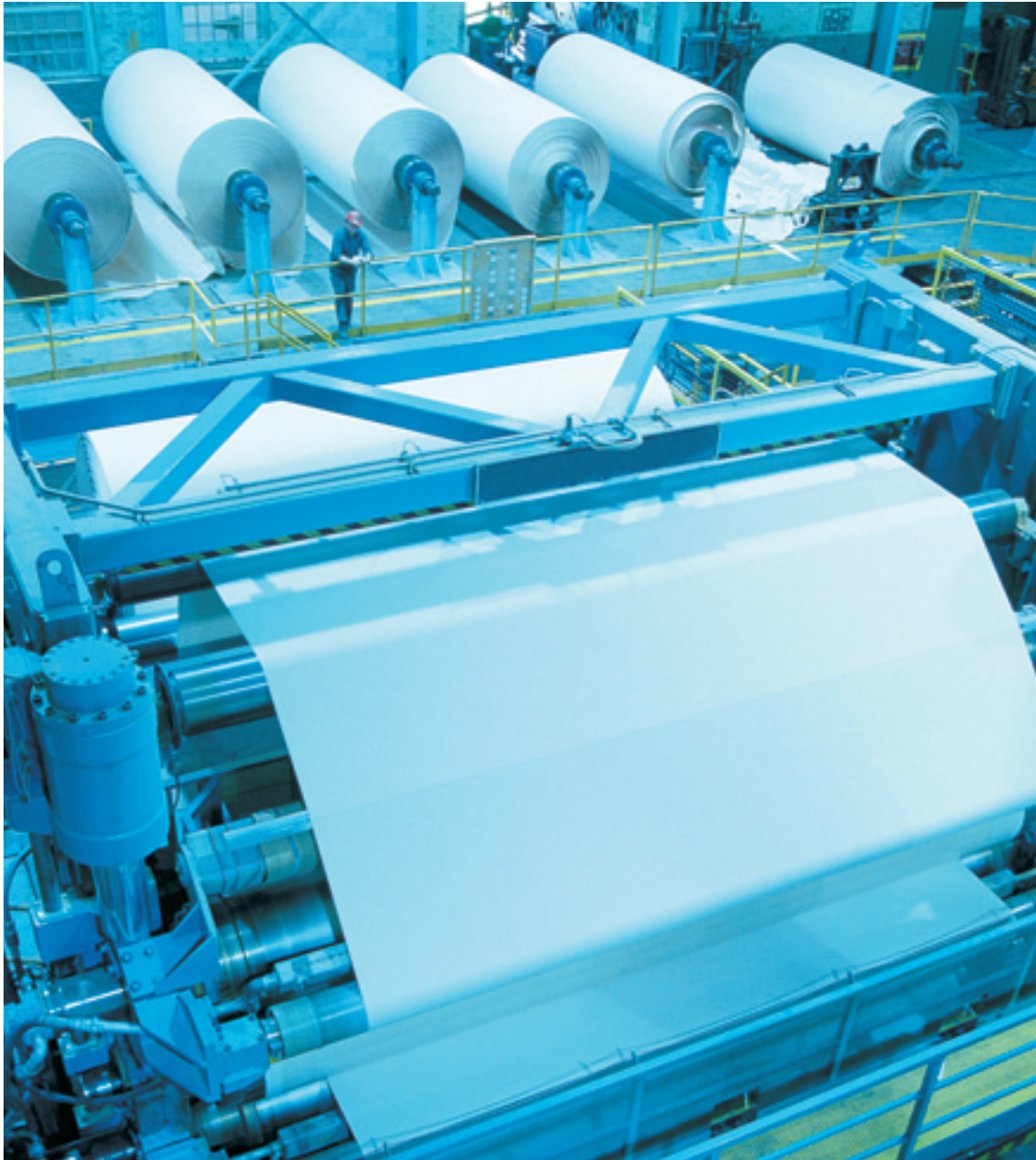


คู่มือชุดความรู้

การอนุรักษ์พลังงาน สำหรับอุตสาหกรรมกระดาษ



กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.)

กระทรวงพลังงาน

พลังงานเป็นปัจจัยสำคัญต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์ เราใช้พลังงานในการผลิตกระแสไฟฟ้า การคมนาคมขนส่ง การบริการ และการผลิต ทั้งในภาคเกษตรกรรมและภาคอุตสาหกรรม การใช้พลังงานในประเทศ โดยเฉพาะน้ำมันเชื้อเพลิงนับวันมีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกที ในขณะที่ประเทศของเราไม่มีแหล่งน้ำมันเพียงพอกับความต้องการใช้ในประเทศ ในแต่ละปีรัฐจึงต้องสูญเสียงบประมาณในการนำเข้าน้ำมันดิบเป็นจำนวนมหาศาล

แหล่งน้ำมันในโลกมีจำนวนจำกัดและต้องหมดไปในวันหนึ่งอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ แนวโน้มราคาน้ำมันจึงมีแต่จะสูงขึ้น ประเทศผู้นำเข้าน้ำมันอย่างประเทศไทยจึงมีความจำเป็นต้องรณรงค์สร้างความร่วมมือร่วมใจกันอนุรักษ์พลังงาน เพื่อให้สามารถใช้พลังงานที่เราต้องซื้อมาด้วยราคาแพงให้คุ้มค่าที่สุด การรณรงค์อนุรักษ์พลังงานต้องทำในทุกส่วนของสังคม ทั้งภาครัฐและเอกชน

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน ได้ตระหนักถึงปัญหาเร่งด่วนดังกล่าว และเล็งเห็นความสำคัญของปัญหาด้านพลังงานที่ทุกคนควรมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องการอนุรักษ์พลังงาน จึงได้จัดทำเอกสารขึ้น 2 ชุด ได้แก่ เอกสารเผยแพร่ชุด **รู้ อนุรักษ์พลังงาน จำนวน 16 เล่ม** สำหรับประชาชนทั่วไป และกลุ่มโรงงานและอาคารควบคุม เพื่อให้เกิดความตระหนักรู้เท่าทัน รู้วิธีประหยัดพลังงานอย่างเป็นรูปธรรม

นอกจากนี้ยังได้จัดทำ **คู่มือชุดความรู้ จำนวน 8 เล่ม** เพื่อใช้เป็นแนวทางการอนุรักษ์พลังงานสำหรับภาคอุตสาหกรรมและภาคการบริการ ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนการผลิตและบริการ และเป็นการลดการใช้พลังงานของประเทศได้อีกด้วย

พพ. หวังเป็นอย่างยิ่งว่าเอกสารทั้งสองชุดจะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ใช้พลังงานและประชาชนทั่วไป และก่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานจนปรากฏผลลัพท์จริง พร้อมทั้งจะเป็นแรงจูงใจให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมอนุรักษ์พลังงานเร็วยิ่งขึ้น

หากต้องการข้อมูลเพิ่มเติมหรือต้องการคำปรึกษา ข้อเสนอแนะ และการแก้ปัญหาการอนุรักษ์พลังงานด้านต่างๆ สามารถติดต่อที่หน่วยลูกค้าสัมพันธ์ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน หมายเลขโทรศัพท์ **0-2226-2311** หรือ **www.dede.go.th** E-mail: **dedeoss@dede.go.th**

รายชื่อเอกสารเผยแพร่ชุด รั้ว 'รักษ์พลังงาน' จำนวน 16 เล่ม

1. รู้เท่าทันสถานการณ์พลังงาน
2. การเลือกใช้วัสดุเพื่ออนุรักษ์พลังงาน
3. กฎหมายอนุรักษ์พลังงานสำหรับโรงงาน
และอาคารควบคุม
4. การจัดองค์กรเพื่ออนุรักษ์พลังงาน
5. การจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้า
6. ระบบทำความเย็น
7. ระบบแสงสว่าง
8. ระบบไอน้ำ
9. ระบบอากาศอัด
10. มอเตอร์
11. ตู้เย็นพาณิชย์
12. เครื่องปรับอากาศในบ้าน
13. ไฟฟ้าแสงสว่างสำหรับบ้านพักอาศัย
14. เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน
15. บั๊มน้ำในบ้าน
16. การใช้รถยนต์อย่างประหยัด

หมายเหตุ

- เอกสารที่มีสันสีน้ำเงิน ส้ม เขียว เหมาะสำหรับประชาชนทั่วไป
- เอกสารที่มีสันสีน้ำเงิน ส้ม เหมาะสำหรับอาคารและโรงงาน
- เอกสารที่มีสันสีน้ำเงิน เหมาะสำหรับโรงงาน
- เอกสารที่มีสันสีส้ม เหมาะสำหรับอาคาร
- เอกสารที่มีสันสีเขียว เหมาะสำหรับบ้านพักอาศัย

รายชื่อคู่มือชุดความรู้ จำนวน 8 เล่ม

1. โรงแรม
2. อาคารสำนักงาน
3. ห้างสรรพสินค้า
4. โรงพยาบาล
5. อุตสาหกรรมสิ่งทอ
6. อุตสาหกรรมกระดาษ
7. อุตสาหกรรมอาหาร
8. อุตสาหกรรมโลหะมูลฐาน

สารบัญ

บทที่ 1	6
บทนำ	
บทที่ 2	12
การวางแผนจัดการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า	
บทที่ 3	20
ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	
บทที่ 4	25
ระบบทำความเย็นและปรับอากาศ	
บทที่ 5	38
ระบบขับเคลื่อนโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้า	
บทที่ 6	48
ระบบทำความร้อน	
เอกสารอ้างอิง	57

อุตสาหกรรมกระดาษจัดได้ว่าเป็นกลุ่มอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญสำหรับภาคอุตสาหกรรมของประเทศไทย เนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมที่มีจำนวนผู้ประกอบการมาก และเป็นอุตสาหกรรมที่ใช้พลังงานมากเมื่อเทียบกับอุตสาหกรรมอื่นๆ

การดำเนินกิจกรรมด้านการอนุรักษ์พลังงานไม่เพียงแต่ช่วยลดต้นทุนในการผลิตเพียงอย่างเดียวเท่านั้น แต่ยังช่วยลดการใช้พลังงานโดยรวมของประเทศด้วย

1.1 กระบวนการผลิตกระดาษ

ขั้นตอนการผลิตกระดาษประกอบด้วย

1.1.1 การตีเยื่อ (Pulping) เป็นขั้นตอนการสกัดและแยกเส้นใยของพืชให้อยู่ในรูปเยื่อ โดยใช้วิธีเชิงกลหรือใช้กระบวนการทางเคมี

1.1.2 การเตรียมเยื่อ (Stock Preparation) เป็นขั้นตอนการปรุงแต่ง และผสมผสานเส้นใยและสารเคมี ในลักษณะที่เป็นของเหลวผสม

1.1.3 การทำให้เป็นแผ่น (Sheet Formation) ประกอบด้วย

- การฟอกเยื่อและการทำความสะอาด (Bleaching - Washing)
- การบีบ (Pressing)
- การอบแห้ง (Drying)
- การรีดผิวกระดาษ (Calendering)
- การเข้าม้วน (Reeling)

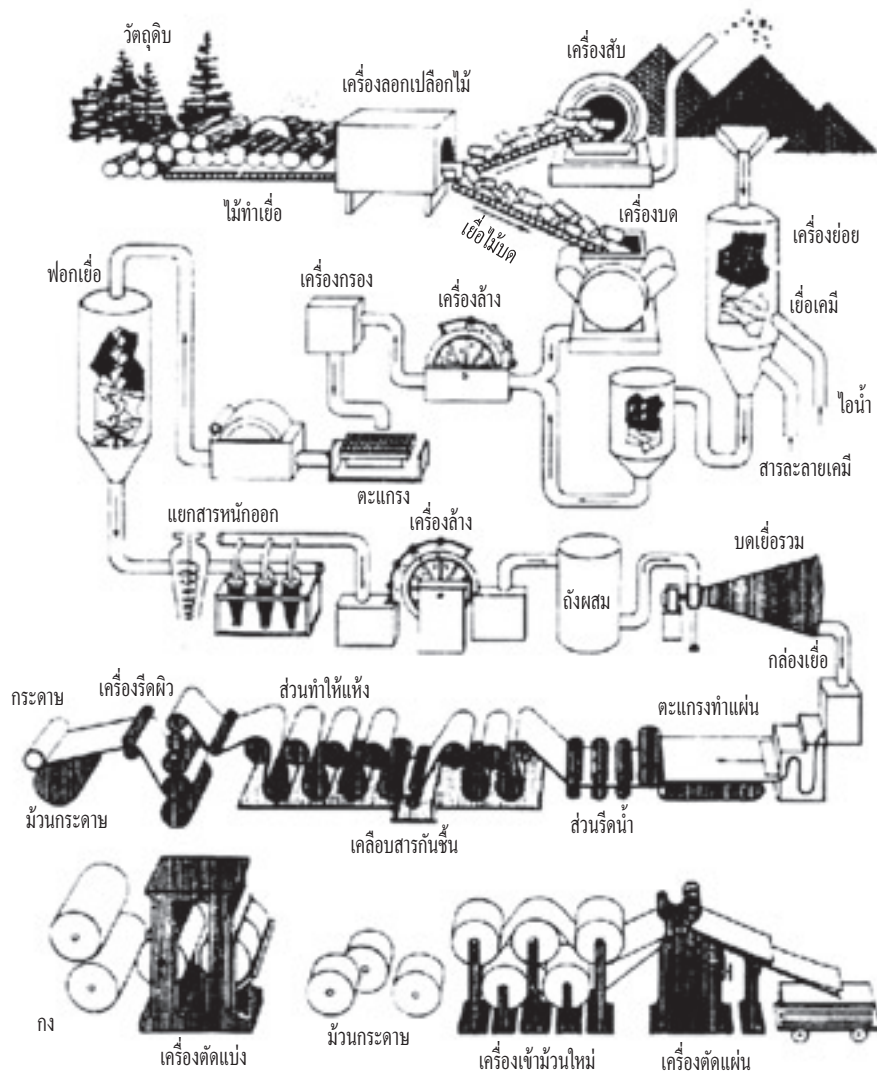
1.1.4 ขั้นตอนหลังกระบวนการผลิต ได้แก่

- การตัดแบ่ง (Slitting)
- การเคลือบ (Coating)

