การลดพลังงานไฟฟ้าของคอนเดนเซอร์แบบระเหยในระบบทำความเย็น
กรณีศึกษา: โรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง จังหวัดสงขลา

Reducing Evaporative Condenser Power in Cooling System
: A Case Study of Frozen Seafood Factories in Songkhla Province

พิเชษฐ นิลพันธ์
Pichet Nilphun

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
2556

ชื่อสารนิพนธ์ การลดพลังงานไฟฟ้าของคอนเดนเซอร์แบบระเหยในระบบทำความเย็น
กรณีศึกษา: โรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง จังหวัดสงขลา
ผู้เขียน นายพิเชษฐ นิลพันธ์
สาขาวิชา การจัดการอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

.....
(รองศาสตราจารย์ สมชาย ชูโฉม)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.องุ่น สังขพงศ์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ สมชาย ชูโฉม)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กลางเดือน โพชนา)

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.องุ่น สังขพงศ์)
ประธานคณะกรรมการบริหารหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม

ชื่อสารนิพนธ์ การลดพลังงานไฟฟ้าของคอนเดนเซอร์แบบระเหยในระบบทำความเย็น
กรณีศึกษา: โรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง จังหวัดสงขลา
ผู้เขียน นายพิเชษฐ นิลพันธ์
สาขาวิชา การจัดการอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา 2555

บทคัดย่อ

สารนิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของคอนเดนเซอร์แบบระเหย ที่เกิดจากการทำงานของมอเตอร์พัดลมในระบบทำความเย็น ของโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง (โรงงานกรณีศึกษา) โดยมีเป้าหมายไม่น้อยกว่าร้อยละ 20 ดำเนินการโดย ศึกษาปัญหาการทำงานของมอเตอร์พัดลมและปั๊มน้ำของคอนเดนเซอร์แบบระเหย โดยการประยุกต์ใช้เครื่องมือคุณภาพตามขั้นตอนของ PDCA ซึ่งแบ่งขั้นตอนการดำเนินการวิจัยออกเป็น 4 ขั้นตอน ประกอบด้วย 1) ขั้นตอนการวางแผน (Plan) ศึกษาข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของโรงงานกรณีศึกษา วิเคราะห์สาเหตุพร้อมทั้งกำหนดแนวทางในการแก้ไขปรับปรุง โดยอาศัยเครื่องมือคุณภาพคือ พาเรโต้ และ Why-Why Analysis 2) ขั้นตอนการทำ (Do) นำผลหรือแนวทางที่ได้จากขั้นตอนแรกไปทดลองใช้งานเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงงานกรณีศึกษา 3) ขั้นตอนการตรวจสอบ (Check) ตรวจสอบผลจากการดำเนินการตามขั้นตอนการทำ โดยการนำผลที่ได้มาทำการวิเคราะห์หาข้อบกพร่อง เพื่อประเมินผลและทบทวนกระบวนการให้ตรงกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย และ 4) ขั้นตอนการนำไปปฏิบัติ (Act) นำผลที่ได้จากขั้นตอนที่ 3 มาใช้งานจริงในโรงงานกรณีศึกษา

ผลจากการวิเคราะห์ปัญหาพบว่ามอเตอร์พัดลมและปั๊มน้ำของคอนเดนเซอร์แบบระเหย แต่ละตัวต้องทำงานตลอดเวลา ถึงแม้ว่าอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนมีค่าต่ำ ผู้วิจัยได้เลือกแนวทางแก้ไข โดยการติดตั้งอินเวอร์เตอร์และหัววัดอุณหภูมิของน้ำ เพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์พัดลมจำนวน 3 ชุด แทนอุปกรณ์ PLC ที่ใช้ควบคุมการทำงานของมอเตอร์อยู่เดิม และพบว่าก่อนการปรับปรุงคอนเดนเซอร์แบบระเหยมีการใช้กำลังไฟฟ้าต่อชุด 14,781.6 กิโลวัตต์.ชั่วโมงต่อเดือน หรือรวมทั้งหมดเท่ากับ 44,344.80 กิโลวัตต์.ชั่วโมงต่อเดือน แต่หลังจากทำการปรับปรุงพบว่ากำลังไฟฟ้าของคอนเดนเซอร์แบบระเหยลดลงไปได้ 21,887.41 กิโลวัตต์.ชั่วโมงต่อเดือน หรือเฉลี่ยลดลงเท่ากับ 50.64 % และเมื่อคิดอัตราค่าไฟฟ้า 3.30 บาทต่อกิโลวัตต์.ชั่วโมง พบว่าโรงงานกรณีศึกษาสามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้จำนวน 72,228.40 บาทต่อเดือน หรือประมาณ 866,740.80 บาทต่อปี โดยมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนอุปกรณ์ทั้งหมด 3 ชุด เป็นเงินจำนวน 254,700 บาท ดังนั้นการปรับปรุงการทำงานของมอเตอร์พัดลมของคอนเดนเซอร์แบบระเหยครั้งนี้ มีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 4 เดือน

Minor Thesis Title	Reducing Evaporative Condenser Power in Cooling System : A Case Study of Frozen Seafood Factories in Songkhla Province
Author	Mr. Pichet Nilphun
Major Program	Industrial Management
Academic Year	2012

ABSTRACT

The purpose of this master project was to reduce the electric energy of evaporative condenser caused by the operation of fan motor in the refrigeration system of a frozen seafood factory (the factory of case study). The goal of electric energy reduction was not less than 20%. The research was started by studying the operational problems on fan motor and water pump of evaporative condenser to improve and reduce the electricity used in the system. The fan motor of evaporative condenser applied by using the qualitative instrument according to the PDCA stage could be divided by the methodology method into 4 stages as follows: 1) Plan; to study the information of electricity use of case study factory to determine the problems and conclude the causes as well as finding out the ways to solve the problems by using the qualitative instruments which included Pareto diagram and Why-Why Analysis, 2) Do ; to test the results obtained from the first stage to reduce the energy use and expenses from electricity use of the case study factory, 3) Check; to check the results from following these stages by analyzing the results to find out the defects in order to evaluate and review the process to be in accordance with the research objectives, and 4) Act; to apply the results from the 3rd stage in the real situation use in the case study factory.

According to the results obtained from the problem analysis, the fan motors, and pumps of evaporative condensers, each must work all the time and even if the temperature of the cooling water is low. The researcher concluded the ways to solve the problems by installing the inverter and probe for the water temperatures to control the operation of 3 sets of fan motors. The results revealed that before improving the evaporative condenser, the electricity power use per set was equal to 14,781.6 Kw.hr/Month or 44,344.80 Kw.hr/Month, totally, whereas after improving, the electricity power of evaporative condenser was reduced by 21,887.41 Kw.hr/Month (50.64 %). When the electricity cost of the case study factory was calculated at 3.30 baht/kw.hr, it was found that the case study factory could save the electricity cost for 72,228.40 baht/month (866,740.80 baht/year). The investment of all equipment on these 3 sets of fan motors was at 254,700 baht, and therefore, the payback period of a investment was around 4 months.

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้ประสบความสำเร็จได้ด้วยดี ด้วยคำชี้แนะ ตลอดจนการตรวจสอบจากรองศาสตราจารย์ สมชาย ชูโฉม อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.องุ่น สังขพงศ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กลางเดือน โพชนา กรรมการสอบสารนิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำชี้แนะแนวทางในการทำสารนิพนธ์ และได้ตรวจสอบเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องในสารนิพนธ์ฉบับนี้อันเป็นประโยชน์สำหรับผู้วิจัยในการจัดทำสารนิพนธ์ ผู้วิจัยรู้สึกเป็นพระคุณอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอบคุณพี่ๆเพื่อนๆ ทุกคน ที่มิได้เอ่ยนามที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจตลอดมา ทำให้สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ท้ายสุดนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ และคุณแม่อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ตลอดจนญาติพี่น้องที่เป็นกำลังใจ และสนับสนุนในการทำสารนิพนธ์ในครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ประโยชน์และคุณค่าของสารนิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญุตา กตเวทีแก่บิดามารดา ครูอาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านด้วยความเคารพอย่างยิ่ง

พิเชษฐ นิลพันธ์

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อ		(3)
Abstract		(4)
กิตติกรรมประกาศ		(5)
สารบัญ		(6)
รายการตาราง		(8)
รายการภาพ		(9)
บทที่ 1	บทนำ	1
	1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	6
	1.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	6
	1.4 ขอบเขตของการวิจัย	7
	1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	7
บทที่ 2	แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	10
	2.1 ระบบทำความเย็นที่ใช้อุตสาหกรรม	10
	2.2 หลักการปรับปรุงคุณภาพด้วยหลักการของ PDCA	19
	2.3 เครื่องมือสำหรับการปรับปรุงคุณภาพ	20
	2.4 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์	25
	2.5 ทฤษฎีสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (Coefficient of Performance: COP)	26
	2.6 ทฤษฎีเกี่ยวกับมอเตอร์	29
	2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	38
บทที่ 3	การวิเคราะห์ และดำเนินการ	44
	3.1 ขั้นตอนการวางแผน (Plan)	45
	3.2 ขั้นตอนการทำ (Do)	53
	3.3 ขั้นตอนการตรวจสอบ (Check)	58
	3.4 ขั้นตอนการนำไปปฏิบัติ (Act)	61
บทที่ 4	ผลการดำเนินงานวิจัย และการอภิปราย	63
	4.1 ผลของขั้นตอนการวางแผน	63
	4.2 ผลของขั้นตอนการทำ	64
	4.3 ผลของขั้นตอนการตรวจสอบ	65

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
	4.4 ผลของขั้นตอนการนำไปปฏิบัติ	72
	4.5 สรุปท้ายบท และการอภิปรายผล	72
บทที่ 5	สรุปผล และข้อเสนอแนะ	74
	5.1 สรุปผลการวิจัย	74
	5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต	75
บรรณานุกรม		76
ภาคผนวก		79
	ภาคผนวก ก ตารางคุณสมบัติสารทำความเย็น R717 (AMMONIA)	80
	ภาคผนวก ข ข้อมูลของเครื่องคอมเพรสเซอร์ที่ใช้งานกับระบบทำความเย็น โรงงานแช่แข็งกรณีศึกษา	84
	ภาคผนวก ค รายงานการประชุม	86
	ภาคผนวก ง ผลการบันทึกค่ากระแสไฟฟ้ามอเตอร์พัดลม คอนเดนเซอร์แบบระเหย จำนวน 6 ชุด	89
	ภาคผนวก จ ขั้นตอนการนำไปปฏิบัติของระบบทำความเย็น	93
ประวัติผู้วิจัย		100

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	ชื่อ และการทำงานของอุปกรณ์ในระบบทำความเย็นของโรงงานกรณีศึกษา	5
2.1	ค่า PF โดยทั่วไปที่ยังไม่มีการปรับปรุงสำหรับภาคอุตสาหกรรม และธุรกิจแต่ละประเภท	34
2.2	ค่า PF ตามปกติของอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละประเภท	35
3.1	ชั่วโมงการทำงานของอุปกรณ์ในระบบทำความเย็นของโรงงานกรณีศึกษา	49
4.1	แสดงการเปรียบเทียบการใช้กำลังไฟฟ้าแต่ละชุด ก่อน และหลังจากการติดตั้งอินเวอร์เตอร์	67
4.2	ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าต่อผลผลิตสำเร็จรูปก่อนการติดตั้งอินเวอร์เตอร์	68
4.3	ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าต่อผลผลิตสำเร็จรูปหลังการติดตั้งอินเวอร์เตอร์	69
4.4	วิเคราะห์หาผลได้ส่วนเพิ่มจากการลงทุนปรับปรุงคอนเดนเซอร์แบบระเหย	71
4.5	วิเคราะห์หาผลได้ส่วนเพิ่มจากผลของการปรับปรุงคอนเดนเซอร์แบบระเหย	71

รายการภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงงานกรณีศึกษา ตั้งแต่เดือนมกราคม ปี พ.ศ.2553 ถึงเดือน ธันวาคม ปี พ.ศ.2555	2
1.2	จำแนกค่าใช้จ่ายจากการใช้ไฟฟ้าแต่ละหน่วยงานของโรงงานกรณีศึกษาย้อนหลัง 3 ปี ในเดือน มกราคม ปี พ.ศ.2553 ถึงเดือนธันวาคม ปี พ.ศ.2555	3
1.3	จำแนกค่าใช้จ่ายจากการใช้ไฟฟ้าในหน่วยงานย่อยของระบบทำความเย็น โรงงานกรณีศึกษาย้อนหลัง 3 ปี ในเดือน มกราคม ปี พ.ศ.2553 ถึงเดือนธันวาคม ปี พ.ศ.2555	4
1.4	ลักษณะการทำงาน PLC	8
1.5	คอนแทกเตอร์	8
1.6	อินเวอร์เตอร์	9
1.7	Temperature Controller	9
2.1	วงจรพื้นฐานระบบทำความเย็นแบบ Indirect Contact	11
2.2	พื้นฐานระบบทำความเย็นแบบ Direct Contact	12
2.3	เครื่องอัดสารทำความเย็นแบบต่างๆ	13
2.4	เครื่องควบแน่นแบบต่างๆ	13
2.5	เครื่องระเหยสารทำความเย็น	14
2.6	วงจรระบบขยายตัวโดยตรง	15
2.7	วงจรระบบท่วมคอยล์	16
2.8	วงจรระบบปั๊มหมุนเวียน	16
2.9	การลดอุณหภูมิแบบ Sharp Freezer	17
2.10	การลดอุณหภูมิแบบ Contact Freezer	17
2.11	การลดอุณหภูมิแบบ Air Blast Freezer ในลักษณะ Tunnel Freezer	18
2.12	การลดอุณหภูมิแบบ Air Blast Freezer ในลักษณะ Belt Freezer	18
2.13	การลดอุณหภูมิแบบ Cryogenic Freezer	19
2.14	กราฟแท่ง	21
2.15	กราฟเส้น	21
2.16	ตัวอย่างแผนภูมิพาเรโต	22
2.17	วิธีการคิดของ Why–Why Analysis	23
2.18	มาตรการอยู่ที่การพลิกกลับด้านของ “ทำไม”	24
2.19	แสดงอุปกรณ์กับจุดต่างในแผนภูมิความดัน-เอนทาลปี	26

2.20 แสดงความสัมพันธ์ของความดัน 28
2.21 ส่วนต่างๆ ของมอเตอร์ 30

รายการภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
2.22	การใช้สายพานร่วมกับ PULLEY ของมอเตอร์	31
2.23	การใช้เกียร์ทด หรือ มอเตอร์เกียร์ของมอเตอร์	31
2.24	การใช้อุปกรณ์อิเล็คทรอนิคส์ของมอเตอร์	32
2.25	Variable Speed Drive (VSD)	33
2.26	สัญลักษณ์ของวงจรแบบสตาร์-เดลต้า (Star-Delta)	38
3.1	ขั้นตอนของ PDCA	45
3.2	ระบบทำความเย็นทั้งหมดของโรงงานกรณีศึกษา	46
3.3	หลักการทำงานระบบทำความเย็นของโรงงานกรณีศึกษา	47
3.4	การวิเคราะห์การทำงานของอุปกรณ์ในระบบทำความเย็น	49
3.5	การวิเคราะห์สาเหตุพลังงานไฟฟ้าในระบบทำความเย็นสูง โดยใช้หลักการประยุกต์ของ Why-Why Analysis	50
3.6	วงจรไฟฟ้าเดิมในคอนเดนเซอร์แบบระเหย	51
3.7	วงจรไฟฟ้าในคอนเดนเซอร์แบบระเหยที่ต้องการปรับปรุง	52
3.8	ห้องควบคุมการทำงานระบบทำความเย็น	53
3.9	พื้นที่สำหรับติดตั้งตัววัดอุณหภูมิน้ำ	54
3.10	การวัดกำลังไฟฟ้าขณะที่มอเตอร์พัดลมทำงาน	54
3.11	การเก็บข้อมูลการทำงานของคอมเพรสเซอร์	55
3.12	ทำการติดตั้ง และประกอบอินเวอร์เตอร์เข้ากับตู้ควบคุมการทำงาน	56
3.13	ทำการติดตั้งชุดควบคุมอุณหภูมิน้ำและการต่อสายไฟฟ้าเข้ากับอินเวอร์เตอร์	57
3.14	ทำการติดตั้งหัววัดอุณหภูมิน้ำ และต่อชุดไฟฟ้า	57
3.15	ขั้นตอนของการตรวจสอบ	58
3.16	ทดสอบการทำงานของอินเวอร์เตอร์	59
3.17	ทดสอบการทำงานของชุดควบคุมอุณหภูมิของน้ำ	59
3.18	ทดสอบการทำงานของหัววัดอุณหภูมิของน้ำ	60
3.19	ทดสอบการทำงานของมอเตอร์พัดลมระบายอากาศ	60
3.20	ขั้นตอนของการนำไปปฏิบัติ	61
4.1	เปรียบเทียบข้อมูลการใช้กำลังไฟฟ้าของคอนเดนเซอร์แบบระเหย ก่อน และหลังติดตั้งอินเวอร์เตอร์	68
4.2	เปรียบเทียบข้อมูลการใช้ไฟฟ้าต่อผลผลิตสำเร็จรูป ก่อน และหลังติดตั้งอินเวอร์เตอร์	70