กรมพัฒนาพลังงานทดแทน
และอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน

ส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

คู่มือ

กรณีตัวอย่างมาตรการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม

www.dede.go.th

คำนำ

พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 (แก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2550) ได้กำหนดให้เจ้าของโรงงานควบคุมและเจ้าของอาคารควบคุมดำเนินการจัดการพลังงานตามกฎกระทรวงว่าด้วยการกำหนดมาตรฐาน หลักเกณฑ์และวิธีการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุมอย่างเป็นระบบและต่อเนื่อง ทั้งด้านพฤติกรรม จิตสำนึก วิธีการจัดการการใช้พลังงาน รวมทั้งเทคนิควิธีการทางวิศวกรรม ที่ได้มีการบูรณาการอย่างมีระบบ ซึ่งจะต้องพิจารณาให้สอดคล้องกับวัฒนธรรมขององค์กรแต่ละแห่ง เพื่อกระตุ้นให้โรงงานควบคุมและอาคารควบคุมได้เห็นความสำคัญของการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและประหยัดพลังงาน

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ตระหนักดีว่าในการปฏิบัติตามกฎหมายด้วยวิธีการจัดการพลังงานนั้น โรงงานควบคุมและอาคารควบคุมจำเป็นต้องทราบขั้นตอนและวิธีการปฏิบัติอย่างถูกต้องนำไปสู่การดำเนินการอนุรักษ์พลังงานที่เป็นรูปธรรม เพื่อให้โรงงานควบคุมและอาคารควบคุมสามารถดำเนินการได้อย่างครบถ้วนทั้งด้านการจัดการพลังงานและด้านวิศวกรรม จึงได้จัดทำเอกสารคู่มือกรณีตัวอย่างมาตรการอนุรักษ์พลังงานขึ้น เพื่อเป็นแนวทางให้บุคลากรของโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม ตลอดจนผู้สนใจทั่วไป ได้นำไปประยุกต์ใช้งานให้เหมาะสมกับสถานประกอบการของตนเอง

การดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงาน ด้วยการปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องจักรอุปกรณ์ต่างๆ นั้น เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับวิศวกรและช่างเทคนิคที่จะต้องมีความรู้ในเชิงวิศวกรรมเกี่ยวกับการออกแบบติดตั้ง การเลือกฟังก์ชั่นที่เหมาะสมสำหรับลักษณะการใช้งาน ซึ่งจะนำไปสู่ประสิทธิผลทางพลังงานสูงสุด ในทางตรงกันข้ามหากผู้นำมาตรการอนุรักษ์พลังงานไปใช้โดยขาดความรู้เชิงวิศวกรรม อาจจะส่งผลให้การดำเนินมาตรการนั้นไม่ได้ประสิทธิผลทางพลังงานดังที่ต้องการและอาจเป็นการดำเนินการที่สูญเปล่าโดยไม่เกิดประโยชน์

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน หวังเป็นอย่างยิ่งว่าเอกสารคู่มือกรณีตัวอย่างมาตรการอนุรักษ์พลังงานฉบับนี้ จะเป็นประโยชน์สำหรับวิศวกร ช่างเทคนิค และผู้สนใจทั่วไป ที่จะนำไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับสถานประกอบการของตน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานให้มากยิ่งขึ้นต่อไป

สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน
กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน

ตุลาคม 2557

สารบัญ

หน้า

มาตรการด้านไฟฟ้า

1. มาตรการด้านระบบไฟฟ้าแสงสว่าง
    - 1.1 การติดตั้งสวิตซ์กระตุกสำหรับกับโคมไฟฟ้า 1-2
    - 1.2 การใช้หลอดประหยัดพลังงานชนิดหลอด LED 1-5
    - 1.3 การปรับปรุงแผ่นใสของช่องรับแสงสว่างธรรมชาติบนหลังคา 1-8

2. มาตรการด้านระบบขับเคลื่อนไฟฟ้ากำลัง
    - 2.1 การใช้อุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวสำหรับบันไดเลื่อน 2-1
    - 2.2 การลดขนาดมอเตอร์ไฟฟ้าให้เหมาะสมกับภาระงาน 2-4
    - 2.3 การปรับความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้า 2-8
    - 2.4 การใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง 2-12

3. มาตรการด้านระบบส่งจ่ายไฟฟ้า
    - 3.1 การปรับลดแรงดันของหม้อแปลงไฟฟ้า 3-1
    - 3.2 การรวมโหลดหม้อแปลงไฟฟ้า 3-4
    - 3.3 การปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า 3-8

4. มาตรการด้านระบบปรับอากาศ
    - 4.1 การเพิ่มประสิทธิภาพการระบายความร้อนของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) 4-1
    - 4.2 มาตรการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น (chiller) ประสิทธิภาพสูง 4-4
    - 4.3 มาตรการลดการใช้งานพัดลมหอผึ่งน้ำ (Cooling tower) 4-7
    - 4.4 มาตรการปรับปรุงการระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศ 4-10
    - 4.5 มาตรการปรับตั้งอุณหภูมิในห้องปรับอากาศให้เหมาะสม 4-13
    - 4.6 มาตรการปิดเครื่องปรับอากาศในช่วงพักเที่ยง 4-17
    - 4.7 มาตรการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ 4-20

สารบัญ

หน้า

5. มาตรการด้านระบบอัดอากาศ

5.1 มาตรการการลดการใช้งานอากาศอัดที่ไม่เหมาะสม 5-1

5.2 การปรับลดแรงดันให้เหมาะสมกับภาระโหลด 5-5

5.3 มาตรการลดการรั่วไหลของลมในระบบอากาศอัด 5-8

5.4 การลดอุณหภูมิอากาศทางด้านเข้าของเครื่องอัดอากาศ 5-11

5.5 การใช้เครื่องอัดอากาศใหม่แทนเครื่องเดิม 5-14

มาตรการด้านความร้อน

6. มาตรการด้านระบบผลิตและส่งจ่ายไอน้ำ

6.1 มาตรการบำรุงรักษาหม้อไอน้ำ 6-1

6.2 มาตรการปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ 6-4

6.3 การหุ้มฉนวนท่อส่งจ่ายไอน้ำ และอุปกรณ์ใช้ไอน้ำ 6-7

6.4 การปรับปรุงประสิทธิภาพอุปกรณ์ดักไอน้ำ 6-11

6.5 มาตรการอุ่นน้ำป้อนก่อนเข้าหม้อไอน้ำจากปล่องก๊าซไอเสีย 6-14

6.6 การลดเวลาการใช้งานหม้อไอน้ำ 6-17

6.7 การปรับปรุงแก้ไขการรั่วไหลของไอน้ำ 6-20

6.8 การนำน้ำคอนเดนเสตกลับมาใช้อุ่นน้ำป้อนหม้อไอน้ำ 6-23

6.9 การลดการโบล์วดาวน์ของหม้อไอน้ำ 6-26

6.10 การลดความดันไอน้ำใช้งานอย่างเหมาะสม 6-29

มาตรการด้านไฟฟ้า

1 มาตรการด้านระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

1) ชื่อมาตรการ : การติดตั้งสวิตซ์กระตุกสำหรับกับโคมไฟฟ้า

2) อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : โคมไฟฟ้าหลอดฟลูออเรสเซนต์ภายในอาคารสำนักงาน

3) จำนวนอุปกรณ์ที่ปรับปรุง : โคมไฟฟ้า จำนวน 120 โคม

4) สถานที่ปรับปรุง : พื้นที่ทำงานภายในอาคารสำนักงาน

5) สาเหตุการปรับปรุง : ภายในอาคารสำนักงานมีการติดตั้งใช้งานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง โดยการติดตั้งโคมไฟฟ้าสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบฝังฝ้าเพดานพร้อมติดแผ่นสะท้อนแสงและฝาครอบ ตามการออกแบบเดิมการเปิด-ปิดการใช้งานจะใช้สวิตซ์เปิด-ปิดรวมกันเป็นกลุ่มแบ่งตามพื้นที่หรือโซน ทำให้เมื่อมีการปฏิบัติงานจำเป็นต้องเปิดไฟฟ้าแสงสว่างขึ้นทั้งกลุ่มโคม แม้จะมีความต้องการใช้งานไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อทำงานในบางพื้นที่เท่านั้น ก็ไม่สามารถที่จะเปิด-ปิดโคมไฟฟ้าแสงสว่างในพื้นที่ที่ต้องการหรือเฉพาะโต๊ะของพนักงานได้ ทำให้สูญเสียพลังงานไฟฟ้าไปโดยเปล่าประโยชน์

6) สภาพหลังการปรับปรุง : ดำเนินการติดตั้งสวิตซ์กระตุกกับโคมไฟฟ้าแสงสว่างแต่ละโคม และจัดทำป้ายรณรงค์เพื่อกระตุ้นเตือนให้พนักงานมีส่วนร่วมในการประหยัดพลังงานขององค์กร

7) ขั้นตอนการดำเนินการและการตรวจสอบผลการประหยัดพลังงาน

1) สำรวจและเก็บข้อมูลการเปิด-ปิดการใช้งานโคมไฟฟ้าแสงสว่างในแต่ละพื้นที่หรือโซน

2) เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนและหลังการปรับปรุงโดยการตรวจวัดพลังงานไฟฟ้า และหรือการคำนวณผลการประหยัดพลังงาน

8) เปรียบเทียบการใช้พลังงานก่อนและหลังการปรับปรุง

	กิโลวัตต์	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	บาท/ปี
การใช้พลังงานก่อนการปรับปรุง	11.04	26,496	92,736
การใช้พลังงานหลังการปรับปรุง	7.73	18,547	64,915
พลังงานที่ประหยัดได้	3.31	7,949	27,822
เงินลงทุน		18,000	บาท
ระยะเวลาการคืนทุน		0.65	ปี

รูปแสดงบริเวณห้องทำงานที่มีการติดตั้งสวิตซ์กระตุกก่อนและหลังการปรับปรุง

9) วิธีการคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้า

<u>ข้อมูลเบื้องต้น</u>

กำลังไฟฟ้าของหลอดฟลูออเรสเซนต์ T8	36	W/หลอด
การสูญเสียในบัลลาสต์ของหลอดฟลูออเรสเซนต์	10	W/ตัว
จำนวนโคมไฟ	120	โคม
จำนวนหลอดต่อโคม	2	หลอด/โคม
ชั่วโมงการทำงาน	8	ชั่วโมง/วัน
วันทำงาน	300	วัน/ปี
ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย	3.50	บาท/kWh

<u>ก่อนการปรับปรุง</u>

แฟคเตอร์การใช้งาน	= 100 %	
การใช้พลังงานไฟฟ้า	= จำนวนหลอดต่อโคม x จำนวนโคม x กำลังไฟฟ้าของหลอดและบัลลาสต์	
	= 2 x 120 x (36+10) x 1 / 1,000	
	= 11.04	kW
	= 11.04 kW x 8 h/d x 300 d/y	
	= 26,496	kWh/ปี
คิดเป็นค่าใช้จ่าย	= 26,496 kWh/ปี x 3.50 บาท/kWh	
	= 92,736	บาท/ปี

<u>หลังการปรับปรุง</u>

แฟคเตอร์การใช้งาน	=	70 %	
การใช้พลังงานไฟฟ้า	=	จำนวนหลอดต่อโคม x จำนวนโคม x กำลังไฟฟ้าของหลอดและบัลลาสต์	
	=	2 x 120 x (36+10) x 0.70 / 1,000	
	=	7.73	kW
	=	7.73 kW x 8 h/d x 300 d/y	
	=	18,547	kWh/ปี
คิดเป็นค่าใช้จ่าย	=	18,547 kWh/ปี x 3.50 บาท/kWh	
	=	64,915	บาท/ปี

<u>ผลการประหยัดพลังงาน</u>

การใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง	=	พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง - พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุง	
	=	26,496 – 18,547	kWh/ปี
	=	7,949	kWh/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	=	7,949 kWh/y x 3.50	บาท / ปี
	=	27,822	บาท/ปี

<u>การลงทุน</u>

ราคาสวิตช์แบบมีเชือกดึงพร้อมค่าติดตั้ง

	=	120 ชุด x 150 บาท	
	=	18,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	=	18,000 / 27,822	
	=	0.65	ปี

โดยทั่วไปมาตรการติดตั้งสวิตช์กระตุกสำหรับโคมไฟฟ้าเป็นมาตรการที่มีการลงทุนในระดับต่ำ มีระยะเวลาการคืนทุนประมาณ 1 ปี ทั้งนี้ระยะเวลาการคืนทุนขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิดและขนาดพิกัดกำลังของหลอดไฟฟ้าที่ใช้งาน ร้อยละของจำนวนโคมหรือจำนวนหลอดไฟฟ้าที่สามารถปิดการใช้งานลงได้ จำนวนชั่วโมงการทำงาน และอัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยของสถานประกอบการนั้นๆ เป็นต้น

1) ชื่อมาตรการ : การใช้หลอดประหยัดพลังงานชนิดหลอด LED

2) อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : เปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์ ชนิด T8 เป็นหลอด LED

3) จำนวนอุปกรณ์ที่ปรับปรุง : หลอด LED จำนวน 500 หลอด

4) สถานที่ปรับปรุง : พื้นที่การทำงานในกระบวนการผลิตและพื้นที่ส่วนสำนักงาน

5) สภาพก่อนการปรับปรุง : โรงงานมีการติดตั้งใช้งานโคมและหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T8 ขนาด 36 วัตต์ เป็นจำนวนมากเพื่อให้แสงสว่างที่เพียงพอต่อพื้นที่การทำงานในกระบวนการผลิตและพื้นที่ส่วนสำนักงาน ซึ่งจากการตรวจสอบพบว่าปริมาณความสว่างมีค่าเฉลี่ย 450 – 500 ลักซ์

6) สภาพหลังการปรับปรุง : ดำเนินการเปลี่ยนจากการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T8 ขนาด 36 วัตต์ ไปเป็นหลอด LED ขนาด 18 วัตต์แทน ซึ่งจะทำให้สามารถประหยัดพลังงานลงได้มาก อีกทั้งหลอด LED ที่นำมาเปลี่ยนจะให้ค่าความสว่างใกล้เคียงกันกับหลอด T8 เดิม และสามารถประกอบลงในชุดโคมเดิมได้ รวมทั้งหลอด LED มีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่าหลอดชนิดเดิมมากจึงมีความคุ้มค่าในการลงทุน

7) ขั้นตอนการดำเนินการและการตรวจสอบผลการประหยัดพลังงาน

1) สำรวจข้อมูลจำนวนหลอดไฟที่จะเปลี่ยน
2) ตรวจวัดค่าความส่องสว่างในพื้นที่ที่จะเปลี่ยนหลอดไฟก่อนการปรับปรุง
3) ดำเนินการเปลี่ยนหลอดไฟจากหลอด T8 เป็นหลอด LED
4) ตรวจวัดค่าความส่องสว่างในพื้นที่หลังการปรับปรุง

8) เปรียบเทียบการใช้พลังงานก่อนและหลังการปรับปรุง

	กิโลวัตต์	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	บาท/ปี
การใช้พลังงานก่อนการปรับปรุง	23	75,900	265,650
การใช้พลังงานหลังการปรับปรุง	9	29,700	103,950
พลังงานที่ประหยัดได้	14	46,200	161,700
เงินลงทุน		550,000	บาท
ระยะเวลาการคืนทุน		3.4	ปี

รูปแสดงการเปลี่ยนหลอด LED ภายในพื้นที่ทำงานก่อนและหลังการปรับปรุง

9) วิธีการคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้า

ข้อมูลเบื้องต้น

กำลังไฟฟ้าของหลอดฟลูออเรสเซนต์ T8	36	W/หลอด
การสูญเสียในบัลลาสต์ของหลอดฟลูออเรสเซนต์	10	W/ตัว
กำลังไฟฟ้าของหลอด LED	18	W/หลอด
จำนวนหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่เปลี่ยน	500	หลอด
ชั่วโมงการทำงาน	11	ชั่วโมง/วัน
วันทำงาน	300	วัน/ปี
ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย	3.50	บาท/kWh

ก่อนการปรับปรุง

การใช้พลังงานไฟฟ้าของหลอด T8	= จำนวนหลอด x กำลังไฟฟ้าของหลอดและบัลลาสต์	
	= 500 x (36+10) / 1,000	
	= 23	kW
	= 23 kW x 11 h/d x 300 d/y	
	= 75,900	kWh/ปี
คิดเป็นค่าใช้จ่าย	= 75,900 kWh/ปี x 3.50 บาท/kWh	
	= 265,650	บาท/ปี

หลังการปรับปรุง

การใช้พลังงานไฟฟ้าของหลอด LED	= จำนวนหลอด x กำลังไฟฟ้าของหลอด	
	= (500 x 18) / 1,000	
	= 9	kW
	= 9 kW x 11 h/d x 300 d/y	
	= 29,700	kWh/ปี

คิดเป็นค่าใช้จ่าย	= 29,700 kWh/ปี x 3.50 บาท/kWh	
	= 103,950	บาท/ปี

ผลการประหยัดพลังงาน

การใช้พลังงานไฟฟ้าสูญเสียลดลง	= พลังงานไฟฟ้าสูญเสียก่อนปรับปรุง - พลังงานไฟฟ้าสูญเสียหลังปรับปรุง	
	= 75,900 – 29,700	kWh/ปี
	= 46,200	kWh/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	= 46,200 kWh/y x 3.50	บาท / ปี
	= 161,700	บาท / ปี

การลงทุน

ราคาหลอด LED จำนวน 500 หลอด	= 500 หลอด x 1,100 บาท	
	= 550,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	= 550,000 / 161,700	
	= 3.40	ปี

โดยทั่วไปมาตรการใช้หลอดประหยัดพลังงานชนิดหลอด LED เป็นมาตรการที่มีการลงทุนในระดับต่ำถึงปานกลาง มีระยะเวลาการคืนทุนประมาณ 2 - 4 ปี ทั้งนี้ระยะเวลาการคืนทุนขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิดและขนาดพิกัดกำลังของหลอดไฟฟ้าที่ใช้งานเดิม จำนวนโคมหรือจำนวนหลอดไฟฟ้าที่ดำเนินการเปลี่ยน จำนวนชั่วโมงการทำงาน และอัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยของสถานประกอบการนั้นๆ เป็นต้น

1) ชื่อมาตรการ : การปรับปรุงแผ่นใสของช่องรับแสงสว่างธรรมชาติบนหลังคา

2) อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : ช่องรับแสงสว่างธรรมชาติบนหลังคา

3) จำนวนอุปกรณ์ที่ปรับปรุง : เปลี่ยนแผ่นใสของช่องรับแสงสว่างธรรมชาติบนหลังคา จำนวน 20 ช่อง

4) สถานที่ปรับปรุง : พื้นที่อาคารเก็บสินค้าของโรงงาน

5) สภาพก่อนการปรับปรุง : อาคารเก็บสินค้าของโรงงาน ที่บริเวณหลังคาได้มีการติดตั้งหลังคาแผ่นใสเพื่อเป็นช่องรับแสงสว่างธรรมชาติมาใช้ในช่วงเวลากลางวัน จำนวน 20 ช่อง และภายในอาคารได้มีการติดตั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 W ในโคมไฟฟ้าแบบเปลือยจำนวน 80 โคมๆ ละ 1 หลอด เนื่องจากเป็นอาคารเก่าที่ผ่านการใช้งานมานาน ในปัจจุบันช่องแสงจึงมีลักษณะเก่าและสกปรก ทำให้แสงสว่างที่ได้จากช่องแสงลดน้อยลงมากและไม่เพียงพอต่อการทำงาน จึงจำเป็นต้องเปิดไฟฟ้าแสงสว่างช่วยในช่วงเวลากลางวัน ทำให้เสียค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างมากขึ้น

6) สภาพหลังการปรับปรุง : ดำเนินการปรับปรุงช่องรับแสงสว่างธรรมชาติโดยการเปลี่ยนหลังคาแผ่นใสใหม่ ทำให้ได้รับแสงสว่างธรรมชาติในช่วงเวลากลางวันเพิ่มมากขึ้น และเพียงพอต่อการทำงานโดยไม่ต้องเปิดไฟฟ้าแสงสว่างช่วยในช่วงเวลากลางวันอีก ทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายลงได้

7) ขั้นตอนการดำเนินการและการตรวจสอบผลการประหยัดพลังงาน

1) สำรวจช่องรับแสงสว่างธรรมชาติและจำนวนหลอดไฟฟ้าที่เปิดใช้งานภายในอาคารเก็บสินค้า
2) ตรวจวัดค่าความส่องสว่างภายในอาคารเก็บสินค้า
3) ดำเนินการเปลี่ยนแผ่นใสของช่องรับแสงใหม่
4) คำนวณผลการประหยัดพลังงาน

8) เปรียบเทียบการใช้พลังงานก่อนและหลังการปรับปรุง

	กิโลวัตต์	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	บาท/ปี
การใช้พลังงานก่อนการปรับปรุง	1.84	4,416	15,456
การใช้พลังงานหลังการปรับปรุง	0	0	0
พลังงานที่ประหยัดได้	1.84	4,416	15,456
เงินลงทุน		8,000	บาท
ระยะเวลาการคืนทุน		0.52	ปี

รูปแสดงการปรับปรุงแผ่นใสของช่องรับแสงสว่างธรรมชาติบนหลังคาก่อนและหลังการปรับปรุง

9) วิธีการคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้า

<u>ข้อมูลเบื้องต้น</u>

จำนวนช่องรับแสงสว่างธรรมชาติ	=	20	ช่อง
จำนวนหลอดฟลูออเรสเซนต์	=	80	หลอด
กำลังไฟฟ้าใช้งานของหลอด	=	36	W
กำลังไฟฟ้าสูญเสียของบัลลาสต์	=	10	W
จำนวนชั่วโมงใช้งาน	=	8	ชม./วัน
จำนวนวันทำงาน	=	300	วัน/ปี

<u>ก่อนการปรับปรุง</u>

การเปิดไฟฟ้าแสงสว่างในช่วงเวลากลางวัน	=	50 %	
การใช้พลังงานไฟฟ้าของหลอด T8	=	จำนวนหลอด x กำลังไฟฟ้าของหลอดและบัลลาสต์ x %การเปิดใช้งาน	
	=	80 x (36+10) x 0.5 / 1,000	
	=	1.84	kW
	=	1.84 kW x 8 h/d x 300 d/y	
	=	4,416	kWh/ปี
คิดเป็นค่าใช้จ่าย	=	4,416 kWh/ปี x 3.50 บาท/kWh	
	=	15,456	บาท/ปี

<u>หลังการปรับปรุง</u>

เมื่อทำการเปลี่ยนหลังคาแผ่นใสใหม่แล้วสามารถปิดการใช้งานหลอดไฟฟ้าแสงสว่างในช่วงเวลากลางวันลงได้ทั้งหมด

ผลการประหยัดพลังงาน

การใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง	=	พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง - พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุง	
	=	4,416 – 0	kWh/ปี
	=	4,416	kWh/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	=	4,416 kWh/y x 3.50 บาท / ปี	
	=	15,456	บาท/ปี

การลงทุน

ราคาแผ่นใสพร้อมติดตั้ง	=	400	บาท/ช่อง
รวมเป็นเงินทั้งหมด	=	8,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	=	8,000 / 15,456	
	=	0.52	ปี

โดยทั่วไปมาตรการติดตั้งหรือปรับปรุงแผ่นใสของช่องรับแสงสว่างธรรมชาติบนหลังคา เป็นมาตรการที่มีการลงทุนในระดับต่ำ มีระยะเวลาการคืนทุนประมาณ 1 ปี ทั้งนี้ระยะเวลาการคืนทุนขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิดและขนาดพิกัดกำลังของหลอดไฟฟ้าที่ใช้งานเดิม จำนวนโคมหรือจำนวนหลอดไฟฟ้าที่ใช้งานในพื้นที่ อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยของสถานประกอบการนั้นๆ และสภาพแวดล้อมทางภูมิอากาศและฤดูกาล เป็นต้น

2 มาตรการด้านระบบขับเคลื่อนไฟฟ้ากำลัง

1) ชื่อมาตรการ : การใช้อุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวสำหรับบันไดเลื่อน

2) อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : บันไดเลื่อน

3) จำนวนอุปกรณ์ที่ปรับปรุง : จำนวน 2 ชุด

4) สถานที่ปรับปรุง : บันไดเลื่อนภายในห้างค้าปลีก

5) สภาพก่อนการปรับปรุง : ภายในอาคารห้างค้าปลีกแห่งหนึ่งมีการติดตั้งบันไดเลื่อนเพื่อให้บริการลูกค้า จำนวน 2 ตัว เป็นระยะเวลา 11 ชั่วโมงต่อวัน ระหว่างเวลา 10 – 21 น. ซึ่งในการทำงานของบันไดเลื่อนเปิดให้บริการตลอดเวลาแม้ในขณะที่ไม่มีผู้มาใช้งาน โดยเฉพาะในวันธรรมดาช่วงระหว่างเวลากลางวันจะมีผู้มาใช้บริการน้อย เป็นสาเหตุทำให้สูญเสียพลังงานโดยไม่จำเป็น

6) สภาพหลังการปรับปรุง : ดำเนินการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความเคลื่อนไหว (Movement Detector) ให้บันไดเลื่อนทำงานเมื่อมีคนเดินเข้ามาใกล้เพื่อขึ้นหรือลงบันไดเลื่อนเท่านั้น และเมื่อไม่มีคนใช้งานบันไดเลื่อนจะหยุดการทำงาน ทำให้สามารถประหยัดพลังงานลงได้ รวมทั้งติดตั้งอุปกรณ์ soft start เพื่อช่วยให้มอเตอร์เริ่มเดินเครื่องใหม่ได้โดยไม่เกิดการกระชากและมีปัญหาการเกิดความร้อนสะสมในตัวมอเตอร์สูงเนื่องจากมีการหยุดและสตาร์ทบ่อยๆ

7) ขั้นตอนการดำเนินการและการตรวจสอบผลการประหยัดพลังงาน

1) สำรวจข้อมูลและจัดทำสถิติของผู้ใช้บริการบันไดเลื่อนเพื่อประเมินเปอร์เซนต์การใช้งาน
2) ตรวจวัดค่าพลังงานของบันไดเลื่อนขณะใช้งาน
3) ติดตั้งอุปกรณ์ Movement detector และ soft start สำหรับบันไดเลื่อน
4) ตรวจวัดและประเมินการใช้พลังงานก่อนและหลังการปรับปรุง

8) เปรียบเทียบการใช้พลังงานก่อนและหลังการปรับปรุง

	กิโลวัตต์	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	บาท/ปี
การใช้พลังงานก่อนการปรับปรุง	4.50	36,135	126,472
การใช้พลังงานหลังการปรับปรุง	4.50	25,294	88,529
พลังงานที่ประหยัดได้	0	10,841	37,943
เงินลงทุน		40,000	บาท
ระยะเวลาการคืนทุน		1.05	ปี

รูปแสดงการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวสำหรับบันไดเลื่อนก่อนและหลังการปรับปรุง

9) วิธีการคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้า

<u>ข้อมูลเบื้องต้น</u>

จำนวนมอเตอร์บันไดเลื่อน	N	= 2	ตัว
ขนาดพิกัดกำลังของมอเตอร์บันไดเลื่อน	Pm	= 5.5	kW
ชั่วโมงการทำงาน	Hr	= 11	ชั่วโมง/วัน
จำนวนวันทำงาน	D	= 365	วัน/ปี
ราคาค่าไฟฟ้า	CE	= 3.50	บาท/kWh

<u>ก่อนการปรับปรุง</u>

วัดกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ได้	Po	= 4.5	kW
เปอร์เซ็นต์การทำงานของบันไดเลื่อน	Of	= 100 %	
การใช้พลังงานไฟฟ้า	E	= N x Po x Hr x D x Of	kWh/ปี
		= 2 x 4.5 x 11 x 365 x 1	kWh/ปี
		= 36,135	kWh/ปี
คิดเป็นค่าใช้จ่าย		= 36,135 x 3.5	
		= 126,472	บาท/ปี

หลังการปรับปรุง

วัดกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ได้	Po	=	4.5	kW
เปอร์เซ็นต์การทำงานของบันไดเลื่อน	Of	=	70 %	
การใช้พลังงานไฟฟ้า	E	=	N x Po x Hr x D x Of	kWh/ปี
		=	2 x 4.5 x 11 x 365 x 0.7	kWh/ปี
		=	25,294	kWh/ปี
คิดเป็นค่าใช้จ่าย		=	25,294 x 3.5	
		=	88,529	บาท/ปี

ผลการประหยัดพลังงาน

การใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง		=	พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง - พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุง	
		=	36,135 – 25,294	kWh/ปี
		=	10,841	kWh/ปี
คิดเป็นค่าใช้จ่าย		=	10,841 x 3.5	
		=	37,943	บาท/ปี

การลงทุน

จำนวนอุปกรณ์		=	2	ชุด
ราคาอุปกรณ์ตรวจจับความเคลื่อนไหว และ Soft Start พร้อมค่าติดตั้งรวม		=	40,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน		=	40,000 / 37,943	
		=	1.05	ปี

