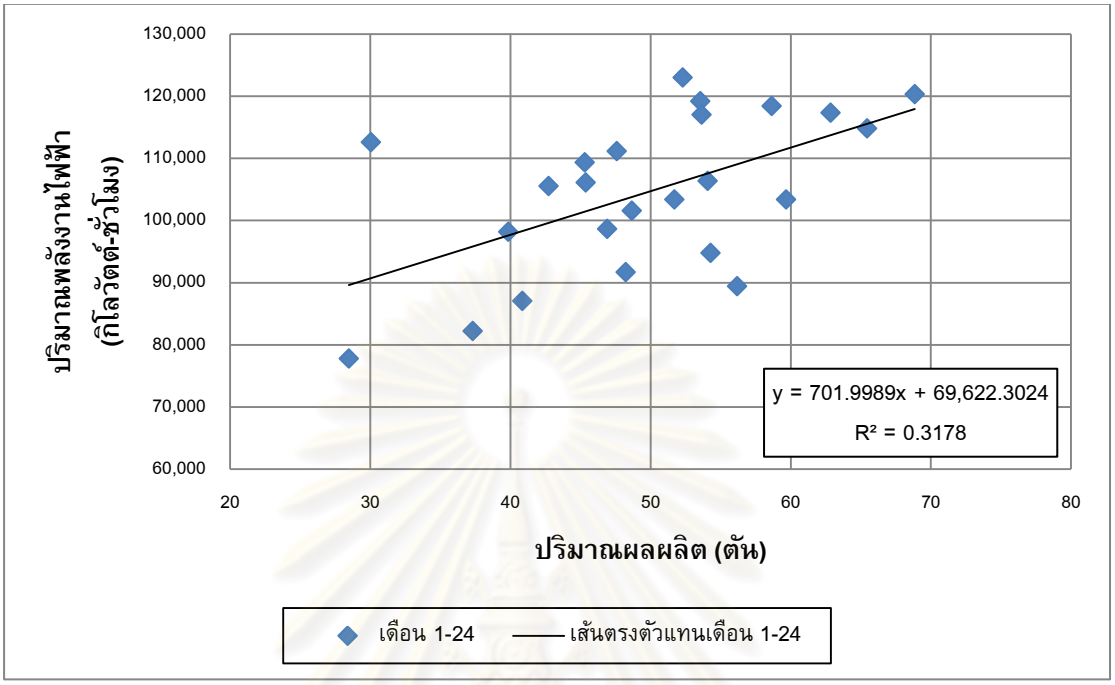
รูปที่ ก104 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 28

ตารางที่ ก52 สรุปผลการวิเคราะห์ของโรงงานที่ 28

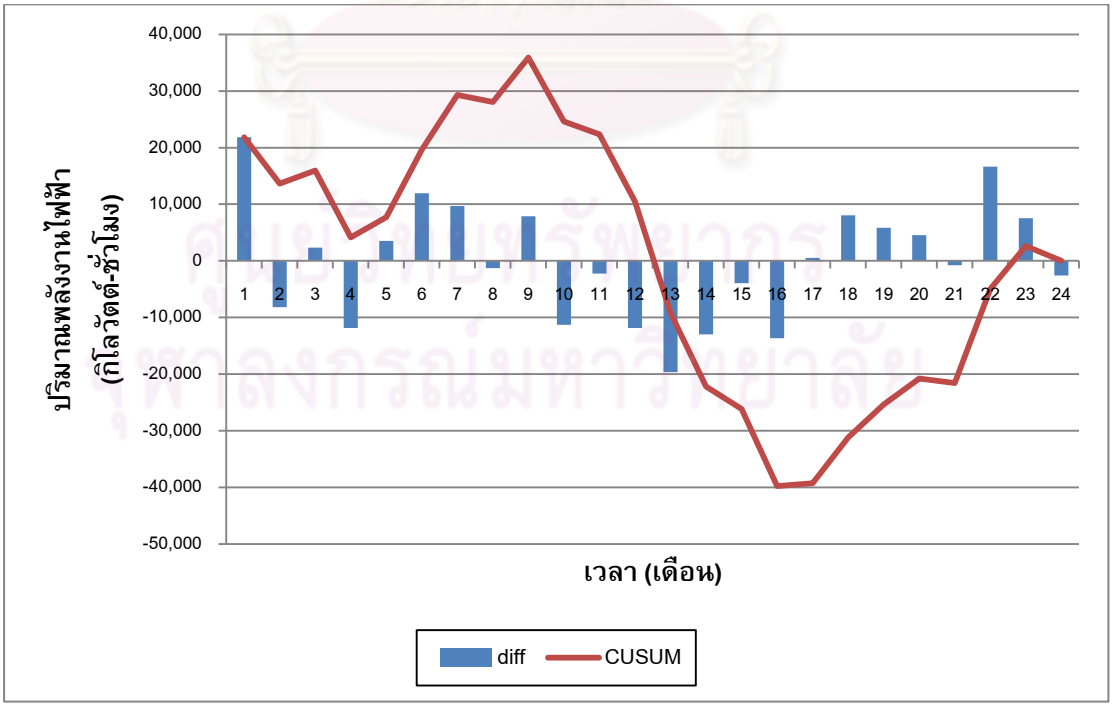
มีผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้า		ผลประหยัดใกล้เคียงกับที่ประเมินไว้		ความต่างของผลประหยัด	ร้อยละของผลประหยัด
ใช่	ไม่ใช่	ใช่	ไม่ใช่		
	✓		✓	21.57	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โรงงานที่ 29



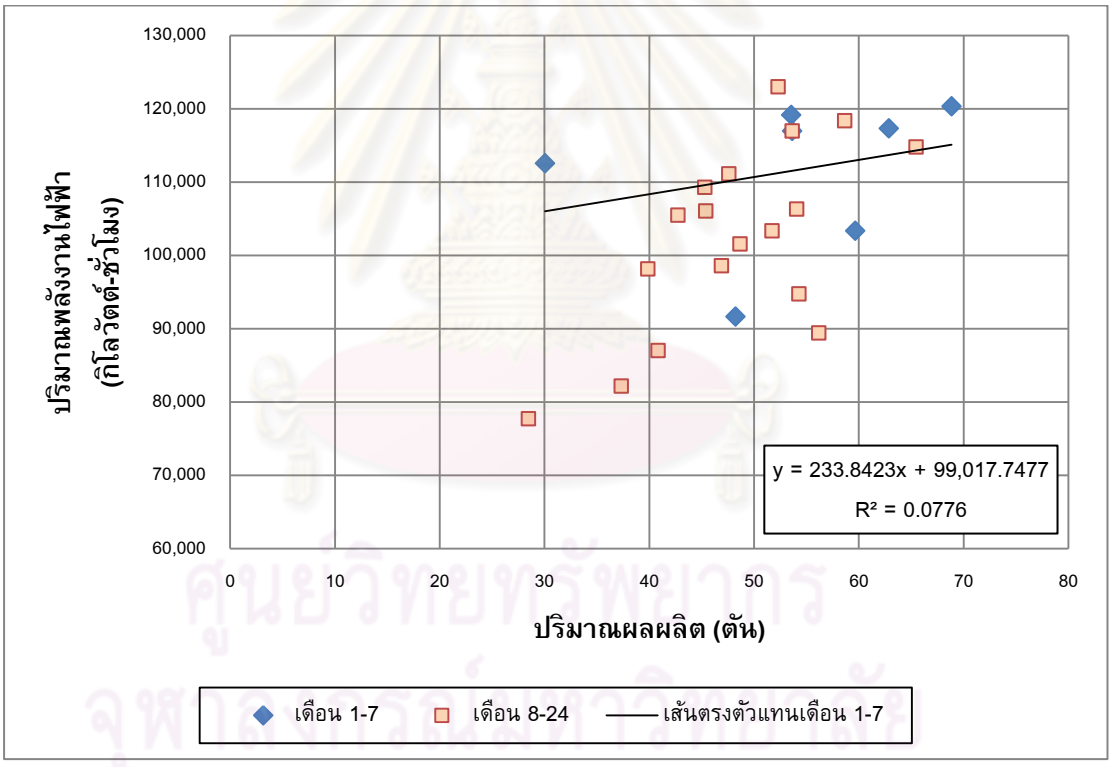
รูปที่ ก105 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าของโรงงานที่ 29



