การลดการใช้พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม

นาย สุชาติ สุวรรณาพิสิทธิ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2548

ISBN 974-14-3776-5

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ENERGY USAGE REDUVTION IN A BEVERAGES FACTORY

Mr. Suchart Suwannapisith

A Thesis Submitted in partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering

Department of Industrial Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2005

ISBN: 974-14-3776-5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การลดการใช้พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม
โดย	นายสุชาติ สุวรรณาพิสิทธิ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ริจิรวนิช)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สุชาติ สุวรรณาพิสิทธิ์ : การลดการใช้พลังงานในโรงงานอุสาหกรรมเครื่องดื่ม (ENERGY USAGE REDUCTION IN A BEVERAGES FACTORY) อ. ที่ปรึกษา : รศ. จิรพัฒน์ เงาประเสริฐ 104 หน้า ISBN 974-14-3776-5

เนื่องจากการขยายตัวอย่างรวดเร็วทั้งทางภาคเศรษฐกิจ และภาคอุตสาหกรรม ทำให้ความต้องการในการใช้พลังงานสูงมากขึ้น สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมเครื่องดื่มบำรุงกำลังนั้น มีแนวโน้มการใช้พลังงานที่สูงขึ้นเรื่อยๆ ทำให้อัตราการใช้พลังงานต่อหน่วยสูงมากขึ้น วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีจุดประสงค์เพื่อสำรวจและศึกษาสภาพการใช้พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมเครื่องดื่มบำรุงกำลัง เพื่อวิเคราะห์หาแนวทางในการลดการใช้พลังงานที่เป็นไปได้ โดยการแสดงข้อมูลการใช้พลังงานทั้งก่อนและหลังการดำเนินการใช้มาตรการลดการใช้พลังงาน รวมถึงผลการประหยัดพลังงานที่เกิดขึ้น จากการศึกษาสภาพการใช้พลังงานพบว่าโรงงานมีการใช้พลังงานอยู่ 2 ชนิด คือ พลังงานไฟฟ้า และ พลังงานความร้อน โดยสัดส่วนการใช้พลังงานของโรงงานนั้นจะแบ่งเป็นสัดส่วนในรูปของหน่วยความร้อน (เมกะจูล) โดยแบ่งตามสัดส่วนจากปริมาณการใช้พลังงาน คือ ปริมาณการใช้ไฟฟ้า ร้อยละ 19 และ ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (น้ำมันเตา) ร้อยละ 81 และ แบ่งตามสัดส่วนค่าใช้จ่ายจากการใช้พลังงาน คือ ค่าใช้จ่ายจากการใช้ไฟฟ้า ร้อยละ 39 และค่าใช้จ่ายจากการใช้เชื้อเพลิง (น้ำมันเตา) ร้อยละ 61 และมีดัชนีการใช้พลังงานรวม 1,900 เมกะจูลต่อตัน

แนวทางหรือมาตรการที่นำมาใช้ในการลดการใช้พลังงาน จะแบ่งเป็น 2 แนวทางด้วยกัน คือ แนวทางการลดการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยในที่นี้ได้นำเสนอมาตรการที่เกี่ยวกับ ระบบปรับอากาศ และเครื่องทำน้ำเย็น ด้วยมาตรการลดการเปิดเครื่องทำน้ำเย็นในตอนกลางคืน และมาตรการยกเลิกการเปิดเครื่องทำน้ำเย็นเพื่อการปรับอากาศให้คนงานที่ซ่อมบำรุงเครื่องจักรในวันหยุด ซึ่งสามารถลดดัชนีการใช้พลังงานจาก 382.16 เมกะจูลต่อตัน เหลือ 359.17 เมกะจูลต่อตัน และแนวทางการลดการใช้พลังงานความร้อน ได้นำเสนอมาตรการติดตั้งเครื่องควบคุมการเผาไหม้แบบอัตโนมัติ ซึ่งสามารถลดดัชนีการใช้พลังงานจาก 1,579.99 เมกะจูลต่อตัน เหลือ 1,312.03 เมกะจูลต่อตัน

สำหรับมาตรการลดการใช้พลังงานที่นำมาใช้นั้น อาศัยหลักการปรับปรุงการใช้พลังงานต่อผลผลิตให้ต่ำลง โดยการลดการใช้พลังงานที่ไม่จำเป็นหรือมากเกินไป ซึ่งสามารถลดการใช้พลังงานโดยรวมต่อผลผลิตจาก 1,840 เมกะจูลต่อตัน เหลือ 1,708 เมกะจูลต่อตัน

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2548

4671468421 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORDS : ENERGY USAGE REDUCTION / ELECTRICAL ENERGY / THERMAL ENERGY / ENERGY USAGE INDEX

SUCHART SUWANNAPISITH: ENERGY USAGE REDUCTION IN A BEVERAGES FACTORY.THESIS ADVISOR: ASSOC.PROF. JEERAPAT NGAOPRASERTWONG. 104 pp. ISBN 974-14-3776-5

This thesis is concerned with the investigation of energy use in a beverages factory with an objective of finding possible energy saving. It displays information of before and after energy usage reduction and result of energy saving. Kind of energy usage in factory is electrical energy and thermal energy. The proportion, by energy value of electricity and fuel oil uses are 19 and 81 respectively and are about 39 and 61 by cost respectively. The total energy usage index in the factory is 1,900 MJ per ton of products.

Electrical energy saving can be achieved by the reduction of chiller using in night time and closure of chiller for air conditioning during holiday. These policy reduce energy usage index from 382.16 to 359.17 MJ per ton of products. Thermal energy can be achieved by installing the automatic combustion control. This policy reduces energy usage index from 1,579.99 to 1,312.03 MJ per ton of products.

The principle of energy reduction is reduce the usage of energy per product by reduce to use unnecessary or over require energy. These policy can reduce total energy usage per product from 1,840 to 1,708 MJ per ton of products

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department of .....Industrial Engineering..... Student' s signature .....

Field of study .....Industrial Engineering..... Advisor' s signature .....

Academic year .....2005.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความอนุเคราะห์ช่วยเหลือและการให้คำปรึกษาอย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์ จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งเป็นผู้ให้ความรู้ทางทฤษฎี หลักการ ตลอดจนแนวทางการแก้ไขปัญหา และอุปสรรคที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำวิจัย อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งแก่ข้าพเจ้าในการทำวิจัยครั้งนี้ และ ขอกราบขอบพระคุณ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน อันประกอบด้วยรองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ริจิรวนิช ประธานกรรมการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย พัวจินดาเนตรและ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน กรรมการการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ พร้อมทั้งตรวจแก้ไขข้อบกพร่อง ภายในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จด้วยดี ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้

นอกจากนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้จัดการฝ่ายเทคนิคและวิศวกรรม คอยช่วยเหลือและให้คำแนะนำอีกทั้งเปิดโอกาสให้ผู้วิจัยได้ทำการวิจัยอย่างเต็มที่ รวมถึงผู้ประสานงานด้านการผลิตในส่วนของการผลิตและสนับสนุนการผลิตที่อนุเคราะห์ในการให้ข้อมูลที่มีประโยชน์อย่างยิ่งต่อการทำวิจัยในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ครูอาจารย์ พี่น้อง เพื่อนนิสิต ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือ และให้กำลังใจแก่ผู้ทำวิจัยเสมอมาจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จด้วยดี ทางผู้วิจัยต้องขอขอบคุณ ณ ที่นี้ด้วย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญรูป..... ฌ

สารบัญตาราง..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา..... 2

1.2 แนวโน้มการใช้พลังงานในการผลิต..... 2

1.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงาน..... 3

1.4 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 5

1.5 ขอบเขตงานวิจัย..... 5

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 5

1.7 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย..... 6

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 7

2.1 ความหมายของการประหยัดพลังงาน..... 7

2.2 การตรวจสอบทำบัญชีพลังงาน..... 8

2.3 การประหยัดพลังงานไฟฟ้า..... 9

2.4 การประหยัดพลังงานความร้อน..... 12

2.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง..... 13

2.6 การสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 13

บทที่ 3 สภาพทั่วไปและการใช้งาน..... 45

3.1 ลักษณะทั่วไปของโรงงาน..... 45

3.2 องค์กรบริหารโรงงาน..... 47

3.3 กระบวนการผลิต..... 49

3.4 สภาพการใช้พลังงานของโรงงาน..... 49

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4 ขั้นตอนการวิจัยและข้อมูล..... 58
4.1 ขั้นตอนในการดำเนินการ..... 58
4.2 ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย..... 58
4.3 อุปกรณ์เครื่องมือวัดที่ใช้ในการเก็บข้อมูล..... 59
4.4 การดำเนินการวัดค่าของข้อมูล..... 59
บทที่ 5 ผลการศึกษาวิเคราะห์หาแนวทางประหยัดพลังงาน..... 61
5.1 ผลการศึกษา..... 61
5.2 มาตรการในการลดการใช้พลังงาน..... 64
5.3 ผลที่ได้หลังจากใช้มาตรการลดการใช้พลังงาน..... 72
บทที่ 6 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ..... 75
6.1 สรุปผลการศึกษา..... 75
6.2 ข้อเสนอแนะ..... 76
รายการอ้างอิง..... 78
ภาคผนวก..... 80
ภาคผนวก ก..... 81
ภาคผนวก ข..... 86
ภาคผนวก ค..... 90
ภาคผนวก ง..... 98
ประวัติผู้เขียน..... 104

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
ตารางที่ 2.1	Radiation Loss..…….…..	25
ตารางที่ 3.1	แสดงสัดส่วนปริมาณการใช้พลังงาน…….……..	56
ตารางที่ 3.2	แสดงสัดส่วนค่าใช้จ่ายจากการใช้พลังงาน……..….	57
ตารางที่ 4.1	ตารางอุปกรณ์เครื่องมือวัด…….……	59
ตารางที่ 5.1	กำลังการผลิตของโรงงานผลิตเครื่องดื่ม……...….	61
ตารางที่ 5.2	กำลังการผลิตของโรงงานยา…….……....	62
ตารางที่ 5.3	แสดงจำนวนวันที่ไม่ได้ทำการผลิตแต่มีการเปิด Chiller เพื่อการปรับอากาศให้คนงาน……...….	67
ตารางที่ 6.1	สรุปมาตรการลดการใช้พลังงาน…….……..….	76

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
รูปที่ 1.1	กราฟแสดงสัดส่วนเปอร์เซ็นต์การใช้พลังงานและค่าใช้จ่ายจากการใช้พลังงาน ในช่วง ปี 2546-2548 ……	4
รูปที่ 3.1	แผนผังบริเวณของบริษัทที่ทำการศึกษา……..…	46
รูปที่ 3.2	แผนผังองค์กร……....	47
รูปที่ 3.3	กระบวนการผลิตของการผลิตน้ำแบบรีเวอร์สออสโมซิส……..……..	51
รูปที่ 3.4	กระบวนการผลิตในห้องผสม……..…….	52
รูปที่ 3.5	กระบวนการผลิตของโรงงานบรรจุ……..……	54
รูปที่ 3.6	แผนผังแสดงกระบวนการผลิตและการใช้พลังงาน……..	57
รูปที่ 5.1	กราฟแสดงแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าในหน่วยเมกะจูลต่อตัน…….	73
รูปที่ 5.2	กราฟแสดงแนวโน้มการใช้พลังงานความร้อนในหน่วยเมกะจูลต่อตัน…….…..	74
รูปที่ ก.1	หม้อไอน้ำที่ทำการศึกษา……..…	82
รูปที่ ก.2	มิเตอร์วัดปริมาณการใช้น้ำ……..…	82
รูปที่ ก.3	มิเตอร์วัดการใช้น้ำมันเตา..……..…	83
รูปที่ ก.4	ตู้ควบคุมการเผาไหม้แบบอัตโนมัติ……..…	84
รูปที่ ก.5	เครื่องทำน้ำเย็น……...……..…	85
รูปที่ ก.3	มิเตอร์วัดหน่วยการใช้ไฟฟ้า……...	85
รูปที่ ข.1	หม้อไอน้ำท่อไฟกลับ……...……...	87
รูปที่ ข.2	หม้อไอน้ำชนิดทำไอดงเอง..……....	87
รูปที่ ข.3	หม้อไอน้ำแบบไหลผ่านตลอดแนวเดียว……..……	88
รูปที่ ข.4	หม้อน้ำมันร้อน……..…….....…	88
รูปที่ ข.5	หม้อน้ำร้อน……..……	89
รูปที่ ข.6	จุดตรวจวัดสำหรับหม้อไอน้ำ..……....…	89

บทที่ 1

บทนำ

พลังงานนับว่าเป็นปัจจัยพื้นฐาน สำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจ ซึ่งภาคอุตสาหกรรมการผลิตนั้นถือว่าเป็นหัวใจสำคัญในการสร้างการเติบโตทางเศรษฐกิจ และ เนื่องจากการขยายตัวอย่างรวดเร็ว ทั้งทางภาคเศรษฐกิจ และภาคอุตสาหกรรม รวมทั้งจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้ความต้องการในการใช้พลังงานสูงมากขึ้นตลอดในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา โดยอัตราการใช้พลังงานในประเทศไทยมีแนวโน้มว่าจะสูงเพิ่มขึ้นตามการขยายตัวของเศรษฐกิจไทยต่อไป และจากสถานการณ์ราคาน้ำมันในตลาดโลกที่มีความผันผวนประกอบกับแหล่งพลังงานภายในประเทศมีจำกัด ทำให้ต้องอาศัยการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศเป็นจำนวนมาก ดังนั้น สัดส่วนการพึ่งพาจากต่างประเทศจึงสูงกว่าร้อยละ 60 เมื่อเทียบกับการใช้พลังงานทั่วทั้งประเทศ นอกจากนั้นในการสำรวจหา และพัฒนาแหล่งพลังงานใหม่ๆ ไม่เพียงแต่จะใช้เงินลงทุนสูงมากเท่านั้น แต่ยังทำให้ต้องสูญเสียทรัพยากรธรรมชาติที่มีค่า อันอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาวอีกด้วย ซึ่งล้วนแต่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อต้นทุนการผลิต และความเจริญก้าวหน้าของเศรษฐกิจ ของภาคอุตสาหกรรมไทย

โรงงานอุตสาหกรรมที่มีการใช้พลังงานสูง จึงมีความจำเป็นต้องคอยปรับตัวเองให้พร้อมกับสถานการณ์ต่างๆ แนวทางหนึ่งที่นำมาใช้เพื่อแก้ปัญหาก็คือ การใช้พลังงานอย่างประหยัด และมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นตัวช่วยลดการใช้พลังงานอย่างสิ้นเปลือง นอกจากนี้ยังเป็นการลดการลงทุนในการจัดหาแหล่งพลังงานใหม่ และช่วยลดการนำพลังงานจากต่างประเทศ รวมทั้งป้องกันผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้นจากการผลิต และ การใช้พลังงาน

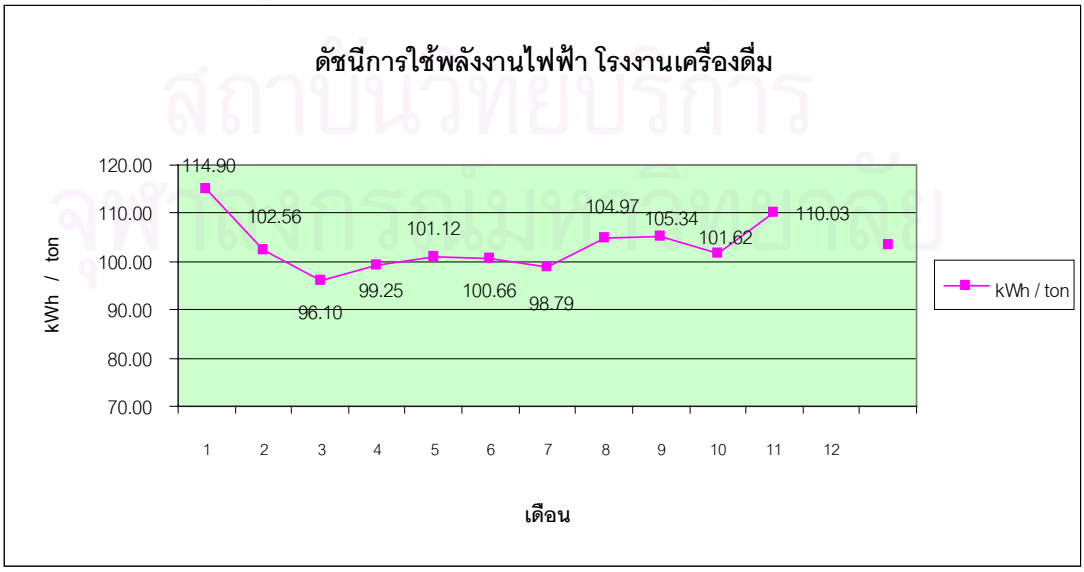
การประหยัดพลังงานจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง โดยเฉพาะในภาคธุรกิจอุตสาหกรรมที่มีการแข่งขันกันสูง ปัจจุบันมีการใช้พลังงานต่างๆในกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก ทั้งที่อยู่ในรูปของเหลว ของแข็ง และก๊าซ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหามาตรการหรือแนวทางในการประหยัดพลังงานและการลดต้นทุนที่ผลอย่างจริงจังในภาคปฏิบัติมาใช้เพื่อลดการใช้พลังงาน ควบคู่ไปกลับการลดต้นทุนทุก ๆ อย่าง พร้อมกับพัฒนาความสามารถของบุคลากรให้มีประสิทธิภาพ เพื่อให้สามารถแข่งขันในตลาดโลกได้

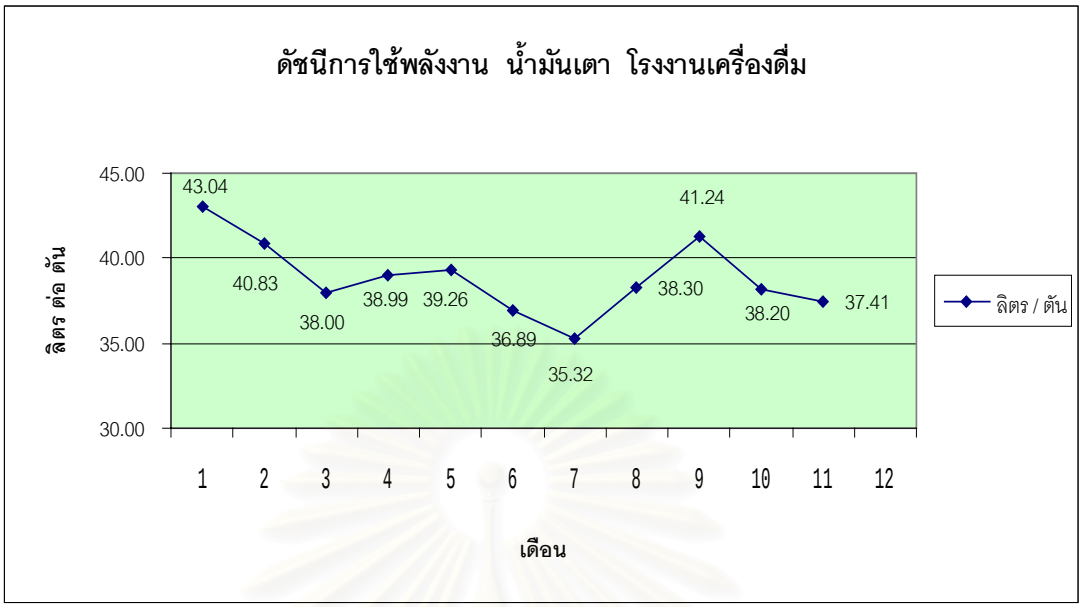
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากที่กล่าวมาแล้วว่าในปัจจุบันทางภาคธุรกิจอุตสาหกรรมมีการแข่งขันกันสูงมากขึ้น ปัจจัยอย่างหนึ่งที่ทำให้องค์กรสามารถอยู่รอดและแข่งขันในธุรกิจอุตสาหกรรมได้ คือ การลดค่าใช้จ่ายขององค์กร สำหรับในโรงงานอุตสาหกรรมนั้น ค่าใช้จ่ายหลัก ก็คือ ค่าใช้จ่ายที่มาจากการผลิตสินค้า ซึ่งค่าใช้จ่ายในการผลิตสินค้าตัวหนึ่งนั้นประกอบไปด้วย ค่าใช้จ่ายด้านวัตถุดิบ ,ค่าใช้จ่ายด้านบรรจุภัณฑ์ และค่าโสหุ้ยในการผลิต โดยค่าใช้จ่ายในด้านการใช้พลังงานนั้นจะรวมอยู่ในค่าโสหุ้ย สำหรับสินค้าเครื่องดื่มบำรุงกำลังนั้น ค่าใช้จ่ายในด้านการใช้พลังงานนั้น คิดเป็น 7- 8% ของค่าใช้จ่ายทั้งหมด แต่เนื่องจากในปัจจุบันค่าใช้จ่ายในด้านพลังงานนั้นมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ ทั้งจากอัตราค่าไฟฟ้า และค่าน้ำมันเตา (เชื้อเพลิงที่ใช้กับหม้อไอน้ำ) ที่มีราคาสูงขึ้น และ อัตราการใช้พลังงานต่อหน่วยก็มีแนวโน้มสูงขึ้น อีกทั้งทางฝ่ายบริหารเองก็มีนโยบายที่ต้องการให้ลดการใช้พลังงานลงจากเดิม 10 % ดังนั้นจึงต้องมีการศึกษาการใช้พลังงาน เพื่อหาแนวทางหรือมาตรการในการลดการใช้พลังงาน

1.2 แนวโน้มการใช้พลังงานในการผลิต

จากการสำรวจการใช้พลังงานในรอบปีที่ผ่านมา สามารถแสดงผลได้ด้วยกราฟแสดงค่าดัชนีการใช้พลังงาน โดยจะเห็นว่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าในการผลิต มีแนวโน้มสูงขึ้น และในส่วนของปริมาณการใช้พลังงานจากน้ำมันเตา (เชื้อเพลิง) ในการผลิตมีแนวโน้มที่ลดลงแต่ก็ยังมีลักษณะเป็นแบบขึ้น-ลง โดยที่ยังคงต้องคอยเฝ้าติดตามอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากในปัจจุบันราคาน้ำมันเตาที่เป็นเชื้อเพลิงมีการปรับราคาเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง





1.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงาน

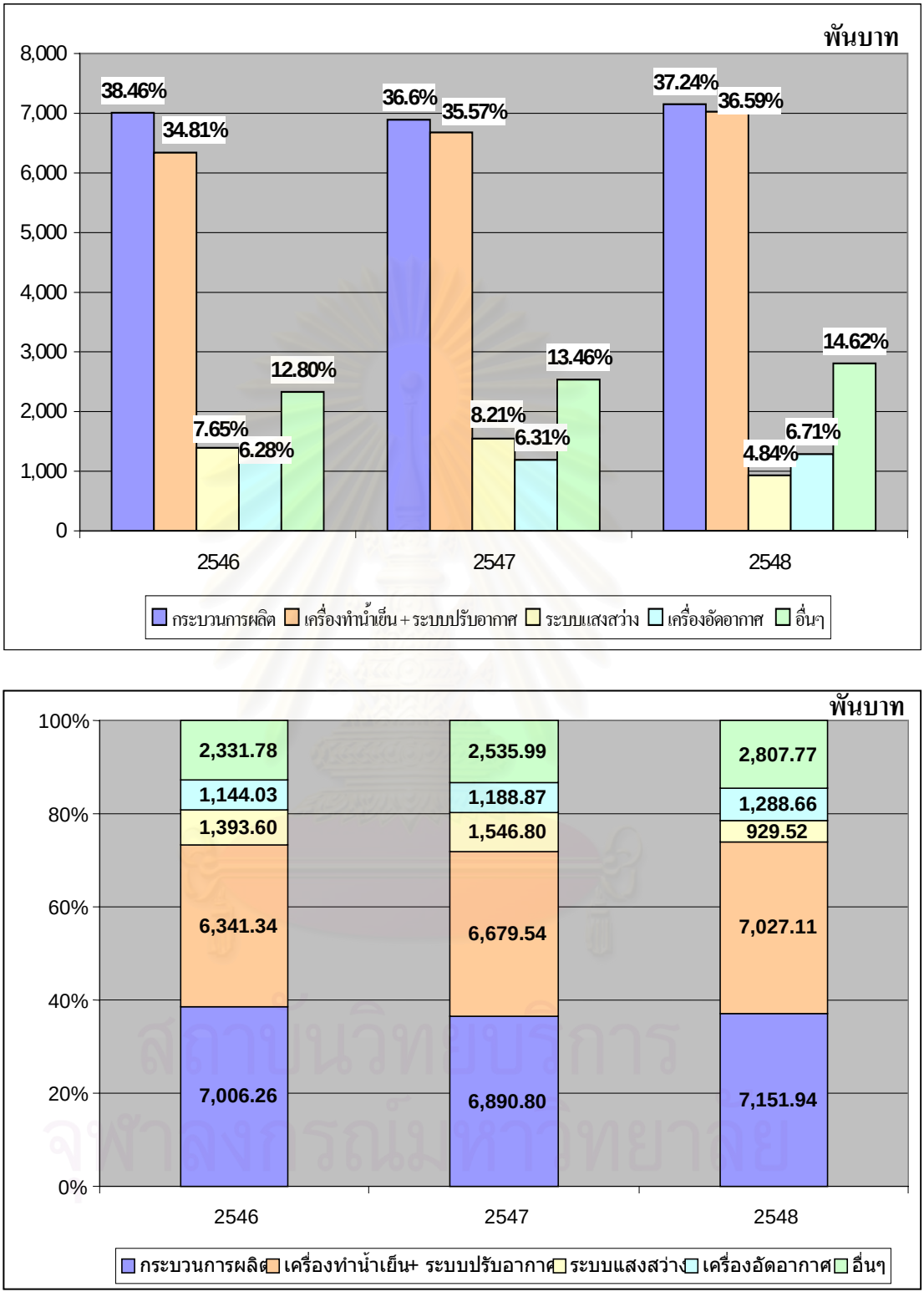
1.3.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าในการผลิต

1. ระบบทำน้ำเย็น
2. ระบบปรับอากาศ
3. ระบบอัดอากาศ
4. ระบบแสงสว่าง
5. ระบบบำบัดน้ำเสีย
6. ระบบผลิตน้ำ
7. กระบวนการผลิต

1.3.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานความร้อนในการผลิต

1. กระบวนการผลิต

เมื่อศึกษาจากปริมาณการใช้พลังงานในช่วง 2 - 3 ปีที่ผ่านมา โดยได้ทำการแบ่งสัดส่วนการใช้พลังงานเป็นระบบหลักๆ 5 ระบบด้วยกัน คือ กระบวนการผลิต เครื่องทำน้ำเย็นและระบบปรับอากาศ ระบบแสงสว่าง ระบบอัดอากาศ และระบบอื่นๆ พบว่ากระบวนการผลิต และ เครื่องทำน้ำเย็นและระบบปรับอากาศ มีปริมาณการใช้พลังงานมากกว่าระบบอื่นมาก โดยมีเปอร์เซ็นต์การใช้พลังงานรวมกันมากกว่า 70 % ของการใช้พลังงาน ซึ่งแสดงได้ดัง



รูปที่ 1.1 กราฟแสดงสัดส่วนเปอร์เซ็นต์การใช้พลังงานและค่าใช้จ่ายจากการใช้พลังงาน ในช่วงปี 2546-2548

1.4 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.4.1 ศึกษาศักยภาพและปรับปรุงการใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพ

1.4.2 พิจารณาถึงความเป็นไปได้ในการลดการใช้พลังงาน โดยวิเคราะห์ถึงความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์

1.4.3 กำหนดมาตรการดำเนินการจัดการด้านพลังงาน

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1.5.1 สำรวจสถานภาพการใช้พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมเครื่องดื่มบำรุงกำลัง โดยการทำบัญชีพลังงานในรูปแบบของพลังงานไฟฟ้าและความร้อน

1.5.2 ดำเนินการตรวจสอบ และวิเคราะห์การใช้พลังงานในกระบวนการผลิต, ระบบทำความเย็น, ระบบปรับอากาศ และระบบแสงสว่าง ของโรงงานผลิตเครื่องดื่มบำรุงกำลัง โดยอาศัยข้อมูลจากเอกสารที่เกี่ยวข้องและการเข้าสำรวจ ตรวจวัดโดยการใช้อุปกรณ์วัด เพื่อทางแนวทาง และมาตรการในการประหยัดงาน

1.5.3 การสังเกตและการสำรวจ กระทำในช่วงเดินเครื่องปกติ และช่วงหยุดเดินเครื่องสำหรับการตรวจวัดค่าต่างๆ กระทำในเวลาเดินเครื่องปกติอยู่ในสภาพคงตัว

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 สามารถประหยัดพลังงานที่ใช้ในการผลิตได้

1.6.2 ลดต้นทุนในการผลิตเนื่องจากการประหยัดพลังงาน

1.6.3 เพิ่มผลผลิตหรือผลิตภาพ

1.6.4 ลดมลภาวะในอากาศอันเนื่องมาจากการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบการผลิต

1.6.5 เพิ่มขีดความสามารถในการดำเนินการทางธุรกิจ และภาพลักษณ์ของบริษัท

1.6.6 ใช้เป็นแนวทางในการอนุรักษ์พลังงานในบริษัทได้ต่อไป

1.7 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย

1.7.1 สำรวจงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.7.2 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงาน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดมาตรการประหยัดพลังงาน

1.7.3 ศึกษาและวิเคราะห์หามาตรการประหยัดพลังงานที่คาดว่าจะสามารถดำเนินการได้อย่างรวดเร็ว

1.7.4 ประเมินผลของมาตรการประหยัดพลังงาน โดยการวัดผลการประหยัดก่อนและหลังการดำเนินมาตรการประหยัดพลังงาน

1.7.5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1.7.6 จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมายของการประหยัดพลังงาน

การประหยัดพลังงานในโรงงาน หมายถึง การจัดการด้านการใช้พลังงานจำนวนหนึ่ง เพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุดโดยไม่มีผลเสียต่อกระบวนการผลิต โดยการใช้เครื่องจักรอุปกรณ์ และพลังงานต่างๆ ให้มีประสิทธิภาพสูง ลดการสูญเสียพลังงาน ทำให้เกิดผลดีในด้านการลดต้นทุนการผลิต เพิ่มอายุการใช้งานของเครื่องจักรอุปกรณ์ ซึ่งเป็นผลดีทางอ้อมในการช่วยกันประหยัดพลังงานของประเทศด้วย

หลักพิจารณาในการประหยัดพลังงานในโรงงาน สามารถแบ่งออกได้ ดังนี้

1. การเลือกใช้พลังงานและเชื้อเพลิงอย่างเหมาะสม
2. การเลือกวิธีแปลงพลังงานและกระบวนการผลิตอย่างเหมาะสม
3. การลดการสูญเสีย และใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ
4. การนำพลังงานที่ยังไม่ได้ใช้ประโยชน์มาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด

2.1.1 การเลือกใช้พลังงานและเชื้อเพลิงอย่างเหมาะสม

การเลือกใช้ชนิดของพลังงานและเชื้อเพลิงใด ควรพิจารณาคุณสมบัติทั่งทางกายภาพและทางด้านเศรษฐกิจ และเลือกใช้พลังงานที่เหมาะสมกับงานมากที่สุดโดยพิจารณาในแง่ของประสิทธิภาพรวมที่จะได้

2.1.2 การเลือกวิธีแปลงพลังงานและกระบวนการผลิตอย่างเหมาะสม

ในกรณีที่กระบวนการผลิตเป็นตัวกำหนดรูปแบบของพลังงานที่จะใช้ หากกระบวนการใดสามารถใช้พลังงานได้มากกว่าหนึ่งรูปแบบ ควรพิจารณาใช้พลังงานรูปแบบที่มีความเหมาะสมทั้งทางด้านเทคนิคและทางด้านเศรษฐศาสตร์

2.1.3 การลดการสูญเสีย และใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

การใช้พลังงานในโรงงานทั้งพลังงานไฟฟ้าและความร้อน ควรศึกษาสภาพการใช้งานและรายละเอียดของอุปกรณ์ใช้พลังงานในโรงงาน วิเคราะห์หาแนวทางในการลดการสูญเสียเนื่องจากสาเหตุต่างๆ เช่น การเดินมอเตอร์ตัวเปล่า ลมรั่ว ท่อไอน้ำรั่ว ฉนวนความร้อนไม่ดี เป็นต้น เพื่อให้ใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

2.1.4 การนำพลังงานที่ยังไม่ได้ใช้ประโยชน์มาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด

เป็นการศึกษาวิเคราะห์นำพลังงานที่เหลือทิ้งเนื่องจากสาเหตุต่างๆ กลับมาใช้ให้เป็นประโยชน์ เพื่อให้ประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นโดยคำนึงถึงความเหมาะสมด้านเศรษฐศาสตร์

2.2 การตรวจสอบทำบัญชีพลังงาน

การตรวจสอบทำบัญชีพลังงานเป็นการศึกษาตรวจสอบสภาพการใช้พลังงาน เพื่อการจัดการพลังงานอย่างถูกต้องเห็นแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพและแนวทางประหยัดพลังงานได้ ลักษณะการตรวจสอบเป็นแนวทางที่ต้องทำอย่างต่อเนื่องเพื่อให้เกิดความถูกต้อง โดยทั่วไปการตรวจสอบทำบัญชีพลังงานนี้ มีดังนี้

1. การตรวจสอบสภาพการใช้พลังงานจากข้อมูลในอดีต
2. การตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยเข้าสำรวจในโรงงาน
3. การตรวจสอบและการวิเคราะห์การใช้พลังงานอย่างละเอียด

2.2.1 การตรวจสอบสภาพการใช้พลังงานจากข้อมูลในอดีต

เป็นการรวบรวมและศึกษาข้อมูลการใช้พลังงานในปีก่อนๆ ที่ทางโรงงานจดบันทึกไว้เพื่อต้องการทราบปริมาณการใช้พลังงานทุกรูปแบบ ค่าใช้จ่ายพลังงาน ผลผลิตที่ได้ต่อปริมาณพลังงานที่ใช้ ตัวแปรของการใช้พลังงานในแต่ละช่วง

2.2.2 การตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยเข้าสำรวจในโรงงาน

เป็นการสำรวจลักษณะทั่วไปของโรงงานกระบวนการผลิต และอุปกรณ์ต่างๆ พิจารณาบริเวณที่มีการใช้พลังงานสูง ระบบการใช้พลังงานในรูปแบบต่างๆ และบริเวณที่เกี่ยวข้อง และในการสำรวจโรงงานนั้น ก็เพื่อหาต้นเหตุการณ์สูญเสียพลังงาน ทำการสำรวจการใช้พลังงานทุกระบบทั้งในช่วงที่ทำการผลิตและหยุดผลิต รวมทั้งการตรวจวัดโดยใช้เครื่องมือวัดต่างๆ ข้อมูลที่ได้ทำให้ทราบสภาพการใช้พลังงาน