โดยทั่วไปมาตรการใช้อุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวสำหรับบันไดเลื่อนเป็นมาตรการที่มีการลงทุนในระดับต่ำถึงปานกลาง มีระยะเวลาการคืนทุนประมาณ 1-2 ปี ทั้งนี้ระยะเวลาการคืนทุนขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ขนาดพิกัดของมอเตอร์ไฟฟ้า จำนวนชั่วโมงการทำงาน อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยของสถานประกอบการนั้นๆ และจำนวนของลูกค้าที่มาใช้บริการ เป็นต้น

1) ชื่อมาตรการ : การลดขนาดมอเตอร์ไฟฟ้าให้เหมาะสมกับภาระงาน

2) อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : มอเตอร์ปั๊มน้ำ

3) จำนวนอุปกรณ์ที่ปรับปรุง : มอเตอร์ จำนวน 1 ตัว

4) สถานที่ปรับปรุง : พื้นที่กระบวนการผลิตของโรงงาน

5) สภาพก่อนการปรับปรุง : มอเตอร์ขับปั๊มน้ำที่ใช้ในปัจจุบันมีขนาดมอเตอร์ที่ใหญ่เกินความจำเป็น ทำให้มอเตอร์ทำงานที่ภาระโหลดต่ำและทำงานไม่เต็มประสิทธิภาพ

6) สภาพหลังปรับปรุง : ดำเนินการเปลี่ยนไปใช้มอเตอร์ที่มีขนาดเล็กลงให้เหมาะสมกับภาระโหลดของปั๊มน้ำ ซึ่งจะทำให้มอเตอร์ทำงานมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นและประหยัดพลังงาน

7) ขั้นตอนการดำเนินการและการตรวจสอบผลการประหยัดพลังงาน

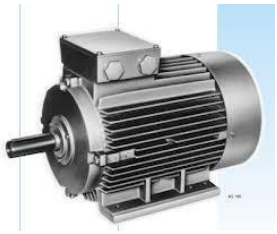
1) ดำเนินเปลี่ยนมอเตอร์ที่ขับปั๊มน้ำให้มีขนาดเล็กลง

2) ตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์เดิมและมอเตอร์ใหม่

3) เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนและหลังการปรับปรุงโดยการตรวจวัดพลังงานไฟฟ้า และหรือการคำนวณผลการประหยัดพลังงาน

8) เปรียบเทียบการใช้พลังงานก่อนและหลังการปรับปรุง

	กิโลวัตต์	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	บาท/ปี
การสูญเสียพลังงานก่อนการปรับปรุง	1.19	8,568	29,988
การสูญเสียพลังงานหลังการปรับปรุง	0.97	6,984	24,444
พลังงานที่ประหยัดได้	0.22	1,584	5,544
เงินลงทุน		20,000	บาท
ระยะเวลาการคืนทุน		3.60	ปี



รูปแสดงมอเตอร์เดิมขนาดใหญ่และมอเตอร์ขนาดเล็กลงที่จะนำมาเปลี่ยนแทนให้เหมาะสมกับภาระงาน

9) วิธีการคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้า

ข้อมูลเบื้องต้น

มอเตอร์เดิมขนาดพิกัด 37 kW 380 V 50 Hz ประสิทธิภาพ 92.50 % เพาเวอร์แฟคเตอร์ 0.87

ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	=	3.50	บาท/kWh
ระยะเวลาการทำงาน	=	24	ชั่วโมงต่อวัน
จำนวนวันทำงาน	=	300	วันต่อปี
แฟคเตอร์การใช้งาน	=	100 %	

ก่อนการปรับปรุง

วัดกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ได้	=	9.5	kW
วัดเพาเวอร์แฟคเตอร์ได้	=	0.55	
คิดเป็นโหลดจากการวัด	=	9.5 kW / 0.55	; (คำนวณจากการวัดด้าน Input)
	=	17.27	kVA
โหลดตามขนาดพิกัด	=	37 kW / (0.925 x 0.87)	; (คำนวณย้อนกลับไปหาด้าน Input)
	=	45.98	kVA
โหลดแฟคเตอร์	=	17.27 / 45.98	
คำนวณการสูญเสียพลังงานไฟฟ้า			
Iron Loss	=	37 kW x (1/eff - 1) x % Iron Loss	
% Iron Loss ประมาณ	=	30 % ของการสูญเสียทั้งหมด	
Iron Loss	=	37 kW x (1/0.925 -1) x 0.3	
	=	0.9	kW
Copper Loss	=	37 kW x (1/eff - 1) x %Copper Loss x (Load Factor)^2	
% Copper Loss ประมาณ	=	70 % ของการสูญเสียทั้งหมด	
	=	37 kW x (1/0.925 -1) x 0.7 x (17.27 / 45.98)^2	
	=	0.29	kW
การสูญเสียรวม	=	0.9 + 0.29	

	= 1.19	kW
	= 1.19 kW x 24 h/d x 300 d/y x 1	
	= 8,568	kWh/ปี
คิดเป็นค่าใช้จ่าย	= 8,568 kWh/ปี x 3.50 บาท/kWh	
	= 29,988	บาท/ปี

<u>หลังการปรับปรุง</u>

เปลี่ยนเป็นมอเตอร์ ขนาดพิกัด 15 kW 380 V 50 Hz ประสิทธิภาพ 89 % เพาเวอร์แฟคเตอร์ 0.85

ภาระโหลดของมอเตอร์	= 9.5	kW (ภาระโหลดเท่าเดิม)
เพาเวอร์แฟคเตอร์	= 0.85	(PF สูงขึ้นเนื่องจากภาระโหลดมอเตอร์ใหม่สูงขึ้น)
คิดเป็นโหลด	= 9.5 kW / 0.85	; (คำนวณจากการวัดด้าน Input)
	= 11.17	kVA
โหลดตามขนาดพิกัด	= 15 kW / (0.89 x 0.85);	(คำนวณย้อนกลับไปหาด้าน Input)
	= 19.83	kVA
โหลดแฟคเตอร์	= 11.17 / 19.83	
คำนวณการสูญเสียพลังงานไฟฟ้า		
Iron Loss	= 15 kW x (1/eff - 1) x % Iron Loss	
% Iron Loss ประมาณ	= 30 % ของการสูญเสียทั้งหมด	
Iron Loss	= 15 kW x (1/0.89 -1) x 0.3	
	= 0.56	kW
Copper Loss	= 15 kW x (1/eff - 1) x % Copper Loss x (Load Factor)^2	
% Copper Loss ประมาณ	= 70 % ของการสูญเสียทั้งหมด	
	= 15 kW x (1/0.89 -1) x 0.7 x (11.17 / 19.83)^2	
	= 0.41	kW
การสูญเสียรวม	= 0.56 + 0.41	
	= 0.97	kW
	= 0.97 kW x 24 h/d x 300 d/y x 1	
	= 6,984	kWh/ปี
คิดเป็นค่าใช้จ่าย	= 6,984 kWh/ปี x 3.50 บาท/kWh	
	= 24,444	บาท/ปี

<u>ผลการประหยัดพลังงาน</u>

พลังงานไฟฟ้าสูญเสียลดลง	= พลังงานไฟฟ้าสูญเสียก่อนปรับปรุง - พลังงานไฟฟ้าสูญเสียหลังปรับปรุง	
	= 8,568 – 6,984	kWh/ปี
	= 1,584	kWh/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	= 1,584 kWh/y x 3.50	บาท / ปี
	= 5,544	บาท / ปี

<u>การลงทุน</u>

ค่ามอเตอร์ขนาด 15 kW	=	20,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	=	20,000 / 5,544	
	=	3.60	ปี

โดยทั่วไปมาตรการลดขนาดมอเตอร์ไฟฟ้าให้เหมาะสมกับภาระงาน เป็นมาตรการที่มีการลงทุนในระดับต่ำถึงปานกลาง มีระยะเวลาการคืนทุนประมาณ 3 - 4 ปี ทั้งนี้ระยะเวลาการคืนทุนขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ขนาดพิกัดของมอเตอร์ไฟฟ้า จำนวนชั่วโมงการทำงาน และอัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยของสถานประกอบการนั้นๆ เป็นต้น

1) ชื่อมาตรการ : การปรับความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้า

2) อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : ระบบปั๊มน้ำหล่อเย็นเครื่องจักร

3) จำนวนอุปกรณ์ที่ปรับปรุง : 1 ชุด

4) สถานที่ปรับปรุง : พื้นที่กระบวนการผลิตของโรงงาน

5) สภาพก่อนการปรับปรุง : ระบบปั๊มน้ำหล่อเย็นเครื่องจักรเดิมมีการออกแบบปริมาณความต้องการน้ำ (Flow Rate) เผื่อไว้เกินกว่าปริมาณน้ำที่ต้องการ ทำให้การใช้งานจริงจึงต้องมีการใช้วาล์วหรี่น้ำเพื่อให้ได้ปริมาณน้ำตามที่ต้องการ ซึ่งการใช้วาล์วหรี่น้ำสามารถประหยัดพลังงานได้ระดับหนึ่งแต่ได้ไม่มากเมื่อเปรียบเทียบกับการควบคุมปริมาณน้ำโดยการใช้อุปกรณ์ลดความเร็วรอบมอเตอร์ (Vary Speed Drive : VSD หรือ Inverter)

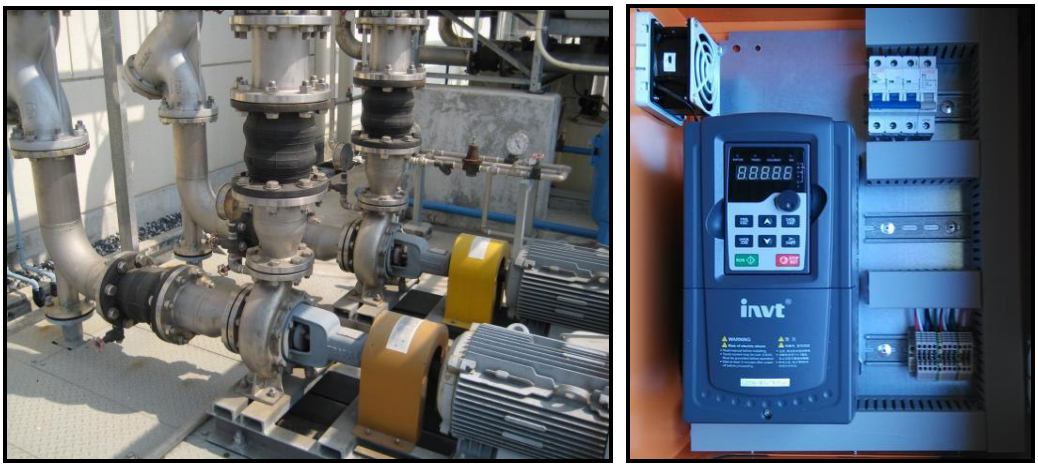
6) สภาพหลังการปรับปรุง : ดำเนินการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ปั๊มน้ำ โดยในการใช้งานจะเปิดวาล์วน้ำ 100 % และทำการปรับลดความเร็วรอบของมอเตอร์ลงเพื่อควบคุมปริมาณน้ำให้ได้ปริมาณตามที่ต้องการ ซึ่งจะมีผลทำให้พลังงานไฟฟ้าที่มอเตอร์ลดลงได้มาก

7) ขั้นตอนการดำเนินการและการตรวจสอบผลการประหยัดพลังงาน

1) ตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณน้ำของระบบปั๊มน้ำก่อนการปรับปรุง
2) ดำเนินปรับปรุงโดยการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ปั๊มน้ำ
3) ตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณน้ำของระบบปั๊มน้ำหลังการปรับปรุง
4) เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนและหลังการปรับปรุงโดยการตรวจวัดพลังงานไฟฟ้า และหรือการคำนวณผลการประหยัดพลังงาน

8) เปรียบเทียบการใช้พลังงานก่อนและหลังการปรับปรุง

	กิโลวัตต์	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	บาท/ปี
การใช้พลังงานก่อนการปรับปรุง	33.3	239,760	839,160
การใช้พลังงานหลังการปรับปรุง	12.7	91,440	320,040
พลังงานที่ประหยัดได้	20.6	148,320	519,120
เงินลงทุน		89,800	บาท
ระยะเวลาการคืนทุน		0.17	ปี



รูปแสดงมอเตอร์ปั๊มน้ำและการติดตั้งระบบควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์

9) วิธีการคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้า

ข้อมูลเบื้องต้น

มอเตอร์ปั๊มน้ำขนาดพิกัด 37 kW 380 V 50 Hz 1450 rpm (4 pole)

ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	=	3.50	บาท/kWh
ระยะเวลาการทำงาน	=	24	ชั่วโมงต่อวัน
จำนวนวันทำงาน	=	300	วันต่อปี
ปริมาณน้ำตามพิกัดปั๊มน้ำ (Q1)	=	105	m^3/h
ปริมาณน้ำที่ต้องการ (Q2)	=	73.5	m^3/h

ก่อนการปรับปรุง

เปิดวาล์น้ำไว้	=	70 %	
วัดกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ได้	=	33.3	kW
การใช้พลังงานไฟฟ้า	=	33.3 kW x 24 h/d x 300 d/y	
	=	239,760	kWh/ปี
คิดเป็นค่าใช้จ่าย	=	239,760 kWh/ปี x 3.50 บาท/kWh	
	=	839,160	บาท/ปี

<u>หลังการปรับปรุง</u>

หาค่าการใช้พลังงานอ้างอิงเมื่อเปิดวาล์วน้ำไว้ 100 % Flow 105 m^3/h ตามพิกัด

วัดกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ได้ (P1)		=	37	kW
ความเร็วรอบของมอเตอร์ (N1)		=	1,450	rpm ; (ความเร็วที่เพลามอเตอร์ตามพิกัด)
ความเร็วซิงโครนัส (Ns)		=	1,500	rpm ; (มอเตอร์ 4 Pole)
ค่าสลิป (S)	S	=	(Ns – N1) x 100 / Ns	
		=	(1,500 – 1,450) x 100 / 1,500	
		=	3.33 %	

หาค่าความเร็วรอบมอเตอร์เมื่อเปิดวาล์วน้ำไว้ 100 % และปรับลดความถี่ไฟฟ้าเพื่อให้ได้ Flow 70 %

หาความเร็วรอบมอเตอร์	N2	=	N1 x (Q2/Q1)	; (เป็นความเร็วที่เพลามอเตอร์)
		=	1,450 x (73.5/105)	
		=	1,015	rpm

หาความเร็วซิงโครนัส (Ns) เมื่อความเร็วที่เพลามอเตอร์ (N) มีค่าเท่ากับ N2

	Ns	=	N / (1 – S)	
		=	1,015 / (1 – 0.0333)	
		=	1,050	rpm

หาความถี่ไฟฟ้าของ Inverter ที่ความเร็วซิงโครนัสเท่ากับ 1,050 rpm

	Ns	=	120f / P	
ความถี่ไฟฟ้า	f	=	(1,050 x 4) / 120	
		=	35	Hz

คำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้า

จากสูตร	P2	=	P1 x (N2 / N1)^3	;(คำนวณจากความเร็วเพลามอเตอร์)
		=	37 kW x (1,015 / 1,450)^3	
		=	12.7	kW
การใช้พลังงานไฟฟ้า		=	12.7 kW x 24 h/d x 300 d/y	
		=	91,440	kWh/ปี
คิดเป็นค่าใช้จ่าย		=	91,440 kWh/ปี x 3.50 บาท/kWh	
		=	320,040	บาท/ปี

<u>ผลการประหยัดพลังงาน</u>

การใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง	=	พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง - พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุง	
	=	239,760 – 91,440	kWh/ปี
	=	148,320	kWh/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	=	148,320 kWh/y x 3.50 บาท / ปี	
	=	519,120	บาท/ปี

<u>การลงทุน</u>

ค่า VSD พร้อมติดตั้ง	=	89,800	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	=	89,800 / 519,120	
	=	0.17	ปี

โดยทั่วไปมาตรการปรับลดความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้า เป็นมาตรการที่มีการลงทุนในระดับต่ำถึงปานกลาง มีระยะเวลาการคืนทุนประมาณ 1 ปี ทั้งนี้ระยะเวลาการคืนทุนขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ขนาดพิกัดของมอเตอร์ไฟฟ้า จำนวนชั่วโมงการทำงาน และอัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยของสถานประกอบการนั้นๆ เป็นต้น

ข้อควรระวังในใช้อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์กับปั๊มน้ำ ต้องพิจารณาถึงแรงดันของน้ำ (Head) ด้วยว่าเมื่อลดอัตราการไหลของน้ำแล้ว แรงดันของน้ำ (Head) ต้องไม่ต่ำกว่าค่าพิกัดการออกแบบที่ต้องการ

1) ชื่อมาตรการ : การใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง

2) อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : มอเตอร์ขับเคลื่อนเคลื่อนเครื่องจักรทั่วไป

3) จำนวนอุปกรณ์ที่ปรับปรุง : มอเตอร์ จำนวน 1 ตัว

4) สถานที่ปรับปรุง : พื้นที่กระบวนการผลิตของโรงงาน

5) สภาพก่อนการปรับปรุง : มอเตอร์ที่ใช้ในปัจจุบันเป็นมอเตอร์ธรรมดา (Standard Motor) ที่ผ่านการใช้งานมาเป็นระยะเวลามากกว่า 20 ปี ซึ่งเป็นมอเตอร์ที่มีประสิทธิภาพต่ำมีการสูญเสียพลังงานมาก

6) สภาพหลังปรับปรุง : ดำเนินการเปลี่ยนไปใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง (High Efficiency Motor) แทน ซึ่งจะทำให้สามารถลดการใช้พลังงานลงได้

7) ขั้นตอนการดำเนินการและการตรวจสอบผลการประหยัดพลังงาน

1) ดำเนินเปลี่ยนมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงแทนมอเตอร์เดิม

2) ตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์เดิมและมอเตอร์ใหม่

3) เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนและหลังการปรับปรุงโดยการตรวจวัดพลังงานไฟฟ้า และหรือการคำนวณผลการประหยัดพลังงาน

8) เปรียบเทียบการใช้พลังงานก่อนและหลังการปรับปรุง

	กิโลวัตต์	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	บาท/ปี
การสูญเสียพลังงานก่อนการปรับปรุง	1.01	7,272	25,452
การสูญเสียพลังงานหลังการปรับปรุง	0.83	5,976	20,916
พลังงานที่ประหยัดได้	0.18	1,296	4,536
เงินลงทุน		16,000	บาท
ระยะเวลาการคืนทุน		3.53	ปี

9) วิธีการคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้า

ข้อมูลเบื้องต้น

มอเตอร์เดิมขนาดพิกัด 11 kW 380 V 50 Hz 1450 rpm ประสิทธิภาพ 88 % เพาเวอร์แฟคเตอร์ 0.85

ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	=	3.50	บาท/kWh
ระยะเวลาการทำงาน	=	24	ชั่วโมงต่อวัน
จำนวนวันทำงาน	=	300	วันต่อปี
แฟคเตอร์การใช้งาน	=	90 %	

ก่อนการปรับปรุง

วัดกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ได้	=	9	kW
วัดเพาเวอร์แฟคเตอร์ได้	=	0.84	
คิดเป็นโหลดจากการวัด	=	9 kW / 0.84 ; (คำนวณจากการวัดด้าน Input)	
	=	10.71	kVA
คิดเป็นโหลดตามขนาดพิกัด	=	11 kW / (0.88 x 0.85) ; (คำนวณย้อนกลับไปหาด้าน Input)	
	=	14.71	kVA
โหลดแฟคเตอร์	=	10.71 / 14.71	
คำนวณการสูญเสียพลังงานไฟฟ้า			
Iron Loss	=	11 kW x (1/eff - 1) x % Iron Loss	
% Iron Loss ประมาณ	=	30 % ของการสูญเสียทั้งหมด	
Iron Loss	=	11 kW x (1/0.88 -1) x 0.3	
	=	0.45	kW
Copper Loss	=	11 kW x (1/eff - 1) x % Copper Loss x (Load Factor)^2	
% Copper Loss ประมาณ	=	70 % ของการสูญเสียทั้งหมด	
	=	11 kW x (1/0.88 -1) x 0.7 x (10.71 / 14.71)^2	
	=	0.56	kW

การสูญเสียรวม	=	0.45 + 0.56	
	=	1.01	kW
	=	1.01 kW x 24 h/d x 300 d/y x 1	
	=	7,272	kWh/ปี
คิดเป็นค่าใช้จ่าย	=	7,272 kWh/ปี x 3.50 บาท/kWh	
	=	25,452	บาท/ปี

<u>หลังการปรับปรุง</u>

เปลี่ยนเป็นมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง ขนาดพิกัด 11 kW 380 V 50 Hz 1450 rpm ประสิทธิภาพ 90.2 % เพาเวอร์แฟคเตอร์ 0.85

โหลดจากการวัด	=	9 kW / 0.84 ; (โหลดเท่าเดิม คำนวณจากวัดด้าน Input)	
	=	10.71	kVA
คิดเป็นโหลดตามขนาดพิกัด	=	11 kW / (0.902 x 0.85); (คำนวณย้อนกลับไปหาด้าน Input)	
	=	14.35	kVA
โหลดแฟคเตอร์	=	10.71 / 14.35	
คำนวณการสูญเสียพลังงานไฟฟ้า			
Iron Loss	=	11 kW x (1/eff - 1) x % Iron Loss	
% Iron Loss ประมาณ	=	30 % ของการสูญเสียทั้งหมด	
Iron Loss	=	11 kW x (1/0.902 -1) x 0.3	
	=	0.36	kW
Copper Loss	=	11 kW x (1/eff - 1) x % Copper Loss x (Load Factor)^2	
% Copper Loss ประมาณ	=	70 % ของการสูญเสียทั้งหมด	
	=	11 kW x (1/0.902 -1) x 0.7 x (10.71 / 14.35)^2	
	=	0.47	kW
การสูญเสียรวม	=	0.36 + 0.47	
	=	0.83	kW
	=	0.83 kW x 24 h/d x 300 d/y x 1	
	=	5,976	kWh/ปี
คิดเป็นค่าใช้จ่าย	=	5,976 kWh/ปี x 3.50 บาท/kWh	
	=	20,916	บาท/ปี

<u>ผลการประหยัดพลังงาน</u>

พลังงานสูญเสียไฟฟ้าลดลง	=	พลังงานไฟฟ้าสูญเสียก่อนปรับปรุง - พลังงานไฟฟ้าสูญเสียหลังปรับปรุง	
	=	7,272 – 5,976	kWh/ปี
	=	1,296	kWh/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	=	1,296 kWh/y x 3.50	บาท / ปี
	=	4,536	บาท / ปี

<u>การลงทุน</u>

ค่ามอเตอร์ประสิทธิภาพสูง	=	16,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	=	16,000 / 4,536	
	=	3.53	ปี

โดยทั่วไปมาตรการใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง เป็นมาตรการที่มีการลงทุนในระดับต่ำถึงปานกลาง มีระยะเวลาการคืนทุนประมาณ 3 - 5 ปี ทั้งนี้ระยะเวลาการคืนทุนขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ขนาดพิกัดของมอเตอร์ไฟฟ้า จำนวนชั่วโมงการทำงาน และอัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยของสถานประกอบการนั้นๆ เป็นต้น

3 มาตรการด้านระบบส่งจ่ายไฟฟ้า

มาตรการด้านระบบส่งจ่ายไฟฟ้า

1) ชื่อมาตรการ : การปรับลดแรงดันของหม้อแปลงไฟฟ้า

2) อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : หม้อแปลงไฟฟ้า

3) จำนวนอุปกรณ์ที่ปรับปรุง : หม้อแปลง จำนวน 1 ตัว

4) สถานที่ปรับปรุง : พื้นที่ติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้า

5) สภาพก่อนการปรับปรุง : จากการตรวจวัดค่าแรงดันด้านทุติยภูมิ (Secondary) ของหม้อแปลงไฟฟ้าพบว่าแรงดันไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าภายในโรงงานมีแรงดันไฟฟ้าสูงเกินกว่าพิกัดแรงดันไฟฟ้าของอุปกรณ์ที่ใช้งาน ซึ่งมีผลทำให้เกิดการสูญเสียในแกนเหล็ก (Iron Loss หรือ Core Loss) ในหม้อแปลงไฟฟ้าและในอุปกรณ์เพิ่มสูงขึ้น

6) สภาพหลังการปรับปรุง : ดำเนินการปรับ Tap ด้านปฐมภูมิ (Primary) ของหม้อแปลงไฟฟ้าเพื่อให้แรงดันด้านทุติยภูมิ (Secondary) ของหม้อแปลงไฟฟ้ามีค่าลดลงอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกับค่าพิกัดแรงดันไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งาน

7) ขั้นตอนการดำเนินการและการตรวจสอบผลการประหยัดพลังงาน

1) ตรวจวัดค่าแรงดันไฟฟ้าด้านทุติยภูมิ (Secondary) ของหม้อแปลงไฟฟ้าก่อนการปรับปรุง
2) ดำเนินปรับ Tap หม้อแปลงไฟฟ้า และตรวจวัดค่าแรงดันไฟฟ้าด้านทุติยภูมิ
3) คำนวณเปรียบเทียบการสูญเสียพลังงานก่อนและหลังการปรับปรุง

8) เปรียบเทียบการใช้พลังงานก่อนและหลังการปรับปรุง

	กิโลวัตต์	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	บาท/ปี
การสูญเสียพลังงานก่อนการปรับปรุง	1.89	16,556	57,946
การสูญเสียพลังงานหลังการปรับปรุง	1.71	14,979	52,426
พลังงานที่ประหยัดได้	0.18	1,577	5,519
เงินลงทุน		4,000	บาท
ระยะเวลาการคืนทุน		0.72	ปี

รูปแสดงการปรับแรงดันหม้อแปลงไฟฟ้าและเครื่องวัดแรงดันไฟฟ้าก่อนและหลังการปรับปรุง

9) วิธีการคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้า

ข้อมูลเบื้องต้น

หม้อแปลงไฟฟ้าขนาดพิกัด 1,250 kVA 3 Ph 50 Hz 22 kV – 400/230 V Off-circuit tap changer +/- 2 x 2.5 %

ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	=	3.50	บาท/kWh
ระยะเวลาการทำงาน	=	24	ชั่วโมงต่อวัน
จำนวนวันทำงาน	=	365	วันต่อปี

ก่อนการปรับปรุง

วัดค่าแรงดันไฟฟ้าต้นทางที่ตู้ MDB (V1)	=	410	V
วัดค่าแรงดันไฟฟ้าปลายทางที่จุดใช้งาน	=	405	V
ค่าแรงดันไฟฟ้าตามพิกัดหม้อแปลง (Vr)	=	400	V
การสูญเสียในแกนเหล็กหม้อแปลง (CL)	=	1.8	kW (ค่าตามพิกัดสเป็คหม้อแปลง)
การสูญเสียพลังงานไฟฟ้า	=	$CL \times (v1 / Vr)^2$	
	=	$1.8 \times (410 / 400)^2$	
	=	1.89	kW
	=	1.89 kW x 24 h/d x 365 d/y	
	=	16,556	kWh/ปี
คิดเป็นค่าใช้จ่าย	=	16,556 kWh/ปี x 3.50 บาท/kWh	
	=	57,946	บาท/ปี

หลังการปรับปรุง

ปรับ Tap หม้อแปลงลงจำนวน 2 Tap

วัดค่าแรงดันไฟฟ้าต้นทางที่ตู้ MDB (V2)	=	390	V
วัดค่าแรงดันไฟฟ้าปลายทางที่จุดใช้งาน	=	385	V
ค่าแรงดันไฟฟ้าตามพิกัดหม้อแปลง (Vr)	=	400	V
การสูญเสียในแกนเหล็กหม้อแปลง (CL)	=	1.8	kW (ค่าตามพิกัดสเป็คหม้อแปลง)
การสูญเสียพลังงานไฟฟ้า	=	CL x (v2 / Vr) ^{2}	
	=	1.8 x (390 / 400) ^{2}	
	=	1.71	kW
	=	1.71 kW x 24 h/d x 365 d/y	
	=	14,979	kWh/ปี
คิดเป็นค่าใช้จ่าย	=	14,979 kWh/ปี x 3.50 บาท/kWh	
	=	52,426	บาท/ปี

ผลการประหยัดพลังงาน

พลังงานไฟฟ้าสูญเสียลดลง	=	พลังงานไฟฟ้าสูญเสียก่อนปรับปรุง - พลังงานไฟฟ้าสูญเสียหลังปรับปรุง	
	=	16,556 – 14,979	kWh/ปี
	=	1,577	kWh/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	=	1,577 kWh/y x 3.50	บาท/ปี
	=	5,519	บาท/ปี

การลงทุน

ค่าปรับ Tap หม้อแปลง	=	4,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	=	4,000 / 5,519	
	=	0.72	ปี

โดยทั่วไปมาตรการปรับลดแรงดันของหม้อแปลงไฟฟ้า เป็นมาตรการที่มีการลงทุนในระดับต่ำ มีระยะเวลาการคืนทุนประมาณ 1 - 2 ปี ทั้งนี้ระยะเวลาการคืนทุนขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ขนาดพิของหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้ ค่าความแตกต่างของแรงดันไฟฟ้าเดิมและแรงดันไฟฟ้าที่ปรับลด อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยของสถานประกอบการนั้นๆ เป็นต้น

