โครงการการเสนอแนวทางการลดต้นทุนด้านพลังงานไฟฟ้าในโรงงานผลิตน้ำแข็ง

The suggestion for save cost of electrical energy in Ice production factory

อรุณ ชลังสุทธิ์

Aroon Charlangsut

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาโครงสร้างต้นทุนทางด้านพลังงานไฟฟ้าที่มีผลต่อกระบวนการผลิตของโรงงาน และเสนอแนวทางในการปรับลดต้นทุนด้านการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยการตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากกระบวนการผลิตน้ำแข็ง จากนั้นหาแนวทางที่จะลดต้นทุนด้านการใช้พลังงานไฟฟ้า และคำนวณค่าใช้จ่ายที่ต้องลงทุนและไม่ต้องลงทุนรวมทั้งอัตราผลตอบแทน

จากการตรวจวัดซึ่งได้ข้อมูลที่จะเสนอแนวทางการลดต้นทุน ด้านพลังงานไฟฟ้าแบ่งออกได้ 3 แนวทาง คือ 1. ระบบหม้อแปลงไฟฟ้าทำได้โดยการปรับลดแรงดันไฟฟ้าด้านทุติยภูมิให้ลดลง 10 โวลต์ต้องใช้เงินลงทุน 1,500 บาท สามารถลดค่าใช้จ่ายได้ปีละ 1,773.87 บาท อัตราผลตอบแทน 94.04 % มีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 10 เดือน 2. ระบบแสงสว่างทำได้โดยการเปลี่ยนบัลลาสต์สูญเสียต่ำจำนวน 54 ตัวต้องใช้เงินลงทุน 8,532 บาท สามารถลดค่าใช้จ่ายลงได้ปีละ 2,162.52 บาท มีระยะเวลาคืนทุน 3 ปี 11 เดือน และมีอัตราผลตอบแทน 24.42 % 3. การเดินเครื่องอัดสารทำความเย็นเพื่อผลิตน้ำแข็งให้เหมาะกับปริมาณการจำหน่าย โอกาสที่ทางโรงงานจะสามารถหยุดเครื่องอัดสารทำความเย็นได้ 1 เครื่อง เนื่องจากปัจจุบันเครื่องที่ทำงานหลักคือเครื่อง ขนาด116.6 kW หากความต้องการของลูกค้าน้อยกว่า 387 ซอง / วัน จะสามารถหยุดเครื่อง

ABSTRACT

This reseach has object for student structure cost of electrical energy have effective in process production of factory and suggestion for save cost of electrical energy production ice there fore search the suggestion for save cost of electrical energy and calculate of cost and rate of return

.....

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถ.พิบูลสงคราม แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800.

Department of Electrical Engineering ,Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon (North Bangkok

From the measurement test in ice production factory have data to suggest are 3 type 1. The transformer system can make by decrease level voltage in secondary 10 volt have cost 1500 baht ,can be save cost 1773.87 baht/year, the time are return 10 month rate of return 94.04 % 2. The light system can make by change the ballast low loss 54 ballasts and have cost 8,532 baht , can be save cost 2,162.52 baht/year ,the time are return 3 year 11 month, rate of return 24.42% 3. The refrigerant can make by run the refrigerant compressor are accord load and rate of order can be stop the compressor is 114.29 kW when the customer require less than 387 boxes/day.

1. คำนำ

พลังงานไฟฟ้าเป็นต้นทุนการผลิตที่สำคัญสำหรับอุตสาหกรรมในภาคการผลิตและบริการโดยเฉพาะโรงงานอุสาหกรรมผลิตน้ำแข็ง ในแต่ละปีสถานการณ์การใช้พลังงานในประเทศไทยและทั่วโลกอยู่ในขั้นวิกฤต รัฐบาลจำเป็นต้องหามาตรการต่าง ๆ ในการลดการนำเข้าของเชื้อเพลิง เช่น การหาพลังงานทดแทน และการประหยัดการใช้พลังงาน แต่ละประเทศมีพลังงานสำรอง
น้อยลง เนื่องจากการใช้ที่ฟุ่มเฟือยและไม่คำนึงถึงพลังงานในอนาคต น้ำมัน และก๊าซธรรมชาติ ซึ่งเป็นพลังงานหลักที่ใช้แล้วหมดไป ซึ่งราคาแพงมากขึ้นเริ่มส่งผลกระทบ ปัญหาที่เกิดขึ้นคือต้นทุนในด้านการใช้พลังงานของอุตสาหกรรมในกระบวนการผลิตจนเกิดความสูญเสียของพลังงาน