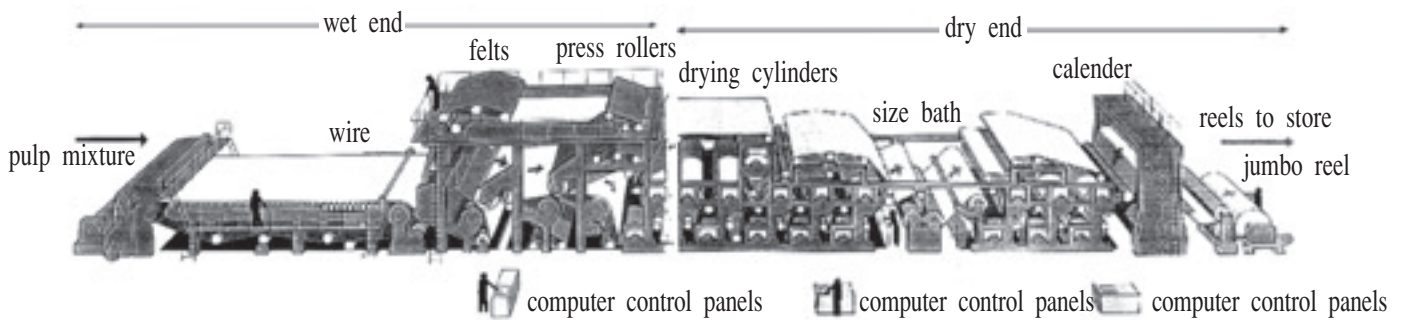
1.1.5 ขั้นตอนสำเร็จรูปครั้งสุดท้าย ได้แก่

- การตัดแบ่งเป็นแผ่น
- การนับจำนวน
- การจัดหีบห่อ

กระบวนการผลิตกระดาษ



เครื่องผลิตกระดาษ



นอกจากการผลิตกระดาษแผ่นเรียบแล้ว ยังมีการผลิตกระดาษลูกฟูก และกระดาษคราฟท์ผิว
กล่องอีกด้วย โดยมีกรรมวิธีการผลิตดังนี้

1.2 ขั้นตอนการเตรียมเยื่อสำหรับกระดาษลูกฟูก

1.2.1 นำเศษกระดาษที่ใช้แล้วมาตีให้เยื่อกระดาษกระจายตัวออกจากกันในถังตีเยื่อซึ่งมีน้ำบรรจุอยู่

1.2.2 ส่งเยื่อที่กระจายตัวแล้วเข้าเครื่องกรอง เพื่อแยกสิ่งสกปรก เช่น พลาสติก เหล็ก ฯลฯ ที่
ไม่ต้องการออกไป

1.2.3 นำน้ำเยื่อที่ได้ เข้าเครื่องละลายสิ่งสกปรกโดยใช้ความร้อน เพื่อแยกหมึกพิมพ์และยางมะตอย
ออกไป

1.2.4 นำไปเก็บไว้ในถังเก็บเยื่อ ซึ่งจะต้องควบคุมความเข้มข้น ความดัน อุณหภูมิ และความเป็นกรด-
ด่างของน้ำเยื่อ เพื่อเตรียมส่งเข้าเครื่องจ่ายเยื่อ อันเป็นขั้นตอนการเดินแผ่นต่อไป

1.3 ขั้นตอนการเตรียมเยื่อสำหรับกระดาษคราฟท์ผิวกล่อง

1.3.1 นำเยื่อใยสั้นและใยยาวมาผสมกันตามสัดส่วนที่กำหนดในถังตีเยื่อ แล้วกวนให้กระจายใน
น้ำผสมกัน

1.3.2 เมื่อเยื่อกระจายตัวดีแล้วนำไปผ่านเครื่องบดเยื่อ ซึ่งเป็นการบดเยื่อเพื่อให้เยื่อนุ่มนวล และ
เส้นใยของเยื่อแตกแขนงอย่างเหมาะสม

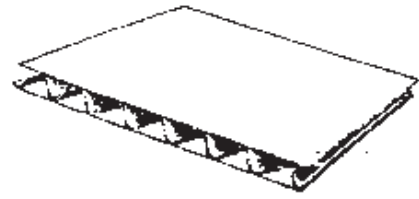
1.3.3 นำไปเก็บไว้ในถังเก็บเยื่อ ซึ่งต้องควบคุมความเข้มข้น ความดัน อุณหภูมิ จะมีการผสม
สารเคมีในขั้นตอนนี้ เพื่อเตรียมส่งเข้าเครื่องจ่ายเยื่อในขั้นตอนการเดินแผ่นต่อไป

1.4 ขั้นตอนการผลิตกระดาษ

ขั้นตอนการทำแผ่นกระดาษของกระดาษคราฟท์ผิวกล่องและลูกฟูกเหมือนกัน แตกต่างกันที่
กระดาษลูกฟูกจะมีเครื่องจ่ายเยื่อเพียงเครื่องเดียวเท่านั้น ขณะที่กระดาษคราฟท์ผิวกล่องต้องใช้เครื่องจ่าย
เยื่อถึง 4 ชั้น น้ำเยื่อที่เตรียมไว้จะถูกจ่ายลงบนตะแกรงพลาสติกด้วยเครื่องจ่ายที่เรียกว่า Head Box ซึ่ง
ช่วยควบคุมการจ่ายน้ำเยื่อให้มีการเรียงตัวกันอย่างสม่ำเสมอ แผ่นเยื่อบนตะแกรงจะถูกบีบน้ำออกด้วยลูกกลิ้ง
(Press Rolls) จากนั้นจะถูกส่งเข้าเครื่องอบแห้ง โดยให้กระดาษวิ่งผ่านลูกอบที่มีความร้อนเพื่อให้กระดาษแห้ง
แล้วจึงนำไปผ่านเครื่องเคลือบแป้ง (Coating) ซึ่งเป็นการเพิ่มความแข็งแรงและความเรียบให้กับกระดาษ
กระดาษที่ได้ในขั้นตอนนี้จะมีความชื้น ต้องอบแห้งอีกครั้ง จากนั้นนำไปผ่านเครื่องรีดผิว (Calender) เพื่อ
ต้องการให้เกิดความเรียบและความมัน กระดาษที่ได้นี้จะมีขนาดใหญ่ ต้องนำไปกรีดแบ่ง แล้วกรอเป็น
ม้วนเล็กตามต้องการ



(1) กระดาษลูกฟูกหน้าเดียว



(2) กระดาษลูกฟูก 1 ชั้น



(3) กระดาษลูกฟูก 2 ชั้น



(4) กระดาษลูกฟูก 3 ชั้น

บรรจุภัณฑ์กระดาษ แบ่งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่

1. กล่องกระดาษลูกฟูก (Corrugated Fiberboard) เช่น กล่องเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป
2. กล่องกระดาษแข็ง (Paperboard Box) เช่น กล่องผงซักฟอก กล่องรองเท้า
3. ถุงกระดาษหลายชั้น (Multi Wall Paper Sacks) เช่น ถุงปูนซีเมนต์ ถุงอาหารสัตว์
4. ถุงกระดาษชั้นเดียว (Shopping Bag) เช่น ถุงใส่สินค้าตามห้างสรรพสินค้า

ประเภทของแผ่นกระดาษลูกฟูก

1. แผ่นกระดาษลูกฟูกหน้าเดียว (Single - Faced Board)
2. แผ่นกระดาษลูกฟูก 1 ชั้น (Single Wall, Double - Faced Board)
3. แผ่นกระดาษลูกฟูก 2 ชั้น (Double Wall Board)
4. แผ่นกระดาษลูกฟูก 3 ชั้น (Triple Wall Board)

ประเภทของกล่องกระดาษลูกฟูก

1. กล่องสลีต (Slot Box) ผลิตจากแผ่นกระดาษลูกฟูกที่ได้รับการทับเส้นตามแนวยาวของแผ่นกระดาษ เพื่อเป็นแกนในการพับกล่อง การประกอบเป็นกล่องจำเป็นต้องมีการเชื่อมติดรอยต่อซึ่งเรียกว่า Manufacture's Joint

2. กล่องไคคัท (Die Cut Box) ผลิตจากแผ่นแบบแม่พิมพ์ (Die Cut Form) เป็นรอยตัดขาดบนกระดาษลูกฟูกซึ่งแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

- Flat Bed Die Cutter
- Rotary Die Cutter

ขั้นตอนการผลิตกล่องกระดาษลูกฟูก

กล่องกระดาษลูกฟูกแบบใช้ลวดเย็บ Printing - Slotter ประกอบด้วย

- Feed Section : ทำหน้าที่ป้อนกระดาษลูกฟูกจากแผ่นล่างสุดไปยัง Printing Section
- Printing Section : ทำหน้าที่พิมพ์สีลงบนกระดาษลูกฟูกทีละสี
- Creasing Section : ทำหน้าที่พับรอยลงบนแผ่นกระดาษลูกฟูก เพื่อพับขึ้นรูปตัวกล่อง
- Slotting Section : ทำหน้าที่เจาะร่องแผ่นกระดาษลูกฟูก เพื่อแยกให้เป็นส่วนฝาทั้งด้านบนและด้านล่างของตัวกล่อง
- Delivery Section : ทำหน้าที่ลำเลียงแผ่นกระดาษลูกฟูกที่พิมพ์สี พับรอย และเจาะร่องแล้วเรียงซ้อนกันเพื่อนำไปเย็บต่อไป (Stitching Machine : ทำหน้าที่เย็บลวดลงบนรอยต่อของแผ่นกระดาษ ลูกฟูกที่ถูกพับตามรอยพับที่ให้ซ้อนกัน)

กล่องกระดาษลูกฟูกแบบใช้กาว ประกอบด้วย

- Flexo - Folder Gluer (Printer - Slotter Folder Gluer)
- Automatic Tying Machine

เมื่อคุณภาพรวมของอุตสาหกรรมกระดาษแล้ว สามารถจำแนกการใช้พลังงานในระบบต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 1 - 1 หน้า 11

การใช้พลังงานในระบบต่างๆ ของกระบวนการผลิตกระดาษ/กล่องกระดาษ

กระบวนการผลิต	การใช้พลังงานในระบบต่างๆ					
	ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	ระบบทำความเย็นและปรับอากาศ	ระบบที่ใช้มอเตอร์ไฟฟ้า			ระบบทำความร้อน
			มอเตอร์	อากาศอัด	ไอน้ำ	
คูบทที่ 3	คูบทที่ 4	คูบทที่ 5			คูบทที่ 6	
1. การตีเยื่อ (Pulping)	●		●		●	
2. การเตรียมเยื่อ	●		●		●	●
3. การทำกระดาษให้เป็นแผ่น						
การฟอกเยื่อ (Bleaching)	●		●		●	●
การทำความสะอาด (Washing)	●		●		●	●
การบีบ (Pressing)			●			
การอบแห้ง (Drying)			●			●
การรีดผิวกระดาษ (Calendering)	●		●	●		
การเข้าม้วน (Reeling)	●		●			
ขั้นตอนหลังกระบวนการผลิต						
การเคลือบ (Coating)	●	●	●			●
การรีดผิวให้มัน (Super Calendering)	●	●	●			
การรีดแบ่ง (Slitting)	●	●	●	●		
กล่องกระดาษลูกฟูกแบบลวดเย็บ						
ป้อนกระดาษ (Feed Section)	●	●	●			
พิมพ์สี (Printing Section)	●	●	●	●		●
พับรอย (Creasing Section)	●	●	●	●		
เจาะร่อง (Slotting Section)	●	●	●	●		
ลำเลียงแผ่นกระดาษ (Delivery Section)	●	●	●			
เครื่องเย็บลวด (Stitching Machine)	●	●	●	●		
กล่องกระดาษลูกฟูกแบบใช้กาว						
Flexo - Folder Gluer	●	●	●			●
Automatic Tying Machine	●	●	●			●

การวางแผนจัดการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า

ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า ถือเป็นต้นทุนหนึ่งที่สำคัญในการประกอบกิจการอุตสาหกรรมกระดาษ หากลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าลงได้จะเป็นการเพิ่มกำไรโดยตรงในการประกอบการ ดังนั้น ผู้บริหารหรือผู้รับผิดชอบด้านพลังงานควรมีการวางแผนจัดการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในอุตสาหกรรมกระดาษเสียก่อน เนื่องจากการจัดการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าจะนำไปสู่การวางแผนและควบคุมการใช้เครื่องจักร อุปกรณ์ไฟฟ้าและแสงสว่างอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อประหยัดการใช้พลังงานและลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า ควรทำความเข้าใจหลักการคิดคำนวณค่าไฟฟ้า โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ส่วนประกอบของค่าไฟฟ้า

ส่วนประกอบของค่าไฟฟ้ามีทั้งส่วนที่สามารถควบคุมได้ ได้แก่ พลังงานไฟฟ้า ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด และค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ส่วนที่ไม่สามารถควบคุมได้ ได้แก่ ค่าปรับปรุงต้นทุนการผลิตไฟฟ้า (ค่า Ft) ค่าบริการ และค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม ซึ่งขึ้นอยู่กับค่าไฟฟ้ารวมทั้งหมดในแต่ละเดือน ดังนั้น จึงควรให้ความสำคัญและพิจารณาในส่วนที่สามารถควบคุมได้ โดยมีวิธีการใช้อย่างระมัดระวังและมีประสิทธิภาพ

2.2 การจัดการต้นทุนใช้พลังงานไฟฟ้า

การจัดการด้านการใช้พลังงานไฟฟ้า หมายถึง การจัดการและควบคุมการใช้เครื่องจักร อุปกรณ์ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อลดปริมาณพลังงานไฟฟ้า ลดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด และลดค่าความต้องการพลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ (Reactive Power) สูงสุด ให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้

2.2.1 การลดปริมาณพลังงานไฟฟ้า

การลดปริมาณพลังงานไฟฟ้า สามารถทำได้โดยลดการสูญเสียและลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบ เช่น ปิดเครื่องจักรในขณะไม่ใช้งาน เลือกรุ่นอุปกรณ์ไฟฟ้าให้เหมาะสมกับงาน ติดตั้งระบบอัตโนมัติควบคุมการเปิด - ปิดไฟฟ้าอย่างเหมาะสม