1) ชื่อมาตรการ : การรวมโหลดหม้อแปลงไฟฟ้า

2) อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : หม้อแปลงไฟฟ้า Tr.1 และ Tr.2

3) จำนวนอุปกรณ์ที่ปรับปรุง : หม้อแปลงไฟฟ้า จำนวน 2 ตัว

4) สถานที่ปรับปรุง : พื้นที่ติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าและห้องควบคุมการจ่ายไฟฟ้าของโรงงาน

5) สภาพก่อนการปรับปรุง : โรงงานติดตั้งใช้งานหม้อแปลงไฟฟ้าจำนวน 2 ตัว ขนาด 1,000 kVA เท่ากันทั้งสองตัว ซึ่งหม้อแปลงทั้งสองตัวมีโหลดค่อนข้างน้อยเนื่องจากในช่วงของการติดตั้งเครื่องจักรครั้งแรกโรงงานมีแผนงานที่จะติดตั้งขยายโหลดเพิ่มเติมในภายหลังจึงได้เผื่อขนาดหม้อแปลงเอาไว้ แต่ในปัจจุบันโรงงานไม่ได้มีแผนการติดตั้งโหลดเพิ่มเติมแล้ว และจากการสำรวจรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในรอบปีที่ผ่านมาของโรงงานพบว่ามีความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดที่ 500 kW หรือ 575 kVA คิดเป็น 28.75 % ของขนาดติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าทั้งหมด จึงมีแนวคิดที่จะรวมโหลดหม้อแปลงทั้งสองตัวเข้าด้วยกันเพื่อใช้งานหม้อแปลงไฟฟ้าเพียงตัวเดียวให้เต็มประสิทธิภาพ

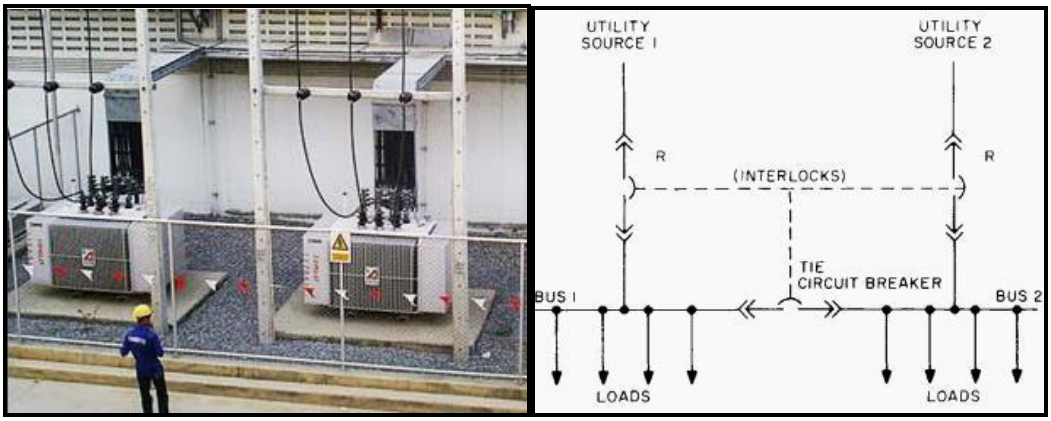
6) สภาพหลังการปรับปรุง : ดำเนินการรวมโหลดหม้อแปลงไฟฟ้าทั้ง 2 ตัวมาใช้งานที่หม้อแปลงไฟฟ้า Tr.1 และตัดหม้อแปลงไฟฟ้า Tr.2 ออกจากระบบโดยการปลดฟิวส์ทางด้านแรงสูงออก และโหลดของหม้อแปลง Tr.2 เดิมถูกนำไปรวมกับหม้อแปลงไฟฟ้า Tr.1 โดยผ่านทาง Tie Bus ที่มีการติดตั้งไว้แล้ว

7) ขั้นตอนการดำเนินการและการตรวจสอบผลการประหยัดพลังงาน

1) ตรวจวัดโหลดเดิมของหม้อแปลงไฟฟ้าทั้งสองตัวก่อนการปรับปรุง
2) ดำเนินตัดหม้อแปลงไฟฟ้า Tr.2 ออกจากระบบและนำโหลดมารวมไว้กับหม้อแปลง Tr.1
3) คำนวณเปรียบเทียบการสูญเสียพลังงานก่อนและหลังการปรับปรุง

8) เปรียบเทียบการใช้พลังงานก่อนและหลังการปรับปรุง

	กิโลวัตต์	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	บาท/ปี
การสูญเสียพลังงานก่อนการปรับปรุง	4.47	37,464	131,124
การสูญเสียพลังงานหลังการปรับปรุง	4.12	32,304	113,064
พลังงานที่ประหยัดได้	0.35	5,160	18,060
เงินลงทุน		4,000	บาท
ระยะเวลาการคืนทุน		0.22	ปี



รูปแสดงการติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าและแสดง Single Line การต่อ Tie Bus เพื่อการถ่ายโอนโหลดระหว่างกัน

9) วิธีการคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้า

ข้อมูลเบื้องต้น

หม้อแปลงไฟฟ้า Tr.1 และ Tr.2 ขนาดพิกัด 1,000 kVA 3 Ph 50 Hz 22 kV – 400/230 V

ขนาดพิกัดหม้อแปลง (kVArated)	=	1,000	kVA
การสูญเสียในแกนเหล็กหม้อแปลง (IRL)	=	1.6	kW (ค่าตามพิกัดสเป็คหม้อแปลง)
การสูญเสียในแกนเหล็กหม้อแปลง (CuL)	=	13.5	kW (ค่าตามพิกัดสเป็คหม้อแปลง)
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	=	3.50	บาท/kWh
ระยะเวลาการทำงาน	=	24	ชั่วโมงต่อวัน
จำนวนวันทำงาน	=	300	วันต่อปี

ก่อนการปรับปรุง

หม้อแปลง Tr.1

วัดโหลดหม้อแปลง Tr.1 ได้	=	200 kW 0.86 PF ที่ 400 V	
	=	200 kW / 0.86 PF (หรือ 200 – j118.67)	
โหลด (kVA-actual1)	=	232.55	kVA
การสูญเสียในแกนเหล็ก Tr.1 (IRL1)	=	1.6	kW
	=	1.6 kW x 24 h/d x 365 d/y	
	=	14,160	kWh/ปี
คิดเป็นค่าใช้จ่าย	=	14,160 kWh/ปี x 3.50 บาท/kWh	
	=	49,560	บาท/ปี
การสูญเสียในขดลวด Tr.1 (CuL1)	=	CuL x (Load Factor)^2	
	=	13.5 x (232.55 / 1,000)^2	
	=	0.73	kW
	=	0.73 kW x 24 h/d x 300 d/y	
	=	5,256	kWh/ปี

คิดเป็นค่าใช้จ่าย	=	5,256 kWh/ปี x 3.50 บาท/kWh	
	=	18,396	บาท/ปี

<u>หม้อแปลง Tr.2</u>

วัดโหลดหม้อแปลง Tr.2 ได้	=	180 kW 0.9 PF ที่ 400 V	
	=	180 kW / 0.9 PF (หรือ 180 – j87.17)	
โหลด (kVA-actual2)	=	200	kVA
การสูญเสียในแกนเหล็ก Tr.2 (IRL2)	=	1.6	kW
	=	1.6 kW x 24 h/d x 365 d/y	
	=	14,160	kWh/ปี
คิดเป็นค่าใช้จ่าย	=	14,160 kWh/ปี x 3.50 บาท/kWh	
	=	49,560	บาท/ปี
การสูญเสียในขดลวด Tr.2 (CuL2)	=	CuL x (Load Factor)^2	
	=	13.5 x (200 / 1,000)^2	
	=	0.54	kW
	=	0.54 kW x 24 h/d x 300 d/y	
	=	3,888	kWh/ปี
คิดเป็นค่าใช้จ่าย	=	3,888 kWh/ปี x 3.50	บาท/kWh
	=	13,608	บาท/ปี

รวมการสูญเสียทั้งสองส่วนจากทั้งสองหม้อแปลง

กำลังไฟฟ้าสูญเสีย	=	1.6 + 0.73 + 1.6 + 0.54	
	=	4.47	kW
พลังงานสูญเสีย	=	14,160 + 5,256 + 14,160 + 3,888	
	=	37,464	kWh/y
คิดเป็นค่าใช้จ่าย	=	37,464 kWh/ปี x 3.50 บาท/kWh	
	=	131,124	บาท/ปี

<u>หลังการปรับปรุง</u>

นำโหลดของหม้อแปลงทั้งสองตัวมารวมไว้กับหม้อแปลง Tr.1

การสูญเสียในแกนเหล็ก Tr.1 (IRL1)	=	1.6	kW
	=	1.6 kW x 24 h/d x 365 d/y	
	=	14,160	kWh/ปี
คิดเป็นค่าใช้จ่าย	=	14,160 kWh/ปี x 3.50 บาท/kWh	
	=	49,560	บาท/ปี

รวมโหลด (Tr.1 + Tr.2)	=	(200 – j118.67) + (180 – j87.17) ; รวมกันทาง Vector	
	=	380 – j205.84	
	=	432.17	kVA
การสูญเสียในขดลวด Tr.1 (CuL1)	=	CuL x (Load Factor) ^{2}	
	=	13.5 x (432.17 / 1,000) ^{2}	
	=	2.52	kW
	=	2.52 kW x 24 h/d x 300 d/y	
	=	18,144	kWh/ปี
คิดเป็นค่าใช้จ่าย	=	18,144 kWh/ปี x 3.50 บาท/kWh	
	=	63,504	บาท/ปี

รวมการสูญเสียทั้งสองส่วนของหม้อแปลง Tr.1

กำลังไฟฟ้าสูญเสีย	=	1.6 + 2.52	
	=	4.12	kW
พลังงานสูญเสีย	=	14,160 + 18,144	
	=	32,304	kWh/y
คิดเป็นค่าใช้จ่าย	=	32,304 kWh/ปี x 3.50	บาท/kWh
	=	113,064	บาท/ปี

<u>ผลการประหยัดพลังงาน</u>

พลังงานไฟฟ้าสูญเสียลดลง	=	พลังงานไฟฟ้าสูญเสียก่อนปรับปรุง - พลังงานไฟฟ้าสูญเสียหลังปรับปรุง	
	=	37,464 – 32,304	kWh/ปี
	=	5,160	kWh/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	=	5,160 kWh/y x 3.50	บาท / ปี
	=	18,060	บาท / ปี

<u>การลงทุน</u>

ค่าดำเนินการ	=	4,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	=	4,000 / 18,060	
	=	0.22	ปี

โดยทั่วไปมาตรการรวมโหลดหม้อแปลงไฟฟ้า เป็นมาตรการที่มีการลงทุนในระดับต่ำถึงปานกลาง มีระยะเวลาการคืนทุนประมาณ 1 - 3 ปี ทั้งนี้ระยะเวลาการคืนทุนขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ขนาดพิกัดของหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้ ขนาดโหลดหรือโหลดแฟคเตอร์ของหม้อแปลงไฟฟ้า จำนวนชั่วโมงการทำงาน อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยของสถานประกอบการนั้นๆ และสภาพการติดตั้งและการเชื่อมโยงโหลดของหม้อแปลงทั้งสองตัวเข้าหากัน เป็นต้น

1) ชื่อมาตรการ : การปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

2) อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : ระบบจ่ายไฟของหม้อแปลงไฟฟ้า

3) จำนวนอุปกรณ์ที่ปรับปรุง : หม้อแปลงไฟฟ้า จำนวน 1 ชุด

4) สถานที่ปรับปรุง : ห้องควบคุมการจ่ายไฟฟ้าของโรงงาน

5) สภาพก่อนการปรับปรุง : ระบบจ่ายไฟฟ้าของโรงงานมีค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าค่อนข้างต่ำ เนื่องจากชุดควบคุมค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่มีอยู่เดิมเกิดการชำรุดเสียหายและหมดอายุการใช้งาน มีผลทำให้หม้อแปลงไฟฟ้ารับภาระโหลดมากขึ้นและเกิดการสูญเสียพลังงานในระบบมาก

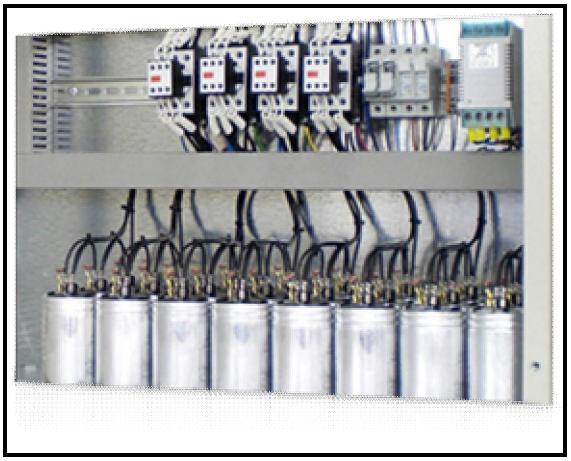
6) สภาพหลังการปรับปรุง : ดำเนินการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าให้มีค่าสูงขึ้นโดยการติดตั้งชุด Capacitor Bank ที่บริเวณตู้ MDB ซึ่งจะมีผลทำให้ภาระโหลดของหม้อแปลงไฟฟ้าลดลงและลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าในระบบลง

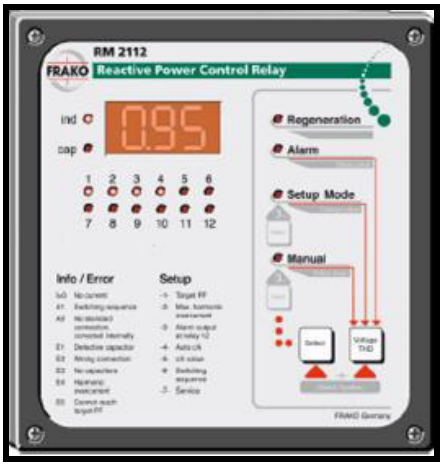
7) ขั้นตอนการดำเนินการและการตรวจสอบผลการประหยัดพลังงาน

1) ตรวจวัดโหลดและค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้าก่อนการปรับปรุง
2) ดำเนินปรับปรุงโดยการติดตั้งชุด Capacitor Bank ที่บริเวณตู้ MDB ของหม้อแปลงไฟฟ้า
3) คำนวณเปรียบเทียบการสูญเสียพลังงานก่อนและหลังการปรับปรุง

8) เปรียบเทียบการใช้พลังงานก่อนและหลังการปรับปรุง

	กิโลวัตต์	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	บาท/ปี
การสูญเสียพลังงานก่อนการปรับปรุง	8.41	60,552	211,932
การสูญเสียพลังงานหลังการปรับปรุง	4.56	32,832	114,912
พลังงานที่ประหยัดได้	3.85	27,720	97,020
เงินลงทุน		240,000	บาท
ระยะเวลาการคืนทุน		2.47	ปี





รูปแสดงการติดตั้ง Capacitor Bank อุปกรณ์ควบคุมค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

9) วิธีการคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้า

ข้อมูลเบื้องต้น

หม้อแปลงไฟฟ้า Tr.1 ขนาดพิกัด 1,000 kVA 3 Ph 50 Hz 22 kV – 400/230 V

ขนาดพิกัดหม้อแปลง (kVArated)	=	1,000	kVA
การสูญเสียในแกนเหล็กหม้อแปลง (IRL)	=	1.6	kW (ค่าตามพิกัดสเป็คหม้อแปลง)
การสูญเสียในแกนเหล็กหม้อแปลง (CuL)	=	13.5	kW (ค่าตามพิกัดสเป็คหม้อแปลง)
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	=	3.50	บาท/kWh
ระยะเวลาการทำงาน	=	24	ชั่วโมงต่อวัน
จำนวนวันทำงาน	=	300	วันต่อปี

ก. หาค่าการสูญเสียพลังงานในหม้อแปลงไฟฟ้า

ก่อนการปรับปรุง

วัดโหลดหม้อแปลงได้	=	530 kW 0.7 PF ที่ 400 V	
	=	530 kW / 0.7 PF	
โหลด (kVA-actual1)	=	757.14	kVA
การสูญเสียในขดลวด Tr.1 (CuL1)	=	CuL x (Load Factor)^2	
	=	13.5 x (757.14 / 1,000)^2	
	=	7.74	kW
	=	7.74 kW x 24 h/d x 300 d/y	
	=	55,728	kWh/ปี
คิดเป็นค่าใช้จ่าย	=	55,728 kWh/ปี x 3.50 บาท/kWh	
	=	195,048	บาท/ปี

หลังการปรับปรุง

ปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังเป็น	=	0.95	
ขนาดของตัวเก็บประจุไฟฟ้ารวม	=	530 kW x [tan($\cos^{-1}$(0.7)) – tan($\cos^{-1}$(0.95))]	
	=	366.50	kVAR
ใช้ตัวเก็บประจุไฟฟ้าขนาด	=	50 kVAR จำนวน 8 ตัว	
โหลดหม้อแปลง	=	530 kW / 0.95 PF	
โหลด (kVA-actual2)	=	557.89	kVA
การสูญเสียในขดลวด Tr.1 (CuL1)	=	CuL x (Load Factor)^2	
	=	13.5 x (557.89 / 1,000)^2	
	=	4.20	kW
	=	4.20 kW x 24 h/d x 300 d/y	
	=	30,240	kWh/ปี
คิดเป็นค่าใช้จ่าย	=	30,240 kWh/ปี x 3.50 บาท/kWh	
	=	105,840	บาท/ปี

ผลการประหยัดพลังงาน

พลังงานไฟฟ้าสูญเสียลดลง	=	พลังงานไฟฟ้าสูญเสียก่อนปรับปรุง - พลังงานไฟฟ้าสูญเสียหลังปรับปรุง	
	=	55,728 – 30,240	kWh/ปี
	=	25,488	kWh/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	=	25,488 kWh/y x 3.50 บาท / ปี	
	=	89,208	บาท / ปี

ข. หาค่าการสูญเสียพลังงานในสายจ่ายไฟฟ้าแรงต่ำ

ข้อมูลเบื้องต้น

สายไฟฟ้าเป็นชนิด THW ขนาด 500 mm^2 จำนวน 4 เส้นต่อเฟส

ความยาวสายจากหม้อแปลงถึงตู้ MDB	=	20	เมตร
ความต้านทานของสายไฟฟ้าต่อเฟส	=	8.85 x 10^{-6}	Ohm/เมตร (เปิดตาราง)
ค่า ส.ป.ส. ความต้านทานต่ออุณหภูมิของทองแดง			
	=	3.93 x 10^{-3}	ที่ 20 ^{O}C (เปิดตาราง)
อุณหภูมิของสายไฟฟ้าขณะใช้งาน	=	33	^{O}C

ก่อนการปรับปรุง

กระแสไฟฟ้าหม้อแปลงก่อนปรับปรุง (I1)	=	(530 kW x 1,000) / (1.732 x 400V x 0.7 PF)	
	=	1,092.87	A
การสูญเสียในสายไฟฟ้า	=	3 x I1^2 x Rt x [1 + α (tw – 20)] x L x 10^{-3}	
	=	3 x (1,092.87)^2 x (8.85 x 10^{-6}) x [1 + ((3.93 x 10^{-3}) x (33 – 20))] x 20 x 10^{-3}	

= 0.67 kW

= 0.67 kW x 24 h/d x 300 d/y

= 4,824 kWh/ปี

คิดเป็นค่าใช้จ่าย = 4,824 kWh/ปี x 3.50 บาท/kWh

= 16,844 บาท/ปี

<u>หลังการปรับปรุง</u>

กระแสไฟฟ้าหม้อแปลงก่อนปรับปรุง (I2) = (530 kW x 1,000) / (1.732 x 400V x 0.95 PF)

= 805.28 A

การสูญเสียในสายไฟฟ้า = $3 \times I2^2 \times Rt \times [1 + \alpha (tw - 20)] \times L \times 10^{-3}$

= $3 \times (805.28)^2 \times (8.85 \times 10^{-6}) \times [1 + ((3.93 \times 10^{-3}) \times (33 - 20))] \times 20 \times 10^{-3}$

= 0.36 kW

= 0.36 kW x 24 h/d x 300 d/y

= 2,592 kWh/ปี

คิดเป็นค่าใช้จ่าย = 2,592 kWh/ปี x 3.50 บาท/kWh

= 9,072 บาท/ปี

<u>ผลการประหยัดพลังงาน</u>

พลังงานไฟฟ้าสูญเสียลดลง = พลังงานไฟฟ้าสูญเสียก่อนปรับปรุง - พลังงานไฟฟ้าสูญเสียหลังปรับปรุง

= 4,824 – 2,592 kWh/ปี

= 2,232 kWh/ปี

คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ = 2,232 kWh/y x 3.50 บาท / ปี

= 7,812 บาท / ปี

<u>รวมการสูญเสียทั้งหมด</u> (ในหม้อแปลงและในสายจ่ายไฟฟ้าแรงดันต่ำ)

พลังงานไฟฟ้าสูญเสียก่อนปรับปรุง = 55,728 + 4,824 kWh/ปี

= 60,552 kWh/ปี

คิดเป็นค่าใช้จ่าย = 60,552 kWh/ปี x 3.50 บาท/kWh

= 211,932 บาท/ปี

พลังงานไฟฟ้าสูญเสียหลังปรับปรุง = 30,240 + 2,592 kWh/ปี

= 32,832 kWh/ปี

คิดเป็นค่าใช้จ่าย = 32,832 kWh/ปี x 3.50 บาท/kWh

= 114,912 บาท/ปี

<u>รวมผลการประหยัดพลังงานทั้งหมด</u> (ในหม้อแปลงและในสายจ่ายไฟฟ้าแรงดันต่ำ)

พลังงานไฟฟ้าสูญเสียลดลง = พลังงานไฟฟ้าสูญเสียก่อนปรับปรุง - พลังงานไฟฟ้าสูญเสียหลังปรับปรุง

= 60,552 – 32,832 kWh/ปี

= 27,720 kWh/ปี

คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	=	27,720 kWh/y x 3.50	บาท/ปี
	=	97,020	บาท/ปี

<u>การลงทุน</u>

ค่าดำเนินการติดตั้ง Capacitor Bank พร้อมชุดอุปกรณ์ควบคุมแบบอัตโนมัติ

	=	240,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	=	240,000 / 97,020	
	=	2.47	ปี

โดยทั่วไปมาตรการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า เป็นมาตรการที่มีการลงทุนในระดับปานกลาง มีระยะเวลาการคืนทุนประมาณ 2 - 4 ปี ทั้งนี้ระยะเวลาการคืนทุนขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ขนาดโหลดหรือโหลดแฟคเตอร์ของหม้อแปลงไฟฟ้า ค่าความแตกต่างของตัวประกอบกำลังไฟฟ้าเดิมและตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่ปรับปรุง จำนวนชั่วโมงการทำงาน และอัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยของสถานประกอบการนั้นๆ เป็นต้น

หมายเหตุ : ไม่คิดผลประหยัดจากค่าปรับ PF ที่ลดลงเพราะต้องการวัดผลเฉพาะผลประหยัดพลังงานไฟฟ้า

4 มาตรการด้านระบบปรับอากาศ

มาตรการด้านระบบปรับอากาศ

1) ชื่อมาตรการ : การเพิ่มประสิทธิภาพการระบายความร้อนของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

2) อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : หอผึ่งน้ำ (Cooling tower)

3) จำนวนอุปกรณ์ที่ปรับปรุง : แผ่นฟิลเลอร์ภายในหอผึ่งน้ำ จำนวน 1 ชุด

4) สถานที่ปรับปรุง : หอผึ่งน้ำ (Cooling tower)

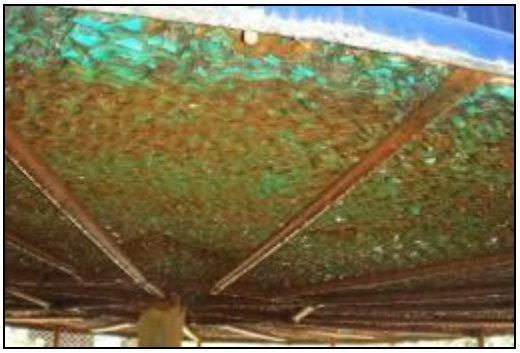
5) สภาพก่อนการปรับปรุง : โรงแรมแห่งหนึ่งมีการติดตั้ง หอผึ่งน้ำจำนวน 8 เครื่อง ทั้งนี้มีหอผึ่งน้ำเบอร์ 1 ขนาด 175 ตันความเย็น ไว้ใช้งานร่วมกับเครื่องทำความเย็น มีการทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวัน 365 วันต่อปี จากการสำรวจพบว่าสภาพของแผ่นฟิลเลอร์ภายในหอผึ่งน้ำดังกล่าวมีสภาพชำรุดและมีตะไคร่เกาะจำนวนมาก ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพการกระจายฝอยน้ำลดลง ส่งผลให้ไม่สามารถระบายความร้อนของน้ำได้ดีเท่าที่ควร ส่งผลให้สารทำความเย็นมีอุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพในการทำความเย็นของระบบลดลง ซึ่งเป็นการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าโดยเปล่าประโยชน์

6) สภาพหลังการปรับปรุง: ดำเนินการเปลี่ยนแผ่นฟิลเลอร์ภายในหอผึ่งน้ำเบอร์ 1 ขนาด 175 ตันความเย็น

7) วิธีการตรวจสอบผลการประหยัดหลังปรับปรุง : หลังจากทำการเปลี่ยนแผ่นฟิลเลอร์ของหอผึ่งน้ำแล้ว พบว่าประสิทธิภาพในการกระจายฝอยน้ำดีขึ้น สามารถลดอุณหภูมิน้ำที่ถาดของหอผึ่งน้ำลงได้อย่างเหมาะสม สามารถลดกำลังไฟฟ้าที่ใช้กับเครื่องอัดน้ำยาทำความเย็นขนาด 150 แรงม้าลงได้

8) เปรียบเทียบการใช้พลังงานก่อนและหลังการปรับปรุง

	กิโลวัตต์	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	บาท/ปี
การใช้พลังงานก่อนการปรับปรุง	109	954,840	3,065,036.40
การใช้พลังงานหลังการปรับปรุง	103	902,280	2,896,318.80
พลังงานที่ประหยัดได้	6	52,560	168,717.60
เงินลงทุน		19,054	บาท
ระยะเวลาการคืนทุน		0.11	ปี



รูปแสดงหอผึ่งน้ำ (Cooling tower) ก่อนและหลังเปลี่ยนแผ่นฟิลเลอร์

9) แสดงวิธีการคำนวณประกอบ

ข้อมูลทั่วไป

กำลังไฟฟ้าเครื่องอัดน้ำยาก่อนปรับปรุง ; P_1	=	109	kW
กำลังไฟฟ้าเครื่องอัดน้ำยาหลังปรับปรุง ; P2	=	103	kW
ชั่วโมงการทำงาน ; hr	=	24	ชั่วโมง/วัน
วันทำงาน ; D	=	365	วัน/ปี
ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย ; CE	=	3.21	บาท/kWh
<u>ระดับการใช้พลังงานอ้างอิงก่อนปรับปรุง</u>			
พลังงานไฟฟ้า(ก่อนปรับปรุง)	=	P_1 x hr x D	
	=	109 x 24 x 365	
	=	954,840	kWh/ปี
	=	954,840 kWh/ปี x 3.21 บาท/kWh	
	=	3,065,036.40	บาท/ปี
<u>ระดับการใช้พลังงานอ้างอิงหลังปรับปรุง</u>			
พลังงานไฟฟ้า(หลังปรับปรุง)	=	P x hr x D	
	=	103 x 24 x 300	
	=	902,280	kWh/ปี
	=	902,280 kWh/ปี x 3.21 บาท/kWh	
	=	2,896,318.80	บาท/ปี
<u>ผลประหยัดที่เกิดขึ้น</u>			
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	=	พลังงานไฟฟ้า (ก่อนปรับปรุง) - พลังงานไฟฟ้า (หลังปรับปรุง)	
	=	954,840 – 902,280	
	=	52,560	kWh/ปี
หรือคิดเป็น	=	52,560 / (11.74×10^3)	
	=	4.48	toe/ปี

คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	= พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ x CE	
	= 52,560 x 3.21	
	= 168,717.60	บาท/ปี
<u>การลงทุน</u>		
ราคาแผ่นฟิลเลอร์ของหอผึ่งน้ำ	= 19,054	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	= เงินลงทุน / จำนวนเงินที่ประหยัดได้	
	= 19,054 / 168,717	
	= 0.11	ปี

มาตรการด้านระบบปรับอากาศ

1) ชื่อมาตรการ : การเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น (chiller) ประสิทธิภาพสูง

2) อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : เปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นประสิทธิภาพสูง

3) จำนวนอุปกรณ์ที่ปรับปรุง : 1 ชุด

4) สถานที่ปรับปรุง : อาคารธุรกิจสำนักงาน พื้นที่ปรับอากาศ

5) สภาพก่อนการปรับปรุง :