ในภาคอุตสาหกรรมนั้นล้วนมีความต้องการที่จะต้องผลิตสินค้าการทำธุรกิจก็เพื่อหวังผลกำไรสูงสุด แต่หากแนวทางที่จะเพิ่มกำไรก็คือเพิ่มยอดขายและลดต้นทุนการผลิต การลดต้นทุนด้านพลังงานส่วนใหญ่โรงงานจะมีการใช้พลังงานในรูปแบบพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนซึ่งมีศักยภาพในการอนุรักษ์พลังงานค่อนข้างมากในเฉพาะโรงงานอุตสาหกรรมประเภทน้ำแข็ง ต้นทุนการผลิตโดยส่วนใหญ่เป็นค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าจำเป็นต้องซื้อหาจากแหล่งพลังงานภายนอกซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายต่อปีที่สูงมากและส่วนใหญ่โรงงานน้ำแข็งให้ความสนใจด้านการลดต้นทุนทางด้านพลังงานไฟฟ้าน้อยและขาดบุคลากรในการวิเคราะห์ การวิเคราะห์ต้นทุนด้านพลังงานไฟฟ้าสามารถลดค่าใช้จ่ายภายในโรงงานได้แล้วยังมีส่วนช่วยในการดำเนินงานในภาพรวมของประเทศด้วย

การคิดค่าไฟฟ้าแบบ TOU (Time of Use Rate) กิจการขนาดใหญ่มีเวลาการทำงาน 365 วันคิดเป็นวันจันทร์-ศุกร์ 250 วัน และวันเสาร์-อาทิตย์และวันหยุดราชการ 115 วัน

-On peak เวลา 9:00 น.-22:00 น. วันจันทร์-ศุกร์ ค่าไฟฟ้า 2.695บาท/หน่วย

-Off peak เวลา22:00 น.-9:00 น. วันจันทร์-ศุกร์

เวลา0:00-24:00 น. วันเสาร์-อาทิตย์วันหยุดราชการค่าไฟฟ้า1.1914บาท/หน่วยค่าความต้องการไฟฟ้า ช่วงเวลา On peak 132.93 บาท/กิโลวัตต์

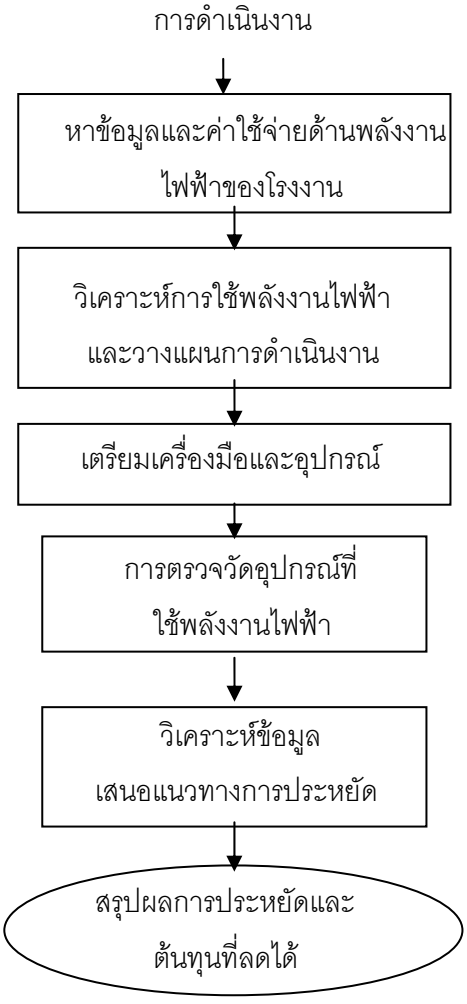
2. อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การลดต้นทุนด้านพลังงานไฟฟ้านั้นจะต้องมีการสำรวจรายละเอียดการใช้พลังงาน โดยให้ทำการสำรวจวิเคราะห์และรวบรวมสภาวะการใช้พลังงาน ในปัจจุบันทั้งนี้เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องเช่นใช้ในรูปแบบใดความแตกต่างของการใช้ปริมาณพลังงานในแต่ละส่วนต่างๆอย่างไรบ้าง มูลค่าของพลังงานเป็นเท่าใดนอกจากนั้นยังต้องตรวจข้อบกพร่องของการใช้พลังงานเพื่อทำการปรับปรุงแก้ไขเพื่อลดการสูญเสียพลังงาน โดยเปล่าประโยชน์ดังนี้เพื่อปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงานไฟฟ้าให้ดีขึ้น