2.2.3 การตรวจสอบและการวิเคราะห์การใช้พลังงานอย่างละเอียด

ผลของการตรวจสอบและการวิเคราะห์การใช้พลังงานในข้างต้น สามารถนำข้อมูลมาใช้สร้างรูปแบบการใช้พลังงาน ทำให้ทราบว่าต้องมีการปรับปรุงและแก้ไขส่วนใดบ้าง ซึ่งต้องทำการตรวจสอบและวิเคราะห์อย่างละเอียดถึงการทำสมดุลพลังงาน เพื่อหาประสิทธิภาพของระบบและอุปกรณ์ที่สำคัญ และหาแนวทางการปรับปรุง แก้ไข ซึ่งต้องมีการลงทุนที่เหมาะสมมีความเป็นไปได้สูง

2.3 การประหยัดพลังงานไฟฟ้า

โดยทั่วไปพลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่ผลิตจากเชื้อเพลิงต่างๆ และประสิทธิภาพของการแปรสภาพพลังงานรูปอื่นๆ มาเป็นพลังงานไฟฟ้าค่อนข้างต่ำ อย่างไรก็ตามเนื่องจากพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานที่เป็นประโยชน์ ดังนั้นจึงควรใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ ในการจัดการควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงงานควรจะพิจารณาถึงองค์ประกอบ 4 ประการ คือ

2.3.1 พลังงานไฟฟ้า

โดยทั่วไปพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ขึ้นอยู่กับปริมาณและชนิดของการผลิต ดังนั้นการพิจารณาถึงพลังงานไฟฟ้าในโรงงานจึงใช้หน่วยอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อผลผลิต (Electrical Energy Index) โดยการปรับปรุงพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ ทำได้โดยการลดปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อผลผลิตดังกล่าว โดยการเพิ่มปริมาณผลผลิตที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเท่าเดิม หรือเพิ่มขึ้นในอัตราที่น้อยกว่าปริมาณผลผลิต หรือการพยายามลดปริมาณพลังงานไฟฟ้าลงในกระบวนการผลิตที่กระทำอยู่ในปัจจุบัน

2.3.2 กำลังไฟฟ้า

การจัดการควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงงานเพื่อให้มีการใช้อย่างประสิทธิภาพ และก่อให้เกิดการประหยัดพลังงานและค่าพลังงานได้ การควบคุมกำลังไฟฟ้าจะพิจารณากำลังไฟฟ้าที่ใช้สูงสุด (Peak Demand) กระทำได้โดยการปรับปรุงค่าตัวประกอบภาระ (Load Factor ; LF) โดย

การปรับปรุงค่าตัวประกอบภาระ จะพิจารณาจากเส้นกราฟของภาระไฟฟ้า (Load Curve) รายวัน และหรือรายเดือน รายชั่วโมง ที่แสดงสภาพการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้าในช่วงเวลาดังกล่าว โดยการพยายามลดกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดขึ้นในช่วงเวลานั้น โดยสามารถควบคุมด้วยคนและอัตโนมัติ (Demand Controller)

2.3.4 ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้านี้ เป็นค่าที่แสดงความต่างเฟสระหว่างกระแสและแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับในระบบไฟฟ้า โดยการควบคุมการใช้ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ โดยการพยายามเพิ่มค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าของโรงงานต่างๆ เป็นชนิดตาม (Lagging) การปรับปรุงให้สูงขึ้นโดยการติดตั้งตัวเก็บประจุ (Capacitor) ขนานเข้ากับภาระไฟฟ้าในตำแหน่งที่เหมาะสม ซึ่งจะมีผลช่วยลดพลังงานสูญเสียในหม้อแปลงขณะใช้งาน ลดแรงดันตกและแรงดันมี

ค่าคงที่มากขึ้น และลดอัตราค่าไฟฟ้าคือไม่ต้องเสียค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าในกรณีค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าสูงกว่า 85%

2.3.5 การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้า

นอกจากการจัดการควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าแล้วดังกล่าวข้างต้น ยังสามารถจัดการปรับปรุง ควบคุม สำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าส่วนมากในโรงงานให้มีประสิทธิภาพได้ อุปกรณ์ดังกล่าวประกอบด้วย

ก. อุปกรณ์รับ – จ่ายไฟฟ้า
ข. มอเตอร์และปั๊ม
ค. ไฟฟ้าแสงสว่าง
ง. การปรับอากาศ

ก. อุปกรณ์รับ – จ่ายไฟฟ้า

ในโรงงานมีอุปกรณ์รับ – จ่ายไฟฟ้า ประกอบด้วย

- หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer)

การประหยัดพลังงานไฟฟ้าในส่วนหม้อแปลงไฟฟ้า ควรพิจารณาถึงการใช้หม้อแปลงที่มีประสิทธิภาพสูง เมื่อภาระของหม้อแปลงมีค่าประมาณ 60-100% ของพิกัดหม้อแปลง ควรปลดหม้อแปลงออกเมื่อไม่ได้จ่ายภาระเพื่อลดการสูญเสียในหม้อแปลง ควรใช้หม้อแปลงที่มีตัวประกอบภาระสูง รวมทั้งการจัดและเลือกเดินหม้อแปลงเมื่อมีมากกว่า 2 ตัว ปรับระดับแรงดันให้เหมาะสมกับอุปกรณ์โดยการปรับ Tap ของหม้อแปลง และการใช้หม้อแปลงชนิดประหยัดพลังงาน

- สถานีไฟฟ้าย่อย (Substation)

มีความสำคัญต่อการรับ – จ่ายพลังงานไฟฟ้ามาก ดังนั้น จำเป็นต้องพิจารณารายละเอียดถึงเรื่องการลดพลังงานสูญเสีย เนื่องจากตำแหน่งของสถานีไฟฟ้าย่อยไกลจากบริเวณศูนย์กลางของภาระไฟฟ้าทั้งหมด

ข. มอเตอร์และปั๊ม

การพิจารณาใช้มอเตอร์และปั๊มให้มีประสิทธิภาพสูง เกิดการประหยัดพลังงาน และยืดอายุให้มีการใช้งานนานขึ้น ซึ่งควรจะต้องพิจารณาถึง

- การเปลี่ยนขนาดของมอเตอร์ให้เหมาะสมกับภาระ เพราะมอเตอร์จะมีประสิทธิภาพสูงขณะที่ตัวประกอบภาระอยู่ในช่วงระหว่าง 75-100%

- การเปลี่ยนสายพานของมอเตอร์ และเครื่องจักรให้มีความตึงเหมาะสม หรือใช้สายพานชนิดประหยัดพลังงาน
- ปรับความเร็วของมอเตอร์ด้วยเครื่องควบคุมอัตโนมัติ รวมทั้งการหยุดการส่งสัญญาณเตือนเมื่อมีการเดินเครื่องตัวเปล่า และเมื่อมอเตอร์รับภาระเกินกว่าพิกัด
- ติดตั้งสวิทช์ ควบคุมเปิด-ปิดไว้ในตำแหน่งที่เหมาะสม
- ตรวจสอบสภาวะการทำงานของปั๊ม ให้มีความดันเหมาะสมกับอัตราการไหล ทั้งด้านการใช้ และด้านของปั๊ม เพื่อลดการสูญเสีย จึงต้องวางแผนการแปลงระดับของภาระและควบคุมจำนวนการเดินเครื่อง

ค. ไฟฟ้าแสงสว่าง

การประหยัดพลังงานไฟฟ้า โดยการพิจารณาไฟฟ้าแสงสว่างคำนึงถึง

- การเลือกวิธีให้แสงสว่างตรงกับความต้องการของงาน เช่น การให้แสงสว่างแบบทั่วไปแบบเฉพาะตำแหน่ง อย่างเหมาะสม
- จัดสภาวะแวดล้อมภายในหม้อแปลงให้เหมาะสม
- ใช้แสงในเวลากลางวัน (Day light) ให้เป็นประโยชน์ โดยไม่เพิ่มภาระในการปรับอากาศ
- แยกวงจรควบคุม เปิด-ปิด หลอดไฟฟ้าให้เหมาะสมกับตำแหน่งใช้งาน
- เลือกใช้หลอดไฟฟ้าชนิดประหยัดพลังงาน รวมทั้งใช้ร่วมกับอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง
- ทำความสะอาดหลอดและอุปกรณ์อย่างสม่ำเสมอ
- ใช้อุปกรณ์แสงสว่างตามค่าแรงดันที่กำหนด

ง. ระบบปรับอากาศ

นอกจากการเลือกใช้ชนิดและขนาดของเครื่องปรับอากาศให้เหมาะสมกับการใช้งานแล้ว ขณะใช้งานควรปรับตั้งอุณหภูมิให้เหมาะสมด้วย พยายามลดภาระการทำความเย็นด้วยแสงอาทิตย์ และควรติดตั้ง Condensing Unit ในตำแหน่งที่มีอากาศถ่ายเทที่ดี ระมัดระวังเรื่องการระบายอากาศมากเกินจำเป็นโดยการควบคุมพัดลมระบายอากาศ และช่องที่ทำให้อากาศรั่วไหลได้

2.4 การประหยัดพลังงานความร้อน

โรงงานอุตสาหกรรมจะใช้พลังงานในการผลิตทั้งส่วนที่สัมพันธ์โดยตรงกับผลผลิตและส่วนที่ไม่สัมพันธ์โดยตรงกับผลผลิต อาจจะมีทั้งการใช้น้ำมัน ไฟฟ้า หรือเชื้อเพลิงอื่นๆ การพิจารณาการใช้พลังงานรวมจึงต้องเปลี่ยนให้เป็นหน่วยพลังงานเดียวกัน การวิเคราะห์การใช้พลังงานรวม นิยมหาพลังงานทั้งหมดต่อหน่วยผลผลิต หรือเรียกว่า อัตราการใช้พลังงานเฉพาะ (Specific Energy Consumption) สำหรับการศึกษาวิเคราะห์ความร้อน พิจารณาถึงหัวข้อต่างๆ ดังนี้

2.4.1 เชื้อเพลิง (Fuel)

ความหมายคือ สารหรือสสารเมื่อรวมตัวกับออกซิเจน จะเกิดการเผาไหม้ (Combustion) แล้วให้ความร้อนออกมาในจำนวนที่สูง และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ธาตุประกอบในเชื้อเพลิงทำให้เชื้อเพลิงมีสถานะต่างๆ และมีคุณสมบัติแตกต่างกันออกไปทั้งเชื้อเพลิงที่เป็นของแข็ง ของเหลว และก๊าซ

การเลือกใช้เชื้อเพลิงชนิดใดต้องคำนึงถึง ความสามารถที่จะนำไปใช้ได้อย่างถูกวิธี ประหยัดและคุ้มค่า จัดหาได้ง่ายและมีปริมาณมากพอ

2.4.2 การเผาไหม้ (Combustion)

ความหมายคือ การทำปฏิกิริยาระหว่างอนุภาคของเชื้อเพลิงกับออกซิเจนในอากาศอย่างรวดเร็ว ปล่อยความร้อนออกมาในสภาพของเปลวไฟ เกิดสารผสมที่มีออกซิเจน และธาตุประกอบเชื้อเพลิงผสมอยู่ในสภาพของไอเสียที่มีอุณหภูมิสูงมาก

ในทางปฏิบัติออกซิเจนที่ใช้เป็นออกซิเจนในอากาศ ที่หาได้ง่าย และไม่ต้องลงทุน การวิเคราะห์การเผาไหม้ตามปกติที่ได้คำตอบที่ละเอียดถูกต้อง สำหรับงานวิศวกรรมศาสตร์ใช้อากาศที่มีส่วนประกอบดังนี้

- มีส่วนประกอบ ก๊าซออกซิเจน 23% ก๊าซไนโตรเจน 77% โดยน้ำหนัก
- มีส่วนประกอบ ก๊าซออกซิเจน 21% ก๊าซไนโตรเจน 79% โดยน้ำหนัก

ก๊าซไนโตรเจนในอากาศเป็นก๊าซเฉื่อย (Inert Gas) ที่ไม่ทำปฏิกิริยาเคมี แต่มีผลต่อประสิทธิภาพการเผาไหม้ เนื่องจากต้องใช้ความร้อนส่วนหนึ่งที่ทำให้ก๊าซไนโตรเจนมีอุณหภูมิสูงขึ้น

2.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.5.1 การประหยัดพลังงานในระบบไอน้ำ

หม้อไอน้ำเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตไอน้ำ สำหรับให้ความร้อนในกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม ในการทำน้ำร้อนในอาคารธุรกิจต่างๆ หรือเพื่อใช้ขับกังหันไอน้ำ (steam turbine) หรือเครื่องจักรไอน้ำ (steam engine) เพื่อผลิตพลังงานกล หรือไฟฟ้า หน้าที่หลักของหม้อไอน้ำคือ การผลิตไอน้ำได้ตามสภาวะที่ต้องการ คือ ที่ความดัน อุณหภูมิ และอัตราการไหลที่กำหนด โดยให้มีการสูญเสียพลังงานน้อยที่สุด ทั้งนี้เพื่อให้ได้การทำงานโดยรวมเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและลดค่าใช้จ่าย

2.5.1.1 ชนิดของหม้อไอน้ำ

หม้อไอน้ำสามารถแบ่งออกได้เป็นหลายประเภทตามลักษณะโครงสร้างการทำงาน และวัตถุประสงค์การใช้งาน ในที่นี้จะขอกล่าวถึงเฉพาะประเภทที่ใช้ในโรงงานที่ทำการศึกษาเท่านั้นโดยเมื่อจำแนกตามวัตถุประสงค์การใช้งานเป็นเกณฑ์ สามารถแบ่งหม้อไอน้ำออกเป็น 2 ประเภท คือ หม้อไอน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิต (Process boilers) และหม้อไอน้ำกำลัง (Power boilers)

ประเภทแรก จะผลิตไอน้ำที่ความดันต่ำเพื่อใช้ในกระบวนการผลิต หรือเพื่อใช้ให้ความร้อนทั่วๆ ไป ไอน้ำที่ผลิตได้มักจะเป็น ไอน้ำอิ่มตัว และมีความดันต่ำกว่า 10 บาร์ สำหรับหม้อไอน้ำกำลังจะใช้ในการผลิตเพลา หรือไฟฟ้า ในระบบของโรงงานไฟฟ้าพลังความร้อนหรือระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วม หม้อไอน้ำประเภทนี้จะมีขีดความสามารถในการผลิตไอน้ำที่ความดันและอุณหภูมิสูงพอที่ จะใช้ขับกังหันไอน้ำได้ ขนาดพิกัดต่ำสุดจะอยู่ที่ประมาณ 18 บาร์ หม้อไอน้ำความดันสูง (High-pressure boilers) จะมีความดันอยู่ที่ 18 - 100 บาร์ นอกจากการแบ่งตามประเภทดังข้างต้นแล้ว ยังอาจจำแนกชนิดของหม้อไอน้ำตาม ลักษณะโครงสร้างการทำงานเป็นหม้อไอน้ำท่อไฟ (firetube boilers) และ หม้อไอน้ำท่อน้ำ (watertube boilers) ซึ่งมีลักษณะการทำงานดังต่อไปนี้

2.5.1.1.1 หม้อไอน้ำท่อไฟ (firetube boilers)

เป็นหม้อไอน้ำที่มีขีดความสามารถในการผลิตไอน้ำได้ไม่มาก คือ ที่ความดันและอัตราการไหลจำกัด เนื่องจากลักษณะโครงสร้างของมันเป็นถังทรงกระบอกใหญ่ ในแนวนอนหรือตั้งโดยมีช่องห้องเผาไหม้รูปทรงกระบอกอยู่ภายในตัวถัง ส่วนของผนังห้องจะทำเป็นลอยเพื่อรองรับการขยายตัวขณะร้อนและเพิ่มความแข็งแรงของโครงสร้างเมื่อรับ

ความดันสูง หม้อเผาไหม้ดังกล่าวจะอยู่ทางด้านหน้าของหม้อไอน้ำ ซึ่งสามารถใช้ได้ทั้งเชื้อเพลิงของแข็ง ของเหลว หรือก๊าซ ความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงจะถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำที่ล้อมรอบตัว โดยที่กลไกการถ่ายเทความร้อนส่วนใหญ่จะเป็นแบบแผ่รังสี หลังจากนไอเสีย ร้อนจะเคลื่อนที่ย้อนกลับในท่อหลายๆ ท่อที่วางเรียงขนานกับตัวถังหม้อไอน้ำ ซึ่งจะช่วยเพิ่ม อัตราการถ่ายเทความร้อนให้แก่น้ำในหม้อ (เนื่องจากปริมาณพื้นผิวถ่ายเทความร้อนมีค่ามาก ขึ้น) การมีไฟ หรือไอเสียร้อนเดินในท่อเป็นให้เรียกหม้อไอน้ำชนิดนี้ว่าหม้อไอน้ำท่อไฟหลัง จากไอเสียร้อนเคลื่อนที่มาถึงด้านหน้าของหม้อ

2.5.1.1.2 หม้อไอน้ำท่อน้ำ (watertube boilers)

ในระบบหม้อไอน้ำชนิดนี้ น้ำจะไหลเวียนอยู่ในท่อ ในขณะที่ไอเสียร้อนจากการเผาไหม้จะไหลผ่านท่อต่างๆ เหล่านี้ ทำให้ได้การถ่ายเทความร้อนจากไอเสียมาให้น้ำในท่อ ซึ่งมีการไหลเวียนโดยอาศัยความแตกต่างในค่าความหนาแน่นของน้ำที่ตำแหน่งต่างกัน น้ำในท่อส่วนที่ได้รับความร้อนก็จะลอยตัวสูงขึ้นและน้ำที่เย็นกว่าจะไหลมาแทนที่ ทำให้เกิดการไหลเวียนตามธรรมชาติ ในกรณีที่ต้องการไอน้ำความดันสูง อัตราการไหลสูง ลักษณะการไหลเวียนตามธรรมชาตินี้อาจไม่เพียงพอ จำเป็นต้องใช้การไหลเวียนแบบบังคับ โดยใช้ปั๊มช่วยไอน้ำที่เกิดขึ้นจะถูกเก็บสะสมไว้ในถังไอน้ำด้านบนสำหรับนำออกไปใช้งาน ระบบท่อน้ำที่ใช้ อาจออกแบบให้มีรูปร่างหลายลักษณะ เช่นออกแบบให้มีรูปร่างตามอักษร A, D และ O เป็นต้น หรือออกแบบให้ระบบท่อบางส่วนเป็นส่วนหนึ่งของผนังหม้อไอน้ำ จะช่วยหล่อเย็นผนังทำให้สามารถรับอุณหภูมิได้สูงขึ้น เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบอย่างหนึ่ง

2.5.1.2 ส่วนประกอบของหม้อไอน้ำ

หม้อไอน้ำโดยทั่วไปประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ

2.5.1.2.1 หัวเผา (Burners)

หัวเผาที่ใช้กันทั่วไปมีหลายแบบ มีทั้งที่ใช้กับถ่านผง น้ำมัน ก๊าซ บางแบบสามารถใช้ได้กับเชื้อเพลิงทั้ง 3 อย่าง ข้างต้น จะใช้ทีละอย่างหรือหลายอย่างผสมกันก็ได้ ในกรณีที่ใช้ก๊าซ ปกติจะไม่ต้องจัดเตรียมอะไรมากนัก ก่อนการฉีดพ่นเข้าห้องเผาไหม้ สำหรับหัวพ่นที่ใช้กับน้ำมันอาจต้องมีการตระเตรียมมากขึ้นก่อนที่จะถูกฉีดเป็นฝอยละออง เช่น ในกรณีที่น้ำมันเตาที่ใช้มีค่าความหนืดสูงก็จำเป็นต้องมีการอุ่นน้ำมันก่อน

เพื่อให้ความหนืดลดลง จะได้ฉีดเป็นฝอยได้สะดวก การฉีดเป็นฝอยอาจกระทำได้หลายวิธี เช่น น้ำมันก่อน เพื่อให้ความหนืดลดลง จะได้ฉีดเป็นฝอยได้สะดวก การฉีดเป็นฝอยอาจกระทำได้หลายวิธี เช่น ใช้ปั๊มความดันสูงเข้าหัวฉีด แล้วทำให้มันไหลเฉียงในช่องของหัวฉีด ก่อนเข้าช่องว่าง ซึ่งจะทำให้การไหลมีความปั่นป่วนมาก ซึ่งเมื่อไหลออกจากหัวฉีดแล้วถูกปะทะโดยกระแสลมที่เข้าเผาไหม้ ก็จะได้น้ำมันกระจายเป็นฝอยไปทั่วบริเวณ แบบที่ใช้กับอากาศหรือไอน้ำภายใต้ความดันเป็นตัวทำให้น้ำมันกระจายเป็นฝอย น้ำ อาศัยวิธีการส่งผ่านอากาศหรือไอน้ำ เข้าไปที่หัวฉีด แล้วทำให้เกิดการหมุนวนตัดกระแสการไหลของน้ำมันซึ่งส่งผลให้ได้น้ำมันกระจายเป็นฝอยเช่นเดียวกัน ในกรณีของถ่านผง มันจะถูกพาจากเครื่องบดไปยังหัวพ่น โดยอาศัยการปฐมภูมิ ส่วนหนึ่งที่อุ่นแล้วก่อนที่จะพ่นเข้าห้องเผาไหม้ ข้อดีของการใช้หัวเผาคือการเผาไหม้ จะไม่ต้องการอากาศส่วนเกินมาก สำหรับถ่านผงจะใช้ประมาณ 15-20% และในกรณีของน้ำมันกับก๊าซจะใช้น้อยลงเหลือประมาณ 5-10% ในขณะที่ถ้าใช้เครื่องป้อนเชื้อเพลิง (Stoker) อาจต้องใช้อากาศส่วนเกินมากถึง 15-50%

หัวเผาที่ดีต้องมีความสามารถในการเร่ง-หรี่ไฟ (turn down ratio) สูง และมีการควบคุมการทำงานของหัวเผาที่เหมาะสม

ก. ความสามารถในการเร่ง-หรี่ไฟ

ความสามารถในการเร่งหรี่ไฟหรือที่เรียกว่า turn down ratio คือ อัตราส่วนระหว่างปริมาณสูงสุดของส่วนผสมเชื้อเพลิงอากาศที่ป้อนเข้าเผาไหม้ (Max. fuel-air mixture input rate) ต่อปริมาณต่ำสุด (min. Input rate) โดยที่หัวเผายังทำงานได้อย่างเป็นที่น่าพอใจ (เผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์) ถ้าอัตราที่ป้อนเข้า (input rate) มากเกินไปเปลวไฟอาจดับลงได้ เพราะความเร็วของส่วนผสม (mixture velocity) สูงเกินความเร็วเปลวไฟ (flame velocity) และถ้าอัตราที่ป้อนเข้าน้อยเกินไปอาจเกิดไฟตีกลับได้ (fire back) เพราะความเร็วเปลวไฟสูง เกินกว่าความเร็วของส่วนผสมหัวเผาน้ำมันมักจะระบุ turn down ratio มาด้วย เช่น 10 : 1 หมายความว่า หัวเผานี้สามารถหรี่น้ำมันลงได้ 1 ใน 10 ของปริมาณน้ำมันที่ใช้สูงสุดได้โดยประสิทธิภาพของการเผาไหม้ยังดีเหมือนเดิมตลอดช่วงการทำงาน

ข. การควบคุมการทำงานของหัวเผา

ในการควบคุมการทำงานของหัวเผามีอยู่ด้วยกัน 3 วิธี คือ

On-Off Control เป็นแบบที่หัวเผาสตาร์ทจุดติดไฟแล้วก็จะทำงานป้อนเชื้อเพลิงเข้าเผาไหม้ในอัตราสูงสุดตามที่ออกแบบไว้ตลอดไปและเมื่อเกิดความต้องการของโหลดหัวเผาก็จะตัดหยุดการทำงานและเมื่อโหลดต้องการอีกมันก็จะเริ่มจุดใหม่อีกมักจะพบกับหัวเผาที่ใช้กับหม้อน้ำขนาดเล็ก ๆ และใช้น้ำมันใส ๆ พวกน้ำมันดีเซล หรือน้ำมันเตาใส

High Fire – Low Fire Control เมื่อหัวเผาทำงานจุดติดไฟครั้งแรกแล้วจะทำงาน low fire ซึ่งอัตราป้อนน้ำมันเชื้อเพลิงประมาณ 30% ของ high fire เมื่อโหลดต้องการปริมาณความร้อนมากขึ้นหัวเผาก็จะปรับไปเดินที่ high fire และเมื่อต้องการลดลงก็จะกลับมาที่ low fire หรือ ลงไปที่ off ขึ้นอยู่กับโหลด หัวเผาในปัจจุบันได้มีการพัฒนาปรับปรุงให้ ทำงานได้ในช่วงโหลดกว้างมาก ๆ ด้วยการจัดให้มี 2 หรือ 3 หัวฉีด (fuel nozzle) ในหัวเผาเดียวกันโดย 1 หัวให้ทำงานที่ high fire เป็นต้น

Modulating Control เป็นการควบคุมการทำงานของหัวเผาให้ป้อนน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าเผาไหม้ ตั้งแต่ Low Fire จนถึง High Fire ตลอดทั้งช่วงกลับไปมาได้มักจะใช้กับหม้อน้ำที่มีอัตราการใช้ไอน้ำเพิ่มลดบ่อย

2.5.1.2.2 ตัวหม้อน้ำ (Boilers)

ตัวหม้อน้ำต้องออกแบบมาอย่างแข็งแรง เหมาะสมกับสภาพการใช้งานสร้างได้ตามมาตรฐานที่กำหนดหม้อไอน้ำที่มีพื้นที่การถ่ายเทความร้อน (heating-surface) มาก และมีจำนวนครั้งของก๊าซร้อนวิ่งภายในท่อมาก จะมีประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนที่ดีกว่า นอกจากนั้นแล้ว หม้อไอน้ำยังประกอบด้วยส่วนประกอบย่อยอื่น ๆ เช่น

- ระบบโบลว์ดาวน์
- ระบบควบคุมการทำงานของหม้อไอน้ำ
- อุปกรณ์เสริมอื่น ๆ เช่น วาล์ว มาตรวัด ท่อต่าง ๆ

2.5.1.3 พิกัดหม้อน้ำ (Boiler capacity)

พิกัดหม้อน้ำ คือ อัตราไอน้ำที่หม้อน้ำสามารถผลิตได้ต่อหน่วยเวลา มีหน่วยกิโลกรัมต่อชั่วโมง (kg/hr) หรือตันต่อชั่วโมง (ton/hr) โดยปกติหม้อไอน้ำลูกหนึ่ง ๆ จะสามารถผลิตไอน้ำได้ที่ความดันต่าง ๆ กัน เมื่อความดันและอุณหภูมิภายในหม้อไอน้ำ

เปลี่ยนแปลงไป จำนวนความร้อนที่จะทำให้น้ำกลายเป็นไอก็จะต่างกันไป ฉะนั้นจึงกำหนดพิกัดหม้อไอน้ำในรูปจำนวนความร้อนที่ถ่ายเทให้กับน้ำภายในหม้อไอน้ำต่อหน่วยเวลา ซึ่งสามารถหาจำนวนความร้อน ที่ถ่ายเทนี้ได้จากสูตร

$$Q = ms\,(h - hf) \qquad \ldots\ldots(1)$$

Q = พิกัดความร้อนของหม้อไอน้ำ kJ/hr

ms = มวลของไอน้ำที่หม้อไอน้ำสามารถผลิตได้ต่อหน่วยเวลา kg/hr

h = เอนธัลปีของไอน้ำ ณ สภาวะที่พิจารณา kJ/kg

hf = เอนธัลปีของน้ำป้อนที่เข้าหม้อไอน้ำ kJ/kg

แต่ทางปฏิบัติพิกัดหม้อไอน้ำในรูปค่าความร้อนนี้มีค่าค่อนข้างใหญ่และตัวเลขยุ่งยาก จึงไม่นิยมใช้สำหรับในการเปรียบเทียบขนาดของหม้อไอน้ำกัน การที่จะเปรียบเทียบอัตราความสามารถของหม้อไอน้ำจะเทียบในรูปการระเหยสมมูล (equivalent evaporation) ซึ่งหมายถึงจำนวนน้ำ/ชั่วโมง ที่ดูดความร้อนทำให้น้ำกลายสภาพจากน้ำ 100 ^{O}C เป็นไอน้ำที่ 100 ^{O}C หาได้จากสูตร

$$R = \frac{ms\,(h - hf)}{2{,}257} \qquad \ldots\ldots(2)$$

เมื่อ R = การระเหยสมมูล, kg/hr

2,257 = hfg ของน้ำที่ 100°C

= ความร้อนแฝงของน้ำที่ 100° C

หน่วยที่นิยมใช้ในการกำหนดพิกัดของหม้อไอน้ำมี 2 หน่วย คือ ตัน/ชม. และ Boiler horsepower (แรงม้าหม้อน้ำ) 1 ตัน/ชม. คือค่าความร้อนที่สามารถทำให้น้ำ 1,000 ก.ก. กลายสภาพจากน้ำ 100° C เป็นไอน้ำที่ 100°C ในเวลา 1 ชั่วโมง

$$1 \text{ ton/hr} = 1{,}000 \times 2{,}257 = 2{,}257{,}000 \text{ kJ/hr}$$

ส่วนแรงม้าหม้อน้ำ เป็นการกำหนดพิกัดของหม้อไอน้ำตาม ASME 1 Boiler horsepower เท่ากับ ค่าความร้อนที่ทำให้น้ำ 34.5 ปอนด์ กลายสภาพจากน้ำ 212°F หมดในเวลา 1 ชั่วโมง

1 Boiler horsepower = 34.5 × 970.3 Btu/hr

= 33,475.35 Btu/hr

1 Boiler horsepower ≠ 1 hp

เพราะว่า 1 hp = 550 ft-lb/sec

= 2,545 Btu/hr

2.5.1.4 การสูญเสียพลังงานความร้อนของหม้อไอน้ำ (Boiler heat loss)

การผลิตไอน้ำอาศัยความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง พลังงานในรูปของเคมีของเชื้อเพลิงเปลี่ยนเป็นความร้อนด้วยการเผาไหม้โดยอาศัยออกซิเจนในอากาศ ช่วยความร้อนที่เกิดขึ้นส่วนหนึ่งใช้สำหรับทำให้น้ำร้อนแล้วระเหยเป็นไอ ส่วนหนึ่งสูญเสียไปกับก๊าซร้อนที่ปล่องความร้อน ส่วนหนึ่งสูญเสียไปกับโบลว์ดาวน์ และส่วนที่เหลืออื่น ๆ จะเป็นการ สูญเสียโดยการแผ่รังสีและอื่น ๆ

ก. การสูญเสียไปกับก๊าซเสีย

เป็นการสูญเสียที่มีสัดส่วนเป็นปริมาณสูงที่สุดของการสูญเสียทั้งหมดของหม้อไอน้ำการคำนวณหาการสูญเสียของก๊าซเสียจะใช้ตารางที่ 4.1-1 ดังต่อไปนี้

ข. การสูญเสียจากเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ไม่หมด

กรณีที่เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ก๊าซเผาไหม้จะมีก๊าซคาร์บอนมนอกไซด์ (CO) ปนออกมาด้วย ซึ่งมีลักษณะเป็นควันดำ ซึ่งการเผาไหม้ในลักษณะนี้เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้มีการสูญเสียเชื้อเพลิงไปกับก๊าซเสียเป็นปริมาณมาก ปริมาณความร้อนสูญเสียจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ หาได้ดังนี้

$$QCO = mf \times G \times \frac{CO}{100} \times 3{,}050$$

mf = ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ (kg หรือ Nm^3) ต่อ 1 ตัน ของผลผลิต

G = ปริมาตรของก๊าซเสียแห้ง(Nm^3) 1 กก. หรือ 1 Nm3 ขอเชื้อเพลิง

CO = เปอร์เซ็นโดยปริมาตรของ CO ในก๊าซเสีย

ค. การสูญเสียจากการแผ่รังสีจากเปลือกหม้อไอน้ำ

การสูญเสียความร้อนผ่านผนังจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิผิวของหม้อไอน้ำ การสูญเสียความร้อนมักจะกำหนดเป็นร้อยละของอัตราความร้อนของเชื้อเพลิงที่ใช้สูงสุด ตารางที่ 4.1-2 เป็นร้อยละของการสูญเสียความร้อนของอัตราการใช้เชื้อเพลิงสูงสุด

ตารางที่ 2.1 Radiation Loss

ขนาดหม้อน้ำ ตัน/ชม.	5	10	50	100	500
การสูญเสียความร้อน %	2.0	1.4	0.8	0.5	0.3

ที่มา : The study (AFTER-ARE) on the Energy Conservation project. (Energy Conservation of Boiler) The Energy Conservation Center of Japan (ECCJ)

โดยทั่วไปหม้อไอน้ำในปัจจุบันมีการสูญเสียความร้อนจากการแผ่รังสีต่ำกว่า 1% ของ Maximum Heat input การสูญเสียความร้อนจะเพิ่มขึ้น ถ้าฉนวนความร้อนชำรุดและการ สูญเสียความร้อนจากการแผ่รังสีอาจใช้ค่าจากตารางที่ 2.1 การสูญเสียนี้ กำหนดที่การทำงานของหม้อน้ำที่ 100% โหลดแฟคเตอร์ ถ้าโหลดแฟคเตอร์ลดลงเหลือ 50% การสูญเสียความร้อนจะเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า

$$\text{L.F. (load factor)} = \frac{\text{อัตราการผลิตไอน้ำจริง} \times 100\%}{\text{อัตราการผลิตไอน้ำสูงสุดตามพิกัด}}$$

การสูญเสียความร้อนจากผนังหม้อไอน้ำอาจคำนวณได้จากสมการ

$$Q = a\,\varepsilon\,(t-b)^{3/4} + 4.88\,\varepsilon\left(\left(\frac{t+273}{100}\right)^4 - \left(\frac{b+273}{100}\right)^4\right)$$

โดยที่ Q เป็นความร้อนที่สูญเสียจากผิวผนังมีหน่วยเป็น kcal/m2/hr

a เป็นสัมประสิทธิ์ของการพาความร้อนโดยธรรมชาติขึ้นอยู่กับการวางตัวของผนัง ผนังด้านบน a = 2.8, ผนังด้านข้าง a = 2.2 ผนังด้านล่าง a = 1.5

t เป็นอุณหภูมิผิวของผนังอื่น ๆ มีหน่วยเป็น °C

b เป็นอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมมีหน่วยเป็น °C

ε เป็นสัมประสิทธิ์ของการแผ่รังสีความร้อน

ง. การสูญเสียจากการโบลว์ดาวน์

เมื่อไอน้ำระเหยตัวออกไปจากหม้อน้ำสารละลายในหม้อน้ำจะมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น จะทำให้การเกาะจับของตะกรันเพิ่มขึ้นเช่นกัน ดังนั้นจึงต้องควบคุมความเข้มข้นของ

สารละลายในหม้อน้ำด้วยการระบายน้ำออกให้ดีที่สุดต้องควบคุมที่ปริมาณ TDS ของน้ำในหม้อไอน้ำ สำหรับหม้อไอน้ำที่มีขนาดต่ำกว่า 10 ตัน/ชม. ควรจะมีค่า TDS น้อยกว่า 3,000 ppm. การโบลว์ดาวน์อาจจะกระทำเป็นครั้งคราวหรือทำแบบต่อเนื่องซึ่งสามารถที่จะนำความร้อนกลับไปใช้ได้ การนำคอนเดนเสทกลับมาใช้เป็นน้ำป้อนได้มากจะทำให้น้ำป้อนมีปริมาณสารละลายน้อย ทำให้ปริมาณโบลว์ดาวน์กับความเข้มข้นของน้ำป้อนลดลงได้ เปอร์เซ็นต์การโบลว์ดาวน์สามารถเขียนได้ดังนี้

$$B = [Cf / (Cb - Cf] \times 100\%$$

โดยที่ B = อัตราการโบลว์ดาวน์เป็นร้อยละของอัตราการผลิตไอน้ำ

Cf = ความเข้มข้นของสารละลายน้ำป้อนเป็น ppm.