สภาพเดิม : อาคารธุรกิจสำนักงานติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็นขนาด 500 ตันความเย็น จำนวน 4 ชุด โดยปกติจะเปิดใช้งานจำนวน 2 ชุด โดยมีอัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.29 บาทต่อหน่วย เปิดให้บริการประมาณ 11 ชั่วโมงต่อวัน จำนวน 350 วันต่อปี ลักษณะการใช้พื้นที่ของอาคารจะเปิดให้บริการเช่าพื้นที่ให้บริการประมาณ 2,400 ตารางเมตร ระบบปรับอากาศ ทั้งนี้ เครื่องทำน้ำเย็นมีสภาพการใช้งานมานาน ทำให้ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าสำหรับการทำความเย็นสูงมากขึ้น

ปัญหาที่พบ : จากการสำรวจระบบปรับอากาศในอาคาร พบว่า อายุการใช้งานของเครื่องทำน้ำเย็นมีอายุการใช้งานนานกว่า 20 ปี ซึ่งหากมีปรับเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นที่มีประสิทธิภาพที่ดีกว่า จะมีผลทำให้ระบบปรับอากาศมีประสิทธิภาพในการทำความเย็นสูงขึ้น และสามารถประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศลงได้มาก

6) สภาพหลังการปรับปรุง : จากการปรึกษาหารือกับทางผู้บริหารอาคาร ได้มีเป้าหมายการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานโดยการเปลี่ยนเป็นเครื่องทำความเย็นประสิทธิภาพสูง ขนาด 800 TR แทน 500 TR จำนวน 2 ชุด

1) สำรวจข้อมูลเชิงเทคนิค โดยตรวจวัดอัตราการไหลของน้ำเย็น อุณหภูมิน้ำเย็นด้านจ่ายและกลับ กำลังไฟฟ้าที่ใช้ และข้อมูลอื่นๆที่จำเป็นในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็นเดิม
2) สำรวจข้อมูลด้านคุณสมบัติทางเทคนิคและด้านราคา เพื่อนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการประหยัดพลังงานและผลตอบแทนการลงทุน
3) จัดทำแผนการดำเนินการติดตั้งเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น
4) ดำเนินการจัดซื้อและติดตั้ง ตลอดจนตรวจสอบความถูกต้องของการดำเนินการ พร้อมทั้งตรวจวัดข้อมูลเชิงเทคนิคเพื่อนำผลมาวิเคราะห์หลังการปรับปรุง
5) สรุปและประเมินผลการปรับปรุง และจัดทำรายงานสรุปผลให้ผู้บริการอาคารทราบ

7) วิธีการตรวจสอบผลการประหยัดหลังปรับปรุง : ทำการตรวจวัดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนและหลังดำเนินการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น ซึ่งจะมีผลทำให้ระบบปรับอากาศมีประสิทธิภาพในการทำความเย็นสูงขึ้น และสามารถประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศลงได้มาก

8) เปรียบเทียบการใช้พลังงานก่อนและหลังการปรับปรุง

	กิโลวัตต์	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	บาท/ปี
การใช้พลังงานก่อนการปรับปรุง	600.53	2,312,040.50	8,230,864.18
การใช้พลังงานหลังการปรับปรุง	446.67	1,719,679.50	6,122,059.02
พลังงานที่ประหยัดได้	153.86	592,361	2,108,805.16
เงินลงทุน		7,000,000	บาท
ระยะเวลาการคืนทุน		3.32	ปี

รูปแสดงเครื่องทำน้ำเย็นที่ใช้งานของอาคารก่อนและหลังการปรับปรุง

9) แสดงวิธีการคำนวณประกอบ

ข้อมูลเบื้องต้น

ภาระการทำความเย็นเฉลี่ย	785	Tonr/hr
ประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็นเดิม	0.765	kW/ Tonr
ประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็นใหม่	0.569	kW/Tonr
จำนวนชั่วโมงการเปิดใช้งาน	11	ชม./วัน
จำนวนวันทำงาน	350	วัน/ปี
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของสถานประกอบการ	3.56	บาท/kWh
เงินลงทุนรวม	7,000,000	บาท

วิธีการคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้า

<u>ระดับการใช้พลังงานอ้างอิงก่อนปรับปรุง</u>

กำลังไฟฟ้าก่อนปรับปรุง	=	785 X 0.765	
	=	600.53	kW/TR
พลังงานที่ใช้ก่อนปรับปรุง	=	600.53 X 11 X 350	
	=	2,312,040.50	kWh/ปี

ค่าไฟฟ้าก่อนปรับปรุง = 2,312,040.5 X 3.56

= 8,230,864.18 บาท/ปี

<u>ระดับการใช้พลังงานอ้างอิงหลังปรับปรุง</u>

กำลังไฟฟ้าหลังปรับปรุง = 785 X 0.569

= 446.67 kW

พลังงานที่ใช้หลังปรับปรุง = 446.67 X 11 X 350

= 1,719,679.50 kWh/ปี

ค่าไฟฟ้าหลังปรับปรุง = 1,719,679.5 X 3.56

= 6,122,059.02 บาท/ปี

<u>ผลประหยัดที่เกิดขึ้น</u>

กำลังไฟฟ้าที่ลดลง = พลังงานไฟฟ้า (ก่อนปรับปรุง) - พลังงานไฟฟ้า (หลังปรับปรุง)

= 600.53 – 446.67

= 153.86 kW

พลังงานที่ใช้ประหยัดได้ = 2,312,040.5 – 1,719,679.5

= 592,361 kWh/ปี

ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ = 8,230,864.18 - 6,122,059.02

= 2,108,805.16 บาท/ปี

ระยะเวลาคืนทุน = เงินลงทุน / จำนวนเงินที่ประหยัดได้

= 7,000,000 / 2,108,805.16

= 3.32 ปี

1) ชื่อมาตรการ : การลดการใช้งานพัดลมหอผึ่งน้ำ (Cooling tower)

2) อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : พัดลมหอผึ่งน้ำ (Cooling tower)

3) จำนวนอุปกรณ์ที่ปรับปรุง : พัดลมหอผึ่งน้ำ (Cooling tower) 2 เครื่อง

4) สถานที่ปรับปรุง : พื้นที่ดาดฟ้าที่ตั้งหอผึ่งน้ำ (Cooling tower)

5) สภาพก่อนการปรับปรุง : อาคารติดตั้งใช้งานเครื่องทำความเย็นจำนวน 2 ชุด ใช้ปั๊มน้ำเย็นขนาด 1.5 กิโลวัตต์ และปั๊มน้ำหล่อเย็นขนาด 3 กิโลวัตต์ ติดตั้งชุดละ 1 เครื่อง จ่ายน้ำเย็นสู่กระบวนการผลิต และเนื่องจากภาระของระบบมีเพียง 50% ของพิกัดของระบบทำความเย็นโดยรวม จึงทำให้อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นอยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน เป็นการสิ้นเปลืองพลังงานโดยไม่จำเป็น

6) รายละเอียดการดำเนินการปรับปรุง : ลดการเดินหอผึ่งน้ำ (Cooling tower) ลง 1 ชุด (เดิมใช้งานสองชุดพร้อมกัน)

7) วิธีการตรวจสอบผลการประหยัดหลังปรับปรุง : เมื่อลดการเดินหอผึ่งน้ำ (Cooling tower) ลง 1 ชุด แล้วทำการตรวจสอบอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นพบว่า อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นอยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐาน

8) เปรียบเทียบการใช้พลังงานก่อนและหลังการปรับปรุง

	กิโลวัตต์	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	บาท/ปี
การใช้พลังงานก่อนการปรับปรุง	2.92	21,024	67,487.04
การใช้พลังงานหลังการปรับปรุง	1.46	10,512	33,743.52
พลังงานที่ประหยัดได้	1.46	10,512	33,743.52
เงินลงทุน		-	บาท
ระยะเวลาการคืนทุน		-	ปี

รูปแสดงหอผึ่งน้ำและค่าการตรวจวัดพลังงานของพัดลมหอผึ่งน้ำ (Cooling tower)

9) แสดงวิธีการคำนวณประกอบ

ข้อมูลทั่วไป

กำลังไฟฟ้าพัดลมหอผึ่งน้ำ ; P	1.46	kW/ชุด
จำนวนพัดลมหอผึ่งน้ำ (Cooling tower) ก่อนปรับปรุง ; n_1	2	ชุด
จำนวนพัดลมหอผึ่งน้ำ (Cooling tower) หลังปรับปรุง ; n_2	1	ชุด
ชั่วโมงการทำงาน ; hr	24	ชั่วโมง/วัน
วันทำงาน ; D	300	วัน/ปี
ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย ; CE	3.21	บาท/kWh

ระดับการใช้พลังงานอ้างอิงก่อนปรับปรุง

พลังงานไฟฟ้า$_{(ก่อนปรับปรุง)}$ = P x n_1 x hr x D

= 1.46 x 2 x24 x 300

= 21,024 kWh/ปี

= 21,024 kWh/ปี x 3.21 บาท/kWh

= 67,487.04 บาท/ปี

ระดับการใช้พลังงานอ้างอิงหลังปรับปรุง

พลังงานไฟฟ้า$_{(หลังปรับปรุง)}$ = P x n_1 x hr x D

= 1.46 x 1 x24 x 300

= 10,512 kWh/ปี

= 10,512 kWh/ปี x 3.21 บาท/kWh

= 33,743.52 บาท/ปี

ผลประหยัดที่เกิดขึ้น

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ = พลังงานไฟฟ้า $_{(ก่อนปรับปรุง)}$ - พลังงานไฟฟ้า $_{(หลังปรับปรุง)}$

= 21,024 – 10,512

= 10,512 kWh/ปี

หรือคิดเป็น = 10,512 / (11.74 x 10^3)

= 0.90 toe/ปี

คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ = พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ x CE

= 10,512 x 3.21

= 33,743.52 บาท/ปี

<u>การลงทุน</u>

ไม่มีเงินลงทุน เนื่องจากทางอาคารดำเนินการเองทั้งหมด

1) ชื่อมาตรการ : การปรับปรุงการระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศ

2) อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : ชุดระบายความร้อน (Condensing Unit) ของเครื่องปรับอากาศแบบ Package Unit

3) จำนวนอุปกรณ์ที่ปรับปรุง : ชุดระบายความร้อน (Condensing Unit) จำนวน 2 ชุด

4) สถานที่ปรับปรุง : ชั้นดาดฟ้าของอาคาร

5) สภาพก่อนการปรับปรุง : โรงพยาบาลมีการติดตั้งระบบปรับอากาศแบบ Package Unit พิกัด 25 ตันความเย็น จำนวน 2 ชุด เพื่อจ่ายความเย็นให้กับพื้นที่ต่างๆ ภายในอาคารโรงพยาบาล โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส จากการตรวจสอบชุดระบายความร้อน (Condensing Unit) ของเครื่องปรับอากาศซึ่งติดตั้งอยู่บริเวณพื้นที่โล่งของชั้นดาดฟ้าของอาคาร มีอุณหภูมิโดยรอบชุดระบายความร้อนสูง เนื่องจากได้รับแสงแดดส่องโดยตรงตลอดวัน ทำให้เครื่องปรับอากาศไม่สามารถระบายความร้อนออกได้อย่างมีประสิทธิภาพ และส่งผลให้การควบคุมอุณหภูมิภายในห้องปรับอากาศไม่ได้ตามที่กำหนด

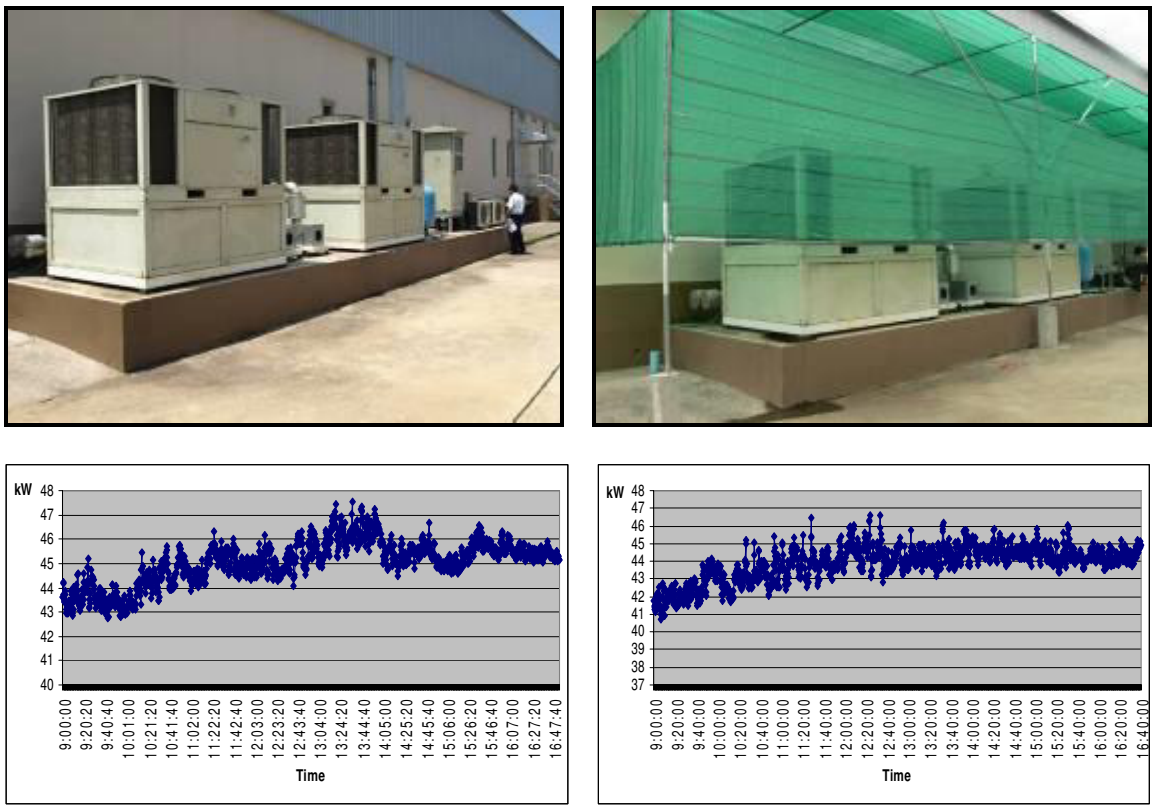
จากการตรวจสอบการทำงานของชุดระบายความร้อน พบว่า ชุดระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศหลายเครื่องติดตั้งอยู่ในบริเวณใกล้กันมาก อากาศร้อนที่ระบายจาก Condensing Unit จะมีลักษณะการไหลวน กล่าวคือ พัดลมระบายอากาศจะระบายเอาอากาศสู่บริเวณรอบๆ อาคารโรงงานเข้าสู่ Condensing Unit อีกชุดหนึ่งจากนั้นเป็นวัฏจักรไปเรื่อยๆ และมีการติดตั้งอยู่นอกอาคารถูกแสงแดดโดยตรงทำให้ได้รับความร้อนอยู่ตลอดทั้งวัน ส่งผลต่อประสิทธิภาพการระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศลดต่ำลง

6) สภาพหลังการปรับปรุง: หากมีการบังแสงแดดให้กับชุด condensing unit ของเครื่องปรับอากาศ เพื่อลดค่าอุณหภูมิของอากาศโดยรอบ จะสามารถช่วยให้ระบบระบายความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

7) วิธีการตรวจสอบผลการประหยัดหลังปรับปรุง : การตรวจสอบผลประหยัดจากปรับปรุงการระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศมีดังนี้

8) เปรียบเทียบการใช้พลังงานก่อนและหลังการปรับปรุง

	กิโลวัตต์	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	บาท/ปี
การใช้พลังงานก่อนการปรับปรุง	45.15	162,540	687,544.20
การใช้พลังงานหลังการปรับปรุง	43.23	155,628	658,306.44
พลังงานที่ประหยัดได้	1.92	6,912	29,237.76
เงินลงทุน		3,500	บาท
ระยะเวลาการคืนทุน		1.20	ปี



รูปก่อน-หลัง ปรับปรุง

9) แสดงวิธีการคำนวณประกอบ

ข้อมูลทั่วไป

กำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศก่อนปรับปรุง	45.15	kW
กำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศหลังปรับปรุง	43.23	kW
ระยะเวลาการทำงานของเครื่องปรับอากาศ	12	ชั่วโมง/วัน
จำนวนวันทำงานต่อปี	300	วัน/ปี
ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย	4.23	บาท/kWh

<u>ระดับการใช้พลังงานอ้างอิงก่อนปรับปรุง</u>

พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง = กำลังไฟฟ้า x เวลาการทำงาน

= 45.15 x 12 x 300

= 45.15 kW x 3,600 ชั่วโมง/ปี

= 162,540 kWh/ปี

คิดเป็นจำนวนเงิน = พลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้น x ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย

= 162,540 kWh/ปี x 4.23 บาท/kWh

= 687,544.20 บาท/ปี

ระดับการใช้พลังงานอ้างอิงหลังปรับปรุง

พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุง	=	กำลังไฟฟ้า x เวลาการทำงาน	
	=	43.23 kW x 12 x 300	
	=	43.23 kW x 3,600 ชั่วโมง/ปี	
	=	155,628	kWh/ปี
คิดเป็นจำนวนเงิน	=	พลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้น x ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย	
	=	155,628 kWh/ปี x 4.23 บาท/kWh	
	=	658,306.44	บาท/ปี

ผลประหยัดที่เกิดขึ้น

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	=	พลังงานไฟฟ้า (ก่อนปรับปรุง) - พลังงานไฟฟ้า (หลังปรับปรุง)	
	=	162,540 – 155,628	
	=	6,912	kWh/ปี
เทียบเท่า	=	6,912 / (11.74 x 10^3)	
	=	0.5890	toe/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	=	พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง x ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	
	=	6,912 kWh/ปี x 4.23 บาท/kWh	
	=	29,237.76	บาท/ปี

การลงทุน

เงินลงทุนค่าอุปกรณ์	=	35,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	=	เงินลงทุน / จำนวนเงินที่ประหยัดได้	
	=	35,000 / 29,237.76	
	=	1.2	ปี

1) ชื่อมาตรการ : การปรับตั้งอุณหภูมิในห้องปรับอากาศให้เหมาะสม

2) อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 5 ตันความเย็นในพื้นที่สำนักงานและแผนกต่าง ๆ

3) จำนวนอุปกรณ์ที่ปรับปรุง : เครื่องปรับอากาศทั้งหมดของโรงงาน

4) สถานที่ปรับปรุง : พื้นที่สำนักงานและแผนกต่าง ๆ

5) สภาพก่อนการปรับปรุง : โรงพยาบาลมีการใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 5 ตันความเย็น ในพื้นที่สำนักงานและแผนกต่างๆ จำนวนหลายชุด และเปิดใช้งานตั้งแต่เวลา 8.30 น. – 17.00 น. (ปิดขณะพักเที่ยง 1 ชั่วโมง) จำนวน 269 วัน/ปี การตรวจสอบการใช้งานของเครื่องปรับอากาศ พบว่า การตั้งอุณหภูมิของ Thermostat โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 22 $^{\circ}$C ซึ่งตั้งไว้ต่ำทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานในระบบปรับอากาศ ซึ่งจากการสังเกตการทำงานของ compressor พบว่า ส่วนใหญ่จะไม่มีการตัดการทำงานเลย และอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ภายในโรงงานอุณหภูมิสูงบางพื้นที่ เนื่องจากมีแสงแดดส่องผ่านช่องเปิดส่วนที่เป็นกระจกเข้ามาในพื้นที่ปรับอากาศ จึงทำให้พนักงานปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศให้ต่ำลง ทำให้สูญเสียพลังงานในปริมาณที่มากยิ่งขึ้น

6) สภาพหลังการปรับปรุง : ทางโรงพยาบาลมีแนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

- สำรวจจำนวน ขนาด และการใช้งานของเครื่องปรับอากาศภายในโรงงาน
- ปรับปรุงช่องเปิดต่าง ๆ เพื่อลดความร้อนเข้าสู่อาคารโรงงานและล้างทำความสะอาดชุด condensing unit และ fan coil unit
- ปรับตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศที่ 25 $^{\circ}$C
- ตรวจวัดกำลังไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศและช่วงเวลาการทำงานของ compressor ก่อนและหลังการปรับอุณหภูมิ
- ประเมิน และวิเคราะห์ผลประหยัดที่ได้

7) วิธีการตรวจสอบผลการประหยัดหลังปรับปรุง : ตรวจวัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ (kW) เวลาการทำงานของ Compressor ในขณะ ON-Load ($\mathbf{T_1}$) และ Off-Load ($\mathbf{T_2}$) ซึ่งใช้การจับเวลาที่ชุด Compressor จากนั้นนำมาคำนวณผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้จากสมการ ต่อไปนี้

จากสมการ $$Energy = Power \times {hr}/{year} \times \left(\frac{T_1}{T_1 + T_2} \right) \times L.F.$$

เมื่อ

Energy	คือ	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh/ปี)
Power	คือ	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (kW)
T_1	คือ	เวลาของ Compressor ขณะ ON-Load (นาที)
T_2	คือ	เวลาของ Compressor ขณะ Off-Load (นาที)
L.F.	คือ	Load Factor การใช้งานอุปกรณ์ (80%)

8) เปรียบเทียบการใช้พลังงานก่อนและหลังการปรับปรุง

	กิโลวัตต์	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	บาท/ปี
การใช้พลังงานก่อนการปรับปรุง	3.75	6,456	21,950.40
การใช้พลังงานหลังการปรับปรุง	3.75	5,696.47	19,368
พลังงานที่ประหยัดได้	-	759.53	2,582.40
เงินลงทุน		-	บาท
ระยะเวลาการคืนทุน		-	ปี

รูปก่อนปรับปรุง

รูปหลังปรับปรุง

9) แสดงวิธีการคำนวณประกอบ

ตัวอย่างการคำนวณ

ข้อมูลทั่วไป

ผลประหยัดพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศพิกัดการทำความเย็น 36,000 Btu/hr

กำลังไฟฟ้า	3.75	kW
ชั่วโมงการทำงาน	8	ชั่วโมง/วัน
จำนวนวันทำงาน	269	วัน/ปี
อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยของโรงงาน	3.40	บาท/kWh

ระดับการใช้พลังงานอ้างอิงก่อนปรับปรุง

- ช่วงระยะเวลาการทำงาน (T_1) ใน 1 รอบการทำงาน เท่ากับ 480 นาที
- ช่วงระยะเวลาการทำงาน (T_2) เท่ากับ 0

แทนค่าสมการ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ $= 3.75 \times 8 \times 269 \times \left(\frac{480}{480+0} \right) \times 80\%$

= 6,456 kWh/ปี

คิดเป็นจำนวนเงิน = (พลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้น x ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย)

= 6,456 kWh/ปี x 3.40 บาท/kWh

= 21,950.40 บาท/ปี

ระดับการใช้พลังงานอ้างอิงหลังปรับปรุง

- ช่วงระยะเวลาการทำงาน (T_1) ใน 1 รอบการทำงาน เท่ากับ 30 นาที
- ช่วงระยะเวลาการทำงาน (T_2) ใน 1 รอบการทำงาน เท่ากับ 4 นาที

แทนค่าสมการ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ $= 3.75 \times 8 \times 269 \times \left(\frac{30}{30+4} \right) \times 80\%$

= 5,696.47 kWh/ปี

คิดเป็นจำนวนเงิน = (พลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้น x ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย)

= 5,696.47 kWh/ปี x 3.40 บาท/kWh

= 19,368 บาท/ปี

ผลประหยัดที่เกิดขึ้น

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ = พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง - พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุง

= 6,456 - 5,696.47

= 759.53 kWh/ปี

เทียบเท่า = 759.53 / (11.74 x 10^3)

= 0.0647 toe/ปี

คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ = ก่อนปรับปรุง - หลังปรับปรุง

= 21,950.40 - 19,368

= 2,582.40 บาท/ปี

<u>การลงทุน</u>

ไม่มีเงินลงทุน เนื่องจากทางโรงงานดำเนินการเองทั้งหมด

1) ชื่อมาตรการ : การปิดเครื่องปรับอากาศในช่วงพักเที่ยง

2) อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : เครื่องปรับอากาศ

3) จำนวนอุปกรณ์ที่ปรับปรุง : เครื่องปรับอากาศ 5 ชุด

4) สถานที่ปรับปรุง : อาคารสำนักงานอธิการบดี

5) สภาพก่อนการปรับปรุง : อาคารสำนักงานอธิการบดี มีการใช้งานเครื่องปรับอากาศจำนวน 5 ชุด ได้แก่ เครื่องปรับอากาศขนาด 1.27 TR จำนวน 2 ชุด, ขนาด 1.43 TR จำนวน 1 ชุด, ขนาด 2.11 TR จำนวน 1 ชุด และขนาด 2.78 TR จำนวน 1 ชุด เปิดใช้งานตั้งแต่เวลา 8:00 – 17:00 น.