2.2.2 การลดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด

ในการพิจารณาเพื่อลดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดลง จำเป็นต้องทำความเข้าใจกับคำว่าตัวประกอบโหลด (Load Factor : LF) เสียก่อน เนื่องจากตัวประกอบโหลดเป็นตัวประกอบสำคัญในการคิดต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้า เมื่อตัวประกอบโหลดมีค่าสูงแสดงว่าค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม ดังนั้น หากมีการปรับปรุงค่าตัวประกอบโหลดให้สูงขึ้น ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยก็จะลดลง ตัวประกอบโหลดเป็นค่าที่ได้จากการวัดความสม่ำเสมอของการใช้พลังงานไฟฟ้าในรอบเดือนโดยมีสมการการคำนวณ ดังนี้

$$\text{ตัวประกอบโหลด} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 1 เดือน (kW)}}{\text{กำลังไฟฟ้าสูงสุดใน 1 เดือน (kW)}} \times 100$$

หรือ

$$\text{ตัวประกอบโหลด} = \frac{\text{จำนวนหน่วยที่ใช้ทั้งหมดใน 1 เดือน (kWh)}}{\text{กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ใช้ใน 1 เดือน (kW) x จำนวนชั่วโมงใน 1 เดือน (h)}} \times 100$$

การจัดเก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในรอบปี (ตารางที่ 2 - 1 หน้า 16) จะช่วยให้ทราบค่าไฟฟ้ารวม และค่าตัวประกอบโหลด สามารถนำมาใช้ในการเพิ่มค่าตัวประกอบโหลดให้สูงขึ้น โดยการลดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดลง

ดังนั้น วิธีการลดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดสำหรับอุตสาหกรรมกระดาษสามารถปฏิบัติได้ ดังนี้

- ติดตั้ง Peak Demand Controller หรือระบบควบคุมอัตโนมัติ (PLC) เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ เช่น ปั๊มน้ำ และหยุดการใช้งานปั๊มน้ำที่ไม่จำเป็นในช่วงเวลาที่มีความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด เป็นต้น
- จัดสรรเวลาการทำงานของปั๊มน้ำไม่ให้งานในช่วงเวลาที่มีความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด
- พยายามหลีกเลี่ยงการทำงานของมอเตอร์ขณะที่ไม่มีโหลด
- ปรับปรุงสายการผลิตให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำที่สุด ในช่วงเวลาที่มีความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด
- หลีกเลี่ยงการสตาร์ทมอเตอร์ในช่วงเวลาที่มีความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด
- จัดลำดับความสำคัญของเครื่องจักร เพื่อหลีกเลี่ยงการเดินเครื่องจักรที่ไม่จำเป็น
- ใช้หลอดไฟและบัลลาสต์แกนเหล็กประสิทธิภาพสูงในระบบแสงสว่าง ซึ่งนอกจากจะช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดแล้วยังสามารถประหยัดค่าไฟฟ้าตลอดเวลาที่ใช้งานด้วย
- พยายามใช้ระบบแสงสว่างเฉพาะจุดที่จำเป็นในช่วงเวลาที่มีความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด

2.2.3 การลดความต้องการพลังไฟฟ้ารีแอกทีฟสูงสุด

การลดค่าความต้องการพลังไฟฟ้ารีแอกทีฟสูงสุดสามารถทำได้โดยการแก้ไขค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor Correction) ระบบไฟฟ้าหรืออุปกรณ์ที่มีค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor : PF) ต่ำ แสดงว่ามีการสูญเสียพลังงานในระบบมาก ส่งผลให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายพลังงานมากตามไปด้วย การแก้ไขตัวประกอบกำลังไฟฟ้าให้สูงขึ้นจึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งของการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงานไฟฟ้า และช่วยลดการสูญเสียในระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าภายในอุตสาหกรรมกระดาษ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นมอเตอร์

2.3 วิธีการแก้ไขค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

การแก้ไขค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้ารวมของโรงงาน สามารถทำได้จากการใช้ตารางหาค่าตัวเก็บประจุไฟฟ้า (รายละเอียดในการติดตั้งตัวเก็บประจุไฟฟ้าที่เหมาะสม ดูได้จากเอกสารเผยแพร่ชุด รัฐ 'รักรักษ์พลังงาน เรื่อง “การจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้า”)

2.4 การจัดการระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าหรือหม้อแปลงไฟฟ้า

การจัดการในระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าที่ดี จะช่วยลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าและช่วยยืดอายุอุปกรณ์ไฟฟ้า ซึ่งเกี่ยวข้องกับการใช้หม้อแปลงไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าในอุตสาหกรรมกระดาษมีมาก ทำให้ต้องมีการติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าเพื่อเปลี่ยนไฟฟ้าแรงดันสูงที่จ่ายมาจากการไฟฟ้าให้เป็นไฟฟ้าแรงดันต่ำเพื่อใช้กับอุปกรณ์ต่างๆ ภายในอุตสาหกรรมกระดาษ ดังนั้น การใช้หม้อแปลงไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพจะช่วยลดค่าไฟฟ้าได้

2.4.1 การใช้หม้อแปลงไฟฟ้าภายในอุตสาหกรรมกระดาษอย่างมีประสิทธิภาพ ทำได้โดย

- เก็บข้อมูลหม้อแปลงไฟฟ้า (ตารางที่ 2 - 2 หน้า 18)
- ตรวจสอบสภาพการใช้งานอย่างสม่ำเสมอ เช่น ตรวจสอบวัดกระแส แรงดัน และกำลังไฟฟ้า (ตารางที่ 2 - 3 หน้า 19)
- นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ เพื่อหาแนวทางในการจัดโหลดให้สมดุลกันทุกเฟส
- ปรับแรงดันของหม้อแปลงไฟฟ้าให้อยู่ในระดับที่ใช้งานอย่างเหมาะสม โดยการปรับที่ TAP ของหม้อแปลงไฟฟ้า
- เลือกใช้หม้อแปลงไฟฟ้าชนิดประสิทธิภาพสูง

ตัวอย่างการคิดค่าไฟฟ้าประเภท 4 กิจการขนาดใหญ่ อัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Tariff : TOU Tariff) แสดงให้เห็นถึงส่วนประกอบของค่าไฟฟ้าที่สามารถควบคุมได้

ค่าพลังงานไฟฟ้า
 = (จำนวนพลังงานไฟฟ้าช่วง On Peak x อัตราค่าไฟฟ้าช่วง On Peak) + (จำนวนพลังงานไฟฟ้าช่วง Off Peak x อัตราค่าไฟฟ้าช่วง Off Peak)
 = (1,801,000 x 2.695) + (3,005,000 x 1.1914) = 8,433,852 บาท

การไฟฟ้านครหลวง
รายละเอียดเพิ่มเติม (เดือนปัจจุบัน)
ประเภท 4.2.2 **ตัวคูณ 1000**
ค่าพลังงานไฟฟ้า 8,433,851.94 บาท

ค่าความเสียหายการส่งไฟฟ้า 1,003,887.00
**** 61.97% OF 7,552 kW**
เพนaltiแพคเตอร์

ค่าบริการ (รวมค่าไฟฟ้าและค่าบริการ FT (เพิ่มค่า) พ 228.17
รวมค่าไฟฟ้าและค่าบริการ 9,437,967.11

ส่วนลด
ค่าไฟฟ้ารวม 10,492,884.11
ภาษีมูลค่าเพิ่ม 7% 734,501.89
รวมเงิน 11,227,386.00

รวมเงินที่ต้องชำระสุทธิ 11,227,386.00 บาท

30002570007070134711227386000745
อัตราค่าไฟฟ้าผันแปร (ฟ.ท) พ 21.95 สต./หน่วย
จำนวน 1* 1,801,000 หน่วย
จำนวน 2* 3,005,000
จำนวน 1* 7,552 กิโลวัตต์
จำนวน 2* 7,468
จำนวน 3,923 กิโลวัตต์

6749725

ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft)
 ค่า Ft ช่วง On Peak = จำนวนพลังงานไฟฟ้าช่วง On Peak x ค่า Ft = 1,801,000 x 0.2195 = 395,919.50
 ค่า Ft ช่วง Off Peak = จำนวนพลังงานไฟฟ้าช่วง Off Peak x ค่า Ft = 3,005,000 x 0.2195 = 659,597.50
 ค่าไฟฟ้าผันแปร Ft = ค่า Ft ช่วง On Peak + ค่า Ft ช่วง Off Peak = 1,054,917 บาท

ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (Demand)
 ช่วง On Peak = (ความต้องการพลังงานไฟฟ้าช่วง On Peak x อัตราค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าช่วง On Peak)
 = 7,552 x 132.93 = 1,003,887 บาท

ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า = จำนวน kVar ที่เกินกว่าร้อยละ 61.97 ของ ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด x อัตราค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า
 จำนวน kVar ที่ต้องเสียค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า = 0.6197 x 7,552 = 4,679.98 kVar
 ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าจริงที่ใช้ = 3,923 kVar < 4,679.98 kVar (ไม่ต้องเสียค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า)

การจดข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในรอบปีเพื่อหาค่าไฟฟ้ารวมและค่าตัวประกอบโหลด

เดือน	หมายเลขมิเตอร์ xxxxxxxx		ประเภทผู้ใช้ xxxxxxxx				Load Factor (%)	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท)
	พลังงานไฟฟ้า (kWh)	อัตราปกติ	ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด (kW)		TOU Tariff			
			On Peak	Partial Peak	On Peak	Off Peak		
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
รวม								
เฉลี่ย								

* Off Peak 1 เวลา 22:00 - 09:00 น. ของวันจันทร์ - ศุกร์

** Off Peak 2 ตลอดทั้งวันของวันเสาร์, อาทิตย์ และวันหยุดราชการประจำปีตามปฏิทิน ไม่รวมวันหยุดชดเชย

$$\text{ตัวประกอบโหลด (Load Factor)} = \frac{\text{จำนวนหน่วยที่ใช้ทั้งหมดใน 1 เดือน (kWh)} \times 100}{\text{กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ใช้ใน 1 เดือน (kW)} \times \text{จำนวนชั่วโมงใน 1 เดือน (h)}}$$

ตัวอย่างการคิดค่าไฟฟ้าประเภท 4 กิจการขนาดใหญ่ อัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของวัน (Time of Day Tariff : TOD Tariff)

โรงงานกระดาษแห่งหนึ่งมีระดับแรงดัน 22 kV ใช้พลังงานไฟฟ้าในเดือนมกราคม เป็นจำนวน 11,939,400 kWh ความต้องการพลังไฟฟ้ารีเอคทีฟ 10,960 kVar ช่วงห้วงที่มีความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด 18,480 kW ช่วงตอนกลางคืนมีความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด 18,200 kW เสียอัตราค่าไฟฟ้าประเภท 4.1.2

- ช่วงตอนกลางวัน (On Peak) เวลา 18.30 - 21.30 = 285.05 บาท/kWh • พลังงานไฟฟ้า = 1.7034 บาท/kWh
- ช่วงตอนกลางคืน (Partial Peak) เวลา 08.00 - 18.30 = 58.88 บาท/kWh • ค่า Ft = 0.3828 บาท/หน่วย

วิธีคิดอัตราค่าไฟฟ้าประเภท 4.1.2 (อัตรา TOD)

ส่วนที่ 1 ค่าไฟฟ้าฐาน

1. ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า = (ความต้องการพลังไฟฟ้าช่วง On Peak x อัตราค่าความต้องการพลังไฟฟ้าช่วง On Peak) + (ความต้องการพลังไฟฟ้าช่วง Partial Peak เฉพาะส่วนที่เกิน On Peak x อัตราค่าความต้องการพลังไฟฟ้าช่วง Partial Peak)

$$= (18,480 \times 285.05) + ((19,580 - 18,480) \times 58.88) = 5,332,492.00 \text{ บาท}$$

= จำนวนพลังงานไฟฟ้า x อัตราค่าพลังงานไฟฟ้า

$$= 11,939,400 \times 1.7034 = 20,337,573.96 \text{ บาท}$$

= จำนวน kVar ที่เกินกว่าร้อยละ 61.97 ของ kW

$$= 10,960 - (19,580 \times 0.6197) = 1,174 \text{ kVar (แสดงว่าค่า PF สูงกว่า 0.85 ซึ่งไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในส่วนนี้)}$$

จำนวนเงิน

$$= 5,332,492.00 + 20,337,573.96 = 25,670,065.96 \text{ บาท}$$

รวมค่าไฟฟ้าฐาน

ส่วนที่ 2 ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft)

$$= 11,939,400 \times 0.3828 = 4,570,402.32 \text{ บาท}$$

ส่วนที่ 3 ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม 7%

$$= (25,670,065.96 + 4,570,402.32) \times 7/100 = 2,116,832.78 \text{ บาท}$$

$$= 25,670,065.96 + 4,570,420.32 + 2,116,832.78 = 32,357,301.06 \text{ บาท}$$

เดือน	หมายเลขมิเตอร์ XXXXXXXX				ประเภทผู้ใช้ 4.1.2		
	พลังงานไฟฟ้า (kWh)	ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด (kW)		TOU Tariff		Load Factor (%)	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท)
		On Peak	Partial Peak	On Peak	Off Peak		
1	11,939,400	18,480	19,580	18,200		82	32,357,301.06

การเก็บข้อมูลหม้อแปลงไฟฟ้า

ชื่อสถานประกอบการ.....

รายละเอียด	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3	ชุดที่ 4
ประเภทหม้อแปลงไฟฟ้า	[] แบบแห้ง [] แบบเปียก	[] แบบแห้ง [] แบบเปียก	[] แบบแห้ง [] แบบเปียก	[] แบบแห้ง [] แบบเปียก
ขนาดพิกัด (kVA)				
พิกัดแรงดันสูง (kV)				
พิกัดแรงดันต่ำ (V)				
พิกัดกระแสด้านแรงดันสูง (A)				
พิกัดกระแสด้านแรงดันต่ำ (A)				
ระบบระบายความร้อน				
กลุ่มเวกเตอร์ (Vector Group)				
ผู้ผลิต				
ชั่วโมงการทำงาน/ปี				
เดือน/ปี ที่ติดตั้งใช้งาน				
สถานที่ติดตั้ง				

ตารางที่ 2 - 3

การตรวจวัดหม้อแปลงไฟฟ้าและระบบจ่ายย่อย

ชื่อสถานประกอบการ.....