Cb = ความเข้มข้นของสารละลายของน้ำในหม้อไอน้ำหรือโบลว์ดาวน์เป็น ppm.

2.5.1.5 ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ (Boiler Efficiency)

ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำเป็นตัวเลขที่แสดงว่าในบรรดาความร้อนทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้นั้น มีความร้อนที่ได้ใช้ประโยชน์ในการผลิตไอน้ำเป็นสัดส่วนเท่าใด กล่าวคือ เป็นตัวเลขที่แสดงอัตราส่วนของปริมาณความร้อนที่ใช้ในการผลิตไอน้ำและปริมาณความร้อนทั้งหมดที่ป้อนให้แก่หม้อไอน้ำ ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ} = \frac{\text{ความร้อนที่ทำให้น้ำเปลี่ยนเป็นไอน้ำ}}{(\text{ความร้อนของเชื้อเพลิง} + \text{ความร้อนที่ป้อนเข้าอื่นๆ})} \times 100\% \quad \ldots\ldots(1)$$

$$\eta = \frac{Ms}{(Mf \times Hc)} \times (Hs - Hw) \quad \ldots\ldots(2)$$

เมื่อ η = ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ

Ms = อัตราการไหลของไอน้ำ (kg/h)

Mf = อัตราการไหลของเชื้อเพลิง (kg/h)

Hs = ค่าความร้อนของไอน้ำ kJ/kg

Hw = ค่าความร้อนของน้ำเลี้ยง kJ/kg

Hc = ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง kJ/kg

หรืออาจเขียนอีกรูปแบบหนึ่งว่า

ประสิทธิภาพหม้อน้ำ = 100 – (การสูญเสียก๊าซร้อน+ การสูญเสียโบลว์ดาวน์ + การสูญเสียแผ่รังสีและการสูญเสียอื่น ๆ)

ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงที่ใช้ในสมการ (1) และ (2) มีการอ้างอิงได้สองวิธีด้วยกันคือ

- ค่าความร้อนสูง (Gross heating value or Higher heating value)
- ค่าความร้อนต่ำ (Net heating value or Lower heating value)

ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงทั้งสองนี้จะต่างกัน ค่าความร้อนสูงจะรวมเอาค่าความร้อนแฝงของไอน้ำที่ได้จากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงไว้ด้วย แต่ค่าความร้อนต่ำไม่รวม จึงทำให้ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงกำหนดด้วยสองวิธีนี้แตกต่างกัน เมื่อนำมาคำนวณประสิทธิภาพหม้อไอน้ำจะให้ตัวเลขที่แตกต่างกัน ดังนั้นจะต้องคำนึงด้วยว่าอ้างอิงเท่าใด

2.5.1.6 การปรับปรุงประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ

2.5.1.6.1 การปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้

การเผาไหม้ในหม้อไอน้ำใช้เชื้อเพลิงและใช้ออกซิเจนในอากาศช่วยการเผาไหม้ การเผาไหม้ที่จะให้ประสิทธิภาพสูงได้ต่อเมื่อเชื้อเพลิงเผาไหม้ได้หมด และใช้อากาศส่วนเกินให้น้อยที่สุด โดยไม่เกิดควันที่ปล่อง สิ่งนี้จะเกิดขึ้นได้ต่อเมื่อเชื้อเพลิงต้องมีอุณหภูมิและความหนืดที่เหมาะสมกับประเภทของหัวเผานั้นความดันน้ำมันก่อนเข้าหัวเผาต้องเหมาะสม หัวเผาต้องอยู่ในสภาพที่ดีคือไม่มีเขม่าจับ ไม่ชำรุด มีมุมการกระจายน้ำมันถูกต้อง การกระจายน้ำมันได้เป็นฝอยสม่ำเสมอ และประการสำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงต้องเหมาะสม การคำนวณหาประสิทธิภาพการเผาไหม้ได้จากการวัดอุณหภูมิก๊าซเสียปริมาณออกซิเจนและปริมาณ CO ในก๊าซเสีย สำหรับหม้อน้ำที่มีขนาดต่ำกว่า 10 ตัน/ชม. ปริมาณออกซิเจนในก๊าซเสียไม่ควรเกิน 4% และปริมาณ CO ไม่ควรเกิน 200 ppm ปริมาณออกซิเจนที่วัดได้แสดงถึงปริมาณอากาศที่เกิน (Excess

Air) ถ้าปริมาณออกซิเจนสูงแสดงว่าใช้อากาศมากก็จะพาความร้อนสูญเสียทางปล่องมาก ส่วนปริมาณ CO เป็นปริมาณที่แสดงถึงเชื้อเพลิงเผาไหม้ได้หมดหรือไม่ ถ้าอุณหภูมิน้ำมันความดันน้ำมันเชื้อเพลิงไม่เหมาะสม หรือการกระจายน้ำมันไม่เหมาะสมจะทำให้ปริมาณ CO เพิ่มขึ้นส่วนอุณหภูมิจะนำไปกล่าวไว้ในหัวข้อการถ่ายเทความร้อน

2.5.1.6.2 ปรับปรุงประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อน

ก. การถ่ายเทความร้อนด้นไฟ หม้อไอน้ำเมื่อทำงานมาระยะหนึ่ง โดยเฉพาะหม้อไอน้ำที่ใช้น้ำมันเตาที่มีความหนืดสูง จะมีเขม่าจับบนผิวถ่ายเทความร้อน เมื่อเขม่าจับตัวกันมากขึ้นจะทำให้การถ่ายเทความร้อนจากเปลวไฟไปยังน้ำลดลงจะมีผลให้ก๊าซเสียที่ออกจากหม้อน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นหรือทุก 15 °C ของอุณหภูมิก๊าซเสียที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพหม้อน้ำลดลง 1% ผิวถ่ายเทความร้อนด้านไฟ ควรมีการตรวจสอบและทำความสะอาดอย่างน้อยทุก ๆ 6 เดือน ถ้าหากพบว่าอุณหภูมิก๊าซเสียสูงผิดปกติ ควรหยุดการทำงานของหม้อน้ำเพื่อตรวจสอบและทำความสะอาดผิวถ่ายเทความร้อนด้านไฟ

ข. การถ่ายเทความร้อนด้านน้ำ เนื่องจากน้ำที่ป้อนเข้าหม้อไอน้ำมีสารละลายอยู่จำนวนหนึ่งสารละลายนี้ เมื่อร้อนจะมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีอาจเปลี่ยนเป็นตะกรันเกาะจับบนผิวถ่ายเทความร้อนได้ เมื่อตะกรันเกาะจับมากจะมีผลให้การถ่ายเทความร้อนลดลงเช่นกัน ดังนั้นการได้รับน้ำป้อนที่ดีจะทำให้มีตะกรันน้อย ดังนั้นการปรับปรุงน้ำจึงเป็นสิ่งที่จำเป็น นอกจากนี้ถ้าสามารถนำคอนเดนเสทกลับมาใช้เป็นน้ำป้อนจะได้น้ำป้อนที่สะอาดมากจะช่วยลดตะกรันแล้วยังช่วยลดการเกิดฟองจาก carry over และก๊าซติดไปกับไอน้ำ อย่างไรก็ตามการนำคอนเดนเสทกลับมาใช้เป็นน้ำป้อนจะให้ผลที่ดีที่สุด

2.5.1.6.3 หัวเผา

ก. เชื้อเพลิงที่ใช้ถ้าเป็นเชื้อเพลิงแข็งควรจะแห้งปราศจากความชื้นหรือให้มีความชื้นน้อยที่สุด ถ้าเป็นน้ำมันควรใช้น้ำมันที่มีความหนืดสูงที่สุด เพราะราคาจะถูกที่สุด อุณหภูมิของน้ำมันที่เข้าหัวเผาจะต้องได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด เพื่อที่จะให้หัวฉีดมีการพ่นน้ำมันดีที่สุด เพื่อการเผาไหม้เป็นไปได้อย่างเหมาะสม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. ความดันของน้ำมันก่อนเข้าหัวฉีด จะต้องอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดของหัวฉีดที่ได้ออกแบบมาเพื่อที่จะพ่นน้ำมันให้เป็นฝอยละอองและมีปริมาณอย่างพอเพียงโดยมีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ การเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้เป็นไปอย่างสมบูรณ์ที่สุด ปริมาณอากาศส่วนเกิน (Excess Air) เพื่อให้การเผาไหม้สมบูรณ์ในทางปฏิบัติจะมากกว่าทฤษฎี 10-20% ความดันของอากาศที่เข้าไปช่วยเผาไหม้ และความดันของก๊าซร้อนที่เผาไหม้แล้ว (Draft) จะต้องมีอย่างพอเพียงชนะแรงต้านภายในตัวหม้อน้ำเพื่อที่อากาศใหม่เข้าไปช่วยเผาไหม้ จะเข้าได้อย่างสม่ำเสมอทั้งความดันและปริมาณเพื่อการเผาไหม้จะได้เกิดขึ้นตลอดเวลาอย่างสมบูรณ์เรื่อยไป

2.5.2 การประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศ

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้นอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 28-30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยประมาณร้อยละ 70-80 ส่วนอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ที่เรารู้สึกสบายอยู่ที่ 23-25 องศาเซลเซียส ร้อยละ 20-60 ตามลำดับช่วงภาวะสบายอาจจะมีขอบเขตกว้างขึ้น แต่ก็ขึ้นอยู่กับประเภทของกิจกรรมการใช้พลังงาน และประเภทเสื้อผ้าที่สวมใส่ นอกจากนี้ระบบปรับอากาศยังใช้เพื่อควบคุมการหมุนเวียนของอากาศและคุณภาพอากาศในการพื้นที่ปรับอากาศ ดังนั้น ระบบปรับอากาศจึงถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย มีผลทำให้มีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้นด้วย

2.5.2.1 การอนุรักษ์พลังงานของอุปกรณ์หลักในระบบปรับอากาศ

ในการเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมกับภาระการทำความเย็นที่สภาวะการใช้งานสูงสุดและต่ำสุดปัจจัยประกอบการเลือกขนาดและจำนวนของเครื่องปรับอากาศที่จะต้องพิจารณาเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน คือ

- เครื่องปรับอากาศจะต้องมีความสามารถในการทำความเย็นได้เพียงพอ เมื่อมีภาระความร้อนสูงสุดนั่นคือ ต้องเลือกเครื่องให้มีความสามารถทำความเย็นรวมเพียงพอ
- เครื่องปรับอากาศจะต้องทำงานที่สมรรถนะสูง ที่ภาระของการใช้งานต่างๆของโรงงานนั่นคือ ต้องเลือกเครื่องที่มีขนาดพอเหมาะกับภาระการทำความเย็นที่ภาระสูงสุดและต่ำสุด
- เลือกเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง
- เลือกระบบและออกแบบระบบต่าง ๆ ให้ใช้พลังงานน้อย

2.5.2.1.1 เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

ก. เครื่องที่มีค่า COP หรือ EER สูงที่ภาระการใช้งานต่างๆ การเลือกเครื่องทำน้ำเย็นที่มีค่า COP หรือ EER สูง จะต้องพิจารณาในเรื่องของการคุ้มค่าการลงทุน เนื่องจากเครื่องที่มี ค่า COP หรือ EER สูงจะมีราคาสูงกว่า ซึ่งลักษณะงานที่จะให้คุ้มทุนได้เร็วก็คือ งานที่ มีชั่วโมงการใช้งานเครื่องปรับอากาศมากหรือตลอดวันและตลอดปี เช่น โรงแรม โรงพยาบาล เป็นต้น

ข. เลือกเครื่องที่บำรุงรักษาและควบคุมการใช้งานได้สะดวกหรือเหมาะสมกับผู้ควบคุมดูแลการใช้งาน

ค. เลือกจำนวนเครื่องให้ทำงานได้ค่า COP หรือ EER สูงที่ภาระสูงสุด และภาระต่ำสุด และให้มีเครื่องชุดสำรองที่มีขนาดที่ประหยัด เช่น อาคารสำนักงานแห่งหนึ่ง มีภาระการทำความเย็นสูงสุด 1,000 ตันความเย็น ในช่วงบ่ายของฤดูร้อน และมีภาระการทำความเย็นต่ำสุด 300 ตัน ความเย็นในช่วงเช้าของฤดูหนาว ส่วนในช่วงอื่นๆ ภาระจะ แปรเปลี่ยนระหว่าง 300 และ 1,000 ตันความเย็น ในกรณีเช่นนี้ ควรจะเลือกเครื่องทำความเย็นขนาด 500 ตันความเย็น จำนวน 3 เครื่อง โดยมีเครื่องหนึ่งเครื่องในสามเครื่องนี้เป็นเครื่องชุดสำรอง โดยในการควบคุมการใช้งานเครื่องทำน้ำเย็น สามารถเลือกเดินเครื่องให้เหมาะสม กับภาระทำความเย็นและภาวะที่เครื่องทำงานมีค่า COP สูงคือ เมื่อภาระการทำความเย็น 300 ถึง 500 ตัน ความเย็น ให้เดินเครื่องทำน้ำเย็น 1 เครื่องและเมื่อภาระการทำความเย็นสูง กว่า 500 ตัน ความเย็น ให้เดินเครื่องทำน้ำเย็น 2 เครื่อง เป็นต้น

2.5.2.1.2 หอผึ่งลม (Cooling Tower)

หอผึ่งลม มีหน้าที่ทำให้น้ำที่ออกจากคอนเดนเซอร์ (Condenser) ของเครื่องทำน้ำเย็นเย็นลง เพื่อได้น้ำกลับเข้าไประบายความร้อนในคอนเดนเซอร์ของเครื่องทำน้ำเย็นอีก ดังนั้น หลักการเลือกขนาดหอผึ่งลมเพื่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงาน ก็คือ การเลือกหอผึ่งลมที่ทำให้น้ำที่ออกจากคอนเดนเซอร์ของเครื่องทำน้ำเย็นมีอุณหภูมิต่ำลงได้มาก ก็จะทำให้ค่า COP ของเครื่องทำน้ำเย็นมีค่าสูงขึ้นจะเห็นได้ว่าหอผึ่งลมเป็นอุปกรณ์หลักของระบบปรับอากาศ ตัวหนึ่งที่สามารถผลิตได้ภายในประเทศ ซึ่งมีราคาไม่แพงนัก จึงคุ้มค่าที่จะลงทุนเพิ่มในการเลือกขนาดของหอผึ่งลมให้มีขนาดใหญ่ขึ้นกว่าขนาดที่คำนวณไว้ประมาณ 1 ขนาด ซึ่งจะทำให้ค่า COPของเครื่องทำน้ำเย็นมีค่าสูงขึ้น

2.5.2.1.3 เครื่องสูบน้ำ (Pump)

เครื่องสูบน้ำมีหน้าที่ในการหมุนเวียนน้ำเย็นในวงจรน้ำเย็นให้ไหลผ่านอีแวปเรเตอร์ (Evaporator) ของเครื่องทำน้ำเย็นและหมุนเวียนน้ำหล่อเย็นในวงจรน้ำหล่อเย็นให้ไหลผ่านคอนเดนเซอร์ (Condenser) ของเครื่องทำน้ำเย็น โดยหลักการเลือกเครื่องสูบน้ำเพื่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานจะพิจารณาถึงองค์ประกอบต่อไปนี้

ก. การเลือกเครื่องสูบน้ำช่วงที่มีประสิทธิภาพการทำงาน (Efficiency) สูงสุด ณ จุดที่ต้องการใช้งานซึ่งโดยปกติจะอยู่ในช่วงกลาง ๆ ของ Pump Performance Curve ของเครื่องสูบน้ำ

ข. การเลือกเครื่องสูบน้ำที่จะช่วย การอนุรักษ์พลังงาน ควรจะเริ่มจากการออกแบบที่พิจารณาถึงองค์ประกอบเกี่ยวกับปริมาณน้ำที่สูบและความดันน้ำในระบบ ซึ่งจะช่วยลดกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ที่จะเลือกใช้ให้น้อยลงด้วย ดังนี้

- ควรออกแบบให้ระบบปรับอากาศใช้ปริมาณน้ำที่ต้องสูบหมุนเวียนมีค่าคงที่ หรือแปรเปลี่ยนไม่มาก
- ควรออกแบบให้ระบบปรับอากาศมีความดันนี้ที่พอเพียงและพอดีสำหรับการใช้งาน ทั้งระบบและมีความเสียดทานในระบบน้อย เช่น ออกแบบให้ความยาวของท่อน้ำสั้นที่สุดและมีท่อเลี้ยวข้องอต่าง ๆ น้อยเลือกใช้ท่อน้ำที่เส้นผ่านศูนย์กลางโตเพียงพอ ต่อปริมาณการไหลของน้ำในท่อ เลือกใช้อุปกรณ์วาล์ว และ เครื่องกรอง (Strainer) ที่มี ความเสียดทานน้อย

2.5.2.1.4 เครื่องส่งลมเย็น (Air handling unit)

เครื่องส่งลมเย็น มีหน้าที่ในการส่งลมเย็นที่ผ่านการแลกเปลี่ยนความร้อนกับอีแวปเรเตอร์หรือขดท่อทำความเย็น (Evaporator or Cooling Coil) เพื่อหมุนเวียนลมเย็นเข้าสู่พื้นที่ปรับอากาศ โดยหลักการเลือกเครื่องส่งลมเย็น เพื่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงาน จะพิจารณาถึงองค์ประกอบดังต่อไปนี้

ก. การเลือกพัดลมส่งลมเย็นที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ณ จุดที่ต้องการใช้งาน (คือตรงกับปริมาณลมและความดันในระบบ) ซึ่งโดยปกติจะอยู่ในช่วงกลาง ๆ ของ Fan Performance Curve ของพัดลม

ข. การจะเลือกเครื่องส่งลมเย็นที่จะช่วยการอนุรักษ์พลังงาน ควรจะเริ่มจากการออกแบบที่พิจารณาถึงองค์ประกอบเกี่ยวกับปริมาณลม และ ความดันซึ่งจะ

ช่วยลดกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ที่จะเลือกใช้ให้น้อยลงด้วย ดังนี้

- ควรออกแบบให้ระบบปรับอากาศใช้ปริมาณลมที่ต้องส่งน้อยลงด้วยการให้ผลต่างของอุณหภูมิของลมที่เข้าขดท่อทำความเย็น และออกจากขดท่อทำความเย็นต่างกันมากขึ้น ซึ่งถ้าปริมาณลมที่ต้องส่งน้อยลงได้จะช่วยลดกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ให้น้อยลง
- ควรออกแบบให้ระบบปรับอากาศมีความเสียดทานในระบบให้น้อยลง

ค. ออกแบบให้ความยาวของท่อลมจากเครื่องปรับอากาศ ไปยังบริเวณพื้นที่ปรับอากาศสั้นที่สุดให้มีความยาวเท่า ๆ กัน หรือมีท่อเลี้ยวข้องอน้อยเช่น การจัดวางตำแหน่งเครื่องส่งลมเย็นอยู่ กลาง ๆ บริเวณพื้นที่ปรับอากาศ ทำให้ความเสียดทานการไหลของลมในท่อน้อยลง ซึ่งจะช่วยลดกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ให้น้อยลง

- ให้ท่อลมมีมิติความกว้างและมิติความสูงของท่อลมมีมิติใกล้เคียงกัน เพื่อให้ความเร็วของลมในท่อต่ำ ทำให้ความเสียดทานการไหลของลมในท่อน้อยลงซึ่งจะช่วยลดกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ให้น้อยลง
- การเลือกใช้อุปกรณ์ช่วยแปรเปลี่ยนปริมาณลมในบางพื้นที่จะมีการเปลี่ยนแปลงภาระการทำความเย็นค่อนข้างมาก โดยต้องเปิดเครื่องส่งลมเย็นตลอดทั้งวัน อาทิเช่น Lobby และ Coffee Shop ของโรงแรม หรือพื้นที่ปรับอากาศที่ ได้รับภาระความร้อนจากภายนอกในช่วงเช้าและช่วงบ่ายไม่เท่ากัน คือ ตั้งอยู่ในบริเวณทิศตะวันออกหรือทิศตะวันตก ทิศใดทิศหนึ่ง

ดังนั้นหลักการเลือกขนาดของเครื่องส่งลมเย็นและอุปกรณ์ช่วยแปรเปลี่ยนปริมาณลมเพื่อควบคุมปริมาณลมให้เหมาะสมกับภาระการทำความเย็นที่เปลี่ยนแปลง จะทำให้เกิดการอนุรักษ์พลังงาน คือ ลดกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ให้น้อยลง โดยวิธีการแปรเปลี่ยนปริมาณลมสามารถทำได้ดังนี้

(ก) ใช้มอเตอร์ที่สามารถแปรเปลี่ยนความเร็วรอบได้ (Variable Speed Motor) โดยใช้อุปกรณ์ควบคุมเรียกว่า “INVERTER” ซึ่งเป็นวิธีการที่แน่นอนในการควบคุมปริมาณลม และประหยัดพลังงานได้ดีที่สุด แต่ต้องมีการลงทุนสูง

(ข) ใช้อุปกรณ์ปรับช่องลมเข้าของพัดลม (Inlet Guide Vane) ซึ่งเป็นวิธีประหยัดพลังงานได้ค่อนข้างดีอีกวิธีหนึ่ง แต่การลงทุนยังค่อนข้างสูง

(ค) ใช้อุปกรณ์ปรับช่องลมออกของพัดลม (Discharge Damper) ซึ่งเป็นวิธีประหยัดพลังงานได้ดีพอสมควร และราคาลงทุนจะถูกกว่ามาก องค์ประกอบในการเลือกใช้อุปกรณ์ช่วยแปรเปลี่ยนปริมาณลมสำหรับเครื่องส่งลมเย็นนี้จะไม่เหมาะสมกับบริเวณพื้นที่ปรับอากาศที่มีการเปลี่ยนแปลงภาระการทำความเย็นน้อยเนื่องจากจะประหยัดพลังงานได้น้อยและไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน

2.5.2.2 การควบคุมการทำงานของอุปกรณ์หลักของระบบปรับอากาศ

การควบคุมการทำงานของอุปกรณ์หลักของระบบปรับอากาศเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน มีทั้ง Active และ Passive ซึ่งจะได้ผลดีถ้าทำควบคู่กันไป

- Passive เช่น

การป้องกันความร้อนเข้าโรงงาน, การลดการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างและอุปกรณ์ไฟฟ้าในโรงงาน, การลดอัตราการเติมอากาศจากภายนอก เป็นต้น

- Active เช่น

การปรับอัตราการเติมอากาศจากภายนอกด้วย CO2 Sensor, การใช้อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบของมอเตอร์, การใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนอากาศ, การเปลี่ยนอุปกรณ์ใหม่ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เป็นต้น

การควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบปรับอากาศ โดยเฉพาะอุปกรณ์หลัก ๆ เป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งเพื่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงาน เนื่องจากจะใช้พลังงานค่อนข้างสูง ดังนี้ช่างควบคุมดูแลการทำงานอุปกรณ์ ดังกล่าว ควรจะมีความเข้าใจพื้นฐานหลัก ๆ เพื่อเป็นแนวทางหนึ่งในการนำไปประยุกต์ใช้ทั้งนี้ก่อนนำไปใช้ควรพิจารณาไตร่ตรองให้รอบคอบว่าเหมาะสมและสามารถนำไปประยุกต์ ใช้กับระบบปรับอากาศที่กำลังดูแลอยู่ด้วยโดยสิ่งสำคัญที่ไม่ควรลืม ก็คือยังคงได้ตามเป้าหมายของการปรับอากาศและระบายอากาศจึงเรียกว่า เป็นการประหยัดพลังงานอย่างแท้จริง โดยทั่วไปจะมีวิธีการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์หลักอยู่ 5 วิธี ดังนี้

1) การเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นของระบบตามสภาวะการปรับอากาศ

ในวัฏจักรการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ เมื่ออุณหภูมิของสารทำความเย็นที่ไหลเข้าชุดEVAPORATOR หรือ COOLER มีอุณหภูมิสูงขึ้นก็จะทำให้คอมเพรสเซอร์อัดสารทำความเย็น โดยใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยลง เนื่องจากผลต่างแรงดันของวงจรสารทำความเย็นในวัฏจักรการทำความเย็นน้อยลง ในการปรับอากาศในแต่ละวันสภาวะของการปรับอากาศมีภาระความร้อนสูงสุด (PEAK PERIOD) ซึ่งอาจจะเป็นช่วงเวลา 10.00-12.00 น. ตอนเช้า หรือ 15.00-16.00 น. ในตอนบ่าย ส่วนช่วงเวลานอกเหนือจากนี้ก็จะใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงตามภาระการปรับอากาศ การเพิ่ม อุณหภูมิน้ำเย็นของระบบในช่วงที่ระบบปรับอากาศทำงานน้อยลง (OFF PEAK PERIOD) ซึ่งจะทำให้ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยลงไปด้วย สามารถทำได้โดรปรับค่าอุณหภูมิน้ำเย็นทางออกที่เครื่องทำน้ำเย็น (CHILLED WATER SET POINT) ให้สูงขึ้นจากค่าที่ตั้งไว้ โดยปกติค่านี้จะตั้งไว้ที่อุณหภูมิน้ำเย็น 44-45 °F การปรับค่าอุณหภูมิน้ำเย็นจะต้องปรับอย่างถูกวิธีให้สัมพันธ์กับภาระการปรับอากาศที่ลดลงของอาคาร มิฉะนั้นอุณหภูมิในห้องปรับอากาศจะสูงขึ้น อีกทั้งความชื้นภายในห้องจะสูงขึ้นด้วยทำให้ผู้ใช้งานเกิดความไม่สบายขึ้นได้ การปรับอุณหภูมิน้ำเย็นให้สัมพันธ์กับภาระการปรับอากาศ ช่างควบคุมจะต้องจดสถิติการตรวจวัดอุณหภูมิห้องตรวจวัดอุณหภูมิของน้ำเย็นที่ไหลเข้าเครื่องทำน้ำเย็นและอุณหภูมิของอากาศภายนอกโรงงานเพื่อทำประเมินผล และใช้ในการปรับอุณหภูมิน้ำเย็นของระบบ การปรับอุณหภูมิน้ำเย็นของระบบสามารถทำให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานได้โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการลงทุนเพิ่มแต่ประการใด และเป็นเป็นวิธีแรก ๆ ที่ช่างควบคุมควรเรียนรู้และนำไปดัดแปลงใช้ประโยชน์กับโรงงานของตนเอง

2) การลดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่เข้าเครื่องทำน้ำเย็น

วิธีการลดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่เข้าเครื่องทำน้ำเย็น เป็นวิธีการที่ช่างควบคุมจะต้องมีความรู้ความเข้าใจในวัฏจักรการทำงานของระบบปรับอากาศ และสภาพอากาศภายนอกเป็นอย่างดี การลดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่เข้าเครื่องทำน้ำเย็นเป็นการลด

อุณหภูมิของสารทำความเย็นที่ CONDENSER และ EVAPORATOR น้อยลง และใช้พลังงานไฟฟ้าที่ชุดคอมเพลสเซอร์น้อยลงตามไปด้วย

ในการลดอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นจะต้องทราบถึงสถิติภูมิอากาศ โดยเฉพาะอุณหภูมิกระเปาะเปียกในแต่ละวัน การใช้พลังงานไฟฟ้าขอหอผึ่งลมในระบบปรับอากาศและการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็น องค์ประกอบเหล่านี้จะต้องนำมาคำนึงถึงประกอบการจัดทำ โดยปกติแล้วอุณหภูมิกระเปาะเปียกในแต่ละวันจะมีค่าเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก ทำให้อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ผ่านหอผึ่งลมเกือบคงที่เช่นกัน ดังนั้น หากจะลดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ออกจากหอผึ่งลมเข้าสู่เครื่องทำน้ำเย็นมีอุณหภูมิต่ำลง เครื่องทำน้ำเย็นจะใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยลงตามไปด้วย สิ่งที่ช่างควบคุมจะต้องตรวจสอบ คือ การใช้พลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มสูงขึ้นของมอเตอร์ขับพัดลมที่ชุดหอผึ่งลม เปรียบเทียบกับการลดพลังงานไฟฟ้าที่เครื่องทำน้ำเย็น หากการลดพลังงานไฟฟ้าที่เครื่องทำน้ำเย็นมีค่ามากกว่าก็จะสามารถอนุรักษ์พลังงานได้

วิธีการลดอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นที่เข้าเครื่องทำน้ำเย็น จะมีความสิ้นเปลืองบ้างที่ชุดหอผึ่งลมและน้ำเติมระบบหล่อเย็น โดยเป็นการใช้พลังงานไฟฟ้าที่มอเตอร์ขับพัดลมที่ชุดหอผึ่งลมระบบบำบัดน้ำหล่อเย็นและความยุ่งยากในการตรวจสอบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เครื่องทำน้ำเย็นและหอผึ่งลม

3) การทยอยเพิ่มภาระการปรับอากาศ

ในปัจจุบันนี้ค่าพลังงานไฟฟ้าที่การไฟฟ้านครหลวง หรือภูมิภาคเรียกเก็บจากผู้ใช้ไฟ จะมี 2 ส่วน ส่วนแรก คือ ค่ากระแสไฟฟ้า เรียกเก็บเป็นบาทต่อหน่วยการใช้ อัตราการจัดเก็บจะขึ้นอยู่กับประเภทธุรกิจและค่าพลังงานที่การไฟฟ้าต้องสูงสุดในแต่ละเดือนเรียกเก็บเป็นบาทต่อกิโลวัตต์ สูงสุดของเดือนนั้น อัตราการจัดเก็บจะเป็นระบบ TIME OF DAY (TOD) คือ 06.00 ถึง 18.30 น. เก็บในอัตราหนึ่ง เรียกว่า PARTIAL PEAK ช่วงเวลา 18.30 ถึง 21.30 น. เก็บในอีกอัตราหนึ่ง ซึ่งสูงกว่าช่วงแรก เรียกว่า PEAK PERIOD

ช่วงเวลาที่เหลือไม่มีการจัดเก็บสำหรับค่าไฟตามโครงสร้างใหม่ที่การไฟฟ้าฯประกาศให้เริ่มใช้กับลูกค้ารายใหม่ ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2540 จะมีการเก็บจากผู้ใช้ไฟ 2 ส่วนเหมือนกัน ส่วนแรกคือ ค่ากระแสไฟฟ้าเรียกเก็บเป็นบาทต่อหน่วยการใช้ อัตราการจัดเก็บขึ้นอยู่กับประเภทของธุรกิจและค่าพลังงานที่ การไฟฟ้าต้องใช้กระแสไฟฟ้าสูงสุดในแต่ละเดือนส่วนที่สองคือค่าความต้องการในการใช้กระแสไฟฟ้าในแต่ละเดือน โดยเรียกเก็บเป็นบาทต่อกิโลวัตต์สูงสุดของเดือนนั้น อัตราการจัดเก็บเป็นระบบ TIME OF USE (TOU) คือ วันจันทร์ถึงวันเสาร์ ช่วง 09.00 ถึง 22.00 น. เก็บในอัตราหนึ่ง เรียกว่าเรียก

ว่า PEAK และวันจันทร์ถึงเสาร์ช่วงเวลา 22.00 ถึง 09.00 น. รวมถึงวันอาทิตย์ทั้งวันจะไม่มีเรียกเก็บค่าตามต้องการ (บาทต่อกิโลวัตต์) ซึ่งเรียกว่า OFF PEAK

ดังนั้นในการเปิดระบบปรับอากาศโดยเฉพาะในช่วงเช้า ช่างควบคุมอาคารควรเปิดอุปกรณ์ ในระบบปรับอากาศด้วยความระมัดระวัง โดยเฉพาะเครื่องทำน้ำเย็นควรจะเปิดใช้งานโดยตั้งค่าให้มีภาระการทำความเย็นต่ำ (CAPACITY CONTROL) อาจเริ่มจากที่ 50% และเพิ่มขึ้น 10% ทุก ๆ 10 นาที การเปิดอุปกรณ์ระบบปรับอากาศ ควรเปิดใช้งานทีละชุด และควรหลีกเลี่ยงการเปิดใช้งานเครื่องทำน้ำเย็นในช่วง PEAK ให้ได้มากที่สุด สำหรับการใช้ค่าไฟแบบ TOD และ TOU

4) การจัดลำดับการใช้เครื่องทำน้ำเย็น

ในโรงงานที่มีระบบปรับอากาศ ได้จัดให้มีชุดเครื่องทำน้ำเย็นไว้หลาย ๆ ชุด เพื่อประโยชน์ในการใช้งานแต่ละวัน ให้สอดคล้องกับภาระการปรับอากาศ ช่างควบคุมจะต้องมีวิธีการในการเปิดใช้งานเครื่องทำน้ำเย็นให้เหมาะกับภาระการปรับอากาศ เพื่อให้ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยที่สุด

อุปกรณ์ในระบบปรับอากาศได้ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพที่ระดับหนึ่งเท่านั้น ตัวอย่างเช่น เครื่องทำน้ำเย็นจะมีสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อภาระการทำความเย็น (kW/TR) ที่สูงขึ้นเมื่อลดภาระการทำความเย็นลง (CAPACITY CONTROL)