2.1 <u>การคำนวณการสูญเสียของหม้อแปลงขณะใช้งานจริงก่อนลดแรงดัน</u>

จากสูตร $LCO = LCR \times ho \times (VA/VR)^2$ .....(1)

$LCF = LCF \times hF \times (VA/VR)^2$ .....(2)



รูปที่ 1 Flow Chart ขั้นตอนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1 แสดงการคำนวณการสูญเสียของหม้อแปลงขณะใช้งานจริงก่อนลดแรงดัน

หมายเลข	การสูญเสีย ช่วงเวลา	การคำนวณ	ผลการสูญเสีย (kWh/ปี)
TR-1	On peak (LCO)	$1.95x3,250x(407/400)^2$	6,561.25
	Off peak(LCF)	$1.95x5,510x(407/400)^2$	11,123.85

2.2 <u>การคำนวณสูญเสียของหม้อแปลงขณะใช้งานจริงหลังการลดแรงดัน</u>

โดยการลดแรงดันลง 10V TR-1 = 407-10 = 397.0V

ตารางที่ 2 แสดงการคำนวณการสูญเสียของหม้อแปลงขณะใช้งานจริงก่อนลดแรงดัน

หมายเลข	การสูญเสีย ช่วงเวลา	การคำนวณ	ผลการสูญเสีย(kWh/ปี)
TR-1	On peak (LCNO)	$1.95x3,250x(397/400)^2$	6,242.79
	Off peak (LCNF)	$1.95x5,510x(397/400)^2$	10,583.93

ตารางที่ 3 การคำนวณการสูญเสียกำลังไฟฟ้า

บ่อที่	การสูญเสียกำลังไฟฟ้า ในการทำความเย็น	การคำนวณ	ผลการสูญเสีย
1	Q_{L1} / COP	16.86 / 3	5.6 kW

ตารางที่ 4 การคำนวณกำลังไฟฟ้าสุทธิของเครื่องอัดสารทำความเย็น

บ่อที่	การสูญเสียกำลังไฟฟ้า ในการทำความเย็น	การคำนวณ	กำลังไฟฟ้าที่เหลือ
1	$W - W_{net\ in1}$	116.6-5.6	111 kW

การหาค่าพลังงานความร้อนบ่อที่ 1 111 kW x COP = 1,198,800 kJ/h

ตารางที่ 5 แสดงการคำนวณผลที่ประหยัดไฟฟ้าได้ต่อปี

การสูญเสียช่วงเวลา	การคำนวณ	ผลการสูญเสีย (kWh/ปี)
On peak (Eo)	6,561.25-6,242.79	318.46
Off peak(EF)	11,123.85-10,583.93	539.92
	รวม	858.38

2.3 การวางแผนการตรวจวัด

การวางแผนและการตรวจวัดแบ่งหน้าที่ออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆคือ

2.3.1 การตรวจวัดการจ่ายพลังงานโดยรวมของโรงงานเช่น หม้อแปลงไฟฟ้า ตู้ไฟฟ้า ตู้ควบคุมหลักใหญ่ เพื่อนำมาหาแนวทางการประหยัดพลังงานในระบบจ่ายไฟฟ้า