จากการสำรวจลักษณะการใช้งานเครื่องปรับอากาศ พบว่า จะมีการเปิดใช้เครื่องปรับอากาศตลอดช่วงเวลาทำงาน คือ เวลา 8:00 – 17:00 น. โดยแม้ในขณะที่ไม่มีผู้ปฏิบัติงานในสำนักงาน เช่น ช่วงพักเที่ยง ก็มีการเปิดเครื่องปรับอากาศทิ้งไว้ เป็นการสิ้นเปลืองพลังงานโดยไม่จำเป็น

6) สภาพหลังการปรับปรุง: อบรมและปลูกฝังทัศนคติที่ดีในการอนุรักษ์พลังงานให้แก่พนักงาน ให้รับผิดชอบในการปิดการใช้เครื่องปรับอากาศในช่วงหยุดพักเที่ยง และช่วงเวลาก่อนเลิกงานครึ่งชั่วโมง นอกจากนั้น ให้พิจารณาการเลื่อนเวลาการเปิดใช้งานในช่วงเช้าที่อากาศยังไม่ร้อนเป็นระยะเวลา 15 นาที

7) วิธีการตรวจสอบผลการประหยัดหลังปรับปรุง : พนักงานร่วมกันรณรงค์ปิดการใช้เครื่องปรับอากาศในช่วงหยุดพักเที่ยง และช่วงเวลาก่อนเลิกงานครึ่งชั่วโมง และเลื่อนเวลาการเปิดใช้งานในช่วงเช้าเป็นระยะเวลา 15 นาที ทำให้ลดชั่วโมงการทำงานของเครื่องปรับอากาศลง สามารถประหยัดพลังงานได้ 3,023.48 kWh/ปี คิดเป็นเงิน 9,009.96 บาท/ปี

8) เปรียบเทียบการใช้พลังงานก่อนและหลังการปรับปรุง

	กิโลวัตต์	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	บาท/ปี
การใช้พลังงานก่อนการปรับปรุง	8.86	15,549.30	46,336.91
การใช้พลังงานหลังการปรับปรุง	8.86	12,525.82	37,326.96
พลังงานที่ประหยัดได้	0	3,023.48	9,009.95
เงินลงทุน		0	บาท
ระยะเวลาการคืนทุน		0	ปี

รูปแสดงการปิดเครื่องปรับอากาศในช่วงพักเที่ยงหลังการปรับปรุง

9) แสดงวิธีการคำนวณประกอบ

ข้อมูลทั่วไป

กำลังไฟฟ้ารวมของเครื่องปรับอากาศ	=	8.86	kW
เปอร์เซนต์การทำงานของคอมเพรสเซอร์	=	65 %	
จำนวนชั่วโมงทำงาน	=	9	ชม./วัน
จำนวนวันทำงาน	=	300	วัน/ปี
ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย	=	2.98	บาท/หน่วย
จำนวนชั่วโมงการปิดใช้งานได้	=	1 ชม. 45 นาที / วัน	
	=	1.75	ชม./วัน

<u>ระดับการใช้พลังงานอ้างอิงก่อนปรับปรุง</u>

พลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้น	=	กำลังไฟฟ้า x เวลาการทำงาน x %การทำงานของคอมเพรสเซอร์	
	=	8.86 x (9x300) x 65%	
	=	8.86 kW x 2,700 ชั่วโมง/ปี x 65%	
	=	15,549.30	kWh/ปี
คิดเป็นจำนวนเงิน	=	พลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้น x ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย	
	=	15,549.30 kWh/ปี x 2.98 บาท/kWh	
	=	46,336.91	บาท/ปี

ระดับการใช้พลังงานอ้างอิงหลังปรับปรุง

พลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้น	= กำลังไฟฟ้า x เวลาการทำงาน x %การทำงานของคอมเพรสเซอร์	
	= 8.86 x ((9-1.75)x300) x 65%	
	= 8.86 kW x 2,175 ชั่วโมง/ปี x 65%	
	= 12,525.82	kWh/ปี
คิดเป็นจำนวนเงิน	= พลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้น x ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย	
	= 12,525.82 kWh/ปี x 2.98 บาท/kWh	
	= 37,326.96	บาท/ปี

ผลประหยัดที่เกิดขึ้น

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	= พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง - พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุง	
	= 15,549.30 - 12,525.82	
	= 3,023.48	kWh/ปี
เทียบเท่า	= 3,023.48 / (11.74 x 10^3)	
	= 0.2576	toe/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	= ก่อนปรับปรุง - หลังปรับปรุง	
	= 46,336.91 - 37,326.96	
	= 9,009.95	บาท/ปี

มาตรการด้านระบบปรับอากาศ

1) ชื่อมาตรการ : การบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ

2) อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split type)

3) จำนวนอุปกรณ์ที่ปรับปรุง : เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split type) ขนาด 25,000 บีทียู/ชั่วโมง จำนวน 1 ชุด พิกัด 36,000 บีทียู/ชั่วโมง จำนวน 2 ชุด และพิกัด 20,000 บีทียู/ชั่วโมง จำนวน 2 ชุด

4) สถานที่ปรับปรุง : พื้นที่ภายในอาคาร

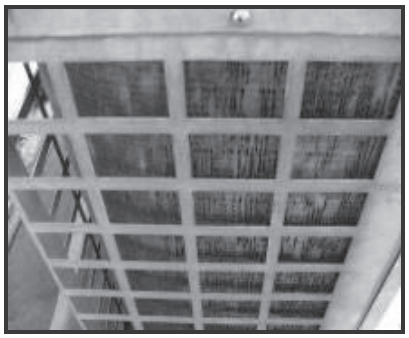
5) สภาพก่อนการปรับปรุง : โรงพยาบาลมีการใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split type) ในส่วนของพื้นที่สำนักงานและส่วนบริการ โดยทำงานวันละ 8 ชั่วโมง 45 นาทีต่อวัน และ 300 วันต่อปี เมื่อทำการสำรวจระบบการใช้เครื่องปรับอากาศในสำนักงาน พบว่า มีการติดตั้งใช้งาน จำนวน 5 ชุด ประกอบด้วยเครื่องปรับอากาศพิกัดการทำความเย็นขนาด 25,000 บีทียู/ชั่วโมง จำนวน 1 ชุด พิกัด 36,000 บีทียู/ชั่วโมง จำนวน 2 ชุด และพิกัด 20,000 บีทียู/ชั่วโมง จำนวน 2 ชุด รวมพิกัดการทำความเย็น 137,000 บีทียู/ชั่วโมง ซึ่งมีการใช้งานเป็นประจำจากการตรวจสอบสภาพของเครื่องปรับอากาศพบว่าเครื่องปรับอากาศดังกล่าวขาดการบำรุงรักษาที่ดีโดยสังเกตได้จากชุดคอล์ยร้อนมีฝุ่นละอองจับอยู่หนาทึบ ทำให้การระบายความร้อนของคอยร้อนทำได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ

6) สภาพหลังการปรับปรุง: ทำการล้างทำความสะอาดตลอดจนกำจัดฝุ่นละอองแผงคอล์ยร้อนและคอล์ยเย็นและกำหนดแผนการบำรุงรักษาดังกล่าวอย่างสม่ำเสมอ โดยการทดลองปฏิบัติงานจริงควบคู่ไปกับการตรวจวัดพลังไฟฟ้า เพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์คำนวณผลการประหยัดพลังงานที่ได้รับ

7) วิธีการตรวจสอบผลการประหยัดหลังปรับปรุง : เมื่อดำเนินการล้างทำความสะอาดตลอดจนกำจัดฝุ่นละอองแผงคอล์ยร้อนและคอล์ยเย็นแล้วการตรวจวัดเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศพบว่าเครื่องปรับอากาศมีประสิทธิภาพการทำงานดีขึ้น

8) เปรียบเทียบการใช้พลังงานก่อนและหลังการปรับปรุง

	กิโลวัตต์	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	บาท/ปี
การใช้พลังงานก่อนการปรับปรุง	13.64	27,211	87,347.31
การใช้พลังงานหลังการปรับปรุง	13.64	21,137.65	67,851.86
พลังงานที่ประหยัดได้	-	6,073.35	19,495.45
เงินลงทุน		-	บาท
ระยะเวลาการคืนทุน		-	ปี



รูปแสดงคอล์ยร้อน (Condensing unit) ของเครื่องปรับอากาศก่อนและหลังทำการปรับปรุง

9) แสดงวิธีการคำนวณประกอบ

ข้อมูลทั่วไป

พิกัดการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศรวม	= 137,000	บีทียู/ชั่วโมง
กำลังไฟฟ้าจากการตรวจวัดได้รวม ; P	= 13.64	กิโลวัตต์
ชั่วโมงการทำงาน ; D	= 8.75	ชั่วโมง/วัน
วันทำงาน ; hr	= 300	วัน/ปี
ราคาไฟฟ้า ; CE	= 3.21	บาท/kWh
เปอร์เซ็นที่ลดลงหลังการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ ; %	= 4	เปอร์เซ็นต์
สัดส่วนการทำงานของเครื่องปรับอากาศหลังบำรุงรักษา ; f1	= 0.76	
สัดส่วนการทำงานของเครื่องปรับอากาศหลังบำรุงรักษา ; f2	= f1 - ((f1 x %save) / 100)	
	= 0.76 – ((0.76 x 4) / 100)	
	= 0.73	

<u>ระดับการใช้พลังงานอ้างอิงก่อนปรับปรุง</u>

พลังงานไฟฟ้า$_{(ก่อนปรับปรุง)}$	= (P x D x hr x f_1)	
	= 13.64 x 8.75 x 300 x 0.76	
	= 27,211	kWh/ปี
	= 27,211 kWh/ปี x 3.21	บาท/kWh
	= 87,347.31	บาท/ปี

<u>ระดับการใช้พลังงานอ้างอิงหลังปรับปรุง</u>

พลังงานไฟฟ้า$_{(หลังปรับปรุง)}$	= (P x D x hr x f_2)	
	= 13.64 x 8.75 x 300 x 0.73	
	= 21,137.65	kWh/ปี
	= 21,137.65 kWh/ปี x 3.21	บาท/kWh
	= 67,851.86	บาท/ปี

<u>ผลประหยัดที่เกิดขึ้น</u>

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ = พลังงานไฟฟ้า$_{(ก่อนปรับปรุง)}$ –พลังงานไฟฟ้า$_{(หลังปรับปรุง)}$

= 27,211 – 21,137.65

= 6,073.35 kWh/ปี

หรือคิดเป็น	=	6,073.35 / (11.74 x 10^3)	
	=	0.52	toe/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	=	พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ x CE	
	=	6,073.35 x 3.21	
	=	19,495.45	บาท/ปี

<u>การลงทุน</u>

ไม่มีเงินลงทุน เนื่องจากทางอาคารดำเนินการเองทั้งหมด

5 มาตรการด้านระบบอัดอากาศ

1) ชื่อมาตรการ : มาตรการการลดการใช้งานอากาศอัดที่ไม่เหมาะสม

2) อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : ปืนลม

3) จำนวนอุปกรณ์ที่ปรับปรุง : 2 จุด

4) สถานที่ปรับปรุง : แผนกเตรียมประกอบและแผนกเจียร

5) สภาพก่อนการปรับปรุง : ในส่วนโรงประกอบพาเลทของโรงงาน มีฝุ่นที่เกิดตามบริเวณต่างๆ ภายในโรงงานได้ง่าย ทำให้การทำความสะอาดพื้นที่และตัวพนักงานเอง มักใช้อากาศอัดในการทำความสะอาดพื้นที่และเสื้อผ้าแทน

จากลักษณะการทำงานของแผนกต่าง ๆ ในโรงงาน ดังที่ได้กล่าวมานั้น ส่งผลให้พนักงานในโรงงานส่วนของแผนกเตรียมประกอบ จำนวนรวมทั้งสิ้น 52 คน ต้องทำความสะอาดเสื้อผ้าและร่างกาย โดยการใช้อากาศอัดในการเป่าตัว ทำให้เครื่องอัดอากาศต้องทำงานมากขึ้น

6) สภาพหลังการปรับปรุง : ดำเนินการจัดซื้อ Blower ไฟฟ้า ขนาด 600 W จำนวน 2 ชุด ในการทำความสะอาดตัว ในแผนกเตรียมประกอบ 1 ชุด และแผนกเจียร 1 ชุด

7) วิธีการตรวจสอบผลการประหยัดหลังปรับปรุง : ตรวจวัดการใช้พลังงานก่อน และ หลังการปรับปรุง เพื่อคำนวณหาค่าผลประหยัดที่ได้จากการดำเนินมาตรการ

8) เปรียบเทียบการใช้พลังงานก่อนและหลังการปรับปรุง

	กิโลวัตต์	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	บาท/ปี
การใช้พลังงานก่อนการปรับปรุง	32.86	3,932.50	14,943.50
การใช้พลังงานหลังการปรับปรุง	32.86	3,266.25	12,411.75
พลังงานที่ประหยัดได้	-	666.25	2,531.75
เงินลงทุน		4,000	บาท
ระยะเวลาการคืนทุน		1.58	ปี

รูปแสดงก่อนและหลังการปรับปรุง

9) แสดงวิธีการคำนวณประกอบ

ตารางแสดงข้อมูลการตรวจวัดประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องอัดอากาศ

รายละเอียด	สถานที่ใช้งาน			
	โรงเตรียม	โรงประกอบ		
	เครื่อง1	เครื่อง1	เครื่อง2	เครื่อง3
ชนิดเครื่องอัดอากาศ	ลูกสูบ	ลูกสูบ	ลูกสูบ	ลูกสูบ
ขนาดพลังไฟฟ้าพิกัด (kW)	3.7	7.5	7.5	10
ข้อมูลตรวจวัดพลังไฟฟ้าช่วง Load				
แรงดันไฟฟ้า (V)	220	392.1	395.1	395.6
กระแสไฟฟ้า (I_r)	11.8	16.51	17.03	19.98
กระแสไฟฟ้า (I_s)	12.5	15.89	17.42	20.53
กระแสไฟฟ้า (I_t)	12.1	15.29	17.85	19.44
ตัวประกอบกำลัง (P.F.)	0.77	0.79	0.80	0.82
พลังไฟฟ้าตรวจวัด (kW)	**3.56**	**8.53**	**9.54**	**11.23**
ขนาดถังเก็บอากาศอัด (ลิตร)	315	1,560	1,560	1,560
เวลาที่ใช้อัดอากาศให้ความดันเพิ่ม 1 Bar (วินาที)	33	81	77	63
ความสามารถในการผลิตอากาศอัด (m^3/min)	**0.57**	**1.16**	**1.22**	**1.49**
ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (kW/m^3/min)	**6.25**	**7.35**	**7.82**	**7.54**
ประสิทธิภาพการใช้พลังงานเฉลี่ย (kW/m^3/min)	**6.25**	**7.57**		

ปริมาณอากาศอัดที่ใช้จากการทดสอบปล่อยอากาศอัดออกทางท่ออ่อนที่ใช้เป่าตัว 1.21 m^3/min ต่อการใช้ 1 จุด

ข้อมูลที่ใช้ประกอบการคำนวณ

- โรงเตรียมประกอบ

การใช้อากาศอัดเป่าตัวก่อนดำเนินการปรับปรุง

พนักงานโรงเตรียมประกอบจำนวน	52	คน	
ใช้อากาศอัดเป่าตัว	=	30	วินาที/ครั้ง
จำนวน	=	4	ครั้ง/วัน
วันทำงาน	=	300	วัน/ปี
ดังนั้น ชั่วโมงการใช้งาน	=	52 x (30/3,600) x 4 x 300	
	=	520	ชั่วโมง/ปี
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	=	3.80	บาท/kWh

<u>ระดับการใช้พลังงานอ้างอิงก่อนปรับปรุง</u>

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ก่อนปรับปรุง	=	ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องอัดอากาศ x ปริมาณการใช้อากาศอัดต่อนาที x ชั่วโมงการทำงานต่อปี	
	=	(6.25 kW/m^3/min x 1.21 m^3/min) x 520 hr/ปี	
	=	7.56 kW x 520 hr/ปี	
	=	3,932.50	kWh/ปี
	=	3,932.50 x 3.80	
	=	14,943.50	บาท/ปี

เนื่องจากในปัจจุบันทางโรงงานได้จัดซื้อ Blower ไฟฟ้าให้ทดลองใช้งานแผนกละ 1 เครื่อง ทำให้พนักงานทั้ง 52 คน ของแผนกเตรียมประกอบส่วนใหญ่ยังคงใช้อากาศอัดในการเป่าตัวเหมือนเดิม และมีพนักงานประมาณ 10 คน ที่สามารถใช้ Blower ไฟฟ้า ในการเป่าตัวได้

<u>ระดับการใช้พลังงานอ้างอิงหลังปรับปรุง</u>

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้หลังปรับปรุง	=	พลังงานของ Blower + พลังงานของเครื่องอัดอากาศ	
	=	(พลังไฟฟ้าของ Blower x ชั่วโมงการทำงานต่อปี) + (ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องอัดอากาศ x ปริมาณการใช้อากาศอัดต่อนาที x ชั่วโมงการทำงานต่อปี)	
	=	[0.60 x 10 x (30/3,600) x 4 x 300] +[(6.25 kW/m^3/min x 1.21 m^3/min) x 420 hr/ปี]	
	=	[0.60 kW x 100 hr/ปี] + [7.56 kW x 420 hr/ปี]	
	=	3,175.20 + 60	
	=	3,236.25	kWh/ปี
	=	3,236.25x 3.80	
	=	12,297.75	บาท/ปี

ผลประหยัดที่เกิดขึ้น

พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง	=	พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง - พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุง	
	=	3,932.50 – 3,266.25	
	=	666.25	kWh/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	=	666.25 x 3.80	
	=	2,531.75	บาท/ปี

การลงทุน

เงินลงทุนรวม	=	4,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	=	4,000/ 2,531.75	
	=	1.58	ปี

1) ชื่อมาตรการ : การปรับลดแรงดันให้เหมาะสมกับภาระโหลด

2) อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : ปรับตั้งความดันของเครื่องอัดอากาศ

3) จำนวนอุปกรณ์ที่ปรับปรุง : จำนวนเครื่องอัดอากาศ 2 เครื่อง

4) สถานที่ปรับปรุง : พื้นที่ห้องเครื่องอัดอากาศ

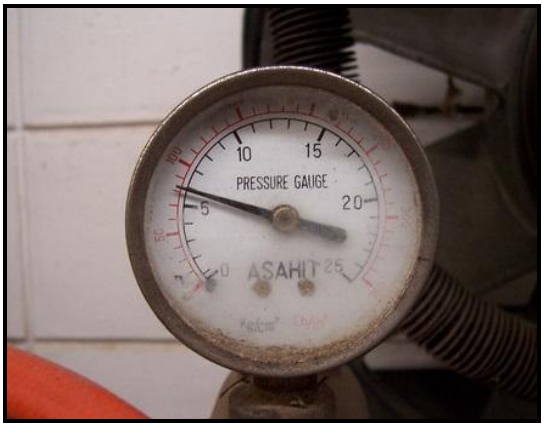
5) สภาพก่อนการปรับปรุง : สภาพการทำงานโดยปกติของเครื่องอัดอากาศ มีการปรับตั้งความดันการผลิตลมอัดสูงสุดไว้ที่ 9.80 Barg ซึ่งเป็นความดันลมอัดที่สูงมากในขณะที่การสำรวจพิกัดความดันใช้งานโดยทั่วไปของเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ลมอากาศอัดอย่างละเอียดทั้งหมด พบว่า ทั้งหมดมีพิกัดการทำงานที่ความดันลมอัดใช้งานเพียง 5.0-7.0 Barg ทำให้เสียค่าใช้จ่ายของพลังงานไฟฟ้าในระบบเครื่องอัดอากาศสูงเกินความจำเป็น หากทำการปรับลดอัตราการผลิตความดันของลมอัดลงให้เหมาะสมกับการใช้งาน จะสามารถประหยัดพลังงานลงได้

6) รายละเอียดการดำเนินการปรับปรุง : ตรวจสอบการปรับตั้งการผลิตความดันของเครื่องอัดอากาศ พบว่า มีค่าความดัน 9.80 Barg ตรวจวัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศ ตรวจสอบความดันของอากาศอัดที่ใช้งานในเครื่องจักรแต่ละเครื่อง พบว่า เครื่องจักรต้องการความดันสูงสุดเพียง 7 Barg ทดลองปรับลดความดันของเครื่องอากาศอัดที่ผลิตลงครั้งละ 0.5 Barg เพื่อทดสอบหาความดันที่เพียงพอต่อความต้องการ จนได้ระดับความดันที่ตั้งไว้เหลือเพียง 7 Barg

7) วิธีการตรวจสอบผลการประหยัดหลังปรับปรุง : ดำเนินการปรับลดความดันอากาศอัดของเครื่องอัดอากาศลงให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมกับการใช้งาน สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าลงได้ 7,128.58 kWh/ต่อปี คิดเป็นเงิน 25,163.89 บาท/ปี

8) เปรียบเทียบการใช้พลังงานก่อนและหลังการปรับปรุง

	กิโลวัตต์	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	บาท/ปี
การใช้พลังงานก่อนการปรับปรุง	12.36	37,020.66	130,682.92
การใช้พลังงานหลังการปรับปรุง	9.98	29,892.09	105,519.07
พลังงานที่ประหยัดได้	2.38	7,128.57	25,163.85
เงินลงทุน		-	บาท
ระยะเวลาการคืนทุน		-	ปี



รูปแสดงการปรับลดแรงดันเครื่องอัดอากาศ ก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

9) แสดงวิธีการคำนวณประกอบ

จากสมการ

$$W_1 = \left(kW_{load} \times \frac{t_{load}}{t_{load} + t_{unload}} + kW_{unload} \times \frac{t_{unload}}{t_{load} + t_{unload}} \right)$$

กำหนดให้

kW_{load}	=	ค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศในขณะมีภาระงาน (On load)
kW_{unload}	=	ค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศในขณะไร้ภาระงาน (Unload)
t_{load}	=	ระยะเวลาของเครื่องอัดอากาศทำงานที่มี Load
t_{unload}	=	ระยะเวลาของเครื่องอัดอากาศทำงานที่มี Unload

ข้อมูลเบื้องต้น

ชั่วโมงทำงาน (H)	=	16	ชั่วโมง/วัน
วันทำงาน (D)	=	312	วัน/ปี
แฟคเตอร์การใช้งาน (F)	=	0.60	
อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยของโรงงาน	=	3.53	บาท/kWh
จำนวนเครื่องอัดอากาศ (Screw Type)	=	2.0	เครื่อง

<u>ระดับการใช้พลังงานอ้างอิงก่อนปรับปรุง</u>

ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยก่อนการปรับปรุง (W1)	=	6.18	kW
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ก่อนการปรับปรุง	=	6.18 x 16 x 312 x 2 x (60/100)	
	=	37,020.66	kWh/ปี
คิดเป็นค่าใช้จ่าย	=	37,020.66 x 3.53	
	=	130,682.92	บาท/ปี

<u>ระดับการใช้พลังงานอ้างอิงหลังการปรับปรุง</u>

จากสมการ

$$W_2 = W_1 \left(\frac{\left[(P_{1\,out}/P_{in})^{(k-1)/(ik)} - 1 \right]}{\left[(P_{2\,out}/P_{in})^{(k-1)/(ik)} - 1 \right]} \right)$$

มาตรการด้านระบบอัดอากาศ

กำหนดให้

W_2	=	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยหลังปรับลดความดันอากาศอัด (kW)	
W_1	=	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยก่อนปรับลดความดันอากาศอัด เท่ากับ 6.18	kW
$P1_{out}$	=	ความดันสมบูรณ์ก่อนปรับลดความดันอากาศอัด เท่ากับ 9.80	Barg
$P2_{out}$	=	ความดันสมบูรณ์หลังปรับลดความดันอากาศอัด เท่ากับ 7	Barg
P_{in}	=	ความดันสมบูรณ์ด้านเข้าเครื่องอากาศอัด เท่ากับ 1.013	Barg
k	=	อัตราส่วนความร้อนจำเพาะสำหรับอากาศ มีค่าเท่ากับ 1.40	
i	=	จำนวนขั้นตอนการอัด (stage) ของเครื่องอัดอากาศ เท่ากับ 3	Stage

แทนค่าสมการ

$$W_2 = 6.18\left(\frac{\left[(9.8/1.013)^{(1.4-1)/(3\times1.4)} - 1\right]}{\left[(7.0/1.013)^{(1.4-1)/(3\times1.4)} - 1\right]}\right)$$

	=	4.99	kW
จำนวนเครื่องอัดอากาศ (Screw Type)	=	2.0	เครื่อง
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้หลังการปรับปรุง	=	4.99 x 16 x 312 x 2 x (60/100)	
	=	29,892.09	kWh/ปี
คิดเป็นค่าใช้จ่าย	=	29,892.09 x 3.53	
	=	105,519.07	บาท/ปี

<u>ผลประหยัดที่เกิดขึ้น</u>

คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (E_{Save})	=	พลังงานไฟฟ้า (ก่อนปรับปรุง) - พลังงานไฟฟ้า (หลังปรับปรุง)	
	=	37,020.66 - 29,892.09	
	=	7,128.57	kWh/ปี
คิดเป็นผลประหยัดจากพลังงาน	=	7,128.57 x 3.60	
	=	25,662.85	MJ/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	=	130,682.92 - 105,519.07	
	=	25,163.85	บาท/ปี

<u>การลงทุน</u>

มาตรการนี้ไม่มีค่าใช้จ่ายใดๆ เนื่องจากทางโรงงานสามารถดำเนินการได้เอง

มาตรการด้านระบบอัดอากาศ

1) ชื่อมาตรการ : มาตรการลดการรั่วไหลในระบบอากาศอัด

2) อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : ระบบอากาศอัด

3) จำนวนอุปกรณ์ที่ปรับปรุง : -

4) สถานที่ปรับปรุง : พื้นที่กระบวนการผลิต

5) สภาพก่อนการปรับปรุง : จากการสำรวจการใช้พลังงานในส่วนต่าง ๆ ภายในโรงงาน พบว่า ระบบอัดอากาศมีการใช้พลังงานอยู่ในปริมาณมาก โดยมีการติดตั้งใช้งานเครื่องอัดอากาศพิกัดขนาด 30 HP จำนวน 1 ชุด โดยเปิดเครื่องใช้งานตลอดเวลาเพื่อนำลมอัดมาใช้ในกระบวนการผลิตของโรงงาน เช่น การใช้ลมเป่าทำความสะอาดชิ้นงาน และการควบคุมเครื่องจักรต่างๆ จากการตรวจสอบสภาพของระบบอัดอากาศ พบว่า บริเวณข้อต่อวาล์วซีลยางมีการชำรุดเสื่อมสภาพการใช้งานแล้วบางส่วน ทำให้ระบบส่งจ่ายลมอัดมีการรั่วไหลเป็นจำนวนมาก รวมทั้งมีการใช้ลมอัดที่ผิดประเภท ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดการสูญเสียพลังงานไปโดยเปล่าประโยชน์

6) สภาพหลังการปรับปรุง: สำรวจจุดรั่วไหลของระบบลมอัดในพื้นที่ต่าง ๆ ของโรงงานด้วยวิธีฟังเสียง โดยแจ้งให้พนักงานที่ปฏิบัติงานในแต่ละพื้นที่ให้ความร่วมมือในการตรวจสอบ และเมื่อพบจุดรั่วไหลให้แจ้งต่อเจ้าหน้าที่ซ่อมบำรุงรับทราบ และเร่งดำเนินการซ่อมแซมแก้ไข เพื่อลดการสูญเสียโดยทันที ในกรณีที่พนักงานใช้ลมอัดผิดประเภท เช่น การเป่าลมเพื่อทำความสะอาดร่างกายหรือเปิดวาล์วทิ้งไว้โดยไม่มีการใช้งานให้ทำการชี้แจงทำความเข้าใจให้พนักงานดังกล่าว ทราบถึงผลของความสูญเสีย โดยทางโรงงานได้จัดอุปกรณ์ประเภทอื่นในการทำความสะอาดร่างกาย เช่น เครื่องเป่าลม (Blower) ซึ่งเป็นอุปกรณ์เป่าลมที่มีต้นทุนค่าใช้จ่ายในการผลิตความดันลมต่ำกว่ามาใช้ทดแทน จะสามารถลดการใช้พลังงานลงได้ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1) ทำการประเมินผลการสูญเสียพลังงานโดยการทดสอบการรั่วไหลของระบบอัดอากาศโดยจับเวลา การทำงานของเครื่องอัดอากาศที่สภาวะมีภาระ (On load) และสภาวะไร้ภาระ (Un load) ขณะช่วงเวลาที่โรงงานไม่มี การผลิตหรือใช้งานอุปกรณ์ที่ใช้ลมอัด ซึ่งหากพบว่า เครื่องอัดอากาศมีการทำงานที่สภาวะมีโหลด (On load) เกิดขึ้นแสดงว่ามีการรั่วไหลของลมอัดในระบบอากาศอัดหรืออุปกรณ์จากนั้นจึงทำการเก็บข้อมูลเพื่อประเมินวิเคราะห์ผลการสูญเสียพลังงานที่เกิดขึ้น

2) จัดประชุมร่วมกันระหว่างผู้บริหาร ทีมอนุรักษ์พลังงาน และตัวแทนจากฝ่ายผลิต เพื่อให้ทุกคนรับทราบการสูญเสียพลังงานที่เกิดขึ้นจากการรั่วไหลของอากาศอัด เพื่อหาแนวทางในการตรวจสอบและปรับปรุง โดยกำหนดรูปแบบของวิธีการตรวจสอบและแจ้งให้พนักงานทุกคนทราบ

3) ดำเนินการวางแผนการสำรวจหาจุดรั่วไหลทั้งหมดของโรงงาน โดยอาจแสดงสัญลักษณ์ตำแหน่งที่มีการรั่วไหลของลมอัดให้ฝ่ายซ่อมบำรุงดำเนินการแก้ไขซ่อมแซมอย่างรวดเร็ว

7) วิธีการตรวจสอบผลการประหยัดหลังปรับปรุง : ตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าและประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานหลังจากมีการตรวจสอบและดำเนินการซ่อมแซมจุดรั่วไหลของระบบลมอัดเป็นที่เรียบร้อยแล้ว เพื่อเป็นการช่วยลดลมรั่วไหลจากระบบอัดอากาศซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดการสูญเสียพลังงานไปโดยเปล่าประโยชน์

8) เปรียบเทียบการใช้พลังงานก่อนและหลังการปรับปรุง

	กิโลวัตต์	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	บาท/ปี
การใช้พลังงานก่อนการปรับปรุง	18.762	20,040.88	80,360.93
การใช้พลังงานหลังการปรับปรุง	18.762	5,268.37	21,126.16
พลังงานที่ประหยัดได้	-	14,772.51	59,237.77
เงินลงทุน		-	บาท
ระยะเวลาการคืนทุน		-	ปี

รูปแสดงจุดรั่วไหลของลมอัดในอุปกรณ์ใช้งานที่ดำเนินการปรับปรุง

หมายเหตุ : อัตราการรั่วหลังการปรับปรุงคิดเทียบจากอัตราการรั่วที่ยอมรับได้ในการออกแบบระบบอัดอากาศ

9) แสดงวิธีการคำนวณประกอบ

ข้อมูลเบื้องต้น

จากการตรวจวัดเครื่องอัดอากาศช่วงไม่มีการใช้งาน พบว่า ปริมาณการรั่วไหลของลมอัดภายในโรงงานสามารถคำนวณผลดังแสดงได้ ดังนี้

ระยะเวลาในสภาวะมีภาระ (On load)	=	210	วินาที
ระยะเวลาในสภาวะไม่มีภาระ (No load)	=	342	วินาที
กำลังไฟฟ้าใช้งานเฉลี่ย	=	18.762	kW
พิกัดขนาดมอเตอร์	=	22.0	kW
อัตราการรั่วของระบบอัดอากาศ (% Loss)	=	$t_{on}/(t_{on}+ t_{off})$ x 100%	
	=	210 / (210 + 342) x 100%	
	=	38.04 %	
ชั่วโมงทำงาน (H)	=	12	ชั่วโมง/วัน
วันทำงาน (D)	=	312	วัน/ปี
แฟคเตอร์การใช้งาน (F)	=	0.75	

อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยของโรงงาน	=	4.01	บาท/kWh

วิธีการคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้า

<u>ระดับการใช้พลังงานอ้างอิงก่อนปรับปรุง</u>

พลังงานไฟฟ้าที่สูญเสียก่อนการปรับปรุง	=	P x % Loss x H x D x F	
	=	18.762 x (38.04 / 100) x 12 x 312 x 0.75	
	=	20,040.88	kWh/ปี
คิดเป็นค่าใช้จ่าย	=	20,040.88 kWh/ปี x 4.01 บาท/kWh	
	=	80,363.93	บาท/ปี

<u>ระดับการใช้พลังงานอ้างอิงหลังปรับปรุง</u>

เป้าหมายอัตรารั่วของลมอัดหลังการปรับปรุง	=	10 %	
พลังงานไฟฟ้าที่สูญเสียหลังการปรับปรุง	=	P x % Loss x H x D x F	
	=	18.762 x (10 / 100) x 12 x 312 x 0.75	
	=	5,268.37	kWh/ปี
คิดเป็นค่าใช้จ่าย	=	5,268.37 kWh/ปี x 4.01 บาท/kWh	
	=	21,126.16	บาท/ปี