ในการตรวจสอบภาระการทำความเย็น ช่างควบคุมสามารถตรวจสอบคร่าว ๆ ได้ โดยคำนวณอัตราการไหลของน้ำเย็นในระบบเป็นแกลลอนต่อนาที คูณด้วยผลต่างของอุณหภูมิน้ำเย็นที่ไหลเข้าและออกจากเครื่องทำน้ำเย็นเป็นองศาฟาเรนไฮต์ หารด้วยค่าคงที่ 24 จะได้ภาระกระทำความเย็นในขณะนั้นเป็นต้น ความเย็นซึ่งจะสามารถนำค่าตันความเย็นที่คำนวณได้นี้นำไปตรวจสบกับค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อภาระการทำความเย็น (kW/TR) ของเครื่องทำน้ำเย็น และจัดเปิดเครื่องทำน้ำเย็นให้เกิดความเหมาะสมต่อไป

5) การให้เครื่องทำงานแล้วหยุดเป็นช่วง ๆ (Duty Cycling)

การให้เครื่องทำงานหยุดเป็นช่วง ๆ อาทิเช่น การควบคุมเครื่องส่งลมเย็นทำงาน 30 นาที แล้วหยุด 10 หรือ 15 นาที แล้วทำงาน 30 นาทีหรือ 15 นาที เป็นอย่างนี้ต่อไปเรื่อย ๆ ซึ่งจะช่วยลดพลังงานไฟฟ้าได้ ลักษณะการประหยัดพลังงานแบบนี้ มักจะนิยมใช้กันใน

กรณีที่มีภาระที่ต้องทำความเย็นน้อย เช่นช่วงเวลา 23.00 ถึง 06.00 ในพื้นที่ Coffee Shop และ Lobby ของโรงแรม เป็นต้น

2.5.2.3 แนวทางการใช้และการบำรุงรักษาระบบปรับอากาศ

1) จะต้องมีเอกสารที่จำเป็นในการบำรุงรักษา ดังนี้

- แบบก่อสร้างและข้อกำหนดเทคนิค (Design drawing and Specification)
- แบบติดตั้งจริง (Asbuilt drawing)
- แบบ Shop drawing พร้อมบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ที่มีการเปลี่ยนแปลงแบบ, เปลี่ยนแปลงข้อกำหนดของวัสดุและอุปกรณ์ในระหว่างการก่อสร้าง
- เอกสารขออนุมัติวัสดุและอุปกรณ์
- บันทึกข้อมูลเกี่ยวกับการปรับแต่งระบบปรับอากาศหลังการติดตั้ง
- คู่มือการใช้งานและการบำรุงรักษาพร้อมข้อมูลทางเทคนิคของอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบปรับอากาศ
- รายการ Spare part ของอุปกรณ์ต่าง ๆ พร้อมรายชื่อและที่อยู่ติดต่อบริษัทผู้จำหน่ายอุปกรณ์
- รายชื่อ และที่อยู่ติดต่อบริษัทที่ติดตั้ง และดูแลรักษาระบบปรับอากาศ
- วีดีโอเทปของการฝึกอบรมการใช้งาน

2) จะต้องมีการตรวจวัดและจดบันทึกค่าต่าง ๆ ทางเทคนิคเพื่อนำมาใช้ ในการอนุรักษ์พลังงานดังนี้

- อุณหภูมิ
- ความดัน
- กำลังไฟฟ้าที่ใช้งาน หรือปริมาณกระแสไฟ และแรงดันไฟฟ้า
- อัตราการไหล

3) จะต้องมีการวางแผนและจัดตารางเวลาในการบำรุงที่ชัดเจน เกี่ยวกับกำลังคนที่ต้องใช้

- เวลาและความถี่ที่ต้องใช้
- รายการอุปกรณ์และชิ้นส่วนที่ต้องบำรุงรักษา
- จัดลำดับแนววิธีในการบำรุงรักษา คือ เป็นการซ่อมบำรุงแบบป้องกัน หรือซ่อมบำรุงตามความจำเป็น หรือต้องเผื่อเวลาและการสำรองอุปกรณ์สำหรับ

การซ่อมแซม (On failure maintenance)

- การฝึกอบรมและการประชุมภายใน เพื่อให้สามารถควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพโดยรวมและเกิดการอนุรักษ์พลังงานอย่างต่อเนื่อง

4) ทดสอบการทำงานและปรับสมดุล (Balancing) ระบบปรับอากาศอย่างสม่ำเสมอทั้งทางด้านอากาศ (Air side) และทางด้านน้ำ (Water side) ตลอดอายุการใช้งานของระบบปรับอากาศ เพื่อให้ระบบสามารถทำงานอย่างมีประสิทธิภาพอยู่ตลอดเวลา

5) เริ่มเดินเครื่องปรับอากาศให้ช้าที่สุดที่จะทำให้อากาศภายในอาคารมีภาวะพอดีต่อการใช้งาน เมื่อเริ่มการใช้โรงงาน (Optimum Start) ตลอดเวลา

6) หยุดเดินเครื่องปรับอากาศให้เร็วที่สุดที่จะทำให้อากาศภายในอาคารยังคงมีภาวะพอดีต่อการใช้งาน เมื่อเลิกการใช้โรงงาน (Optimum Stop)

7) เดินเครื่องทำน้ำเย็น เครื่องสูบน้ำ หอผึ่งลม เครื่องส่งลมเย็นให้สามารถทำความเย็นพอดีกับภาระการทำความเย็นที่ต้องการ และเมื่อภาระความเย็นที่ต้องการลดลงก็ให้หยุดเดินเครื่องให้เหลือเฉพาะที่จำเป็นเท่านั้น

8) เมื่อภาระความร้อนจากแหล่งภายนอกที่เข้ามาในอาคารน้อยลง อาทิเช่น ในฤดูที่อากาศภายนอกเย็น ให้ปรับตั้งเครื่องทำน้ำเย็นทำงานในสภาวะที่ให้อุณหภูมิของน้ำเย็น (สูงขึ้น) และ อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นต่ำลง โดยกรณีที่ปรับตั้งให้อุณหภูมิของน้ำเย็นสูงขึ้น การปรับตั้งจะต้องให้ค่าภาระการทำความเย็นที่ต้องการพอดี และเพียงพอกับภาระการทำความเย็นที่เครื่องส่งลมเย็นทำได้

9) ให้ปรับตั้งเทอร์โมสตัทควบคุมภาวะอากาศให้เหมาะสมกับการใช้งาน

10) ปรับปริมาณอากาศภายนอกที่ เข้ามาในอาคารให้พอดีกับความต้องการ อาทิเช่น ในช่วงเริ่มเดินเครื่อง และช่วงใกล้เวลาปิดเครื่อง หรือช่วงที่มีคนอยู่ภายในอาคารน้อยก็ให้หรี่อากาศภายนอกให้เข้าน้อยลงและในกรณีที่อากาศภายนอกมีค่าความร้อน Enthalpy ต่ำกว่าอากาศภายในก็ให้นำอากาศภายนอกเข้ามาให้เต็มที่

11) ให้ปิดม่านบังแสงเพื่อกั้นการแผ่รังสีของแสงแดดที่ทะลุผ่านกระจกเข้ามาในอาคาร อาทิเช่นในช่วงเวลาเช้าควรปิดม่านบังแสงทางด้านทิศตะวันออก และ ในช่วงเวลาเย็นควรปิดม่านบังแสงทางด้านทิศตะวันตก

12) ปิดไฟแสงสว่างและเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ก่อให้ เกิดภาระความร้อน เมื่อเลิกใช้งานหรือไม่ มีความจำเป็นต้องใช้เพื่อลดภาระความร้อนที่เกิดขึ้นต่อระบบปรับอากาศให้น้อยลง

13) ควบคุมเรื่องค่าความต้องการไฟฟ้า (Electric Power Demand) โดยการวางแผนและจัดโปรแกรมการเดินเครื่องและหยุดเครื่องตามลำดับขั้นตอนไม่ให้ทำงานพร้อมกันของอุปกรณ์ ในระบบปรับอากาศและระบบอื่น ๆ เช่นระบบไฟฟ้าและระบบสุขาภิบาลเพื่อให้ได้ตามต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน อาทิเช่น เดินเครื่องทำน้ำเย็นเพื่อสะสมความเย็นไว้ล่วงหน้า หรือสูบน้ำเก็บไว้ในช่วงก่อนที่จะคิดค่าความต้องการไฟฟ้าหรือ เหลื่อมเวลา การเปิดไม่ให้พร้อมกับอุปกรณ์ระบบปรับอากาศ

14) ทำความสะอาดผิวที่มีการถ่ายเทความร้อน เช่น ผิวคอยล์ด้านใน หรือผิวท่อน้ำด้านในอย่างสม่ำเสมอ โดยควบคุมคุณภาพของน้ำเย็นให้เป็นน้ำสะอาดปราศจากความกระด้าง ซึ่งจะช่วยให้การถ่ายเทความร้อนดี และมีความเสียดทานของระบบน้อย

15) ตรวจสอบและทำความสะอาดแผงกรองอากาศ (Air Filter) ให้สะอาดอยู่เสมอ เพื่อให้มีขดท่อทำความสะอาดและมีการถ่ายเทความร้อนดี

16) ฉีดล้างทำความสะอาดผิวด้านนอกของขดท่อทำความเย็นให้สะอาดอยู่เสมอ เพื่อให้การส่งลมไหลผ่านได้สะดวก และสามารถถ่ายเทความร้อนได้ดี

17) การตรวจสอบการทำงานของวาล์ระบายอากาศ ว่ายังสามารถทำงานไล่อากาศในระบบท่อน้ำเพื่อไม่ให้อากาศในระบบท่อน้ำเป็นตัวต้านทานการถ่ายเทความร้อน

18) ตรวจสอบและซ่อมแซมท่อส่งลมเย็นอยู่เสมอ เพื่อไม่ให้มีลมรั่ว

19) ตรวจสอบและปรับตั้งสายพาน อัดจาระบีสำหรับการหล่อลื่น เพื่อให้เครื่องจักรสามารถทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ

20) ตรวจสอบและซ่อมแซมฉนวนหุ้มเครื่องทำน้ำเย็น เครื่องสูบน้ำเย็น เครื่องส่งลมเย็น ท่อลมและท่อน้ำให้อยู่ในสภาพดีตลอดเวลา เพื่อลดการสูญเสียพลังงาน หรือ ป้องกันการสูญเสียความเย็น

21) ตรวจสอบและซ่อมแซมหน้าต่างและประตูที่ มี รอยแตกหรือรอยแยกเพื่อป้องกันภาระความร้อนจากภายนอกพื้นที่ปรับอากาศที่จะถูกนำเข้ามา

22) ตรวจสอบและทำความสะอาด Heat exchanger media ที่หอผึ่งลมเพื่อให้การถ่ายเทความร้อนระหว่างอากาศกับน้ำได้ดี

23) ตรวจสอบและควบคุมการ Bleed off น้ำจากหอผึ่งลมอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้น้ำหล่อเย็นในท่อมีความสะอาด ทำให้มีการถ่ายเทความร้อนได้ดี

2.5.3 เทคนิคทางด้านวิศวกรรม

เทคนิคที่ใช้ในการจัดการมีหลายอย่างแต่ในที่นี้ หมายถึง เทคนิคการจัดการในเชิงวิศวกรรมที่ใช้ในการลดต้นทุน อาจเรียกเทคนิคนี้ว่า เทคโนโลยีการจัดการทางวิศวกรรม ซึ่งเป็นที่รู้จักกันดี ได้แก่ วิศวกรรมอุตสาหการ (Industrial Engineering, IE), การควบคุมคุณภาพ (Quality Control, QC), วิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering, VE) เป็นต้น การใช้เทคนิคเหล่านี้เพื่อลดต้นทุนนั้นในทางปฏิบัติแล้ว สามารถนำมาประยุกต์ใช้ด้วยกันได้ เพราะ วิศวกรรมอุตสาหการ เน้นเรื่องการปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น และ เน้นเรื่องการควบคุมคุณภาพ เพื่อไม่ให้เกิดของเสียเกินกว่าระดับที่ยอมรับได้ ทำให้ไม่ต้องมีการผลิตของเสียออกมา อันเป็นการผลิตที่สูญเปล่า ส่วน วิศวกรรมคุณค่า นั้นเน้นประโยชน์ใช้งานและต้นทุน ทำให้เกิดการปรับปรุงผลิตภัณฑ์และวิธีการผลิตได้

2.5.3.1 วิศวกรรมคุณค่า

วิศวกรรมคุณค่าหรือการวิเคราะห์คุณค่า (Value Engineering/Value Analysis, VE/VA) ได้ถูกนำมาใช้ในโครงการต่างๆ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนได้อย่างเป็นระบบโดยคงคุณภาพไว้ วิศวกรรมคุณค่า (VE/VA) นี้ได้ถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงการผลิตไม่ว่าจะเป็นการออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ การเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตใหม่ ปัจจุบันได้มีการระบุเทคนิค วิศวกรรมคุณค่า (VE/VA) นี้ ไว้ในแผนอนุรักษ์พลังงานของ

ชาติ ว่าเป็นเทคนิคหนึ่งที่ใช้ในการประหยัดพลังงานและถูกนำมาใช้เป็นพื้นฐานหนึ่งของการค้นหาปัญหาและแก้ไขปัญหาเพื่อประหยัดพลังงาน

วิศวกรรมคุณค่า เป็นเครื่องมือที่ดีในการค้นพบปัญหาทางด้านพลังงาน และสามารถนำไปสู่กระบวนการคิดแก้ไขปัญหาและเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานนั้น ควรใช้วิศวกรรมคุณค่าควบคู่ไปกับความรู้ทางด้านวิศวกรรม หรือทางด้านเทคนิคเฉพาะทาง โดยมีการสร้างทีมงานประหยัดพลังงานของโรงงานขึ้นมา เพื่อให้เกิดการรวมตัวและสร้างพลัง ความคิดและผลักดันให้เกิดโครงการ หรือข้อเสนอการประหยัดพลังงานที่มีความชัดเจนและทีมงานเหล่านี้ควรจะได้รับการพัฒนาองค์ความรู้ทางด้านวิศวกรรมและเทคนิคในส่วนที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้สามารถทำให้เข้าใจและแก้ปัญหาพลังงานที่มีความซับซ้อนมากได้ดีขึ้น

เนื้อแท้ของแนวคิดของวิศวกรรมคุณค่า คือ การมีจิตสำนึกเกี่ยวกับ ประโยชน์การใช้งานและต้นทุน ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ออกมาในรูปของ คุณค่า ซึ่งสามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\frac{V}{C} = F$$

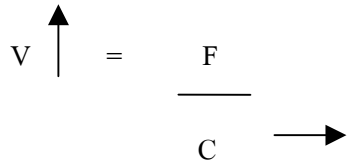
เมื่อ V หมายถึง คุณค่า (Value)
F หมายถึง ประโยชน์การใช้งาน (Function)
C หมายถึง ต้นทุน (Cost)

การประยุกต์ใช้วิศวกรรมคุณค่าในการลดต้นทุนนั้น ก็คือ การปรับปรุง โดยการเพิ่มคุณค่าให้กับสิ่งที่เป็นเป้าหมายที่กำลังสนใจอยู่ ต่อไปนี้จะกล่าวถึงวิธีการเพิ่มคุณค่าซึ่งมีอยู่ 5 วิธี ได้แก่

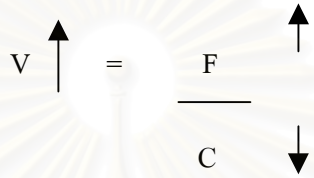
1. การเพิ่มคุณค่าด้วยการลดต้นทุน ส่วนประโยชน์การใช้สอยเท่าเดิม

$$V \uparrow = \frac{F \rightarrow}{C \downarrow}$$

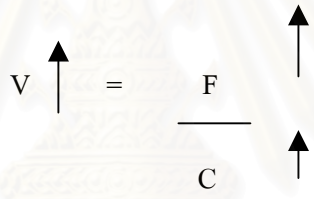
2. การเพิ่มคุณค่าด้วยการเพิ่มประโยชน์การใช้งาน โดยที่ต้นทุนคงที่



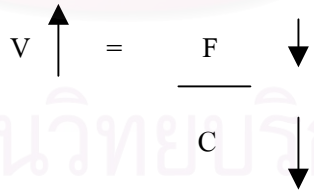
3. การเพิ่มคุณค่าด้วยการลดต้นทุน และเพิ่มประโยชน์การใช้งาน



4. การเพิ่มคุณค่าด้วยการเพิ่มต้นทุน แต่ประโยชน์การใช้งานเพิ่มขึ้นด้วยค่าที่มากกว่า



5. การเพิ่มคุณค่าด้วยการลดประโยชน์การใช้งาน เหลือเท่าที่จำเป็น โดยที่ลดต้นทุนให้ต่ำลงด้วยอัตราที่มากกว่า



จากวิธีการเพิ่มคุณค่า 5 วิธีดังกล่าวมาแล้ว ถ้าทำความเข้าใจลึกซึ้งมากขึ้น จะพบว่าการเพิ่มคุณค่าด้วยวิธีการที่ 1, 3 และ 5 นั้น เป็นวิธีการที่เป็นไปได้ง่ายกว่า เพราะเป็นการปรับปรุงกันภายในองค์กรเพื่อให้ต้นทุนต่ำลง และถ้าเป็นวิธีที่ 2 ก็สามารถเป็นไปได้ เพราะไม่ได้กระทบกระเทือนราคาขาย ส่วนวิธีการที่ 4 คงเป็นไปได้ยากกว่าเมื่อพิจารณาจากการขาย เพราะว่าลูกค้าต้องจ่ายเงินสูงขึ้นสำหรับประโยชน์การใช้งานที่มากขึ้น อย่างไรก็ ตามประโยชน์การใช้งานนี้ก็คงต้องคำนึงถึงความต้องการของผู้ใช้เป็นสำคัญ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อพิจารณาถึงต้นทุนที่เกิดขึ้นในการผลิตผลิตภัณฑ์หรือการให้การบริการนั้น ก็คงต้องเข้าใจว่าต้นทุนจริงในการดำเนินการประกอบไปด้วยต้นทุนในอุดมคติและต้นทุนสูญเปล่า ต้นทุนสูญเปล่านี้เองที่จำเป็นต้องกำจัดให้เหลือน้อยที่สุด ส่วนสาเหตุของการเกิดต้นทุนสูญเปล่าอาจเกิดจากกระบวนการผลิตไม่ดี การบริหารงาน การควบคุมงาน หรือการจัดการไม่ได้ การออกแบบไม่ได้ เป็นต้น ถ้าได้มีการแก้ไขลดต้นทุนสูญเปล่าที่เกิดขึ้นอย่างจริงจัง จะทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิตลงได้ ซึ่งสามารถเรียกต้นทุนจริงดังกล่าวว่า ต้นทุนมาตรฐาน

ในประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งรวมถึงประเทศญี่ปุ่นและประเทศไทยด้วยได้มีการนำหลักการวิศวกรรมคุณค่า ไปประยุกต์ ใช้ในการลดต้นทุนการผลิตในงานต่างๆ เช่น ในงานขนส่ง งานพัสดุคงคลัง งานเอกสาร และในงานผลิตของอุตสาหกรรมต่างๆ แม้ว่าการ ลดต้นทุนดังกล่าวจะมีวัตถุประสงค์เพื่อการลดค่าใช้จ่าย แต่ผลทางอ้อมก็คือ สามารถลดต้นทุนทางด้านพลังงานได้ด้วย

2.5.3.2 กลุ่มคุณภาพ (QCC)

กลุ่มคุณภาพ หรือ กลุ่ม QCC เป็นกลุ่มของพนักงานที่รวมตัวกัน เพื่อทำกิจกรรมเกี่ยวข้องกับการปรับปรุงตัวเอง ปรับปรุงหน่วยงาน ปรับปรุงการผลิต ปรับปรุงสภาพแวดล้อมปรับปรุงองค์กร ฯลฯ โดยที่ไม่ขัดต่อนโยบายของบริษัท และทุกคนมีส่วนร่วม

การทำกิจกรรมกลุ่มคุณภาพโดยทั่วไป จะมีวัตถุประสงค์ต่อไปนี้

- ยกระดับความรู้ความสามารถของพนักงานในทุกระดับ
- เพิ่มความสะดวกสบายและความปลอดภัยในงาน
- เพิ่มความสัมพันธ์อันดีระหว่างกลุ่มพนักงานทุกระดับ
- ช่วยเสริมสร้างระบบควบคุมคุณภาพทั่วทั้งบริษัท

ผลประโยชน์ที่จะได้จากการทำกิจกรรมกลุ่มคุณภาพ คือ

- เพิ่มพูนความรู้ความสามารถของพนักงาน
- เสริมสร้างพนักงานให้มีความคิดริเริ่ม มีความรับผิดชอบในตนเองและเพื่อนร่วมงาน รวมทั้งเป็นการพัฒนาภาวะผู้นำให้พนักงานทุกคน
- ทำให้พนักงานมีความสามารถในการนำเสนอผลงานการพัฒนา
- ทำให้พนักงานรู้จักทำงานเป็นทีมและเกิดกระบวนการประสานงานร่วมกันอย่างได้ผล
- ช่วยให้เกิดการเพิ่มผลผลิต

กลุ่มคุณภาพที่จัดขึ้น มีการดำเนินการทำกิจกรรม มีการปกครอง และการพัฒนาตนเอง โดยมีผู้บังคับบัญชาขั้นต้นเป็นผู้สนับสนุนและร่วมกันค้นหาปัญหา ปรับปรุงงานด้วยความตั้งใจอย่างแน่วแน่ และพร้อมเพียงกันในการแก้ปัญหาอย่างจริงจัง ไมใช่กิจกรรมที่ต้องมีการสั่งการหรือโดยการมีระเบียบข้อบังคับที่กำหนดให้การมีความคิดอิสระและสร้างสรรค์ จะเป็นหนทางที่จะได้แนวคิดดีๆ ที่จะเป็นประโยชน์ต่อองค์กรและพนักงาน

2.5.3.3 กิจกรรม 5 ส

กิจกรรม 5 ส. เป็นหนึ่งในกิจกรรมที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อการเพิ่มผลผลิต ซึ่งมิได้หมายถึง การผลิตเป็นจำนวนมากๆ แต่หมายรวมถึง การทำงานอย่างมีประสิทธิภาพและบรรลุวัตถุประสงค์ที่วางไว้ เช่น ผลิตภัณฑ์ได้คุณภาพตามที่ลูกค้าต้องการ ลดความสิ้นเปลืองในการใช้วัสดุอุปกรณ์ ประหยัดเวลาในการทำงาน มีความปลอดภัยในการทำงาน และเจ้าหน้าที่มี ขวัญและกำลังใจที่ดี กิจกรรม 5 ส. จะประกอบไปด้วยกิจกรรมหลัก 4 กิจกรรม คือ กิจกรรม 5 ส. กิจกรรมความปลอดภัย กิจกรรมข้อเสนอแนะ และกิจกรรมกลุ่มสร้างคุณภาพงาน

กิจกรรม 5 ส. หมายถึง

1. สะสาง: การแยกให้ชัดระหว่างของที่จำเป็นกับของที่ไม่จำเป็น ของที่ไม่จำเป็นขจัดออกไป
2. สะดวก: การจัดวางของที่จำเป็นให้เป็นระเบียบ และให้ง่ายต่อการนำไปใช้
3. สะอาด: การทำความสะอาดสถานที่ อุปกรณ์ และสิ่งของที่ใช้อยู่เป็นนิจ
4. สุขลักษณะ: การรักษาสถานที่ อุปกรณ์และสิ่งของที่ใช้ให้ถูกสุขลักษณะและมีความปลอดภัย
5. สร้างนิสัย: การสร้างนิสัยให้ปฏิบัติตามกฎระเบียบ ข้อตกลงต่างๆ ขององค์กรให้ติดเป็นนิสัย

กิจกรรม 5 ส มีความสำคัญต่อองค์กรด้วยเหตุผลดังต่อไปนี้

- ทำให้โรงงานเป็นโรงงานที่มีมาตรฐานสากล
- ทำให้สามารถขจัดความสูญเสียต่างๆได้
- ทำให้สามารถลดแหล่งเพาะความสิ้นเปลือง
- เป็นการป้องกันความสิ้นเปลืองที่จะเกิดขึ้น
- ทำให้เกิดสภาพแวดล้อมที่ดีในการทำงาน

ปัจจัยแห่งความสำเร็จในกิจกรรม 5 ส

1. บุคลากรทุกคนต้องมีส่วนร่วมในกิจกรรมนี้
2. ผู้บริหารสูงสุดต้องให้ความสำคัญและสนับสนุนอย่างจริงจัง
3. ผู้บริหารทุกระดับต้องเป็นแกนนำในการดำเนินการ
4. เจ้าหน้าที่ทุกฝ่ายต้องให้ความร่วมมือและสนับสนุนกิจกรรม
5. ต้องมีการจัดกิจกรรมเพื่อกระตุ้นและส่งเสริมในระหว่างการดำเนินการ
6. ผู้บริหารระดับสูงควรตรวจผลการดำเนินกิจกรรม 5 ส เป็นระยะ

ผลที่เห็นได้ชัดจากการดำเนินกิจกรรม 5 ส อย่างต่อเนื่อง ในการเพิ่มผลผลิต คือ

(1) ขจัดความสิ้นเปลืองของทรัพยากรโดยเฉพาะการใช้พื้นที่

-ทำความสะอาดเครื่องจักร ทำให้พบการรั่วไหลของน้ำมันเครื่องและแก้ไขได้ทันก่อนที่จะเกิดการเสียหายกับเครื่องจักร

- การจัดระเบียบการจัดเก็บเอกสาร การลดจำนวนตู้เอกสาร และจำนวนเอกสารที่ใช้

- แยกของใช้และของไม่ใช้ออกจากกัน ทำให้ค้นพบสิ่งที่ไม่ต้องใช้นำไปขายได้

-จัดระเบียบเครื่องมือ ทำให้สามารถควบคุมการเบิกใช้เครื่องมือได้ และลดปริมาณการสั่งซื้อเครื่องมือ ลงได้

(2) เพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน

- ปรับปรุงความสะอาดของเครื่องมือและเครื่องจักร รวมทั้งสถานที่ทำงาน ช่วยลดอุบัติเหตุ ลดความสูญเสีย ลดการใช้พลังงาน เพิ่มประสิทธิภาพ และเพิ่มผลผลิต

(3) ขจัดปัญหาสินค้าคุณภาพไม่ดี

-ขจัดข้อบกพร่องเล็กๆน้อยๆ โดยการตรวจสอบทำความสะอาดของเครื่องจักรในสายการผลิต ลดความเสียหายจากการผลิต

(4) ขจัดปัญหาเครื่องจักรเสียบ่อย

- การตรวจเช็คทำความสะอาดทุกวัน ทำให้เครื่องจักรอยู่ในสภาพที่ดีตลอดเวลา

(5) ลดเวลาที่ใช้ในการติดตั้งเครื่องจักรให้น้อยลง

-การจัดเตรียมเครื่องจักรให้พร้อมและสะดวกแก่การใช้งานลดเวลาในการติดตั้งเครื่องจักร และเพื่อผลผลิตได้

2.5.3.4 การควบคุมคุณภาพ (QC)

การควบคุมคุณภาพ (Quality Control) เป็นเทคนิคการเพิ่มผลผลิตในแนวทางการป้องกันไม่ให้เกิดความบกพร่องในด้านคุณภาพผลิตภัณฑ์ โดยการค้นพบของกระบวนการ

ควบคุมคุณภาพ จะช่วยให้สามารถวิเคราะห์สาเหตุของความบกพร่อง และนำไปสู่การแก้ไขเพื่อให้ได้คุณภาพที่ดีขึ้น ในกรณีที่มีขั้นตอนการผลิตหลายขั้นตอน การควบคุมคุณภาพในแต่ละขั้นตอน จะลดเวลาสูญเปล่าในการทำงานในขั้นตอนต่อไป ถ้าพบโดยการควบคุมคุณภาพว่า เกิดการผิดพลาดในกระบวนการผลิต จะทำให้สามารถแก้ไขปัญหาการผลิตก่อนที่จะสร้างความเสียหายมากขึ้น

ความเสียหายจากความบกพร่องของวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ระหว่างผลิต อยู่ในระดับความเสียหายทางการผลิตเท่านั้น แต่ถ้าผลิตภัณฑ์บกพร่อง ความสูญเสียจะส่งผลกระทบไปถึงตลาด อาจจะต้องลดราคาสินค้า ความเชื่อถือของลูกค้าเสียไป และอาจจะมีผลทำให้สินค้าขายไม่ออก บริษัทขาดทุนและต้องล้มเลิกกิจการไป การควบคุมคุณภาพจึงเป็นกิจกรรมที่มีความสำคัญขององค์กร และบุคลากรทุกระดับในองค์กรที่เกี่ยวข้องกับการผลิตจะต้องมีจิตสำนึกในด้านคุณภาพ ดังนั้น หน่วยงานออกแบบ จัดซื้อ ตรวจรับ จัดเก็บ เบิกจ่าย ขนย้าย ผลิต ซ่อมบำรุง ตรวจสอบ ฯลฯ จะต้องมีส่วนในการควบคุมคุณภาพ เป็นลักษณะของการควบคุมคุณภาพทั้งบริษัท หรือ การควบคุมคุณภาพโดยรวม

คุณภาพการออกแบบของผลิตภัณฑ์ หรือ การบริการ ถูกตั้งขึ้นด้วยข้อกำหนดของระดับเกรด และ มาตรฐานของคุณภาพ คุณภาพการออกแบบจะต้องอิงจุดประสงค์ของการใช้ผลิตภัณฑ์ หรือ การบริการ ระดับคุณภาพที่ดีจะต้องพอเหมาะสามารถสนองความต้องการทั้งของลูกค้า และ ผู้ผลิต โดยมีต้นทุนการผลิต และ ราคาที่ต่ำลง

คุณภาพของความสม่ำเสมอตามมาตรฐาน เป็นการแสดงถึงการตอบสนองความต้องการของลูกค้าในระดับคุณภาพการออกแบบได้ตลอดเวลา หรือ เป็นการรักษาระดับคุณภาพตามมาตรฐานคุณภาพได้สม่ำเสมอ

คุณภาพการใช้งานหรือความเชื่อมั่นของผลิตภัณฑ์ เป็นคุณภาพที่ผ่านการตรวจสอบเพื่อความแน่ใจในคุณภาพที่ต้องการ

2.5.3.5 การบำรุงรักษาทวีผล (Productive Maintenance)

ในทางเทคนิคแล้ว การบำรุงรักษาทวีผลไม่ใช่รูปแบบการบำรุงรักษาด้วยตัวของมันเอง แต่เป็นการรวมเอาการบำรุงรักษาแบบต่างๆ เข้าไว้ด้วยกัน ได้แก่

(1) การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน คือ การบำรุงรักษาที่ดำเนินการเพื่อป้องกัน การหยุดของเครื่องจักรโดยเหตุฉุกเฉิน สามารถทำได้โดยการตรวจสภาพเครื่องจักร การทำความ

สะอาดและหล่อลื่นโดยถูกวิธี การปรับแต่งให้เครื่องจักรที่จุดทำงานตามคำแนะนำของคู่มือ รวมทั้งการบำรุงและเปลี่ยนชิ้นอะไหล่ตามกำหนดเวลา ซึ่งจะช่วยให้อุปกรณ์และเครื่องจักรคงประสิทธิภาพไว้ให้ดีเหมือนเดิมหรือดีขึ้น ทำให้ประหยัดพลังงาน อายุการใช้งานนานขึ้น และค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาลดลงในระยะยาว

(2) การบำรุงรักษาหลังเกิดเหตุขัดข้อง คือการบำรุงรักษาเมื่อเครื่องจักรเกิดชำรุดและหยุดโดยฉุกเฉิน วิธีการนี้แม้ว่าจะเป็นวิธีการดั้งเดิมในการบำรุงรักษา แต่ยังจำเป็นต้องนำมาใช้อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ เนื่องจากเครื่องจักรหลายชนิดแม้ว่าจะได้รับการบำรุงรักษาเชิงป้องกันดีเยี่ยมเพียงใด ก็ยังมีโอกาสเกิดเหตุฉุกเฉินขึ้นได้ตลอดเวลา

(3) การบำรุงรักษาเชิงแก้ไขปรับปรุง คือการดำเนินการเพื่อการดัดแปลง ปรับปรุงแก้ไขเครื่องจักรหรือส่วนของเครื่องจักรเพื่อ

- ขจัดเหตุขัดข้องเรื้อรังของเครื่องจักรให้หมดไปโดยสิ้นเชิง
- ปรับปรุงสมรรถภาพของเครื่องจักรให้สามารถ ผลิต ได้ด้วยคุณภาพ และปริมาณที่สูงขึ้น

(4) การป้องกันการบำรุงรักษา คือการดำเนินการใดๆก็ตามที่จะได้มาซึ่งเครื่องจักรที่ไม่ต้องการการบำรุงรักษา หรือต้องการแต่น้อยที่สุด สามารถดำเนินการได้โดย

- การออกแบบเครื่องจักรให้ทนทานและบำรุงรักษาง่าย
- ใช้เทคนิคและวัสดุที่จะทำให้เครื่องจักรมีความเชื่อถือได้สูง
- รู้จักเลือกและซื้อเครื่องจักรที่ดี ทนทาน ซ่อมง่าย และมีราคาที่เหมาะสม

ในการบำรุงรักษาตั้งแต่การบำรุงรักษาเมื่อขัดข้องมาจนถึงการบำรุงรักษาทวีผลยังไม่มีการบำรุงรักษารูปแบบใดที่สามารถใช้ได้โดยลำพังเพียงอย่างเดียว กล่าวคือ การบำรุงรักษาเมื่อขัดข้องก็ไม่สามารถใช้ได้กับกระบวนการผลิตที่ไม่มีเครื่องจักรสำรอง และไม่สามารถใช้ได้กับกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง จึงต้องมีการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าเครื่องจะไม่มีโอกาสเสียอีกเลย ดังนั้นอย่างไรก็ทิ้งการบำรุงรักษาเมื่อขัดข้องไม่ได้

การบำรุงรักษาเชิงป้องกันนอกจากจะต้องมีการบำรุงรักษาเมื่อขัดข้องเพื่อเป็นการเตรียมพร้อมแล้ว ก็ยังต้องมีการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขปรับปรุงเพื่อความสะดวก ในการบำรุงรักษา แต่ถึงจะปรับปรุงเครื่องจักรจนใช้งานได้สะดวกเพียงใดก็ยังคงต้องใช้เวลาในการบำรุงรักษา ในที่สุดก็มีการป้องกันการบำรุงรักษาตามมาเพื่อหาทางทำให้เครื่องจักรไม่

ต้องการการบำรุงรักษาหรือต้องการน้อยที่สุด วิธีการบำรุงรักษาหลักทั้ง 4 วิธี เมื่อนำมาใช้ประกอบกันอย่างถูกต้องจะทวีผล ของการซ่อมบำรุง และเพิ่มผลผลิตได้โดยมีประสิทธิภาพสูงสุด

