



การลดพลังงานไฟฟ้าในอุตสาหกรรมผลิตน้ำแข็งหลอด
Electrical Energy Saving in Tubed ice Industry

ภานนท์ จันทวงศ์
Panon Jantavong

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Minor Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of
Master of Engineering in Industrial Management
Prince of Songkla University
2555

ชื่อสารนิพนธ์ การลดพลังงานไฟฟ้าในอุตสาหกรรมผลิตน้ำแข็งหลอด
ผู้เขียน นายภานนท์ จันทวงศ์
สาขาวิชา การจัดการอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

คณะกรรมการสอบ

.....
(รองศาสตราจารย์ สมชาย ชูโณม)

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.องุ่น สังข์พงศ์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธเนศ รัตนะวิไล)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ สมชาย ชูโณม)

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.องุ่น สังข์พงศ์)

ประธานคณะกรรมการบริหารหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม

| | |
|---------------|--|
| ชื่อสารนิพนธ์ | การลดพลังงานไฟฟ้าในอุตสาหกรรมผลิตน้ำแข็งหลอด |
| ผู้เขียน | นายภานนท์ จันทวงศ์ |
| สาขาวิชา | การจัดการอุตสาหกรรม |
| ปีการศึกษา | 2554 |

บทคัดย่อ

การศึกษาการลดพลังงานไฟฟ้าในอุตสาหกรรมผลิตน้ำแข็งหลอดนั้น ได้ทำการศึกษากระบวนการผลิต วิธีการทำงาน และปัญหาในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตน้ำแข็งหลอดเล็ก โดยการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาและการสูญเสียที่เกิดขึ้น เพื่อกำหนดแนวทางการปรับปรุงวิธีการปฏิบัติอย่างถูกต้องและเป็นระบบในการเพิ่มประสิทธิภาพทางการผลิต โดยวัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้ เพื่อต้องการเพิ่มอัตราการผลิตไม่ต่ำกว่า 5% และเพื่อลดต้นทุนทางด้านพลังงานไฟฟ้าไม่ต่ำกว่า 5% ของกระบวนการผลิตน้ำแข็งหลอดเล็ก จึงได้ทำการศึกษาถึงปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลให้ขาดประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตน้ำแข็งหลอดเล็ก โดยได้วิเคราะห์ข้อมูลและดำเนินการศึกษาเพื่อหาสาเหตุของปัญหาโดยใช้เครื่องมือทางสถิติ เช่น แผนภูมิพาเรโต แผนภูมิกราฟ แผนภูมิแกงปลา และเทคนิค Why- Why Analysis พบว่าสาเหตุที่ทำให้อัตราการผลิตต่ำกว่ามาตรฐานอ้างอิง เกิดจากการใช้เครื่องจักรที่ไม่มีประสิทธิภาพ ขาดการตรวจสอบติดตามผล อันส่งผลต่ออัตราการผลิตที่ลดลงและต้นทุนทางพลังงานไฟฟ้าที่สูงขึ้น โดยในการปรับปรุงนั้นได้แก้ไขปัญหาทางด้านวิศวกรรม โดยการปรับเปลี่ยนเครื่องคอมเพรสเซอร์ที่มีคุณภาพดีกว่ามาใช้ในการผลิตและการบำรุงรักษาโดยทำความสะอาดคูลลิ่งทาวเวอร์กับคอนเดนเซอร์ รวมถึงกำหนดมาตรฐานการทำงานให้ชัดเจนในการตรวจสอบติดตามผลหลังการปรับปรุง ซึ่งภายหลังจากการปรับปรุงพบว่า อัตราการผลิตเพิ่มขึ้นจากเดิมเฉลี่ย 9.3% (เดิม 1.18 ตันต่อชั่วโมง เพิ่มขึ้นเป็น 1.29 ตันต่อชั่วโมง) และในส่วนของ การลดต้นทุนทางด้านพลังงานไฟฟ้านั้นได้ลดลงถึง 34.4% (เดิม 77,644 บาทต่อเดือน ลดลงเหลือ 50,898 บาทต่อเดือน) ซึ่งสามารถลดต้นทุนได้ประมาณ 26,746 บาทต่อเดือน ทั้งนี้เป็นผลมาจากการปรับปรุงตามแนวทางที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งจะส่งผลให้ได้อัตราการผลิตที่เพิ่มขึ้นและต้นทุนทางด้านพลังงานไฟฟ้าลดลงตามลำดับ