ลำดับ	ตำแหน่งที่ทำการตรวจวัด	พิกัดหม้อแปลง (kVA)	ผลการตรวจวัด						% ภาระการใช้งานของหม้อแปลงไฟฟ้า
			แรงดัน (V)	กระแสในแต่ละเฟส			ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (PF)	กำลังไฟฟ้า (kW)	
				เฟส R	เฟส S	เฟส T			

ตัวอย่าง

การเก็บข้อมูลหม้อแปลงไฟฟ้า

ชื่อสถานประกอบการ โรงงานผลิตกระดาษเป็นสุข

รายละเอียด	ชุดที่ 1
ประเภทหม้อแปลงไฟฟ้า	[] แบบแห้ง [/] แบบเปียก
ขนาดพิกัด (kVA)	1,000
พิกัดแรงดันสูง (kV)	22
พิกัดแรงดันต่ำ (V)	400/230
พิกัดกระแสด้านแรงดันสูง (A)	26.2
พิกัดกระแสด้านแรงดันต่ำ (A)	1,463.4
ระบบระบายความร้อน	อากาศ
กลุ่มเวกเตอร์ (Vector Group)	Dy 11
ผู้ผลิต	xxx
ชั่วโมงการทำงาน/ปี	8,760
เดือน/ปี ที่ติดตั้งใช้งาน	May 1995
สถานที่ติดตั้ง	ภายนอกโรงงาน

หมายเหตุ : กลุ่มเวกเตอร์ (Vector Group) เป็นลักษณะการต่อหม้อแปลงในรูปแบบต่างๆ เช่น Dd 6, Dy 11 เป็นต้น

ตัวอย่าง

การตรวจวัดหม้อแปลงไฟฟ้าและระบบจ่ายย่อย

ชื่อสถานประกอบการ โรงงานผลิตกระดาษเป็นสุข

ลำดับ	ตำแหน่งที่ทำการตรวจวัด	พิกัดหม้อแปลง (kVA)	ผลการตรวจวัด						% ภาระการใช้งานของหม้อแปลงไฟฟ้า
			แรงดัน (V)	กระแสในแต่ละเฟส			ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (PF)	กำลังไฟฟ้า (kW)	
				เฟส R	เฟส S	เฟส T			
1	ตู้ควบคุมไฟฟ้าหลักภายในโรงงาน	1,000	380	1,120	1,005	1,150	0.83	596.3	71.84

หมายเหตุ : ศึกษาเพิ่มเติมการใช้งานของหม้อแปลงได้จากเอกสารเผยแพร่ชุด รู้ ู้ ร์กษพลังงาน เรื่อง “การจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้า”

ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

แสงสว่างเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการทำกิจกรรมต่างๆ ในอุตสาหกรรมการผลิตกระดาษ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและเพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน ดังนั้น สมควรต้องมีการจัดการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับแสงสว่างให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งส่งผลต่อการอนุรักษ์พลังงาน

3.1 การเลือกใช้แสงสว่างที่เหมาะสมกับพื้นที่ในอุตสาหกรรมกระดาษ

การใช้แสงสว่างในอุตสาหกรรมกระดาษโดยทั่วไป แบ่งตามกระบวนการผลิตออกเป็น 2 ประเภท คือ ใช้แสงสว่างแบบเป็นจุด และใช้แสงสว่างแบบบริเวณกว้าง ในพื้นที่ที่จะถูกใช้งานตลอด 24 ชั่วโมง ควรออกแบบอาคารโรงงานให้สามารถรับแสงสว่างจากธรรมชาติในช่วงเวลากลางวันได้ ด้วยการติดตั้งกระเบื้องหลังคาชนิดโปร่งแสง หรือติดตั้งกระจกใสบริเวณด้านข้างของอาคารโรงงาน สำหรับพื้นที่ที่มีความจำเป็นต้องใช้แสงสว่างจากหลอดไฟตลอด 24 ชั่วโมง ต้องพิจารณาเลือกใช้แสงสว่างที่เหมาะสมเพื่อช่วยเพิ่มคุณภาพของผลผลิตและลดการใช้พลังงานลง สรุปได้ดังนี้

พื้นที่ของโรงงานอุตสาหกรรมกระดาษ	ลักษณะของแสงสว่างและประเภทของหลอดไฟที่ควรเลือกใช้
กระบวนการเตรียมเยื่อ การทำกระดาษให้เป็นแผ่น การเคลือบ การตัดผิวให้มัน และการตัดแบ่ง	<ul style="list-style-type: none"> ควรเลือกใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์และบัลลาสต์แกนเหล็กประสิทธิภาพสูง ร่วมกับโคมสะท้อนแสงแบบปรับมุมได้ โดยติดตั้งบริเวณผนังของอาคารโรงงาน หรือบริเวณเครื่องจักรให้มีระดับความส่องสว่างประมาณ 200 - 300 Lux พื้นที่ที่ไม่สามารถติดตั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์ ควรติดตั้งหลอดไฟโปรยร่วมกับโคมไฮเบย์
กระบวนการผลิตกล่องกระดาษลูกฟูก	<ul style="list-style-type: none"> ใช้แสงสว่างค่อนข้างหลากหลายในแต่ละพื้นที่ โดยประมาณตั้งแต่ 200 - 500 Lux สำหรับแสงสว่างรวม ควรเลือกใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ และบัลลาสต์แกนเหล็กประสิทธิภาพสูง
การพิมพ์สี	<ul style="list-style-type: none"> จะต้องใช้แสงสว่างมากในการแยกแยะสีหลังการพิมพ์ สามารถเลือกใช้โคมสะท้อนแสงหลอดคู่ติดตั้งในสถานที่ที่ต้องการแสงสว่างมาก
ส่วนของการลำเลียงแผ่นกระดาษ	<ul style="list-style-type: none"> ต้องการแสงสว่างเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เลือกใช้โคมสะท้อนแสงหลอดเดี่ยวติดตั้งในสถานที่ที่ต้องการแสงสว่างน้อย

3.2 มาตรการอนุรักษ์พลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

การอนุรักษ์พลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่างสามารถทำได้หลายวิธีทั้งแบบที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายและแบบที่ต้องเสียค่าใช้จ่ายเพื่อติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

3.2.1 มาตรการที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย

- เก็บข้อมูลระบบแสงสว่างเพื่อตรวจสอบการใช้พลังงานไฟฟ้า (ตารางที่ 3 - 1 หน้า 22)
- หมั่นตรวจเช็คทำความสะอาดหลอดไฟและโคมไฟอยู่เสมอ เพราะฝุ่นละอองที่เกาะหลอดไฟและโคมไฟจะทำให้แสงสว่างน้อยลง
- ใช้แสงธรรมชาติในเวลากลางวัน (Day Light) ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด
- ลดการใช้ความสว่างที่เกินความจำเป็นโดยการ
 - ปิดดวงจรหลอดบริเวณที่แสงสว่างมากเกินไป
 - หริ้ความสว่างของแสงสำหรับหลอดไฟที่ปรับระดับแสงสว่างได้
 - ปิดไฟในส่วนที่ไม่ใช้งาน
- เลือกวิธีใช้แสงสว่างและระดับความสว่างที่ตรงกับความต้องการของแต่ละพื้นที่

3.2.2 มาตรการที่ต้องเสียค่าใช้จ่าย

- เลือกใช้โคมไฟที่ช่วยเพิ่มความสว่าง
- เลือกใช้หลอดไฟและอุปกรณ์ร่วมที่มีประสิทธิภาพสูง
- ปรับปรุงระบบการเปิด - ปิดสวิตช์ของอุปกรณ์แสงสว่าง เพื่อให้ใช้งานตามความเป็นจริง
- ใช้เทคนิคการควบคุมแสงสว่างเพื่อการประหยัดพลังงาน

3.3 เทคนิคการควบคุมแสงสว่างเพื่อการประหยัดพลังงาน

การควบคุมแสงสว่างเพื่อการประหยัดพลังงานจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ที่ควบคุมแสงสว่าง ประกอบด้วยอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ (Sensor) ชุดควบคุม (Light Controller) และอุปกรณ์แสงสว่าง โดยมีหลักการทำงานคือ ชุดควบคุมรับสัญญาณจากอุปกรณ์ตรวจจับ เช่น อุปกรณ์ตั้งเวลา (Timer) อุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว (Presence Detector) และอุปกรณ์ตรวจวัดระดับแสงสว่าง (Photocell) เป็นต้น แล้วนำมาประมวลผลและส่งสัญญาณไปควบคุมการเปิด - ปิด หรือหรี่แสงอุปกรณ์แสงสว่าง (ตารางที่ 3 - 2 หน้า 24)

ตัวอย่าง

ตารางการเก็บข้อมูลระบบแสงสว่าง

ชื่อสถานประกอบการ โรงงานกระดาษประหยัดพลังงาน

ลำดับ	บริเวณที่ตรวจวัด	โคมไฟที่มีอยู่ในปัจจุบัน				ความเข้มการส่องสว่างมาตรฐาน (Lux)	ความเข้มการส่องสว่างที่วัดได้ (Lux)	ปรับปรุง	ไม่ปรับปรุง	แนวทางการปรับปรุง	ผลหลังปรับปรุง					ผลต่าง (kW)	
		ชนิดหลอด	จำนวนโคม	หลอดต่อโคม	กำลังไฟฟ้าต่อหลอด (W)						กำลังไฟฟ้ไฟรวม (kW)	จำนวนโคม	หลอดต่อโคม	กำลังไฟฟ้าต่อหลอด (W)	กำลังไฟฟ้ไฟรวม (kW)		ความเข้มการส่องสว่างที่วัดได้ (Lux)
1	พื้นที่ผลิตกระดาษ	FL	60	3	46	8.28	500	600	●	เนื่องจากความเข้มการส่องสว่างเดิมสูงกว่ามาตรฐาน ทำการปลดหลอดออกในบางจุด	ชนิดหลอด	จำนวนโคม	หลอดต่อโคม	กำลังไฟฟ้ไฟต่อหลอด (W)	กำลังไฟฟ้ไฟรวม (kW)	ความเข้มการส่องสว่างที่วัดได้ (Lux)	2.76
2	พื้นที่ขึ้นเชื้อกระดาษ	HID	10	1	1,000	10	200	120	●	ติดตั้งกระเบื้องโคมไฟส่องแสงบนหลังคาโรงงาน	HID	10	1	1,000	10	250	-

กำลังไฟฟ้ไฟรวม = กำลังไฟฟ้ไฟต่อหลอด (W) x จำนวนหลอด

การคิดกำลังไฟฟ้ไฟต่อหลอดของหลอด FL ให้รวมการสูญเสียที่บัลลาสต์ (Ballast) ด้วย

บัลลาสต์แกนเหล็กธรรมดา มีกำลังสูญเสียประมาณ 10 วัตต์

บัลลาสต์แกนเหล็กประสิทธิภาพสูง มีกำลังสูญเสียประมาณ 6 วัตต์

เทคนิคการควบคุมแสงสว่าง	แนวทางปฏิบัติ
<ol style="list-style-type: none"> 1. การลดความสว่างที่เกินความจำเป็น <ol style="list-style-type: none"> 1.1 การควบคุมแสงขณะใช้งาน 1.2 การควบคุมเฉพาะช่วงเวลา 2. การปรับความสว่างจากแสงธรรมชาติ 3. การใช้อุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวเพื่อเปิด - ปิดไฟฟ้าแสงสว่าง 4. การใช้แสงธรรมชาติ 	<ul style="list-style-type: none"> ● ปลดวางจรรยาบรรณที่ไม่จำเป็นออก ● ติดตั้งอุปกรณ์ตั้งเวลาเพื่อควบคุมการเปิด - ปิด ● ติดตั้งอุปกรณ์หรี่แสงสว่างในเวลาที่มีแสงสว่างจากธรรมชาติเข้ามา ● ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวชนิดอัลตราโซนิก หรือชนิดพาสซีฟอินฟราเรด ● ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับระดับแสงสว่างจากภายนอก เพื่อส่งสัญญาณควบคุมไปหรี่แสงสว่างจากหลอดไฟ

ระบบทำความเย็นและปรับอากาศ

ความสะอาดของผลิตภัณฑ์เป็นสิ่งสำคัญของอุตสาหกรรมกระดาษ จึงมีการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นและฝุ่นละอองในกระบวนการผลิต ทำให้อาคารของโรงงานกระดาษโดยทั่วไปมีลักษณะปิด ซึ่งอาจมีผลต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานได้ เนื่องจากการฟุ้งกระจายของสิ่งต่างๆ ภายในบริเวณอาคาร ด้วยเหตุนี้ การปรับอากาศภายในโรงงานกระดาษจึงเป็นสิ่งที่จำเป็น ดังนั้น การจัดการที่ดีจะช่วยลดค่าใช้จ่ายทางด้านไฟฟ้าลงได้ นอกจากนี้การใช้งานและบำรุงรักษาระบบทำความเย็นและปรับอากาศที่ถูกต้องก็จะช่วยป้องกันการประหยัดอีกด้วย

4.1 วิธีการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ

4.1.1 ออกแบบโรงงาน ออกแบบระบบปรับอากาศ และวัสดุต่างๆ เพื่อให้ใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

4.1.2 ปรับปรุงระบบปรับอากาศที่มีอยู่เดิมให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

4.2 เกณฑ์การอนุรักษ์พลังงานในระบบทำความเย็นและปรับอากาศ

การอนุรักษ์พลังงานในระบบทำความเย็นและปรับอากาศ สามารถทำได้ทั้งแบบที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย โดยการปรับเปลี่ยนสภาพแวดล้อมในบริเวณที่ปรับอากาศ เพื่อเป็นการลดปริมาณความร้อนจากภายนอก และแบบที่ต้องเสียค่าใช้จ่ายติดตั้งอุปกรณ์เพื่อช่วยในการประหยัดพลังงาน

4.2.1 มาตรการที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย

- สำหรับพื้นที่ที่มีการใช้งานไม่เต็มพื้นที่ ควรกำหนดให้เครื่องปรับอากาศทำงานเป็นส่วนๆ ตามพื้นที่ใช้งาน
- ควบคุมปริมาณอากาศจากภายนอกเข้ามาภายในอาคาร
- ติดตั้งเครื่องปรับอากาศให้สูงจากพื้นพอสมควรเพื่อให้ลมเย็นกระจายไปทั่วถึงบริเวณต่างๆ ในห้อง
- ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าและหลอดไฟที่ไม่จำเป็น เพราะเป็นการเพิ่มปริมาณความร้อนให้กับระบบปรับอากาศ
- ตรวจสอบเครื่องปรับอากาศเป็นประจำ เพื่อตรวจสอบว่าเครื่องปรับอากาศทำงานปกติหรือไม่ และเป็นแนวทางในการอนุรักษ์พลังงานต่อไป (ตารางที่ 4 - 1 ถึง 4 - 5 หน้า 28 - 34)
- ทำความสะอาดแผ่นกรองอากาศทุกๆ เดือน
- ปิดประตูและหน้าต่างให้สนิท