2.6 การสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สมาน งามเลิศนภาภรณ์ 2540, ***ศักยภาพในการติดตั้งเครื่องควบคุมกำลังไฟฟ้าสูงสุด*** วิทยานิพนธ์นี้ เป็นการหาแนวทาง ในการติดตั้ง เครื่องควบคุม กำลังไฟฟ้าสูงสุด ของอาคาร ธนาคารนครหลวงไทย สำนักงานใหญ่ ซึ่งพบว่า การใช้ไฟฟ้า ของอาคาร ถูกจัด อยู่ในประเภท กิจการขนาดใหญ่ ชำระ อัตราค่าไฟฟ้า ตามโครงสร้าง ค่าไฟฟ้า TOD ลักษณะ การใช้ไฟฟ้า พบว่าอาคารมีปริมาณ การใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย 485,000 kWh ต่อ เดือน มีค่า ความต้องการกำลังไฟฟ้า สูงสุด ประมาณ 1,437 kW ในการติดตั้ง เครื่องควบคุม กำลังไฟฟ้า สูงสุด จะใช้เงิน ลงทุน ในการติดตั้ง 203,621 บาท เมื่อวิเคราะห์ การลงทุน ภายใต้ อัตราค่าไฟฟ้า TOD สามารถ ลดภาระ ค่าไฟฟ้าได้ 32,712 บาทต่อเดือน มีระยะเวลา คืนทุน 0.5 ปี อัตรา ผลตอบแทน การลงทุน 191 % แต่ถ้าอยู่ภายใต้ อัตราค่าไฟฟ้า แบบ TOU จะสามารถ ลดภาระค่าไฟฟ้าได้ 7,434 บาทต่อเดือน มีระยะ เวลา คืนทุน 3.1 ปี

พิพรรธ ทวีวัฒน์กิจ 2539, ***การลดความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดโดยใช้ระบบเก็บน้ำแข็งในโรงงานอุตสาหกรรมอาหารแช่แข็ง*** วิทยานิพนธ์นี้ เป็นการศึกษาถึง ความเป็นไปได้ ของการนำระบบเก็บความเย็น ในรูปน้ำแข็ง มาใช้ใน อุตสาหกรรม แช่แข็ง รวมถึงการออกแบบ ให้เหมาะสมกับลักษณะ การใช้งาน ของโรงงานอุตสาหกรรมทั้ง 2 แห่ง คือ โรงงานณรงค์ซีฟูดส์ จำกัด และ ยูเนียนโฟรเซ่นโปรดักส์ จำกัด มีการใช้ พลังงานไฟฟ้า สูงสุดช่วง On Peak เฉลี่ย 1000 และ 1750 กิโลวัตต์, ช่วง Partial Peak 1180 และ 1900 กิโลวัตต์, พลังงานไฟฟ้า รวม 7,520,000 และ 1,400,000 กิโลวัตต์ - ชั่วโมงต่อปี, ตัวประกอบภาระ เฉลี่ย 0.74 และ 0.8, ค่าใช้จ่าย การใช้ พลังงานไฟฟ้า 11,846,000 และ 21,440,000 บาทต่อปี, สัดส่วน การใช้พลังงานไฟฟ้า ในระบบทำความเย็น 84.5% และ 68%, ระบบแสงสว่าง 4.5% และ 3%, สำนักงาน 2.7% และ 3%, COP ของ ระบบทำความเย็น 3.3 และ 2.6 ตามลำดับ จากนั้นนำข้อมูลที่เก็บได้ มาออกแบบ ระบบเก็บความเย็น ในรูปน้ำแข็งแบบ Full, Partial และ Modified Demand-Limited Storage พบว่า โรงงานณรงค์ซีฟูดส์ จำกัด มีการใช้ พลังไฟฟ้า สูงสุดช่วง On Peak เฉลี่ยลดลง 10%, 5% และ 10%, ช่วง Partial Peak เฉลี่ยลดลง 27.7%, 22.2% และ 16.7% ค่าใช้จ่าย พลังงานไฟฟ้า ลดลง 3.2%, 1.8% และ 3.3% ค่าตัวประกอบภาระ เพิ่มขึ้น 1.4%, 4.0% และ 10.8% และ โรงงาน ยูเนียนโฟรเซ่นโปรดักส์ จำกัด มีการใช้ พลังไฟฟ้า สูงสุด ช่วง On Peak เฉลี่ยลดลง 3.5%, 1.8% และ 3.5% ช่วง Partial Peak เฉลี่ย ลดลง

30%, 10% และ 50%, ค่าใช้จ่าย พลังงานไฟฟ้า ลดลง 1.3%, 0.3% และ 0.2%, ค่าตัวประกอบภาระ เพิ่มขึ้น 1.3%, 2.5% และ 5% ระบบ เก็บความเย็น ไม่เหมาะสม ที่จะนำมาใช้กับ โรงงานณรงค์ซีฟูดส์ จำกัด และ โรงงานยูเนียนโฟรเซ่นโปรดักส์ จำกัด ที่จำนำมาใช้ เนื่องจาก มีอัตราผลตอบแทนลงทุนภายใน ค่อนข้างต่ำ และ ระยะเวลา คืนทุน มากกว่า 15 ปี

อเนก หีบสัมฤทธิ์ 2536, ***<u>การวิเคราะห์พลังงานในโรงงานทำน้ำแข็งซอง</u>*** วิทยานิพนธ์นี้ เป็นวิเคราะห์ประสิทธิภาพพลังงานในโรงงานผลิตน้ำแข็งซองสำหรับการประมงขนาด 1,590 ซอง/วัน แห่งหนึ่ง ซึ่งมีบ่อผลิต 2 บ่อด้วยกัน และพบว่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้ามีค่าเฉลี่ย 0.21 GJ/Ton (น้ำแข็ง) ซึ่งเป็นค่าที่สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานสากล คือ 0.12 GJ/Ton (น้ำแข็ง) สาเหตุเนื่องมาจากระบบเครื่องทำความเย็นและกระบวนการผลิตมีสมรรถนะในการทำงานต่ำ กล่าวคือ ส่วนของระบบเครื่องทำความเย็นได้พบว่า มีค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิสมรรถนะของบ่อที่ 1 และ 2 เท่ากับ 3.81 และ 3.63 ตามลำดับ อันเนื่องมาจากการทำงานของระบบไม่สัมพันธ์กับภาระที่ระบบได้รับจริงในแต่ละช่วงเวลา พร้อมกับคอนเดนเซอร์ของทั้ง 2 ระบบมีประสิทธิภาพตามกฎข้อที่ 1 เท่ากับ 74.65% และตามกฎข้อ 2 เท่ากับ 53.01 % โดยมีความสอดคล้องกับสาเหตุที่ทำให้อัตราการไหลของน้ำยาแอมโมเนียในระบบอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ คือ ระบบที่ 1 เท่ากับ 77.3 % และระบบที่ 2 เท่ากับ 73.6% ของค่าพิกัด ส่วนของกระบวนการผลิต ได้พบว่า มีค่าความสูญเสียอันเนื่องมาจากมีปริมาณความร้อนเข้าสู่บ่อ ขณะดำเนินการผลิตมีค่าสูง คือ 15.65% (บ่อผลิตที่ 1) และ 13.21 % (บ่อผลิตที่ 2) และหลังจากได้มีการดำเนินการปรับปรุงในส่วนของระบบเครื่องทำความเย็นและกระบวนการผลิต มีผลดังต่อไปนี้ ระบบเครื่องทำความเย็นสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ 170,391.1 kWh/year โดยสามารคืนทุนได้ภายในระยะเวลา 1 ปี โดยใช้ทุน 50,000 บาท และเมื่อลดปริมาณความร้อนที่เข้าสู่บ่อขณะผลิต สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ 642,038.4 kWh/year โดยสามารคืนทุนได้ภายในระยะเวลา 1 ปี โดยใช้ทุน 830,000 บาท

ชัยยุทธ ศรีเผด็จ 2533, ***<u>การประหยัดพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตกระดาษ</u>*** วิทยานิพนธ์นี้ มีจุดประสงค์เพื่อสำรวจ และศึกษาสภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า และความร้อนในโรงงานผลิตกระดาษขนาดใหญ่แห่งหนึ่ง และวิเคราะห์หาแนวทางการประหยัดพลังงานที่จะเป็นไปได้ ซึ่งพบว่าโรงงานนี้มีปริมาณการใช้พลังงานรวม 8.83 GJ/Ton มีการใช้ไฟฟ้าผ่านหม้อแปลงขนาด 2,000 kVA 1 ลูก พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อเดือน 843 MWh ความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยต่อเดือน 1,678 kW และใช้พลังงานความร้อนอยู่ในรูปไอน้ำสำหรับอบแห้งกระดาษ ซึ่งผลิตจากหม้อไอน้ำ 2 เครื่อง คือ ขนาด 8 ตัน/ช.ม. และ ขนาด 6 ตัน /ช.ม. โดยใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงสัดส่วน

การใช้พลังงานแต่ละประเภท คือ ไฟฟ้า ขี้เลื่อย และน้ำมันเตา เฉลี่ยร้อยละ 27, 59 และ 14 ตามลำดับ และสัดส่วนค่าใช้จ่ายแต่ละประเภทมีค่าร้อยละ 71, 23 และ 6 ตามลำดับ หลังจากที่ใช้แนวทางในการลดค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับพลังงาน โดยลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด และปรับปรุงสภาพการส่องสว่างภายในบริเวณทำงาน ส่วนในด้านพลังงานความร้อน มีการลดความชื้นของขี้เลื่อยจากร้อยละ 21 เป็นร้อยละ 15 สามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้ร้อยละ 8 ของการใช้เดิม การนำคอนเดนเสท กลับมาใช้ในระบบเปิดและปิด ให้ระยะเวลาคืนทุนน้อยกว่า 1 ปี และการหุ้มฉนวนผิวถ่ายเทความร้อน รวมทั้งปรับปรุงระบบการผลิต สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

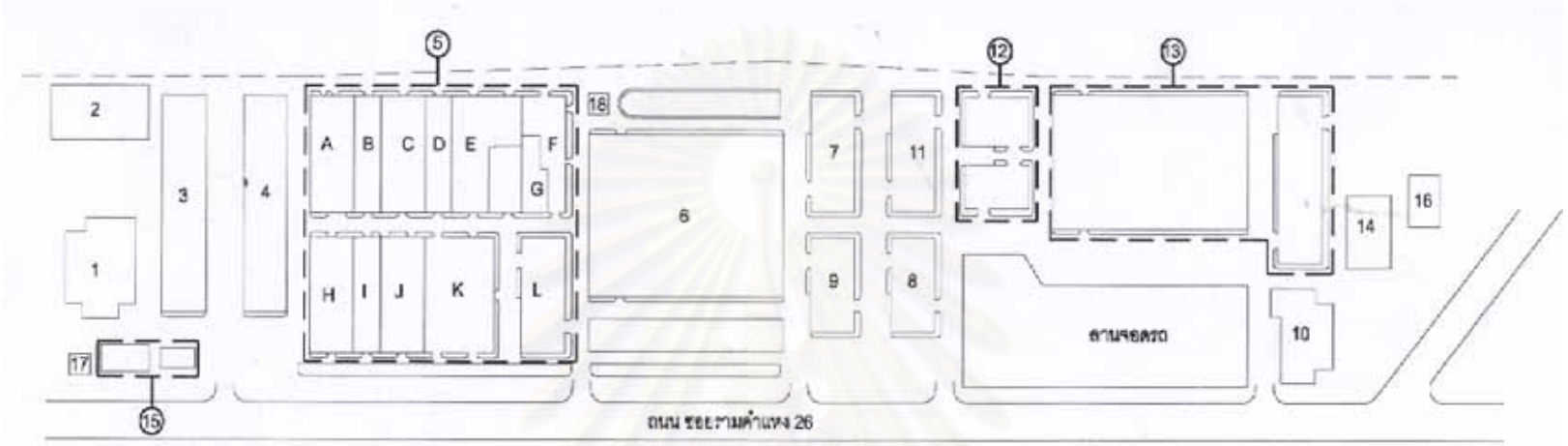
บทที่ 3

สภาพทั่วไปและการใช้งาน

3.1 ลักษณะทั่วไปของโรงงาน

บริษัทที่เข้าทำการศึกษาเป็นบริษัท ที่ผลิตสินค้าประเภทเครื่องดื่มบำรุงกำลัง สินค้าประเภทยา และสินค้าประเภทของใช้ส่วนตัว ซึ่งทางบริษัทได้มีการพัฒนาการดำเนินงานเป็นไปอย่างครบวงจร ตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบ บรรจุภัณฑ์ กระบวนการผลิต ตลอดจนการตลาดและการจัดจำหน่าย ซึ่งเป็นการเอื้ออำนวยความสะดวกทำให้ได้เปรียบคู่แข่งขันในด้านราคา อีกทั้งไม่จำกัดการวิจัยเพียงเพื่อพัฒนาธุรกิจต่างประเทศเท่านั้น แต่ยังร่วมมือกับหน่วยงานในต่างประเทศ เพื่อทำการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ โดยร่วมกับผู้ลงทุนในต่างชาติซึ่งเป็นพันธมิตรทางธุรกิจ โดยอาศัยเทคโนโลยีที่ทันสมัยจากประเทศอุตสาหกรรมต่างๆ มาใช้ในการพัฒนาคุณภาพสินค้าของบริษัทให้มีมาตรฐานระดับสากล

บริษัทที่เข้าทำการศึกษา มีเนื้อที่ประมาณ 60 ไร่ แบ่งพื้นที่ออกเป็น อาคารโรงงาน อาคารสำนักงาน อาคารคลังสินค้า และส่วนของการบำบัดน้ำเสีย โดยบริษัทเริ่มก่อตั้งเมื่อปี พ.ศ. 2434 ในย่านสำเพ็ง จากนั้นในปี พ.ศ. 2462 ได้ย้ายในส่วนของการผลิตไปอยู่ซอยหลังสวน และในปี พ.ศ. 2517 บริษัทได้ย้ายทั้งในส่วนของสำนักงาน และในส่วนของการผลิต มาอยู่ที่ถนนรามคำแหง สภาพของโรงงานมีทั้งเก่าและใหม่ โดยมีการปรับปรุงโรงงานให้อยู่ในสภาพที่ดีตลอด โดยแบ่งเป็นโรงงานผลิตอาหารและเครื่องดื่ม กับโรงงานผลิตยา สำหรับในส่วนของโรงงานผลิตยา การผลิตจะเป็นแบบใช้แรงงานคน ผสมกับการใช้เครื่องจักรทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติ โดยปกติจะทำการผลิต 8 ชั่วโมงต่อวัน ทำงาน 5 วันต่อสัปดาห์ หยุดเสาร์-อาทิตย์ สำหรับส่วนของโรงงานผลิตอาหารและเครื่องดื่ม การผลิตจะเป็นแบบใช้เครื่องจักรที่ทำงานแบบอัตโนมัติทั้งสายการผลิต ซึ่งมีทั้งเครื่องจักรเก่าและใหม่ โดยทำการผลิตตลอด 24 ชั่วโมง ไม่มีวันหยุดเสาร์-อาทิตย์ ลักษณะการทำงานเป็นแบบกะ ทำงานวันละ 3 กะ มีเวลากะละ 8 ชั่วโมง โดยเริ่มทำงานกะแรกตั้งแต่เวลา 6.00 นาฬิกา มีจำนวนวันทำงานประมาณ 340 วันต่อปี และมีกำลังการผลิตประมาณ 162,000 ตันต่อปี



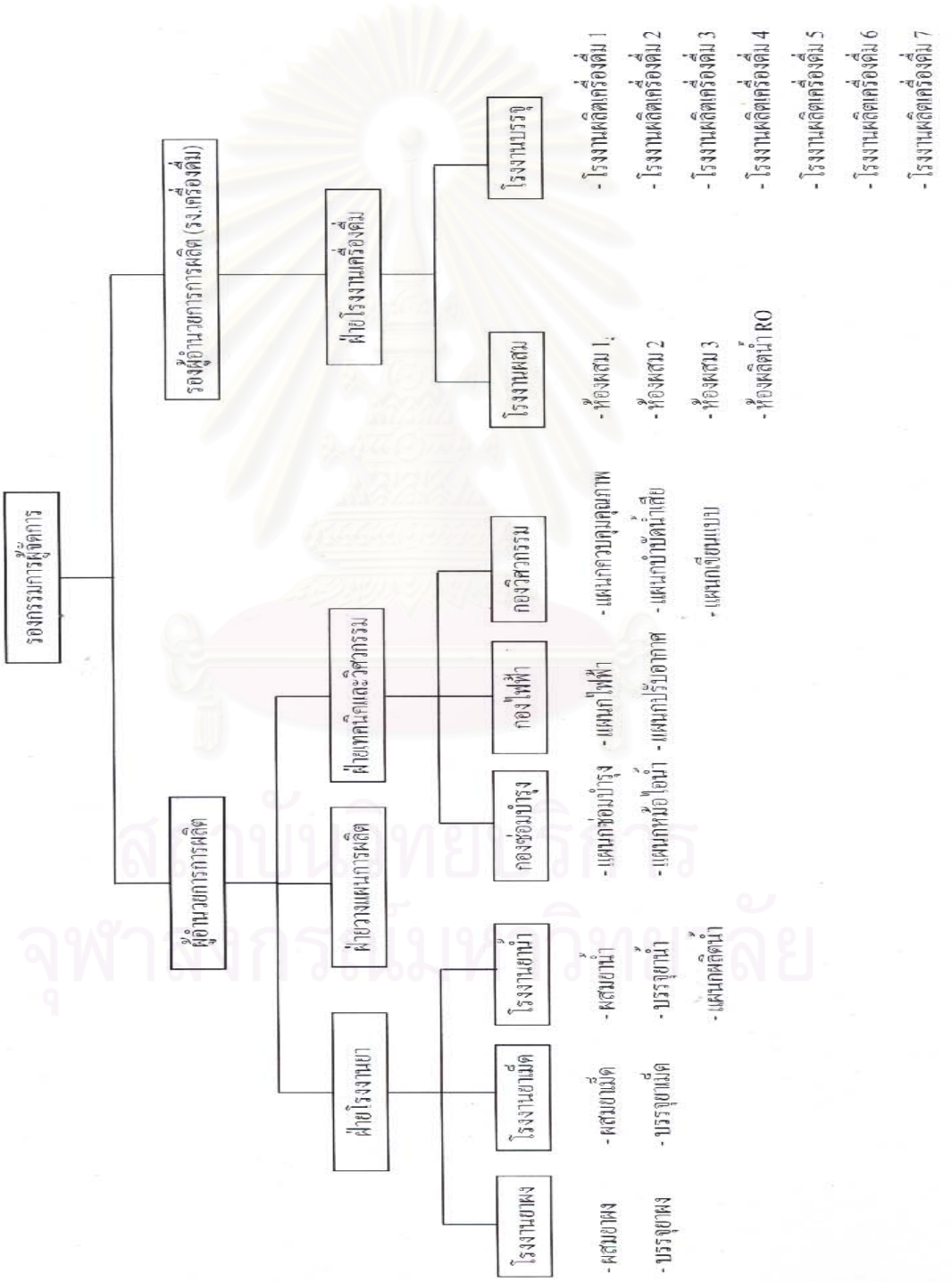
1. อาคารสำนักงาน 1
2. อาคารสำนักงาน 2
3. อาคารสำนักงาน 3
4. อาคารคลังสินค้าเครื่องดื่ม
5. อาคารโรงงานผลิตเครื่องดื่ม
   - A โรงงานผลิตเครื่องดื่ม 1
   - B ห้องผสมเครื่องดื่ม 1
   - C โรงงานผลิตเครื่องดื่ม 4
   - D ห้องผสมเครื่องดื่ม 2
   - E โรงงานผลิตเครื่องดื่ม 5
   - F โรงงานผลิตเครื่องดื่ม 7
   - G โรงงานผลิตเครื่องดื่ม 6
   - H โรงงานผลิตเครื่องดื่ม 3
   - I โรงงานผลิตน้ำ
   - J โรงงานผลิตเครื่องดื่ม 2
   - K โรงงานผลิตลูกกวาด
   - L อาคารฝ่ายเทคนิคและวิศวกรรม
6. อาคารคลังวัตถุดิบและวัสดุหีบห่อ
7. อาคาร A
8. อาคาร B
9. อาคาร C
10. อาคาร D
11. โรงงานผลิตยา 1
12. โรงงานผลิตยา 2
13. อาคารคลังสินค้าสำเร็จรูป
14. อาคารอำนวยการขนส่งสินค้า
15. ห้องพยาบาลและร้านค้า
16. อาคารบ่อบำบัดน้ำเสีย
17. อาคารสโมสร
18. อาคารควบคุมบ่อบำบัดน้ำเสีย

รูปที่ 3.1 แสดงตำแหน่งของอาคารต่างๆ ภายในบริเวณโรงงาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 องค์กรบริหารโรงงาน (Organization)

เนื่องจากบริษัทเป็นองค์กรที่มีขนาดใหญ่มีอยู่หลายฝ่าย หลายอำนวยการ ดังนั้นในที่นี้จะขอกล่าวถึงเฉพาะอำนวยการที่เกี่ยวข้องกับโรงงานที่เข้าทำการศึกษาเท่านั้น สำหรับองค์กรการบริหารของโรงงานนั้นจะเป็นดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แผนผังองค์กร

จากแผนผังองค์กรบริหารตามรูปที่ 2.2 สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 หน่วยงาน ดังนี้

3.2.1 ฝ่ายโรงงานเครื่องดื่ม แบ่งออกเป็น 2 หน่วยงานด้วยกัน คือ โรงงานผสม และโรงงานบรรจุ

3.2.1.1 โรงงานผสม แบ่งออกได้เป็น 4 แผนก คือ ห้องผสม 1 ห้องผสม 2 ห้องผสม 3 และ ห้องผลิตน้ำ RO โดยในส่วนของห้องผสมทั้ง 3 ห้อง จะทำหน้าที่ผสมน้ำยาเครื่องดื่มบำรุงกำลัง เพื่อจ่ายน้ำยาไปยังโรงงานบรรจุทั้ง 7 โรงงาน และในส่วนห้องผลิตน้ำ RO จะทำหน้าที่ในการผลิตน้ำ ส่วนหนึ่งใช้สำหรับผสมน้ำยาเครื่องดื่มบำรุงกำลังในห้องผสม และอีกส่วนใช้ในการล้างทำความสะอาดเครื่องจักรและอุปกรณ์โรงงาน

3.2.1.2 โรงงานบรรจุ แบ่งออกเป็นโรงงานผลิตเครื่องดื่ม จำนวน 7 โรงงาน ด้วยกัน ซึ่งบางโรงงานก็มีการผลิตเครื่องดื่มบำรุงกำลัง 2 ชนิด ในโรงงานเดียวกัน โดยผลิตภัณฑ์หลักๆ ที่ผลิตในโรงงานผลิตเครื่องดื่มมีจำนวน 5 ชนิด ด้วยกัน

3.2.2 ฝ่ายเทคนิคและวิศวกรรม แบ่งออกเป็น 3 หน่วยงานด้วยกัน คือ กองซ่อมบำรุง กองไฟฟ้า กองวิศวกรรม

3.2.2.1 กองซ่อมบำรุง แบ่งออกได้ 2 แผนก คือ แผนกซ่อมบำรุง และ แผนกหม้อไอน้ำโดยแผนกซ่อมบำรุง ทำหน้าที่ซ่อมแซมเครื่องจักร และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการผลิต และทำแผนป้องกันบำรุงรักษาเครื่องจักร ส่วนแผนกหม้อไอน้ำ ทำหน้าควบคุมดูแลหม้อไอน้ำให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.2.2.2 กองไฟฟ้า แบ่งออกได้ 2 แผนก คือ แผนกไฟฟ้า และ แผนกปรับอากาศ โดยแผนกไฟฟ้าทำหน้าดูแลเกี่ยวกับระบบไฟฟ้า ระบบควบคุมทั้งบริษัท ส่วนแผนกปรับอากาศทำหน้าที่ดูแลระบบปรับอากาศทั้งบริษัท เช่นเดียวกับระบบไฟฟ้า

3.2.2.3 กองวิศวกรรม แบ่งออกได้ 3 แผนก คือ แผนกควบคุมคุณภาพ แผนกบำบัดน้ำเสีย และ แผนกเขียนแบบ โดยแผนกควบคุมคุณภาพทำหน้าตรวจสอบคุณภาพของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการผลิตทั้งหมด รวมทั้งทำหน้าที่ในการออกแบบ และทดลองบรรจุภัณฑ์ร่วมกับทางโรงงาน ส่วนแผนกบำบัดน้ำเสีย ทำหน้าที่ในการควบคุมดูแลระบบบำบัดมลพิษต่างๆ ของบริษัท ทั้งมลพิษทางน้ำ มลพิษทางอากาศ และมลพิษกากอุตสาหกรรม และแผนกเขียนแบบ ทำหน้าที่ในการเขียนแบบต่างๆ ทั้งอะไหล่เครื่องจักร แผนผังโรงงาน และตรวจสอบความถูกต้องในการรับตรวจรับอะไหล่

3.2.3 ฝ่ายโรงงานยา แบ่งออกเป็น 3 หน่วยงานด้วยกัน คือ โรงงานยาผง โรงงานยาเม็ด และ โรงงานยาน้ำ ซึ่งแต่ละโรงงานมีแผนกผสม และแผนกบรรจุอยู่ในโรงงานเดียวกัน ส่วนแผนกผลิตน้ำเพื่อใช้ในการผลิตของโรงงานจะขึ้นกับโรงงานยาน้ำ

3.2.4 ฝ่ายวางแผนการผลิต ทำหน้าที่วางแผนการผลิต ให้กับทางโรงงานผลิตเครื่องดื่มบำรุงกำลัง และ โรงงานผลิตยา โดยร่วมกับทางฝ่ายจัดซื้อในการสั่งซื้อ วัตถุดิบ และบรรจุภัณฑ์ เพื่อเตรียมไว้ให้เพียงพอกับการผลิต และทำหน้าที่ในการแก้ไขสินค้าที่มีบรรจุภัณฑ์เสียหาย

3.3 กระบวนการผลิต

เนื่องจากเป็นการศึกษาการใช้พลังงานของโรงงานผลิตเครื่องดื่มบำรุงกำลัง ดังนั้นจะขอกล่าวถึงเพียงกระบวนการในการผลิตเครื่องดื่มบำรุงกำลังเท่านั้น ซึ่งแบ่งการผลิตออกเป็น 3 ส่วนด้วยกัน คือ ส่วนของการผลิตน้ำระบบรีเวอร์สออสโมซิส (ไว้สำหรับป้อนเข้าห้องผสม) ส่วนของการผสมน้ำดื่มบำรุงกำลังในห้องผสม และส่วนของการผลิตในห้องบรรจุ

3.3.1 การผลิตน้ำระบบรีเวอร์สออสโมซิส

ในส่วนของระบบการผลิตน้ำแบบ รีเวอร์สออสโมซิส (REVERSE OSMOSIS) หรือ RO นั้น เป็นส่วนหนึ่งในฝ่ายผสมของโรงงานเครื่องดื่ม ซึ่งมีหลักการทำงานดังนี้ โดยเริ่มจากการรับน้ำดิบเข้าบ่อพักน้ำดิบ (Storage tank)จากนั้นสูบน้ำผ่านเข้าตัวกรอง เพื่อทำการกรอง สี กลิ่น และรส แล้วจึงส่งลงบ่อเก็บน้ำที่ผ่านการกรองแล้ว (Filter water tank) โดยน้ำในบ่อนี้จะเป็นน้ำที่กระด้างจึงต้องส่งน้ำเข้าถังลดความกระด้างของน้ำ (Softener) ก่อนเพื่อทำให้น้ำมีสภาพที่อ่อนลง โดยมีโซเดียมคลอไรด์ ช่วยในการทำให้น้ำอ่อนลง น้ำที่ผ่านตัวลดความกระด้างของน้ำ แล้วจะลงสู่บ่อเก็บน้ำที่ผ่านการลดความกระด้าง (Softed water tank) โดยน้ำที่อยู่ในบ่อนี้ จะมีส่วนหนึ่งถูกส่งไปใช้ในการล้างขวด และอีกส่วนจะส่งไปเข้าสู่การผลิตน้ำระบบรีเวอร์สออสโมซิส โดยก่อนที่น้ำจะถูกส่งเข้าไประบบรีเวอร์สออสโมซิสนั้น จะมีการใช้แอนตี้สเกล เพื่อสลายพวกตะกรันที่จะไปทำให้ตัวเมมเบรนในการผลิตน้ำระบบ RO อุดตัน จากนั้นจึงเข้าสู่การผลิตน้ำระบบรีเวอร์สออสโมซิส โดยในระบบรีเวอร์สออสโมซิส นั้นจะมีตัวเมมเบรนช่วยในการแยกสารละลาย สารอินทรีย์ ออกจากน้ำ และน้ำที่ออกจากระบบนั้น จะมี 2 ส่วน คือ น้ำดี และ น้ำเสีย โดยที่น้ำดีจะถูกส่งเข้าระบบทำความสะอาด ก่อน จากนั้นจึงส่งเข้าถังสำรองน้ำ และถังพักน้ำ แล้วจึงจ่ายน้ำออกไปเข้าโรงงานต่างๆ และน้ำเสียส่วนหนึ่งจะส่งเข้าระบบรีเวอร์สออสโมซิส และอีกส่วนจะเป็นน้ำทิ้ง การทำงานของระบบรีเวอร์สออสโมซิส สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.3

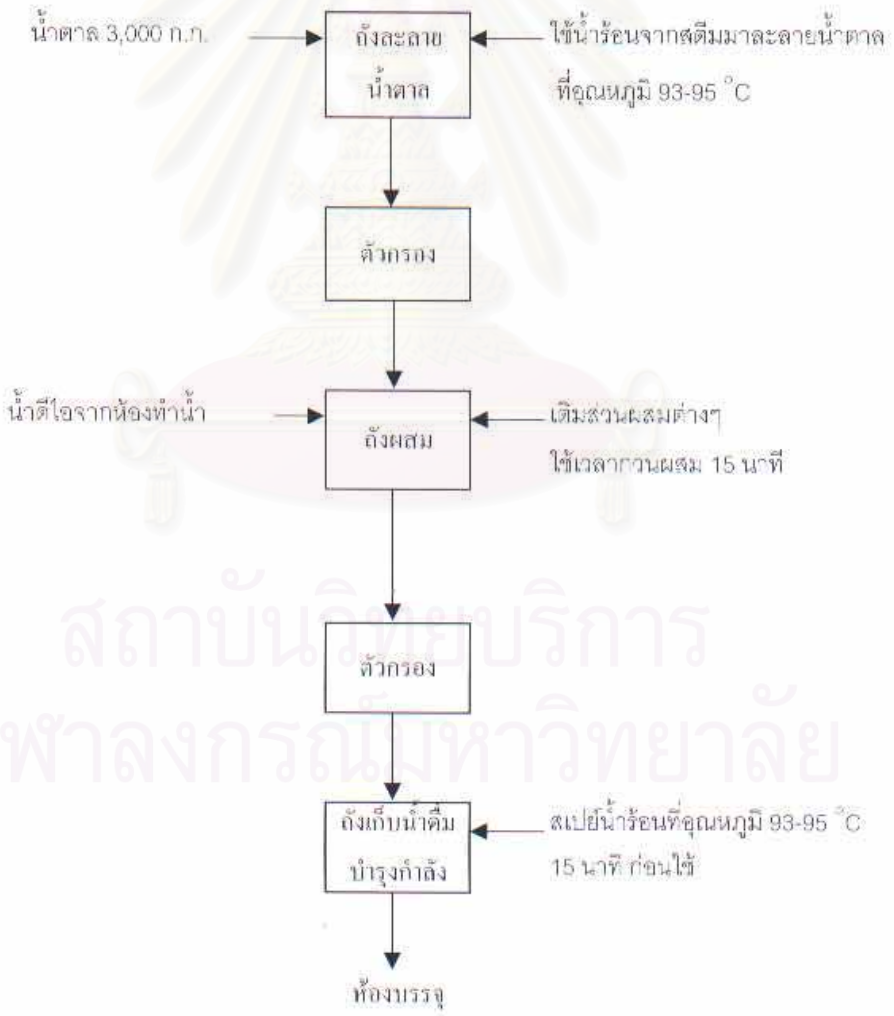
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.3 กระบวนการผลิตน้ำบริโภคของโรงงานตัวอย่าง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3.2 การผสมน้ำดื่มบำรุงกำลังในห้องผสม

การผลิตในห้องผสมนั้น จะเริ่มจากการละลายน้ำตาลในถังละลายน้ำตาลโดยใช้สตีมเป็นตัวละลายน้ำตาลที่อุณหภูมิ 93°C - 95°C จากนั้นจึงส่งเข้าตัวกรองเพื่อทำการกรองสิ่งเจือปนต่างๆ ที่ปนอยู่ในน้ำตาลที่ละลายแล้ว หลังจากผ่านการกรองแล้วจึงส่งต่อเข้าถังผสม โดยที่ถังผสมจะรับน้ำดีไอจากห้องผลิตน้ำมาทำการผสมกับส่วนผสมต่างๆ เพื่อผลิตน้ำดื่มบำรุงกำลัง โดยใช้เวลาในการกวนที่ถังผสมประมาณ 15 นาที เมื่อทำการผสมเสร็จแล้ว จะส่งผ่านเข้าตัวกรองอีกครั้งเพื่อทำการกรองน้ำดื่มบำรุงกำลังให้ใส แล้วจึงส่งไปที่ถังเก็บน้ำดื่มบำรุงกำลังเพื่อเตรียมส่งเข้าห้องบรรจุต่อไป ซึ่งกระบวนการผลิตในห้องผสมสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.4