<u>ผลประหยัดที่เกิดขึ้น</u>

คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (E_{Save})	=	พลังงานไฟฟ้า $_{(ก่อนปรับปรุง)}$ - พลังงานไฟฟ้า $_{(หลังปรับปรุง)}$	
	=	20,040.88 - 5,268.37	
	=	14,772.51	kWh/ปี
เทียบเท่าตันน้ำมันดิบ	=	14,772.51 / (11.74 x 10^3)	
	=	1.258	toe/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	=	80,363.92 - 21,126.16	
	=	59,237.77	บาท/ปี

<u>การลงทุน</u>

มาตรการนี้ไม่มีค่าใช้จ่ายใดๆ เนื่องจากทางโรงงานสามารถดำเนินการได้เอง

มาตรการด้านระบบอัดอากาศ

1) ชื่อมาตรการ : การลดอุณหภูมิอากาศทางด้านเข้าของเครื่องอัดอากาศ

2) อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : เครื่องอัดอากาศ

3) จำนวนอุปกรณ์ที่ปรับปรุง : 2 จุด

4) สถานที่ปรับปรุง : ห้องเครื่องอัดอากาศ

5) สภาพก่อนการปรับปรุง : การสำรวจลักษณะการใช้งานในระบบอากาศอัดของโรงงาน พบว่า สภาพการใช้งานปกติจะมีการเปิดใช้งานเครื่องอัดอากาศ จำนวน 1 ชุด เพื่อนำลมมาใช้ในการเป่าทำความสะอาดชิ้นงาน และควบคุมระบบนิวแมติกส์ในเครื่องจักรต่างๆ อีกทั้งบางส่วนยังนำไปทำความสะอาดร่างกายของพนักงานเอง โดยมีการเปิดใช้งาน 8 ชั่วโมง/วัน 273 วัน/ปี

สภาพภายในห้องที่ติดตั้งเครื่องอัดอากาศมีอุณหภูมิค่อนข้างสูง แม้เดิมจะมีท่อระบายลมร้อนออกไปทิ้งอยู่แล้ว แต่มีการออกแบบติดตั้งไม่ดีพอทำให้อากาศส่วนหนึ่งไหลย้อนกลับออกมาจากท่อดูด เป็นผลทำให้อากาศร้อนที่ปล่อยออกจากเครื่องกระจาย ไปตามห้องแล้วถูกดูดเข้าสู่เครื่องอัดอากาศเครื่องอื่นๆ ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานเป็นอย่างมาก

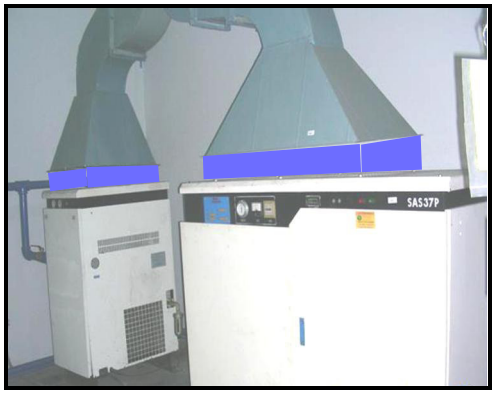
6) สภาพหลังการปรับปรุง: ดำเนินการติดตั้งแผ่นพลาสติกปิดช่อง ระหว่างช่องอากาศร้อนที่ปล่อยออกจากเครื่องกับท่อส่งดูดอากาศร้อนออกไปทิ้งด้านนอกได้เร็วยิ่งขึ้น และยังลดความร้อนสะสมในกรณีที่มีการใช้เครื่องอัดอากาศ ซึ่งจะไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของเครื่อง

7) วิธีการตรวจสอบผลการประหยัดหลังปรับปรุง : ตรวจวัดการใช้พลังงานของเครื่องอัดอากาศ ทั้งก่อนดำเนินการปรับปรุง และ หลังการปรับปรุงเพื่อเปรียบเทียบการใช้พลังงาน

8) เปรียบเทียบการใช้พลังงานก่อนและหลังการปรับปรุง

	กิโลวัตต์	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	บาท/ปี
การใช้พลังงานก่อนการปรับปรุง	27.02	35,407.01	136,316.98
การใช้พลังงานหลังการปรับปรุง	26.15	34,266.96	131,927.80
พลังงานที่ประหยัดได้	0.87	1,140.05	4,389.18
เงินลงทุน		800	บาท
ระยะเวลาการคืนทุน		0.18	ปี

ก่อนการปรับปรุง



หลังการปรับปรุง

9) แสดงวิธีการคำนวณประกอบ

Normal operation				***Reduce inlet temperature***			
Stage # 1				***Stage # 1***			
k	=	1.395		k	=	1.395	
Volume	=	0.095	m^3/s	Volume	=	0.095	m^3/s
density	=	1.174	kg/m^3	density	=	1.174	kg/m^3
Inlet Temp.	=	44.60	^oC	Inlet Temp.	=	34.40	^oC
mass	=	0.11	kg/s	m	=	0.11	kg/s
R	=	288.29	J/kg.K	R	=	288.29	J/kg.K
P1(abs)	=	100	kPa	P1(abs)	=	100	kPa
P2(abs)	=	720	kPa	P2(abs)	=	720	kPa
Power input	=	27.02	kW	Power input	=	26.15	kW
Energy Saving		3.21%					

จำนวนเครื่องอัดอากาศทั้งหมด	=	1	ตัว
จำนวนชั่วโมงในการทำงานในส่วนการผลิต	=	8	ชั่วโมง/วัน
	=	273	วัน/ปี
เปอร์เซ็นการทำงาน	=	60 %	
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	=	3.85	บาท/kWh

<u>ระดับการใช้พลังงานอ้างอิงก่อนปรับปรุง</u>

กำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศก่อนการปรับปรุง	=	27.02	kW
พลังงานไฟฟ้าก่อนการปรับปรุง	=	27.02 x 8 x 273 x 60/100	
	=	35,407.01	kWh/ปี

ค่าไฟฟ้าก่อนการปรับปรุง	=	35,407.01 x 3.85	
	=	136,316.98	บาท/ปี

<u>ระดับการใช้พลังงานอ้างอิงหลังปรับปรุง</u>

กำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศหลังการปรับปรุง	=	26.15	kW
พลังงานไฟฟ้าหลังการปรับปรุง	=	26.15 x 8 x 273 x 60/100	
	=	34,266.96	kWh/ปี
ค่าไฟฟ้าหลังการปรับปรุง	=	34,266.96 x 3.85	
	=	131,927.80	บาท/ปี

<u>ผลประหยัดที่เกิดขึ้น</u>

กำลังไฟฟ้าที่ลดลง	=	27.02 - 26.50	
	=	0.52	kW
พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง	=	35,407.01 - 34,266.96	
	=	1,140.05	kWh/ปี
ค่าไฟฟ้าที่ลดลง	=	136,316.98 - 131,927.80	
	=	4,389.18	บาท/ปี

<u>การลงทุน</u>

ค่าอุปกรณ์แผ่นพลาสติกปิดช่องระบายความร้อนจำนวน 2 ชุด

รวมเงินลงทุนทั้งสิ้น	=	800	บาท
คิดเป็นระยะเวลาคืนทุน	=	800 / 4,389.18	
	=	0.18	ปี

1) ชื่อมาตรการ : การใช้เครื่องอัดอากาศใหม่แทนเครื่องเดิม

2) อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : เครื่องอัดอากาศ

3) จำนวนอุปกรณ์ที่ปรับปรุง : 2 ชุด

4) สถานที่ปรับปรุง : อาคารA

5) สภาพก่อนการปรับปรุง : ในกระบวนการผลิตของโรงงานจะมีการใช้ลมจากระบบอัดอากาศในเครื่องจักรต่างๆ โดยเครื่องอัดอากาศมีการ ตั้งความดันไว้ที่ 7 บาร์ และมีการใช้งาน 7,680 ชั่วโมง/ปี

จากการสำรวจตรวจวัดพบว่า เครื่องอัดอากาศขนาด 75 กิโลวัตต์ยี่ห้อKOBELCO และ IHI มีอายุใช้งานมากกว่า 20 ปี เมื่อทำการทดสอบ วิเคราะห์สมรรถนะของเครื่องอัดอากาศทำให้ทราบว่ามีการสูญเสียพลังงานสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องใหม่ ดังนั้นทางโรงงานจึงมีแนวคิดที่จะทำการเปลี่ยนเครื่องอัดอากาศที่ใช้อยู่เดิมเป็นเครื่องอัดอากาศใหม่

6) สภาพหลังการปรับปรุง: ดำเนินการเก็บข้อมูลการตรวจวัดประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศที่ใช้อยู่ในปัจจุบันเปรียบเทียบกับเครื่องอัดอากาศใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูง พบว่ามีความแตกต่างกันในด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าค่อนข้างสูง โดยเครื่องอัดอากาศประสิทธิภาพสูงมีการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่า ในการผลิตอากาศอัดที่ปริมาณเท่ากัน ซึ่งหากเปลี่ยนมาใช้เครื่องอัดอากาศประสิทธิภาพสูงแล้ว ก็จะสามารถประหยัดพลังงานได้

7) วิธีการตรวจสอบผลการประหยัดหลังปรับปรุง : ตรวจวัดการใช้พลังงานของเครื่องอัดอากาศ ทั้งก่อนดำเนินการปรับปรุง และ หลังการปรับปรุงเพื่อเปรียบเทียบการใช้พลังงาน

8) เปรียบเทียบการใช้พลังงานก่อนและหลังการปรับปรุง

	กิโลวัตต์	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	บาท/ปี
การใช้พลังงานก่อนการปรับปรุง	146.40	955,699.20	3,516,973.06
การใช้พลังงานหลังการปรับปรุง	146.40	515,222.40	1,896,018.43
พลังงานที่ประหยัดได้	-	440,476.80	1,620,954.62
เงินลงทุน		1,800,000	บาท
ระยะเวลาการคืนทุน		1.11	ปี

ก่อนการปรับปรุง

หลังการปรับปรุง

9) แสดงวิธีการคำนวณประกอบ

ลำดับ	รายการ	สัญลักษณ์	การคำนวณ	เครื่องที่ 12	เครื่องที่ 13	รวม	หน่วย
1	สถานที่ติดตั้ง		Audit data	อาคาร A	อาคาร A		
2	ชั่วโมงทำงานต่อปี	H_y	Audit data	7,680	7,680		ชั่วโมง/ปี
3	Factor การใช้งาน	F_1	Audit data	0.85	0.85		
4	ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	E_c	ข้อมูลค่าไฟฟ้า	3.68	3.68		บาท/kWh
การคำนวณหาประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ							
ก่อนการปรับปรุง							
5	อัตราการจ่ายอากาศสูงสุด(FAD)	Q	ข้อมูลผู้ผลิต	205	205		l/s
6	กำลังไฟฟ้าเครื่องอัดอากาศ	kW	Audit data	73.59	72.81	146.40	kW
7	พลังงานไฟฟ้าก่อนการปรับปรุง	E_1	H_y x F_1 X kW	480,395.52	475,303.68	955,699.20	kWh/ปี
8	ค่าไฟฟ้าก่อนการปรับปรุง	B_1	E_1 x E_c	1,767,855.51	1,749,117.54	3,516,973.06	บาท/ปี
9	ค่าปริมาตรของท่อจากเครื่องอัดอากาศถึงถังเก็บอากาศ	V_P	Audit data	130	140		lite
10	ค่าปริมาตรของถังเก็บอากาศอัด	V_T	Audit data	5,000	5,000		lite
11	ความดันของบรรยากาศ	P_o	standard air	1.013	1.013		bar
10	ความดันอากาศอัดเริ่มต้น	Ps	Audit data	5	5		bar_g
11	ความดันอากาศอัดสุดท้าย	P_f	Audit data	6.90	6.90		bar_g
12	ช่วงเวลาที่เครื่องอัดอากาศทำงาน (Load)	t	Audit data	72	75		sec
13	ปริมาณอากาศอิสระ	Q_T	$(P_f-P_s/\ P_o)x(V_T+ V_P)$	9,621.92	9,640.67		lite
14	อัตราการไหลโดยปริมาตรของอากาศอิสระ	FAD	Q_T/t	133.64	128.54		l/s
15	ประสิทธิภาพของเครื่องอัดอากาศ	SECo	kW/FAD	0.551	0.566		kW/l/s
หลังการปรับปรุง							
16	ประสิทธิภาพของเครื่องอัดอากาศมาตรฐาน	SECn	kW/FAD	0.366	0.366		kW/l/s
17	พลังงานไฟฟ้าหลังการปรับปรุง	E_2	(SECo-SECn) x Q x H_y x F_1 X kW	247,574.400	267,6480	515,222.40	kWh/ปี
18	ค่าไฟฟ้าหลังการปรับปรุง	B_2	E_{12} x E_c	911,073.792	984,944.640	1,896,018.4	บาท/ปี
คำนวณผลประหยัด							
19	พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง	E_s	E_1 - E_2	232,821.120	207,655.680	440,476.80	kWh/ปี
20	ค่าไฟฟ้าที่ลดลง	B_s	E_s x E_c	856,781.722	764,172.902	1,620,954.62	บาท/ปี
วิเคราะห์การลงทุน							
21	เงินลงทุนซื้อเครื่องใหม่	Inv	ข้อมูลผู้ผลิต	900,000	900,000	1,800,000	บาท

ลำดับ	รายการ	สัญลักษณ์	การคำนวณ	เครื่องที่ 12	เครื่องที่ 13	รวม	หน่วย
22	ระยะเวลาคืนทุน	PB	Inv/Bs	1.05	1.18	1.11	ปี

หมายเหตุ : อ้างอิงอัตราการไหลโดยปริมาตรของอากาศอิสระ (FAD) ของเครื่องอัดอากาศใหม่ประกอบการคำนวณ

6 มาตรการด้านระบบผลิตและส่งจ่ายไอน้ำ

มาตรการด้านระบบผลิตและส่งจ่ายไอน้ำ

1) ชื่อมาตรการ : การบำรุงรักษาหม้อไอน้ำ

2) อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : หม้อไอน้ำ

3) จำนวนอุปกรณ์ที่ปรับปรุง : หม้อไอน้ำ จำนวน 1 เครื่อง

4) สถานที่ปรับปรุง : บริเวณที่ติดตั้งหม้อไอน้ำ

5) สภาพก่อนการปรับปรุง : โรงงานมีการติดตั้งใช้งานหม้อไอน้ำพิกัดขนาด 6 ตันต่อชั่วโมง จำนวน 1 ลูก เพื่อผลิตไอน้ำความดัน 2 บาร์ เพื่อส่งจ่ายความร้อนให้กับห้องอบซึ่งใช้สำหรับอบไม้ โดยที่หม้อไอน้ำดังกล่าวมีการใช้ไม้ฟืนเป็นเชื้อเพลิง

จากการที่หม้อไอน้ำของโรงงาน เป็นหม้อไอน้ำแบบท่อไฟที่ใช้เชื้อเพลิงแข็ง คือ ไม้ฟืน ซึ่งการใช้เชื้อเพลิงแข็งเป็นเชื้อเพลิงดังกล่าว ส่งผลให้เกิดมีคราบเขม่าเกาะรอบๆ ท่อไฟของหม้อไอน้ำ ได้ง่าย มีผลกระทบทำให้ประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อนของหม้อไอน้ำลดต่ำลง ทำให้เกิดการสูญเสียความร้อนทางปล่องก๊าซไอเสีย (Flue Gas Loss) และสิ้นเปลืองพลังงาน

6) สภาพหลังการปรับปรุง: จากสภาพการบำรุงรักษาหม้อไอน้ำเดิม โรงงานมีการจ้างผู้รับเหมาจากภายนอกให้ดำเนินการล้างทำความสะอาดหม้อไอน้ำปีละ 1 ครั้ง แต่เนื่องจากหม้อไอน้ำของทางโรงงานนั้นมีชั่วโมงการใช้งานสูงมาก ประกอบกับการที่ใช้ไม้ฟืนเป็นเชื้อเพลิงมีผลกระทบทำให้เกิด คราบเขม่าจับผิวท่อในปริมาณสูง ดังนั้นทางโรงงานจึงได้กำหนดให้เพิ่มความถี่ในการล้างทำความสะอาด หม้อไอน้ำโดยการดำเนินการเองเดือนละ 1 ครั้ง

7) วิธีการตรวจสอบผลการประหยัดหลังปรับปรุง : ตรวจสอบการใช้เชื้อเพลิงหลังจากที่ดำเนินการเสร็จสิ้นเมื่อโรงงานดำเนินการล้างทำความสะอาดท่อไฟของหม้อไอน้ำเป็นประจำมีผลทำให้ประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนความร้อนของหม้อไอน้ำสูงขึ้น ซึ่งจะลดการสูญเสียความร้อนทางปล่องก๊าซไอเสีย (Flue Gas Loss) และลดการสิ้นเปลืองพลังงาน

8) เปรียบเทียบการใช้พลังงานก่อนและหลังการปรับปรุง

	กิโลกรัม/ปี	เมกะจูล/ปี	บาท/ปี
การใช้พลังงานก่อนการปรับปรุง	615,099.96	9,835,448.36	492,079.97
การใช้พลังงานหลังการปรับปรุง	566,640	9,060,573.60	453,312
พลังงานที่ประหยัดได้	48,459.96	774,874.76	38,767.97
เงินลงทุน		-	บาท
ระยะเวลาการคืนทุน		-	ปี

รูปแสดงสภาพเขม่าจับบริเวณท่อไฟของหม้อไอน้ำ ในปริมาณมากก่อนการปรับปรุง

รูปแสดงสภาพเขม่าจับบริเวณท่อไฟของหม้อไอน้ำ หลังก่อนการปรับปรุง

9) วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

ผลการอนุรักษ์พลังงานสำหรับมาตรการนี้ประเมินได้จากข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงที่ลดลงไปจากเดิมหลังจากดำเนินการล้างทำความสะอาดหม้อไอน้ำ โดยมีรายละเอียดการคำนวณดังนี้

วิธีการคำนวณการใช้พลังงานความร้อน

<u>ระดับการใช้พลังงานอ้างอิงก่อนปรับปรุง</u>

ปริมาณการใช้ไม้ฟืนเฉลี่ย	=	51,258.33	kg/เดือน
พลังงานความร้อนที่ใช้ก่อนการปรับปรุง	=	ปริมาณเชื้อเพลิง x ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง	
	=	51,258.33 kg x 12 เดือน x 15.99 MJ/kg	
	=	615,099.96 kg/ปี x 15.99 MJ/kg	
	=	9,835,448.36	MJ/ปี
คิดเป็นค่าใช้จ่าย	=	615,099.96 kg/ปี x 0.80 บาท/kg	
	=	492,079.96	บาท/ปี

<u>ระดับการใช้พลังงานอ้างอิงหลังปรับปรุง</u>

เก็บข้อมูลหลังจากการล้างทำความสะอาดประจำทุกเดือน

ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง	=	47,220	kg/เดือน
พลังงานความร้อนที่ใช้หลังการปรับปรุง	=	ปริมาณเชื้อเพลิง x ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง	
	=	47,220 kg/เดือน x 12 เดือน x 15.99 MJ/kg	
	=	566,640 kg/ปี x 15.99 MJ/kg	
	=	9,060,573.60	MJ/ปี
คิดเป็นค่าใช้จ่าย	=	566,640 kg/ปี x 0.80 บาท/kg	
	=	453,312	บาท/ปี

มาตรการด้านระบบผลิตและส่งจ่ายไอน้ำ

ผลประหยัดที่เกิดขึ้น

เชื้อเพลิงที่ประหยัดได้	=	51,258.33 - 47,220	
	=	4,038.33	kg/เดือน
	=	4,038.33 x 12	
	=	48,459.96	kg/ปี
พลังงานความร้อนที่ประหยัดได้	=	พลังงานความร้อน (ก่อนปรับปรุง) - พลังงานความร้อน (หลังปรับปรุง)	
	=	9,835,448.36 - 9,060,573.60	
	=	774,874.76	MJ/ปี
ค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดได้	=	492,079.96 - 453,312	
	=	38,767.97	บาท/ปี
เทียบเท่า	=	38,767.97 / 28,000	
	=	1.385	toe/ปี

การลงทุน

มาตรการนี้ไม่มีค่าใช้จ่ายใดๆ เนื่องจากทางอาคารสามารถดำเนินการได้เอง

1) ชื่อมาตรการ : การปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ

2) อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : หม้อไอน้ำ

3) จำนวนอุปกรณ์ที่ปรับปรุง : หม้อไอน้ำ 1 ชุด

4) สถานที่ปรับปรุง : ห้องหม้อไอน้ำ

5) สภาพก่อนการปรับปรุง : โรงงานมีการใช้หม้อไอน้ำขนาด 1 ตัน/ชั่วโมง จำนวน 1 ชุด โดยใช้น้ำมันเตาเกรด A เป็นเชื้อเพลิง ผลการตรวจวัดองค์ประกอบของก๊าซไอเสีย ของหม้อไอน้ำ พบว่ามีปริมาณ O_2 เท่ากับ 10% โดยปริมาตร อุณหภูมิของไอเสีย 160 $^{\circ}C$ ซึ่งหม้อไอน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงเหลวขนาดกำลังการผลิตไอน้ำไม่เกิน 10 ตัน/ชั่วโมง ควรจะมีค่า O_2 ไม่เกิน 4%

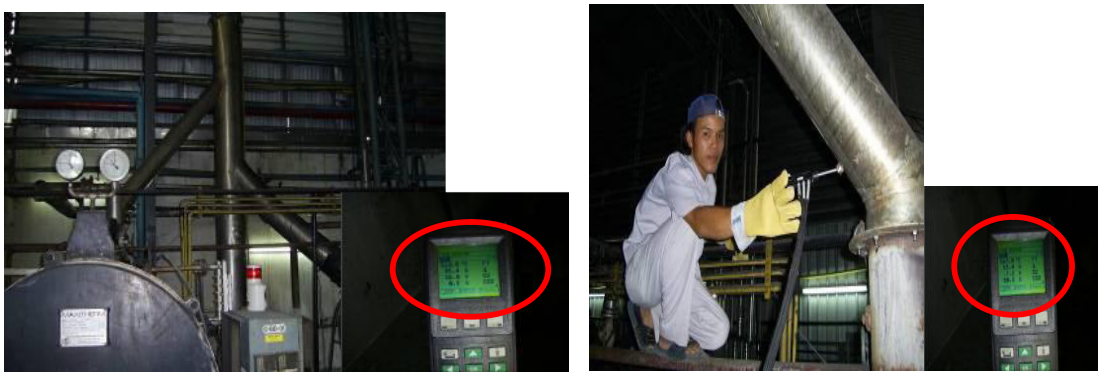
จากผลการสำรวจการใช้งานหม้อไอน้ำ พบว่าค่า O_2 ที่ทำการตรวจวัดได้จากไอเสียพบว่ามีค่าสูงกว่ามาตรฐาน แสดงให้เห็นถึงอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้เชื้อเพลิงมากเกินไป ซึ่งอากาศส่วนเกินนี้จะพาความร้อนออกไปทางปล่องไอเสีย

6) สภาพหลังการปรับปรุง: จากการสำรวจและตรวจวัดทำให้ทีมงานอนุรักษ์พลังงานของโรงงานมีความคิดที่จะปรับอัตราส่วนการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำให้อยู่ในระดับค่ามาตรฐาน เพื่อช่วยลดการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตาเกรด A ของหม้อไอน้ำลง

7) วิธีการตรวจสอบผลการประหยัดหลังปรับปรุง : โรงงานดำเนินการควบคุมปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ให้น้อยลงโดยการปรับอัตราส่วนการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ ให้มีค่า O_2 อยู่ที่ 4% ทั้งนี้จำเป็นต้องพิจารณาปริมาณการเกิดก๊าซ CO ให้อยู่ในปริมาณที่ต่ำด้วย เนื่องจากถ้าปรับลดปริมาณก๊าซลงมากเกินไปจะทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ซึ่งการตรวจสอบผลประหยัด จากการคำนวณและจดบันทึกการใช้เชื้อเพลิงในแต่ละเดือน

8) เปรียบเทียบการใช้พลังงานก่อนและหลังการปรับปรุง

	ลิตร/ปี	เมกะจูล/ปี	บาท/ปี
การใช้พลังงานก่อนการปรับปรุง	273,873	10,456,471.14	4,461,391.17
การใช้พลังงานหลังการปรับปรุง	269,060.26	10,272,720.73	4,382,991.64
พลังงานที่ประหยัดได้	4,812.74	183,750.41	78,399.53
เงินลงทุน		-	บาท
ระยะเวลาการคืนทุน		-	ปี



รูปแสดงลักษณะการตรวจวัดประสิทธิภาพหม้อไอน้ำก่อน-หลังปรับปรุง

9) แสดงวิธีการคำนวณประกอบ

ปริมาณการใช้น้ำมันเตา ; F	=	273,873	l/y
ความหนาแน่นของเชื้อเพลิง ; D	=	0.95	kg/l
ค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิง ; LH	=	38.18	MJ/l
	=	40.189	MJ/kg
ความร้อนจำเพาะของก๊าซเสีย ; C_{pg}	=	1.39	kJ/Nm^3.°C
อุณหภูมิของบรรยากาศ ; T_a	=	36	°C
ราคาเชื้อเพลิง	=	16.29	บาท/ลิตร

<u>ระดับการใช้พลังงานอ้างอิงก่อนปรับปรุง</u>

ปริมาณออกซิเจนออกจากห้องเผาไหม้ (% O_2)	=	10 %	
อุณหภูมิไอเสียออกจากห้องเผาไหม้ (T_g)	=	160	°C
ปริมาณอากาศเชิงทฤษฎี(Ao)	=	(0.85 x LH/4.187) + 2	
	=	(0.85 x 40.189/4.187) + 2	
	=	10.158	Nm^3/kg_{fuel}
ปริมาณก๊าซเสียเชิงทฤษฎี(Go)	=	1.11 x LH/4.187	
	=	1.11 x 40.189/4.187	
	=	10.654	Nm^3/kg_{fuel}
อัตราส่วนของอากาศ (m)	=	21/(21-O_2)	
	=	21/(21-10)	
	=	1.91	
ปริมาณก๊าซเสียจริง(G)	=	Go + (Ao x (m - 1))	
	=	10.654 + (10.158 x (1.91 - 1))	
	=	19.897	Nm^3/kg_{fuel}
ความร้อนสูญเสียในก๊าซเสีย (Q_g)	=	F x D x G x C_{pg} x (T_g-T_a)/1,000	
	=	273,873 x 0.95 x 19.897 x 1.39 x (160 – 36) / 1,000	
	=	892,405.80	MJ/yr

ระดับการใช้พลังงานอ้างอิงหลังปรับปรุง

ปริมาณออกซิเจนออกจากห้องเผาไหม้ (% O_2)	= 4 %	
อุณหภูมิไอเสียออกจากห้องเผาไหม้ (T_g)	= 165	^{o}C
ปริมาณอากาศเชิงทฤษฎี(Ao)	= (0.85 x LH / 4.187) + 2	
	= (0.85 x 40.189/4.187) + 2	
	= 10.158	Nm^3/kg_{fuel}
ปริมาณก๊าซเสียเชิงทฤษฎี(Go)	= 1.11 x LH / 4.187	
	= 1.11 x 40.189/4.187	
	= 10.654	Nm^3/kg_{fuel}
อัตราส่วนของอากาศ (m)	= 21/(21-O_2)	
	= 21/(21-4)	
	= 1.24	
ปริมาณก๊าซเสียจริง(G)	= Go + (Ao x (m - 1))	
	= 10.654 + 10.158 x (1.24 - 1)	
	= 13.09	Nm^3/kg_{fuel}
ความร้อนสูญเสียในก๊าซเสีย (Q_g)	= F x D x G x C_{pg} x (T_g-T_a)/1,000	
	= 273,873 x 0.95 x15.19 x 0.33x (165- 36)/1,000	
	= 708,655.41	MJ/yr
เชื้อเพลิงที่ประหยัดได้	= [Q_g(ก่อน) - Q_g(หลัง)] / (LH)	
	= [892,405.80 – 708,655.41)] / (38.18)	
	= 4,812.74	ลิตร/ปี
เงินที่ประหยัดได้	= 4,812.74 x 16.29	
	= 78,399.53	บาท/ปี

หมายเหตุ ไม่มีเงินลงทุนเนื่องจากทางโรงงานดำเนินการเองทั้งหมด

1) ชื่อมาตรการ : การหุ้มฉนวนท่อส่งจ่ายไอน้ำ และอุปกรณ์ใช้ไอน้ำ

2) อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : ท่อส่งจ่ายไอน้ำ

3) จำนวนอุปกรณ์ที่ปรับปรุง : ท่อส่งจ่ายไอน้ำ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ 3 นิ้ว ความยาว 7.5 เมตร