4.2.2 มาตรการที่ต้องเสียค่าใช้จ่าย

- ติดตั้งฉนวนบุผนัง
- ติดตั้งกระจก 2 ชั้น เพื่อลดความร้อนจากภายนอก
- ติดตั้งเครื่องควบคุมการจ่ายลม เพื่อช่วยในการควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสม
- ติดตั้งม่านกันกันแสงอาทิตย์สำหรับกระจกหน้าต่าง เพื่อลดความร้อนจากภายนอก
- ติดตั้งแผ่นสะท้อนความร้อนจากแสงอาทิตย์
- เลือกใช้เครื่องปรับอากาศชนิดประสิทธิภาพสูง
- ปลุกต้นไม้รอบๆ อาคารโรงงาน

การที่ระบบปรับอากาศจะทำงานได้เต็มประสิทธิภาพต้องอาศัยการระบายความร้อนที่ดี ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ระบายความร้อนออกจากระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ คือ หอระบายความร้อน (Cooling Tower) ดังนั้น ควรให้ความสนใจในการดูแลรักษาหอระบายความร้อนให้สามารถระบายความร้อนได้เต็มประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถทำได้ดังนี้

4.3 แนวทางการอนุรักษ์พลังงานหอระบายความร้อน

4.3.1 ติดตั้งให้ถูกต้อง เช่น ติดตั้งไว้ในบริเวณเปิด อากาศถ่ายเทได้สะดวก ซึ่งจะทำให้การระบายความร้อนของหอระบายความร้อนมีประสิทธิภาพสูง ระยะห่างระหว่างหอระบายความร้อนกับสิ่งก่อสร้างอื่นๆ หรือในกรณีที่ติดตั้งหอระบายความร้อนหลายตัว ต้องเว้นระยะห่างตามที่ผู้ผลิตกำหนด โดยหลีกเลี่ยงการติดตั้งหอระบายความร้อนไว้ใกล้กับบริเวณที่มีก๊าซจากสารเคมี ความร้อนจากหม้อไอน้ำ ปล่องควันไอเสีย สายไฟแรงสูง หรือหม้อแปลงไฟฟ้า และที่สำคัญพื้นที่ที่ทำการติดตั้งหอระบายความร้อน ต้องได้ระดับ ไม่เอียง

4.3.2 ตรวจสอบเช็คทุกเดือน ทุกสัปดาห์ ทุกวันเป็นประจำ อย่างน้อยวันละ 2 ครั้ง เพื่อนำข้อมูลมาเปรียบเทียบได้ โดยทำการตรวจเช็คในขณะที่เครื่องกำลังทำงาน (ตารางที่ 4 - 6 และ 4 - 7 หน้า 35 - 36)

4.3.3 นำความร้อนจากระบบปรับอากาศกลับมาใช้ใหม่

4.4 การบำรุงรักษาหอระบายความร้อน

น้ำที่ใช้หมุนเวียนอยู่ในระบบระบายความร้อน ควรจะเป็นน้ำสะอาด ผ่านการกรองและปรับปรุงคุณภาพน้ำ (ตารางที่ 4 - 8 หน้า 37) อย่างไรก็ตามเนื่องจากระบบน้ำที่ใช้ระบายความร้อนเป็นระบบเปิด จึงมีฝุ่นละออง สิ่งสกปรก และเกิดตะไคร่น้ำจากหอระบายความร้อนเข้ามาอยู่ในระบบได้ รวมทั้งน้ำยาส่วนที่ระเหยออกไป จึงทำให้มีตะกอนและสารละลายตกค้างสะสมเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งจะเป็นสาเหตุให้เกิดการอุดตันในคอยล์ร้อน (Condenser)

การแก้ไขปัญหาดังกล่าวทำได้โดยระบายน้ำทิ้งและเติมน้ำเข้ามาใหม่ เพื่อลดการสะสมของสารละลายต่างๆ ซึ่งจะช่วยให้ประสิทธิภาพในการระบายความร้อนดีขึ้น ช่วยประหยัดพลังงานและยืดอายุการใช้งานของคอยล์ร้อน

4.5 ระบายน้ำทิ้ง

การระบายน้ำทิ้งเพื่อลดความเข้มข้นของสารต่างๆ ที่ห้ระบายความร้อนสามารถทำได้ 3 วิธี คือ

4.5.1 ระบายน้ำทิ้งที่ท่อน้ำล้น (Over Flow)

4.5.2 ระบายน้ำทิ้งที่ท่อน้ำทิ้ง (Drain)

4.5.3 ระบายน้ำทิ้งที่ท่อส่งปั๊มน้ำคอยล์ร้อน (Condenser Water Pump)

หมายเหตุ: 1) ควรเปลี่ยนน้ำหมวนเวียนระบายความร้อนและล้างอ่างทอระบายความร้อนอย่างน้อยเดือนละครั้ง
2) ถ้าน้ำที่ใช้หมวนเวียนมีคุณภาพดีและมีค่า Total Dissolve Solid น้อยกว่า 50 PPM ก็สามารลดปริมาณน้ำทิ้งได้

การตรวจวัดเครื่องทำความเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ

ชื่อสถานประกอบการ

ลำดับ	อุปกรณ์	พิกัด (kW)	ผลการตรวจวัดไฟฟ้า						กำลังไฟฟ้า (kW)	การใช้งาน	การแก้ไขปรับปรุง		วิธีปรับปรุง	กำลังไฟฟ้าที่วัดได้ หลังการปรับปรุง (kW)
			แรงดัน (V)	กระแส (A)			ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (PF)	ช.ม./วัน			วัน/เดือน	ไม่ปรับปรุง		
			เฟส R	เฟส S	เฟส T									
1	เครื่องที่ 1													
	- เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)													
	- ปั๊มน้ำเย็น (Chilled Water Pump)													
	- ปั๊มน้ำระบายความร้อน (Condenser Water Pump)													
	- หอระบายความร้อน (Cooling Tower)													
	- ชุดจ่ายลมเย็น (Air Handling Unit)													
	รวม													

ตัวอย่าง

การตรวจวัดเครื่องทำความเย็นชนิดระเหยความเย็นด้วยน้ำ

ชื่อสถานประกอบการ โรงงานกระดาษประหยัดพลังงาน

ลำดับ	อุปกรณ์	พิกัด (kW)	แรงดัน (V)				กระแส (A)			ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (PF)		กำลังไฟฟ้า (kW)	การใช้งาน			การแก้ไขปรับปรุง	วิธีปรับปรุง	กำลังไฟฟ้าที่วัดได้ หลังการปรับปรุง (kW)
			R	S	T	เฟส R	เฟส S	เฟส T	ช.ม./วัน	วัน/เดือน	ภาระ (%)		ไม่ปรับปรุง	ปรับปรุง				
1	เครื่องที่ 1																	
	- เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)	250	480	465	485	0.78	244.7	24	30	95	●							
	- ปั๊มทำน้ำเย็น (Chilled Water Pump)	11	21	21	21	0.75	10.37	24	30	95	●							
	- ปั๊มระบายความร้อน (Condenser Water Pump)	15	25	25	25	0.82	13.49	24	30	95	●							
	- หอระบายความร้อน (Cooling Tower)	15	24	24	24	0.77	12.16	24	30	95	●							
	- ชุดจ่ายลมเย็น (Air Handling Unit)	0.75	1.5	1.6	1.5	0.75	0.74	24	30	95	●							
	รวม																	

การเก็บข้อมูลและตรวจวัดเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนและแบบติดหน้าต่าง

ชื่อสถานประกอบการ

ลำดับที่		1	2	3	4	5	6	7	8
อาคาร									
ชื่อห้อง									
เครื่องส่งลมเย็น	ยี่ห้อ								
	รุ่น (Model)								
หมายเลขเครื่อง									
พิกัดขนาดทำความเย็นติดตั้ง (BTU/hr)									
พื้นที่ห้องจ่ายลม	กว้าง (cm)								
	ยาว (cm)								
ด้านลมจ่าย	ความเร็วลม (m/s)	จุดที่ 1							
		จุดที่ 2							
		จุดที่ 3							
	อุณหภูมิ (°C)	จุดที่ 1							
		จุดที่ 2							
		จุดที่ 3							
	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	จุดที่ 1							
		จุดที่ 2							
		จุดที่ 3							
ด้านลมกลับ	ความเร็วลม (m/s)	จุดที่ 1							
		จุดที่ 2							
		จุดที่ 3							
	อุณหภูมิ (°C)	จุดที่ 1							
		จุดที่ 2							
		จุดที่ 3							
	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	จุดที่ 1							
		จุดที่ 2							
		จุดที่ 3							
คอนเดนซิ่งยูนิท	ยี่ห้อ								
	รุ่น								

ลำดับที่	รุ่น	1	2	3	4	5	6	7	8
อุณหภูมิ ภายนอกอาคาร	อุณหภูมิ (°C)								
	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)								
อุณหภูมิ คอนเดนซึ่งยูนิิต	เข้า (°C)								
อุณหภูมิห้อง	อุณหภูมิ (°C)								
	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)								
พิกัดทางไฟฟ้า	แรงดันไฟฟ้า (V)								
	กระแสไฟฟ้า (A)								
	กำลังไฟฟ้า (kW)								
การตรวจวัด ทางไฟฟ้า	แรงดันไฟฟ้า (V)								
	กระแสไฟฟ้า (A)								
	เฟส R								
	เฟส S								
	เฟส T								
	กำลังไฟฟ้า (kW)								
	ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า								
● ประเภท									
● ลักษณะการติดตั้ง									
● ชนิดของเทอร์โมสแตท									
● อายุการใช้งาน									
● การบำรุงรักษา									
● สภาพของ Filter									
● เวลาเปิด - ปิด หรือชั่วโมงการใช้/วัน									
● จำนวนวันทำงาน/ปี									

- ประเภท (1) แบบแยกส่วน (2) แบบติดตั้งต่าง
- ลักษณะการติดตั้ง (1) แวนเพดาน (2) ติดผนัง (3) ตั้งพื้น (4) ติดหน้าต่าง (5) ซ่อนในฝ้า (6) ฝังฝ้า
- ชนิดของเทอร์โมสแตท (1) โลหะผสม (2) อิเล็กทรอนิกส์
- การบำรุงรักษา (1) ทุก 1 เดือน (2) ทุก 3 เดือน (3) ทุก 6 เดือน (4) ทุก 1 ปี (5) อื่นๆ
- สภาพของ Filter (1) สะอาด (2) สกปรก (3) สกปรกมาก (4) ไม่มี Filter

บันทึกการทำงานประจำวันของเครื่องทำความเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ

เวลา	คอยล์ร้อน		คอยล์เย็น		น้ำมัน		มอเตอร์เครื่องอัดสารทำความเย็น		น้ำเข้าคอยล์เย็น		น้ำออกคอยล์เย็น		น้ำเข้าคอยล์ร้อน		น้ำออกคอยล์ร้อน	
	ความดัน (Psig)	อุณหภูมิ (°C)	ความดัน (Psig)	อุณหภูมิ (°C)	ความดัน (Psig)	อุณหภูมิ (°C)	กระแส (A)	แรงดัน (V)	ความดัน (Psig)	อุณหภูมิ (°C)	ความดัน (Psig)	อุณหภูมิ (°C)	ความดัน (Psig)	อุณหภูมิ (°C)	ความดัน (Psig)	อุณหภูมิ (°C)
00:00																
02:00																
04:00																
06:00																
08:00																
10:00																
12:00																
14:00																
16:00																
18:00																
20:00																
22:00																

การบำรุงรักษาเครื่องทำความเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ

ประจำทุก 3 เดือน 1 ปี

วันที่.....เดือน.....ปี.....

ยี่ห้อเครื่องทำความเย็น.....รุ่น.....หมายเลขเครื่อง.....

ชื่อผู้ทำการบำรุงรักษา.....ชื่อหัวหน้าผู้ควบคุม.....

รายการที่ต้องบำรุงรักษา	ผลการบำรุงรักษาและการแก้ไข				หมายเหตุ
	ปกติ	ผิดปกติ	สาเหตุ	การแก้ไข	
<input type="checkbox"/> ตรวจสอบทุก 3 เดือน					
1. ตรวจสอบและทำความสะอาดโซลินอยด์วาล์วของคอยล์คอมเพรสเซอร์					
<input type="checkbox"/> ตรวจสอบประจำปี					
1. ตรวจสอบค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า					
2. ตรวจสอบการรั่วซึม					
3. ตรวจสอบสวิทช์และหน้าสัมผัสทุกตัว					
4. ตรวจสอบจุดต่อที่ขันด้วยน็อตให้แน่น					
5. ตรวจสอบและทำความสะอาดตู้ควบคุม					
6. ตรวจสอบค่าความสะอาดของคอยล์ของท่อคอนเดนเซอร์ในซิลเลอร์โดยใช้สารเคมี					
7. ตรวจสอบอุปกรณ์หลัก ๆ ของซิลเลอร์					
8. เปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่องอัดน้ำยาพร้อมไส้กรองน้ำมัน					
9. เปลี่ยนตัวไส้กรองน้ำยาหรือสารทำความเย็น					
10. ตรวจสอบเสียงที่ดังผิดปกติเนื่องจากการสั่นสะเทือน					
11. ตรวจสอบการทำงานของเกจวัดความดันต่างๆ					

การบำรุงรักษาชุดจ่ายลมเย็น (Air Handling Unit & Fan Coil Unit)

ประจำทุก 1 เดือน 6 เดือน

วันที่.....เดือน.....ปี.....

ยี่ห้อชุดจ่ายลมเย็น.....รุ่น.....หมายเลขเครื่อง.....

ชื่อผู้ทำการบำรุงรักษา.....ชื่อหัวหน้าผู้ควบคุม.....