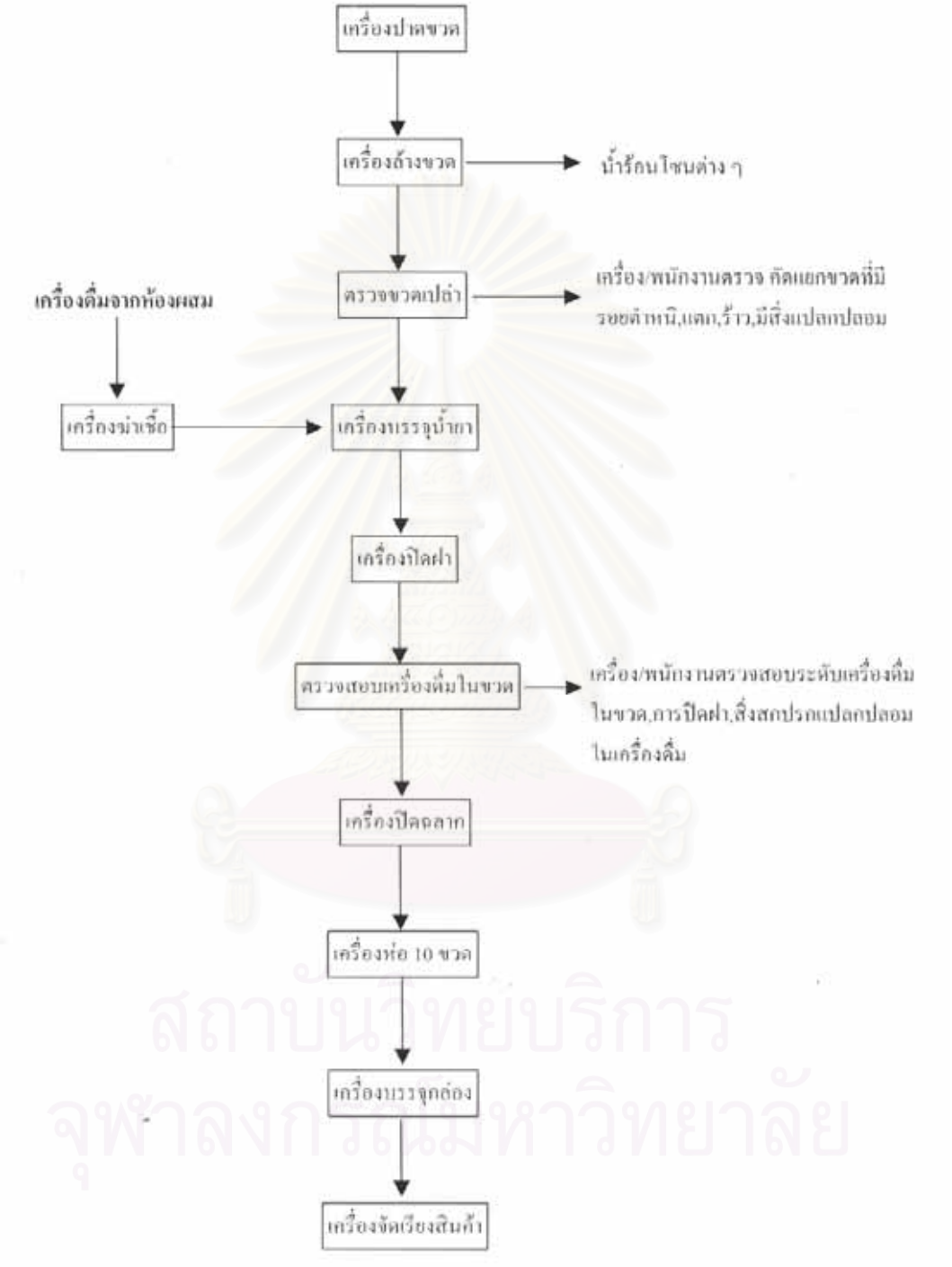


รูปที่ 3.4 กระบวนการผลิตในห้องผสม

3.3.3 การผลิตในห้องบรรจุน้ำดื่มบำรุงกำลัง

การผลิตในห้องบรรจุ เริ่มจากการนำขวดเปล่ามาเข้าเครื่องปาดขวดซึ่งจะทำหน้าที่ปาดขวดเปล่าเข้าสู่ในส่วนของการล้างขวด ซึ่งจะทำหน้าที่ในการล้างขวดเปล่าด้วยน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิ 75 - 95 °C หลังจากนั้น ขวดจะถูกส่งไปตามสายพานการผลิตโดยจะมีการตรวจคัดแยกขวดที่มีรอยตำหนิ,แตก,ร้าว และมีสิ่งแปลกปลอมออกไป ในส่วนของขวดที่ผ่านการตรวจคัดแยกแล้ว จะถูกส่งเข้าเครื่องบรรจุ เพื่อทำการบรรจุน้ำดื่มลงขวด และถูกส่งเข้าเครื่องปิดฝาเพื่อทำการปิดฝาขวดและรีดเกลียว หลังจากนั้น จะมีการตรวจสอบอีกครั้ง เพื่อตรวจสอบระดับน้ำดื่มในขวด,การปิดฝา และสิ่งสกปรกแปลกปลอม ต่างๆ ที่อาจปนอยู่ในน้ำดื่ม สำหรับขวดที่ผ่านการตรวจแล้วจะถูกส่งไปปิดฉลากที่เครื่องปิดฉลาก และจะยิงหมายเลขล๊อตการผลิตบนฝาขวด หลังจากผ่านการปิดฉลากแล้ว จากนั้นจะถูกส่งเข้าเครื่องห่อ 10 ขวด และเครื่องบรรจุลงกล่อง และสุดท้ายจะถูกส่งเข้าเครื่องจัดเรียงสินค้าเพื่อเตรียมสำหรับเก็บเข้าคลังสินค้าต่อไป ซึ่งกระบวนการผลิตในห้องผสมสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.5 กระบวนการผลิตของโรงงานบรรจุ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.4 สภาพการใช้พลังงานของโรงงาน

รูปแบบการใช้พลังงานในโรงงานที่ทำการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ การใช้พลังงานไฟฟ้า และพลังงานความร้อน พลังงานความร้อนที่ใช้งานนั้นมาจากระบบการผลิตไอน้ำ โดยมีหม้อไอน้ำจำนวน 3 ชุด ซึ่งใช้น้ำมันเตาเกรด C เป็นเชื้อเพลิงเผาไหม้ และมีน้ำมันดีเซล สำหรับนำมาใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้าในกรณีที่มีเหตุฉุกเฉิน เช่น ไฟฟ้าดับ

3.4.1 พลังงานไฟฟ้า

โรงงานที่ทำการศึกษานั้นมีปริมาณการใช้ไฟฟ้ารวม 13,734,592 กิโลวัตต์ชั่วโมง ราคาค่า ไฟฟ้ารวม 36,013,694 บาทต่อปี แบ่งเป็นการใช้งาน ดังต่อไปนี้

ระบบปรับอากาศ ประมาณ 5,025,487 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี (คิดเป็น 36.59%)

ระบบไฟฟ้าและแสงสว่าง ประมาณ 664,754 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี (คิดเป็น 4.84%)

ระบบอัดอากาศ ประมาณ 921,591 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี (คิดเป็น 6.71%)

กระบวนการผลิต และอื่นๆ ประมาณ 7,122,759 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี (คิดเป็น 51.86%)

โดยมีดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย เท่ากับ 380 เมกะจูลต่อตัน

3.4.2 พลังงานความร้อน

ระบบการผลิตไอน้ำภายในโรงงานที่ทำการศึกษานั้น มีหม้อไอน้ำจำนวน 3 ชุด ซึ่งเป็นแบบประเภทท่อไฟ และใช้น้ำมันเตาเกรด C เป็นเชื้อเพลิงเผาไหม้ ทั้ง 3 ชุด โดยเป็นหม้อไอน้ำของ บริษัท CLEAVER BROOKS ซึ่งมีลักษณะดังต่อไปนี้

<u>หม้อไอน้ำตัวที่ 1</u> มี ขนาด 5.5 ตันต่อชั่วโมง ผลิตไอน้ำที่ความดัน 14 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร มีพื้นที่ผิวถ่ายเทความร้อน 160 ตารางเมตร และมีอัตราการใช้เชื้อเพลิง 369 ลิตรต่อชั่วโมง มีอายุการ ใช้งาน 28 ปี

<u>หม้อไอน้ำตัวที่ 2</u> มี ขนาด 10 ตันต่อชั่วโมง ผลิตไอน้ำที่ความดัน 10.5 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร มีพื้นที่ผิวถ่ายเทความร้อน 302 ตารางเมตร และมีอัตราการใช้เชื้อเพลิง 676 ลิตรต่อชั่วโมง มีอายุการ ใช้งาน 18 ปี

หม้อไอน้ำตัวที่ 3 มี ขนาด 10 ตันต่อชั่วโมง ผลิตไอน้ำที่ความดัน 14 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร มีพื้นที่ผิวถ่ายเทความร้อน 302 ตารางเมตร และมีอัตราการใช้เชื้อเพลิง 685 ลิตรต่อชั่วโมง มีอายุการ ใช้งาน 11 ปี

ระบบการควบคุมการผลิตไอน้ำเป็นแบบอัตโนมัติทั้งหมด โดยการควบคุมความดันไอน้ำ การเปิด-ปิดปั๊มน้ำป้อน การไหลของน้ำมันเตาเป็นแบบถังทรงกระบอก จัดวางอยู่ในแนวนอน มีวาล์วควบคุมการเปิด-ปิด มีการหุ้มฉนวนเฉพาะผิวด้านข้าง ส่วนด้านหน้าและด้านหลังไม่มีการหุ้มฉนวน

ระบบน้ำป้อน ใช้น้ำบาดาลที่ผ่านกระบวนทางเคมีเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำ มีการอุ่นน้ำป้อนที่ถังเก็บน้ำก่อนเข้าหม้อไอน้ำที่เหลือจากหม้อไอน้ำ และคอนเดนเสทในลักษณะพ่นลงถังที่ไม่มีฉนวนหุ้ม การ Blow down มีน้อยมาก โดยประมาณวันละ 10 นาที และใช้ไอน้ำเพื่อทำการอุ่นน้ำมันเตาในถัง เก็บและที่อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนก่อนที่จะเข้าสู่หม้อไอน้ำ

3.4.3 สัดส่วนการใช้พลังงานรวมของโรงงาน

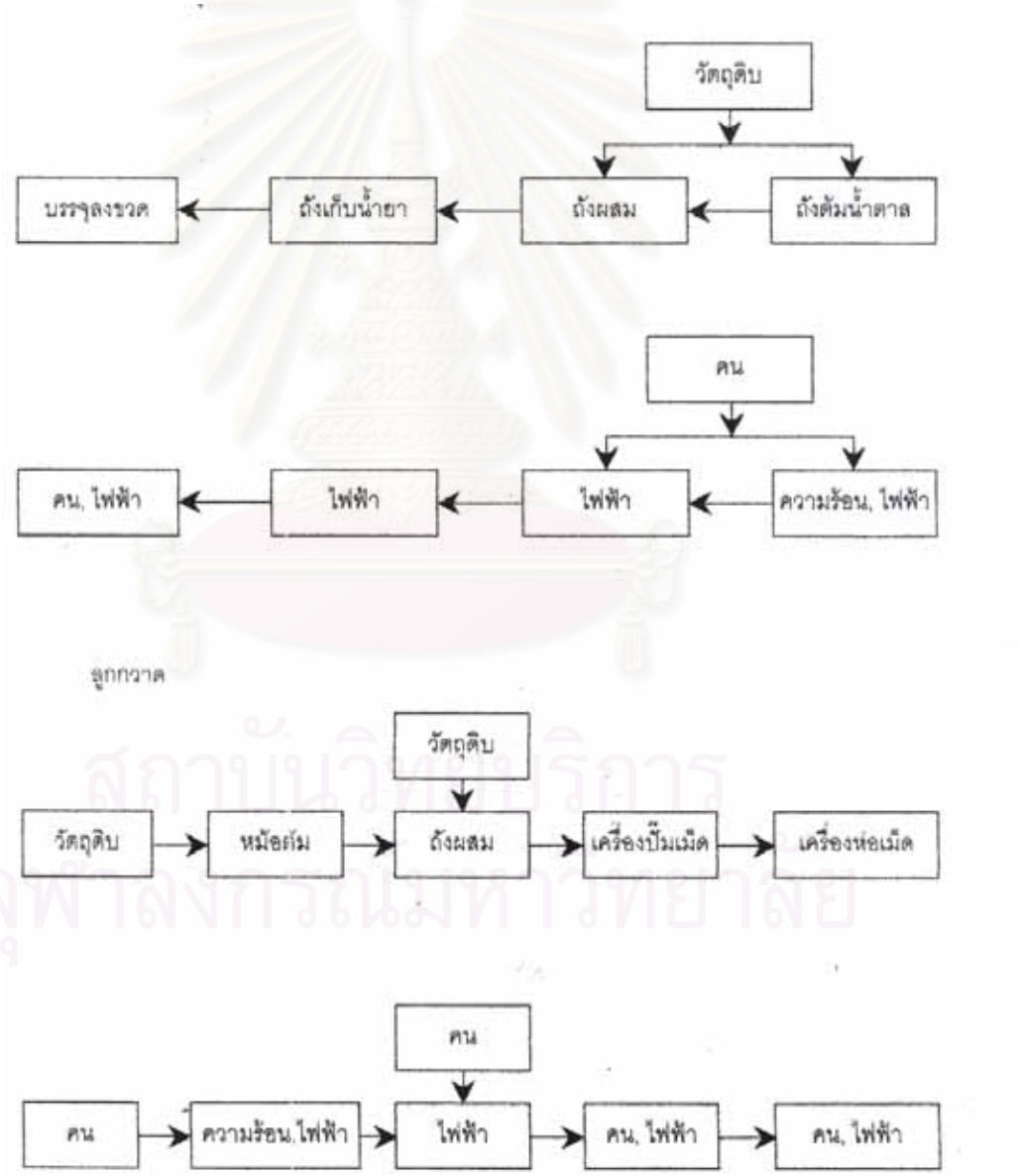
ตามที่ได้กล่าวมาแล้วว่าโรงงานมีการใช้พลังงานอยู่ 2 ชนิด คือ พลังงานไฟฟ้า และ พลังงานความร้อน โดยสัดส่วนการใช้พลังงานของโรงงานนั้นจะแบ่งเป็นสัดส่วนในรูปของหน่วยความร้อน (เมกะจูล) โดยแบ่งตามสัดส่วนจากปริมาณการใช้พลังงาน คือ ปริมาณการใช้ไฟฟ้า ร้อยละ 19 และ ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (น้ำมันเตา) ร้อยละ 80 และแบ่งตามสัดส่วนค่าใช้จ่ายจากการใช้พลังงาน คือ ค่าใช้จ่ายจากการใช้ไฟฟ้า ร้อยละ 39 และค่าใช้จ่ายจากการใช้เชื้อเพลิง (น้ำมันเตา) ร้อยละ 61 และ มีดัชนีการใช้พลังงานรวม 1,900 เมกะจูลต่อตัน

ตารางที่ 3.1 แสดงสัดส่วนปริมาณการใช้พลังงาน

ชนิดพลังงาน	ปริมาณการใช้พลังงานในรอบ 1 ปี	หน่วย	ค่าพลังงาน (เมกะจูล/หน่วย)	ปริมาณพลังงาน (เมกะจูล/ปี)	สัดส่วน (เปอร์เซ็นต์)
ไฟฟ้า	13,734,592	กิโลวัตต์ชั่วโมง	379.67	49,444,531	19.46
เชื้อเพลิง	5,145,730	ลิตร	1,571.42	204,645,682	80.54
รวม	18,880,322		1,951.09	254,090,231	100

ตารางที่ 3.2 แสดงสัดส่วนค่าใช้จ่ายจากการใช้พลังงาน

ชนิดพลังงาน	ปริมาณการใช้พลังงานในรอบ 1 ปี	หน่วย	ราคาเฉลี่ย/หน่วย (บาท/หน่วย)	ค่าใช้จ่าย (บาท)	สัดส่วน (เปอร์เซ็นต์)
ไฟฟ้า	13,734,592	กิโลวัตต์ชั่วโมง	2.62	36,013,634.13	39.27
เชื้อเพลิง	5,145,730	ลิตร	10.84	55,689,255.40	60.73
รวม	18,880,322			91,702,889.53	100



รูปที่ 3.6 แผนผังแสดงกระบวนการผลิตและการใช้พลังงาน

บทที่ 4

ขั้นตอนการวิจัยและข้อมูล

4.1 ขั้นตอนในการดำเนินการ

เป็นขั้นตอนการวางแผนที่จะทำการวิจัยให้สำเร็จด้วยดี จึงประกอบด้วยการวางแนวทางการดำเนินการและการหาข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งออกเป็นขั้นตอนใหญ่ๆ ตามลำดับ คือ

1. ศึกษาสภาพทั่วไปของโรงงานและอาคาร โดยอาศัยแผนผังโรงงาน ที่ตั้งของอุปกรณ์สำคัญๆ แบบวงจรไฟฟ้า การเดินสำรวจ

2. ศึกษาสภาพการใช้พลังงานในรอบปีที่ผ่านมาจากค่าใช้จ่ายพลังงานของโรงงาน ทั้งพลังงานไฟฟ้า และเชื้อเพลิงผลิตไอน้ำ

3. ศึกษากระบวนการผลิตทั่ว ๆ ไป สภาพการทำงานของอุปกรณ์ในการผลิต ข้อมูลผลผลิตได้ในอดีต ทราบถึงรูปแบบและสภาพการใช้พลังงาน ลักษณะการใช้ประโยชน์ การสูญเสียในการผลิต

4. วางแผนการเก็บข้อมูล และการเก็บข้อมูลทั้งจากการวัดโดยใช้อุปกรณ์วัด และข้อมูลที่ได้จากการคำนวณตามทฤษฎี

5. วิเคราะห์หาแนวทาง หรือมาตรการในการประหยัดพลังงาน ประสิทธิภาพของอุปกรณ์สำคัญตามทฤษฎีต่าง ๆ เพื่อเป็นแนวทางในการจัดเก็บข้อมูล

6. สรุปผลการวิจัย และ เสนอแนะ เพื่อการปรับปรุงการดำเนินการเพื่อการประหยัดพลังงานในโรงงาน

4.2 ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

4.2.1 ประเภทของข้อมูล แบ่งตามที่มาของข้อมูล คือ

1. ข้อมูลจากเอกสารของทางโรงงาน และข้อมูลสถิติต่างๆ รวมทั้งการสอบถามจากพนักงานควบคุม เช่น แผนผังโรงงาน ใบเสร็จค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้า ผลผลิตได้ และสภาพการทำงานของอุปกรณ์การผลิต เป็นต้น

2. ข้อมูลจากการวัด เป็นข้อมูลที่ได้จากการวัดโดยใช้อุปกรณ์เครื่องมือวัดโดยตรง

3. ข้อมูลจากการคำนวณ เป็นข้อมูลที่ไม่มีในเอกสาร และไม่สามารถวัดได้โดยตรง การคำนวณใช้หลักการทางทฤษฎี เช่น หลักการสมดุลมวลและพลังงานในระยะนั้นๆ เช่น ปริมาณอากาศที่ใช้ ปริมาณไอน้ำที่ผลิตได้ เป็นต้น

4.2.2 ข้อมูลพลังงานไฟฟ้า

การศึกษาสภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า เริ่มต้นจะศึกษาแผนผังวงจรไฟฟ้า เพื่อให้ทราบตำแหน่งอุปกรณ์ รับ - จ่าย แผงควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ และทำการศึกษาตรวจสอบใบเสร็จค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้า ย้อนหลังไป 12 เดือน เทียบกับผลผลิตที่ได้จริง

4.2.3 ข้อมูลพลังงานความร้อน

การศึกษาสภาพการใช้พลังงานความร้อน จะทำการศึกษาที่อุปกรณ์หม้อไอน้ำเป็นหลัก เริ่มต้นจะศึกษาแผงผังระบบการผลิตไอน้ำ และการใช้ไอน้ำ ตรวจสอบใบเสร็จค่าใช้จ่ายน้ำมันเตาที่ใช้ในการผลิตไอน้ำ ย้อนหลังไป 12 เดือน เทียบกับผลผลิตที่ได้จริง แล้วทำการวางแผนเพื่อวัดค่าของข้อมูลต่างๆ เพื่อใช้วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ

4.3 อุปกรณ์เครื่องมือวัดที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

ตารางที่ 4.1 อุปกรณ์เครื่องมือวัด

ประเภทข้อมูลที่วัด	ชื่ออุปกรณ์เครื่องมือวัด
- กระแส ความดัน และกำลังไฟฟ้า	- มิเตอร์วัดการใช้ไฟฟ้า (kWh)
- ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า	- มิเตอร์วัดค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า
- อุณหภูมิ	- เทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล
- ความดัน	- เกจวัดความดัน (ติดตั้งที่อุปกรณ์)
- ปริมาณน้ำป้อน	- มิเตอร์วัดปริมาณการใช้น้ำ
- ปริมาณเชื้อเพลิง	- มิเตอร์วัดการใช้น้ำมันเตา

4.4 การดำเนินการวัดค่าของข้อมูล

4.4.1 ข้อมูลทางด้านไฟฟ้า

4.4.1.1 การวัดข้อมูลการใช้ไฟฟ้า

ปริมาณการใช้ไฟฟ้า สามารถวัดค่าได้จาก มิเตอร์วัดการใช้ไฟฟ้า ซึ่งมีติดตั้งทุกโรงงาน และสามารถอ่านค่าการใช้ไฟฟ้ารวม ได้จากมิเตอร์วัดการใช้ไฟฟ้ารวม ซึ่งติดตั้งอยู่ที่ฝ่ายเทคนิคและวิศวกรรม

4.4.1.2 การวัดค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า สามารถวัดค่าได้จาก มิเตอร์วัดค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า โดยจะตรวจวัดค่ากิโลวาร์เฉลี่ยในช่วง 15 นาทีสูงสุด เพื่อตรวจสอบว่ามีค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าต่ำกว่า 0.85 หรือไม่

4.4.2 ข้อมูลทางด้านความร้อน

4.4.2.1 การวัดข้อมูลการใช้เชื้อเพลิง

อัตราการใช้น้ำมันเตา สามารถวัดค่าได้จาก มิเตอร์วัดการใช้น้ำมันเตา ที่ติดอยู่หน้าหม้อไอน้ำ เพื่อวัดค่าปริมาณการใช้น้ำมันเตาของหม้อไอน้ำ

4.4.2.2 การวัดอุณหภูมิน้ำมันเตา

อุณหภูมิน้ำมันเตา สามารถอ่านได้จากเทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิน้ำมันก่อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้

4.4.2.3 การวัดปริมาณน้ำป้อน

ปริมาณน้ำป้อน สามารถวัดค่าได้จาก มิเตอร์วัดปริมาณการใช้น้ำ ซึ่งติดอยู่ตรงบริเวณที่จ่ายน้ำเข้าหม้อไอน้ำ

4.4.2.4 การวัดอุณหภูมิน้ำป้อน

อุณหภูมิน้ำป้อน ทำการวัดโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล เนื่องจากแท็งก์น้ำป้อนมีขนาดเล็ก มีการอุ่นน้ำป้อนโดยใช้ไอน้ำ และคอนเดนเสท

4.4.2.5 การวัดความดันไอน้ำ

ความดันไอน้ำวัดได้จากการอ่านระดับความดันไอน้ำที่หม้อไอน้ำ และ ที่อุปกรณ์ใช้งานจากเครื่องวัดค่าความดันที่ติดตั้งอยู่กับที่ที่หม้อไอน้ำ และ อุปกรณ์ใช้ไอน้ำต่างๆ

บทที่ 5

ผลการศึกษาวิเคราะห์หาแนวทางประหยัดพลังงาน

5.1 ผลการศึกษา

จากการศึกษาสภาพการใช้พลังงานของโรงงานผลิตเครื่องดื่มบำรุงกำลังในเบื้องต้น พบว่าทางโรงงานมีการใช้พลังงานหลัก 2 รูปแบบ คือ

พลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนจากไอน้ำ โดยไอน้ำที่ได้นั้นผลิตมาจากหม้อไอน้ำจำนวน 3 ลูก แบ่งเป็น 10 ตัน จำนวน 2 ลูก และ 5 ตัน จำนวน 1 ลูก เชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผานั้นมาจากน้ำมันเตาเกรด C

สัดส่วนการใช้พลังงานในหน่วยความร้อน (เมกะจูล) แบ่งเป็นจากพลังงานไฟฟ้าร้อยละ 19 และจากน้ำมันเตาร้อยละ 81 และมีสัดส่วนค่าใช้จ่าย คือ ไฟฟ้าร้อยละ 39 น้ำมันเตาร้อยละ 61 จากปริมาณผลการผลิตเฉลี่ยต่อเดือน 11,000 ตัน มีดัชนีการใช้พลังงานรวม 1,900 เมกะจูล/ตัน

5.1.1 กำลังการผลิต

ตามที่ได้กล่าวมาแล้วว่า บริษัทมีโรงงานในการผลิตสินค้าอยู่ 2 ประเภท คือ โรงงานผลิตเครื่องดื่มบำรุงกำลัง และ โรงงานผลิตยา ซึ่งสามารถแสดงกำลังการผลิตของโรงงานได้ดังตารางที่ 5.1 และ ตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.1 กำลังการผลิตของโรงงานผลิตเครื่องดื่ม

ผลผลิตหลัก	เครื่องดื่มบำรุงกำลัง					
วัตถุดิบหลัก	น้ำตาล และกลูโคส					
เดือนที่ผลิต	ม.ค. 48	ก.พ. 48	มี.ค. 48	เม.ย. 48	พ.ค. 48	มิ.ย. 48
หน่วยผลผลิต	พันลิตร	พันลิตร	พันลิตร	พันลิตร	พันลิตร	พันลิตร
ปริมาณผลผลิต	11,080	11,790	13,591	10,965	9,458	10,996
กำลังการผลิต	13,500	13,500	13,500	13,500	13,500	13,500
ชั่วโมงทำงาน	3,048	3,545	4,231	3,766	3,115	3,435

ตารางที่ 5.2 กำลังการผลิตของโรงงานผลิตยา

ผลผลิตหลัก	ยาผง, ยาเม็ด, ยาน้ำ					
วัตถุดิบหลัก	สารประกอบตัวยาต่างๆ					
เดือนที่ผลิต	ม.ค. 48	ก.พ. 48	มี.ค. 48	เม.ย. 48	พ.ค. 48	มิ.ย. 48
หน่วยผลผลิต	ตัน	ตัน	ตัน	ตัน	ตัน	ตัน
ปริมาณผลผลิต	123.97	111.75	143.00	110.37	124.47	132.70
กำลังการผลิต	N/A *	N/A *	N/A *	N/A *	N/A *	N/A *
ชั่วโมงทำงาน	216	180	198	198	180	180

N/A * = ไม่สามารถระบุกำลังการผลิตติดตั้งได้เนื่องจากเป็นการผลิตโดยใช้แรงงานคนและ เครื่องจักรเป็นแบบ Manual เป็นส่วนใหญ่

5.1.2 ลักษณะการใช้พลังงานในโรงงาน

5.1.2.1 พลังงานไฟฟ้า

(1) <u>ปริมาณการใช้และความต้องการพลังงานไฟฟ้า</u>

ปริมาณการใช้รวม	13,734,592	กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี
ราคาค่าไฟฟ้ารวม	36,013,694	บาทต่อปี
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย	2.62	บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง
แรงดันไฟฟ้า	24 / 0.416	กิโลโวลต์
ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด		
ช่วงออนพีค (On Peak)	2,806	กิโลวัตต์
ช่วงพาร์เชียลพีค (Partial Peak)	4,694	กิโลวัตต์
ช่วงออฟพีค (Off Peak)	4,830	กิโลวัตต์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(2) <u>การใช้พลังงานไฟฟ้าเทียบกับผลผลิตจริงของโรงงาน</u>

เดือน	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (กิโลวัตต์ชั่วโมง)	จำนวนเงิน (บาท)	ผลผลิตจริง (ตัน)	ต้นทุนค่าพลังงาน (บาทต่อตัน)	ดัชนีการใช้พลังงาน (เมกะจูลต่อตัน)
1	1,171,650	3,065,438.73	10,712	286.17	393.76
2	1,056,760	2,729,222.59	10,498	259.98	362.39
3	1,139,080	2,946,615.59	8,657	340.37	473.68
4	1,161,180	3,025,297.83	11,324	267.16	369.15
5	1,176,190	3,152,693.62	11,300	279.00	374.72
6	1,115,180	3,002,520.23	9,859	304.55	407.21
7	1,120,411	3,004,613.15	11,080	271.17	364.03
8	1,186,845	3,156,096.95	11,790	267.69	362.40
9	1,342,713	3,511,188.27	13,591	258.35	355.66
10	1,150,963	3,087,042.37	10,965	281.54	377.88
11	996,292	2,638,692.24	9,458	278.99	379.22
12	1,117,328	2,694,272.56	10,996	269.58	365.80
รวม	**13,734,592**	**36,013,694.13**	**130,230**		
เฉลี่ย				**280.38**	**382.16**

5.1.2.2 พลังงานความร้อน

(1) <u>ปริมาณการใช้และความต้องการเชื้อเพลิง</u>

ปริมาณการใช้รวม	5,145,730	ลิตรต่อปี
ราคาเชื้อเพลิงรวม	55,689,255.40	บาทต่อปี
ราคาเชื้อเพลิงเฉลี่ยต่อหน่วย	10.84	บาทต่อลิตร
เทียบเท่าพลังงานความร้อน	204,645,682 .10	เมกะจูลต่อปี

(2) การใช้ปริมาณเชื้อเพลิงเทียบกับผลผลิตจริงของโรงงาน

เดือน	ปริมาณน้ำมันเตา (ลิตร)	จำนวนเงิน (บาท)	ผลผลิตจริง (ตัน)	ต้นทุนค่าพลังงาน (บาทต่อตัน)	ดัชนีการใช้พลังงาน (เมกะจูลต่อตัน)
1	492,730	4,809,788.40	10,712	449.01	1,829.34
2	436,500	4,621,950.00	10,498	440.27	1,653.61
3	376,500	3,841,500.00	8,657	443.74	1,729.63
4	465,000	4,726,750.00	11,324	417.41	1,633.08
5	405,000	4,308,750.00	11,300	381.31	1,425.38
6	390,000	3,931,500.00	9,859	398.77	1,573.21
7	435,000	4,327,467.00	11,080	390.57	1,561.37
8	435,000	4,558,800.00	11,790	386.67	1,467.34
9	480,000	5,424,500.00	13,591	399.12	1,404.58
10	420,000	5,059,750.00	10,965	461.45	1,523.34
11	390,000	4,810,500.00	9,458	508.60	1,639.91
12	420,000	5,268,000.00	10,996	479.08	1,519.04
รวม	**5,145,730**	**55,689,255.40**	**130,230**		
เฉลี่ย				**429.67**	**1,579.99**

5.2 มาตรการในการลดการใช้พลังงาน

5.2.1 พลังงานไฟฟ้า

แนวทางการลดการใช้ค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานไฟฟ้าโดยการปรับปรุงอัตราการใช้ไฟฟ้าต่อผลผลิตให้ต่ำลง โดยการพยายามลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าให้น้อยลง อาศัยหลักการประหยัดพลังงานไฟฟ้ามาใช้ โดยพยายามลดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ไม่จำเป็นหรือมากเกินไป ลดการสูญเสียจากการผลิตให้น้อยลง โดยปรับปรุงกระบวนการผลิตให้ดีขึ้น และการตรวจสอบอุปกรณ์ และเครื่องจักรให้อยู่ในสภาพที่ดีเสมอ จากการศึกษาสภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของทางโรงงานนั้น มีอยู่หลายมาตรการด้วยกัน ที่สามารถนำมาใช้ ดำเนินการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ โดยในที่จะขอเสนอมาตรการในการลดการ

ใช้พลังงานไฟฟ้าที่เกี่ยวกับ ระบบปรับอากาศ และเครื่องทำน้ำเย็น เนื่องจากมีปริมาณการใช้ไฟฟ้ารวมกันแล้วมากถึง 37% ของปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด

5.2.1.1 มาตรการลดการเปิดเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ในตอนกลางคืน

สภาพก่อนการปรับปรุง

พิจารณาเครื่องทำน้ำเย็น 2 ชุด ซึ่งเปิดใช้งานในส่วนของโรงงานผลิตเครื่องดื่ม ซึ่งประกอบไปด้วย 2 แผนก คือ แผนกห้องผสม และแผนกห้องบรรจุ โดยในช่วงเวลาประมาณ 22.00 - 06.00น. ในส่วนของแผนกห้องบรรจุจะหยุดทำงาน แต่เครื่องทำน้ำเย็นทั้ง 2 ชุด ซึ่งประกอบด้วย เครื่องสูบน้ำเย็น เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น และ หอคอยน้ำเย็น ก็ยังคงเปิดใช้งานอยู่ทั้ง 2 ชุด ทั้งๆที่ภาระการทำความเย็นลดไปครึ่งโดยประมาณ

การเปิดใช้งานในลักษณะนี้ทำให้เครื่องทำน้ำเย็นทั้ง 2 ชุด ต้องทำงานที่สภาวะโหลดต่ำ คือ ตัวละประมาณ 25 % แต่ในการเปิดใช้งานในลักษณะนี้อาจจะไม่มีผลกระทบต่อเครื่องทำน้ำเย็น เนื่องจากเครื่องทำน้ำเย็นเป็นชนิดลูกสูบ เมื่อมีโหลดน้อยเครื่องทำน้ำเย็นก็จะทำงานเพียงบางสูบเท่านั้น แต่เมื่อพิจารณาที่เครื่องสูบน้ำเย็น พบว่าจะมีน้ำเย็นครึ่งหนึ่งยังคงไหลผ่านเครื่องจ่ายลมเย็น (AHU) ในห้องบรรจุ เนื่องจากการควบคุมการไหลของน้ำเย็นเป็นแบบใช้ตัววาล์ว 3 ทาง จึงทำให้น้ำเย็นยังคงไหลอยู่ตลอดเวลา

การวิเคราะห์และปรับปรุง

การที่น้ำเย็นครึ่งหนึ่งยังคงไหลผ่านเครื่องจ่ายลมเย็น (AHU) ในห้องบรรจุอย่างต่อเนื่อง ทั้งๆที่ในห้องไม่มีการทำงานแล้ว จึงเป็นการสูญเสียกำลังไฟฟ้าของเครื่องสูบน้ำเย็นไปโดยเปล่าประโยชน์ นอกจากนี้เครื่องทำน้ำเย็นก็ไม่จำเป็นต้องเปิดใช้งานทั้ง 2 ชุด เพราะโหลดความเย็นที่แต่ละตัวทำงานอยู่นั้นมีน้อยมาก ดังนั้นโรงงานสามารถที่จะเลือกเปิดเครื่องทำน้ำเย็นได้เลย 1 ชุด ตั้งแต่เวลา 22.00 - 06.00น ซึ่งจะช่วยลดการใช้พลังงานในเครื่องสูบน้ำเย็นลงได้ 1 ชุด และเครื่องสูบน้ำหล่อเย็น อีก 1 ชุด สำหรับในส่วนของเครื่องทำน้ำเย็นการใช้พลังงานคงไม่แตกต่างกัน ระหว่าง การเปิดเครื่องทำน้ำเย็น 2 ชุด ที่สภาวะโหลดเครื่องละ 25 % กับ การเปิดเครื่องทำน้ำเย็น 1 ชุด ที่สภาวะโหลดเครื่องละ 50 % เนื่องจากเครื่องทำน้ำเย็นเป็นแบบลูกสูบ ดังที่กล่าวไว้แล้ว ส่วนหอคอยน้ำเย็น เราจะยัง