2.3.2 การตรวจด้านการใช้พลังงาน ในระบบไฟฟ้าแสงสว่างภายในตัวอาคาร และนอกอาคาร ทางเดินและจุดต่างๆที่ใช้แสงสว่างของโรงงาน เพื่อนำมาหาแนวทางการประหยัดพลังงานในระบบฟ้าแสงสว่าง

2.3.3 การตรวจด้านการใช้พลังงานในระบบทำความเย็น ที่ใช้ในการผลิตน้ำแข็งโรงงาน เพื่อนำมาหาแนวทางการประหยัดพลังงานในระบบทำความเย็น

2.4 การเตรียมเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัด

การสำรวจการวิเคราะห์การใช้พลังงานให้ได้ผลที่ถูกต้องนั้นจำเป็นที่ต้องใช้อุปกรณ์ในการวัดบางชนิด มีดังนี้

2.4.1 ชุดทดสอบระบบแสงสว่างเพื่อหาการสูญเสียในบัลลาสต์

2.4.2 อุปกรณ์วัดแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าและเพาเวอร์แฟคเตอร์(Clamp-on)

2.4.3 อุปกรณ์ช่วยต่างๆ เช่น ตลับเมตร ไขควง คีมต่างๆ ถุงมือกันไฟฟ้า ปากกา ฟอร์มจดบันทึก

2.5 การตรวจวัดและวิเคราะห์ข้อมูล

โรงงานมีอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าจำนวนมากมีทั้งอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานมากและอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานน้อยอีกทั้งอุปกรณ์บางส่วนมีศักยภาพในการอนุรักษ์พลังงานได้มากและอุปกรณ์บางส่วนมี ศักยภาพในการอนุรักษ์พลังงานได้น้อย ดังนั้นจะทำการตรวจวัดและวิเคราะห์เฉพาะอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานมากโดยมีรายละเอียดอุปกรณ์ที่จะทำการตรวจวัดและวิเคราะห์ 3 ระบบดังต่อไปนี้

2.5.1 ระบบจ่ายไฟฟ้า

วิธีการตรวจหาค่าต่างๆของหม้อแปลงไฟฟ้า

1) หากระแสขณะใช้งาน 3 เฟส
2) หากำลังไฟฟ้าขณะใช้งาน 3 เฟส
3) หาแรงดันไฟฟ้าขณะใช้งาน 3 เฟส
4) ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

จุดประสงค์การตรวจหาค่าต่างๆของหม้อแปลงไฟฟ้า

- เพื่อต้องการหาค่าต่างๆทางไฟฟ้าเพื่อการหาแนวทางในการประหยัด

1) เพื่อหาแรงดันไฟฟ้าที่ออกจากหม้อแปลงไฟฟ้า
2) เพื่อหาแรงดันไฟฟ้า ณ. จุดไกลสุดของหม้อแปลงไฟฟ้า

การเก็บข้อมูลมีสูตรการคำนวณหาดังนี้

ค่าเฉลี่ย $\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$

$\overline{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยของจำนวนตัวอย่าง

n คือ จำนวนของตัวอย่าง

$\sum X$ คือ ผลรวมของตัวอย่างที่สุ่ม

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่าง เขียนแทนด้วย S คือ

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum X^2 - (\sum X)^2 / n}{(n-1)}}$$

รูปที่ 2 แสดงการตรวจวัด Main Breakerหม้อแปลงขนาด1000kVA

ตารางที่ 6 แสดงข้อมูลระบบจ่ายไฟฟ้า

รายการตรวจสอบ	หน่วย	TR.1			TR.2		
ขนาดหม้อแปลง	KVA	1000			500		
แรงดันไฟฟ้า 3 เฟส(พิกัด)	โวลท์	400/230	400/230	400/230	400/230	400/230	400/230
กระแส 3เฟส(พิกัด)	แอมแปร์	1443.4	1443.4	1443.4	722	722	722
กิโลวัตต์ใช้งาน(ตรวจวัด)	กิโลวัตต์	450			200		
ตัวประกอบกำลัง(%)(ตรวจวัด)	%	0.86			0.8		
แรงดันไฟฟ้า 3 เฟส(ตรวจวัด)	โวลท์	407	406.6	407.4	409.7	408.3	409
ผลรวมแรงดันไฟฟ้า	$\sum X$	1221			1227		
ค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้า	$\overline{X}$	407			409		
ค่าเบี่ยงเบนแรงดันไฟฟ้า	S.D.	0.4			0.7		
กระแส 3เฟส(ตรวจวัด)	แอมแปร์	878.8	875.1	825.5	332	324.5	321
ผลรวมกระแสไฟฟ้า	$\sum X$	2579.4			977.5		
ค่าเฉลี่ยกระแสไฟฟ้า	$\overline{X}$	859.8			325.8		
ค่าเบี่ยงเบนกระแสไฟฟ้า	S.D.	29.76			5.62		
แรงดันจุดไกลสุด	โวลท์	395.0	394.8	395.2	394.0	394.0	394.0
ผลรวมแรงดันไฟฟ้าไกลสุด	$\sum X$	1185			1182		
ค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้าไกลสุด	$\overline{X}$	395			394		
ค่าเบี่ยงเบนแรงดันไฟฟ้าไกลสุด	S.D.	0.2			0		

2.5.2 ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

<u>วิธีการตรวจวัดบัลลาสต์ของโรงงาน</u>

1) หากำลังไฟฟ้าที่จ่ายก่อนเข้าบัลลาสต์จำนวน 50 ตัว

2) หากำลังไฟฟ้าที่จ่ายหลังออกจากบัลลาสต์จำนวน 50 ตัว

<u>จุดประสงค์ของการทดลอง</u>

1) เพื่อต้องการหาการสูญเสียในบัลลาสต์

การเก็บข้อมูลมีสูตรการคำนวณหาดังนี้

ค่าเฉลี่ย $\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$

$\overline{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยของจำนวนตัวอย่าง

n คือ จำนวนของตัวอย่าง

$\sum X$ คือ ผลรวมของตัวอย่างที่สุ่ม

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่าง เขียนแทนด้วย S คือ

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum X^2 - (\sum X)^2 / n}{(n-1)}}$$

รูปที่ 3 แสดงบัลลาสต์ของทางโรงงานยี่ห้อ BOVO

รูปที่ 4 แสดงการตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าของบัลลาสต์

3. วิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าและวางแผนการดำเนินงาน

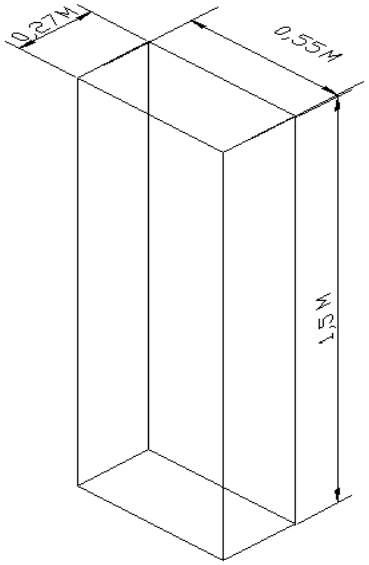
3.1 วิเคราะห์การใช้พลังงานจากรายละเอียดในการผลิต

โดยเก็บข้อมูลต่างๆ ในการผลิตและนำมาแสดงในรูปของ (Flow chart) แสดงขั้นตอนการใช้พลังงานในการผลิต เครื่องจักรต่างๆในการผลิต ปริมาณการผลิต เป็นต้น

บริษัทเป็นโรงงานผลิตน้ำแข็งสำหรับบริโภคและแช่อาหาร โดยมีกรรมวิธีการผลิตดังนี้

3.1.1 การผลิตน้ำแข็งซอง

1) นำน้ำที่ผ่านกระบวนการปรับสภาพน้ำ จากบ่อเก็บเติมลงในซองแม่แบบ ซึ่งมีลักษณะเป็นแท่งดังรูป



รูปที่ 5 แสดงขนาดของซองผลิตน้ำแข็ง

รูปที่ 6 ถังบรรจุสาร คลอรีนและแพค ที่ใช้ในการปรับสภาพน้ำดิบ

3.2 <u>กำลังการผลิตของบ่อที่ 1</u>

บ่อที่ 1 สามารถผลิตน้ำแข็งได้ = $\frac{28,771,200 \text{ kJ/วัน}}{464.3 \text{ kJ / kg}}$

= 61,997 kg / วัน

ดังนั้น บ่อที่ 1 สามารถผลิตน้ำแข็งได้ 61,997 /160 = 387 ซอง / วัน

4. สรุป

แนวทางการประหยัดพลังงานเกี่ยวกับอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ทางโรงงานมีอยู่ ซึ่งบางตัวก็สามารถหาแนวทางมาประหยัดได้มากบางตัวก็ได้น้อยโดยบางตัวก็ต้องเสียค่าจ่ายแต่บางตัวก็ไม่เสียค่าใช้จ่ายเลย

สรุปผลการลดต้นทุนด้านพลังงานไฟฟ้าของโรงงานผลิตน้ำแข็งดังนี้

1. การปรับปรุงแรงดันไฟฟ้า ด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้าให้เหมาะสม ประหยัดพลังไฟฟ้ารวม 858.38 kWh/ปีและความต้องการ 0.156 KW โรงงานสามารถลดค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าได้ 1773.87 บาท/ปี เงินลงทุนในการปรับ TAB มีค่าใช้จ่ายชุดละ 1,500บาท มีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 10 เดือน และมีอัตราผลตอบแทน 94.02 %

2. การเปลี่ยนบัลลาสต์สูญเสียต่ำจำนวน 54 ตัว พลังงานไฟฟ้าที่สามารถลดได้ 1,064.34 kWh/ปี และความต้องการ 0.243 KW มีค่าวัสดุรวมค่าติดตั้ง เท่ากับ 8,532 บาท สามารถประหยัดค่าพลังงานไฟฟ้าได้ 2,162.52 บาท/ปี มีระยะเวลาคืนทุน 3 ปี 11 เดือน และมีอัตราผลตอบแทน 24.42 %

3. การเดินเครื่องอัดสารทำความเย็นเพื่อผลิตน้ำแข็งให้เหมาะกับปริมาณการจำหน่าย

โอกาสที่ทางโรงงานจะสามารถหยุดเครื่องอัดสารทำความเย็นได้ 1 เครื่อง

- หากโรงงานเดินเครื่อง No.1 เป็นหลัก และ เมื่อความต้องการลูกค้าไม่เกิน 387 ซอง / วัน สามารถหยุดเครื่อง ขนาด 114.29 kW สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ 114.29 kW / วัน

5. บรรณานุกรม

[1] กิตติศักดิ์ เรืองศิลป์ประเสริฐ, นาย วีรเดช เตียวเจริญ, คู่มือการคิดค่าไฟฟ้าแบบ TOU แบบ TOD และ DEMAND FACTOR, คณะ อุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิตไฟฟ้า, สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขต พระนครเหนือ

[2] กรมพัฒนา และ ส่งเสริมพลังงาน, เอกสารเผยแพร่ เรื่อง บัลลาสต์ประสิทธิภาพสูง, กองทุนส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

[3] ยศพงศ์ คุปตะบุตร, นาย ศุภโชค กุศลส่ง, นางสาว ศศิธร สินบรรจง, นาย รังสรรค์ ทองสุทธิ์, 2543, การอนุรักษ์พลังงานในอุสาหกรรม, สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงานกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน

[4] บริษัท เอ็นเนอร์ยี่ คอนเซอร์ เวชั่น เทคโนโลยี จำกัด, บริษัท กรีน เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด, โครงการตัวอย่างการตรวจวิเคราะห์และการเสนอแนวทางการปรับลดต้นทุน

[5] ผศ.ดร.สมชัย อัครทิวา, ขวัญจิตร วงศ์ชารี, 2546, เทอร์โมไดนามิกส์, แมคกรอ-ฮิล

[6] ศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย, 2536, การอนุรักษ์พลังงานในโรงงาน, กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

[7] ไพบูลย์ แย้มเผื่อน, 2545, เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม, ซีเอ็ดยูเคชั่น

[8] Dr.Yonus A. Çengel, 1997, Thermodynamic And Heat Transfer, University of Nevada, Reno