Minor Thesis Title Electrical Energy Saving in Tubed-ice Industry
Author Mr. Panon Jantavong
Major Program Industrial Management
Academic Year 2011

ABSTRACT

In this research, the production process, operating methods and problems occur at each stage of the electrical energy saving in tubed ice Industry. There is also the method to analyze and specify the problem including root cause and loss for improving the production process and increasing production efficiency in an appropriate and systematic manner. The objectives of the research were to increase the production rate at least 5% and to reduce the electrical energy cost at least 5% in the tubed ice production process. The factor affecting the tubed ice production process (low production rate and high electricity cost) were examined. The causes of problems were analyzed by Pareto diagrams, graphs, fish bone diagrams and Why-Why Analysis technique. It was found that the low production rate was resulted from the use of low quality machine, lack of inspection and monitoring, and inappropriate operating methods. To solve the problem, the engineering approach was applied. Tubed ice production process were modified by compressor, maintenance of cooling tower and condenser. This caused 9.3% increase of tubed ice capacity. Moreover, the operation procedure of tubed ice production process was established to standardize and clarify working method of tubed ice production process. As a result, it was found that the monthly production rate was increased 9.3% (from 1.18 ton/hr. to 1.29 ton/hr.). In terms of the energy, 21.8 kWh/ton or approximately 34.4% of electric usage was save (from 77,644 baht to 50,898 baht). This resulted in approximately 26,746 baht of cost savings per month. This improvement caused the increase of production rate and reduce the electrical energy cost, respectively.

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์เรื่อง การลดพลังงานไฟฟ้าในอุตสาหกรรมผลิตน้ำแข็งหลอด สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องด้วยความกรุณาจากรองศาสตราจารย์ สมชาย ชูโฉม ซึ่งท่านได้กรุณาให้คำแนะนำสำหรับแนวทางการทำวิจัยและข้อคิดเห็นต่างๆ ในการทำวิจัยครั้งนี้ด้วยดีเสมอมา ตลอดจนคณาจารย์ทุกท่านที่ได้กรุณาร่วมเป็นประธานและกรรมการสอบสารนิพนธ์ ซึ่งประกอบด้วย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อุ่น สังขพงศ์ (ประธานกรรมการ) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธเนศ รัตนวิไล (กรรมการ) ที่ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์เพื่อให้ผลการดำเนินการทำวิจัยออกมาได้อย่างถูกต้อง ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบคุณ คุณณภาพ จีระโร คุณวิจิตตรา หิ้นเตียน และคุณคมชัช เจริญพัทธ์ ตลอดจนพนักงานโรงงานผลิตน้ำแข็งหลอดทุกท่านที่ให้คำปรึกษา และให้ความร่วมมือจนการทดลองทำวิจัยสำเร็จลุล่วง ตลอดจนคุณพ้อมนุญ คุณแม่สมพร และคุณโสพนา จันทวงศ์ ที่ให้คำปรึกษาและเป็นกำลังใจจนสารนิพนธ์นี้ลุล่วงไปได้ด้วยดี