คงเปิดไว้ 2 ชุด เหมือนเดิม เพื่อช่วยให้การระบายความร้อนที่เครื่องทำน้ำเย็นมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

สภาพหลังการปรับปรุง

สามารถลดการเปิดเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ได้ 1 ชุด แต่ไม่ลดการใช้พลังงานในส่วนของเครื่องทำน้ำเย็น เนื่องจากเครื่องทำน้ำเย็นอีกชุดที่เหลือจะใช้กำลังไฟฟ้ามากขึ้นเทียบกับที่ปิดไป ส่วนเครื่องสูบน้ำเย็นกับเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นสามารถลดการใช้พลังงานได้ตามที่ประเมินไว้

ผลประหยัดที่เกิดขึ้น

จากการตรวจวัดพบว่ามีการใช้กำลังไฟฟ้าโดยเฉลี่ยในเครื่องสูบน้ำดังนี้ คือ

กำลังไฟฟ้าเครื่องสูบน้ำเย็น	= 10.57	กิโลวัตต์
กำลังไฟฟ้าเครื่องสูบน้ำหล่อเย็น	= 6.24	กิโลวัตต์
กำลัง ไฟฟ้ารวม	= 16.81	กิโลวัตต์
คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	= (16.81kW)x(8 ชม./วัน)x(350วัน/ปี)	
	= 47,068	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี
อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	= 2.72	บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้	= 47,068 x 2.72	
	= 128,024.96	บาท/ปี

เงินลงทุนและระยะเวลาคืนทุน

มาตรการนี้ไม่มีการลงทุนใด ๆ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2.1.2 มาตรการยกเลิกการเปิด Chiller เพื่อการปรับอากาศให้คนงานที่ซ่อมบำรุงเครื่องจักรในวันหยุด

สภาพก่อนปรับปรุง

ตารางที่ 5.3 แสดงจำนวนวันที่ไม่ได้ทำการผลิตแต่มีการเปิด Chiller เพื่อการปรับอากาศให้คนงงาน

โรงงาน	Chiller ที่ใช้งาน	จำนวนวันที่ไม่ได้ทำการผลิตโดยแบ่งตามชั่งโมงที่เปิด Chiller				
		9 ชม./วัน	12 ช.ม./วัน	14 ช.ม./วัน	16 ช.ม./วัน	รวม (ช.ม.)
เครื่องดื่ม 1	CH-01,CH-02	41		4	1	441
เครื่องดื่ม 2,3	CH-03,CH-04	34				306
เครื่องดื่ม 4	CH-06,CH-07	3	4	4		131
เครื่องดื่ม 5,7	CH-08,CH-09	21				189
ลูกกวาด	CH-10	9				81
รวม						1,766

การวิเคราะห์และปรับปรุง

การที่คนงานที่เข้ามาซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรเป็นเพียงกลุ่มคนเล็กๆ แต่ต้องเปิดเครื่องทำน้ำเย็นเพื่อการปรับอากาศให้ซึ่งไม่มีความเหมาะสม เนื่องจากเครื่องทำน้ำเย็นที่เปิดนั้นไปทำความเย็นในพื้นที่ส่วนอื่นที่ ไม่มีการทำงานด้วย เมื่อทำการวิเคราะห์การใช้พลังงานในระบบปรับอากาศในช่วงที่มีการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร ซึ่งแยกการวิเคราะห์เป็นโรงงานแต่ละโรง ได้ดังนี้

<u>โรงเครื่องดื่ม 1</u> มีการใช้ไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ จำนวน 216.4 กิโลวัตต์

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ = 216.4 x (9x41+14x4+16x1)

= 95,432.4 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

<u>โรงเครื่องดื่ม 2 และ3</u> มีการใช้ไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ จำนวน 188.26 กิโลวัตต์

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ = 188.26 x (9x34)

= 57,607.56 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

<u>โรงเครื่องดื่ม 4</u> มีการใช้ไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ เป็นจำนวน 206.35 กิโลวัตต์

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ = 206.35 x (9x3+12x4+14x4)

= 27,031.85 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

<u>โรงเครื่องดื่ม 7</u> มีการใช้ไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ เป็นจำนวน 208.64 กิโลวัตต์

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ = 208.64 x (9x35)

= 65,721.60 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

<u>โรงงานลูกกวาด</u> มีการใช้ไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ เป็นจำนวน 98.97 กิโลวัตต์

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ = 98.97 x (9x9)

= 8,016.57 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

<u>สรุป</u> มีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมในระบบปรับอากาศในช่วงวันหยุดของ 7 เดือนที่ผ่านมา

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมด = 95,432.4 + 57,607.56 + 27,031.85 +

65,721.60 + 8,016.57

= 253,810 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

สภาพหลังปรับปรุง

การนำเครื่องปรับอากาศชนิดเคลื่อนที่มาให้ใช้แทนเครื่องทำน้ำเย็นนั้น ช่วยทำให้ การใช้พลังงานของ ระบบปรับอากาศลดลงอย่างมาก โดยเฉพาะในส่วนของการปรับอากาศให้กับพื้นที่บางส่วนที่ไม่ได้ใช้งาน

ผลประหยัดที่เกิดขึ้น

นำเครื่องปรับอากาศแบบเคลื่อนที่ได้มาใช้แทน จำนวน 7 เครื่อง (โรงงานละ 1 เครื่อง)

ขนาดเครื่องปรับอากาศ	= 18,000	Btu/hr
ใช้กำลังไฟฟ้าเครื่องละ	= 2.15	กิโลวัตต์
จำนวนชั่วโมงใช้งานที่ผ่านมา	= 1,766	ชั่วโมง
คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ใช้	= 2.10x1,766	

ค่าน้ำมันเตาที่ประหยัดได้ = 3,708.60 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

ถ้าเปิดเครื่องทำน้ำเย็นใช้พลังงานไฟฟ้า

= 253,810 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ = 253,810 - 3,708.6

= 250,101.4 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

เมื่อประเมินรวมทั้งปีคิดเป็นพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ประหยัดได้

= 250,101.4 x (12/7)

= 428,745.26

อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ย = 2.72 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง

ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ = 428,745.26 x 2.72

= 1,166,187.11 บาท/ปี

เงินลงทุนและระยะเวลาคืนทุน

เครื่องปรับอากาศแบบเคลื่อนที่ขนาด 18,000 บาท/ชั่วโมง เครื่องละ 25,000 บาท

ราคารวมทั้งหมด = 25,000 x 7

= 175,000 บาท

ระยะเวลาคืนทุน = 0.15 ปี

5.2.2 <u>พลังงานความร้อน</u>

จากที่กล่าวมาแล้วว่าพลังงานความร้อนที่ใช้ในโรงงานนั้นได้มาจากไอน้ำของหม้อไอน้ำ ซึ่งใช้น้ำมันเตาเกรด C เป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ ดังนั้น แนวทางในการลดค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานความร้อน ก็คือ การปรับปรุงประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำให้สูงขึ้น เช่น การลดการสูญเสียความร้อน จากหม้อไอน้ำ การอุ่นอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ การตรวจสอบอุปกรณ์ของหม้อไอน้ำให้อยู่ในสภาพที่ดีเสมอ จากการศึกษาสภาพการใช้หม้อไอน้ำของทางโรงงานนั้น มีอยู่หลายมาตรการด้วยกัน ที่สามารถนำมาใช้ดำเนินการลดค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานความร้อนได้ โดยในที่จะขอเสนอมาตรการใน การลดการใช้พลังงานความร้อนด้วยการปรับปรุงประสิทธิการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ

5.2.2.1 มาตราการติดตั้งเครื่องควบคุมการเผาไหม้แบบอัตโนมัติ

สภาพก่อนปรับปรุง

เพื่อให้สอดคล้องนโยบายการของบริษัท ที่ต้องการให้ลดการใช้พลังงานลงจากเดิมประมาณ 10 % ดังนั้น จึงได้ศึกษาแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำซึ่งควบคุมอัตราส่วนของอากาศ/เชื้อเพลิงให้เหมาะสม

การวิเคราะห์ปรับปรุง

เพื่อเป็นการประหยัดเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ และสอดคล้องนโยบายการประหยัดพลังงานของบริษัทการควบคุมให้หม้อไอน้ำทำงานแบบอัติโนมัติจะเพิ่มความสะดวกในการตรวจสอบสภาวะต่างๆ ของระบบ และ ทำให้มีประสิทธิภาพการเผาไหม้อย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ยังยืดอายุการทำงานของหม้อไอน้ำและลดปัญหามลภาวะอากาศ

การตรวจวัดข้อมูล

เพื่อเป็นการตรวจสอบถึงการประหยัดเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ จึงต้องมีการตรวจวัดข้อมูลก่อน และหลังการติดตั้งเครื่องควบคุมการเผาไหม้แบบอัตโนมัติ ดังตารางใน ภาคผนวก ง

สภาพหลังปรับปรุง

เมื่อมีการควบคุมปริมาณอากาศส่วนเกินแบบต่อเนื่องตลอดเวลา จึงส่งผลให้หม้อไอน้ำมีประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่ดีขึ้น นอกจากสามารถประหยัดค่าเชื้อเพลิงได้แล้ว ยังสามารถที่จะลดการสูญเสียในส่วนอื่นได้อีก เช่น ความสูญเสียแอบแฝง ซึ่งอยู่ในรูปของค่าบำรุงรักษาหม้อไอน้ำ เวลาที่ต้องสูญเสียไปกับการปรับแต่งหม้อไอน้ำให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น ยิ่งถ้าต้องการให้หม้อไอน้ำมีประสิทธิภาพดีอยู่ตลอดเวลา ก็ยิ่งต้องใช้เวลาในการปรับแต่งนานและบ่อยครั้งหรือแม้แต่การสูญเสียเวลาไปกับการจัดเก็บข้อมูลของหม้อไอน้ำที่จะต้องบันทึกตามเวลาต่างๆ ต่าง ก็สามารถดูผลได้ทันที จาก Operator Panel ที่ติดตั้งอยู่บริเวณหม้อไอน้ำ

การหาผลประหยัดที่เกิดขึ้น

ข้อมูลการวัดไอน้ำของหม้อไอน้ำ **ก่อนติดตั้ง** เครื่องควบคุมการเผาไหม้อัตโนมัติ

เดือน	**น้ำที่เข้า (ลบ.ม.)** (ผลรวม)	**อุณหภูมิน้ำเข้า C** (ค่าเฉลี่ย)	**น้ำมันเตาที่ใช้ (ลิตร)** (ผลรวม)	**ไอน้ำที่ผลิต (Kg)** (ผลรวม)	**ลิตร/ตัน** (ค่าเฉลี่ย)
ก.ค.48	2,311.70	72.32	166,171	2,311,700	72.95
ส.ค.48	3,003.80	71.41	214,937	3,003,800	71.62
ก.ย.48	3,240.40	73.30	230,733	3,240,400	71.17
เฉลี่ย	2,851.97	72.37	203,947	2,851,967	**71.91**

* ดูรายละเอียดในภาคผนวก ง

ข้อมูลการวัดไอน้ำของหม้อไอน้ำ **หลังติดตั้ง** เครื่องควบคุมการเผาไหม้อัตโนมัติ

เดือน	**น้ำที่เข้า (ลบ.ม.)** (ผลรวม)	**อุณหภูมิน้ำเข้า C** (ค่าเฉลี่ย)	**น้ำมันเตาที่ใช้ (ลิตร)** (ผลรวม)	**ไอน้ำที่ผลิต (Kg)** (ผลรวม)	**ลิตร/ตัน** (ค่าเฉลี่ย)
ต.ค.48	3,743.50	73.67	260,848	3,743,500	69.71
พ.ย.48	3,192.20	73.83	226,137	3,192,200	70.83
เฉลี่ย	3,467.85	73.75	243,493	3,467,850	**70.27**

* ดูรายละเอียดในภาคผนวก ง

ผลประหยัดที่ได้ = 71.88 – 70.28 ลิตร/ตัน

= 1.60 ลิตร/ตัน

ปริมาณไอน้ำที่ใช้เฉลี่ย = 2,848,840 x 12 / 1,000

= 34,186.08 ตัน/ปี

เพราะฉะนั้นสามารถประหยัดเชื้อเพลิงรวมได้ทั้งสิ้น

= 34,186.08 x 1.60

= 54,758.95 ลิตร/ปี

ราคาน้ำมันเตา = 13 บาท/ลิตร

ค่าน้ำมันเตาที่ประหยัดได้ = 54,758.95 x 13

= 711,866.35 บาท/ปี

เงินลงทุนและระยะเวลาคืนทุน

ค่าอุปกรณ์ควบคุมการเผาไหม้แบบอัตโนมัติ 564,192 บาท

ระยะเวลาคืนทุน 0.79 ปี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.3 ผลที่ได้หลังจากใช้มาตรการลดการใช้พลังงาน

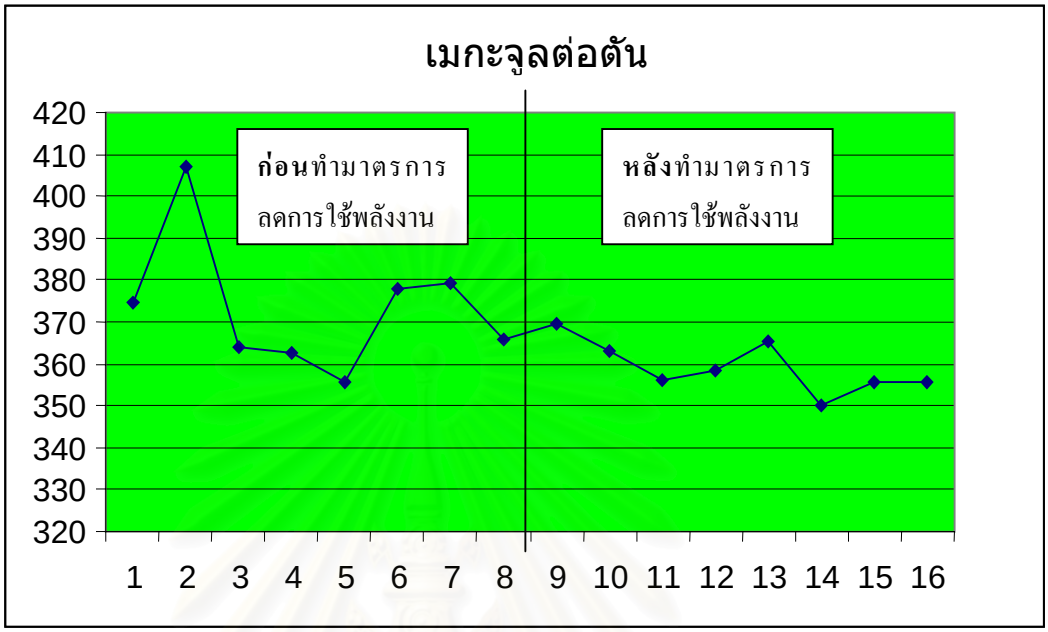
ผลจากการนำมาตรการลดการใช้พลังงานมาใช้ในโรงงานนั้น สามารถลดการใช้พลังงานได้จริง โดยสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจาก 382.16 เมกะจูลต่อตัน เหลือ 359.17 เมกะจูลต่อตัน และลดการใช้พลังงานความร้อน (เชื้อเพลิง) จาก 1,579.99 เมกะจูลต่อตัน เหลือ 1312.03 เมกะจูลต่อตัน

5.3.1 มาตรการลดการใช้พลังงานไฟฟ้า

เดือน	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (กิโลวัตต์ชั่วโมง)	จำนวนเงิน (บาท)	ผลผลิตจริง (ตัน)	ต้นทุนค่าพลังงาน (บาทต่อตัน)	ดัชนีการใช้พลังงาน (เมกะจูลต่อตัน)
1	1,072,378	14,273,351.18	10,450	1365.87	369.43
2	1,278,327	17,270,197.77	12,668	1363.29	363..28
3	1,343,281	19,934,290.04	13,585	1467.38	355.97
4	1,215,466	17,928,123.50	12,213	1467.95	358.28
5	1,321,782	19,231,928.10	13,025	1476.54	365.32
6	1,137,114	16,545,008.70	11,696	1414.59	350.00
7	1,228,198	18,128,202.48	12,438	1457.49	355.48
8	1,171,693	17,798,016.67	11,862	1500.42	355.60
รวม	**9,768,239**	**141,109,118**	**97,937**		
เฉลี่ย				**1439.19**	**359.17**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

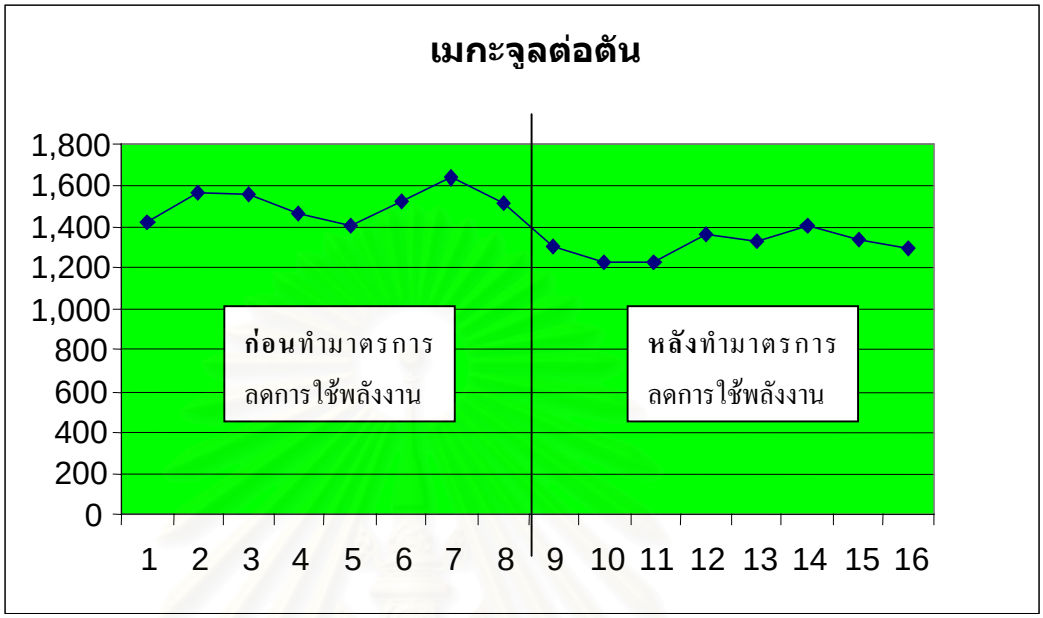
รูปที่ 5.1 กราฟแสดงแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าในหน่วย เมกะจูลต่อตัน



5.3.2 มาตรการลดการใช้พลังงานความร้อน

เดือน	ปริมาณน้ำมันเตา (ลิตร)	จำนวนเงิน (บาท)	ผลผลิตจริง (ตัน)	ต้นทุนค่าพลังงาน (บาทต่อตัน)	ดัชนีการใช้พลังงาน (เมกะจูลต่อตัน)
1	342,000	4,552,020.00	10,450	435.60	1,301.56
2	390,000	5,268,900.00	12,668	415.92	1,224.37
3	420,000	6,232,800.00	13,585	458.80	1,229.55
4	420,000	6,195,000.00	12,213	507.25	1,367.67
5	435,000	6,329,250.00	13,025	485.93	1,328.21
6	415,000	6,038,250.00	11,696	516.27	1,411.13
7	420,000	6,199,200.00	12,438	498.41	1,342.93
8	385,000	5,848,150.00	11,862	493.02	1,290.80
รวม	**3,227,000**	**46,663,570**	**97,937**		
เฉลี่ย				**476.40**	**1,312.03**

รูปที่ 5.2 กราฟแสดงแนวโน้มการใช้พลังงานความร้อนในหน่วย เมกะจูลต่อตัน



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการศึกษา

การศึกษาสภาพการใช้พลังงานในโรงงาน พบว่ามี ดัชนีการใช้พลังงานความร้อน (Thermal Energy Index) เท่ากับ 1,900 เมกะจูลต่อตันผลผลิต และมีค่า ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้า (Electrical Energy Index) เท่ากับ 105.46 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตันผลผลิต โดยสัดส่วนการใช้พลังงานของโรงงานนั้นจะแบ่งเป็นสัดส่วนในรูปของหน่วยความร้อน (เมกะจูล) โดยแบ่งตามสัดส่วนจากปริมาณการใช้พลังงาน คือ ปริมาณการใช้ไฟฟ้า ร้อยละ 19 และ ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (น้ำมันเตา) ร้อยละ 81 และ แบ่งตามสัดส่วนค่าใช้จ่ายจากการใช้พลังงาน คือ ค่าใช้จ่ายจากการใช้ไฟฟ้า ร้อยละ 39 และค่าใช้จ่ายจากการใช้เชื้อเพลิง (น้ำมันเตา) ร้อยละ 61 สำหรับการผลิตในโรงงานเครื่องดื่มบำรุงกำลัง มีค่าใช้จ่ายพลังงานเฉลี่ย 710 บาทต่อตันผลผลิต

จากการศึกษาวิเคราะห์หาแนวทางการลดการใช้พลังงานนั้น มีแนวทางต่าง ๆ ที่สามารถกระทำได้ ดังนี้สำหรับด้านพลังงานไฟฟ้า ทำได้โดยการปรับปรุงอัตราการใช้ไฟฟ้าต่อผลผลิตให้ต่ำลง โดยการพยายามลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าให้น้อยลง ด้วยการนำหลักการประหยัดพลังงานไฟฟ้ามาใช้ โดยพยายามลดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ไม่จำเป็นหรือมากเกินไป โดยในที่นี้ได้นำเสนอมาตรการในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เกี่ยวกับ ระบบปรับอากาศ และเครื่องทำน้ำเย็น ด้วยการลดการเปิดเครื่องทำน้ำเย็นในตอนการคืน ซึ่งเป็นการลดการใช้งานเครื่องทำน้ำเย็นจาก 2 ชุด ให้เหลือเพียง 1 ชุด ทำให้สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้47,068 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี หรือสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้ประมาณ 128,024.96 บาทต่อปี ซึ่งมาตรการนี้ไม่ต้องมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนใดๆ และอีกมาตรการหนึ่งที่เสนอ คือ มาตรการยกเลิกการเปิดเครื่องทำน้ำเย็นเพื่อการปรับอากาศให้คนงานที่ซ่อมบำรุงเครื่องจักรในวันหยุด โดยมาตรการนี้ สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ 428,745 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี หรือสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้ประมาณ 1,166,187 บาทต่อปีและมีระยะเวลาในการคืนทุนน้อยกว่า 1 ปี

สำหรับการลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานความร้อน ได้นำเสนอมาตรการให้มีการติดตั้งเครื่องควบคุมการเผาไหม้แบบอัตโนมัติ ซึ่งมาตรการนี้เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ ซึ่งนอกจากสามารถลดการใช้เชื้อเพลิง หรือ น้ำมันเตาแล้ว ยังสามารถที่จะลดการสูญเสียในส่วนอื่นได้อีก เช่น ความสูญเสียแอบแฝง ซึ่งอยู่ในรูปของค่าบำรุงรักษาหม้อไอน้ำ เวลาที่ต้องสูญเสียไปกับการปรับแต่งหม้อไอน้ำให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น ยิ่งถ้าต้องการให้หม้อไอน้ำมีประสิทธิ

ภาพดีอยู่ตลอดเวลา ก็ยิ่งต้องใช้เวลาในการปรับแต่งนานและบ่อยครั้ง หรือแม้แต่การสูญเสียเวลาไปกับการจัดเก็บข้อมูลของหม้อไอน้ำที่จะต้องบันทึกตามเวลาต่างๆ ก็สามารถดูผลได้ทันที จาก Operator Panel ที่ติดตั้งอยู่บริเวณหม้อไอน้ำโดยมาตรการนี้ สามารถลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิงได้ 54,758.95 ลิตรต่อปี หรือสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้ประมาณ 711,866 บาทต่อปี และมีระยะเวลาในการคืนทุนน้อยกว่า 1 ปี

ตารางที่ 6.1 สรุปมาตรการลดการใช้พลังงาน

มาตรการลดการใช้พลังงาน	พลังงานที่ประหยัดได้ (เมกกะจูล)	จำนวนเงินที่ประหยัด (บาท/ปี)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)
1. พลังงานไฟฟ้า			
- ลดการเปิดเครื่องทำน้ำเย็นในตอนกลางคืน	169,444.8	128,024.96	-
- ยกเลิกการเปิดเครื่องทำน้ำเย็นเพื่อการปรับอากาศให้คนงานที่ซ่อมบำรุงเครื่องจักรในวันหยุด	428,745.26	1,166,187.11	0.15
2. พลังงานความร้อน			
- ติดตั้งเครื่องควบคุมการเผาไหม้แบบอัตโนมัติ	2,177,763.44	711,866.35	0.79

6.2 ข้อเสนอแนะ

เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่ามาตรการที่ได้นำเสนอไปนั้นจะได้รับการปฏิบัติจริง ควรจะต้องมีการปฏิบัติดังต่อไปนี้

6.2.1 มาตรการลดการใช้พลังงานไฟฟ้า

6.2.1.1 มาตรการลดการเปิดเครื่องทำน้ำเย็นในตอนการคืน

ในการดำเนินการตามมาตรการนี้ทางโรงงานต้องจัดให้มีเจ้าหน้าที่คอยทำหน้าที่ เปิด - ปิด วาล์ว ที่เครื่องทำน้ำเย็น และเครื่องจ่ายลมเย็น เพื่อไม่ให้น้ำเย็นไหลผ่านไปยังเครื่องทำน้ำเย็นที่ไม่เปิดใช้งาน และเครื่องจ่ายลมเย็นในส่วนห้องบรรจุ และเพื่อเป็นการทำให้มั่นใจว่าจะมีการเปิด - ปิด วาล์ว ที่เครื่องทำน้ำเย็น

และเครื่องจ่ายลมเย็นนั้นจริง ระบบท่อน้ำเย็นควรต้องมีระบบเปิด - ปิด วาล์วเป็นแบบอัตโนมัติ

6.2.1.2 มาตรการยกเลิกการเปิดเครื่องทำน้ำเย็นเพื่อการปรับอากาศให้คนงานที่ซ่อมบำรุงเครื่องจักรในวันหยุด

สำหรับมาตรการนี้เป็นมาตรการที่ใช้ในวันหยุดทำงาน ดังนั้น เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าคนงานหรือช่างที่เข้ามาทำการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรจะไม่มีการเปิดเครื่องทำน้ำเย็นเพื่อการปรับอากาศ ต้องไม่มีการติดตั้งตัวควบคุมการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นไว้ในโรงงาน โดยอาจติดตั้งในหน่วยงานอื่นที่เกี่ยวข้องกับโรงงาน เช่นติดตั้งไว้ที่อาคารฝ่ายเทคนิคและวิศวกรรม

6.2.2 มาตรการลดการใช้พลังงานความร้อน หรือเชื้อเพลิง

6.2.2.1 มาตรการติดตั้งเครื่องควบคุมการเผาไหม้แบบอัตโนมัติ

สำหรับมาตรการติดตั้งเครื่องควบคุมการเผาไหม้แบบอัตโนมัตินั้น การที่ต้องการให้เครื่องควบคุมการเผาไหม้ สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพยาวนาน ควรจะต้องมีการทำการบำรุงรักษาเครื่องควบคุมอยู่เสมอ ดังต่อไปนี้

1. ทดสอบการปรับตำแหน่ง ตรวจเช็คค่าองศาที่ตำแหน่ง และข้อต่อต่างๆ ของมอเตอร์ เป็นประจำทุก 2 เดือน
2. ตรวจสอบและปรับแต่ง Profile เป็นประจำทุก 2 เดือน
3. ตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ต่าง เป็นประจำทุก 2 เดือน
4. ตรวจสอบการแสดงผลข้อมูลต่างๆ ของ Display เป็นประจำทุก 2 เดือน
5. ทำความสะอาด Oxygen probe และ ตัวกรอง ทุก 4 เดือน
6. เปลี่ยนตัวกรอง ทุก 6 เดือน
7. ทำการสอบเทียบ Oxygen probe ทุก 6 เดือน
8. ตรวจสอบการทำงานของระบบปลอดภัย ปีละ 1 ครั้ง

รายการอ้างอิง

ชัยยุทธ ศรีเผด็จ .การประหยัดพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตกระดาษ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี , 2533

พิพรรธ ทวีวัฒน์กิจ .การลดความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดโดยใช้ระบบเก็บน้ำแข็งในโรงงานอุตสาหกรรมอาหารแช่แข็ง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2539

ธีระพจน์ พุทธิกีฎกวีวงศ์ . การประหยัดพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมเส้นใยสังเคราะห์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2530

อเนก หีบสัมฤทธิ์. การวิเคราะห์พลังงานในโรงงานทำน้ำแข็งซอง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี , 2536

สมาน งามเลิศนภาภรณ์ . ศักยภาพในการติดตั้งเครื่องควบคุมกำลังไฟฟ้าสูงสุด. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี , 2540

บุญยงค์ ลิ้มชูพรวิกุล. การประหยัดพลังงานไฟฟ้าโรงงานอุตสาหกรรมสบู่. วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2530

สุคนธ์ นาเมืองรักษ์. การวิเคราะห์พลังงานภาคความร้อนในโรงงานอุตสาหกรรมยาง. ประกาศนียบัตรบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2530

สุพจน์ เลียดประถม. การศึกษาแนวทางประหยัดพลังงานความร้อนในโรงงานผลิตอาหารกระป๋อง. วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2532

สุพจน์ เลียดประถม. การศึกษาแนวทางประหยัดพลังงานความร้อนในโรงงานผลิตอาหารกระป๋อง. วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2532

ยงยุทธ เชษฐเชาวลิต . การทำบัญชีพลังงานและการประหยัดพลังงานในโรงงานหนังเทียมและในอาคารพานิช. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี , 2528

วัลภา จรูญธรรม . การประเมินศักยภาพการประหยัดพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตพลาสติก. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี , 2541

สุดสาคร นุ้ยดี . แนวทางการประหยัดพลังงานและลดความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดในโรงงานปลาทูน่ากระป๋อง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี , 2539

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. ระบบการควบคุมคุณภาพที่หน้างาน คิวซีเซอร์เคิล (QC Circle). กรุงเทพฯ : พิมพ์ครั้งที่ 3, เทคนิคอล แอพโพรช เคาน์เซลลิ่ง แอนด์ เทรนนิ่ง, 2543

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.

แสดงรูปที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิจัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ก.1 หม้อไอน้ำที่ทำการศึกษา

รูปที่ ก.2 มิเตอร์วัดปริมาณการใช้น้ำ

รูปที่ ก.3 มิเตอร์วัดการใช้น้ำมันเตา

รูปที่ ก.4 ตู้ควบคุมการเผาไหม้แบบอัตโนมัติ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

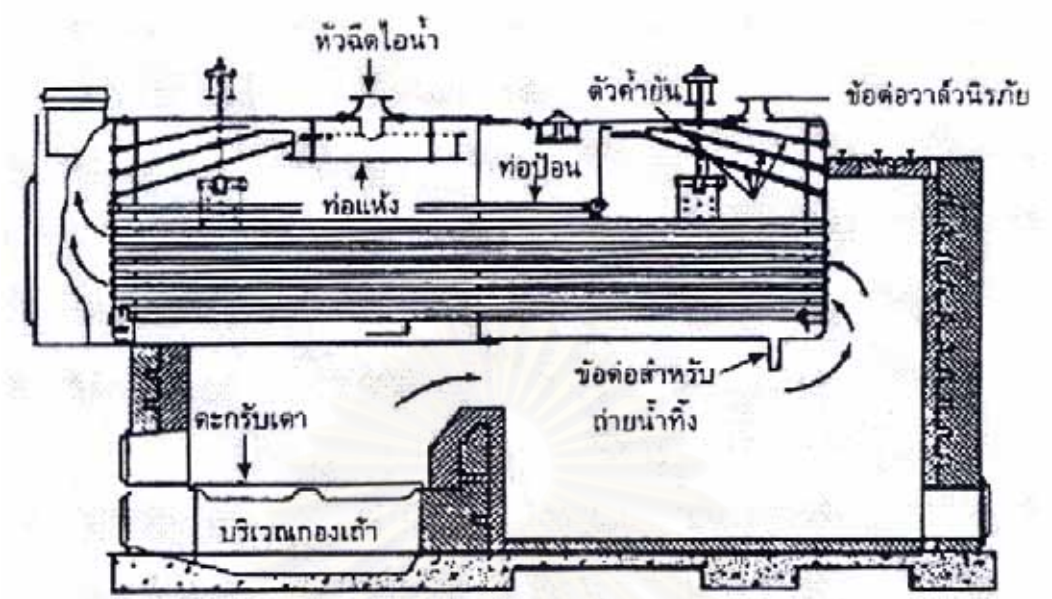
รูปที่ ก.5 เครื่องทำน้ำเย็น

รูปที่ ก.6 มิเตอร์วัดหน่วยการใช้ไฟฟ้า

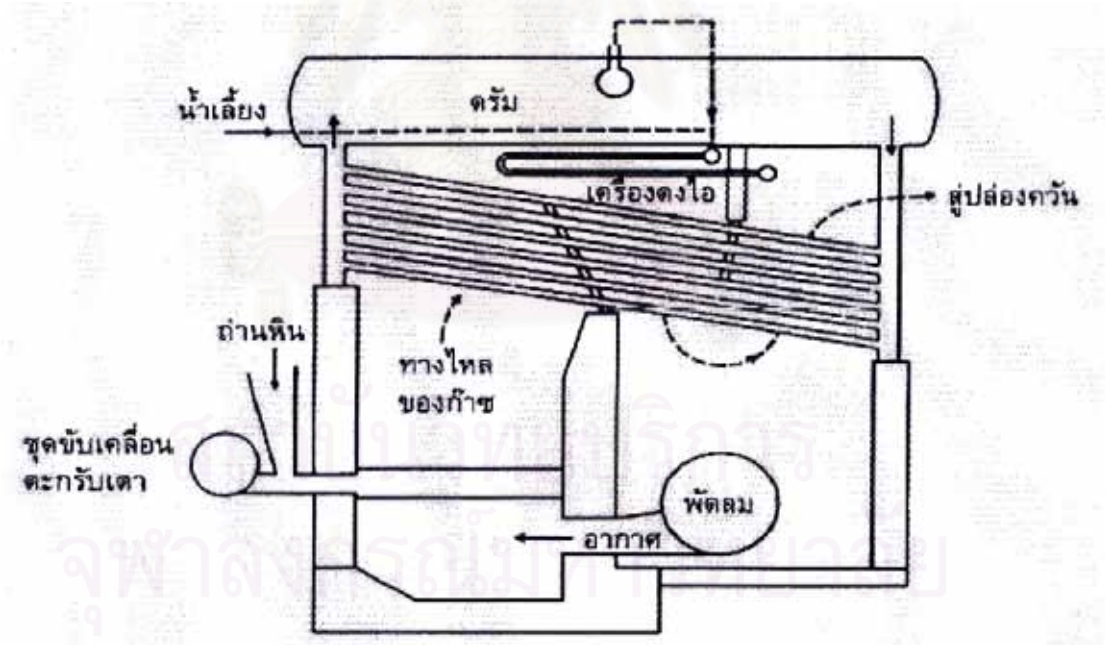
ภาคผนวก ข.