4) สถานที่ปรับปรุง : พื้นที่การทำงานในกระบวนการผลิต

5) สภาพก่อนการปรับปรุง : จากการสำรวจระบบส่งจ่ายไอน้ำภายในโรงงานพบว่า สภาพท่อส่งจ่ายไอน้ำบางส่วนมีสภาพเก่าชำรุดเสียหายและไม่หุ้มฉนวนอยู่เป็นบางจุด ซึ่งเมื่อตรวจสอบอุณหภูมิที่ผิวของท่อส่งจ่ายไอน้ำจะมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 95-120 องศาเซลเซียส ซึ่งถือว่ามีค่าสูงที่จะก่อให้เกิดอันตรายจากการสัมผัส

นอกจากนี้ สภาพฉนวนที่ชำรุด ยังส่งผลทำให้สูญเสียความร้อนจากการแผ่รังสีของท่อโดยไม่จำเป็น และทำให้สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ใช้สำหรับหม้อไอน้ำไปโดยเปล่าประโยชน์ หากทางโรงงานเลือกใช้ฉนวนกันความร้อนที่มีคุณภาพและความหนาที่เหมาะสม จะช่วยในการประหยัดพลังงานในระบบไอน้ำได้มาก

6) สภาพหลังการปรับปรุง: สำรวจตรวจสอบขนาดของท่อส่งจ่ายที่ไม่มีการหุ้มฉนวนกันความร้อน หรือบริเวณอื่นที่ฉนวนกันความร้อนชำรุด ตรวจวัดขนาดของท่อส่งไอน้ำ โดยการเก็บข้อมูลวัดขนาดเส้นรอบวงของท่อส่งไอน้ำและความยาวท่อที่ไม่มีการหุ้มฉนวน ทำการตรวจวัดอุณหภูมิผิวของท่อในระบบส่งจ่ายไอน้ำ ที่ไม่มีการหุ้มฉนวนกันความร้อน และเก็บข้อมูลอุณหภูมิรอบข้างของท่อส่งจ่ายไอน้ำ ทำการหุ้มฉนวนกันความร้อนที่ท่อส่งจ่ายไอน้ำเพื่อป้องกันการสูญเสียพลังงานความร้อนโดยไม่จำเป็น

7) วิธีการตรวจสอบผลการประหยัดหลังปรับปรุง : หลังจากดำเนินการหุ้มฉนวนท่อส่งไอน้ำ ทำการตรวจวัดอุณหภูมิรอบข้างของท่อส่งจ่ายไอน้ำ พบว่าสามารถลดความสูญเสียความร้อนลงได้ ทำให้โรงงานสามารถประหยัดการใช้เชื้อเพลิงลงได้

8) เปรียบเทียบการใช้พลังงานก่อนและหลังการปรับปรุง

	ลิตร/ปี	เมกะจูล/ปี	บาท/ปี
การสูญเสียพลังงานก่อนการปรับปรุง	1,024.78	39,126.10	20,393.12
การสูญเสียพลังงานหลังการปรับปรุง	2.57	98.12	51.14
พลังงานที่ประหยัดได้	1,022.21	39,027.98	20,341.98
เงินลงทุน		6,000	บาท
ระยะเวลาการคืนทุน		0.29	ปี

รูปแสดงก่อน-หลังหุ้มฉนวนท่อส่งไอน้ำ

9) แสดงวิธีการคำนวณประกอบ

ข้อมูลทั่วไป

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ (d)	3.0	นิ้ว
ระยะความยาวท่อที่ต้องการหุ้มฉนวน (l)	7.5	เมตร
อุณหภูมิผิวก่อนหุ้มฉนวน (Ts)	98	^{o}C
อุณหภูมิผิวหลังหุ้มฉนวน (T_2)	45	^{o}C
อุณหภูมิผิวของสิ่งแวดล้อม (Ta)	32.5	^{o}C
ความหนาของฉนวน	1.0	นิ้ว
ชั่วโมงการทำงาน	11	ชั่วโมง/วัน
วันทำงาน	312	วัน/ปี
ประสิทธิภาพหม้อน้ำ (ηb)	85 %	
เปอร์เซ็นต์การใช้งาน	75 %	
ค่าความร้อนของน้ำมันเตา A	38,180	kJ/ลิตร
ราคาน้ำมันเตา A เฉลี่ยรอบปี	19.90	บาท/ลิตร

<u>ระดับการใช้พลังงานอ้างอิงก่อนปรับปรุง</u>

ความร้อนสูญเสียก่อนหุ้มฉนวน (Ql) = $h \times A \times (Ts-Ta)$

โดยที่

$h = (hc+hr)$

$hc = ((7.592 \times [(Ts-Ta)/d]^{0.25})$

$hr = e \times s \times (Ts + Ta) \times (Ts^2 + Ta^2)$

$A = (2\pi r_m l)$

และ

r_i คือ รัศมีท่อ (เมตร) = 3x0.0254/2 = 0.0381 เมตร

ดังนั้น ความร้อนสูญเสียก่อนหุ้มฉนวน (Ql) = 3.589 kJ/s

คิดเป็นปริมาณเชื้อเพลิงที่สูญเสีย = Ql x 3,600 x วันทำงาน x เปอร์เซ็นต์การใช้งาน / (ค่าความร้อนน้ำมันเตา x ηb)

= 3.589 x 3,600 x 11 x 312 x 0.75 / (38,180 x 0.85)

= 1,024.78 ลิตร/ปี

<u>ระดับการใช้พลังงานอ้างอิงหลังปรับปรุง</u>

ความร้อนสูญเสียหลังหุ้มฉนวน (Qinsl) = U x A x (T_2-Ta)

โดยที่

$$U = \frac{1}{\frac{\left[r_o \ln\left(\frac{r_o}{r_i}\right)\right]}{k} + \left[\frac{1}{h}\right]}$$

h = (hc+hr)

hc = 0.27 x (q/D)$^{0.25}$ x 5.678

hr = e x s x (T2 + Ta) x (T2^2 + Ta^2)

และ

ro คือ รัศมีของท่อหลังหุ้มฉนวน (m) = 0.0381+1 นิ้ว x 0.0254 เมตร/นิ้ว = 0.0635 เมตร

k คือ ค่านำความร้อนของฉนวน (W/m.K) = 0.850

e คือ ค่าการเปล่งรังสีของผิววัสดุ = 0.95

s คือ Stefan-Boltzmann (W/(m^2.K^4)) = 5.669x10^{-8}

ดังนั้น ความร้อนสูญเสียหลังหุ้มฉนวน (Qinsl) = 9 J/s

คิดเป็นปริมาณเชื้อเพลิงที่สูญเสีย = Qinsl x 3,600 x วันทำงาน x เปอร์เซ็นต์การใช้งาน / (ค่าความร้อนน้ำมันเตา x ηb)

= 9 x 3,600 x 11 x 312 x 0.75 / (38,180 x 0.85)

= 2.57 ลิตร/ปี

ผลประหยัดที่เกิดขึ้น

ปริมาณเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้ = เชื้อเพลิงที่สูญเสีย (ก่อนปรับปรุง) - เชื้อเพลิงที่สูญเสีย (หลังปรับปรุง)

= 1,024.78 – 2.57

= 1,022.21 ลิตร/ปี

หรือคิดเป็น = 1,022.21 x 38.18

= 39,027.98 MJ/ปี

คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ = 1,022.21 x 19.90

= 20,341.98 บาท/ปี

การลงทุน

ราคาฉนวนใยแก้วพร้อมทั้งหุ้มกรอบอลูมิเนียมขนาดท่อ 3 นิ้ว 800 บาท/เมตร

เงินลงทุน = 800 x 7.5

= 6,000 บาท

ระยะเวลาคืนทุน = เงินลงทุน / จำนวนเงินที่ประหยัดได้

= 6,000 / 20,341.98

= 0.29 ปี

1) ชื่อมาตรการ : การปรับปรุงประสิทธิภาพอุปกรณ์ดักไอน้ำ

2) อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : อุปกรณ์ดักไอน้ำ (Steam trap) ขนาด 0.25 นิ้ว รู Orifice ประมาณ 1.6 mm

3) จำนวนอุปกรณ์ที่ปรับปรุง : อุปกรณ์ดักไอน้ำ (Steam trap) จำนวน 1 ชุด

4) สถานที่ปรับปรุง : บริเวณอาคารผลิต

5) สภาพก่อนการปรับปรุง : โรงงานมีการใช้งานหม้อไอน้ำ (Boiler) พิกัดขนาด 3 ตันต่อชั่วโมง ทำการผลิตไอน้ำที่ความดัน 6.5 บาร์ สำหรับใช้ในกระบวนการผลิต เชื้อเพลิงที่ใช้เป็นก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) ประมาณ 15,000 กิโลกรัม/เดือน

จากเข้าไปสำรวจพบว่าอุปกรณ์ดักไอน้ำ (Steam trap) ขนาด 0.25 นิ้ว รู Orifice ประมาณ 1.6 mm เสื่อมสภาพทำให้ไอน้ำรั่วออกมาตลอดเวลา ซึ่งทำให้สูญเสียพลังงานโดยเปล่าประโยชน์

6) สภาพหลังการปรับปรุง: ทำการสำรวจและตรวจสอบสภาพของอุปกรณ์ดักไอน้ำ (Steam trap) อย่างสม่ำเสมอ และดำเนินการซ่อมแซมอุปกรณ์ดักไอน้ำ (Steam trap) ที่ชำรุด เพื่อลดการสูญเสียไอน้ำและช่วยประหยัดพลังงานเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไอน้ำของโรงงาน

7) วิธีการตรวจสอบผลการประหยัดหลังปรับปรุง : สำรวจขนาดของอุปกรณ์ดักไอน้ำ (Steam trap) (ขนาด 0.25 นิ้ว รู Orifice ประมาณ 1.6 mm) เพื่อนำไปใช้ประกอบการคำนวณโดยอ้างอิงทฤษฎี

8) เปรียบเทียบการใช้พลังงานก่อนและหลังการปรับปรุง

	กิโลกรัม/ปี	เมกะจูล/ปี	บาท/ปี
การสูญเสียพลังงานก่อนการปรับปรุง	1,368	68,714.64	22,572
การสูญเสียพลังงานหลังการปรับปรุง	0	0	0
พลังงานที่ประหยัดได้	1,368	68,714.64	22,572
เงินลงทุน		10,000	บาท
ระยะเวลาการคืนทุน		0.44	ปี

รูปก่อนปรับปรุง

รูปหลังปรับปรุง

9) แสดงวิธีการคำนวณประกอบ

ข้อมูลทั่วไป

ขนาดหม้อไอน้ำ	3	ตัน/ชม.
ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ ; η	85 %	
ความดันไอน้ำที่ผลิต	6.5	bar
ชั่วโมงการทำงาน	12	ชั่วโมง/วัน
วันทำงาน	300	วัน/ปี
ราคา LPG เฉลี่ย	16.50	บาท/กิโลกรัม
ค่าความร้อน LPG	50.23	MJ/กิโลกรัม

<u>ระดับการใช้พลังงานอ้างอิงก่อนปรับปรุง</u>

อุปกรณ์ดักไอน้ำ 0.25 นิ้ว รู Orifice	=	1.6	mm
ความดันไอน้ำที่จุดรั่วไหลประมาณ	=	5.5	bar
ค่าเอนทาลปีของไอน้ำ @5.5 bar	=	2,760.50	kJ/kg
อุณหภูมิน้ำคอนเดนเสท	=	80	^{o}C
ค่าเอนทาลปีของน้ำ @80 ^{o}C	=	334.9	kJ/kg
อัตราการสูญเสียไอน้ำ	=	0.4 D^2 (P + 1.013)	
	=	0.4 x $(1.6)^2$ x (5.5 + 1.013)	
	=	6.67	kg/ hr
พลังงานความร้อนที่สูญเสีย	=	6.67 x (2,760.50– 334.9)	
	=	16,178.75	kJ/hr
	=	16.18	MJ/hr
คิดเป็นปริมาณเชื้อเพลิง	=	16.18 / (50.23 x 0.85)	
	=	0.38	kg/hr
ปริมาณเชื้อเพลิงที่สูญเสียทั้งปี	=	0.38 x 12 x 300	
	=	1,368	kg/ปี

มาตรการด้านระบบผลิตและส่งจ่ายไอน้ำ

<u>ระดับการใช้พลังงานอ้างอิงหลังปรับปรุง</u>

หลังจากดำเนินการซ่อมแซมอุปกรณ์ดักไอน้ำ (Steam trap) ที่ชำรุด ทำให้ลดการสูญเสียพลังงานได้

ปริมาณเชื้อเพลิงที่สูญเสียทั้งปี	= 0	kg/ปี

<u>ผลประหยัดที่เกิดขึ้น</u>

ปริมาณเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้	= เชื้อเพลิงที่สูญเสีย (ก่อนปรับปรุง) - เชื้อเพลิงที่สูญเสีย (หลังปรับปรุง)	
	= 1,368 – 0	
	= 1,368	kg/ปี
หรือคิดเป็น	= 1,368 x 50.23	
	= 68,714.64	MJ/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	= 1,368 x 16.50	
	= 22,572	บาท/ปี

<u>การลงทุน</u>

ค่าซ่อมแซมอุปกรณ์ดักไอน้ำ	= 10,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	= เงินลงทุน / จำนวนเงินที่ประหยัดได้	
	= 10,000 / 22,572	
	= 0.44	ปี

1) ชื่อมาตรการ : การอุ่นน้ำป้อนก่อนเข้าหม้อไอน้ำจากปล่องก๊าซไอเสีย

2) อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : ถังน้ำป้อนหม้อไอน้ำ

3) จำนวนอุปกรณ์ที่ปรับปรุง : ถังน้ำป้อนหม้อไอน้ำ 1 ชุด

4) สถานที่ปรับปรุง : พื้นที่การทำงานในกระบวนการผลิต

5) สภาพก่อนการปรับปรุง : กระบวนการผลิตที่ใช้พลังงานความร้อนใช้ความร้อนที่ได้จากหม้อไอน้ำที่มีการผลิตความดันไอน้ำ 3.0-4.0 บาร์ มีอุณหภูมิความร้อนประมาณ 120-150 ^{o}C โดยใช้ระยะเวลาประมาณ 6-8 ชั่วโมง

บริเวณหม้อไอน้ำมีถังน้ำป้อนติดตั้งใกล้กับปล่องไอเสียของหม้อไอน้ำ จากการตรวจวัดอุณหภูมิของน้ำป้อนก่อนเข้าสู่หม้อไอน้ำ พบว่ามีอุณหภูมิไม่สูงมากนักอยู่ประมาณ 30-33 ^{o}C โดยน้ำป้อนที่มีอุณหภูมิที่ต่ำๆ เมื่อนำมาต้มให้กลายเป็นไอต้องใช้เวลาที่นานกว่าน้ำที่มีอุณหภูมิสูง ดังนั้น จึงสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ให้ความร้อนมาก หากมีการอุ่นน้ำป้อนให้อุณหภูมิสูงขึ้นจะสามารถลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำลงได้

6) สภาพหลังการปรับปรุง: ปรับปรุงโดยการติดตั้งท่อน้ำป้อนเข้าสู่หม้อไอน้ำ พันรอบท่อปล่องไอเสียของหม้อไอน้ำ เพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอุณหภูมิของไอเสียบริเวณผิวท่อที่มีอุณหภูมิสูงถึง 110 ^{o}C แลกเปลี่ยนกับท่อทองแดงที่เป็นน้ำป้อนมีอุณหภูมิอยู่ที่ 32.0 ^{o}C ให้มีอุณหภูมิที่สูงขึ้นก่อนป้อนสู่หม้อไอน้ำ และทำการหุ้มฉนวนกันความร้อนที่บริเวณพื้นที่ปรับปรุง เพื่อเพิ่มอุณหภูมิน้ำให้สูงขึ้นอีก

7) วิธีการตรวจสอบผลการประหยัดหลังปรับปรุง : การอุ่นอุณหภูมิของน้ำป้อนให้สูงขึ้นจะสามารถลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำลงได้ ซึ่งจะตรวจสอบผลประหยัดจากการคำนวณและจดบันทึกการใช้เชื้อเพลิงในแต่ละเดือน

8) เปรียบเทียบการใช้พลังงานก่อนและหลังการปรับปรุง

	ลิตร/ปี	เมกะจูล/ปี	บาท/ปี
การสูญเสียพลังงานก่อนการปรับปรุง	78,804	2,870,041.68	2,287,680.12
การสูญเสียพลังงานหลังการปรับปรุง	74,646	2,718,607.32	2,166,973.38
พลังงานที่ประหยัดได้	4,158	151,434.36	120,706.74
เงินลงทุน		45,600	บาท
ระยะเวลาการคืนทุน		0.38	ปี

รูปแสดงลักษณะการใช้งานของหม้อไอน้ำก่อน-หลังปรับปรุง

9) แสดงวิธีการคำนวณประกอบ

ข้อมูลทั่วไป

ขนาดหม้อไอน้ำ	500	kg/hr
ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ ; η	82 %	
ความดันไอน้ำที่ผลิต	4	bar
ค่าเอนทาลปีของไอน้ำ @4 bar	2,749	kJ/kg
อุณหภูมิน้ำป้อน	32	^{o}C
ค่าเอนทาลปีของน้ำป้อน @32 ^{o}C	134	kJ/kg
ชั่วโมงการทำงาน	6	ชั่วโมง/วัน
วันทำงาน	300	วัน/ปี
ค่าน้ำมันดีเซลเฉลี่ย	29.03	บาท/ลิตร
ค่าความร้อนน้ำมันดีเซล	36.42	MJ/ลิตร

<u>ระดับการใช้พลังงานอ้างอิงก่อนปรับปรุง</u>

พลังงานความร้อนที่ใช้ ; Q_1	= $m_w (h_g - h_f)$	
	= 500 x (2,749 – 134)	
	= 1,307,500	kJ/hr
	= 1,307.50	MJ/hr
คิดเป็นปริมาณเชื้อเพลิง ; m_{f1}	= Q / (HHV x η)	
	= 1,307.50 / (36.42 x 0.82)	
	= 43.78	ลิตร/hr
ปริมาณเชื้อเพลิงรวมทั้งปี	= 43.78 x 6 x 300	
	= 78,804	ลิตร/ปี

ระดับการใช้พลังงานอ้างอิงหลังปรับปรุง

หลังจากปรับปรุงโดยการใช้ท่อทองแดงพันรอบปล่องท่อไอน้ำของหม้อไอน้ำก่อนส่งน้ำหลังแลกเปลี่ยนความร้อนเข้าสู่ท่อน้ำป้อน ทำให้อุณหภูมิน้ำป้อนเพิ่มขึ้นเป็น 65 ^{o}C (hf = 272.0 kJ/kg)

พลังงานความร้อนที่ใช้ ; Q_2	= m_w (h_g – h_f)	
	= 500 x (2,749 – 272)	
	= 1,238,500	kJ/hr
	= 1,238.50	MJ/hr
คิดเป็นปริมาณเชื้อเพลิง ; m_{f2}	= Q / (HHV x η)	
	= 1,238.50 / (36.42 x 0.82)	
	= 41.47	ลิตร/hr
ปริมาณเชื้อเพลิงรวมทั้งปี	= 41.47 x 6 x 300	
	= 74,646	ลิตร/ปี

ผลประหยัดที่เกิดขึ้น

ปริมาณเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้	= เชื้อเพลิงที่ใช้ (ก่อนปรับปรุง) - เชื้อเพลิงที่ใช้ (หลังปรับปรุง)	
	= 78,804 – 74,646	
	= 4,158	ลิตร/ปี
หรือคิดเป็น	= 4,158 x 36.42	
	= 151,434.36	MJ/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	= 4,158 x 29.03	
	= 120,706.74	บาท/ปี

การลงทุน

ราคาท่อทองแดงและการเชื่อมต่อท่อน้ำป้อน

	= 45,600	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	= เงินลงทุน / จำนวนเงินที่ประหยัดได้	
	= 45,600 / 120,706.74	
	= 0.38	ปี

1) ชื่อมาตรการ : การลดเวลาการใช้งานหม้อไอน้ำ

2) อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : หม้อไอน้ำขนาด 3.0 ตัน/ชั่วโมง

3) จำนวนอุปกรณ์ที่ปรับปรุง : หม้อไอน้ำ จำนวน 1 ชุด

4) สถานที่ปรับปรุง : อาคารผลิต

5) สภาพก่อนการปรับปรุง : โรงงานมีการติดตั้งหม้อไอน้ำขนาด 3.0 ตัน/ชั่วโมง จำนวน 1 ชุด เพื่อผลิตไอน้ำป้อนสู่กระบวนการผลิต เชื้อเพลิงที่ใช้เป็นน้ำมันเตาเกรดซี เปิดใช้งาน 24 ชั่วโมงต่อวัน 1 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 4 วันต่อเดือน ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 248,100 ลิตรต่อปี เมื่อเทียบกับข้อมูลย้อนหลังแล้วพบว่ามีปริมาณการใช้เชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นตลอดทุกปี ดังนั้นจึงต้องมีมาตรการเพื่อประหยัดการใช้เชื้อเพลิง ซึ่งให้สอดคล้องกับนโยบายการอนุรักษ์พลังงานของบริษัท คณะทำงานด้านพลังงานได้ศึกษาแนวทางโดยจากการสำรวจพบว่าหากสามารถลดการใช้งานของหม้อไอน้ำลงก็สามารถที่จะประหยัดเชื้อเพลิงลงได้ เนื่องจากปัจจุบันเปิดการใช้งานหม้อไอน้ำ ก่อนเครื่องจักรทำงานเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และปิดหม้อไอน้ำพร้อมเครื่องจักร

หลังจากทีมงานได้ทำการสำรวจและบันทึกสภาพการเปิดใช้งานของหม้อไอน้ำก่อนเครื่องจักรทำงานเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และปิดพร้อมเครื่องจักร โดยมีการเปิดหม้อไอน้ำใช้งาน 4 ครั้งต่อเดือน 48 ครั้งต่อปี ทางทีมงานได้เสนอที่จะปรับลดเวลาการทำงานของหม้อไอน้ำ คือลดเวลาการเปิดใช้งานลง 0.5 ชั่วโมง และปิดหลังจากขบวนการผลิตในการสร้างเม็ดแล้วเสร็จ ทำให้ลดเวลาในการทำงานของหม้อไอน้ำลงได้อีก 1 ชั่วโมง รวมเวลาที่ลดลง 1.5 ชั่วโมง/ครั้ง ส่งผลให้สามารถประหยัดพลังงานลงได้

6) สภาพหลังการปรับปรุง: ทำการลดชั่วโมงการใช้งานของหม้อไอน้ำลงโดยอาศัยความร่วมมือแต่ละฝ่ายใช้การควบคุมแบบกำหนดเวลาเปิด - ปิดหม้อไอน้ำ โดยในช่วงเช้าเปิดก่อนเครื่องจักร 0.5 ชั่วโมง และปิดก่อน 1 ชั่วโมง ซึ่งจะลดการใช้งานลงได้รวม 1.5 ชั่วโมงต่อรอบการทำงาน ส่งผลทำให้สามารถประหยัดเชื้อเพลิงที่ใช้สำหรับหม้อไอน้ำลงได้

7) วิธีการตรวจสอบผลการประหยัดหลังปรับปรุง : หลังจากลดเวลาในการใช้งานหม้อไอน้ำลง 1.5 ชั่วโมงต่อ 1 รอบการทำงาน ปรากฏว่าเครื่องจักรที่ใช้ไอน้ำก็ยังสามารถทำงานได้ตามปกติ ไม่กระทบต่อกระบวนการผลิต ส่งผลทำให้สามารถลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงลงได้ โดยการบันทึกปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในแต่ละรอบการทำงานเพื่อตรวจสอบผลการประหยัดที่ได้จริงเปรียบเทียบกับผลการคำนวณ

8) เปรียบเทียบการใช้พลังงานก่อนและหลังการปรับปรุง

	ลิตร/ปี	เมกะจูล/ปี	บาท/ปี
การสูญเสียพลังงานก่อนการปรับปรุง	205,632	8,488,488.96	3,598,560
การสูญเสียพลังงานหลังการปรับปรุง	192,780	7,957,958.4	3,373,650
พลังงานที่ประหยัดได้	12,852	530,530.56	224,910
เงินลงทุน		-	บาท
ระยะเวลาการคืนทุน		-	ปี

รูปก่อนปรับปรุง

รูปหลังปรับปรุง

9) แสดงวิธีการคำนวณประกอบ

ข้อมูลทั่วไป

ขนาดหม้อไอน้ำ	3.0	ตัน/ชั่วโมง
อัตราการใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ย ; m_f	178.50	ลิตร/ชั่วโมง
ชั่วโมงการทำงาน ; h	24	ชั่วโมง/วัน
วันทำงาน ; d	48	วัน/ปี
ราคาน้ำมันเตา C	17.50	บาท/ลิตร
ค่าความร้อนน้ำมันเตา C	41.28	MJ/ลิตร

<u>ระดับการใช้พลังงานอ้างอิงก่อนปรับปรุง</u>

ปริมาณเชื้อเพลิงรวมทั้งปี = m_{f1} x h x d

= 178.50 x 24 x 48

= 205,632 ลิตร/ปี

<u>ระดับการใช้พลังงานอ้างอิงหลังปรับปรุง</u>

สามารถลดระยะเวลาการเปิดใช้งาน = 1.5 ชั่วโมง/ครั้ง

ดังนั้น ระยะเวลาการใช้งานเหลือ = 24 – 1.5

= 22.5 ชั่วโมง/ครั้ง

ปริมาณเชื้อเพลิงรวมทั้งปี = m_f x h x d

= 178.50 x 22.5 x 48

= 192,780 ลิตร/ปี

ผลประหยัดที่เกิดขึ้น

ปริมาณเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้	= เชื้อเพลิงที่ใช้ (ก่อนปรับปรุง) – เชื้อเพลิงที่ใช้ (หลังปรับปรุง)	
	= 205,632 – 192,780	
	= 12,852	ลิตร/ปี
หรือคิดเป็น	= 12,852 x 41.28	
	= 530,530.56	MJ/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	= 12,852 x 17.50	
	= 224,910	บาท/ปี

การลงทุน

ไม่มีเงินลงทุน เนื่องจากทางโรงงานบริหารจัดการเวลาในการเดินหม้อไอน้ำเอง

มาตรการด้านระบบผลิตและส่งจ่ายไอน้ำ

1) ชื่อมาตรการ : การปรับปรุงแก้ไขการรั่วไหลของไอน้ำ

2) อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : ระบบท่อส่งจ่ายไอน้ำ

3) จำนวนอุปกรณ์ที่ปรับปรุง : ข้อต่อท่อหน้าแปลน และวาล์วควบคุมต่างๆ

4) สถานที่ปรับปรุง : พื้นที่ใช้ไอน้ำในกระบวนการผลิต

5) สภาพก่อนการปรับปรุง : จากการสำรวจการใช้พลังงานความร้อนของโรงงาน พบว่า มีการใช้หม้อไอน้ำ (Boiler) ขนาดพิกัด 1 ตัน/ชั่วโมง จำนวน 1 ชุด สำหรับการผลิตไอน้ำอิ่มตัวที่ความดัน 6.0-7.0 บาร์ ส่งจ่ายไปยังกระบวนการผลิต โดยมีระยะเวลาทำงาน 24 ชั่วโมง/วัน

ในกระบวนการผลิตมีความต้องการไอน้ำที่อุณหภูมิประมาณ 95-130 °C ที่แรงดันไอน้ำประมาณ 2.5-3.0 บาร์ จากการสำรวจตรวจสอบระบบท่อส่งจ่ายไอน้ำและอุปกรณ์ที่ใช้ไอน้ำต่างๆ พบว่า มีการรั่วของไอน้ำบริเวณข้อต่อ หน้าแปลน และวาล์วควบคุมต่างๆ เป็นจำนวนมากในช่วงที่มีการผลิตทำให้สูญเสียพลังงานโดยเปล่าประโยชน์ และทำให้เสียค่าเชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำไปเป็นจำนวนมาก หากซ่อมแซมรอยรั่วของไอน้ำแล้วจะทำให้สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายทางพลังงานลงได้

6) สภาพหลังการปรับปรุง: ตรวจสอบตำแหน่งที่มีการรั่วของไอน้ำตามบริเวณท่อส่งจ่ายและอุปกรณ์ใช้ไอน้ำที่ใช้ทั้งหมด โดยกำหนดระยะเวลาการตรวจสอบทุกๆ 1 เดือน และดำเนินการปรับปรุงซ่อมแซมตำแหน่งการรั่วไหลของไอน้ำตามจุดต่างๆ โดยการเปลี่ยนปะเก็นและเชื่อมรอยรูรั่วไหลของไอน้ำหรือเปลี่ยนอุปกรณ์ที่ชำรุด เพื่อป้องกันการรั่วไหลของไอน้ำภายในโรงงาน

7) วิธีการตรวจสอบผลการประหยัดหลังปรับปรุง : ตรวจสอบตำแหน่ง และขนาดของรูรั่วไหลของไอน้ำ พร้อมทั้งตรวจวัดปริมาณการรั่วไหลของไอน้ำ โดยการตรวจวัดความยาวของไอน้ำที่รั่วไหลตามจุดต่างๆ เพื่อวิเคราะห์การสูญเสียพลังงานงานความร้อนซึ่งเป็นสาเหตุของการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของโรงงานต่อไป