ภานนท์ จันทวงศ์

สารบัญ

| | หน้า |
|---|------|
| บทคัดย่อ | (3) |
| Abstract | (4) |
| กิตติกรรมประกาศ | (5) |
| สารบัญ | (6) |
| รายการตาราง | (8) |
| รายการภาพประกอบ | (10) |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| 1.1 บทนำต้นเรื่อง | 1 |
| 1.2 ความสำคัญและที่มาของปัญหา | 2 |
| 1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย | 7 |
| 1.4 ขอบเขตของการวิจัย | 7 |
| 1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย | 7 |
| บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 8 |
| 2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง | 8 |
| 2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 26 |
| บทที่ 3 วิธีการวิจัย | 32 |
| 3.1 ข้อมูลและสภาพปัจจุบันของสถานประกอบการ | 32 |
| 3.2 การศึกษาปัญหาในปัจจุบัน | 40 |
| 3.3 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา | 48 |
| 3.4 แนวทางในการลดพลังงานไฟฟ้า | 67 |
| บทที่ 4 ผลและการอภิปรายผลการปรับปรุง | 70 |
| 4.1 ผลการดำเนินการปรับปรุง | 70 |
| 4.2 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ | 94 |
| บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ | 97 |
| 5.1 สรุปผลการวิจัย | 97 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ | 98 |
| เอกสารอ้างอิง | 101 |

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|---|------|
| ภาคผนวก | |
| ก ข้อมูลค่ามาตรฐานอ้างอิง (STD 1) จากกำลังการผลิตสูงสุดของเครื่องจักร | 104 |
| ข้อมูลค่ามาตรฐานอ้างอิง (STD 2) | 106 |
| จากการคำนวณกำลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักร | |
| ข คุณสมบัติสารทำความเย็น R717 (AMMONIA) | 108 |
| ที่สภาวะของเหลวและไออิ่มตัว | |
| ค ข้อมูลแสดงเวลาจากการทำงานจริงในกระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์ | 112 |
| ข้อมูลแสดงเวลามาตรฐานอ้างอิงจากการทำงาน | 117 |
| ในกระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์ | |
| ข้อมูลแสดงเวลาจากการทำงานจริงในกระบวนการจัดเก็บผลิตภัณฑ์ | 122 |
| ข้อมูลแสดงเวลามาตรฐานอ้างอิงจากการทำงาน | 127 |
| ในกระบวนการจัดเก็บผลิตภัณฑ์ | |
| ง ตารางแสดงความดันสารทำความเย็นจากเครื่องคอมเพรสเซอร์ | 133 |
| ในกระบวนการผลิตน้ำแข็งหลอด | |
| จ ตารางแสดงข้อมูลก่อนปรับปรุงจากประสิทธิภาพการทำงาน | 138 |
| ของเครื่องคอมเพรสเซอร์ ชนิด 4 สูบ ประจำเดือน | |
| ตารางแสดงข้อมูลหลังปรับปรุงจากประสิทธิภาพการทำงาน | 142 |
| ของเครื่องคอมเพรสเซอร์ ชนิด 6 สูบ ประจำเดือน | |
| ฉ ตารางแสดงข้อมูลก่อนปรับปรุงจากกระบวนการผลิตน้ำแข็งหลอดเล็ก | 146 |
| ประจำเดือน | |
| ตารางแสดงข้อมูลหลังปรับปรุงจากกระบวนการผลิตน้ำแข็งหลอดเล็ก | 150 |
| ประจำเดือน | |
| ช รายการค่าใช้จ่ายรวมในการปรับปรุงเพื่อลดพลังงานไฟฟ้า | 154 |
| ในกระบวนการผลิตน้ำแข็งหลอดเล็ก | |
| ประวัติผู้เขียน | 155 |

รายการตาราง

| ตารางที่ | หน้า | |
|----------|--|----|
| 1.1 | โครงสร้างต้นทุนในการผลิตน้ำแข็งหลอดเล็ก | 3 |
| 1.2 | ข้อมูลจากกระบวนการผลิตน้ำแข็งหลอดเล็ก ในเดือน มกราคม ถึงเดือน มิถุนายน ปี พ.ศ.2554 | 4 |
| 2.1 | คำนวณค่า COP ก่อน-หลัง การล้างทำความสะอาดคอนเดนเซอร์ | 21 |
| 2.2 | แยกสาเหตุเพื่อการลดความสูญเสียเปล่า | 27 |
| 3.1 | การสูญเสียระหว่างกระบวนการผลิตน้ำแข็งหลอดเล็ก | 40 |
| 3.2 | เวลายาตรฐานอ้างอิงจากการทำงานของกระบวนการผลิตน้ำแข็งหลอดเล็ก | 42 |
| 3.3 | เวลาจากการทำงานจริงในระหว่างกระบวนการผลิตน้ำแข็งหลอดเล็ก | 43 |
| 3.4 | ข้อมูลการสูญเสียเวลาระหว่างกระบวนการผลิตน้ำแข็งหลอดเล็ก | 44 |
| 3.5 | ค่ามาตรฐานอ้างอิงจากกำลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักร ในกระบวนการผลิตน้ำแข็งหลอดเล็ก | 45 |
| 3.6 | ค่าเฉลี่ยพลังงานไฟฟ้าที่ใช้จริงในระหว่างกระบวนการผลิตน้ำแข็งหลอดเล็ก | 46 |
| 3.7 | ข้อมูลการสูญเสียค่าพลังงานไฟฟ้าระหว่างกระบวนการผลิตน้ำแข็งหลอดเล็ก | 47 |
| 3.8 | สรุปสาเหตุปัญหาและแนวทางในการแก้ไข | 51 |
| 3.9 | การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาและแนวทางการแก้ไข62 โดยใช้เทคนิค Why-Why Analysis | |
| 3.10 | สรุปสาเหตุปัญหาและแนวทางการแก้ไขในกระบวนการผลิตน้ำแข็งหลอดเล็ก | 69 |
| 4.1 | ข้อมูลประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องคอมเพรสเซอร์ ชนิด 4 สูบ (ก่อนปรับปรุง) | 71 |
| 4.2 | ข้อมูลทางเทคนิคของเครื่องคอมเพรสเซอร์ ชนิด 4 สูบ (ก่อนปรับปรุง) | 72 |
| 4.3 | การวิเคราะห์เปรียบเทียบสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (Coefficient Performance: COP) ของคอมเพรสเซอร์ | 72 |
| 4.4 | ข้อมูลทางเทคนิคของเครื่องคอมเพรสเซอร์ ชนิด 6 สูบ (หลังปรับปรุง) | 76 |
| 4.5 | ข้อมูลอัตราการผลิตและการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อน-หลัง การปรับปรุงคอมเพรสเซอร์ ในเดือน กรกฎาคม ปี พ.ศ. 2554 ถึงเดือน มกราคม ปี พ.ศ.2555 | 78 |
| 4.6 | สรุปผลจากข้อมูลเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุงเครื่องคอมเพรสเซอร์ | 79 |
| 4.7 | การบำรุงรักษาโดยการล้างทำความสะอาดคูลิ่งทาวเวอร์และคอนเดนเซอร์ | 81 |
| 4.8 | รายการบำรุงรักษาคูลิ่งทาวเวอร์และคอนเดนเซอร์ | 82 |
| 4.9 | แบบฟอร์มควบคุมการทำงานห้องเครื่องผลิตน้ำแข็งหลอดเล็ก | 83 |

รายการตาราง (ต่อ)

| ตารางที่ | หน้า | |
|----------|---|----|
| 4.10 | เปรียบเทียบกิจกรรมบนแผนภูมิขั้นตอนการทำงานก่อนและหลังการปรับปรุง | 87 |
| 4.11 | ข้อมูลอัตราการผลิตและการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อน-หลัง การปรับปรุงในเดือน กรกฎาคม ปี พ.ศ. 2554 ถึงเดือน มกราคม ปี พ.ศ.2555 | 89 |
| 4.12 | ค่าใช้จ่ายรวมในการปรับปรุงเพื่อลดค่าพลังงานไฟฟ้า ในกระบวนการผลิตน้ำแข็งหลอดเล็ก | 95 |
| 4.13 | แสดงการคำนวณจุดคุ้มทุนจากการปรับปรุงในกระบวนการผลิตน้ำแข็งหลอดเล็ก | 95 |

รายการภาพประกอบ

| รูปที่ | หน้า | |
|--------|--|----|
| 1.1 | กระบวนการผลิตน้ำแข็งหลอดเล็ก | 2 |
| 1.2 | การเปรียบเทียบน้ำหนักผลิตภัณฑ์ ต่อระยะเวลาการผลิตน้ำแข็งหลอดเล็กกับค่ามาตรฐานอ้างอิง | 5 |
| 1.3 | การเปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าต่อน้ำหนักการผลิตกับค่ามาตรฐานอ้างอิง | 6 |
| 2.1 | วงจรเดมมิ่ง | 8 |
| 2.2 | หลักการพาเรโตของการวิเคราะห์ลูกค้าและปริมาณยอดขาย | 11 |
| 2.3 | โครงสร้างของแผนภาพก้างปลา | 12 |
| 2.4 | วิธีการคิดของ Why-Why analysis | 13 |
| 2.5 | กราฟแท่ง | 14 |
| 2.6 | กราฟเส้น | 15 |
| 2.7 | แผนภูมิควบคุม | 16 |
| 2.8 | แสดงอุปกรณกับจุดต่างในแผนภูมิความดัน-เอนทาลปี | 17 |
| 2.9 | แผนภูมิความดัน-เอนทาลปีสารทำความเย็น R-717 (แอมโมเนีย) | 19 |
| 3.1 | แผนผังไลน์การผลิตของโรงงาน | 32 |
| 3.2 | กระบวนการทำงานของเครื่องจักร ในสายการผลิตที่ 1 | 34 |
| 3.3 | กระบวนการผลิตน้ำแข็งหลอดเล็ก | 36 |
| 3.4 | การปรับสภาพน้ำ | 37 |
| 3.5 | กระบวนการผลิตน้ำแข็งหลอดเล็ก | 38 |
| 3.6 | การบรรจุผลิตภัณฑ์ | 39 |
| 3.7 | การจัดเก็บผลิตภัณฑ์ | 39 |
| 3.8 | การสูญเสียระหว่างกระบวนการผลิตน้ำแข็งหลอดเล็ก | 41 |
| 3.9 | เปอร์เซ็นต์การสูญเสียเวลาในการผลิตของกระบวนการผลิตน้ำแข็งหลอดเล็ก | 44 |
| 3.10 | เปอร์เซ็นต์การสูญเสียค่าพลังงานไฟฟ้าจากกระบวนการผลิตน้ำแข็งหลอดเล็ก | 48 |
| 3.11 | แผนภาพก้างปลาแสดงสาเหตุที่ทำให้เกิดการสูญเสียค่าพลังงานไฟฟ้า ในกระบวนการผลิตน้ำแข็งหลอดเล็ก | 50 |
| 3.12 | แผนภูมิขั้นตอนการทำงานของกระบวนการผลิตน้ำแข็งหลอดเล็ก | 58 |
| 3.13 | แผนผังการไหลของกระบวนการผลิตน้ำแข็งหลอดเล็ก (Flow diagram) | 60 |

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

| รูปที่ | หน้า | |
|--------|--|----|
| 3.14 | เครื่องคอมเพรสเซอร์ก่อนปรับปรุงในกระบวนการผลิตน้ำแข็งหลอดเล็ก | 67 |
| 3.15 | คูลิ่งทาวเวอร์และคอนเดนเซอร์ก่อนปรับปรุงในการระบายความร้อน | 68 |
| 4.1 | การปรับปรุงเครื่องคอมเพรสเซอร์ | 77 |
| 4.2 | การบำรุงรักษาโดยการล้างทำความสะอาดคูลิ่งทาวเวอร์และคอนเดนเซอร์ | 80 |
| 4.3 | แผนภูมิขั้นตอนการทำงานของกระบวนการผลิตน้ำแข็งหลอดเล็ก | 85 |
| 4.4 | เปรียบเทียบน้ำหนักรวมต่อระยะเวลาการผลิตน้ำแข็งหลอดเล็ก ก่อนและหลังการปรับปรุง | 91 |
| 4.5 | เปรียบเทียบผลการปรับปรุงอัตราการผลิตในกระบวนการผลิตน้ำแข็งหลอดเล็ก | 92 |
| 4.6 | เปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าต่อน้ำหนักการผลิตก่อนและหลังการปรับปรุง | 93 |
| 4.7 | เปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่เกินค่ามาตรฐานอ้างอิง ในกระบวนการผลิตน้ำแข็งหลอดเล็ก | 94 |