รายการที่ต้องบำรุงรักษา	ผลการบำรุงรักษาและการแก้ไข				หมายเหตุ
	ปกติ	ผิดปกติ	สาเหตุ	การแก้ไข	
<input type="checkbox"/> ตรวจสอบทุก 1 เดือน					
1. ทำความสะอาดคอยล์					
2. ทำความสะอาดถาดน้ำทิ้ง					
3. ทำความสะอาดท่อระบายน้ำ					
4. ทำความสะอาดโบลเวอร์ (Blower)					
5. ตรวจสอบอีจาร์เบีมอเตอร์					
6. ตรวจสอบหน้าสัมผัสสวิตช์แม่เหล็ก					
7. ทำการล้างกรองสเตรเนอร์					
8. ตรวจสอบการทำงานของวาล์วทีมอเตอร์					
9. ตรวจสอบการทำงานของเทอร์โมสแตท					
<input type="checkbox"/> ตรวจสอบทุก 6 เดือน					
1. ทำความสะอาดตัวกรองอากาศ					
2. ตรวจสอบคอยล์					
3. ตรวจสอบสายพาน					
4. การปรับตั้งสายพาน					
5. ตรวจสอบท่อระบายน้ำ					
6. ตรวจสอบหน้าสัมผัสสวิตช์แม่เหล็ก					
7. ตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ควบคุม					
8. ตรวจสอบการรั่วของท่อน้ำเย็นและน้ำกลับ					
9. ตรวจสอบอุณหภูมิของน้ำ					
10. ตรวจสอบความดันน้ำ					
11. ตรวจสอบอุณหภูมิของลมกลับ					
12. ตรวจสอบดูการสั่นและเสียงที่ดังผิดปกติ					
13. ตรวจสอบค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า					

การบำรุงรักษาหอระบายความร้อน

ประจำทุก 1 เดือน 3 เดือน 6 เดือน 1 ปี

วันที่.....เดือน.....ปี.....

ยี่ห้อหอระบายความร้อน.....รุ่น.....หมายเลขเครื่อง.....

ชื่อผู้ทำการบำรุงรักษา.....ชื่อหัวหน้าผู้ควบคุม.....

รายการที่ต้องบำรุงรักษา	ผลการบำรุงรักษาและการแก้ไข				หมายเหตุ
	ปกติ	ผิดปกติ	สาเหตุ	การแก้ไข	
<input type="checkbox"/> ตรวจสอบทุก 1 เดือน					
1. กระแสไฟฟ้าที่มอเตอร์					
2. การทำงานของลูกลอยและระดับน้ำ					
3. ตรวจสอบระบบไฟฟ้าที่ควบคุมมอเตอร์					
4. ตรวจสอบสายพานหรือพูลเลย์ (Pulley)					
5. ตรวจสอบระดับของน้ำมันเกียร์ (ถ้ามี)					
6. ตรวจสอบการรั่วซึมของน้ำมันเกียร์ (ถ้ามี)					
7. ตรวจสอบถาดรองน้ำ					
8. ตรวจสอบลูกลอย					
9. ตรวจสอบเสียงที่ดังผิดปกติ					
10. ตรวจสอบการสั่นสะเทือนที่ผิดปกติ					
<input type="checkbox"/> ตรวจสอบทุก 3 เดือน					
1. ตรวจสอบขั้วสายไฟฟ้าและข้อต่อต่างๆ					
2. ตรวจสอบความตึงของลวดยึดโยงท่อน้ำ					
3. ตรวจสอบและล้างตัวกรองสเตรนเนอร์					
4. ตรวจสอบและหล่อลื่นแบร์ริงมอเตอร์					
5. ตรวจสอบการทำงานของหัวฉีดว่าอุดตันหรือไม่					
<input type="checkbox"/> ตรวจสอบทุก 6 เดือน					
1. ตรวจสอบและทำความสะอาดพัดลม					
2. ตรวจสอบและทำความสะอาดมอเตอร์และเกียร์ (ถ้ามี)					
3. ตรวจสอบและทำความสะอาดตัวกรองและถาดรองน้ำ					
<input type="checkbox"/> ตรวจสอบทุก 1 ปี					
1. ตรวจสอบการทำงานและเปลี่ยนน้ำมันเกียร์ (ถ้ามี)					

ตารางที่ 4 - 8

การตรวจสอบคุณภาพน้ำสำหรับหอยระบายน้ำ

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)		ค่าความเป็นกรดด่าง		ค่าสารคลอไรด์		ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)		น้ำดื่มหอยระบายน้ำ		รอบการทำงาน *	ความสะอาดของน้ำ **
วัดได้	มาตรฐาน	วัดได้	มาตรฐาน	วัดได้	มาตรฐาน	วัดได้	มาตรฐาน	ค่าสารคลอไรด์	ค่าสารคลอไรด์		

$$\text{* รอบการทำงาน} = \frac{\text{ค่าสารคลอไรด์ในน้ำเย็นที่ได้}}{\text{ค่าสารคลอไรด์ในน้ำดื่ม}}$$

$$\text{** ความสะอาดของน้ำ} = (\text{จำนวนรอบการทำงาน} \times \text{ค่าความกระด้างของน้ำดื่ม}) - \text{ค่าความกระด้างของน้ำเย็นที่ได้}$$

ระบบขับเคลื่อนโดยใช้อิเล็กทริก

มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์สำคัญที่ใช้ในหลาย ๆ จุดของอุตสาหกรรมกระดาษ เช่น กระบวนการผลิตระบบขนส่งภายใน และระบบบำบัดน้ำเสีย โดยปกติมอเตอร์มีอายุการทำงานอยู่ในช่วงประมาณ 10 - 20 ปี แต่หากใช้งานมอเตอร์ไม่เหมาะสม ประสิทธิภาพการทำงานของมอเตอร์ย่อมต่ำลง ส่งผลให้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้สูงกว่าที่ควรเป็น ทำให้เสียค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมาก ดังนั้น การบำรุงรักษามอเตอร์และการใช้งานมอเตอร์อย่างเหมาะสมจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง

5.1 ส่วนต่าง ๆ ของโรงงานกระดาษที่ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นขับเคลื่อน

5.1.1 ระบบขนส่งภายในโรงงานกระดาษ

อุตสาหกรรมกระดาษมีการใช้อุปกรณ์ในการขนส่งเพื่อความสะดวกและประหยัดเวลา และอุปกรณ์ที่ใช้งานนี้ต้องอาศัยมอเตอร์ในการขับเคลื่อนสายพานลำเลียงกระดาษ

5.1.2 ระบบประปาและระบบบำบัดน้ำเสีย

ระบบประปาและการบำบัดน้ำเสียเป็นระบบที่สำคัญอีกระบบหนึ่งของอุตสาหกรรมกระดาษ เพราะกระบวนการผลิตบางขั้นตอนมีการใช้น้ำมาก และน้ำที่ผ่านขั้นตอนการผลิตต่างๆ จะเป็นน้ำทิ้งที่มีสารเคมีปนอยู่ด้วย ดังนั้น จึงต้องมีการบำบัดก่อนปล่อยทิ้งเพื่อรักษาสิ่งแวดล้อม ระบบดังกล่าวต้องใช้ปั๊มน้ำในการสูบน้ำและปั๊มน้ำอาศัยมอเตอร์ไฟฟ้าในการขับเคลื่อนให้เกิดการทำงาน ดังนั้น ควรมีการตรวจสอบดูแล เพื่อให้ปั๊มน้ำทำงานอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อการประหยัดพลังงาน

5.2 เทคนิคการอนุรักษ์พลังงานมอเตอร์ไฟฟ้า

การอนุรักษ์พลังงานในมอเตอร์ไฟฟ้าสามารถทำได้ทั้งแบบที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย และแบบที่ต้องเสียค่าใช้จ่าย ซึ่งได้แก่

5.2.1 มาตรการที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย

- ทำการเก็บข้อมูลมอเตอร์ไฟฟ้า เพื่อนำไปเปรียบเทียบระหว่างค่าฟักัดมอเตอร์ กับค่าที่วัดได้ในแต่ละครั้ง (ตารางที่ 5 - 1 หน้า 42) จะทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพการทำงานของมอเตอร์ เพื่อนำไปประกอบการตัดสินใจเลือกใช้มอเตอร์ที่มีขนาดเหมาะสม
- ตรวจสอบสภาพการระบายความร้อนของมอเตอร์เป็นประจำ
- ตรวจสอบระบบทางกลไกของมอเตอร์เป็นประจำ
- หลีกเลี่ยงการเดินมอเตอร์ตัวเปล่า

- การกำหนดขั้นตอนการเดินมอเตอร์
- การบำรุงรักษาเชิงป้องกันตามระยะเวลา
- ตรวจสอบระบบกำลัง เช่น โข่ สายพาน เฟือง เป็นต้น

5.2.2 มาตรการที่ต้องเสียค่าใช้จ่าย

- ใช้เครื่องควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ ปรับความเร็วมอเตอร์ให้ช้าหรือเร็ว สำหรับงานที่ต้องการความเร็วหลากหลาย เช่น มอเตอร์ปั้มน้ำ มอเตอร์พัดลม เป็นต้น
- เลือกใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงแทนมอเตอร์เดิมเมื่อมอเตอร์เสีย
- ติดตั้งชุดควบคุมภาระของมอเตอร์ (Motor Load Control : MLC)

5.3 ปั๊มน้ำ

เป็นเครื่องมือกลที่ทำหน้าที่เพิ่มพลังงานให้กับน้ำหรือของเหลว แหล่งพลังงานที่ทำหน้าที่ขับปั้มน้ำ อาจจะเป็นมอเตอร์ไฟฟ้า เครื่องยนต์ แรงลม แรงคน หรือพลังงานจากแหล่งอื่นๆ แต่ที่นิยมใช้คือ มอเตอร์ไฟฟ้า เพื่อทำให้น้ำหรือของเหลวเคลื่อนที่จากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่งที่อยู่สูงกว่าหรือในระยะที่ไกลออกไป

5.3.1 การเลือกปั้มน้ำสำหรับโรงงานกระดาษ

โรงงานผลิตกระดาษใช้ปั้มน้ำสำหรับสูบน้ำเข้าไปในกระบวนการผลิตต่างๆ เช่น การล้างเยื่อกระดาษ การใช้ในระบบประปาและระบบบำบัดน้ำเสีย โดยทั่วไปใช้ปั้มน้ำชนิดแรงเหวี่ยง (Centrifugal) ซึ่งจำเป็นต้องพิจารณาให้ละเอียดมากขึ้น เนื่องจากมีขนาดใหญ่และมีเรื่องของราคาและค่าการบำรุงรักษาเข้ามาเกี่ยวข้อง ข้อมูลที่จำเป็นที่ต้องทราบก่อนที่จะทำการเลือก มีดังนี้

- ชนิดของน้ำที่ต้องการสูบ อุณหภูมิ ความหนืด ความหนาแน่น
- อัตราการสูบ (Flow Rate) ที่ต้องการ
- ความดันหรือความสูงที่ต้องยกน้ำนั้นๆ ขึ้นไป หรือที่เรียกกันว่า เฮด (HEAD)
- ความเร็วรอบของปั้มน้ำ
- สภาพทางด้านดูดของปั้มน้ำ (ค่า $NPSH_r$)
- ขนาดท่อและสถานะการติดตั้ง
- ข้อมูลจากผู้แทนจำหน่ายปั้มน้ำ ได้แก่ Pump Curve

ข้อมูลเหล่านี้จะเป็นสิ่งที่ช่วยในการตัดสินใจเลือกขนาดของปั้มน้ำให้เหมาะสมกับการใช้งานในแต่ละประเภท

5.3.2 การใช้ปั้มน้ำให้ประหยัดพลังงาน

- เลือกปั้มน้ำซึ่งมีการทำงานที่ประสิทธิภาพสูงสุดใกล้เคียงกับจุดใช้งาน

- ไม่ควรเพื่อขนาดปั้มน้ำให้มีขนาดใหญ่จนเกินไป
- กรณีมอเตอร์เดิมเสีย เลือกใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงในปั้มน้ำแทนการใช้มอเตอร์แบบมาตรฐานทั่วไป
- ใช้ระบบปรับความเร็วรอบ (VSD Control) ในปั้มน้ำแทนการปิดวาล์ว หรือแทนการเปิดให้ไหลวนกลับ (Bypass) จะสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่า
- ติดตั้งระบบควบคุมอัตโนมัติ (PLC) หรือเครื่องตั้งเวลา เพื่อควบคุมการทำงานและหยุดการใช้งานของปั้มน้ำที่ไม่จำเป็นในช่วงเวลาค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด (On Peak)
- ติดตั้งระบบถังเก็บน้ำให้เพียงพอต่อความต้องการน้ำในช่วงเวลาค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด
- บันทึกข้อมูลการใช้ปั้มน้ำอย่างสม่ำเสมอเพื่อวัดประสิทธิภาพ (ตารางที่ 5 - 2 หน้า 44)
- จัดตารางการบำรุงรักษาปั้มน้ำอย่างสม่ำเสมอ (ตารางที่ 5 - 3 หน้า 45)

5.4 ระบบอากาศอัด

เครื่องจักรในอุตสาหกรรมกระดาษมีการใช้ลมในการขับเคลื่อนส่วนที่มีการเคลื่อนไหวต่างๆ การที่จะทำให้ลมมีแรงดันสูงพอที่จะขับเคลื่อนเครื่องจักรต่างๆ ได้นั้น จำเป็นต้องอาศัยเครื่องอัดอากาศ (Air Compressor) และท่อส่งลม ดังนั้น จึงควรมีการบริหารจัดการอุปกรณ์เหล่านี้ให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและประหยัดพลังงานเพื่อก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด

การบริหารจัดการอุปกรณ์เครื่องอัดอากาศให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ

5.4.1 เครื่องอัดอากาศ

เพื่อให้เครื่องอัดอากาศทำงานอย่างมีประสิทธิภาพตลอดเวลา จึงควรตรวจสอบจุดต่างๆ ต่อไปนี้เป็นประจำทุกวัน (ตารางที่ 5 - 4 ถึง 5 - 5 หน้า 46 - 47)

- ระบบจ่ายน้ำสำหรับลดความร้อนอากาศอัด After Cooler ทำงานปกติหรือไม่
- ความร้อนที่เกิดจากเครื่องอัดอากาศสูงกว่าปกติหรือไม่
- สวิตช์แรงดันสำหรับ Un - Loader ทำงานปกติหรือไม่ และค่า Set Point ตั้งไว้ถูกต้องหรือไม่
- เครื่องอัดอากาศส่งเสียงผิดปกติหรือไม่ และลื่นกว่าปกติหรือไม่
- เครื่องกรองอากาศด้านดูดอากาศเข้าดูดตันหรือไม่
- วาล์วนิรภัย ทำงานเป็นปกติหรือไม่ และค่า Set Point ตั้งไว้ถูกต้องหรือไม่
- มาตรวัดความดัน (Pressure Gauge) ทำงานปกติหรือไม่
- ตัวระบายน้ำและน้ำมันออกจากถังลม (Air Tank Drain Ejector) ทำงานปกติหรือไม่

5.4.2 การควบคุมความดัน

จำเป็นต้องตรวจสอบจุดต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- ความดันต่ำสุดที่การควบคุมยังมีเสถียรภาพ (Minimum Pressure Line) เป็นปกติหรือไม่
 - ความดันที่ทำให้อุปกรณ์ควบคุมเสียหาย (Proof Pressure) เป็นปกติหรือไม่
- ถ้าตั้งค่าสวิตช์ความดันของวาล์วนิรภัยและวาล์วกันกลับ ต้องตรวจสอบในเรื่องต่อไปนี้
- การตั้งค่าสวิตช์ความดันของวาล์วนิรภัยและวาล์วกันกลับถูกต้อง และทำงานได้อย่างถูกต้องหรือไม่
 - ตรวจสอบการทำงานของวาล์วว่าสามารถป้องกันการไหลกลับของลมได้หรือไม่
 - อุปกรณ์ควบคุมความดันลม (Regulator) ทำงานเป็นปกติหรือไม่
 - ตรวจสอบมาตรวัดความดัน (Pressure Gauge) ว่าทำงานเป็นปกติหรือไม่

5.4.3 การควบคุมการระบายน้ำทิ้ง (Water Drain)

- ควรทำการระบายน้ำทิ้งทุกวัน โดยเฉพาะช่วงเช้าก่อนเริ่มเดินเครื่องเพื่อป้องกันการสะสมของน้ำ
- สามารถระบายน้ำ (Water Drain) ตามจุดระบายน้ำทิ้งได้ทุกจุด

5.4.4 การควบคุมระบบท่ออากาศ

- เกิดการรั่วจากจุดต่อ ข้อต่อหลวมหรือไม่
- เกิดการรั่วตามท่อหรือสายลมต่างๆ หรือไม่
- วาล์วเปิด - ปิด (Stop Valve) สนิทหรือไม่

การตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์

อุปกรณ์	ชนิด (AC/DC)	ชั่วโมงใช้งาน (ชม./วัน)	พิกัดมอเตอร์ (ค่าจากป้ายเครื่อง)			ผลจากการตรวจวัด				ประสิทธิภาพ (%)	การปรับปรุงแก้ไข		วิธีปรับปรุง	กำลังไฟฟ้าหลังจากการปรับปรุง (kW)	
			กำลังไฟฟ้า (kW)	แรงดัน (V)	กระแส (A)	ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (PF)	กระแส (A)	แรงดัน (V)	กำลังไฟฟ้า (kW)		ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (PF)	ไม่ปรับปรุง			ปรับปรุง

สมการที่ใช้ในการคำนวณ

$$\text{ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าวัดได้}}{\sqrt{3} \times \text{แรงดัน} \times \text{กระแส}} = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times I}$$

$$\text{ภาวะการใช้งาน} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าวัดได้}}{\text{กำลังไฟฟ้าที่ป้ายเครื่อง}} \times 100$$

$$\text{หมายเหตุ : } \sqrt{3} = 1.732$$

ตัวอย่าง

โรงงานกระดาษแห่งหนึ่งติดตั้งมอเตอร์ขนาด 22 kW, 380 V 50 Hz, 43 A เพื่อขับเคลื่อนปั๊มน้ำ กำลังของมอเตอร์เมื่อวัดค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏว่าวัดได้ 10.06 kW เมื่อคำนวณหาภาระจะได้

$$\text{ภาระการใช้งาน} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าที่วัดได้}}{\text{กำลังไฟฟ้าที่ป้ายเครื่อง}} \times 100 = \frac{10.06}{22} \times 100 = 45.74 \%$$

เมื่อทำการตรวจวัดปรากฏว่าได้ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

$$\text{ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าที่วัดได้}}{\sqrt{3} \times \text{แรงดัน} \times \text{กระแส}} = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times I} \quad \text{หมายเหตุ : } \sqrt{3} = 1.732$$

$$= \frac{10.06 \times 1,000}{1.732 \times 378 \times \left(\frac{29.7 + 28.7 + 28.6}{3} \right)} = 0.53$$

อุปกรณ์	ชนิด (AC/DC)	ชั่วโมงใช้งาน (ชม./วัน)	พิกัดมอเตอร์ (ค่าจากป้ายเครื่อง)			ผลจากการตรวจวัด				ภาระ (%)	การปรับปรุงแก้ไข		วิธีปรับปรุง	กำลังไฟฟ้าหลังจากการปรับปรุง (kW)	
			แรงดัน (V)	กระแส (A)	ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (PF)	กระแส (A)	แรงดัน (V)	กำลังไฟฟ้า (kW)	ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (PF)		ไม่ปรับปรุง	ปรับปรุง			
มอเตอร์ปั๊มน้ำ	AC	24	380	43	0.87	เฟส R 29.7	เฟส S 28.7	เฟส T 28.6	378	10.06	0.53	45.74	<input checked="" type="checkbox"/>	เปลี่ยนขนาดมอเตอร์เป็นขนาด 11 kW	9.43

จะเห็นว่ามอเตอร์มีขนาดใหญ่เกินไปสามารถทำการเปลี่ยนมอเตอร์ให้เป็นขนาด 11 kW ซึ่งจะใช้งานได้เต็มสมรรถนะมากกว่า

การบำรุงรักษาปั้มน้ำประเภทแรงเหวี่ยงชนิดเพลาอนในแนวราบ

ประจำทุก วัน 6 เดือน 1 ปี

วันที่.....เดือน.....ปี.....

ยี่ห้อปั้มน้ำ.....รุ่น.....หมายเลขเครื่อง.....

ชื่อผู้ทำการบำรุงรักษา.....ชื่อหัวหน้าผู้ควบคุม.....

รายการที่ต้องบำรุงรักษา	ผลการบำรุงรักษาและการแก้ไข				หมายเหตุ
	ปกติ	ผิดปกติ	สาเหตุ	การแก้ไข	
<input type="checkbox"/> ตรวจสอบทุกวัน					
1. อุณหภูมิร่อนลิ้น					
2. ความดันทางท่อดูดและท่อจ่าย					
3. การรั่วจากกันรั้ว					
4. การหล่อลื่นกันรั้ว					
5. โหลด (Load) ของปั้มน้ำ					
6. ระดับเสียงและการสั่นสะเทือน					
7. ระดับน้ำมันหล่อลื่นที่มหาหล่อเลี้ยงร่อนลิ้น					
<input type="checkbox"/> ตรวจสอบทุก 6 เดือน					
1. การได้ศูนย์ระหว่างปั้มน้ำกับต้นกำลัง					
2. การเติมน้ำมันหรือใจให้กับร่อนลิ้น					
<input type="checkbox"/> ตรวจสอบทุก 1 ปี					
1. การรั่วตามเพลาและการซ่อมบำรุงกันรั้ว					
2. การสึกของปลอกเพลา					
3. ช่องว่างระหว่างใบพัดและแหวนกันสึก					
4. ทดสอบและปรับแก้จาวัดต่างๆ ที่ใช้วัดน้ำและกระแสไฟฟ้า					
5. เปลี่ยนน้ำมันหล่อลื่นและใจที่ร่อนลิ้น					

การตรวจสอบระบบอากาศอัด (ประจำวัน)

วันที่.....เดือน.....ปี.....

ยี่ห้อเครื่องอัดอากาศ.....รุ่น.....หมายเลขเครื่อง.....

ชื่อผู้ทำการตรวจสอบ.....ชื่อหัวหน้าผู้ควบคุม.....

รายการการตรวจสอบ	ผลการตรวจสอบและการแก้ไข				หมายเหตุ
	ปกติ	ผิดปกติ	สาเหตุ	การแก้ไข	
1. ระดับน้ำมันหล่อลื่น					
2. ความดันน้ำมันหล่อลื่น					
3. ระบบควบคุมการทำงาน					
4. เครื่องตัดไอก้อนตัว					
5. อินเทอร์คูลเลอร์					
6. ออฟเทอร์คูลเลอร์					
7. วาล์วนิรภัย					
8. การทำงานของวาล์วควบคุมต่างๆ					
9. เกจวัดความดันทุกจุด					
10. อื่นๆ					

การบำรุงรักษาระบบอากาศอัด

ประจำทุก 1 เดือน 6 เดือน 1 ปี

วันที่.....เดือน.....ปี.....

ยี่ห้อเครื่องอัดอากาศ.....รุ่น.....หมายเลขเครื่อง.....

ชื่อผู้ทำการบำรุงรักษา.....ชื่อหัวหน้าผู้ควบคุม.....

รายการที่ต้องบำรุงรักษา	ผลการบำรุงรักษาและการแก้ไข				หมายเหตุ
	ปกติ	ผิดปกติ	สาเหตุ	การแก้ไข	
<input type="checkbox"/> การตรวจสอบทุก 1 เดือน					
1. การรั่วที่แพกกิ้งที่ด้านดูด					
2. การรั่วของน้ำมันหล่อลื่น					
3. ตัวกรองอากาศทางด้านเข้า					
4. การระบายสิ่งสกปรกที่กรองน้ำมันหล่อลื่น					
5. การหล่อลื่นของวาล์วที่ไม่มีภาระ					
6. ระบบความปลอดภัย					
7. อื่นๆ.....					
<input type="checkbox"/> การตรวจสอบทุก 6 เดือน					
1. สภาพวาล์วควบคุมต่างๆ					
2. ปลอกของลูกสูบ					
3. น้ำมันหล่อลื่นในห้องข้อเหวี่ยง					
4. ใส้กรองน้ำมันหล่อลื่น					
5. ใส้กรองอากาศ					
6. ระบบควบคุมต่างๆ					
7. ระบบท่อและจุดต่อต่างๆ					
8. อื่นๆ.....					
<input type="checkbox"/> การตรวจสอบทุก 1 ปี					
1. การทำงานของแหวนลูกสูบ					
2. ระบบกรองน้ำมันหล่อลื่น					
3. ตัวจับยึดฐานแทนเครื่องต่างๆ					
4. นี้อคยิดก้านสูบ					
5. ระบบของน้ำ ระบบความร้อนหรือหล่อเย็น					
6. การทำงานของวาล์วนิรภัย					
7. การทำงานของวาล์วควบคุมต่างๆ					
8. การทำงานของเกจวัดความดันต่างๆ					
9. เครื่องตัดไอกสันตัวของอินเทอร์คูลเลอร์และอาฟเตอร์คูลเลอร์					
10. ความดันของเครื่องอินเทอร์คูลเลอร์ และอาฟเตอร์คูลเลอร์					
11. ระบบท่อส่ง จุดต่อต่างๆ และสภาพของฉนวน					
12. ซีลต่างๆ					
13. อื่นๆ.....					

ระบบทำความร้อน

อุตสาหกรรมกระดาษใช้ความร้อนจากไอน้ำสำหรับการอบแห้งกระดาษ ฉะนั้นการใช้และการบำรุงรักษาหม้อไอน้ำ ท่อส่งต่างๆ ตลอดจนอุปกรณ์ที่ใช้ไอน้ำให้มีสภาพดี พร้อมใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยลดการสูญเสียพลังงานความร้อนจากไอน้ำได้ นอกจากนี้การนำเอาไอน้ำเหลือทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ก็เป็นการประหยัดอีกทางหนึ่งด้วยเช่นกัน

6.1 มาตรการอนุรักษ์พลังงานในระบบไอน้ำ

การอนุรักษ์พลังงานในระบบไอน้ำสามารถทำได้หลายวิธี ทั้งแบบที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายและแบบที่ต้องเสียค่าใช้จ่ายเพื่อติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมเพื่ออนุรักษ์พลังงาน

6.1.1 มาตรการที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย

- ปรับตั้งความดันไอน้ำที่ผลิตได้และความดันไอน้ำใช้งานให้เหมาะสมกับความต้องการ
- เดินเครื่องหม้อไอน้ำให้เหมาะสมกับการใช้งาน
- เก็บข้อมูลและตรวจวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ (ตารางที่ 6 - 1 ถึง 6 - 2 หน้า 49 - 51)
- ตรวจสอบสภาพการทำงานของหม้อไอน้ำเป็นประจำ (ตารางที่ 6 - 3 ถึง 6 - 4 หน้า 52 - 53)
- บำรุงรักษาหม้อไอน้ำอย่างสม่ำเสมออย่างน้อยสัปดาห์ละครั้ง (ตารางที่ 6 - 5 ถึง 6 - 6 หน้า 54 - 55)
- ตรวจสอบสภาพอุปกรณ์และเครื่องจักรที่ใช้ความร้อนอย่างสม่ำเสมอ (ตารางที่ 6 - 7 หน้า 56)
- นำไอน้ำมาอุ่นน้ำมันเตาแทนการใช้อุปกรณ์ทำความร้อนด้วยไฟฟ้า (Heater)
- อุ่นน้ำมันเตาให้ได้อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการใช้งานของแต่ละประเภทและชนิดของหัวฉีด
- ปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้ให้เผาไหม้อย่างสมบูรณ์ เกิดเขม่าน้อย
- นำน้ำโบล์ดวอร์น (น้ำร้อนที่ปล่อยทิ้งจากหม้อไอน้ำ) นำมาอุ่นน้ำที่ป้อนเข้าหม้อไอน้ำก่อนทิ้ง
- นำคอนเดนเสท (น้ำที่เกิดจากการควบแน่นหลังจากถูกใช้งาน) กลับมาใช้ประโยชน์โดยการผสมกับน้ำป้อนหม้อไอน้ำ หรือนำมาแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำป้อนหม้อไอน้ำ

6.1.2 มาตรการที่ต้องเสียค่าใช้จ่าย

- หุ้มฉนวนท่อไอน้ำป้องกันการสูญเสียความร้อนไปในอากาศ
- ติดตั้งชุดอุ่นน้ำ (Economizer) ก่อนเข้าหม้อไอน้ำ
- ติดตั้งเครื่องอุ่นอากาศซึ่งจะช่วยลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิง
- ใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงสำหรับพัดลมเป่าอากาศเพื่อใช้ในการเผาไหม้
- ใช้อุปกรณ์ปรับความเร็วกับพัดลมเป่าอากาศ (Combustion Fan)
- ใช้ชุดควบคุมปริมาณออกซิเจน (O₂ Trim Control)
- นำพลังงานแสงอาทิตย์มาอุ่นน้ำที่ป้อนเข้าหม้อไอน้ำ

ตารางเก็บข้อมูลและตรวจวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ

รายละเอียด		ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3
ประเภทหม้อไอน้ำ				
ขนาดที่ออกแบบไว้	ความดันไอน้ำ (กก./ซม. ²)			
	อัตราการระเหย (ตัน/ชั่วโมง)			
รูปร่างภายนอก	กว้าง (เมตร)			
	ยาว (เมตร)			
	สูง (เมตร)			
	เส้นผ่านศูนย์กลาง (เมตร)			
พื้นที่ผิวถ่ายเทความร้อน (ตารางเมตร)				
ชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้				
อัตราการใช้เชื้อเพลิง (ลิตร/ชั่วโมง)				
ประสิทธิภาพ (%)				
ชื่อผู้ผลิต				
เดือน/พ.ศ. ที่ติดตั้งใช้งาน				
สถานที่ใช้งาน				
ชั่วโมงการใช้งาน/ปี				
ข้อมูลการตรวจวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้				
อุณหภูมิไอเสีย (°C)				
อุณหภูมิแวดล้อม (°C)				
ปริมาณของออกซิเจน (%)				
ปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ (%)				
ปริมาณของคาร์บอนมอนอกไซด์ (%)				
ความดันไอเสีย (นิ้วน้ำ)				
ประสิทธิภาพการเผาไหม้ (%)				
หมายเหตุ				

ตารางที่ 6 - 2

ตารางจัดบันทึกข้อมูลประจำวันของหม้อไอน้ำ

บันทึกรายงานประจำวันของหม้อไอน้ำ (สำหรับเชื้อเพลิงเหลว)

วันที่.....เดือน.....ปี.....

เวลา	ชื่อผู้ควบคุม	ความดันไอน้ำ bar หรือ kg/cm ²	ระดับน้ำในหม้อไอน้ำ		มีน้ำจากหม้อไอน้ำ		เชื้อเพลิง				อุณหภูมิที่ติดตั้ง	อุณหภูมิที่ติดตั้งไฟ	หมายเหตุ			
			1	2	ความดัน	อุณหภูมิในถัง	ความดัน	อุณหภูมิ	หมายเลขเตา	ก่อน				หลัง		
01:00																
02:00																
03:00																
04:00																
05:00																
06:00																
07:00																
08:00																
09:00																
10:00																
11:00																
12:00																

ความดันไอน้ำโดยเฉลี่ย kg/cm²

อุณหภูมิที่ปล่อยไฟโดยเฉลี่ย °C

อัตราการไหลของน้ำป้อนเข้าหม้อไอน้ำ kg/hr

ชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้

อัตราการไหลของเชื้อเพลิง kg/hr หรือ ลิตร/hr

ระบายน้ำไปแล้วตามประมาณ วินาที จำนวน ครั้งต่อ 12 ชั่วโมง

ตรวจสอบสัญญาณเตือนภัยเวลา

ตรวจสอบเครื่องควบคุมระดับน้ำเวลา

ตรวจสอบสวิตช์นิรภัยเวลา

ข้อสังเกต

(ลงชื่อ)

ผู้ควบคุมหม้อไอน้ำ

หมายเหตุ : ให้กรอกข้อมูลทุก 1 ชั่วโมง

บันทึกรายงานประจำวันของหม้อไอน้ำ (สำหรับเชื้อเพลิงเหลว)

วันที่.....เดือน.....ปี.....พ.ศ.....

เวลา	ชื่อผู้ควบคุม	ความดันไอน้ำ bar หรือ kg/cm ²	ระดับน้ำในหลอดแก้วที่		มีน้ำเข้าหม้อไอน้ำ		เชื้อเพลิง				อุณหภูมิที่ปล่อยไฟ	หมายเหตุ	
			1	2	ความดัน	อุณหภูมิเข้า	หมายเลขเตอร์	หมายเลขเตอร์	อุณหภูมิที่ปล่อยไฟ	อุณหภูมิที่ปล่อยไฟ			
13:00													
14:00													
15:00													
16:00													
17:00													
18:00													
19:00													
20:00													
21:00													
22:00													
23:00													
24:00													

ความดันไอน้ำโดยเฉลี่ย kg/cm² ตรวจสอบสัญญาณเตือนภัยเวลา
 อุณหภูมิที่ปล่อยไฟโดยเฉลี่ย °C ตรวจสอบเครื่องควบคุมระดับน้ำเวลา หมายเหตุ : ให้ออกข้อมูลทุก 1 ชั่วโมง
 อัตราการไหลของน้ำป้อนเข้าหม้อไอน้ำ kg/hr ตรวจสอบดินน้ำมันภัยเวลา
 ชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้ ข้อสังเกต
 อัตราการไหลของเชื้อเพลิง kg/hr หรือ ลิตร/hr
 ระบายน้ำไปสิ่งแวดล้อม วินาที จำนวน ครั้งต่อ 12 ชั่วโมง (ลงชื่อ)
 ผู้ควบคุมหม้อไอน้ำ

ตารางการตรวจสอบสภาพการทำงานของหม้อไอน้ำ

ประจำทุก วัน สัปดาห์ เดือน

วันที่.....เดือน.....ปี.....

หม้อไอน้ำลำดับที่.....ขนาดของหม้อไอน้ำ.....ตันไอน้ำ/ช.ม.

ชนิดของหัวเผา.....เกรดของน้ำมันเตา.....

ชื่อผู้ทำการตรวจสอบ.....ชื่อหัวหน้าผู้ควบคุม.....

รายการตรวจสอบ	ผลการตรวจสอบและการแก้ไข				หมายเหตุ
	ปกติ	ผิดปกติ	สาเหตุ	การแก้ไข	
<input type="checkbox"/> ตรวจสอบประจำวัน					
1. หลอดแก้วแสดงระดับน้ำในหม้อไอน้ำ					
2. เครื่องควบคุมระดับน้ำ					
3. คุณสมบัติของน้ำที่ป้อนเข้าหม้อไอน้ำ					
4. สัญญาณเตือนภัยหากระดับน้ำผิดปกติ					
5. วาล์วข้อต่อและท่อ					
6. วาล์วถ่าน้ำทิ้ง					
<input type="checkbox"/> ตรวจสอบประจำสัปดาห์					
1. บีมน้ำ					
2. เครื่องปรับปรุงคุณภาพน้ำ					
3. วาล์วนิรภัย					
4. ชุดหัวฉีดน้ำมัน					
5. อุปกรณ์อุ่นน้ำมัน					
6. เต้าไฟ					
<input type="checkbox"/> ตรวจสอบประจำเดือน					
1. กระจกส่องตรวจสอบเพื่อดูการเผาไหม้					
2. วาล์วกันกลับ					

ตารางการตรวจสอบสภาพการทำงานของหม้อไอน้ำ

ประจำทุก 3 เดือน 6 เดือน

วันที่.....เดือน.....ปี.....

หม้อไอน้ำลำดับที่.....ขนาดของหม้อไอน้ำ..... ตันไอน้ำ/ชม.

ชนิดของหัวเผา.....เกรดของน้ำมันเตา.....

ชื่อผู้ทำการตรวจสอบ.....ชื่อหัวหน้าผู้ควบคุม.....

รายการตรวจสอบ	ผลการตรวจสอบและการแก้ไข				หมายเหตุ
	ปกติ	ผิดปกติ	สาเหตุ	การแก้ไข	
1. ท่อน้ำ					
2. ท่อไฟ					
3. เพดานเตาด้านสัมผัสไฟ					
4. อิฐทนไฟ					
5. ฉนวนกันความร้อน					
6. เหล็กยึดโครง					
7. ฝาหอย					
8. ช่องทำความสะอาด					
9. ถังพักไอน้ำ					
10. อุปกรณ์แยกน้ำ					
11. เครื่องตัดไอน้ำ					

ตารางการบำรุงรักษา การปรับปรุงแก้ไขและทำความสะอาดหม้อไอน้ำ

ประจำทุก 3 เดือน 6 เดือน

วันที่.....เดือน.....ปี.....

หม้อไอน้ำลำดับที่.....ขนาดของหม้อไอน้ำ.....ตันไอน้ำ/ช.ม.

ชนิดของหัวเผา.....เกรดของน้ำมันเตา.....

ชื่อผู้ทำการบำรุงรักษา.....ชื่อหัวหน้าผู้ควบคุม.....

รายการที่ต้องบำรุงรักษา	ผลการบำรุงรักษาและการแก้ไข				หมายเหตุ
	ปกติ	ผิดปกติ	สาเหตุ	การแก้ไข	
1. หลอดแก้วแสดงระดับน้ำ					
2. วาล์วและท่อต่างๆ					
3. วาล์วถ่ายน้ำทิ้ง					
4. เครื่องควบคุมระดับน้ำ					
5. ป้อนน้ำ					
6. วาล์วกันกลับ					
7. ชุดหัวฉีด					
8. อุปกรณ์อุ่นน้ำมัน					
9. ใส้กรองน้ำมัน					
10. วาล์วนิรภัย					
11. เต้าไฟ					

ตารางการบำรุงรักษา การปรับปรุงแก้ไขและทำความสะอาดหม้อไอน้ำประจำปี

วันที่.....เดือน.....ปี.....

หม้อไอน้ำลำดับที่.....ขนาดของหม้อไอน้ำ..... ตันไอน้ำ/ชม.

ชนิดของหัวเผา.....เกรดของน้ำมันเตา.....

ชื่อผู้ทำการบำรุงรักษา.....ชื่อหัวหน้าผู้ควบคุม.....

รายการที่ต้องบำรุงรักษา	ผลการบำรุงรักษาและการแก้ไข				หมายเหตุ
	ปกติ	ผิดปกติ	สาเหตุ	การแก้ไข	
1. สวิตช์ควบคุมความดันไอน้ำ					
2. เกจวัดความดันไอน้ำ					
3. ท่อที่ต่อเข้าเกจวัดความดัน					
4. สัญญาณเตือนภัยหากระดับน้ำผิดปกติ					
5. ถังเก็บน้ำมัน					
6. ท่อน้ำ					
7. ท่อไฟ					
8. เพดานด้านสัมผัสไฟ					
9. อิฐทนไฟ					
10. ฉนวนกันความร้อน					
11. ปลั๊กหลอมละลาย					
12. เหล็กยึดโครง					
13. อุปกรณ์แยกน้ำ					
14. เครื่องตัดไอน้ำ					
15. ความปลอดภัยอื่นๆ ของหม้อไอน้ำ					

ตารางที่ 6 - 7

การตรวจสอบสภาพอุปกรณ์และเครื่องจักรที่ใช้ความร้อน

ลำดับ	รายการเครื่องจักรและอุปกรณ์	รุ่น/แบบ	อายุการใช้งาน	ผลการตรวจสอบ							ปรับปรุงแก้ไข	หมายเหตุ
				จำนวน	สนิม	ความสกปรก	เสียง	รอยร้าว	รอยแตก	สายพาน		

หมายเหตุ

ระดับ	จำนวน	สนิม	ความสกปรก	เสียงสะท้อน	รอยร้าวซึม	รอยแตกร้าว	สายพาน
1	ชำรุดมาก	100%	มาก	ดังมาก	มาก	มาก	หย่อน/ตึง
2	ชำรุดปานกลาง	80%	ค่อนข้างมาก	ค่อนข้างดังมาก	ค่อนข้างมาก	ค่อนข้างมาก	
3	ชำรุดน้อย	60%	ปานกลาง	ดังปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	ค่อนข้างหย่อน/ตึง
4	เสื่อม	40%	น้อย	ดังน้อย	น้อย	น้อย	
5	สมบูรณ์	20%	ไม่มี	ไม่ดัง	ไม่มี	ไม่มี	พอดี

ตัวอย่าง

การตรวจสอบสภาพอุปกรณ์และเครื่องจักรที่ใช้ความร้อน

ลำดับ	รายการเครื่องจักรและอุปกรณ์	รุ่น/แบบ	อายุการใช้งาน	ผลการตรวจสอบ							ปรับปรุงแก้ไข	หมายเหตุ
				จำนวน	สนิม	ความสกปรก	เสียง	รอยร้าว	รอยแตก	สายพาน		
1	เครื่องอบแห้ง		5	3	5	2	5	5	5	5	ทำความสะอาด	
2	เครื่องเคลือบผิว		3	5	-	4	5	5	5	5	-	
3	เครื่องลงสี		7	3	5	3	3	3	3	3	ปรับความตึงสายพาน	

เอกสารอ้างอิง

1. คู่มือผู้จัดการพลังงานที่ดี (The Good Energy Manager's Guide), แนวทางการปฏิบัติงานที่ดีในการจัดการด้านพลังงาน, ศูนย์ทรัพยากรฝึกอบรมเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน, กองฝึกอบรม, กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.
 2. รูปแบบของการจัดการด้านพลังงาน (Aspects of Energy Management), ศูนย์ทรัพยากรฝึกอบรมเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน, กองฝึกอบรม, กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.
 3. ข้อเสนอแนะการใช้หม้อน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ, กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, พิมพ์ครั้งที่ 3, ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, เมษายน 2543.
 4. การลดค่าใช้จ่ายด้วยการประหยัดพลังงาน (I7), เอกสารเผยแพร่, พิมพ์ครั้งที่ 5, สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน, กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, เมษายน 2543.
 5. ศิริพรรณ ธงชัย, การประหยัดพลังงาน, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2535.
 6. ขวัญชัย กุลสันติธำรงค์, การปรับปรุงคุณภาพพลังงานไฟฟ้าและเพาเวอร์แฟคเตอร์, เทคนิคเครื่องกลไฟฟ้าอุตสาหกรรม, ฉบับที่ 104, หน้า 72 - 76, กันยายน 2541.
 7. อัตราค่าไฟฟ้า, การไฟฟ้านครหลวง, การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, เริ่มใช้ตั้งแต่ค่าไฟฟ้าประจำเดือนตุลาคม 2543.
- พิมพ์ครั้งที่ 1 จำนวน 5,000 เล่ม พ.ศ. 2547 ● พิมพ์ครั้งที่ 2 (ฉบับปรับปรุง) จำนวน 2,000 เล่ม พ.ศ. 2548



กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.)

กระทรวงพลังงาน

พัฒนาพลังงานไทย ลดใช้พลังงานชาติ