8) เปรียบเทียบการใช้พลังงานก่อนและหลังการปรับปรุง

	ลิตร/ปี	เมกะจูล/ปี	บาท/ปี
การสูญเสียพลังงานก่อนการปรับปรุง	2,302.56	87,911.74	45,820.94
การสูญเสียพลังงานหลังการปรับปรุง	0	0	0
พลังงานที่ประหยัดได้	2,302.56	87,911.74	45,820.94
เงินลงทุน		1,200	บาท
ระยะเวลาการคืนทุน		0.03	ปี

รูปก่อนปรับปรุง

รูปหลังปรับปรุง

9) แสดงวิธีการคำนวณประกอบ

ข้อมูลทั่วไป

ขนาดหม้อไอน้ำ	1	ตัน/ชั่วโมง
ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ ; η	85 %	
เปอร์เซ็นต์การใช้งาน	75 %	
ค่าความร้อนของน้ำมันเตา A ; HHV	38.18	MJ/ลิตร
ราคาน้ำมันเตา A รวมค่าขนส่ง	19.90	บาท/ลิตร
ชั่วโมงการทำงาน	24	ชั่วโมง/วัน
วันทำงาน	312	วัน/ปี
ปริมาณไอน้ำที่สูญเสียก่อนปรับปรุง $m_{s\ (ก่อนปรับปรุง)}$	6.50	kg/hr
ปริมาณไอน้ำที่สูญเสียหลังปรับปรุง $m_{s\ (หลังปรับปรุง)}$	0	kg/hr
ที่ความดัน 7.0 บาร์เกจ		
ค่าความร้อนของไอน้ำที่สูญเสีย h_g	2,769.60	kJ/kg
ค่าความร้อนของน้ำคอนเดนเสตที่สูญเสีย h_f	719.56	kJ/kg

<u>ระดับการใช้พลังงานอ้างอิงก่อนปรับปรุง</u>

พลังงานความร้อนที่สูญเสียที่เกิดขึ้นจากรอยรั่วไหล $Qs_{(ก่อนปรับปรุง)}$

$= m_{s\ (ก่อนปรับปรุง)} \times (h_g - h_f)$

$= 6.5 \times (2,769.60 - 719.56)$

$= 13,325.26$ kJ/hr

$= 13.33$ MJ/hr

คิดเป็นปริมาณเชื้อเพลิง ; m_{f1} $= Qs_{(ก่อนปรับปรุง)} / (HHV \times \eta)$

$= (13.33 / (38.18 \times 0.85)$

$= 0.41$ ลิตร/hr

ปริมาณเชื้อเพลิงรวมทั้งปี	= m_f x เปอร์เซ็นการใช้งาน x ชั่วโมงการทำงาน x วันทำงาน	
	= 0.41 x 0.75 x 24 x 312	
	= 2,302.56	ลิตร/ปี
คิดเป็นเงิน	= น้ำมันเตา A ที่ประหยัดได้ x ราคาน้ำมันเตา A	
	= 2,302.56 x 19.90	บาท/ปี
	= 45,820.94	บาท/ปี

<u>ระดับการใช้พลังงานอ้างอิงหลังปรับปรุง</u>

พลังงานความร้อนที่สูญเสียที่เกิดขึ้นจากรอยรั่วไหล $Qs_{(หลังปรับปรุง)}$

	= $m_{s\ (หลังปรับปรุง)}$ x (h_g - h_f)	
	= 0 x (2,769.60 - 719.56)	
	= 0	kJ/hr
	= 0	MJ/hr
คิดเป็นปริมาณเชื้อเพลิง ; m_{f2}	= $Qs_{(ก่อนปรับปรุง)}$ / (HHV x η)	
	= (0 / (38.18 x 0.85)	
	= 0	ลิตร/hr
ปริมาณเชื้อเพลิงรวมทั้งปี	= m_f x เปอร์เซ็นการใช้งาน x ชั่วโมงการทำงาน x วันทำงาน	
	= 0 x 0.75 x 24 x 312	
	= 0	ลิตร/ปี
คิดเป็นเงิน	= น้ำมันเตา A ที่ประหยัดได้ x ราคาน้ำมันเตา A	
	= 0 x 19.90	บาท/ปี
	= 0	บาท/ปี

<u>ผลประหยัดที่เกิดขึ้น</u>

ปริมาณเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้	= m_{f1} - m_{f2}	
	= 2,302.56 - 0	
	= 2,302.56	ลิตร/ปี
หรือคิดเป็น	= 2,302.56 x 38.18	
	= 87,911.74	MJ/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	= 2,302.56 x 19.90	
	= 45,820.94	บาท/ปี

<u>การลงทุน</u>

ค่าใช้จ่ายการปรับปรุงซ่อมแซม	= 1,200	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	= เงินลงทุน / จำนวนเงินที่ประหยัดได้	
	= 1,200 / 45,820.94	
	= 0.03	ปี

1) ชื่อมาตรการ : การนำน้ำคอนเดนเสตกลับมาใช้อุ่นน้ำป้อนหม้อไอน้ำ

2) อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : ชุดน้ำป้อนเข้าหม้อไอน้ำ

3) จำนวนอุปกรณ์ที่ปรับปรุง : ถังพักน้ำคอนเดนเสท จำนวน 1 ถัง

4) สถานที่ปรับปรุง : ห้องเครื่องผลิตไอน้ำ

5) สภาพก่อนการปรับปรุง : หม้อน้ำขนาด 5 ตัน/ชั่วโมง ผลิตไอน้ำที่ความดัน 7.5 barg ใช้งาน ซึ่งไอน้ำที่ผลิตใช้มีทั้ง Direct และ Indirect โดยผ่าน Jacket แลกเปลี่ยนความร้อน ปัจจุบันไม่มีการนำคอนเดนเสทส่วนนี้กลับมาใช้ เชื้อเพลิงใช้น้ำมันเตา C โดยมีปริมาณการใช้ประมาณ 1,800 ลิตร/วัน ราคาน้ำมันเฉลี่ย 17.50 บาท/ลิตร

6) สภาพหลังการปรับปรุง : ทำการตรวจวัดปริมาณน้ำคอนเดนเสทที่ทิ้ง มีจำนวนปริมาณ 700-800 kg/hr ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 87 °C ผู้บริหารได้มอบนโยบายให้พิจารณาดำเนินการเพื่อช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานลง โดยจะนำมาผสมกับน้ำป้อนหม้อน้ำ อุณหภูมิ 30 °C ซึ่งหลังจากได้ดำเนินการแล้ว สามารถช่วยประหยัดเชื้อเพลิงได้

7) ขั้นตอนการดำเนินการและการตรวจสอบผลการประหยัดพลังงาน

1. สำรวจการใช้พลังงานจุดหลัก ๆ ร่วมกับทีมผู้เกี่ยวข้อง
2. วิเคราะห์ปัญหา ศึกษาเทคนิค วางแผน และดำเนินการ
3. วิเคราะห์ผลประหยัดจากมาตรการประหยัดข้างต้น
4. ดำเนินการ และติดตามประเมินผล

8) เปรียบเทียบการใช้พลังงานก่อนและหลังการปรับปรุง

	ลิตร/ปี	เมกะจูล/ปี	บาท/ปี
การใช้พลังงานก่อนการปรับปรุง	608,544	23,234,209.92	10,649,520
การใช้พลังงานหลังการปรับปรุง	581,088	22,185,939.84	10,169,040
พลังงานที่ประหยัดได้	27,456	1,048,270.08	480,480
เงินลงทุน		300,000	บาท
ระยะเวลาการคืนทุน		0.62	ปี

รูปก่อนปรับปรุง

รูปหลังปรับปรุง

9) แสดงวิธีการคำนวณประกอบ

ข้อมูลทั่วไป

เวลาทำงาน (16 ชม X 300 วัน)	4,800	ชม/ปี
ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ ; η	82 %	
น้ำมันเตาเฉลี่ย	1,800	ลิตร/วัน
ค่าความร้อนเชื้อเพลิงเฉลี่ย	38.18	MJ/ลิตร
ราคาเชื้อเพลิงเฉลี่ย	17.50	บาท/ลิตร
อัตราน้ำป้อนหม้อไอน้ำเฉลี่ย	1,500	ลิตร/ชม.
ปริมาณคอนเดนเสทนำกลับมาใช้	750	ลิตร/ชม.
อุณหภูมิเฉลี่ย	87	^{o}C
เอนธัลปีของน้ำป้อนเดิม 30 ^{o}C (30 x 4.187)	125.61	KJ/kg
เอนธัลปีของไอน้ำที่ความดัน 7.5 barg	2,771.7	KJ/kg
เงินลงทุนในการปรับปรุงพร้อมค่าแรงดำเนินการ	300,000	บาท

<u>ระดับการใช้พลังงานอ้างอิงก่อนปรับปรุง</u>

พลังงานความร้อนที่ใช้ ; Q_1 = $m_w (h_g - h_f)$

= 1,500 x (2,771.7 – 125.61)

= 3,969,135 kJ/hr

= 3,969.14 MJ/hr

คิดเป็นปริมาณเชื้อเพลิง ; m_{f1} = Q_1 / (HHV x η)

= 3,969.14 / (38.18 x 0.82)

= 126.78 ลิตร/hr

ปริมาณเชื้อเพลิงรวมทั้งปี = 126.78 x 4,800

= 608,544 ลิตร/ปี

ระดับการใช้พลังงานอ้างอิงหลังปรับปรุง

หลังจากนำน้ำคอนเดนเสทจำนวน 750 ลิตร/ชม. อุณหภูมิเฉลี่ย 87 ^{o}C มาผสมกับน้ำปรับสภาพแล้ว ทำให้อุณหภูมิน้ำป้อนเพิ่มเป็น 58.5 ^{o}C (hf = 244.9 kJ/kg)

พลังงานความร้อนที่ใช้ ; Q_2	= $m_w (h_g - h_f)$	
	= 1,500 x (2,771.7 – 244.9)	
	= 3,790,126.5	kJ/hr
	= 3,790.13	MJ/hr
คิดเป็นปริมาณเชื้อเพลิง ; m_{f2}	= Q_2 / (HHV x η)	
	= 3,790.13 / (38.18 x 0.82)	
	= 121.06	ลิตร/hr
ปริมาณเชื้อเพลิงรวมทั้งปี	= 121.06 x 4,800	
	= 581,088	ลิตร/ปี

ผลประหยัดที่เกิดขึ้น

ปริมาณเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้	= $m_{f1} - m_{f2}$	
	= 608,544 – 581,088	
	= 27,456	ลิตร/ปี
ปริมาณพลังงานที่ประหยัดได้	= 27,456 x 38.18	
	= 1,048,270.08	MJ/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	= 27,456 x 17.50	
	= 480,480	บาท/ปี

การลงทุน

ราคาถังพักน้ำคอนเดนเสตพร้อมการเดินท่อน้ำคอนเสตกลับเข้าถังพัก

	= 300,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	= เงินลงทุน / จำนวนเงินที่ประหยัดได้	
	= 300,000 / 480,480	
	= 0.62	ปี

มาตรการด้านระบบผลิตและส่งจ่ายไอน้ำ

1) ชื่อมาตรการ : การลดการโบล์วดาวน์ของหม้อไอน้ำ

2) อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : หม้อไอน้ำ ขนาด 3 ตัน/ชั่วโมง

3) จำนวนอุปกรณ์ที่ปรับปรุง : หม้อไอน้ำ 1 ชุด

4) สถานที่ปรับปรุง : ห้องเครื่องหม้อไอน้ำ

5) สภาพก่อนการปรับปรุง : ในระบบการผลิตไอน้ำของโรงงาน มีหม้อน้ำจำนวน 1 ลูก ขนาด 3 ตัน ชนิดของหม้อไอน้ำเป็นแบบท่อไฟใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง ผลิตไอน้ำที่ความดันเฉลี่ย 7 barg ซึ่งในส่วนของการดูแลเรื่องการโบลว์ดาวน์น้ำในหม้อน้ำ พนักงานของโรงงานจะคอยดูแลทำการโบลว์ดาวน์ทิ้งวันละ 3 ครั้ง หรือกะละครั้ง โดยจากการตรวจวัดค่าความเข้มข้นของสารละลาย (TDS) ของน้ำในหม้อน้ำนี้ วัดค่าได้ 1,663 ppm (โดยเฉลี่ยจากการบันทึกค่าการตรวจวัดของโรงงาน) ซึ่งมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน โดยที่ค่ามาตรฐานควรจะรักษาให้อยู่ที่ระดับ 3,500 ppm สำหรับไอน้ำที่แรงดัน 0-20 บาร์ แสดงว่าทางโรงงานมีการโบลว์ดาวน์น้ำในหม้อน้ำทิ้งเกินความจำเป็น (Over Blowdown) มากเกินไป จึงทำให้สูญเสียน้ำ และปริมาณความร้อนไปกับน้ำที่ปล่อยทิ้งไป

6) สภาพหลังการปรับปรุง : หลังจากปรับลดปริมาณการโบลว์ดาวน์น้ำในหม้อน้ำขนาด 3 ตันลงโดยทำการโบลว์ดาวน์ 1 อาทิตย์/ครั้ง แล้วผลปรากฏว่า สามารถรักษาระดับความเข้มข้นของสารละลายของน้ำในหม้อน้ำให้อยู่ที่ 3,500 ppm ซึ่งทำให้ลดการสูญเสียปริมาณความร้อนไปกับน้ำที่ปล่อยทิ้งลงได้

7) ขั้นตอนการดำเนินการและการตรวจสอบผลการประหยัดพลังงาน

1. เก็บข้อมูลความเข้มข้นของสารละลายของน้ำในหม้อน้ำ
2. ทำการปรับลดปริมาณการโบลว์ดาวน์ลง โดยรักษาระดับความเข้มข้นของสารละลายของน้ำในหม้อน้ำให้อยู่ใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานที่สุด
3. วิเคราะห์ผลประหยัดที่ได้

8) เปรียบเทียบการใช้พลังงานก่อนและหลังการปรับปรุง

	ลิตร/ปี	เมกะจูล/ปี	บาท/ปี
การใช้พลังงานก่อนการปรับปรุง	890,000	33,980,200	16,465,000
การใช้พลังงานหลังการปรับปรุง	877,251.64	33,493,467.62	16,229,155.34
พลังงานที่ประหยัดได้	12,748.36	486,732.38	235,844.66
เงินลงทุน		-	บาท
ระยะเวลาการคืนทุน		-	ปี

รูปแสดงก่อน-หลังลดการโบล์ดาวน์ของหม้อไอน้ำ

9) แสดงวิธีการคำนวณประกอบ

โรงงานทำการปรับลดอัตราการโบลว์ดาวน์จากระดับความเข้มข้นของสารละลายน้ำในหม้อน้ำ 1,663 ppm เป็น 2,880 ppm โดยมีค่าความเข้นข้นของสารละลายของน้ำป้อนเข้าหม้อน้ำ เท่ากับ 200 ppm อุณหภูมิน้ำป้อนเข้าหม้อน้ำ 30 °C อัตราการผลิตไอน้ำเฉลี่ย 1,821 kg/hr ที่ความดัน 7 barg ประสิทธิภาพหม้อน้ำมีค่าประมาณ 83% โรงงานทำงานเฉลี่ย 6,000 ชั่วโมง/ปี ค่าเชื้อเพลิง 18.5 บาท/ลิตร

ข้อมูลทั่วไป

ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ (m_T)	890,000	ลิตร/ปี
ชั่วโมงการทำงาน (h)	6,000	ชั่วโมง/ปี
ราคาน้ำมันเตา A เฉลี่ย (C_L)	18.5	บาท/ลิตร
ค่าความร้อนของน้ำมันเตา A	38.18	MJ/ลิตร
ความดันหม้อไอน้ำ (P_g)	7	บาร์
น้ำป้อน	30	°C
ประสิทธิภาพหม้อน้ำเฉลี่ย	83 %	
ค่า TSD ของน้ำป้อน	200	PPM
ค่า TSD ของน้ำในหม้อไอน้ำ เดิม (TDS_B)	1,663	PPM
ค่า TSD ของน้ำในหม้อไอน้ำที่เหมาะสม (TDS_{BR})	2,880	PPM

<u>ระดับการใช้พลังงานอ้างอิงก่อนปรับปรุง</u>

ค่า TDS ที่วัดได้ของน้ำในหม้อน้ำ	=	1,663	ppm
ค่า TDS ของน้ำปรับสภาพ (น้ำป้อน)	=	200	ppm
การโบลว์ดาวน์สภาพเดิม ; Q_1	=	200 x 1,821 / (1,663 – 200)	
	=	248.9	kg/hr

ระดับการใช้พลังงานอ้างอิงหลังปรับปรุง

หลังการปรับปรุง			
ค่า TDS ที่ควรจะรักษาไว้ ระดับไม่เกิน	=	2,880	ppm
การโบลว์ดาวน์หลังปรับปรุงใหม่ ; Q_2	=	200 x 1,821 / (2,880 – 200)	
	=	135.89	kg/hr

ผลประหยัดที่เกิดขึ้น

สามารถลดจำนวนโบล์วดาวน์ลงได้	=	248.1-135.89	kg/hr
	=	113.01	kg/hr
คิดเป็นความร้อน	=	113.01 x (hfg-hf) x ชั่วโมง/ปี	
	=	113.01 x (721.4-125.6) x 6,000	
	=	403,988,148	kJ/ปี
	=	403,988.14	MJ/ปี
คิดเป็นเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้	=	403,988.14 / (38.18 x 0.83)	
	=	12,748.36	ลิตร/ปี
เป็นเงิน	=	235,844.8	บาท/ปี

หมายเหตุ : ไม่มีเงินลงทุน เนื่องจากทางโรงงานดำเนินการเองทั้งหมด

10) คำแนะนำเพิ่มเติม

1. การเก็บตัวอย่างน้ำโบล์วดาวน์ ควรคำนึงถึงน้ำภายในหม้อน้ำ ซึ่งมีทั้งความดันและอุณหภูมิที่สูง (ดูอุณหภูมิและระดับความดันจากตารางไอน้ำได้) ถ้าน้ำถูกระบายออกสู่บรรยากาศ (ที่ 100 °C มีเอนธัลปี = 419 kJ/Kg) เอนธัลปี ส่วนที่เกิน 419 kJ/Kg นี้ขึ้นไปจะเดือดกลายเป็นไอน้ำ (แฟลช) ไป ฉะนั้นตัวอย่างน้ำที่จะนำไปตรวจหาค่า TDS จะมีค่าความเข้มข้นเกินความจริงไป
2. ศักยภาพผลประหยัด : 0.1 – 2% ของการใช้เชื้อเพลิงของหม้อน้ำ และขึ้นอยู่กับอัตราของน้ำเติม ความดันของหม้อน้ำ และสภาพของน้ำเติม
3. มูลค่าการลงทุน : น้อยมาก
4. ระยะเวลาการคืนทุน : ทันที
5. การหาอัตราโบล์วดาวน์ (หน่วย kg/hr) = $\frac{\text{อัตราของน้ำเติมเข้าหม้อน้ำ (kg/hr) x ค่า TDS ของน้ำป้อน (ppm)}}{\text{ค่า TDS ของน้ำในหม้อน้ำ (ppm) - ค่า TDS ของน้ำป้อน (ppm)}}$

1) ชื่อมาตรการ : การลดความดันไอน้ำใช้งานอย่างเหมาะสม

2) อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : หม้อไอน้ำ

3) จำนวนอุปกรณ์ที่ปรับปรุง : 1 ชุด

4) สถานที่ปรับปรุง : หม้อไอน้ำ

5) สภาพก่อนการปรับปรุง : โรงงานมีหม้อไอน้ำขนาด 5 ตัน / ชม. ใช้น้ำมันเตา C เป็นเชื้อเพลิง ผลิตไอน้ำที่ความดัน 8 barg (ตัดที่ 8 - ต่อที่ 6.5 barg) สั่งจ่ายไปใช้งานตามจุดใช้งานต่าง ๆ ซึ่งแต่ละอุปกรณ์ใช้งานที่ความดันระหว่าง 3 - 4 barg โดยใช้ Valve เป็นตัวควบคุมการใช้งาน มีอัตราการผลิตไอน้ำเฉลี่ย 2.35 ตัน/ชม. และมีคอนเดนเสทบางส่วนกลับมาผสมน้ำป้อนที่อุณหภูมิผสม 65 $^{\circ}$C

6) สภาพหลังการปรับปรุง : หลังจากได้ศึกษารายละเอียดคุณสมบัติของไอน้ำแล้ว กล่าวคือ เมื่อลดความดันของไอน้ำลง ปริมาตรจำเพาะของไอน้ำจะเพิ่มมากขึ้น แต่ความร้อนแฝงต่อหน่วยน้ำหนักของไอน้ำจะเพิ่มขึ้น จึงสามารถใช้ความร้อนให้เป็นประโยชน์ได้มากขึ้น จากนั้นโรงงานจึงได้ทำการปรับอุปกรณ์ควบคุมความดันไอน้ำให้ตัดการทำงานของชุดหัวเผาที่ 7 barg และต่อที่ 6 barg โดยค่อย ๆ ปรับลงทีละ 0.5 barg และสังเกตการทำงานของหม้อน้ำ รวมถึงผลกระทบกับผู้ใช้ไอน้ำภายในโรงงาน ซึ่งปรากฏว่าไม่มีผลกระทบแต่อย่างใด

7) ขั้นตอนการดำเนินการและการตรวจสอบผลการประหยัดพลังงาน

7.1 สำหรับมาตรการลดความดันของหม้อไอน้ำ

1. สำรวจการทำงานของหม้อไอน้ำ และการใช้งานของฝ่ายผลิต
2. วิเคราะห์ปัญหาและทำความเข้าใจร่วมกันของเจ้าหน้าที่ควบคุมหม้อไอน้ำ และเจ้าหน้าที่ฝ่ายผลิต

7.2 วิเคราะห์ความเหมาะสมขนาดของท่อเมื่อพิจารณาลดความดัน (ดูการคำนวณเปรียบเทียบในข้อ 9)

7.3 วิเคราะห์ประโยชน์ที่ได้จากการใช้อุปกรณ์ลิ้นลดความดัน (Pressure Reducing Valve หรือ PRV) ลดความดัน (ดูการคำนวณผลในข้อ 9)

8) เปรียบเทียบการใช้พลังงานก่อนและหลังการปรับปรุง

	ลิตร/ปี	เมกะจูล/ปี	บาท/ปี
การใช้พลังงานก่อนการปรับปรุง	1,536,671.03	58,670,100	28,428,414.09
การใช้พลังงานหลังการปรับปรุง	1,533,956.65	58,566,465	28,378,198.07
พลังงานที่ประหยัดได้	2,714	103,635	50,216.02
เงินลงทุน		-	บาท
ระยะเวลาการคืนทุน		-	ปี

ก่อนการปรับปรุง

หลังการปรับปรุง

9) แสดงวิธีการคำนวณประกอบ

ข้อมูลเบื้องต้น

โรงงานทำการปรับลดความดันของไอน้ำจาก 8 bar(g) เป็น 7 bar(g) โดยมีอัตราการผลิตไอน้ำเฉลี่ย 2,350 kg/hr ประสิทธิภาพหม้อน้ำเฉลี่ย 80 % ทำงาน 24 ชม/วัน 300 วัน/ปี เชื้อเพลิงน้ำมันเตา C ราคาเฉลี่ย 18.5 บาท/ลิตร ค่าความร้อนน้ำมันเตา 38.18 MJ/ลิตร

Qs	=	พลังงานความร้อนที่ประหยัดได้	MJ/y
mst	=	อัตราผลิตไอน้ำเฉลี่ย	kg/hr
hg1	=	ค่าความร้อนของไอน้ำที่ความดันก่อนปรับ	KJ/kg
hg2	=	ค่าความร้อนของไอน้ำที่ความดันหลังปรับ	KJ/kg
H	=	ชั่วโมงการทำงาน	ชม/วัน
D	=	วันทำงาน	วัน/ปี
η	=	ประสิทธิภาพหม้อน้ำเฉลี่ย	%
HV	=	ค่าความร้อนเชื้อเพลิงน้ำมันเตา	MJ/ลิตร

ก่อนการปรับปรุง

ความดันไอน้ำที่ 8 bar(g) ค่า hg1 = 2,774 kJ/kg

หลังการปรับปรุง

ความดันไอน้ำที่ 7 bar(g) ค่า hg2 = 2,769.1 kJ/kg

ความร้อนที่ประหยัดได้ Qs = mst x (hg1-hg2) x 24 x 300 / 1,000

= 2,350 x (2,774 – 2,769.1) x 24 x 300 / 1,000

= 82,908 MJ/ปี

เชื้อเพลิงที่ประหยัดได้ = Qs / (η x HV)

= 82,904 / (0.8 x 38.18)

= 2,714 ลิตร/ปี

เป็นเงินที่ประหยัดได้ = 2,714 x 18.5

= 50,209 บาท/ปี

หมายเหตุ : ไม่มีเงินลงทุน เนื่องจากทางโรงงานดำเนินการเองทั้งหมด

การลดความดันจากความดันสูงเป็นความดันต่ำโดยใช้อุปกรณ์ลิ้นลดความดัน จะได้ปริมาณความร้อนแฝงในการระเหยเป็นไอต่อหน่วยน้ำหนักจะเพิ่มขึ้น หรือเมื่อลดความดัน อัตราส่วนความแห้งของไอน้ำจะเพิ่มขึ้นตามส่วนนั้นด้วย

ตัวอย่าง : ไอน้ำ 7 barg อัตราส่วนความแห้ง 95% ถูกลดความดันให้เหลือ 2 barg จะได้ความแห้งของไอน้ำเพิ่ม (dryness)

ที่ความดัน 7 barg ค่า htg = 2,047.7 kg/kJ x 0.95%

= 1,945 kg/kJ

ดังนั้นปริมาณความร้อนทั้งหมดที่มีอยู่ในไอน้ำนี้จะเท่ากับ

Q7 = 721.4 kg/kJ + 1,945 kg/kJ

= 2,666.4 kg/kJ

ส่วนไอน้ำที่ลดความดันลงเหลือ 2 barg ถ้าไม่คิดการสูญเสียความร้อนในการลดความดัน เนื่องจากปริมาณความร้อนสัมผัส (เอนธัลปีจำเพาะของน้ำอิ่มตัว) ที่ความดัน 2 barg เท่ากับ 562.2 kg/kJ

ดังนั้นปริมาณความร้อนแฝง (หรือความร้อนในการระเหยเป็นไอ) จะเท่ากับ

= 2,666.4 – 562.2

= 2,104.2 kJ/kg

ดังนั้นอัตราส่วนการเพิ่มของปริมาณความร้อนแฝง โดยการลดความดันจะเท่ากับ

= (2,104.2 – 1,945) / 1,945

= 0.082 (8.2%)

ความร้อนที่สามารถนำมาใช้ได้จะเพิ่มขึ้น 8.2% เนื่องจากปริมาณความร้อนแฝงของไออิ่มตัวแห้งเท่ากับ 2,725.5 KJ/kg ดังนั้นความแห้ง X ของไออิ่มตัว 2 barg จะได้

X = 2,666.4 / 2,725.5

= 0.978

นั่นคือการลดความดัน อัตราส่วนความแห้งจะเพิ่มจาก 95% เป็น 97.8 % ส่งผลให้ประหยัดไอน้ำลงได้

ตัวอย่าง : ไอน้ำ 1 ตัน (1000 Kg) ที่ความดัน 7 barg ความแห้ง 95.0% เอนธัลปีในไอน้ำ (2,047.7 x 0.95) 1,945 kJ/kg

	=	1,000 x 1,945	kJ/ตัน
	=	1,945,000	kJ/ตัน

เมื่อลดความดันเป็น 2 barg ความแห้ง 97.8 % เอนธัลปีในไอน้ำ = 2,104.2 kJ/kg จะใช้อัตราการไหลไอน้ำ ดังนี้

อัตราการไหลไอน้ำ	=	1,945,000 / 2,104.2	
	=	924.3	kg/ชม.
หรือลดการใช้ไอน้ำได้	=	1,000 – 924.3	
	=	75.7	kg/ชม.

10) คำแนะนำเพิ่มเติม

1. การลดความดันที่ตัวหม้อไอน้ำ ถ้าต่ำลงมาก ๆ อาจจะส่งผลให้เกิดละอองหรือเม็ดน้ำติดไปกับไอน้ำ (Carry Over) มาก ๆ ก็ได้ เนื่องจากปริมาตรจำเพาะของไอน้ำที่ความดันต่ำ ๆ จะมีค่ามากเท่าความดันสูง (ค่า Specific Volume) ในตารางไอน้ำ
2. เพราะฉะนั้นเราได้กฎเบื้องต้นจากกรณีนี้ก็คือ
   เมื่อความดันไอน้ำเพิ่มขึ้น :-
   - เอนธัลปีของน้ำอิ่มตัวจะเพิ่มขึ้น (ht)
   - เอนธัลปีของการกลายเป็นไอน้ำจะลดลง (htg)

   เมื่อความดันไอน้ำลดลง :-
   - เอนธัลปีของไอน้ำอิ่มตัวจะลดลงเล็กน้อย (hg)
   - เอนธัลปีของน้ำอิ่มตัวจะลดลง (ht)
   - เอนธัลปีของการกลายเป็นไอน้ำจะเพิ่มขึ้น (htg)