แสดงรูปที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎี

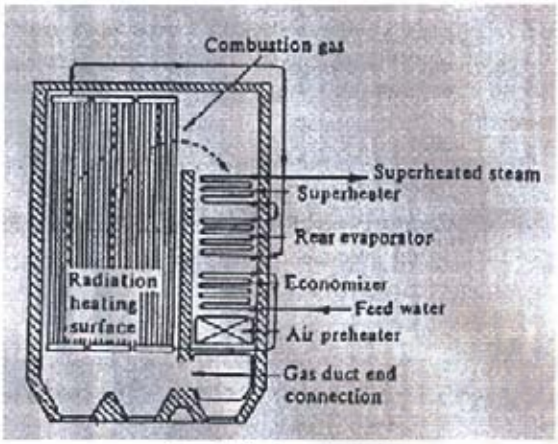
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



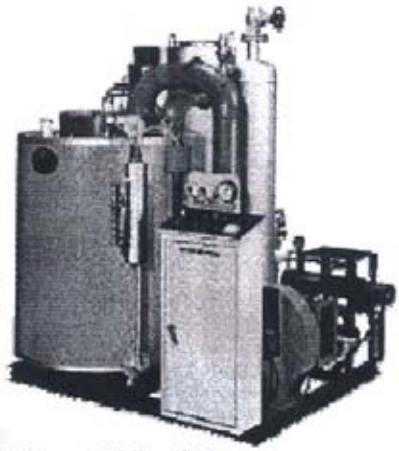
รูปที่ ข.1 หม้อไอน้ำท่อไฟ 2 กลับ



รูปที่ ข.2 หม้อไอน้ำชนิดทำไอดงเอง

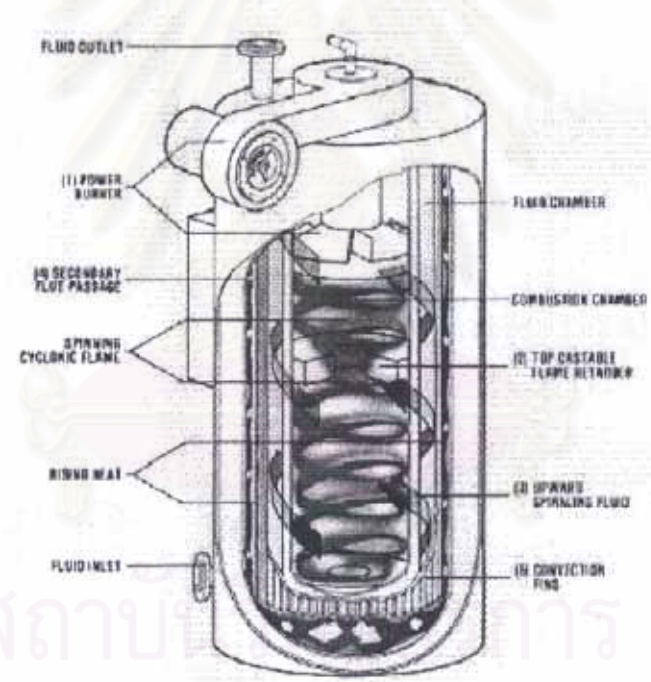


ขนาดใหญ่ใช้ในโรงผลิตไฟฟ้า



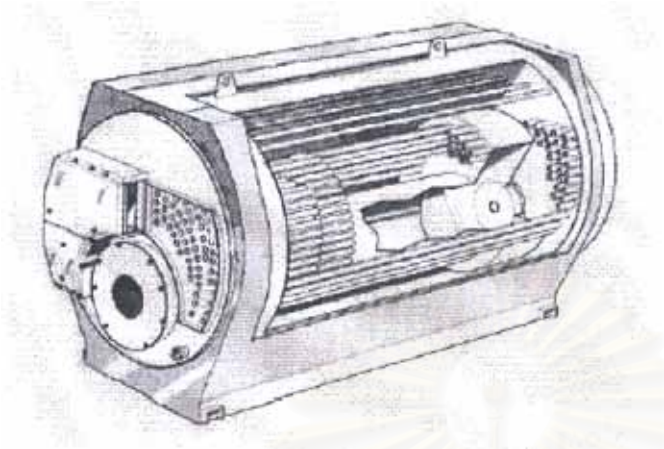
ขนาดเล็กไม่เกิน 2 ตัน ใช้ภายในโรงงานอุตสาหกรรม

รูปที่ ข.3 หม้อไอน้ำแบบไหลผ่านตลอดแนวเดียว

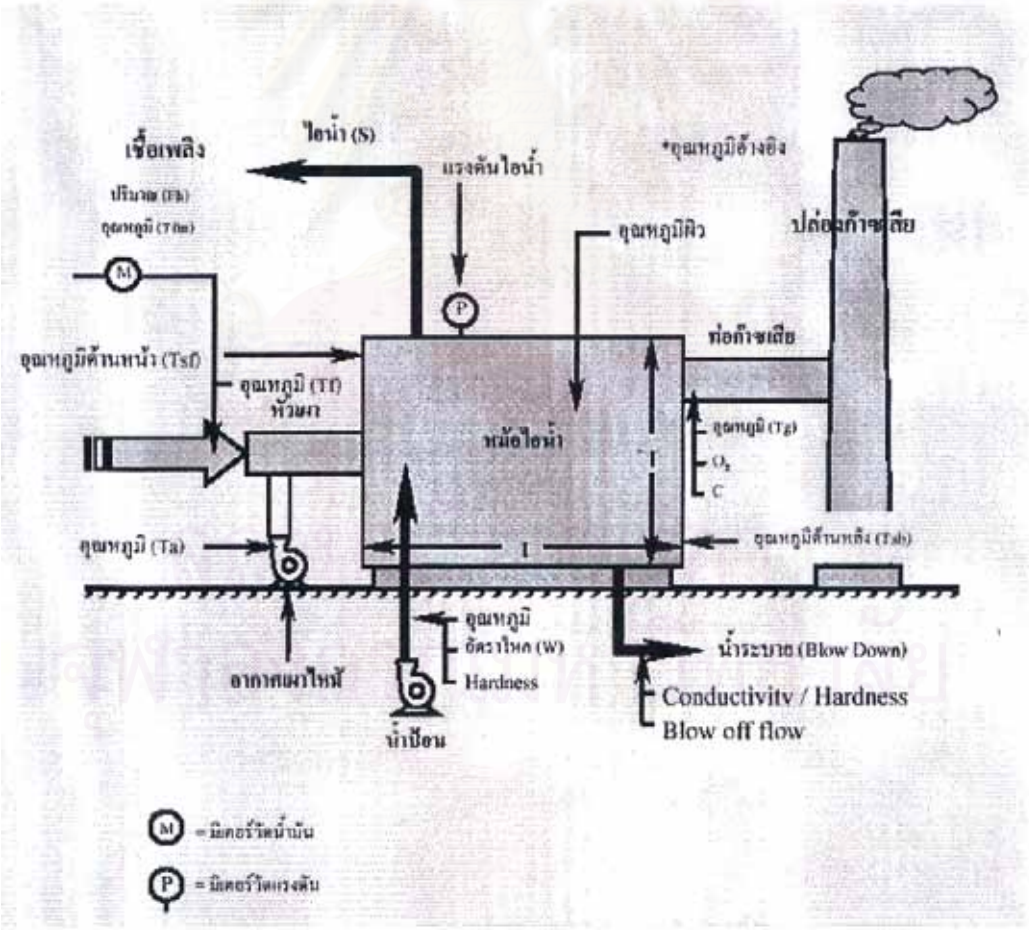


รูปที่ ข.4 หม้อน้ำมันร้อน

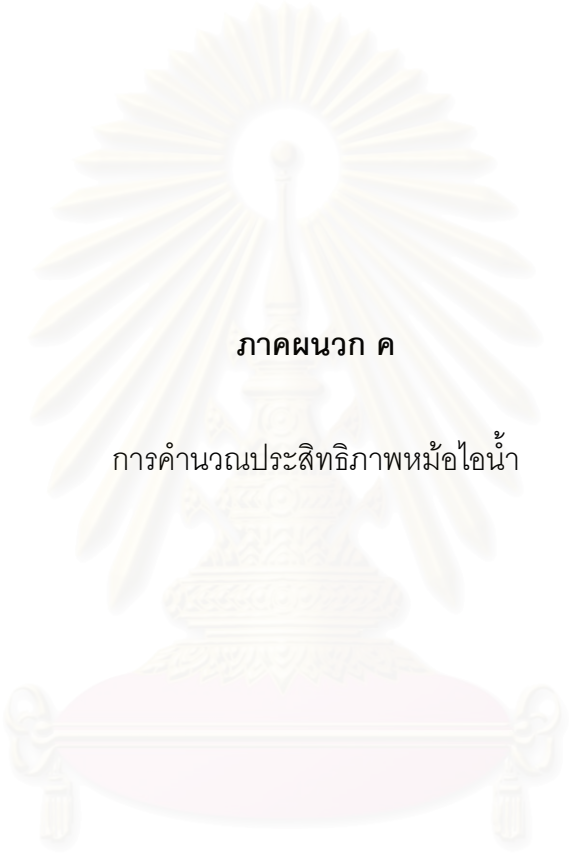
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ข.5 หม้อน้ำร้อน



รูปที่ ข.6 จุดตรวจวัดสำหรับหม้อไอน้ำ



ภาคผนวก ค

การคำนวณประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การปรับปรุงการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ

ข้อมูลหม้อไอน้ำและข้อมูลทั่วไป	หน่วย	สัญญลักษณ์	Low		Medium		High	
			ค่าก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ค่าก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ค่าก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
ชื่อหม้อไอน้ำ			Boiler No.2					
ขนาดหม้อไอน้ำ	t/h		10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
ความดันไอน้ำสูงสุด	bar		10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
พื้นผิวถ่ายเทความร้อน	m^2							
ประเภทของหัวเผา					AIR AUTOMIZE			
ระบบการควบคุมของหัวเผา			Auto	Auto	Auto	Auto	Auto	Auto
เส้นผ่านศูนย์กลางของหม้อไอน้ำ	m		2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
ความยาวของหม้อไอน้ำ	m		5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50
Emissivity ของด้านหน้า		ef	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Emissivity ของด้านข้าง		es	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Emissivity ของด้านหลัง		eb	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
อุณหภูมิอ้างอิง	^oC	Tref	30	30	30	30	30	30
จำนวนชั่วโมงการทำงานต่อวัน	ชม./วัน	h	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
จำนวนวันการทำงานต่อปี	วัน/ปี	d	365	365	365	365	365	365
จำนวนชั่วโมงการทำงานต่อปี	ชม./ปี	h/y	8,760	8,760	8,760	8,760	8,760	8,760
ข้อมูลเชื้อเพลิง								
ชนิดของเชื้อเพลิง			Boiler No.2					
ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงต่อปี	ลิตร/ปี	FA	262,800	262,800	1,927,200	1,927,200	1,314,000	1,314,000
เปอร์เซ็น load	%	%L	20	20	55	55	25	25
ราคาเชื้อเพลิง	บาท/ลิตร	Pf	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
ค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิง	MJ/kg	LH	41.28	41.28	41.28	41.28	41.28	41.28

การปรับปรุงการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ

ข้อมูลหม้อไอน้ำและข้อมูลทั่วไป	หน่วย	สัญญลักษณ์	Low		Medium		High	
			ค่าก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ค่าก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ค่าก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
ข้อมูลที่ได้จากการวัด								
ความดันไอน้ำเฉลี่ยที่ใช้งาน (เกจ)	bar	Pst	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงต่อชั่วโมงเฉลี่ยจากมิเตอร์	l/h	FH	150	150	400	400	600	600
อุณหภูมิน้ำมันที่จุดวัดปริมาณ (ที่มิเตอร์น้ำมันเตา)	^{o}C	Tfm	100	100	100	100	100	100
อุณหภูมิน้ำมันที่จุดเข้าห้องเผาไหม้	^{o}C	Tf	100	100	100	100	100	100
ปริมาณน้ำป้อน	Fw	kg/h	1,995	1,995	5,320	5,320	7,980	7,980
อุณหภูมิน้ำป้อน	^{o}C	Tw	80	80	80	80	80	80
อุณหภูมิอากาศที่ช่วยเผาไหม้	^{o}C	Ta	35	35	35	35	35	35
ปริมาณออกซิเจนในก๊าซเสีย	%	O_2	5.5	4.6	4.8	3.9	4.4	3.5
อุณหภูมิของก๊าซเสีย	^{o}C	Tg	223.0	181.7	225.0	209.0	251.9	218.2
ปริมาณ CO ในก๊าซเสีย	ppm	CO	10	2	9	6	134	12
สารละลายของน้ำป้อน	ppm	TDSw	159	159	159	159	159	159
สารละลายของน้ำโบลว์ดาวน์	ppm	TDSb	2,024	2,024	2,024	2,024	2,024	2,024
อุณหภูมิผิวของหม้อไอน้ำด้านหน้า	^{o}C	Tsf	50	50	50	50	50	50
อุณหภูมิผิวของหม้อไอน้ำด้านข้าง	^{o}C	Tss	50	50	50	50	50	50
อุณหภูมิผิวของหม้อไอน้ำด้านหลัง	^{o}C	Tsb	50	50	50	50	50	50
อุณหภูมิผิวของหม้อไอน้ำเฉลี่ย	^{o}C	Ts	50	50	50	50	50	50
อุณหภูมิสภาพแวดล้อม	^{o}C	Tamb	33	33	33	33	33	33

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การปรับปรุงการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ

ข้อมูลหม้อไอน้ำและข้อมูลทั่วไป	หน่วย	สัญญลักษณ์	Low		Medium		High	
			ค่าก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ค่าก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ค่าก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
ข้อมูลจากตารางไอน้ำและเชื้อเพลิง								
Enthalpy ของน้ำที่อุณหภูมิอ้างอิง	kJ/kg	hf,ref	125.66	125.66	125.66	125.66	125.66	125.66
Enthalpy ของน้ำป้อน (80 C)	kJ/kg	hf,w	334.92	334.92	334.92	334.92	334.92	334.92
Enthalpy ของน้ำโบลว์ดาวน์	kJ/kg	hf,b	743.10	743.10	743.10	743.10	743.10	743.10
Enthalpy ของไอน้ำ	kJ/kg	hg,st	2769.10	2769.10	2769.10	2769.10	2769.10	2769.10
ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงที่ 15.6 ^{o}C	kg/l	Dfo	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงที่จุดวัดปริมาณ	kg/l	Dfm	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
Dfm = Dfo-0.00063*(Tfm-15.6) หรือเปิดจากตาราง								
ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงที่จุดเข้าห้องเผาไหม้	kg/l	Df	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
Df = Dfo - 0.00063*(Tf-15.6) หรือเปิดจากตาราง								
ค่าความร้อนจำเพาะของเชื้อเพลิง	kJ/kg^{o}C	Cpf	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88
Cpf = 0.45*4.187 หรือเปิดจากตาราง								
ค่าความร้อนจำเพาะของอากาศ	kJ/Nm^{3o}C	Cpa	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31
Cpa = 0.312*4.187 เป็นค่าเฉลี่ย 0-200^{o}C								
ค่าความร้อนจำเพาะของก๊าซเสีย	kJ/Nm^{3o}C	Cpg	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39
Cpg = 0.332*4.187 เป็นค่าเฉลี่ย 0-300^{o}C								
Cpg = 0.334*4.187 เป็นค่าเฉลี่ย 0-400^{o}C								
Cpg = 0.337*4.187 เป็นค่าเฉลี่ย 0-500^{o}C								

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การปรับปรุงการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ

ข้อมูลหม้อไอน้ำและข้อมูลทั่วไป	หน่วย	สัญญลักษณ์	Low		Medium		High	
			ค่าก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ค่าก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ค่าก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
การคำนวณ								
ปริมาณโบลว์ดาวน์เป็นร้อยละของไอน้ำ	%	B	8.53	8.53	8.53	8.53	8.53	8.53
$B = TDS_w / (TDSb - TDSw) * 100$								
ปริมาณอากาศเชิงทฤษฎี	Nm^3/kg	Ao	10.38	10.38	10.38	10.38	10.38	10.38
Ao = 2+(0.85*LH/4.187),Ao อาจจะหาได้จากสมการเคมี								
ปริมาณก๊าซเสียเชิงทฤษฎี	Nm^3/kg	Go	10.94	10.94	10.94	10.94	10.94	10.94
Go = 1.11*(LH/4.187), Go อาจจะหาได้จากสมการเคมี								
ปริมาณก๊าซเสีย	Nm^3/kg	Go	14.63	13.89	14.02	13.31	13.69	13.02
G = Go + (m-1)Ao								
อัตราส่วนอากาศ		m	1.35	1.28	1.30	1.23	1.27	1.20
$m = 21 / (21 - O_2)$								
ปริมาณอากาศเข้าเผาไหม้	Nm^3/kg	Ao	14.06	13.29	13.46	12.75	13.13	12.46
A = m*Ao								
ปริมาณเชื้อเพลิง	kg/h	FHm	137.52	137.52	366.73	366.73	550.10	550.10
FHm = FH/Dfm								
1. ความร้อนเข้า								
1.1 ความร้อนของเชื้อเพลิง	MJ/h	Qfc	5677.00	5677.00	15138.66	15138.66	22708.00	22708.00
Qfc = FHm*LH								
1.2 ความร้อนสัมผัสของเชื้อเพลิง	MJ/h	Qfs	18.14	18.14	48.37	48.37	72.55	72.55
Qfs = FHm*Cpf*(Tt-Trel) / 1000								
1.3 ความร้อนสัมผัสของน้ำป้อน	MJ/h	Qw	417.47	417.47	1113.26	1113.26	1669.89	1669.89

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การปรับปรุงการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ

ข้อมูลหม้อไอน้ำและข้อมูลทั่วไป	หน่วย	สัญญลักษณ์	Low		Medium		High	
			ค่าก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ค่าก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ค่าก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
Qw = Fw*(hf,w-hf,ref)/1000								
1.4 ความร้อนของอากาศช่วยเผาไหม้	MJ/h	Qa	0.092	0.087	0.088	0.083	0.086	0.081
Qa = A*Cpa*(Ta - Tref)/1000								
รวมความร้อนเข้า	MJ/h	Qinp	6112.70	6112.70	16300.38	16300.37	24450.53	24450.52
Qinp = Qfc + Qfs + Qw + Qa								
2. ความร้อนออก								
2.1 ความร้อนสูญเสียในก๊าซเสีย	MJ/h	Qg	539.67	401.81	1393.63	1214.65	2323.80	1873.69
Qg = FHm*G*Cpg*(Tg - Tref)/1000								
2.2 ความร้อนสูญเสียจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์	MJ/h	Qco	0.28	0.05	0.64	0.4	13.89	1.18
$Qco = FmH*G*13.76*CO/10^{6}$								
2.3 ความร้อนสูญเสียในโบลว์ดาวน์	MJ/h	Qb	109.34	110.95	290.48	293.98	431.44	440.23
Qb = (B/100)*(hf,b - hf,ref)*S/1000								
2.4 ความร้อนสูญเสียผ่านผนังหม้อไอน้ำ	MJ/h	Qr	28.32	28.32	28.32	28.32	28.32	28.32
$Qr = Sum\ of\ [2.2*(Ts - Tamb)^{5/4} + 4.88*es*(((Ts+273)$								
/100)4 - ((Tamb+273)/100)4))]*A*4.187/1000								
โดยที่ Ts เป็นอุณหภูมิของผิวหม้อไอน้ำแต่ละด้าน								
A เป็นพื้นที่ผิวของหม้อไอน้ำแต่ละด้าน								
2.5 ความร้อนของไอน้ำ	MJ/h	Qst	5435.09	5571.56	14587.31	14763.02	21663.07	22107.1
Qst = Qinp - Qg - Qco - Qb - Qr								
รวมความร้อนออก	MJ/h	Qout	6112.7	6112.7	16300.38	16300.37	24450.53	24450.52
Qout = Qg + Qco + Qb + Qr + Qst								

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การปรับปรุงการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ

ข้อมูลหม้อไอน้ำและข้อมูลทั่วไป	หน่วย	สัญญลักษณ์	Low		Medium		High	
			ค่าก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ค่าก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ค่าก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
สมดุลความร้อน								
1. ความร้อนเข้า								
1.1 ความร้อนของเชื้อเพลิง	MJ/h	Qfc	5677.00	5677.00	15138.66	15138.66	22708.00	22708.00
	%		92.87	92.87	92.87	92.87	92.87	92.87
1.2 ความร้อนสัมผัสของเชื้อเพลิง	MJ/h	Qfs	18.14	18.14	48.37	48.37	72.55	72.55
	%		0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
1.3 ความร้อนสัมผัสของน้ำป้อน	MJ/h	Qw	417.47	417.47	1113.26	1113.26	1669.89	1669.89
	%		6.83	6.83	6.83	6.83	6.83	6.83
1.4 ความร้อนของอากาศช่วยเผาไหม้	MJ/h	Qa	0.09	0.09	0.09	0.08	0.09	0.08
	%		0.00150	0.00150	0.00054	0.00051	0.00035	0.00033
รวมความร้อนเข้า	MJ/h	Qin	6112.7	6112.7	16300.38	16300.37	24450.53	24450.52
	%		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
2. ความร้อน								
2.1 ความร้อนสูญเสียในก๊าซร้อน	MJ/h	Qg	539.67	401.81	1393.63	1214.65	2323.8	1873.69
	%		8.75	6.57	8.55	7.45	9.5	7.66
2.2 ความร้อนสูญเสียจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์	MJ/h	Qco	0.28	0.05	0.64	0.4	13.89	1.18
	%		0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00
2.3 ความร้อนสูญเสียจากโบลว์ดาวน์	MJ/h	Qb	109.34	110.95	290.48	293.98	431.44	440.23
	%		1.77	1.82	1.78	1.8	1.76	1.8
2.4 ความร้อนสูญเสียผ่านผนังหม้อน้ำ	MJ/h	Qr	28.32	28.32	28.32	28.32	28.32	28.32
	%		0.46	0.46	0.17	0.17	0.12	0.12

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การปรับปรุงการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ

ข้อมูลหม้อไอน้ำและข้อมูลทั่วไป	หน่วย	สัญญลักษณ์	Low		Medium		High	
			ค่าก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ค่าก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ค่าก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
2.5 ความร้อนของไอน้ำ	MJ/h	Qst	5491.01	5571.56	14587.31	14763.02	21665.92	22107.10
	%		89.02	91.15	89.49	90.57	88.56	90.42
รวมความร้อนออก	MJ/h	Qout	6168.62	6112.70	16300.38	16300.37	24463.38	24450.52
	%		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
สรุปผลการคำนวณ								
ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ อ้างอิงความร้อนต่ำ	%	Eff	89.37	90.79	89	90.16	88.06	90
Eff = (Qst - Qw)*100 / Qfc								
ปริมาณไอน้ำที่ผลิตได้								
S = Qst*1000 / (hg,st - hf,ref)	kg/h	S	2077.22	2107.69	5518.30	5584.78	8196.11	8363.00
ร้อยละของเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้	%	Esv	1.56		1.29		2.16	
Esv=(Eff,existing - Eff,target)*100 / Em,target								
ค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้	ลิตร/ปี	Cst	41,07.38		24,809.13		28,365.16	
Esv*FA								
ค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้	บาท/ปี	Cst	41,074		248,091		283,652	
Cst*Pf								
ผลประหยัดรวม								
Cst,low + Cs,tmed + Cst,hi			572,817					
ราคาเครื่อง ETC	บาท		564,192					
ระยะเวลาคืนทุน	ปี		0.98					

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง.

ข้อมูลการวัดไอน้ำของหม้อไอน้ำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อมูลการวัดไอน้ำของหม้อไอน้ำ **ก่อนติดตั้ง** เครื่องควบคุมการเผาไหม้แบบอัตโนมัติ

วัน เดือน ปี	น้ำที่เข้า (ลบ.ม.)	อุณหภูมิน้ำเข้า °C	น้ำมันเตาที่ใช้ (ลิตร)	ไอน้ำที่ผลิต (Kg)	ลิตร/ตัน
1/7/48	95.6	72	6,910	95,600	72.28
2/7/48	94.5	70	6,844	94,500	72.42
3/7/48	90.6	75	6,523	90,600	72.00
4/7/48					
5/7/48					
6/7/48	7.5	73	731	7,500	97.47
7/7/48	139.1	72	9,723	139,100	69.90
8/7/48	60.4	72	4,187	60,400	69.32
9/7/48	69.7	72	5,074	69,700	72.80
10/7/48	104.6	74	7,969	104,600	76.19
11/7/48	82.3	74	5,565	82,300	67.62
12/7/48	117.2	72	8,485	117,200	72.40
13/7/48	121.7	74	5,565	82,300	67.62
14/7/48	128.4	72	9,182	128,400	71.51
15/7/48	132.3	75	9,150	132,300	69.16
16/7/48	127.7	71	9,127	127,700	71.47
17/7/48	124.2	72	8,701	124,200	70.06
18/7/48	62.4	68	4,392	62,400	70.38
19/7/48	48.9	71	3,535	48,900	72.29
20/7/48	110.7	71	8,033	110,700	72.57
21/7/48	121.0	74	8,830	121,000	72.98
22/7/48	124.2	74	9,027	124,200	72.68
23/7/48	129.4	74	8,830	129,400	72.98
24/7/48	105.3	74	7,779	105,300	72.68
25/7/48	33.0	71	2,418	33,000	73.27
26/7/48	63.1	73	4,611	63,100	73.07
27/7/48	17.9	70	1,333	17,900	74.47
28/7/48					
29/7/48					
30/7/48					
31/7/48					
รวม/เฉลี่ย	2,311.7	72	166,171	2,311,700	72.95

ข้อมูลการวัดไอน้ำของหม้อไอน้ำ **ก่อนติดตั้ง** เครื่องควบคุมการเผาไหม้แบบอัตโนมัติ

วัน เดือน ปี	น้ำที่เข้า (ลบ.ม.)	อุณหภูมิน้ำเข้า °C	น้ำมันเตาที่ใช้ (ลิตร)	ไอน้ำที่ผลิต (Kg)	ลิตร/ตัน
1/8/48					
2/8/48					
3/8/48					
4/8/48	111.1	71	7,999	111,000	72.00
5/8/48	133.1	72	9,651	113,100	72.51
6/8/48	136.9	72	9,878	136,900	72.15
7/8/48	138.1	70	9,997	138,100	72.39
8/8/48	105.2	71	7,529	105,200	71.57
9/8/48	97.9	71	7,144	97,900	72.97
10/8/48	134.2	71	9,597	134,200	71.51
11/8/48	137.1	70	9,859	137,100	71.91
12/8/48	139.6	72	10,119	139,600	72.49
13/8/48	140.0	75	10,213	140,000	72.95
14/8/48	68.1	72	4,958	68,100	72.80
15/8/48	97.7	70	7,068	97,700	72.34
16/8/48	152.1	74	10,733	152,100	70.57
17/8/48	139.6	72	10,158	139,600	72.77
18/8/48	137.7	72	10,180	137,700	73.93
19/8/48	142.1	70	10,306	142,100	72.53
20/8/48	148.6	71	10,556	148,600	71.04
21/8/48	101.7	71	7,113	101,700	69.94
22/8/48					
23/8/48					
24/8/48	115.5	68	6,930	115,500	60.00
25/8/48	147.9	71	10,622	147,900	71.82
26/8/48	134.5	74	9,622	134,500	71.54
27/8/48	135.4	72	9,704	135,400	71.67
28/8/48	103.2	72	7,374	103,200	71.45
29/8/48					
30/8/48					
31/8/48	106.5	70	7,627	106,500	71.62
รวม/เฉลี่ย	3,003.8	71	214,937	3,003,800	71.52

ข้อมูลการวัดไอน้ำของหม้อไอน้ำ **ก่อนติดตั้ง** เครื่องควบคุมการเผาไหม้แบบอัตโนมัติ

วัน เดือน ปี	น้ำที่เข้า (ลบ.ม.)	อุณหภูมิน้ำเข้า °C	น้ำมันเตาที่ใช้ (ลิตร)	ไอน้ำที่ผลิต (Kg)	ลิตร/ตัน
1/9/48	126.4	75	8,873	126,400	70.20
2/9/48	131.3	75	9,286	131,300	70.72
3/9/48					
4/9/48	137.6	73	9,774	137,600	71.03
5/9/48	114.0	72	8,079	114,000	70.87
6/9/48					
7/9/48	112.8	75	7,890	112,800	69.95
8/9/48	135.4	74	9,564	135,400	70.64
9/9/48	139.6	74	10,000	139,600	71.63
10/9/48	143.9	75	10,964	143,900	76.19
11/9/48	117.8	71	8,643	117,800	73.37
12/9/48					
13/9/48					
14/9/48	141.5	75	9,641	141,500	68.13
15/9/48	146.8	72	10,667	146,800	72.66
16/9/48	143.9	72	10,073	143,900	70.00
17/9/48	142.1	72	10,409	142,100	73.25
18/9/48	148.6	75	10,780	148,600	72.54
19/9/48	141.5	72	10,125	141,500	71.55
20/9/48	139.5	74	10,065	139,500	72.15
21/9/48	145.4	72	10,382	145,400	71.40
22/9/48	142.8	74	10,145	142,800	71.04
23/9/48	137.7	74	9,654	137,700	70.11
24/9/48	123.8	75	8,646	123,800	69.84
25/9/48	131.4	74	9,264	131,400	70.55
26/9/48	137.3	71	9,893	137,300	72.05
27/9/48	130.9	74	9,336	130,900	71.32
28/9/48	128.4	71	8,580	128,400	66.82
29/9/48					
30/9/48					
รวม/เฉลี่ย	3,240.4	73	230,733	3,240,400	71.17

ข้อมูลการวัดไอน้ำของหม้อไอน้ำ **หลังติดตั้ง** เครื่องควบคุมการเผาไหม้แบบอัตโนมัติ

วัน เดือน ปี	น้ำที่เข้า (ลบ.ม.)	อุณหภูมิน้ำเข้า °C	น้ำมันเตาที่ใช้ (ลิตร)	ไอน้ำที่ผลิต (Kg)	ลิตร/ตัน
1/10/48	120.4	75	8,493	120,400	70.54
2/10/48	139.0	74	9,764	139,000	70.24
3/10/48	135.6	74	9,412	135,600	69.41
4/10/48	126.8	75	8,885	126,800	70.07
5/10/48	133.1	75	9,440	133,100	70.92
6/10/48	108.2	75	7,572	108,200	69.98
7/10/48	98.8	74	6,930	98,800	70.14
8/10/48	135.7	75	9,471	135,700	69.79
9/10/48	132.5	75	9,180	132,500	69.28
10/10/48	133.2	75	8,954	133,200	67.22
11/10/48	138.4	75	9,738	138,400	70.36
12/10/48	136.4	74	9,369	136,400	68.69
13/10/48	117.8	74	8,419	117,800	71.47
14/10/48	117.0	75	8,158	117,000	69.73
15/10/48	100.2	75	6,978	100,200	69.64
16/10/48	126.7	75	8,819	126,700	69.61
17/10/48	127.5	74	8,747	127,500	68.60
18/10/48	132.3	71	9,105	132,300	68.82
19/10/48	133.4	72	9,303	133,400	69.74
20/10/48	135.4	71	9,319	135,400	68.83
21/10/48	127.3	75	9,187	127,300	72.17
22/10/48	130.6	75	9,011	130,600	69.00
23/10/48	133.1	75	9,313	133,100	69.97
24/10/48	134.3	74	9,440	134,300	70.29
25/10/48	106.1	72	7,283	106,100	68.64
26/10/48					
27/10/48					
28/10/48	126.2	72	8,947	126,200	70.90
29/10/48	170.1	72	11,514	170,100	67.69
30/10/48	156.9	71	10,993	156,900	70.06
31/10/48	130.5	72	9,104	130,500	69.76
รวม/เฉลี่ย	3,743.5	74	260,848	3,743,500	69.71

ข้อมูลการวัดไอน้ำของหม้อไอน้ำ **หลังติดตั้ง** เครื่องควบคุมการเผาไหม้แบบอัตโนมัติ

วัน เดือน ปี	น้ำที่เข้า (ลบ.ม.)	อุณหภูมิน้ำเข้า °C	น้ำมันเตาที่ใช้ (ลิตร)	ไอน้ำที่ผลิต (Kg)	ลิตร/ตัน
1/11/48	105.8	74	7,580	105,800	71.64
2/11/48	122.5	74	8,651	122,500	70.62
3/11/48	111.7	74	7,812	111,700	69.94
4/11/48	75.6	75	5,203	75,600	68.82
5/11/48	106.7	72	7,429	106,700	69.63
6/11/48	115.0	75	8,077	115,000	70.23
7/11/48	121.4	74	8,573	121,400	70.62
8/11/48	129.1	75	9,101	129,100	70.50
9/11/48	124.4	75	8,800	124,400	70.74
10/11/48	128.0	74	9,057	128,000	70.76
11/11/48	117.1	72	8,437	117,100	72.05
12/11/48	96.0	74	6,862	96,000	71.48
13/11/48	123.5	75	8,715	123,500	70.57
14/11/48	127.3	74	9,135	127,300	71.76
15/11/48	130.2	75	9,210	130,200	70.74
16/11/48	128.6	72	8,983	128,600	69.85
17/11/48	125.4	72	8,965	125,400	71.49
18/11/48	115.1	74	8,372	115,100	72.74
19/11/48	102.5	72	7,278	102,500	71.00
20/11/48	116.3	74	8,203	116,300	70.53
21/11/48	120.9	75	8,557	120,000	70.78
22/11/48	119.5	74	8,667	119,500	72.53
23/11/48	132.1	75	9,354	132,100	70.81
24/11/48	115.7	74	8,411	115,700	72.70
25/11/48	141.0	74	9,825	141,000	69.68
26/11/48	118.0	72	8,230	118,000	69.75
27/11/48	122.8	75	8,650	122,800	70.44
28/11/48					
29/11/48					
30/11/48					
รวม/เฉลี่ย	1,944.8	74	137,648	1,944,800	70.85

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายสุชาติ สุวรรณาพิสิทธิ์ เกิดเมื่อวันที่ 22 มิถุนายน พ.ศ. 2519 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จากมหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี เมื่อปี พ.ศ. 2542 และได้เข้าศึกษาต่อในระดับบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ. 2546

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย