

การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในโรงงานประกอบแผ่นลายวงจรพิมพ์



นายชัยโชติ พิบูลย์ธนานนท์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2549

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ELECTRICITY ENERGY CONSERVATION OF PRINTED CIRCUIT BOARD  
ASSEMBLY INDUSTRY

Mr. Chaichoti Pibontananon

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 2006

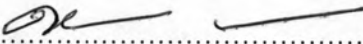
Copyright of Chulalongkorn University

**491815**

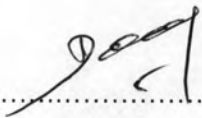
หัวข้อวิทยานิพนธ์      การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในโรงงานประกอบแผ่นลายวงจรพิมพ์  
โดย                              นายชัยโชติ พิบูลย์ธนานนท์  
สาขาวิชา                      วิศวกรรมอุตสาหการ  
อาจารย์ที่ปรึกษา              รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ธิจิรวณิช  
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม        ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร

---

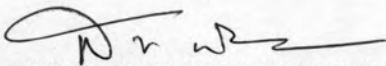
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้  
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

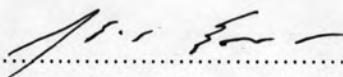
  
..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์  
(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ธิจิรวณิช)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร)

  
..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุตทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน)

ชัยโชติ พิบูลย์ธนานนท์ : การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในโรงงานประกอบแผ่นลายวงจรพิมพ์  
(ELECTRICITY ENERGY CONSERVATION OF PRINTED CIRCUIT BOARD  
ASSEMBLY INDUSTRY) อ.ที่ปรึกษา : รศ. ดร. วันชัย วิจิรวนิช, อ. ที่ปรึกษาร่วม : ผศ.  
ดร. สมชาย พัวจินดาเนตร, 178 หน้า.

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาโครงสร้างการใช้พลังงานไฟฟ้าและเสนอแผนการ  
อนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในโรงงานประกอบแผ่นลายวงจรพิมพ์

ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา การใช้พลังงานไฟฟ้าภายในประเทศไทยเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก  
เนื่องมาจากการขยายตัวทางเศรษฐกิจ และการขยายตัวของอุตสาหกรรมในประเทศ อุตสาหกรรม  
อิเล็กทรอนิกส์เป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าสูง ในโรงงานกรณีตัวอย่างก็  
เช่นเดียวกัน ช่วงระยะเวลา 3 ปีที่ผ่านมา ความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้นอย่าง  
ต่อเนื่อง การวิจัยจะทำการศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม  
ศึกษากระบวนการผลิต และเก็บรวบรวมข้อมูลด้านการผลิต กำลังการผลิต และการใช้พลังงาน  
ของโรงงานกรณีศึกษา นำข้อมูลมาวิเคราะห์หาค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยผลผลิต  
(SEC) ในปี 2548 มีค่าเฉลี่ยของ SEC อยู่ที่ 1.05 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ชิ้น (หน่วยผลผลิตเทียบเท่า)  
จากนั้นเริ่มคิดหามาตรการอนุรักษ์พลังงานและการประหยัดพลังงานซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระยะ คือ  
ระยะสั้น (1-2 ปี) ระยะกลาง (3-5 ปี) และ ระยะยาว (6-8 ปี) แล้วนำข้อมูลมาเปรียบเทียบระหว่าง  
ก่อนมีมาตรการและหลังมีมาตรการ ผลปรากฏว่า มาตรการอนุรักษ์พลังงานระยะสั้นสามารถช่วย  
ประหยัดค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าได้กว่า 5.6% ต่อปี และมีแผนรองรับสำหรับระยะกลางและระยะ  
ยาว

ผลสรุปจากการดำเนินงานดังกล่าว สามารถเขียนเป็นคู่มือปฏิบัติการ (Procedure  
Manual) และ เอกสารขั้นตอนการปฏิบัติงาน (Work Instruction) โดยใช้หลักการของ SPER  
(Standard, Performance, Evaluate, Review) เพื่อให้โรงงานกรณีศึกษานั้นมีการอนุรักษ์  
พลังงานที่ยั่งยืน เพื่อที่จะเป็นประโยชน์ต่อโรงงานกรณีศึกษาและโรงงานอื่นๆ และเป็นประโยชน์ใน  
การวางแผนด้านพลังงานไฟฟ้าของประเทศชาติต่อไป

ภาควิชา.....วิศวกรรมอุตสาหกรรม.....  
สาขาวิชา.....วิศวกรรมอุตสาหกรรม.....  
ปีการศึกษา.....2549.....

ลายมือชื่อนิสิต.....ชัยโชติ.....พิบูลย์ธนานนท์.....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

# # 4771414621: MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORD: ELECTRICITY/ ENERGY CONSERVATION/ PCBA/ PROCEDURE/ WORK INSTRUCTION/ EQUIVALENT UNIT (EU)/ SEC

CHAIYACHOTI PIBOONTANANON: ELECTRICITY ENERGY CONSERVATION OF PRINTED CIRCUIT BOARD ASSEMBLY INDUSTRY. THESIS ADVISOR : ASSOC.PROF. VANCHAI RIJIRAVANICH, Ph.D, THESIS COADVISOR : ASST.PROF. SOMCHAI PUAJINDANETR, Ph.D, 178 pp.

The purpose of this thesis is to study the structure of electricity consumption and proposes plan for electricity energy conservation in a printed circuit board assembly factory.

During the past ten years in Thailand, electricity consumption has been increasing due to the growth of economic and industrial business. Electronics industry is one of industries that require high demand of electricity consumption. The demand for electricity consumption has been also increased during the past three years. In this research, theory of energy conservation in industry has been investigated along with manufacturing process and energy conservation in the factory. In 2005, Specific Energy Consumption (SEC) was 1.05 kWh/Unit (EU). The energy conservation and saving plans have been developed in three phases: short term (1-2 years), medium term (3-5 years) and long term (6-8 years). The results between before and after implementing energy conservation plan have been compared. We discovered that the short term plan can help saving the electricity consumption and cost by 5.6% per year. Moreover, medium term and long term plan are ready for implementation in sequence in the future.

In this paper, we created procedure and work instruction by using SPER concept which can help the company to maintain the energy conservation all over the time. This paper would be beneficial for the factory under study and other factories. Furthermore, it would be helpful for electricity planning in the future.

Department...Industrial Engineering.. Student's Signature.....  
Field of study Industrial Engineering.. Advisor's Signature.....  
Academic year.....2006..... Co-advisor's Signature.....



## กิตติกรรมประกาศ

ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร. วันชัย วิจิรวินิช และผศ.ดร. สมชาย พัวจินดาเนตร ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ให้ความรู้ และเป็นผู้เสนอแนะแนวทางการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์ ขอกราบขอบพระคุณประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รศ. ดำรง ทวีแสงสกุลไทย และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผศ. สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน ที่ให้ความรู้และคำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นอย่างมาก รวมทั้งขอขอบคุณเพื่อนร่วมงานแผนกต่างๆ ที่ให้ความช่วยเหลืออนุเคราะห์ด้านข้อมูลเพื่อใช้ในการประกอบการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ท้ายสุดนี้ คุณประโยชน์อันพึงจะได้รับจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้ บิดามารดา และคณาจารย์ทุกท่าน เพื่อน้อมรำลึกถึงพระคุณในการศึกษาแก่ผู้วิจัยตลอดมา

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อวิทยานิพนธ์.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่	
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	3
1.1.1 ข้อมูลและสภาพทั่วไป.....	3
1.1.2 ลักษณะผลิตภัณฑ์.....	4
1.1.3 กระบวนการผลิต.....	6
1.1.4 สภาพการอนุรักษ์พลังงาน.....	7
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	11
1.3 ขอบเขตงานวิจัย.....	11
1.4 ขั้นตอนการศึกษาและวิจัยดำเนินงาน.....	11
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	12
บทที่ 2 ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	13
2.1 SEC เครื่องมือตัวเก่งในการจัดการการอนุรักษ์พลังงาน.....	13
2.2 การอนุรักษ์พลังงาน.....	16
2.3 การประหยัดพลังงาน.....	17
2.4 การจัดการพลังงาน.....	20
2.5 การอนุรักษ์พลังงานด้วยเทคนิคการจัดการเชิงบูรณาการ.....	21
2.6 ทฤษฎี และความรู้ที่เกี่ยวข้องกับ ISO.....	28
2.6.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับ ISO.....	28

บทที่	หน้า
2.6.2 หลักการบริหารคุณภาพ 8 ประการ.....	28
2.6.3 ข้อแตกต่างระหว่าง Quality Manual, Procedure และ Work Instruction.....	31
2.6.4 การเขียนเอกสาร Procedure และ Work Instruction.....	33
▪ แนวทาง SPER .....	35
2.7 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	36
บทที่ 3 การศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงาน.....	41
3.1 รายละเอียดของกระบวนการผลิต (Process flow).....	41
3.2 การศึกษาการจัดโครงสร้างการใช้พลังงาน.....	50
3.3 การศึกษากระบวนการวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าตามเกณฑ์ของโครงสร้างการใช้พลังงาน.....	52
3.3.1 เครื่องมือวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า.....	52
3.3.2 กระบวนการวิธีการวัดพลังงานไฟฟ้า.....	53
3.4 ผลการศึกษาการวัดพลังงาน.....	54
3.4.1 ข้อมูลอุปกรณ์.....	54
3.4.2 พื้นที่ที่มีการใช้พลังงาน.....	56
3.4.3 ข้อมูลการวัด.....	57
3.4.4 ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า ผลผลิตรายเดือน และดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าจำแนกตามระบบ.....	61
บทที่ 4 การวิเคราะห์การวัดพลังงาน.....	68
4.1 การวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงาน.....	68
4.2 มาตรการการอนุรักษ์พลังงาน.....	69
4.2.1 มาตรการการอนุรักษ์พลังงานระยะสั้น (1-2ปี).....	69
4.2.2 มาตรการการอนุรักษ์พลังงานระยะกลาง (3-5ปี).....	72
4.2.3 มาตรการการอนุรักษ์พลังงานระยะยาว (6-8ปี).....	73
บทที่ 5 การอนุรักษ์พลังงานอย่างยั่งยืน.....	74
5.1 การศึกษาคู่มือปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงาน.....	74
5.1.1 คู่มือปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงาน.....	74



บทที่	หน้า
5.1.2 การวิเคราะห์คู่มือปฏิบัติการโดยใช้หลัก 5 W + 1H.....	79
5.2 การศึกษาเพื่อจัดทำคู่มือปฏิบัติการเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน.....	90
5.2.1 แนวทางในจัดทำคู่มือปฏิบัติการเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน.....	90
5.2.2 ตัวอย่างคู่มือปฏิบัติการเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน.....	98
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	107
6.1 สรุปผลการวิจัย.....	107
6.2 ปัญหาและอุปสรรคระหว่างดำเนินงานวิจัย.....	108
6.3 ข้อเสนอแนะ.....	108
รายการอ้างอิง.....	109
ภาคผนวก.....	111
ภาคผนวก ก การคำนวณปริมาณผลผลิตเทียบเท่า(Equivalent Unit).....	112
ภาคผนวก ข การคำนวณการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าตามมาตรการระยะสั้น.....	119
ภาคผนวก ค ตัวอย่างเอกสารขั้นตอนการปฏิบัติงาน การตรวจสอบระบบไฟฟ้า.....	137
ภาคผนวก ง ตัวอย่างใบบันทึกผลของมาตรการการดำเนินกิจกรรมเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน.....	148
ภาคผนวก จ ข้อกำหนด ISO 9001: 2000 และข้อกำหนด ISO 14001:1996.....	151
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	178

## สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 1.1 ข้อมูลความต้องการพลังงานไฟฟ้ารวมของประเทศไทยในรอบ 10 ปี.....	1
ตารางที่ 1.2 แสดงกระบวนการผลิตซึ่งมีส่วนในการใช้พลังงานไฟฟ้าหลักๆ.....	6
ตารางที่ 1.3 แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในปี 2548.....	8
ตารางที่ 1.4 ตารางแสดงค่าดัชนีการใช้พลังงานรวมต่อหน่วยผลผลิต (Specific Energy Consumption: SEC) ในปีงบประมาณ 2548.....	9
ตารางที่ 3.1 พิกัดหม้อแปลงไฟฟ้า.....	54
ตารางที่ 3.2 แสดงพื้นที่ที่ใช้เพื่อการผลิต.....	56
ตารางที่ 3.3 แสดงพื้นที่สนับสนุนผลิต.....	56
ตารางที่ 3.4 แสดงข้อมูลพลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ.....	57
ตารางที่ 3.5 แสดงข้อมูลพลังงานไฟฟ้าของระบบแสงสว่าง.....	58
ตารางที่ 3.6 แสดงข้อมูลพลังงานไฟฟ้าของระบบลมอัดอากาศ.....	59
ตารางที่ 3.7 แสดงข้อมูลพลังงานไฟฟ้าของระบบการผลิต.....	59
ตารางที่ 3.8 แสดงข้อมูลพลังงานไฟฟ้าของระบบการอื่นๆ.....	60
ตารางที่ 3.9 แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานแยกตามระบบของปี พ.ศ. 2549 โดยอาศัยข้อมูลเดือน มิถุนายน ปี พ.ศ. 2549 เป็นพื้นฐาน.....	60
ตารางที่ 3.10 สถิติการใช้พลังงานไฟฟ้า ผลผลิตรายเดือน และดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้า จำแนกตามระบบ ประจำปี พ.ศ. 2547.....	63
ตารางที่ 3.11 สถิติการใช้พลังงานไฟฟ้า ผลผลิตรายเดือน และดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้า จำแนกตามระบบ ประจำปี พ.ศ. 2548.....	64
ตารางที่ 3.12 สถิติการใช้พลังงานไฟฟ้า ผลผลิตรายเดือน และดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้า จำแนกตามระบบ ประจำปี พ.ศ. 2549.....	66
ตารางที่ 3.13 ค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าจำแนกตามระบบในแต่ละปีตั้งแต่ ปี 2547 จนถึง ปี 2549.....	67
ตารางที่ 4.1 แสดงมาตรการการอนุรักษ์พลังงานระยะสั้น.....	70
ตารางที่ 5.1 แสดงการวิเคราะห์คู่มือปฏิบัติการตามหลักการ 5W + 1H.....	80
ตารางที่ ข.1 แสดงอัตราการรั่วของลมผ่านรูรั่วที่ความดันขนาดต่างๆ.....	136

## สารบัญภาพ

ภาพประกอบ	หน้า
รูปที่ 1.1 แสดงปริมาณความต้องการพลังงานไฟฟ้ารวมของประเทศไทยในรอบ 10 ปี.....	2
รูปที่ 1.2 แสดงตัวอย่างผลิตภัณฑ์แผ่น PCBA.....	5
รูปที่ 1.3 แสดงกระบวนการประกอบแผ่นลายวงจรพิมพ์.....	6
รูปที่ 1.4 รูปแสดงผังของโรงงานตัวอย่าง.....	7
รูปที่ 1.5 ความสัมพันธ์ของค่าดัชนีการใช้พลังงานรวมต่อหน่วยผลิตกับจำนวนผลผลิต.....	10
รูปที่ 2.1 แสดง ค่า SEC และปริมาณผลผลิตในรอบ 12 เดือนของโรงงานแช่แข็งแห่งหนึ่ง..	15
รูปที่ 2.2 Flow chart แสดงกระบวนการเคลื่อนตัวของการอนุรักษ์พลังงานด้วยเทคนิคการจัดการ.....	27
รูปที่ 2.3 แสดงความแตกต่างระหว่าง Quality Manual, Procedure และ Work Instruction.....	32
รูปที่ 3.1 แสดงกระบวนการผลิตของโรงงานประกอบแผ่นลายวงจรพิมพ์ PCBA).....	41
รูปที่ 3.2 แสดงพื้นที่ที่ใช้ในการเตรียมวัตถุดิบ.....	42
รูปที่ 3.3 แสดงกระบวนการทำ Top Side Solder Paste Printing.....	42
รูปที่ 3.4 แสดงกระบวนการทำ Top Side Component Placement.....	43
รูปที่ 3.5 แสดงกระบวนการทำ Top Side Reflow Soldering.....	44
รูปที่ 3.6 แสดงกระบวนการทำ Bottom Side Solder Paste Printing.....	44
รูปที่ 3.7 แสดงกระบวนการทำ Bottom Side Component Placement.....	45
รูปที่ 3.8 แสดงกระบวนการทำ Bottom Side Reflow Soldering.....	46
รูปที่ 3.9 แสดงกระบวนการตรวจสอบด้วยเครื่อง AOI.....	46
รูปที่ 3.10 แสดงกระบวนการทำ X-Ray .....	47
รูปที่ 3.11 แสดงเครื่องจักรที่ใช้ในการตัดแผ่น PCBA .....	47
รูปที่ 3.12 แสดงกระบวนการตรวจสอบทางไฟฟ้าด้วยเครื่อง ICT.....	48
รูปที่ 3.13 แสดงกระบวนการตรวจสอบคุณภาพด้วยพนักงานฝ่ายผลิต.....	48
รูปที่ 3.14 แสดงกระบวนการตรวจสอบคุณภาพด้วยพนักงานฝ่ายตรวจสอบคุณภาพ.....	49
รูปที่ 3.15 แสดงกระบวนการบรรจุหีบห่อ.....	49

ภาพประกอบ	หน้า
รูปที่ 3.16 แสดงโครงสร้างการใช้พลังงานจำแนกตามระบบของอุตสาหกรรมการประกอบ PCBA.....	51
รูปที่ 3.17 แสดงเครื่องวัดและบันทึกค่าทางไฟฟ้า.....	53
รูปที่ 3.18 แสดงการแสดงผลค่าที่วัดได้ผ่าน Software.....	53
รูปที่ 3.19 แสดงการวัดค่าพลังงานไฟฟ้าที่ตู้ไฟฟ้า.....	54
รูปที่ 3.20 แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานแยกตามระบบ.....	61
รูปที่ 4.1 แสดงค่า SEC ตั้งแต่ปี 2547 ถึง 2549.....	69
รูปที่ 5.1 แผนผังการจัดองค์การอนุรักษ์พลังงาน.....	97
รูปที่ 5.2 แผนผังการดำเนินงานตามแนวทาง SPER.....	98