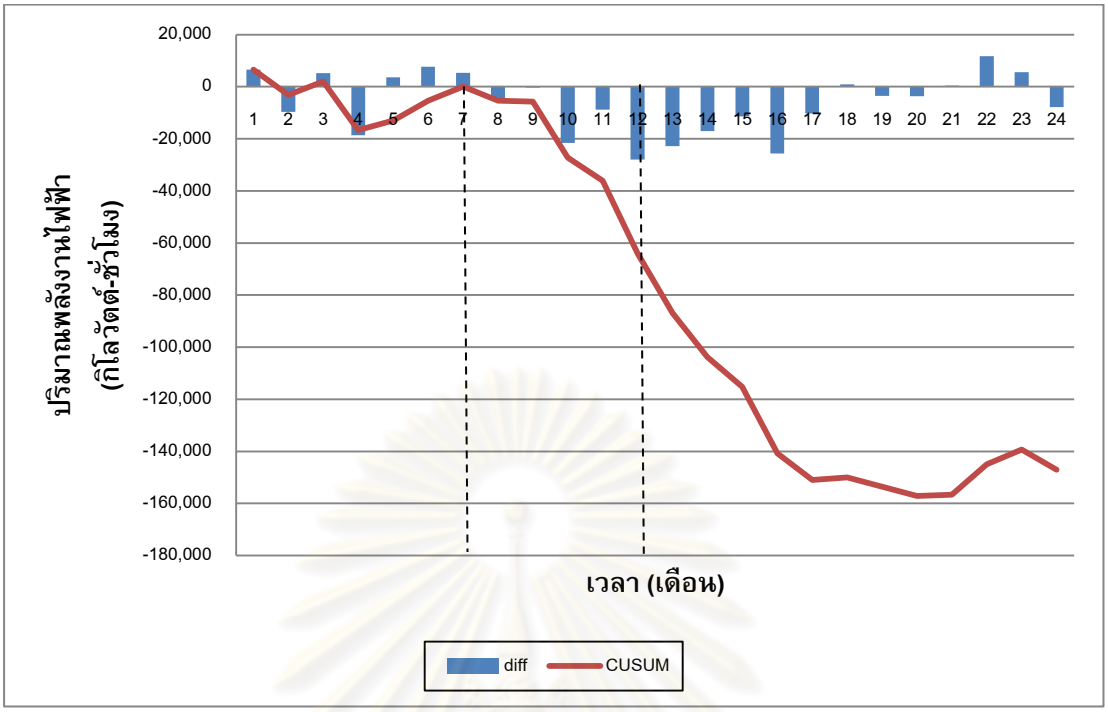
รูปที่ ก106 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมของโรงงานที่ 29

ตารางที่ ก53 มาตรการ และช่วงเวลาที่จัดทำมาตรการของโรงงานที่ 29

มาตรการ	เดือนที่เริ่ม	เดือนที่สิ้นสุด	ผลประหยัดต่อปี (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์	7	7	166
บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์	6	12	52,877
รวม			53,043



รูปที่ ก107 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 29



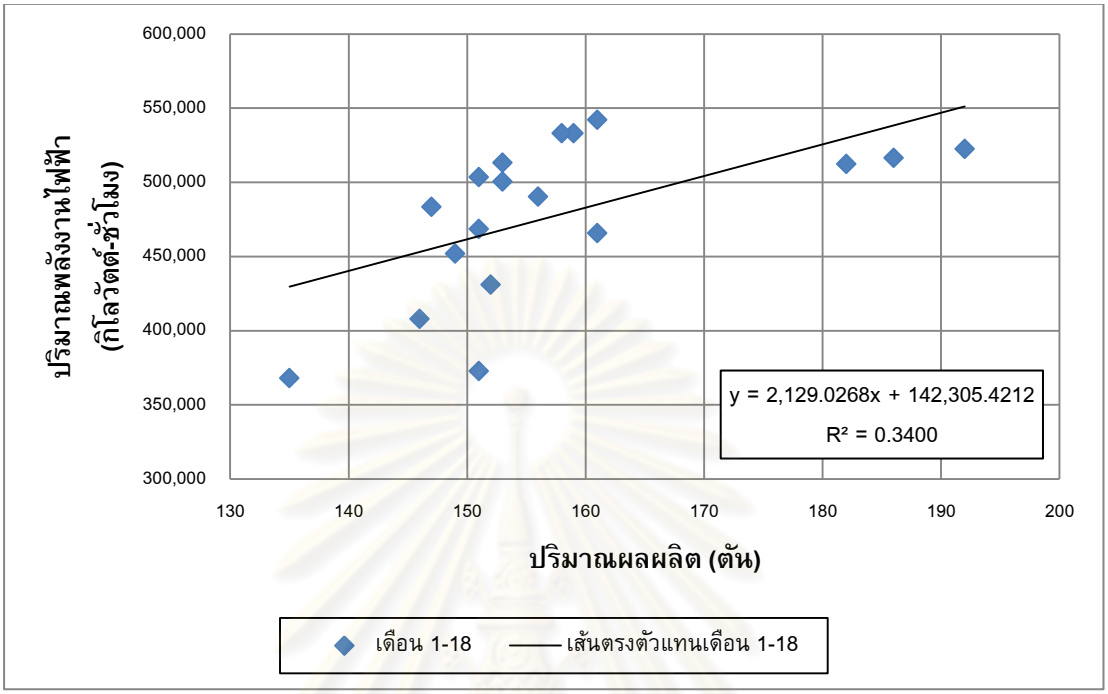
รูปที่ ก108 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 29

ตารางที่ ก54 สรุปผลการวิเคราะห์ของโรงงานที่ 29

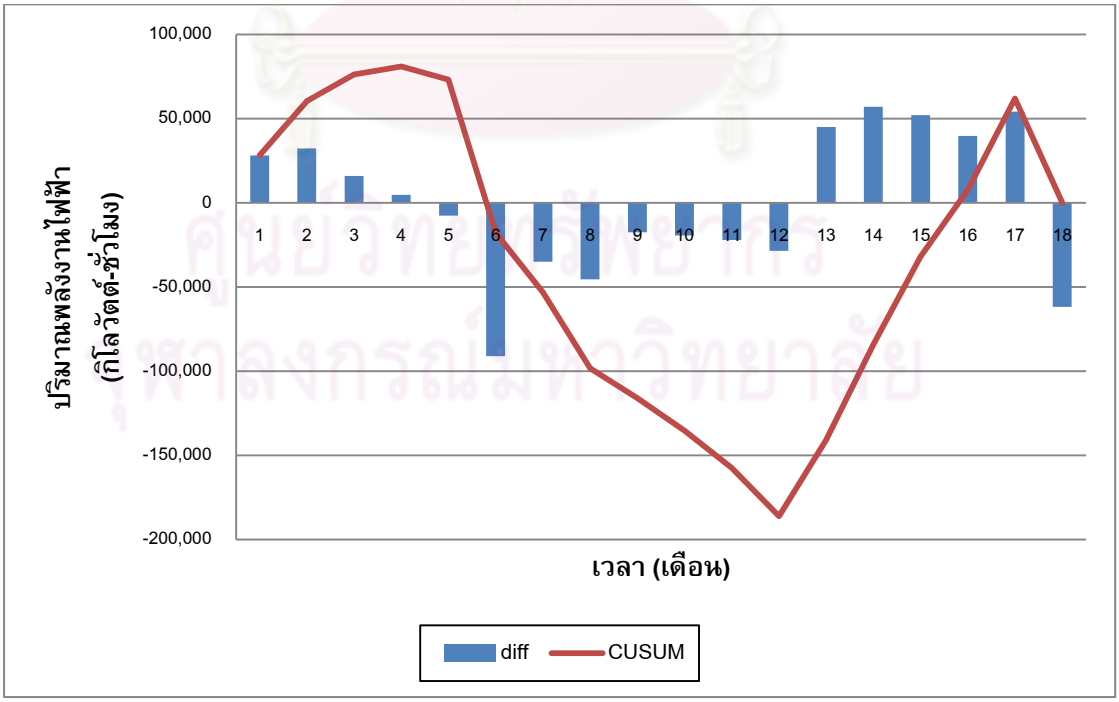
มีผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้า		ผลประหยัดใกล้เคียงกับที่ประเมินไว้		ความต่างของผลประหยัด	ร้อยละของผลประหยัด
ใช่	ไม่ใช่	ใช่	ไม่ใช่		
	✓		✓	-1.73	10.88

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โรงงานที่ 30



รูปที่ ก109 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าของโรงงานที่ 30

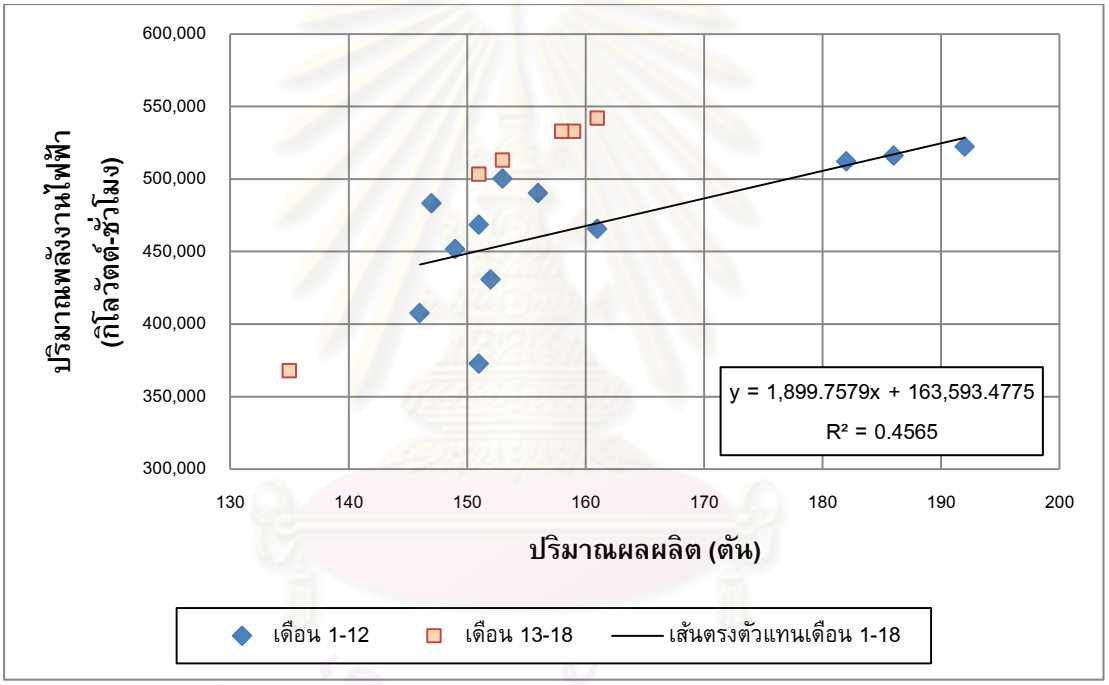


รูปที่ ก110 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมของโรงงานที่ 30

ตารางที่ ก55 มาตรการ และช่วงเวลาที่จัดทำมาตรการของโรงงานที่ 30

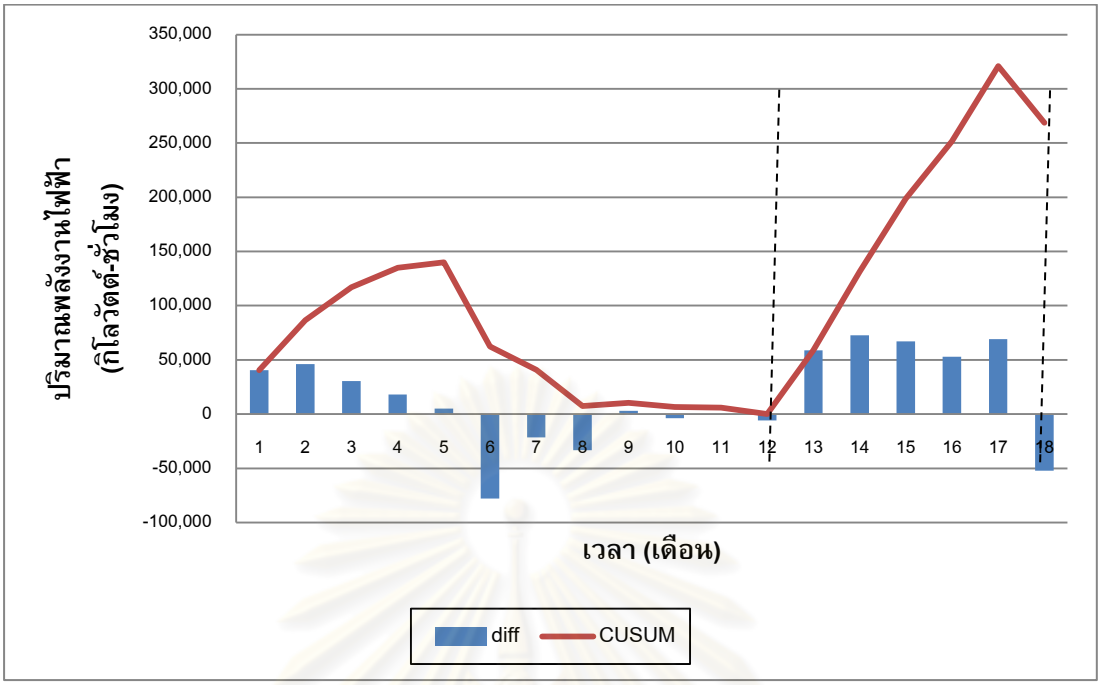
มาตรการ	เดือนที่เริ่ม	เดือนที่สิ้นสุด	ผลประหยัดต่อปี (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
การเปลี่ยนจากหลอดแสงจันทร์เป็นหลอดโลหะฮาไลด์	12	18	677.88
รวม			677.88

,



รูปที่ ก111 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 30

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



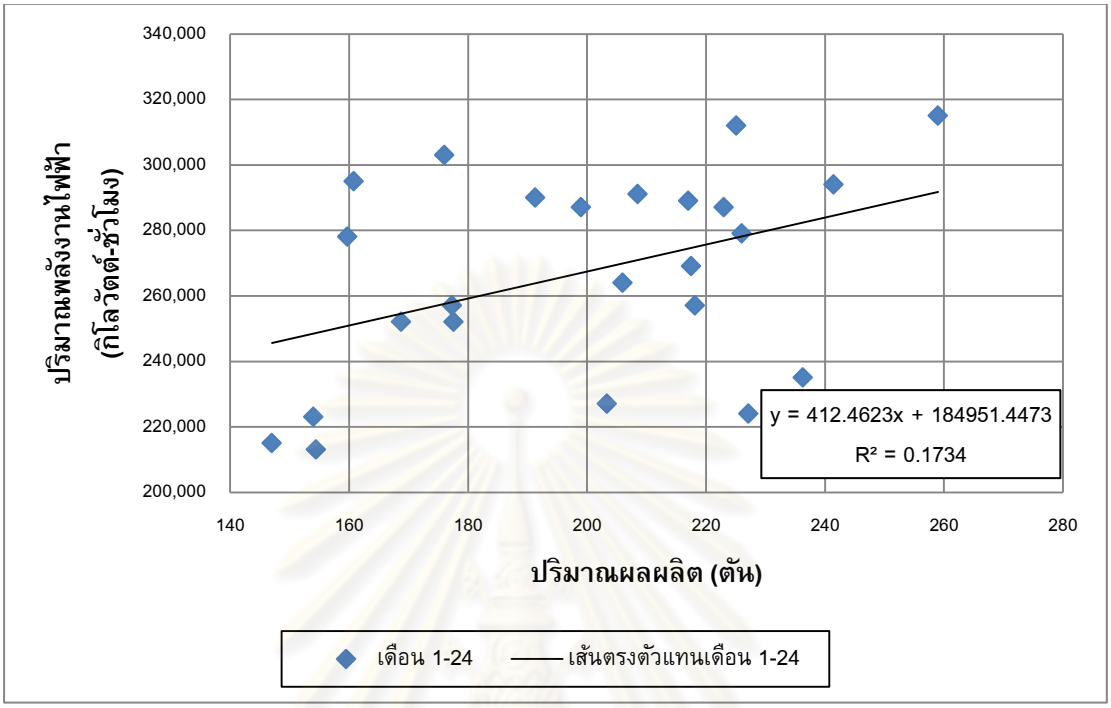
รูปที่ ก112 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 30

ตารางที่ ก56 สรุปผลการวิเคราะห์ของโรงงานที่ 30

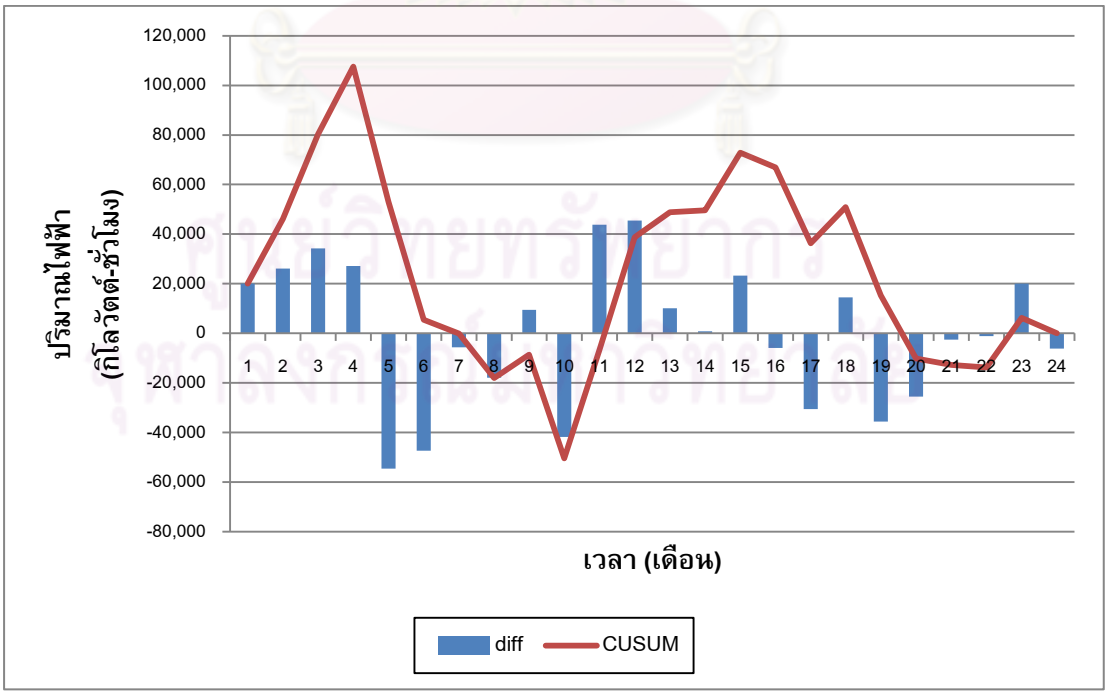
มีผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้า		ผลประหยัดใกล้เคียงกับที่ประเมินไว้		ความต่างของผลประหยัด	ร้อยละของผลประหยัด
ใช่	ไม่ใช่	ใช่	ไม่ใช่		
	✓		✓	305.34	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โรงงานที่ 31



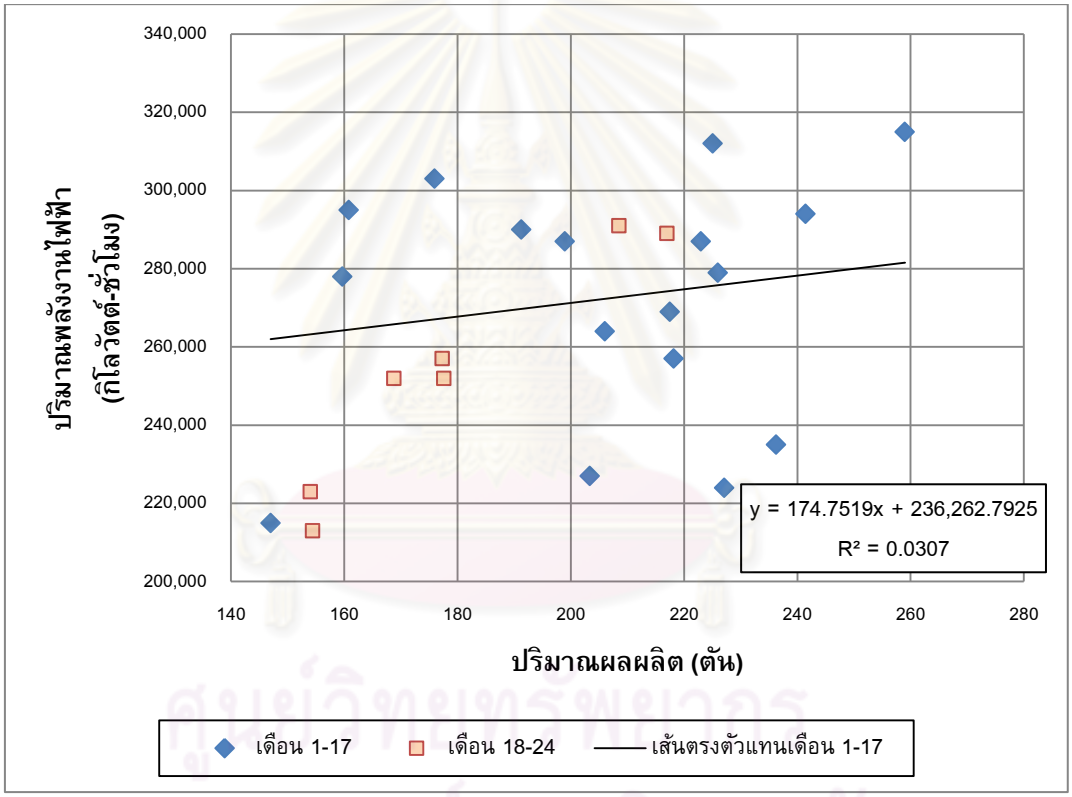
รูปที่ ก113 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าของโรงงานที่ 31



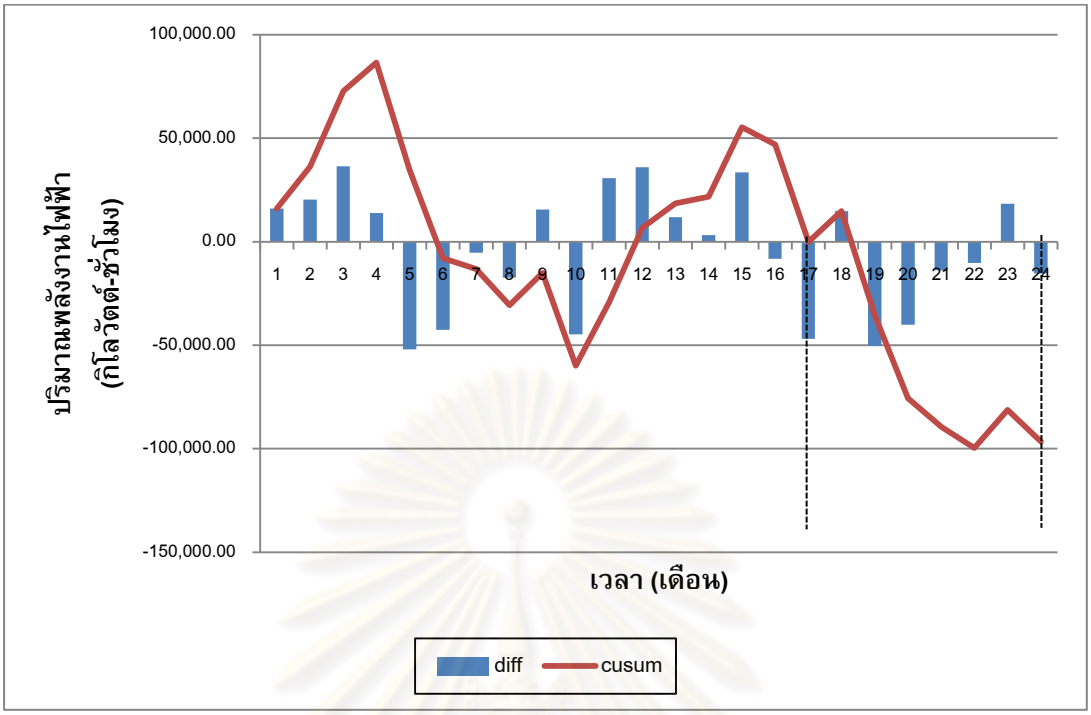
รูปที่ ก114 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมของโรงงานที่ 31

ตารางที่ ก57 มาตรการ และช่วงเวลาที่จัดทำมาตรการของโรงงานที่ 31

มาตรการ	เดือนที่เริ่ม	เดือนที่สิ้นสุด	ผลประหยัดต่อปี (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์	17	24	1,140
รวม			1,140



รูปที่ ก115 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 31



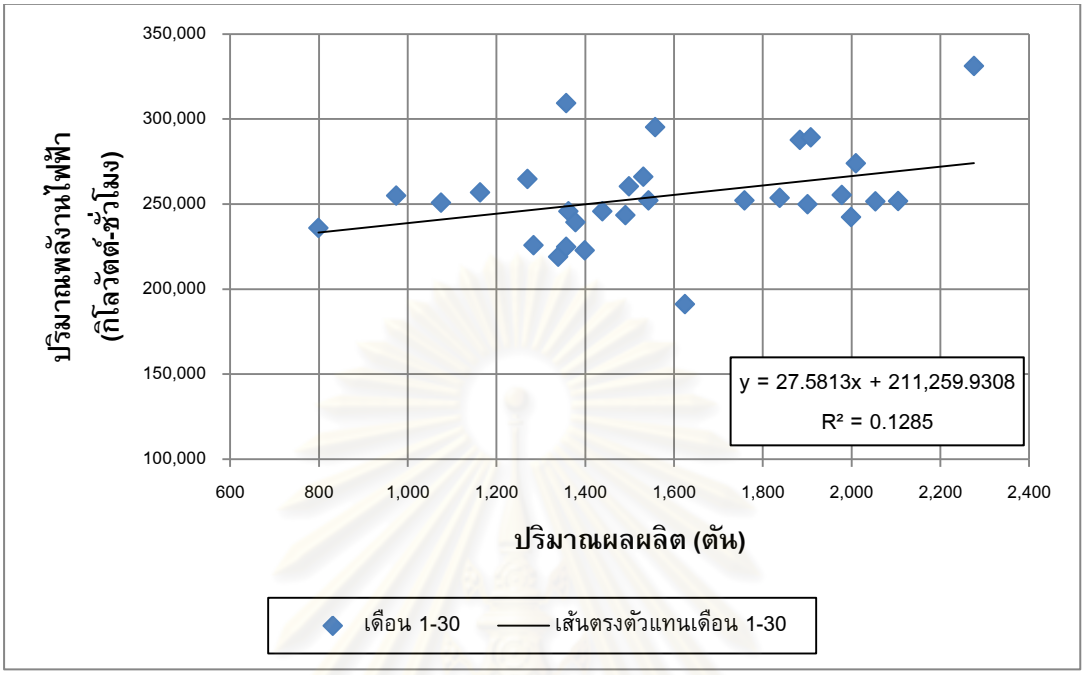
รูปที่ ก116 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 31

ตารางที่ ก58 สรุปผลการวิเคราะห์ของโรงงานที่ 31

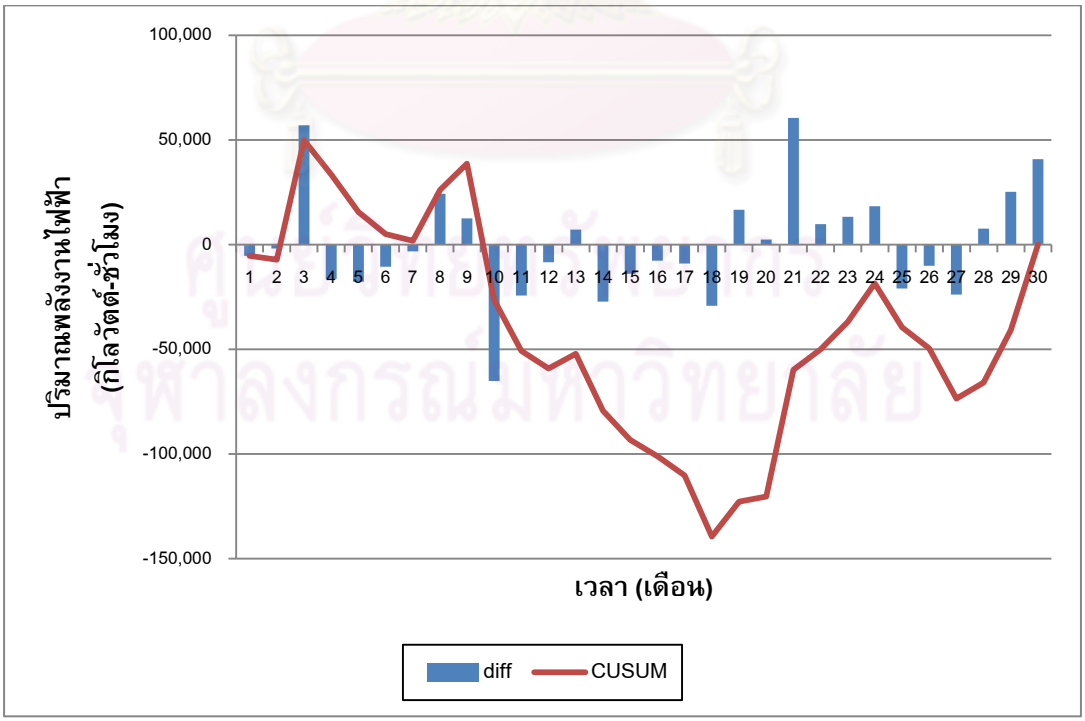
มีผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้า		ผลประหยัดใกล้เคียงกับที่ประเมินไว้		ความต่างของผลประหยัด	ร้อยละของผลประหยัด
ใช่	ไม่ใช่	ใช่	ไม่ใช่		
	✓		✓	-187.89	6.63

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โรงงานที่ 32



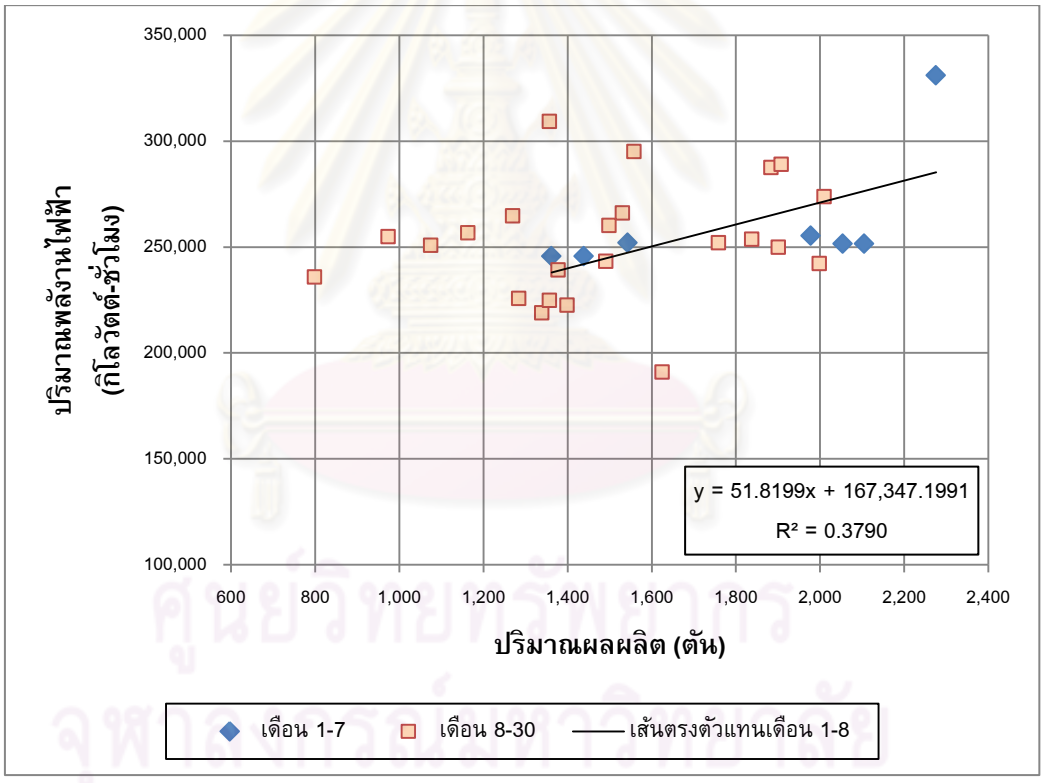
รูปที่ ก117 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าของโรงงานที่ 32



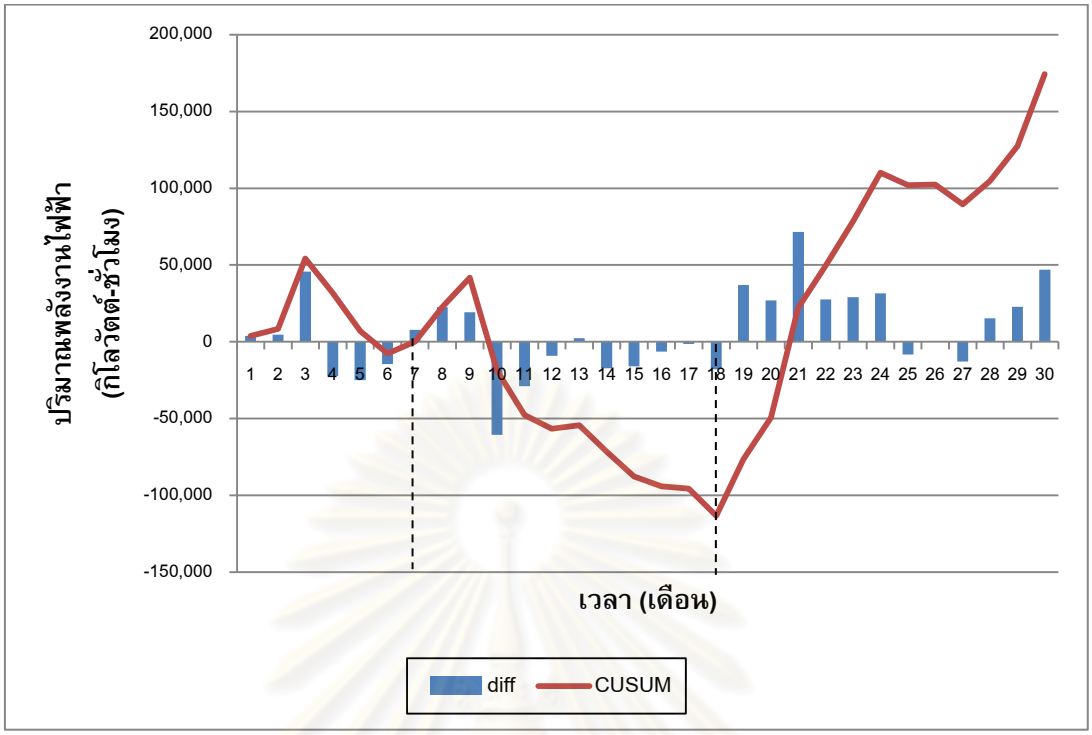
รูปที่ ก118 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมของโรงงานที่ 24

ตารางที่ ก59 มาตรการ และช่วงเวลาที่จัดทำมาตรการของโรงงานที่ 32

มาตรการ	เดือนที่เริ่ม	เดือนที่สิ้นสุด	ผลประหยัดต่อปี (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
การยกเลิกการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็น	18	18	15,000
การปรับความเร็วรอบของอุปกรณ์ให้เหมาะสม	7	12	97,056
รวม			112,056



รูปที่ ก119 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 32



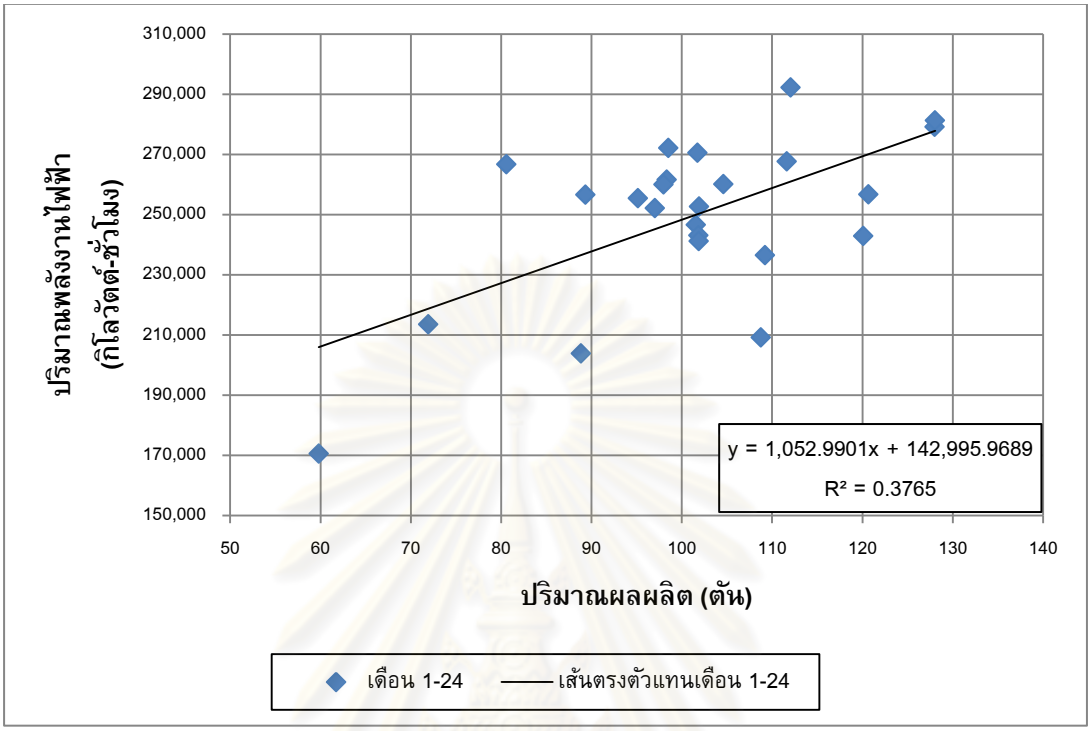
รูปที่ ก120 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 32

ตารางที่ ก60 สรุปผลการวิเคราะห์ของโรงงานที่ 32

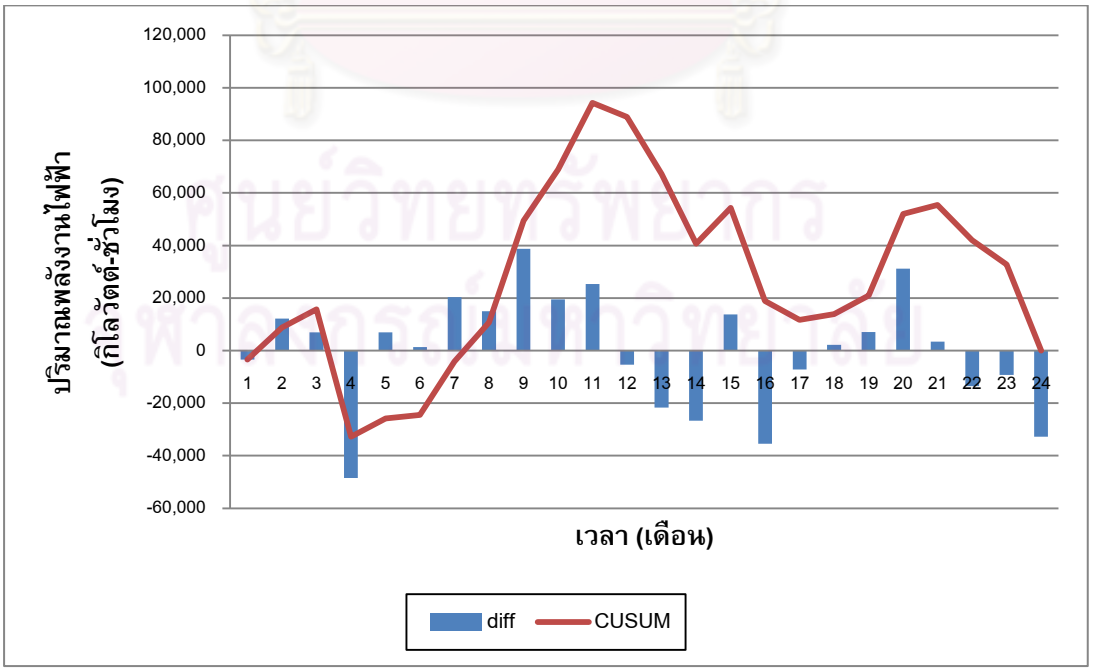
มีผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้า		ผลประหยัดใกล้เคียงกับที่ประเมินไว้		ความต่างของผลประหยัด	ร้อยละของผลประหยัด
ใช่	ไม่ใช่	ใช่	ไม่ใช่		
✓		✓		0.06	3.33

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โรงงานที่ 33



รูปที่ ก121 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าของโรงงานที่ 33

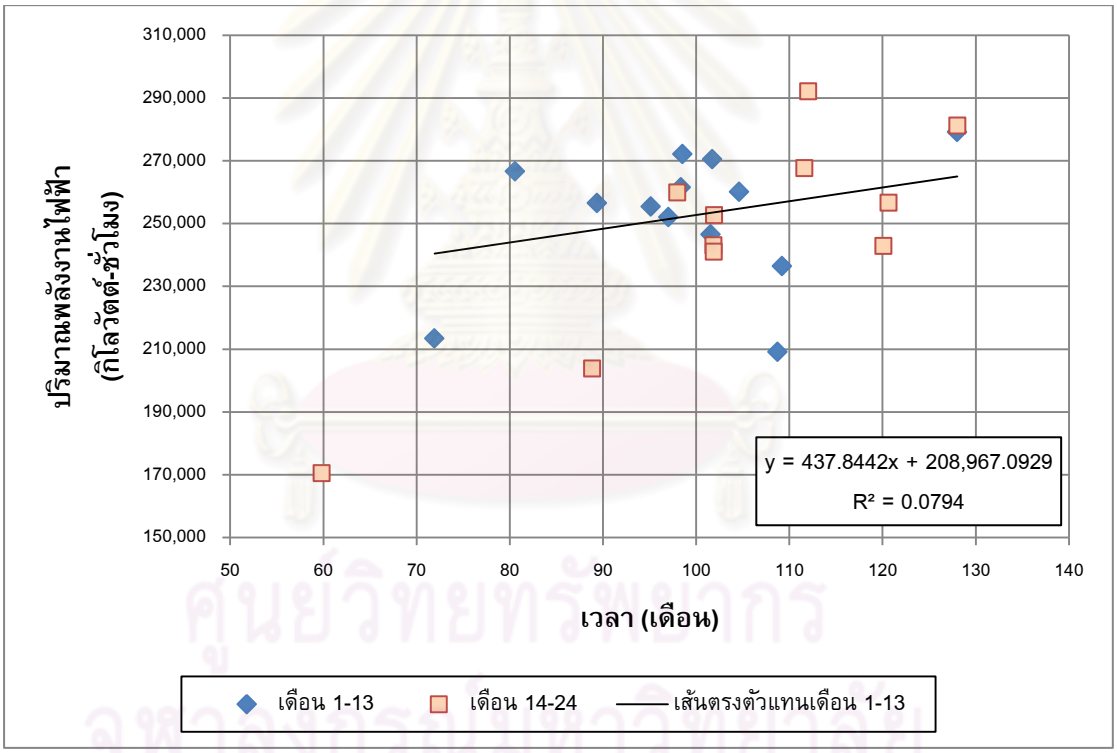


รูปที่ ก122 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมของโรงงานที่ 33

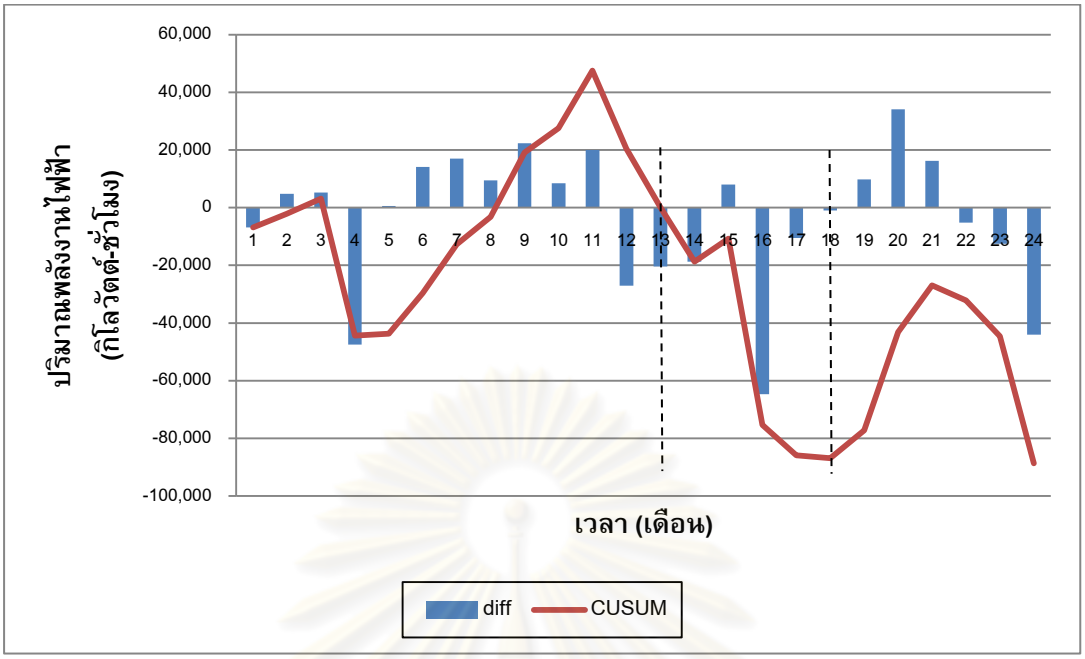
ตารางที่ ก61 มาตรการ และช่วงเวลาที่จัดทำมาตรการของโรงงานที่ 33

มาตรการ	เดือนที่เริ่ม	เดือนที่สิ้นสุด	ผลประหยัดต่อปี (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
การใช้สวิตช์ควบคุมการปิด-เปิด	14	18	1,269.00
การกำหนดเวลาเปิด-ปิดที่เหมาะสม	13	18	2,241.00
รวม			3,510.00

,



รูปที่ ก123 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 33



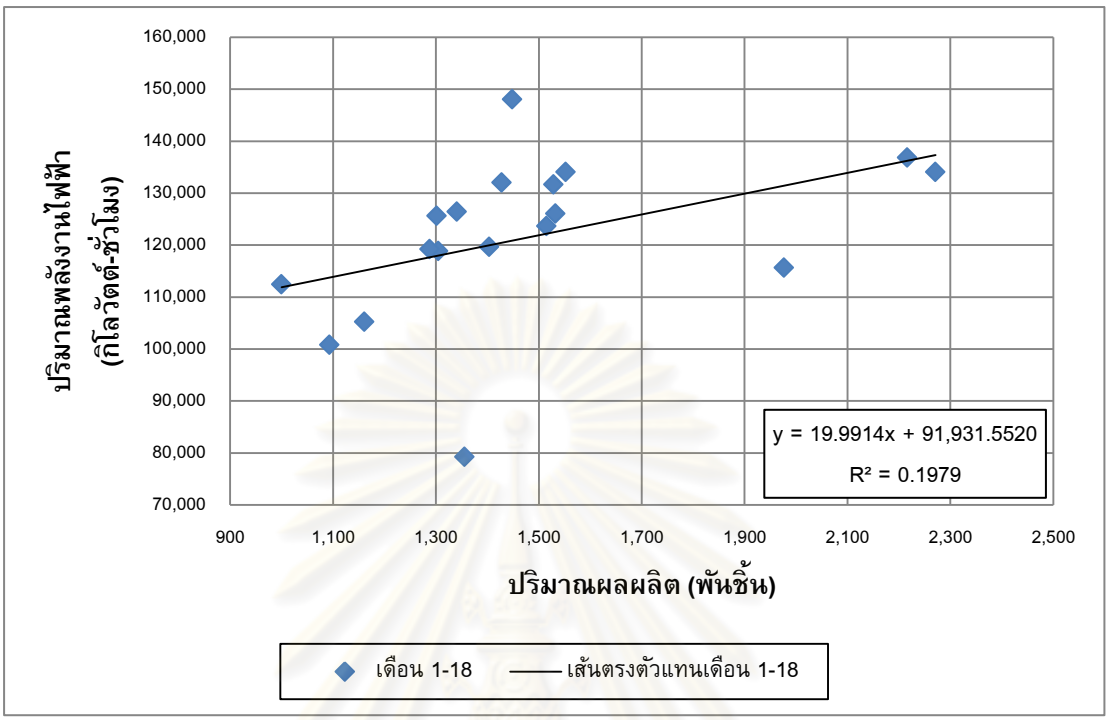
รูปที่ ก124 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 33

ตารางที่ ก62 สรุปผลการวิเคราะห์ของโรงงานที่ 33

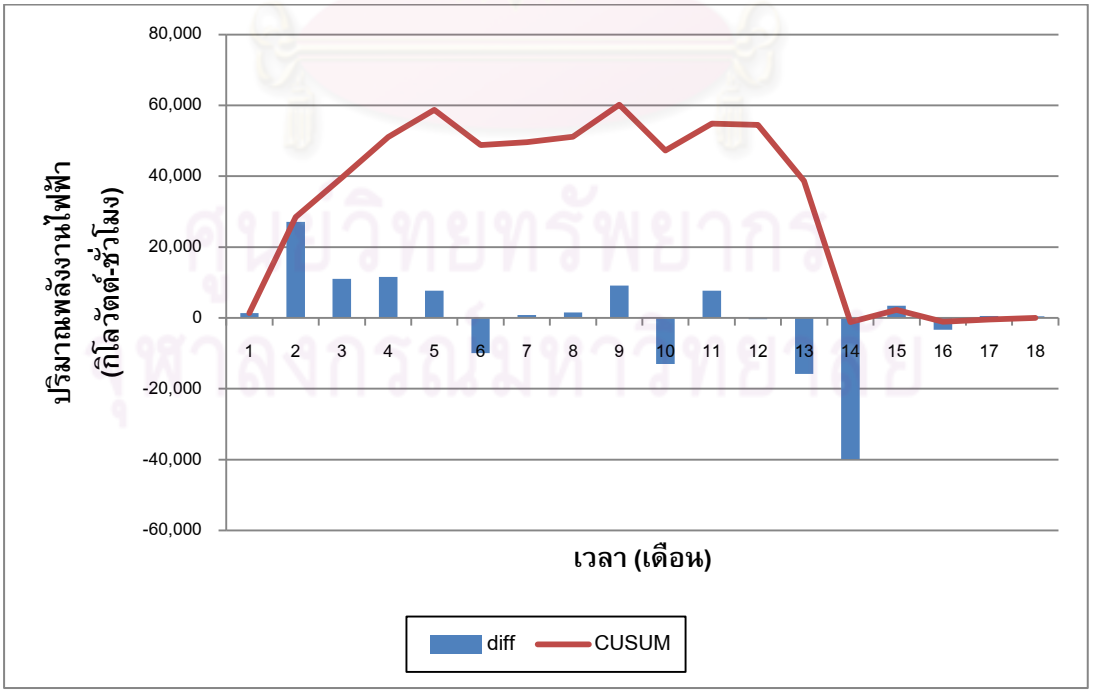
มีผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้า		ผลประหยัดใกล้เคียงกับที่ประเมินไว้		ความต่างของผลประหยัด	ร้อยละของผลประหยัด
ใช่	ไม่ใช่	ใช่	ไม่ใช่		
✓			✓	-30.10	3.59

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โรงงานที่ 34



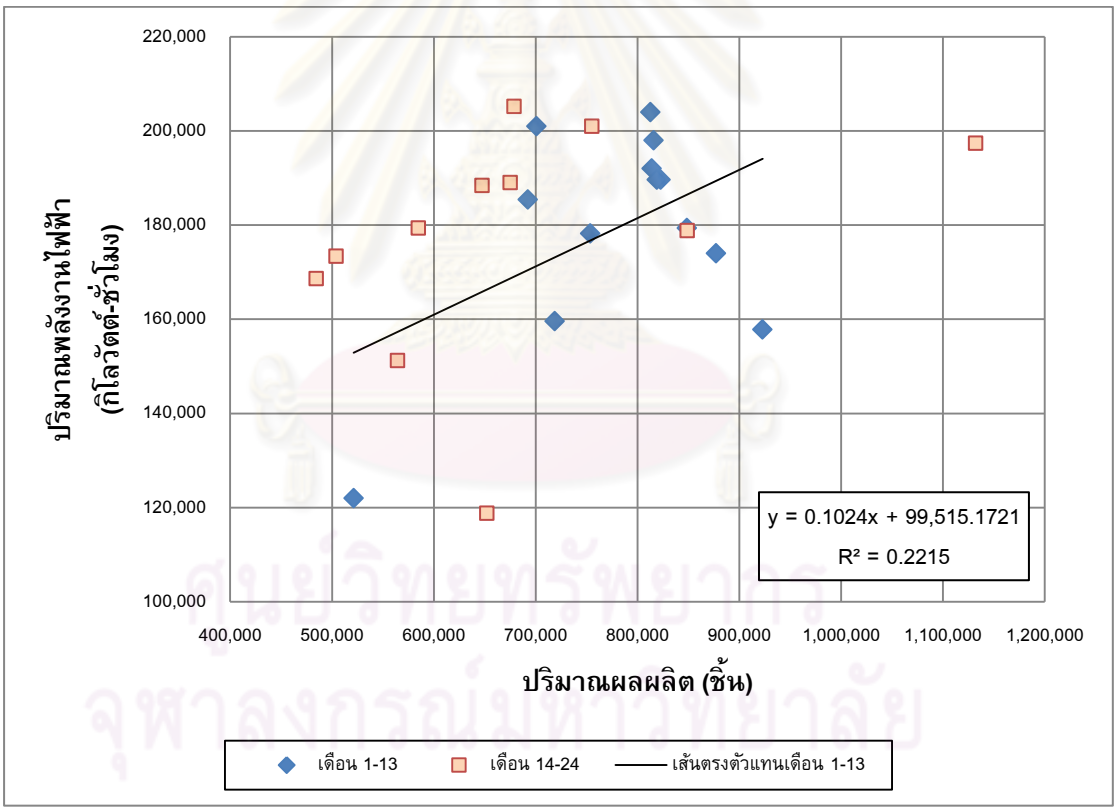
รูปที่ ก125 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าของโรงงานที่ 34



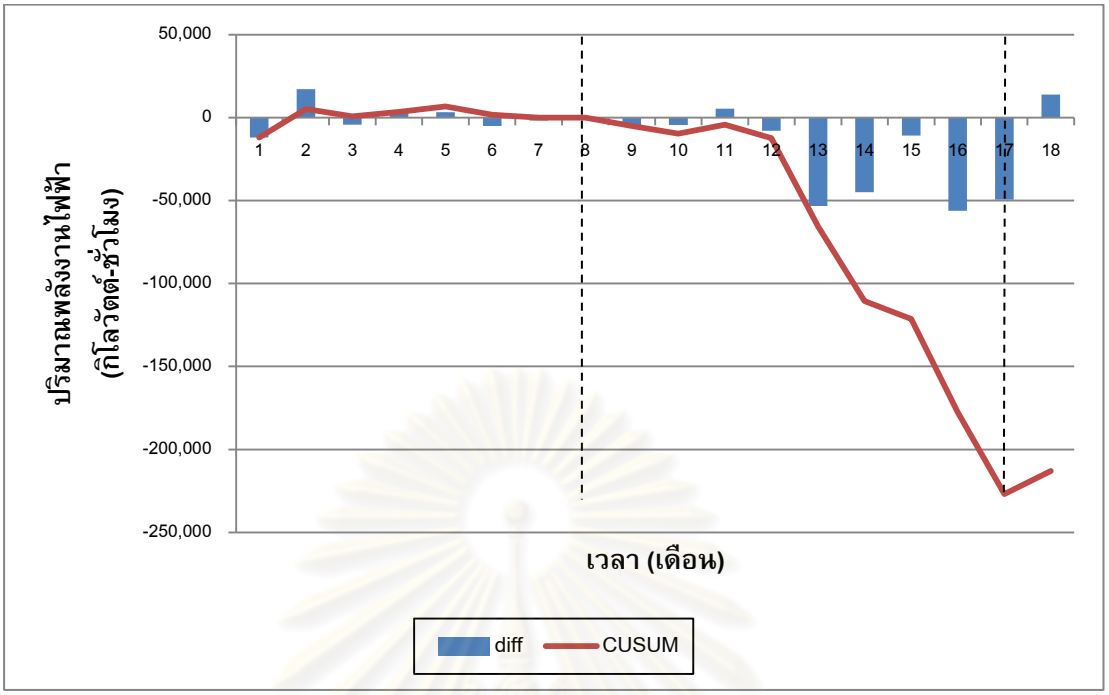
รูปที่ ก126 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมของโรงงานที่ 34

ตารางที่ ก63 มาตรการ และช่วงเวลาที่จัดทำมาตรการของโรงงานที่ 34

มาตรการ	เดือนที่เริ่ม	เดือนที่สิ้นสุด	ผลประหยัดต่อปี (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
ลดจำนวนวัตต์ของหลอดไฟฟ้า	16	17	1,426
การใช้เครื่องตั้งเวลาควบคุมการปิด-เปิด	7	12	37,804
การใช้เครื่องตั้งเวลาควบคุมการปิด-เปิด	16	16	29,862
รวม			69,092



รูปที่ ก127 แผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้าแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 34



รูปที่ ก128 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมแบบฐานกิจกรรมของโรงงานที่ 34

ตารางที่ ก64 สรุปผลการวิเคราะห์ของโรงงานที่ 34

มีผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้า		ผลประหยัดใกล้เคียงกับที่ประเมินไว้		ความต่างของผลประหยัด	ร้อยละของผลประหยัด
ใช่	ไม่ใช่	ใช่	ไม่ใช่		
✓			✓	-2.11	13.96

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวเบญจวรรณ นิรมิตวสุ เกิดเมื่อวันที่ 19 มกราคม พ.ศ.2528 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในปีการศึกษา 2550 จากนั้นเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมมหาบัณฑิต (วศ.ม.) ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในภาคต้น ปีการศึกษา 2551

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย