การประยุกต์เทคนิควิศวกรรมคุณค่าสำหรับการออกแบบสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย

กรณีศึกษา อุตสาหกรรมผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

ชิณดิษฐ์ ทุมชาลี

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต

บัณฑิตวิทยาลัย สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

ปีการศึกษา 2555

AN APPLICATON OF VALUE ENGINEERING TECHNIQUE (VE) FOR DESIGNING SWITCHING POWER SUPPLY
A CASE STUDY OF ELECTRONICS INDUSTRY

Chinnadit Toomchalee

A Term Paper Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Business Administration Program in Industrial Management
Graduate School
Thai-Nichi Institute of Technology
Academic Year 2012

หัวข้อสารนิพนธ์	การประยุกต์เทคนิควิศวกรรมคุณค่าสำหรับการออกแบบสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย กรณีศึกษา อุตสาหกรรมผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
โดย	ชิณดิษฐ์ ทุมชาลี
สาขาวิชา	การจัดการอุตสาหกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์	ดร. กรกฎ เหมสถาปัตย์

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น อนุมัติให้นับสารนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. พิชิต สุขเจริญพงษ์)
วันที่ .....เดือน.....พ.ศ.....

คณะกรรมการสอบสารนิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ดร. ณัฐพล ลิ้มจีระจรัส)

..... กรรมการ
(ดร. ณรงค์พนธ์ บุญทรงไพศาล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์
(ดร. กรกฎ เหมสถาปัตย์)

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น THAI-NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY TNI

ชิณดิษฐ์ ทุมชาลี : การประยุกต์เทคนิควิศวกรรมคุณค่าสำหรับการออกแบบสวิตช์ชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย กรณีศึกษา อุตสาหกรรมผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์. อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร. กรกฎ เหมสถาปัตย์, 63 หน้า.

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาและนำหลักการทางวิศวกรรมคุณค่ามาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์หน้าที่การทำงานของวัสดุ เพื่อจุดมุ่งหมายในการลดต้นทุนสำหรับการออกแบบสวิตช์ชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายรุ่น TPSN-130AB A ในส่วนงานวิจัยและพัฒนาเพื่อนำเสนอการออกแบบใหม่ ที่สามารถลดต้นทุนทางวัสดุลงโดยหน้าที่และคุณภาพยังคงเดิม โดยดำเนินตามแผนงานวิศวกรรมคุณค่า 7 ขั้นตอน คือ การเลือกโครงการ การรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์หน้าที่การทำงาน การสร้างสรรค์ความคิด การประเมินผลความคิดเพื่อปรับปรุง การทดสอบและพิสูจน์ และการนำเสนอแนะเพื่อนำไปปฏิบัติ จากการศึกษาและปรับปรุงการออกแบบใหม่นี้พบว่า สามารถลดต้นทุนทางวัสดุของสวิตช์ชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย ลดลงจาก 745.3 บาท ลดเหลือ 686.16 บาท คิดเป็น 7.94% ของต้นทุนผลิตภัณฑ์เดิม หรือคิดเป็นมูลค่า 1,774,200 บาทต่อปี เมื่อคำนวณจากปริมาณการสั่งซื้อประมาณการที่ 30,000 ชิ้นต่อปี

สถาบันเทคโนโลยีไทย - ญี่ปุ่น
THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY
TNI

บัณฑิตวิทยาลัย
สาขาวิชา การจัดการอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา 2555

ลายมือชื่อนักศึกษา .....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

CHINNADIT TOOMCHALEE : AN APPLICATON OF VALUE ENGINEERING TECHNIQUE (VE) FOR DESIGNING SWITCHING POWER SUPPLY : A CASE STUDY OF ELECTRONICS INDUSTRY. ADVISOR : DR.KORAKOT HEMSATHAPAT, 63 PP.

The objective of this study is to apply the principles of Value Engineering (VE) to analyze the functions of materials for the purpose of cost reduction. For the design of switching power supply model number TPSN-130AB A in Research and Development department, the new design must be able to maintain the same functions and quality while cost of materials can be reduced. This study is conducted by following the 7 steps of Value Engineering plan which are project selection, data collection, function analysis, creativity, evaluation of ideas for improvement, testing and proofing, and presentation of recommendations. The study found that the new and improved design can reduce the cost of switching power supply materials down from 745.3 to 686.16 Baht, representing 7.94% of the cost of the original product. This can save the company for the total of 1,774,200 Baht/year based on the estimated order quantity of 30,000 units per year.

TNI
THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

Graduate School Student's Signature.....

Field of Study Industrial Management Advisor's Signature.....

Academic Year 2012

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจาก ดร.กรกฎ เหมสถาปัตย์ ซึ่งเป็นผู้ให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางและหลักการเพื่อนำไปสู่การแก้ไขปัญหา ทำให้สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้อย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ ผู้ศึกษาขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้ศึกษาขอกราบขอบพระคุณ ดร.ณัฐพล ลิ้มจีระจรัส ประธานคณะกรรมการ และ ดร. ณรงค์พนธ์ บุญทรงไพศาล กรรมการสอบสารนิพนธ์ ที่กรุณารับเป็นคณะกรรมการสอบและแนะนำแนวทางให้กับผู้ศึกษา

ผู้ศึกษาขอขอบคุณทีมงาน บริษัท เดลต้า อิเล็กทรอนิกส์(ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) ที่ให้โอกาสในการศึกษาและให้ข้อมูลต่างๆที่เป็นประโยชน์ในการจัดทำสารนิพนธ์ครั้งนี้

ผู้ศึกษาขอขอบพระคุณ ครอบครัว ที่ให้การสนับสนุนส่งเสริม และให้ความสำคัญของการศึกษามาโดยตลอด ขอบคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ทุกท่าน ตลอดจนเพื่อนร่วมห้องเรียนสาขาการจัดการอุตสาหกรรมทุกท่าน ที่ให้กำลังใจและคอยช่วยเหลือด้วยดีตลอดมา

ผู้ศึกษาหวังเป็นอย่างยิ่งว่าสารนิพนธ์ฉบับนี้ จะเป็นประโยชน์กับผู้อ่าน เพื่อเป็นแนวทางหรือนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาไปสู่ด้านอื่นๆ และนำไปสู่การพัฒนาอุตสาหกรรมของประเทศ ให้มีความเจริญก้าวหน้าต่อไป

ชิณดิษฐ์ ทุมชาลี

TNI
THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญรูป ..... ญ

บทที่

1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
วัตถุประสงค์ของการศึกษา 2
ขอบเขตการศึกษา 2
ขั้นตอนการดำเนินงาน 3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
แผนงานและระยะเวลาการดำเนินงาน 3

2 หลักการพื้นฐานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
แนวคิดและหลักการพื้นฐาน 4
ทฤษฎีทางวิศวกรรมคุณค่า 4
ต้นทุน 6
ความหมายของหน้าที่การทำงาน (Function) ของผลิตภัณฑ์ 6
ความสัมพันธ์ระหว่างคุณค่า (Value) หน้าที่การทำงาน (Function) และต้นทุน (Cost) 7
แผนงานวิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering Job Plan) 8
หลักการเปรียบเทียบเพื่อลำดับความสำคัญของหน้าที่ 11
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 12

3 วิธีการดำเนินงานสารนิพนธ์ 15
ข้อมูลเบื้องต้นของสถานประกอบการกรณีศึกษา 15
ส่วนงานวิจัยและพัฒนา 16

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
3	ข้อมูลผลิตภัณฑ์สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย	17
	ขั้นตอนการดำเนินงาน	20
4	สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	43
	สรุปผลการศึกษา	43
	ข้อเสนอแนะ	43
บรรณานุกรม		45
ภาคผนวก		48
ประวัติผู้เขียนสารนิพนธ์		63

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY TNI

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	แผนงานและระยะเวลาในการดำเนินงาน	3
2	การเปรียบเทียบข้อมูลของผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดตั้งแต่ 100 วัตต์ ถึง 300 วัตต์	21
3	ต้นทุนของวัสดุทางโครงสร้างที่นำมาศึกษาเพื่อลดต้นทุน	24
4	วิเคราะห์หน้าที่การทำงานของชุดสายไฟกระแสเข้า	25
5	ผลการประเมินเชิงตัวเลขโดยเรียงน้ำหนักของหน้าที่จากมากไปน้อย	26
6	วิเคราะห์หน้าที่การทำงานของชุดสายไฟกระแสออก	27
7	ผลการประเมินเชิงตัวเลขโดยเรียงน้ำหนักของหน้าที่จากมากไปน้อย	27
8	วิเคราะห์หน้าที่การทำงานของแผ่นฉนวน	28
9	วิเคราะห์หน้าที่การทำงานของแผ่นโลหะระบายความร้อน	29
10	วิเคราะห์หน้าที่การทำงานของสวิตช์	29
11	การสร้างสรรค์ความคิดเพื่อปรับปรุงหน้าที่การทำงาน	30
12	การประเมินผลความคิดเพื่อปรับปรุง	32
13	ผลการทดสอบและพิสูจน์ชุดสายไฟกระแสเข้า	37
14	ผลการทดสอบและพิสูจน์ชุดสายไฟกระแสออก	38
15	ผลการทดสอบและพิสูจน์แผ่นฉนวน	39
16	ผลการทดสอบและพิสูจน์แผ่นโลหะระบายความร้อน	40
17	ผลการทดสอบและพิสูจน์สวิตช์	41
18	ผลการลดต้นทุนการออกแบบสวิตชชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายรุ่น TPSN-130AB A	41

สารบัญรูป

รูป		หน้า
1	การจำแนกหน้าที่การทำงานของผลิตภัณฑ์	7
2	เมทริกซ์การเปรียบเทียบคู่ (Pairwise Comparison Matrix)	11
3	แผนของการสร้างกำไร (Profit plan)	12
4	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ผลิตโดยสถานประกอบการที่ใช้เป็นกรณีศึกษา	15
5	แผนผังกระบวนการวิจัยและพัฒนา (R&D Process chart)	16
6	ส่วนประกอบหลักของสวิชชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย	17
7	หลักการทำงานทั่วไปของสวิชชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย	19
8	ผลิตภัณฑ์รุ่น TPSN-130AB A และการติดตั้งกับเครื่องพิมพ์สมุดบัญชีธนาคาร	20
9	ส่วนประกอบหลักของเพาเวอร์ซัพพลายรุ่น TPSN-130AB A	23
10	ชุดสายไฟกระแสเข้า (Input Cable)	25
11	การเปรียบเทียบหน้าที่ของวัสดุเพื่อหาหน้าที่หลักของชุดสายไฟกระแสเข้า	26
12	ส่วนประกอบของชุดสายไฟกระแสออก (Output Cable)	26
13	การเปรียบเทียบหน้าที่ของวัสดุเพื่อหาหน้าที่หลักของชุดสายไฟกระแสออก	27
14	แผ่นฉนวนทางไฟฟ้า (Insulator)	28
15	โลหะระบายความร้อน (Heat Sink)	28
16	สวิตช์ (Switch)	29
17	ชุดสายไฟกระแสเข้า (Input Cable) หลังทำการปรับปรุง	37
18	ชุดสายไฟกระแสออก (Output Cable) หลังทำการปรับปรุง	38
19	ฉนวนทางไฟฟ้า (Insulator) หลังทำการปรับปรุง	39
20	โลหะระบายความร้อน (Heat Sink) หลังการปรับปรุง	40
21	สวิตช์ (Switch) หลังทำการปรับปรุง	41

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ภาคอุตสาหกรรมในปัจจุบันมีการแข่งขันในอัตราที่สูงขึ้นเรื่อยๆ ทั้งการแข่งขันจากภายในประเทศและภายนอกประเทศ รวมถึงต้องเผชิญกับปัญหาวิกฤติของเศรษฐกิจโลก ซึ่งหลายประเทศได้ประสบปัญหาอยู่ในขณะนี้ ปัญหาราคาน้ำมันในตลาดโลกสูงขึ้น หรือปัญหาความไม่สงบภายในประเทศ รวมถึงปัญหาต้นทุนวัตถุดิบที่มีอัตราสูงขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งปัญหาต่างๆ เหล่านี้ ได้ส่งผลกระทบต่ออุตสาหกรรมในทุกภาคส่วน รวมถึงอุตสาหกรรมผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งปัจจุบัน ธุรกิจประเภทอุปกรณ์ด้านอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ มีการแข่งขันทางธุรกิจสูงมาก ทั้งในภูมิภาคเอเชีย ยุโรปและอเมริกา โดยมีการแข่งขันทั้งทางด้านคุณภาพ ด้านการส่งมอบสินค้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านราคา ซึ่งปัจจุบัน ผู้ผลิตได้ให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก เนื่องจากคู่แข่งในอุตสาหกรรมเดียวกัน ต่างใช้กลยุทธ์ด้านราคาเพื่อดึงดูดลูกค้า ทำให้จำเป็นต้องควบคุมราคาของสินค้าไม่ให้สูงจนเกินไป แต่ในขณะเดียวกันราคาวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตมีอัตราสูงขึ้น และวัตถุดิบบางชนิดจำเป็นต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตมีอัตราที่สูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบโดยตรง ต่อผลประกอบการหรือผลกำไรของสถานประกอบการ

สถานประกอบการต่างมุ่งเน้นเพื่อแสวงหาผลกำไรและความมั่งคั่งสูงสุด ซึ่งการทำกำไรนั้นมีอยู่หลายด้าน อาจทำโดยการเพิ่มราคาขาย แต่การเพิ่มราคาขายนั้น ต้องคำนึงถึงผลกระทบที่จะตามมาด้วย เนื่องจากการเพิ่มราคาขายนั้น ต้องมั่นใจว่าสินค้ามีมูลค่าและคุณค่าที่เหมาะสมต่อลูกค้า ที่จะทำให้ลูกค้านั้นยอมจ่ายเงินที่มากขึ้น ในทางกลับกัน อาจจะทำให้ยอดขายลดลงได้ เนื่องจากราคาขายที่สูงขึ้น อาจทำให้ลูกค้าหันไปซื้อสินค้าจากคู่แข่งแทน ทำให้ความคาดหวังที่จะได้กำไรเพิ่มมากขึ้นนั้น กลับเป็นการลดกำไรลงแทน หรือวิธีการเพิ่มกำไรโดยการขยายตลาด เพื่อเพิ่มจำนวนลูกค้าและกลุ่มลูกค้าเพื่อเพิ่มกำไร แต่ปัจจุบันมีการแข่งขันทางเศรษฐกิจที่สูง ทั้งยังมีคู่แข่งทางการค้าอยู่เดิมแล้ว การที่จะแย่งส่วนแบ่งทางการตลาดเป็นเรื่องที่ทำได้ยาก หรืออาจจะต้องมีค่าใช้จ่ายสูงในการส่งเสริมการตลาด ซึ่งปัจจัยภายนอกเหล่านี้เป็นปัจจัยที่เราควบคุมและบริหารจัดการได้ยาก ดังนั้น จึงเป็นอีกทางหนึ่งที่เราพิจารณาปัจจัยภายใน ซึ่งเป็นปัจจัยที่สามารถควบคุมและบริหารจัดการได้ง่ายกว่า และมีประสิทธิภาพ โดยการพิจารณาเพื่อลดต้นทุน ซึ่งการลดต้นทุนมีหลายด้าน ทั้งต้นทุนด้านกระบวนการผลิต ต้นทุนด้านแรงงาน หรือต้นทุนด้านการจัดเก็บสินค้า แต่การลดต้นทุนที่สำคัญอย่างหนึ่งและเป็นกระบวนการแรกๆของการลดต้นทุนคือ การลดต้นทุนในส่วนการออกแบบผลิตภัณฑ์ เนื่องจากการที่จะคงคุณภาพของสินค้าให้มีคุณภาพและการจัดส่งที่ดีแล้วนั้น อาจยังไม่เพียงพอต่อความ

ต้องการของลูกค้า ซึ่งถ้าเราสามารถคงคุณภาพที่ดีของสินค้าไว้แล้ว และยังสามารถขายสินค้านั้นในราคาที่ถูกลง จะทำให้เราสามารถเพิ่มโอกาสทางธุรกิจ และโอกาสในการขยายส่วนแบ่งทางการตลาดได้ ทางบริษัทจึงเล็งเห็นความสำคัญด้านความสัมพันธ์ระหว่างผู้ซื้อและผู้ขาย ที่มีเรื่องของราคาเป็นตัวแปรสำคัญ ดังนั้นจึงได้นำเทคนิควิศวกรรมคุณค่ามาประยุกต์ใช้ โดยเริ่มตั้งแต่ส่วนของการออกแบบผลิตภัณฑ์ ของแผนกวิจัยและพัฒนา (Research and Development : R&D) ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญในการพัฒนาและปรับปรุงผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาเพื่อการใช้วัตถุดิบให้คุ้มค่า ลดในส่วนที่ไม่จำเป็น โดยไม่ทำให้คุณภาพของสินค้า หรือความเชื่อมั่นลดลง นำไปสู่การลดต้นทุน เพื่อเพิ่มศักยภาพในการเพิ่มผลกำไร

วิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering : VE) เป็นกระบวนการหนึ่ง ที่สามารถนำมาใช้เพื่อลดต้นทุน โดนนำมาเพื่อวิเคราะห์ เพื่อเลือกใช้วัตถุดิบหรือวัสดุเพื่อการการออกแบบ โดยคำนึงถึงต้นทุน รวมถึงการเปลี่ยนกระบวนการคิด มุมมองและทัศนคติในการออกแบบ เช่น การยึดหลักการออกแบบโดยความเคยชิน หรือออกแบบโดยยึดหลักการที่ว่า ใครๆก็ทำแบบนี้ ซึ่งการปฏิบัติเช่นนี้ ไม่เหมาะสมในการออกแบบเพื่อการลดต้นทุน แนวคิดแบบนี้ทำให้ปิดกันความคิดที่จะปรับปรุงและพัฒนาผลิตภัณฑ์ เนื่องจากผลิตภัณฑ์แต่ละประเภท มีลักษณะการใช้งานที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงควรเลือกใช้วัสดุหรือวัตถุดิบ เพื่อออกแบบให้สอดคล้องกับลักษณะการใช้งาน เพื่อให้เกิดความคุ้มค่ามากที่สุด โดยไม่ทำไม่กระทบกับคุณภาพ และยังคงตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้เช่นเดิม

ดังนั้นการนำวิศวกรรมคุณค่ามาใช้นั้น ไม่เป็นเพียงการออกแบบและใช้วัสดุให้คุ้มค่าเพื่อลดต้นทุนเพียงอย่างเดียว เพราะเมื่อสามารถลดต้นทุนได้แล้ว ยังทำให้เราสามารถลดราคาขายลงได้ เพื่อจูงใจให้ลูกค้าสนใจในผลิตภัณฑ์มากขึ้น ซึ่งเป็นการเพิ่มส่วนแบ่งทางการตลาดได้อีกทางหนึ่ง โดยไม่จำเป็นต้องเพิ่มงบประมาณเพื่อส่งเสริมทางการตลาด

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อศึกษาและประยุกต์ใช้หลักการทางวิศวกรรมคุณค่า ในการวิเคราะห์หน้าที่ของการทำงาน (Function) เพื่อจุดมุ่งหมายในการลดต้นทุน สำหรับการออกแบบผลิตภัณฑ์สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย

ขอบเขตของการศึกษา

1. ศึกษาและประยุกต์ใช้หลักการทางวิศวกรรมคุณค่า กับผลิตภัณฑ์สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply) รุ่น “TPSN-130AB A” ที่มีกำลังไฟฟ้าไม่เกิน 130 วัตต์ ในส่วนงานของวิศวกรรมเครื่องกล แผนกงานวิจัยและพัฒนา (R&D) ของโรงงานผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

2. ศึกษาตั้งแต่กระบวนการออกแบบงานต้นแบบ (Prototype) ของแผนกวิจัยและพัฒนา ไปจนถึงขั้นก่อนการผลิตจำนวนมาก (Mass Production) ซึ่งเป็นการเสร็จสิ้นกระบวนการออกแบบในส่วนงานวิจัยและพัฒนา โดยใช้เวลาทั้งกระบวนการประมาณ 8 เดือน

ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. สำรวจงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษาความเป็นมาและสภาพปัจจุบัน
3. เก็บข้อมูลและดำเนินการวิจัย
4. หาแนวทางปรับปรุง
5. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ
6. จัดทำรูปเล่มสาระนิพนธ์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. รู้ถึงหลักการและแนวทางในการนำวิศวกรรมคุณค่าไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสม
2. สามารถนำเสนอแนวทางเพื่อลดการใช้ทรัพยากรและใช้ให้คุ้มค่ากับวัตถุประสงค์
3. สามารถนำเสนอแนวทางการลดต้นทุนเพื่อเพิ่มผลกำไรให้กับผลิตภัณฑ์ และเพิ่มโอกาสทางการแข่งขันทางการตลาด
4. บุคคลอื่นหรือผู้ที่สนใจศึกษาเรื่องนี้ สามารถนำกิจกรรมหรือแนวทางที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ ไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆต่อไปได้

แผนงานและระยะเวลาการดำเนินงาน

การศึกษานี้ได้กำหนดตารางการดำเนินงานดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 โดยเริ่มดำเนินการตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2555 และเสร็จสิ้นในเดือน กันยายน 2555

ตารางที่ 1 แผนงานและระยะเวลาในการดำเนินงาน

รายละเอียดการดำเนินงาน	ก.พ. 55	มี.ค. 55	เม.ย. 55	พ.ค. 55	มิ.ย. 55	ก.ค. 55	ส.ค. 55	ก.ย. 55
1. สำรวจงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	■							
2. ศึกษาความเป็นมาและสภาพปัจจุบัน		■						
3. เก็บข้อมูลและดำเนินการวิจัย			■	■	■			
4. หาแนวทางปรับปรุง					■			
5. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ						■		
6. จัดทำรูปเล่มสาระนิพนธ์							■	

บทที่ 2
หลักการพื้นฐานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดและหลักการพื้นฐาน

เนื้อหาบทนี้ กล่าวถึงหลักการพื้นฐานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยมีรายละเอียดดังนี้ ทฤษฎีทางวิศวกรรมคุณค่า ต้นทุน ความหมายของหน้าที่การทำงาน (Function) ของผลิตภัณฑ์ แผนงานวิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering Job Plan) และหลักการเปรียบเทียบเพื่อลำดับความสำคัญของหน้าที่

ทฤษฎีทางวิศวกรรมคุณค่า

วิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering, VE) เป็นวิธีการวิเคราะห์ประโยชน์การใช้งานด้วยต้นทุนที่ต่ำที่สุด ทำให้เกิดผลสำเร็จอย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถลดต้นทุนให้ต่ำลงได้อย่างมีระบบโดยไม่ลดคุณภาพและความน่าเชื่อถือ

ประวัติความเป็นมาของวิศวกรรมคุณค่า

เทคนิคของวิศวกรรมคุณค่า เกิดขึ้นในวงการอุตสาหกรรม ในระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 2 (ค.ศ.1938-1945) เนื่องจากภาวะสงคราม ทำให้เกิดการขาดแคลนวัตถุดิบสำคัญ ที่เป็นปัจจัยหลักของอุตสาหกรรม เช่น เหล็ก ทองแดง เงิน ดีบุก นิกเกิ้ล รวมทั้งสารตัวนำไฟฟ้าต่างๆ ซึ่งขาดแคลนและมีราคาสูง

นายลอว์เรนซ์ ดี ไมลส์ (Lawrence D. Miles) วิศวกรจัดซื้อของบริษัทเจนเนอรัล อิเลคทริค จำกัด (General Electric Company : GE) ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้รับหน้าที่ให้จัดหาวัตถุดิบที่สำคัญ ในการผลิตเครื่อง Turbo-Supercharger ซึ่งเป็นชิ้นส่วนสำคัญของเครื่องบินรุ่น B-24 และ B-29 และมีคำสั่งเพิ่มการผลิตจากอัตราการผลิตเดิม 50 เครื่องต่อสัปดาห์ เป็น 1000 เครื่องต่อสัปดาห์ ซึ่งในสถานการณ์ขณะนั้น ที่วัตถุดิบขาดแคลน จึงเป็นเรื่องยากที่จะสามารถทำให้สำเร็จตามเป้าหมาย แต่แนวทางที่เขาจะสามารถทำได้ในขณะนั้น คือการหาหน้าที่การทำงาน (Function) เพื่อให้ได้หน้าที่การทำงานที่เหมือนกัน โดยใช้เครื่องจักร คน หรือวัตถุดิบซึ่งจะสามารถจะหาได้ในขณะนั้น ซึ่งพบว่าหลายอย่างที่สามารถนำมาแทนที่ โดยให้สมรรถนะที่เท่าเดิมหรือมากกว่า ในราคาที่ต่ำกว่า ซึ่งการวิเคราะห์หน้าที่การทำงาน จึงสามารถบรรลุเป้าหมายได้ และยังสามารถทำงานได้สำเร็จตามหมายกำหนดการ ต่อมาจึงได้รับการสนับสนุน จากรองประธานบริษัท GE ให้ศึกษารายละเอียดและพัฒนา เพื่อนำไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเรียกหลักการนี้ว่า การวิเคราะห์คุณค่า (Value Analysis : VA)

ต่อมาแนวคิดได้แพร่หลายเข้าสู่วงการอุตสาหกรรมอื่นๆ อย่างรวดเร็ว รวมถึงหน่วยงานราชการ กระทรวงกลาโหมสหรัฐฯ ได้นำหลักการไปใช้การโปรแกรมการต่อเรือ และได้ใช้ชื่อใหม่ว่า “วิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering : VE)” และต่อมากระทรวงกลาโหม ได้นำหลักการไปใช้กับทุกหน่วยงานของเหล่าทัพ เพื่อใช้ในการก่อสร้าง รวมทั้งฝึกอบรมให้กับผู้รับเหมา ได้นำหลักการนี้ไปใช้ จากนั้นวิศวกรรมคุณค่าได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายทั้งยุโรปและเอเชีย โดยประเทศญี่ปุ่นได้นำมาประยุกต์ใช้ในช่วงเวลาที่ญี่ปุ่นมีความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ และได้มีการลงทุนด้านเครื่องจักรมากจนเกินพอดีจึงต้องมีการแก้ไขโครงสร้างของอุตสาหกรรม เพื่อหาทางลดต้นทุนการผลิต และได้แพร่หลายไปสู่อุตสาหกรรมต่างๆเช่น อุตสาหกรรมต่อเรือ อุตสาหกรรมเครื่องจักร โลหะ สิ่งทอ อาหาร เคมี เป็นต้น

เทคนิควิศวกรรมคุณค่า เป็นเทคนิคการลดต้นทุนโดยใช้หลักการของหน้าที่การทำงาน เพื่อหาสิ่งทดแทน ที่มีหน้าที่การทำงานที่เหมือนกัน และให้ประสิทธิภาพที่เท่าเดิมหรือเพิ่มขึ้น ด้วยต้นทุนที่ลดลง ดังนั้น “หน้าที่การทำงาน (Function)” จึงเป็นจุดมุ่งหมายหลัก ในการพัฒนาเทคนิคทางวิศวกรรมคุณค่า

<u>จุดมุ่งหมายของวิศวกรรมคุณค่า</u>

จุดมุ่งหมายหลักของวิศวกรรมคุณค่าคือ การลดต้นทุนการผลิต หรือขจัดค่าใช้จ่ายที่เกินความจำเป็นหรือค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็นออกไป โดยที่ผลิตภัณฑ์นั้นยังคงมีคุณภาพและความน่าเชื่อถืออยู่ได้ ซึ่งสมาคมวิศวกรรมคุณค่าแห่งสหรัฐอเมริกา ได้ให้คำนิยามของวิศวกรรมคุณค่าว่า “วิศวกรรมคุณค่าคือ การประยุกต์เทคนิคที่มีระบบ โดยเน้นหน้าที่การทำงาน (Function) ของผลิตภัณฑ์หรือบริการเป็นหลักใหญ่ ด้วยต้นทุนที่ต่ำสุด และคงไว้ซึ่งความน่าเชื่อถือ”

หลักการทางวิศวกรรมคุณค่า ได้ถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลาย และได้ถูกประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมตามชนิดและลักษณะทางธุรกิจ ดังนั้นจึงได้เกิดศัพท์อื่นๆ ที่เรียกแตกต่างกันไป ได้แก่

VC = Value Control มุ่งศึกษาการควบคุมคุณภาพ และต้นทุนการผลิต

VB = Value Buying มุ่งไปที่การจัดซื้อ วัสดุ และ ผลิตภัณฑ์จากผู้ขาย

VR = Value Research ใช้ในห้องปฏิบัติการและเครื่องมือทดสอบ

VI = Value Implement เมื่อบริษัทมีการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ และแนะนำเข้าสู่ตลาดจะเรียกว่า การปรับปรุงคุณค่า

VM = Value Management เริ่มมีการใช้อย่างแพร่หลายมากขึ้น เพื่อใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหาร

อย่างไรก็ตาม หลักการที่กล่าวข้างต้น มีจุดมุ่งหมายที่มุ่งเน้นไปที่หน้าที่การทำงาน (Function) โดยสามารถสรุปวัตถุประสงค์ของหลักของวิศวกรรมคุณค่าได้ดังนี้

- เพื่อใช้ทรัพยากร (เงิน กำลังคน และวัสดุ) ได้อย่างเหมาะสม ด้วยการกำจัดต้นทุนที่ไม่จำเป็นออกไป โดยไม่ทำให้คุณภาพหรือสมรรถนะลดลง
- เพื่อสร้างคุณภาพที่ดีในการเปลี่ยนแปลงในองค์กร
- เพื่อพัฒนาให้พนักงานตระหนักในเรื่องคุณค่า และมีจิตสำนึกในด้านต้นทุนการผลิต ตลอดจนเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน

ต้นทุน

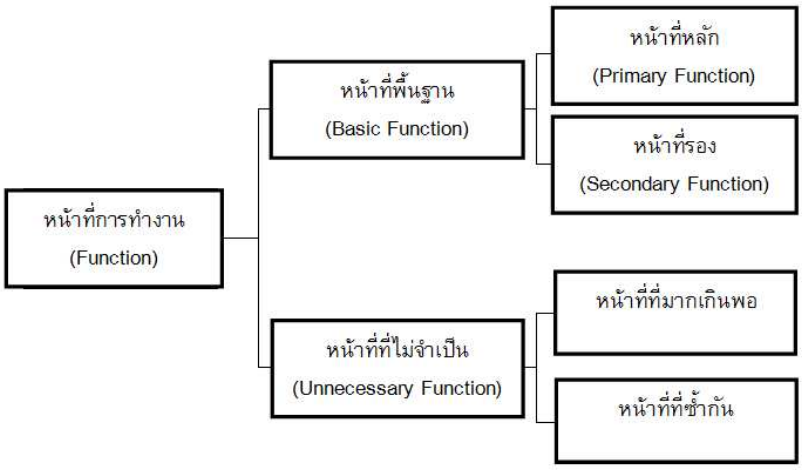
จุดประสงค์ของการนำเทคนิควิศวกรรมคุณค่ามาใช้คือ การลดต้นทุนในส่วนต่างๆ ทั้งหมด โดยสามารถจำแนกประเภทของต้นทุนได้ดังนี้

1. ต้นทุนที่นำผลิตภัณฑ์ไปใช้ (Application Cost) คือต้นทุนที่ผู้ผลิตจะต้องประเมินผลทางคุณภาพ ความน่าเชื่อถือ และการบำรุงรักษา ซึ่งต้นทุนประเภทนี้เป็นต้นทุนที่สำคัญ เนื่องจากจะมีผลกระทบต่อผู้ซื้อโดยตรง
2. ต้นทุนในการพัฒนา (Development Cost) คือค่าใช้จ่ายจากการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ ที่มีผลต่อต้นทุนสินค้า และต้นทุนที่นำผลิตภัณฑ์ไปใช้
3. ต้นทุนการผลิต (Production Cost) คือต้นทุนในกระบวนการผลิต ซึ่งเป็นต้นทุนที่เป็นส่วนที่พิจารณาอย่างละเอียดถี่ถ้วน เนื่องจากส่วนใหญ่จะประกอบด้วยค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็นอยู่มากที่แฝงอยู่ในกระบวนการผลิต

ในการใช้วิศวกรรมคุณค่าเพื่อการลดต้นทุนนั้น เรามุ่งเน้นที่วัสดุหรือระบบเป็นส่วนใหญ่ และพิจารณาถึงหน้าที่การทำงาน (Function) และเมื่อเข้าใจในประเภทของต้นทุนแล้ว จะทำให้ทราบถึงรายละเอียดของค่าวัสดุแยกตามชนิดของชิ้นส่วน ค่าแปรรูปแยกตามชนิดของชิ้นส่วน และค่าแรงในการประกอบและการตรวจสอบ

ความหมายของหน้าที่การทำงาน (Function) ของผลิตภัณฑ์

หน้าที่การทำงาน (Function) ในทางวิศวกรรมคุณค่าหมายถึง ความสามารถของผลิตภัณฑ์ในด้านการใช้งาน (Use Value) ได้หรือขายได้ หน้าที่การทำงานสามารถจำแนกได้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การจำแนกหน้าที่การทำงานของผลิตภัณฑ์

หน้าที่พื้นฐาน (Basic Function) หมายถึง หน้าที่ที่ทำให้ผลิตภัณฑ์นั้น บรรลุความมุ่งหมายในด้านการทำงาน

หน้าที่หลัก (Primary Function) หมายถึง การทำงานซึ่งจำเป็นสำหรับการบรรลุผลตามเป้าหมายของหน้าที่พื้นฐาน

หน้าที่รอง (Secondary Function) หมายถึง หน้าที่ซึ่งช่วยให้หน้าที่พื้นฐานบรรลุเป้าหมาย เช่น หน้าที่การทำงานซึ่งจะทำให้เกิดความดึงดูดใจต่อผลิตภัณฑ์นั้นๆ

หน้าที่ที่ไม่จำเป็น (Unnecessary Function) หมายถึง หน้าที่การทำงานที่ไม่จำเป็นต่อผลิตภัณฑ์ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นหน้าที่ที่มากเกินพอและหน้าที่ที่ซ้ำกัน

ความสัมพันธ์ระหว่างคุณค่า (Value) หน้าที่การทำงาน (Function) และต้นทุน (Cost)

สำหรับงานวิศวกรรมคุณค่านั้นถือว่า “คุณค่า (Value)” เป็นสัดส่วนหรือดุลยภาพระหว่างหน้าที่การทำงาน (Function) กับต้นทุน (Cost) ซึ่งสามารถแสดงความสัมพันธ์ได้โดย

$$V\ (Value) = \frac{F\ (Function)}{C\ (Cost)}$$

ทั้งนี้มิใช่สูตรในการคำนวณ แต่เป็นการแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่าง V, F และ C ถ้าหน้าที่การทำงานเพิ่มขึ้นและต้นทุนเพิ่มขึ้น ไม่อาจกล่าวได้ว่าคุณค่า (Value) เพิ่มขึ้น แต่ถ้าผลของหน้าที่การทำงานที่เท่ากัน แต่สามารถลดต้นทุนที่ไม่จำเป็นออกได้ ถือว่าคุณค่ามากขึ้น

แผนงานวิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering Job Plan)

แผนงานวิศวกรรมคุณค่านั้น ได้มีการวางแผนอย่างมีระเบียบขั้นตอน และจะต้องเป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ด้วย ซึ่งสามารถทดสอบและพิสูจน์ได้ด้วยเหตุและผล การทำงานต้องทำทีละขั้นตอน ถ้ามีการข้ามขั้นจะทำให้ได้ผลที่ไม่สมบูรณ์

Arthur E. Mudge ผู้อำนวยการกองบรรณาธิการวิศวกรรมคุณค่าของบริษัท จอย อุตสาหกรรม (Joy Manufacturing Company) และผู้แต่งหนังสือวิศวกรรมคุณค่า “การเข้าถึงอย่างมีระบบ (Value Engineering, A Systematic Approach)” ได้เสนอแผนงานวิศวกรรมคุณค่า 7 ขั้นตอนดังนี้

1. การเลือกโครงการ (Project Selection Phase)
2. การรวบรวมข้อมูล (Information Phase)
3. การวิเคราะห์หน้าที่การทำงาน (Function Analysis Phase)
4. การสร้างสรรค์ความคิดเพื่อปรับปรุง (Creation Phase)
5. การประเมินผลความคิดเพื่อปรับปรุง (Evaluation Phase)
6. การทดสอบและการพิสูจน์ (Investigation Phase)
7. ขั้นเสนอแนะ (Recommendation Phase)

โดยในแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

1. การเลือกโครงการ (Project Selection Phase)

การเริ่มต้นใช้วิศวกรรมคุณค่านั้นจำเป็นต้องทราบว่า เราจะนำโครงการหรือเป้าหมายใดมาเป็นโครงการเพื่อลดต้นทุน โดยมีหลักการทั่วไปในการพิจารณาเลือกดังนี้

- โครงการที่มีต้นทุนการผลิตสูง
- โครงการที่มีการผลิตเป็นจำนวนมาก
- โครงการที่มีส่วนประกอบมาก มีความซับซ้อน
- โครงการที่ไม่ได้มีการแก้ไขปรับปรุงมานาน
- โครงการที่ใช้อุปกรณ์และแรงงานมากเกินความจำเป็น
- โครงการที่มีรูปร่าง ขนาด หรือรูปทรงที่ไม่ได้มาตรฐาน
- โครงการที่มีความบอบบาง หรือต้องการการบำรุงรักษาเป็นพิเศษ
- โครงการที่ผลิตจากวัตถุดิบที่มีราคาแพงเกินความจำเป็น

ชนิดของโครงการสามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ Hardware Project และ Software Project

ก. Hardware Project คือโครงการซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ วัตถุดิบและพลังงาน รวมทั้งสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ ที่ใช้ในการผลิต

ข. Software Project คือโครงการซึ่งเกี่ยวข้องกับระบบการทำงาน มากกว่าลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ การวางแผน การขนส่ง การผลิตผลิตภัณฑ์ การขาย ระบบสารบรรณ เป็นต้น

2. การรวบรวมข้อมูล (Information Phase)

การรวบรวมและทำการศึกษาข้อมูล ที่เกี่ยวกับระบบการดำเนินงาน หรือการผลิตผลิตภัณฑ์ เพื่อให้เกิดความเข้าใจอย่างถ่องแท้เกี่ยวกับสิ่งนั้น ข้อมูลที่สำคัญสำหรับงานวิศวกรรมคุณค่า ได้แก่ ข้อมูลในการขาย การผลิต การออกแบบ ต้นทุนการผลิต คุณภาพ การจัดซื้อ เป็นต้น โดยขั้นตอนนี้ เป็นขั้นตอนที่ยากและใช้เวลามากกว่าขั้นตอนอื่นๆ เนื่องจากต้องพิจารณาใน 3 ข้อหลักๆดังนี้

ก. การหาข้อเท็จจริง (Facts) ต้องแน่ใจว่าข่าวสารหรือข้อมูลที่ได้ เป็นข้อมูลที่ถูกต้อง ทำให้เราสามารถบรรลุเป้าหมาย และปรับปรุงได้อย่างตรงเป้าหมายและถูกต้องมากที่สุด

ข. การหาต้นทุน (Cost) ซึ่งต้องได้มาซึ่งต้นทุนที่สมบูรณ์และเป็นต้นทุนที่ถูกต้องมากที่สุด

ค. การหาต้นทุนของข้อกำหนด (Specification) และสิ่งที่ต้องการ (Requirement) ด้วยการหาความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนและข้อกำหนด

กล่าวโดยสรุปของขั้นตอนนี้คือ ต้องพิจารณาอย่างรอบคอบ ในเรื่องของข้อเท็จจริง ต้นทุนที่ถูกต้อง รวมถึงต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับข้อกำหนด ก่อนที่จะก้าวไปสู่ขั้นตอนอื่นในแผนงานวิศวกรรมคุณค่า

3. การวิเคราะห์หน้าที่การทำงาน (Function Analysis Phase)

ขั้นตอนนี้ต้องทำการวิเคราะห์ ให้คำจำกัดความ และจำแนกประเภทของหน้าที่การทำงาน ซึ่งการวิเคราะห์หน้าที่การทำงานในแผนงานวิศวกรรมคุณค่า เป็นเทคนิคที่แตกต่างไปจากเทคนิคการลดต้นทุนแบบอื่นๆ ซึ่งการวิเคราะห์หน้าที่นั้น ทำได้โดยการอธิบายหน้าที่ การประเมินความสัมพันธ์ของหน้าที่ และพัฒนาหาทางเลือก โดยหน้าที่สามารถจำแนกได้ 2 ระดับ คือ

ก. หน้าที่พื้นฐาน (Basic Function) คือหน้าหลัก ที่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มของผลิตภัณฑ์หรือบริการ ซึ่งจำเป็น และไม่สามารถตัดออกจากผลิตภัณฑ์หรือบริการนั้นๆ

ข. หน้าที่รอง (Secondary Function) คือหน้าที่ที่ช่วยเสริมให้หน้าที่พื้นฐานสมบูรณ์ขึ้น โดยสามารถแบ่งได้เป็นหน้าที่รองที่ต้องยังต้องคงไว้ ไม่สามารถตัดออกจากผลิตภัณฑ์นั้นได้ แต่สามารถพิจารณาปรับปรุงหรือใช้วัสดุอื่นๆแทนได้ และหน้าที่รองที่ไม่จำเป็น สามารถตัดออกจากผลิตภัณฑ์ได้

ในแต่ละชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ การจำแนกและให้คำจำกัดความของหน้าที่ที่ถูกต้องและชัดเจน จะช่วยให้การพิจารณาหาแนวทางในการปรับปรุงนั้น ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และมีต้นทุนต่ำที่สุด

4. การสร้างสรรค์ความคิดเพื่อปรับปรุง (Creation Phase)

เป็นขั้นตอนการระดมความคิด (Brainstorming) คิดในทางบวก และในทางสร้างสรรค์ ต้องการปริมาณความคิดมากๆ เอาชนะการปิดกั้นทางความคิดต่างๆ (Mental Blocks) เพื่อหาแนวทางการปรับปรุง ด้วยแนวทางของการสร้างสรรค์คือ การขยายขอบเขตทางความคิดออกไป การค้นหาแนวทางเพิ่มเติมด้วยรูปแบบใหม่ๆ หรือหาแนวทางการผลิตด้วยรูปแบบใหม่ๆ

5. การประเมินผลความคิดเพื่อปรับปรุง (Evaluation Phase)

เป็นขั้นตอนการพิจารณาและทำการประเมินความคิดสร้างสรรค์ ด้วยการกลั่นกรองและรวบรวมความคิดเข้าด้วยกัน หาต้นทุนละความคิดทั้งหมด ต้นทุนในแนวความคิดนั้นเป็นเท่าไหร่ และสามารถประหยัดได้แค่ไหน พัฒนาทางเลือกของหน้าที่ในกรณีที่มีปัญหา และประเมินผลด้วยการเปรียบเทียบ ว่าสิ่งไหนให้คุณค่ามากที่สุด และการปรับปรุงนั้นต้องมีความเป็นไปได้ด้วยเช่นกัน ดังนั้นการคัดเลือกความคิดเพื่อปรับปรุง จึงมีแนวทางการคัดเลือกความคิดดังนี้

ก. ความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์ คือการปรับปรุง โดยการนำสิ่งที่มีอยู่มาปรับปรุงหรือหาแนวทางใหม่ๆ หรือเครื่องมือใหม่ๆ มาปรับปรุง โดยไม่ใช้ระยะเวลาในการปรับปรุงที่ยาวนาน และไม่ก่อให้เกิดต้นทุนที่เพิ่มมากขึ้นจนเกินความจำเป็น

ข. ความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิค คือการปรับปรุงนั้น ต้องมีความเป็นไปได้ในทางการผลิตด้วยเช่นกัน กล่าวคือแนวทางการปรับปรุงนั้น ต้องสามารถนำไปปฏิบัติหรือทำการผลิตได้จริง และสามารถบรรลุหน้าที่การทำงานหลักนั้นได้

6. การทดสอบและการพิสูจน์ (Investigation Phase)

เป็นขั้นตอนการกลั่นกรองทางเลือก ทางของแนวคิดเพื่อให้ได้ต้นทุนที่ต่ำ รวมทั้งได้หน้าที่การทำงานที่ตรงตามความต้องการ และกระบวนการนี้ ต้องอาศัยข้อมูลบวกกับความรู้ในการพัฒนาสิ่งใหม่ๆ เช่น ทางด้านวัสดุ หรือเทคนิคการแข่งขันทางเศรษฐกิจ เป็นต้น และการทดสอบพิสูจน์นี้ ควรพิจารณาถึงมาตรฐานของบริษัทและอุตสาหกรรม และมีปรึกษากัน ระหว่างฝ่ายการตลาด ฝ่ายวิศวกรรม ฝ่ายการผลิต และฝ่ายจัดซื้อ เพื่อปรับปรุงและพัฒนาความคิดร่วมกัน เพื่อให้ได้มาซึ่งความคิดเห็น ในมุมมองอื่นในทุกๆด้าน และปรึกษากับผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้าน เพื่อหาจุดแข็งและจุดอ่อนในความคิดทั้งหมด

7. ขั้นเสนอแนะ (Recommendation Phase)

เป็นขั้นตอนสุดท้ายซึ่งต้องทำการนำเสนอต่อผู้บริหาร โดยสิ่งที่ต้องนำเสนอคือ นำเสนอความจริงในปัจจุบันว่าเป็นอย่างไร ปัญหาคืออะไร รวมถึงต้นทุนปัจจุบัน เพื่อแจกแจงให้ทราบ เพื่อเป็นการกระตุ้นให้ผู้บริหารยอมรับในโครงการใหม่ เพื่อนำไปสั่งการและสั่งปฏิบัติต่อไป โดยจุดประสงค์หลักของการเสนอนั้นมี 2 ประการคือ ต้องการส่งข้อมูลให้กับผู้บริหารเพื่อตัดสินใจ และการนำไปปฏิบัติจริงหลังจากที่ผู้บริหารตัดสินใจแล้ว

หลักการเปรียบเทียบเพื่อลำดับความสำคัญของหน้าที่

ในอุปกรณ์หรือผลิตภัณฑ์บางอย่างอาจประกอบด้วยวัสดุหลายชนิด ซึ่งวัสดุแต่ละชนิดนั้น มีหน้าที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้น เราจึงต้องค้นหาว่า หน้าที่ใดคือหน้าที่หลักของอุปกรณ์นั้นๆ โดยใช้หลักการพิจารณาเพื่อหาความสำคัญของหน้าที่ โดยจำแนกได้ 3 ขั้นตอน คือ การเปรียบเทียบคู่ การระบุน้ำหนัก และการจัดเรียงลำดับความสำคัญของหน้าที่

ก. การเปรียบเทียบคู่ (Pairwise Comparisons) เป็นการเปรียบเทียบเพื่อหาความสำคัญของแต่ละหน้าที่เชิงเปรียบเทียบ โดยพิจารณาเป็นคู่ๆ ว่าระหว่างคู่ที่นำมาเปรียบเทียบนั้น หน้าที่ไหนคือหน้าที่หลักของอุปกรณ์นั้นๆ หรือหน้าที่ไหนมีความสำคัญมากกว่า

ข. การระบุค่าน้ำหนัก (Weight Calculation) หลังจากทำการเปรียบเทียบคู่ระหว่างหน้าที่แล้ว จึงทำการให้น้ำหนักความสำคัญของหน้าที่นั้นว่า เมื่อเปรียบเทียบกันแล้ว ระหว่างหน้าที่ของคู่ที่นำมาเปรียบเทียบนั้น มีความสำคัญต่างกันมากน้อยเพียงใด โดยกำหนดเป็นค่าตัวเลขคือ (1) ความสำคัญของหน้าที่แตกต่างกันน้อย (2) หน้าที่มีความแตกต่างกันปานกลาง และ (3) หน้าที่มีความแตกต่างกันมาก โดยสร้างเมทริกซ์การเปรียบเทียบคู่และระบุน้ำหนักความสำคัญของหน้าที่ ดังแสดงดังรูปที่ 2

ค. การจัดเรียงลำดับความสำคัญของหน้าที่ เป็นการนำผลจากการเปรียบเทียบคู่และรวมน้ำหนักความสำคัญ มาทำการจัดเรียงลำดับโดยเรียงจากผลรวมของค่าน้ำหนักความสำคัญมากไปหาน้อย ซึ่งหน้าที่ใดที่มีผลรวมของค่าน้ำหนักความสำคัญมากที่สุด คือหน้าที่หลักของวัสดุหรืออุปกรณ์นั้นๆ

	หน้าที่ B	หน้าที่ C	หน้าที่ D
หน้าที่ A	ผลการเปรียบเทียบคู่ หน้าที่ **A** กับ **B** (ระบุค่าน้ำหนักความสำคัญ)	ผลการเปรียบเทียบคู่ หน้าที่ **A** กับ **C** (ระบุค่าน้ำหนักความสำคัญ)	ผลการเปรียบเทียบคู่ หน้าที่ **A** กับ **D** (ระบุค่าน้ำหนักความสำคัญ)
หน้าที่ B		ผลการเปรียบเทียบคู่ หน้าที่ **B** กับ **C** (ระบุค่าน้ำหนักความสำคัญ)	ผลการเปรียบเทียบคู่ หน้าที่ **B** กับ **D** (ระบุค่าน้ำหนักความสำคัญ)
หน้าที่ C			ผลการเปรียบเทียบคู่ หน้าที่ **C** กับ **D** (ระบุค่าน้ำหนักความสำคัญ)

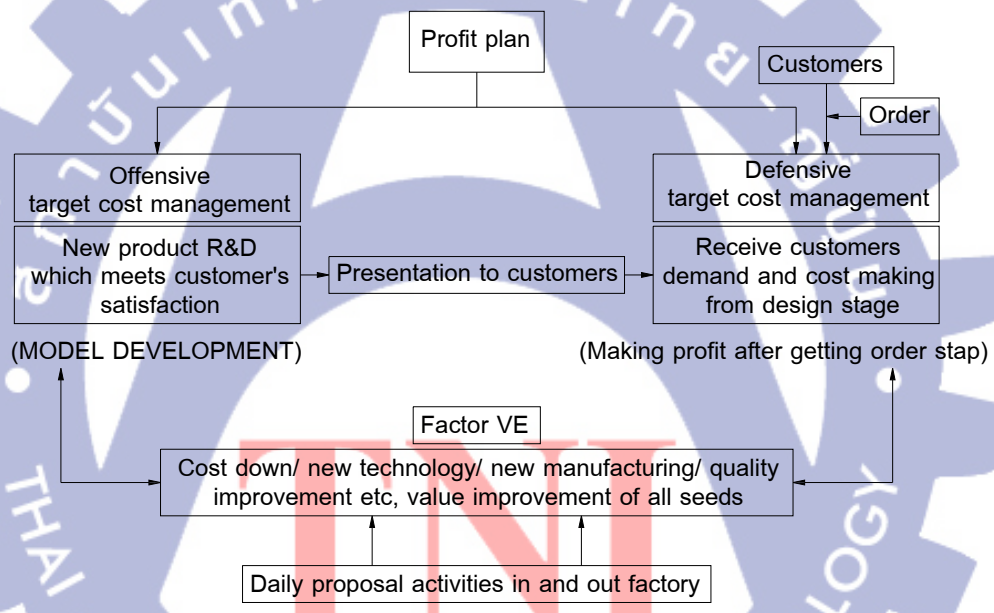
รูปที่ 2 เมทริกซ์การเปรียบเทียบคู่ (Pairwise Comparison Matrix)

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การสำรวจวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยนี้ เป็นการศึกษาค้นคว้าเพื่อหาข้อมูลที่สำคัญเพื่อเป็นแนวทางในการวิจัย ซึ่งสามารถรวบรวมวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องได้ดังนี้

<u>เอกสารและงานวิจัยต่างประเทศ</u>

ฮิโตชิ นิตตะ (Hitoshi Nitta. 1999) กล่าวถึงหลักการการจัดการต้นทุนเป้าหมาย (Target Cost Management) อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการใช้กลยุทธ์การจัดการต้นทุนเป้าหมายเชิงรุก (Offensive Target Cost Management) การจัดการต้นทุนเป้าหมายเชิงรับ (Defensive Target Cost Management) และปัจจัยวิศวกรรมคุณค่า (Factor VE) ซึ่งเป็นกลยุทธ์ที่ใช้ในการจัดการด้านต้นทุนอย่างมีประสิทธิผลและได้นำเสนอแผนเป็นงานด้านการสร้างกำไร ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 แผนของการสร้างกำไร (Profit Plan)

โดยผู้เขียนยังได้อธิบายถึงแนวทาง และขั้นตอนที่จะใช้วิศวกรรมคุณค่า ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของผู้ผลิตชิ้นส่วน (Part Manufacturer) ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความน่าสนใจเพื่อนำเสนอให้ลูกค้า (Complete Maker) ก่อนคู่แข่ง ทำให้เราสามารถกำหนดราคา และสามารถสร้างกำไรให้ผลิตภัณฑ์นั้นได้อย่างสมเหตุสมผล และได้นำเสนอโมเดลการออกแบบ (Model Designing) ซึ่งเป็นมาตรฐานสำหรับการออกแบบในผลิตภัณฑ์อื่นๆ เพื่อเป็นแนวทางและเป็นหลักการในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป

ปีเตอร์ ไรด์ (Peter Ried. 1999) ได้บรรยายถึงความสำเร็จในการใช้วิศวกรรมคุณค่าในการผลิตเครื่องมือเครื่องจักรของบริษัทผู้ผลิตเครื่องจักรในเยอรมนี โดยได้นำวิศวกรรมคุณค่ามาใช้ตั้งแต่ก่อนการออกแบบ โดยทำการวิเคราะห์ตลาด การเทียบเคียงกับคู่แข่ง วิเคราะห์หรือตรวจสอบด้านสิทธิบัตร และวิเคราะห์ข้อบังคับด้านความปลอดภัยต่างๆ โดยใช้วิศวกรรมคุณค่าร่วมกับเครื่องมือการจัดการอื่นๆ และต้องได้รับความร่วมมือจากฝ่ายอื่นๆด้วยเช่น ฝ่ายจัดซื้อ ฝ่ายขาย ฝ่ายผลิต เป็นต้น ซึ่งจากการทำกิจกรรมเหล่านี้ก่อนที่จะทำการออกแบบ ทำให้เขาสามารถลดระยะเวลาในการวิจัยและพัฒนาลงเฉลี่ย 50-70% ของเวลาปกติ ซึ่งหัวใจหลักของความสำเร็จเกิดจากการนำวิศวกรรมคุณค่า มาใช้ตั้งแต่ก่อนที่จะทำการออกแบบ

<u>เอกสารและงานวิจัยในประเทศ</u>

ณธพล พงษ์สำราญกุล (2550) ได้ศึกษาและนำเสนอการลดต้นทุนโดยประยุกต์ใช้วิศวกรรมคุณค่า เพื่อปรับปรุงการกระบวนการผลิตสลักเกลียวและแป้นเกลียวของอุตสาหกรรมรถจักรยานยนต์ ซึ่งใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่าวิเคราะห์หน้าที่ของกระบวนการ พบว่ามีกระบวนการที่ทำหน้าที่เหมือนกันสองกระบวนการคือ กระบวนการขึ้นรูปด้าน Nut และกระบวนการ Chamfer ซึ่งสามารถรวมกระบวนการขึ้นรูปสองกระบวนการนี้เข้าด้วยกันได้นำมาซึ่งการออกแบบแม่พิมพ์ที่สามารถขึ้นรูปทั้งสองกระบวนการได้ในครั้งเดียว ทำให้สามารถลดเวลาในการผลิตลง 16.81 เปอร์เซ็นต์ และสามารถลดต้นทุนได้ 23.28 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลต่อการปรับปรุงการส่งมอบลูกค้าและบรรลุเป้าหมายการลดต้นทุนของบริษัท

มีเชาวน์ จันทร์ศิริวัฒนา (2552) ได้นำหลักการวิศวกรรมคุณค่ามาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์แผงวงจรไฟฟ้าชนิดอ่อน โดยเลือกศึกษาในกระบวนการสุดท้ายของสายการผลิต เนื่องจากมีการใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ช่วยผลิตอื่นๆ เช่น จิ๊ก ฟิกส์เจอร์ ตลอดจนจำนวนแรงงานเป็นจำนวนมาก โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อลดต้นทุนแรงงานที่เกิดจากขั้นตอนการผลิตที่ไม่จำเป็น และได้นำหลักการ ECRS มาประยุกต์ใช้เพื่อช่วยในการลดความสูญเปล่าในการผลิต ทำให้สามารถลดต้นทุนแรงงานได้ 47.53 เปอร์เซ็นต์ และสามารถลดปริมาณการใช้เครื่องจักรได้ 40 เปอร์เซ็นต์

กิตติ วิบูลย์ศิริเสวีกูล (2542) ได้นำเทคนิควิศวกรรมคุณค่าทั้ง 7 ขั้นตอนของ Arthur E. Mudge มาประยุกต์ใช้โดยมีเป้าหมายในการลดต้นทุนผลิตภัณฑ์ชุดสายไฟ WIRE COWL รุ่น A ซึ่งมียอดขายสูงสุด โดยยังคงรักษาระดับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไว้ พร้อมกับเพิ่มระดับความพึงพอใจของลูกค้า จากนั้นได้นำแนวทางดังกล่าวไปประยุกต์เพื่อทำการลดต้นทุนของชุดสายไฟขนาดใหญ่ทั้งหมดของทุกรุ่น จากผลการวิจัยพบว่า สามารถจัดทำข้อเสนอแนะเพื่อลดต้นทุนของชุดสายไฟทุกรุ่นได้ตามเป้าหมายและสามารถลดต้นทุนชุดสายไฟลงได้ 8,469,510 บาทต่อปี รวมถึงสามารถเพิ่มระดับความพึงพอใจทางด้านราคาและการจัดการให้กับลูกค้าโดยวัดจากคะแนนที่ลูกค้าประเมินเฉลี่ย 75 คะแนน (กรกฎาคม 2539-เมษายน 2540) เพิ่มขึ้นเป็น

85 คะแนน (พฤษภาคม 2540-กุมภาพันธ์ 2541) ซึ่งส่งผลให้โรงงานตัวอย่างได้รับรางวัลโล่ประกาศเกียรติคุณผู้ผลิตชิ้นส่วนที่มีผลการดำเนินกิจกรรมลดต้นทุนอย่างยอดเยี่ยมประจำปี 2540 จากทางลูกค้า

เทคนิคทางวิศวกรรมคุณค่านั้น เป็นกลยุทธ์ในการทำกำไรอย่างหนึ่ง ซึ่งเป็นการจัดการด้านต้นทุน เพื่อใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ให้มีความน่าสนใจ ทำให้เราสามารถนำเสนอราคาขายที่ต่ำลงได้เพื่อดึงดูดลูกค้า แต่ยังคงคุณภาพและความน่าเชื่อถือไว้ ซึ่งเทคนิคทางวิศวกรรมคุณค่านี้ มีลักษณะเด่นคือเป็นการวิเคราะห์เพื่อค้นหาให้ได้มาซึ่งหน้าที่การทำงาน (Function) ของชิ้นส่วนหรือผลิตภัณฑ์นั้นๆ ทำให้เราสามารถวิเคราะห์เพื่อลดหรือกำจัดหน้าที่ที่ซ้ำกัน หรือหน้าที่ไม่จำออกไปได้ โดยชิ้นส่วนหรือผลิตภัณฑ์นั้นๆ ยังคงหน้าที่หลักไว้ได้ โดยในการดำเนินงานครั้งนี้ ได้เลือกใช้เทคนิคทางวิศวกรรมคุณค่า 7 ขั้นตอนเป็นแนวทางในการปฏิบัติงาน ซึ่งขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานนั้น แสดงในบทที่ 3 ต่อไป

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น THAI-NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY TNI

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานสารนิพนธ์

ข้อมูลเบื้องต้นของสถานประกอบการกรณีศึกษา

สถานประกอบการที่ใช้เป็นกรณีศึกษา ได้ดำเนินธุรกิจด้านการผลิตและส่งออกผลิตภัณฑ์ด้านการจัดการระบบกำลังไฟฟ้า (Power Management Solutions) และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ โดยปัจจุบันบริษัทฯ ได้แบ่งกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกเป็น 4 กลุ่มหลัก ดังนี้

1. กลุ่มผลิตภัณฑ์สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย เช่น เพาเวอร์ซัพพลายประเภทต่างๆ เครื่องปรับระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC-DC Converter) และอแดปเตอร์ (Adapter) เป็นต้น เพื่อการใช้งานกับระบบเซิร์ฟเวอร์คอมพิวเตอร์ ระบบเครือข่าย (Networking) ตลอดจนอุปกรณ์สำนักงาน และอุปกรณ์การแพทย์ เป็นต้น

2. กลุ่มผลิตภัณฑ์เพาเวอร์ซัพพลายที่ใช้เทคโนโลยีระดับสูง (DES Power Supplies) และมีการออกแบบเฉพาะ สำหรับลูกค้าที่ใช้ในอุตสาหกรรมด้านเทคโนโลยีสาระสนเทศโทรคมนาคม และในภาคอุตสาหกรรม รวมทั้งโซลาร์คอนเวอร์เตอร์ เป็นต้น

3. กลุ่มผลิตภัณฑ์ Energy Solution ได้แก่ ระบบกำลังไฟ (Power Systems) และเครื่องสำรองไฟ (UPS) และผลิตภัณฑ์สำหรับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์พกพา (Mobile Power)

4. กลุ่มชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ได้แก่ พัดลมระบายความร้อน (Cooling Fan) อีเอ็มไอฟิลเตอร์ (EMI Filter) และโซลินอยด์ (Solenoid)

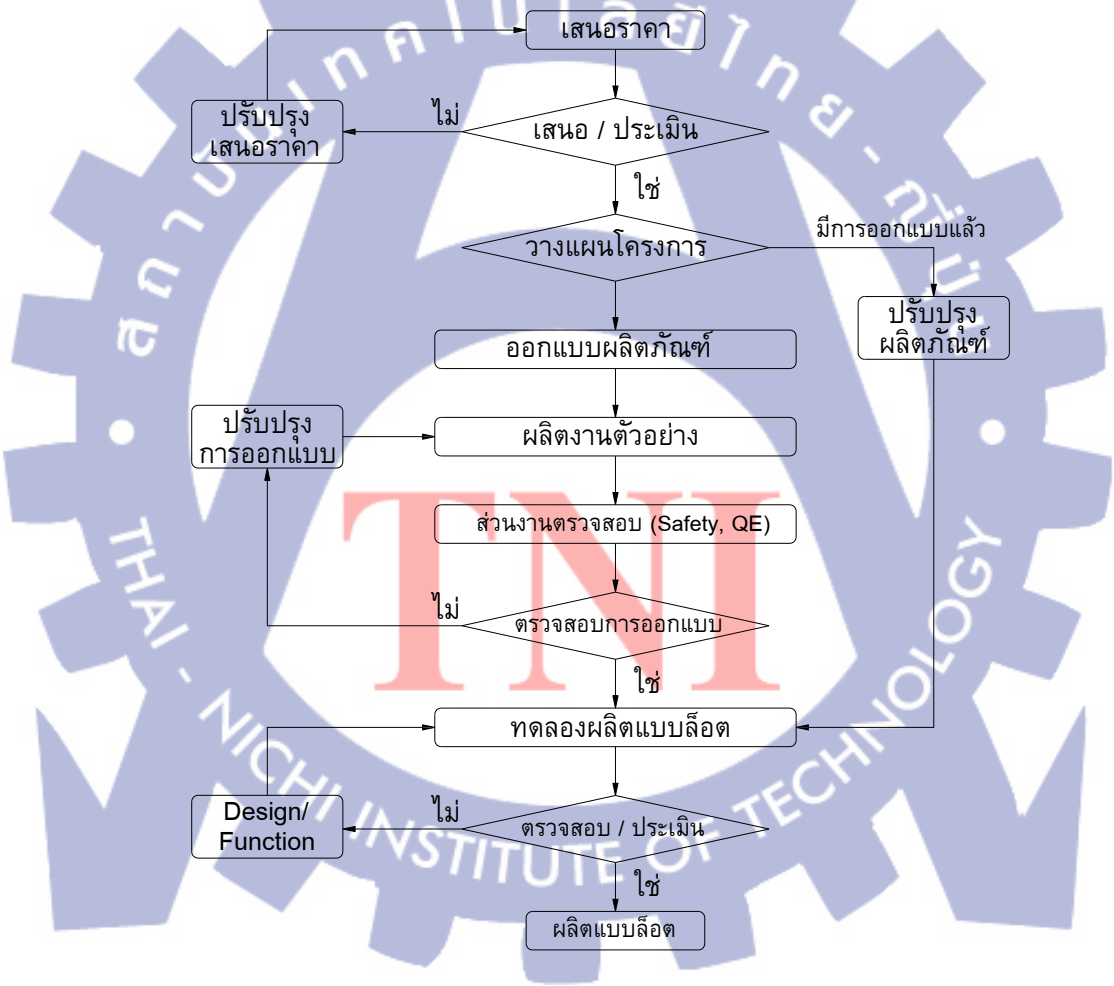
โดยบริษัทฯ ได้มีการดำเนินธุรกิจ ผลิตและจำหน่วยผลิตภัณฑ์ในภูมิภาคต่างๆ ทั่วโลก ได้แก่ ยุโรป ตะวันออกกลาง อเมริกาใต้ และเอเชีย

เพาเวอร์ซัพพลาย อแดปเตอร์และแท่นชาร์จ พัดลมระบายความร้อน

รูปที่ 4 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ผลิตโดยสถานประกอบการที่ใช้เป็นกรณีศึกษา

ส่วนงานวิจัยและพัฒนา

ส่วนงานด้านวิจัยและพัฒนา (Research & Development : R&D) เป็นส่วนงานที่ทำการศึกษาและพัฒนา เพื่อออกแบบและทดสอบผลิตภัณฑ์ ให้มีคุณภาพ ความน่าเชื่อถือ และความปลอดภัย ตรงตามมาตรฐานความปลอดภัย และตรงตามความต้องการของลูกค้า ก่อนที่จะผ่านเข้าสู่การผลิตแบบล็อต (Mass Production) ต่อไป โดยกระบวนเริ่มจากการเสนอราคาให้กับลูกค้า เพื่อพิจารณาถึงความเป็นไปได้ของโครงการ เมื่อลูกค้าทำการประเมินและตกลงในการเสนอราคาแล้ว ฝ่ายวิจัยและพัฒนาจะทำการวางแผน เพื่อจัดทีมงานและผู้รับผิดชอบโครงการในแต่ละส่วนงาน ทำการออกแบบและทำผลิตงานตัวอย่าง เพื่อใช้ในการทดสอบ เมื่อผ่านกระบวนการทดสอบและประเมินตามมาตรฐานแล้ว จึงทำการทดลองผลิตแบบล็อต และทำการประเมิน เพื่อผ่านเข้าสู่การผลิตแบบล็อตต่อไป โดยแผนกระบวนการวิจัยและพัฒนาแสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 แผนผังกระบวนการวิจัยและพัฒนา (R&D Process Chart)

ข้อมูลผลิตภัณฑ์สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย

หน้าที่หลักของสวิชชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายคือ เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แปลงกระแสไฟฟ้าให้มีความเหมาะสม เพื่อจ่ายให้กับอุปกรณ์ต่างๆ โดยสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายประกอบด้วยส่วนต่างๆมากมาย ทั้งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีขนาดเล็ก จนถึงอุปกรณ์โครงสร้างภายนอกขนาดใหญ่ ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะการออกแบบ เพื่อให้เหมาะสมกับอุปกรณ์แต่ละชนิด ที่มีความแตกต่างกันไป โดยส่วนประกอบหลักของสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายแสดงดังรูปที่ 6

รูปที่ 6 ส่วนประกอบหลักของสวิชชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย

ส่วนประกอบหลักของสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายที่จำเป็นต่อการทำงาน มีอุปกรณ์หลักๆดังนี้

- ตัวกล่อง (Case) เป็นอุปกรณ์ภายนอก มีหน้าที่ปกปิดส่วนประกอบภายใน เพื่อป้องกันอันตรายต่อการเข้าถึงของผู้ใช้งาน และทำหน้าที่ป้องกันสัญญาณความถี่สูง ออกมารบกวนแก่อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นภายนอก ซึ่งตัวกล่องมีลักษณะรูปร่างแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับประเภทของการใช้งาน โดยทั่วไปจะมีทั้งกล่องที่ทำจากวัสดุประเภทโลหะเช่น เหล็กและอลูมิเนียม และวัสดุที่ทำจากพลาสติก

- เต้าเสียบสายไฟ (AC Socket) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเชื่อมต่อสายไฟ เพื่อเชื่อมต่อไฟฟ้าจากภายนอก เข้าสู่วงจรของสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย ซึ่งรูปร่างและลักษณะจะขึ้นอยู่กับลักษณะของอุปกรณ์ที่นำไปเชื่อมต่อ

- สวิตช์เปิด-ปิด (Switch) เป็นอุปกรณ์ควบคุมการเปิด-ปิดของเพาเวอร์ซัพพลายโดยผู้ใช้งาน อย่างไรก็ตามในสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายบางประเภท ก็ไม่ได้ออกแบบให้มีสวิตช์เปิด-ปิด ซึ่งขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในการใช้งานในแต่ละประเภท

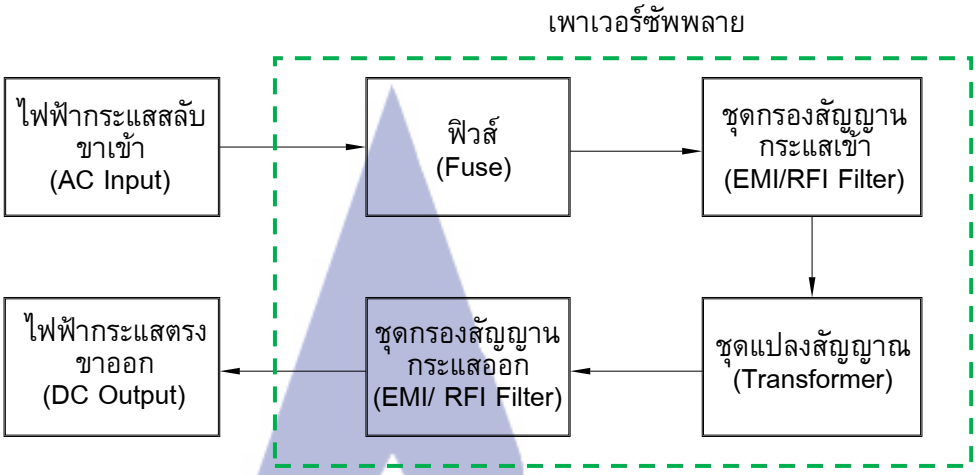
- พัดลม (DC Fan) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ระบายความร้อนให้กับสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย เพื่อลดอุณหภูมิของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ทำให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถยืดอายุการใช้งานให้นานขึ้น อย่างไรก็ตามในสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายบางประเภทก็ไม่มีพัดลมระบายความร้อน ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะการนำไปใช้งานของอุปกรณ์นั้นๆ

- โลหะระบายความร้อน (Heat Sink) เป็นแผ่นโลหะมีรูปร่างลักษณะแตกต่างกันไปตามลักษณะการใช้งาน ทำจากอลูมิเนียม เหล็ก หรือทองแดง ทำหน้าที่ระบายความร้อนออกจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน และยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์นั้นๆ

- หัวต่อหรืออุปกรณ์เชื่อมต่อ (Connector) ทำหน้าที่เชื่อมต่อกระแสไฟฟ้าหรือสัญญาณต่างๆ จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง โดยขนาดหรือจำนวนที่ใช้ ขึ้นอยู่กับวงจรที่ได้ออกแบบไว้

- อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆและวงจรทางไฟฟ้า ภายในสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายนั้น จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มากมายเช่น ฟิวส์ ชุดกรองสัญญาณ ชุดแปลงสัญญาณไฟฟ้า ตัวเก็บประจุ ตัวต้านทานทางไฟฟ้า เป็นต้น โดยจะทำหน้าที่สัมพันธ์กัน ในการแปลงกระแสไฟฟ้าของสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย

สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย เป็นอุปกรณ์จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับเครื่องมือเครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เช่น เครื่องถ่ายเอกสาร โทรสาร คอมพิวเตอร์ ตู้เอทีเอ็ม ฯลฯ ตลอดจนเครื่องจักรขนาดใหญ่ในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งอุปกรณ์แต่ละชนิดจำเป็นต้องใช้สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายที่มีความเหมาะสมกับอุปกรณ์นั้นๆ ดังนั้น การออกแบบจึงมีความซับซ้อนมากน้อยขึ้นอยู่กับลักษณะการนำใช้งาน แต่อย่างไรก็ตาม สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายโดยทั่วไปนั้น ก็มีหลักการทำงานหลักที่คล้ายคลึงกัน ซึ่งแสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 หลักการทำงานทั่วไปของสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย

จากรูปที่ 7 เมื่อไฟฟ้ากระแสสลับขาเข้า (AC Input) เข้ามายังสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย จะไหลผ่านมายังฟิวส์ (Fuse) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการตัดวงจร เพื่อป้องกันไม่ให้เพาเวอร์ซัพพลายและอุปกรณ์ต่างๆเสียหายเมื่อเกิดกระแสไฟฟ้าเกิน จากนั้นกระแสไฟฟ้าจะผ่านมายังชุดวงจรสำหรับกรองสัญญาณ (EMI/RFI Filter) เพื่อกรองสัญญาณและลดสัญญาณรบกวนต่างๆ ทำให้กระแสไฟฟ้าที่เข้ามามีความเรียบนิ่ง ก่อนที่จะไหลผ่านมายังชุดหม้อแปลง (Transformer) เพื่อแปลงจากไฟฟ้าที่มีกระแสสูงให้เป็นกระแสต่ำ และแปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นกระแสตรง แล้วผ่านมายังชุดกรองสัญญาณอีกชุด เพื่อกรองแรงดัน และจัดเรียงกระแสไฟฟ้าขาออกให้เรียบนิ่ง ก่อนที่จะจ่ายกระแสไฟฟ้ากระแสตรง (DC Output) ที่มีค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันที่มีความเหมาะสมให้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

ในกรณีศึกษานี้ ได้เลือกเอาผลิตภัณฑ์เพาเวอร์ซัพพลาย รุ่น “TPSN-130AB A” ดังแสดงดังรูปที่ 8 ซึ่งเป็นเพาเวอร์ซัพพลายที่ใช้สำหรับจัดการระบบกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ที่ใช้ในงานธนาคารเช่น ตู้เอทีเอ็ม เครื่องพิมพ์สมุดบัญชีธนาคาร และเครื่องพิมพ์ใบบันทึกรายการ เป็นต้น

ผลิตภัณฑ์รุ่น TPSN-130AB A ลักษณะการติดตั้งกับอุปกรณ์

รูปที่ 8 ผลิตภัณฑ์รุ่น TPSN-130AB A และการติดตั้งกับเครื่องพิมพ์สมุดบัญชีธนาคาร

ขั้นตอนการดำเนินงาน

ผู้ศึกษาได้ใช้หลักการวิเคราะห์คุณค่า ตามหลักวิศวกรรมคุณค่ามาใช้ดำเนินกรณีศึกษา โดยได้กำหนดขั้นตอนการดำเนินงานออกมาเป็นแผนงานวิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering Job Plan) แบ่งขั้นตอนหลัก 7 ขั้นตอนคือ การเลือกโครงการ (Project Selection Phase) การรวบรวมข้อมูล (Information Phase) การวิเคราะห์หน้าที่การทำงาน (Function Analysis Phase) การสร้างสรรค์ความคิดเพื่อปรับปรุง (Creation Phase) การประเมินผลความคิดเพื่อปรับปรุง (Evaluation Phase) การทดสอบและการพิสูจน์ (Investigation Phase) และขั้นเสนอแนะ (Recommendation Phase) โดยในแต่ละขั้นตอน มีรายละเอียดดังนี้

1. การเลือกโครงการ (Project Selection Phase)

ในกรณีศึกษานี้ ทำการศึกษาในส่วนงานออกแบบผลิตภัณฑ์ ซึ่งจัดอยู่ในประเภทโครงการที่เกี่ยวกับวัตถุ (Hardware Project) คือ โครงการที่ศึกษาด้านทางกายภาพเป็นหลัก โดยได้ทำการวิเคราะห์เพื่อปรับปรุง โดยมีจุดประสงค์เพื่อลดต้นทุนของผลิตภัณฑ์ ในส่วนงานวิจัยและพัฒนา (Research and Development : R&D) โดยมีปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณาเพื่อเลือกโครงการนี้มาศึกษาดังนี้

- ผลิตภัณฑ์มีต้นทุนทางวัสดุ (Bill of Material Cost) สูงเกินกว่าต้นทุนเป้าหมาย (Target Cost) ที่ได้ตั้งไว้
- ผลิตภัณฑ์มีปริมาณการสั่งซื้อสูง และมียอดสั่งซื้ออย่างต่อเนื่องเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดกำลังไฟฟ้าใกล้เคียงกัน ดังตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์เพาเวอร์ซัพพลายรุ่นอื่น ที่มีขนาดกำลังไฟฟ้าตั้งแต่ 100 วัตต์ ถึง 300 วัตต์
- ผลิตภัณฑ์มีชิ้นส่วนหรือกระบวนการผลิตชิ้นส่วน มีความซับซ้อนเกินความจำเป็น

- มีส่วนประกอบที่ได้ถูกออกแบบ โดยยึดหลักการเดิมๆ ซึ่งไม่ได้ถูกปรับใช้ให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์
- มีชิ้นส่วนที่ใช้วัตถุดิบที่มีราคาแพงเกินความจำเป็น
- ลูกค้ามีความต้องการให้ผู้ผลิตลดต้นทุนสินค้า (Cost Down)

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบข้อมูลของผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดตั้งแต่ 100 วัตต์ ถึง 300 วัตต์

ชื่อรุ่น (Model)	ขนาดกำลังไฟฟ้า (Power)	ปริมาณการสั่งซื้อต่อปี (Estimate Annual Usage)	อายุผลิตภัณฑ์ (Product Life)
TPSN-130AB A	**130 วัตต์**	**30,000 ชิ้น**	**5 ปี**
PMC-24V100W1AT	100 วัตต์	18,000 ชิ้น	5 ปี
PMC-24V300W1BF	300 วัตต์	8,000 ชิ้น	5 ปี
TADP-136AB A	136 วัตต์	7,000 ชิ้น	3 ปี
PMC-24V150W1BA	150 วัตต์	5,000 ชิ้น	5 ปี
DPR-048V240W1BA	240 วัตต์	5,000 ชิ้น	5 ปี
DPR-024V120W1BB	120 วัตต์	4,000 ชิ้น	5 ปี
DPR-024V120W3BA	120 วัตต์	3,000 ชิ้น	5 ปี
DPR-024V100W1BA	100 วัตต์	1,000 ชิ้น	5 ปี

2. การรวบรวมข้อมูล (Information Phase)

2.1 ลักษณะทั่วไป

ในกระบวนการวิจัยและพัฒนาของสถานประกอบการที่เป็นกรณีศึกษานี้ จะจำแนกทีมทีมงานวิจัยและพัฒนาได้เป็นสองส่วนหลักๆ คือ ส่วนงานออกแบบ และส่วนงานทดสอบและตรวจสอบ

ส่วนงานออกแบบ (Designer) ได้แก่ ส่วนงานทางวิศวกรรมไฟฟ้า (Electrical Engineer : EE) โดยมีวิศวกรไฟฟ้าทำหน้าที่ออกแบบและพัฒนาด้านวงจร เลือกอุปกรณ์ทางไฟฟ้าที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ ให้เหมาะสม และตอบสนองความต้องการของลูกค้า และส่วนงานทางวิศวกรรมเครื่องกล (Mechanical Engineer : ME) โดยมีวิศวกรเครื่องกลทำหน้าที่ออกแบบด้านโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ และรูปแบบการระบายความร้อนให้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โดยมีส่วนงาน Layout ที่ทำหน้าที่จัดวางอุปกรณ์ต่างๆ บนเมนบอร์ด และวางทางเดินของวงจรตามที่วิศวกรไฟฟ้าได้ออกแบบไว้

ส่วนงานทดสอบและตรวจสอบ ได้แก่ ส่วนงานทางวิศวกรรมคุณภาพ (Quality Engineer : QE) ทำหน้าที่ทดสอบและตรวจสอบผลิตภัณฑ์ ทั้งทางไฟฟ้าและโครงสร้างให้ได้คุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด และส่วนงานทางวิศวกรรมความปลอดภัย (Safety Engineer) ทำหน้าที่ตรวจสอบและส่งผลิตภัณฑ์ไปหน่วยงานทดสอบกลาง (Agency) เพื่อทำการทดสอบ

และออกเครื่องหมายรับรอง (Safety Mark) เพื่อยืนยันว่าผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยได้มาตรฐาน

2.2 ข้อมูลด้านการตลาดและการใช้งาน

- ปริมาณการสั่งซื้อจากลูกค้าของผลิตภัณฑ์รุ่น TPSN-130AB A ประมาณการณ์ต่อปี (Estimate Annual Usage : EAU) 30,000 ชิ้นต่อปี
- วงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Product Life Cycle) 5 ปี
- ผลิตภัณฑ์เพาเวอร์ซัพพลายในกรณีศึกษา ถูกจำหน่ายเพื่อนำไปประกอบกับเครื่องพิมพ์ของลูกค้าที่ประเทศจีน ก่อนที่ลูกค้าจะส่งเครื่องพิมพ์ออกจำหน่าย

2.3 ข้อมูลด้านวิศวกรรม

เพาเวอร์ซัพพลายรุ่น TPSN-130AB A ที่นำมาศึกษานี้ ประกอบด้วยชิ้นส่วนต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 9 โดยจำแนกเป็นส่วนประกอบหลักๆ คือ

หมายเลข 1: ชุดสวิตซ์ (Switch) ที่ทำหน้าที่เปิด-ปิด ควบคุมโดยผู้ใช้งานเพื่อทำการเปิดหรือปิดวงจรกระแสไฟฟ้าที่จะไหลเข้าสู่วงจร

หมายเลข 2: โลหะระบายความร้อน (Heat Sink) ทำหน้าที่ระบายความร้อนให้กับอุปกรณ์นั้นๆ เพื่อให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและยืดอายุการใช้งาน

หมายเลข 3: ชุดสายไฟกระแสเข้า (Input Cable) เป็นตัวเชื่อมต่อและส่งกระแสไฟฟ้ากระแสสลับเข้าสู่แผงวงจรหลัก (Main Board)

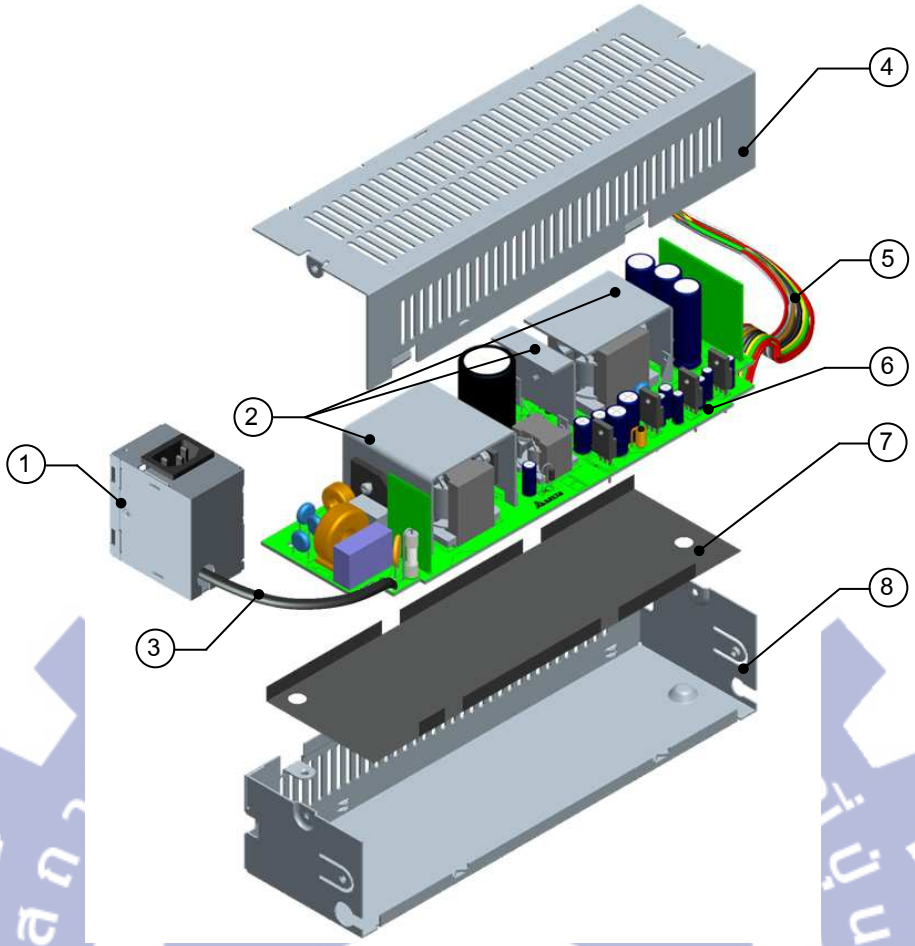
หมายเลข 4: ฝาครอบบน (Case Cover) ทำหน้าที่ป้องกันสิ่งแปลกปลอมต่างๆ เข้าไปทำความเสียหายแก่อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ภายใน และเพื่อความแข็งแรง

หมายเลข 5: ชุดสายไฟกระแสออก (Output Cable) ทำหน้าที่เชื่อมต่อกระแสไฟฟ้ากระแสตรง ที่ออกจากเพาเวอร์ซัพพลาย เพื่อจ่ายกระแสไปยังอุปกรณ์ต่างๆ

หมายเลข 6: เมนบอร์ดและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เป็นชุดอุปกรณ์ที่อยู่ภายในเพาเวอร์ซัพพลาย ที่ประกอบไปด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ โดยทำงานร่วมกันเพื่อทำหน้าที่แปลงกระแสไฟฟ้า

หมายเลข 7: ฉนวนทางไฟฟ้า (Insulator) ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ฝาครอบซึ่งเป็นโลหะ ลัดวงจรกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่อยู่ในเมนบอร์ด

หมายเลข 8: ฝาครอบล่าง (Case Chassis) ทำหน้าที่ยึดเมนบอร์ดให้ติดกับฝาครอบล่างเพื่อความแข็งแรงและป้องกันสิ่งแปลกปลอมต่างๆ เข้าไปทำลายอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ภายใน



รูปที่ 9 ส่วนประกอบหลักของเพาเวอร์ซัพพลายรุ่น TPSN-130AB A

อย่างไรก็ตาม ในการพิจารณาปรับปรุงเพื่อการลดต้นทุนในกรณีศึกษานี้ ทางผู้ศึกษาได้พิจารณาแล้วว่าชิ้นส่วนของ ฝาครอบบน (Case Cover) และฝาครอบล่าง (Case Chassis) เป็นชิ้นส่วนที่เมื่อพิจารณาเพื่อปรับปรุงแล้ว จะส่งผลกระทบต่อแม่พิมพ์ที่ใช้สำหรับขึ้นรูป (Mold & Die) ทำให้ต้องมีการทำแม่พิมพ์ใหม่เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงชิ้นงาน ซึ่งต้นทุนในส่วนของแม่พิมพ์มีราคาที่สูงมาก อีกทั้งฝาครอบบนและฝาครอบล่างนี้ เป็นส่วนนอกสุดของเพาเวอร์ซัพพลาย ซึ่งลักษณะการใช้งานนั้นลูกค้าต้องนำเพาเวอร์ซัพพลายไปติดตั้งกับในอุปกรณ์ของลูกค้า ซึ่งมีขนาดและรูปร่างที่เป็นมาตรฐานของลูกค้าอยู่แล้ว ดังนั้นจึงต้องคงขนาดและรูปร่างภายนอกเพาเวอร์ซัพพลายไว้ เพื่อให้ยังคงสามารถนำไปประกอบกับอุปกรณ์ของลูกค้าได้ และไม่มีผลกระทบต่อรูปลักษณ์ภายนอก ส่วนเมนบอร์ดและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เป็นชิ้นส่วนที่มีความซับซ้อน จำเป็นต้องใช้เวลาในการศึกษาเพื่อพิจารณาปรับปรุงและทดสอบมา ดังนั้น เมื่อพิจารณาถึงความคุ้มค่าและผลกระทบต่าง ๆเหล่านี้แล้ว ในการศึกษานี้ ผู้วิจัยจึงไม่นำเมนบอร์ดและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มาพิจารณาเพื่อปรับปรุง และคงขนาดและรูปร่างของ

ฝาครอบบนและฝาครอบล่างไว้ โดยไม่นำมาปรับปรุงเพื่อลดต้นทุน แต่จะใช้การศึกษาและพิจารณาเพื่อปรับปรุงในส่วนประกอบอื่นแทน ได้แก่ ชุดสายไฟกระแสเข้า ชุดสายไฟกระแสออก ฉนวนทางไฟฟ้า โลหะระบายความร้อน และสวิตช์

2.4 ด้านต้นทุนการวัสดุ (ก่อนการปรับปรุง)

ต้นทุนวัสดุของอุปกรณ์ที่นำมาศึกษานี้ เป็นต้นทุนที่ได้แสดงถึงต้นทุนก่อนการปรับปรุง โดยมีต้นทุนวัสดุรวม (Total Material Cost) ของผลิตภัณฑ์รุ่น TPSN-130AB A คือ 745.3 บาท โดยจำแนกเป็นต้นทุนในส่วนของวัสดุทางไฟฟ้า 451.7 บาท คิดเป็น 60.6% และต้นทุนวัสดุทางโครงสร้าง 293.6 บาท คิดเป็น 39.4% โดยผู้ศึกษาได้ทำการวิเคราะห์แล้วว่าต้นทุนทางโครงสร้างนี้ ยังสามารถปรับปรุงให้มีต้นทุนที่ลดลงได้อีก โดยเลือกใช้กระบวนการทางวิศวกรรมคุณค่า เพื่อวิเคราะห์ถึงหน้าที่และแนวทางในการปรับปรุง ซึ่งวัสดุที่นำมาพิจารณาปรับปรุงได้แก่ ชุดสายไฟกระแสเข้า ชุดสายไฟกระแสออก ฉนวนทางไฟฟ้า โลหะระบายความร้อน และสวิตช์ ดังตารางที่ 2 แสดงต้นทุนของชิ้นส่วนก่อนการปรับปรุง

ตารางที่ 3 ต้นทุนของวัสดุทางโครงสร้างที่นำมาศึกษาเพื่อลดต้นทุน

ชื่อชิ้นส่วน	ปริมาณ	หน่วย	ต้นทุนวัสดุ(บาท)	% ต้นทุนต่อหน่วยผลิตภัณฑ์
1. ชุดสายไฟกระแสเข้า (Input Cable)	1	Pce.	20.31	2.73%
2. ชุดสายไฟกระแสออก (Output Cable)	1	Pce.	32.92	4.42%
3. ฉนวนทางไฟฟ้า (Insulator)	1	Pce.	3.75	0.50%
4. โลหะระบายความร้อน (Heat Sink)	3	Pce.	20.39	2.74%
5. สวิตช์ (Switch)	1	Pce.	56.42	7.57%
		รวม	133.79	17.96%

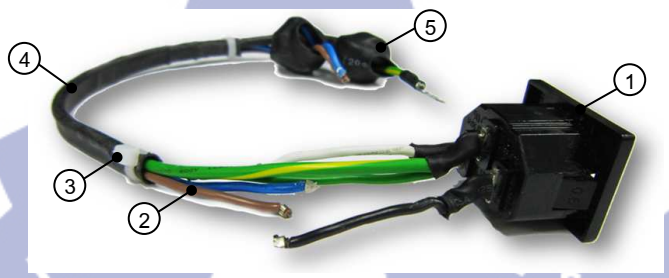
หลังจากรวมรวมข้องมูลที่เกี่ยวข้องในด้านต่างๆแล้ว ทำให้เราทราบถึงข้อมูลทั่วไปของกระบวนการวิจัยและพัฒนา ข้อมูลด้านการตลาด ส่วนประกอบต่างๆของผลิตภัณฑ์ และต้นทุนจริงของวัสดุ ทำให้เราสามารถพิจารณาถึงความเป็นไปได้ ในการลดต้นทุนของผลิตภัณฑ์ เพื่อนำไปวิเคราะห์หน้าที่การทำงาน (Function Analysis) ในกระบวนการต่อไป

3. การวิเคราะห์หน้าที่การทำงาน (Function Analysis Phase)

ในขั้นของการวิเคราะห์หน้าที่การทำงานนั้น จะทำการวิเคราะห์เพื่อหาหน้าที่การทำงานหลัก (Primary Function) และหน้าที่การทำงานรอง (Second Function) ของวัสดุ ทำให้สามารถจำแนกความสำคัญของแต่ละชิ้นส่วน เพื่อช่วยในการวิเคราะห์หาวิธีการปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นต่อไป โดยการวิเคราะห์นี้ ผู้วิจัยและทีมงานที่ปรึกษาซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคนิคในส่วนงานวิศวกรรมเครื่องกล ได้ทำการวิเคราะห์ เพื่อหาหน้าที่การทำงานของ

วัสดุ และการพิจารณาเพื่อให้น้ำหนักความสำคัญในแต่ละหน้าที่ รวมถึงการวิเคราะห์เพื่อสรุปถึงหน้าที่หลักของแต่ละวัสดุ โดยผลการวิเคราะห์จำแนกตามรายการวัสดุดังนี้

ชุดสายไฟกระแสเข้า (Input Cable): ชุดสายไฟกระแสเข้าประกอบไปด้วย เต้าปลั๊ก (Socket) สายไฟ (Wire) สายรัด (Cable Tie) ท่อหด (Heat Shrink Tube) และแกนเฟอร์ไรต์ (Ferrite Core) แสดงดังรูปที่ 10 และสามารถวิเคราะห์เพื่อหาหน้าที่การทำงานหลักและหน้าที่การทำงานรองของวัสดุโดยจำแนกในแต่ละชนิด ได้ดังตารางที่ 4



รูปที่ 10 ชุดสายไฟกระแสเข้า (Input Cable)

ตารางที่ 4 วิเคราะห์หน้าที่การทำงานของชุดสายไฟกระแสเข้า

ชื่อชิ้นส่วน	ปริมาณ	หน้าที่		จำแนกหน้าที่	
		คำกริยา	คำนาม	หลัก	รอง
1. เต้าปลั๊ก (Socket)	1	ส่งผ่าน	กระแสไฟฟ้า	✓	
		ยึด	ตำแหน่งปลั๊ก		✓
2. สายไฟ (Wire)	3	ส่งผ่าน	กระแสไฟฟ้า	✓	
		ต้านทาน	กระแสไฟฟ้า (ฉนวน)		✓
3. สายรัด (Cable Tie)	2	รัด	สายไฟให้เป็นชุด	✓	
		ยึด	ตำแหน่งอุปกรณ์		✓
4. ท่อหด (Heat Shrink Tube)	1	ป้องกัน	รอยขีดข่วน	✓	
		ห่อหุ้ม	สายไฟให้เป็นชุด		✓
4. แกนเฟอร์ไรต์ (Ferrite Core)	2	ลด	สัญญาณรบกวน	✓	

เมื่อสามารถหาหน้าที่การทำงานของวัสดุแล้ว ทำการเปรียบเทียบแต่ละหน้าที่หลักของวัสดุเพื่อหาหน้าที่หลักของชุดสายไฟกระแสเข้า โดยการกำหนดอักษรแทนหน้าที่หลักและระบุน้ำหนักความสำคัญ โดยพิจารณาระดับเป็น น้อย (1) ปานกลาง (2) หรือ มาก (3) ได้ดังรูปที่ 11 และสามารถสรุปผลการประเมินเปรียบเทียบเชิงตัวเลขได้ดังตารางที่ 4

กำหนดอักษรแทนหน้าที่

A = ส่งผ่านกระแสไฟฟ้า

B = รัดสายไฟเป็นชุด

C = ป้องกันรอยขีดข่วน

D = ลดสัญญาณรบกวน

	B	C	D
A	A(3)	A(3)	A(2)
B		C(1)	D(3)
		C	D(1)

รูปที่ 11 การเปรียบเทียบหน้าที่ของวัสดุเพื่อหาหน้าที่หลักของชุดสายไฟกระแสเข้า

ตารางที่ 5 ผลการประเมินเชิงตัวเลขโดยเรียงน้ำหนักของหน้าที่จากมากไปน้อย

น้ำหนัก	หน้าที่	อักษรแทน
8	ส่งผ่านกระแสไฟฟ้า	A
4	ลดสัญญาณรบกวน	D
1	ป้องกันรอยขีดข่วน	C
0	รัดสายไฟเป็นชุด	B

หลังจากทำการวิเคราะห์ร่วมกับทีมงานที่ปรึกษาและประเมินเปรียบเทียบเชิงตัวเลขแล้ว จึงสรุปได้ว่าหน้าการทำงานหลักของชุดสายไฟกระแสเข้าคือ การส่งผ่านกระแสไฟฟ้า

ชุดสายไฟกระแสออก (Output Cable): ชุดสายไฟกระแสออก ประกอบไปด้วย สายไฟ (Wire) แกนเฟอร์ไรต์ (Ferrite Core) และ สายรัด (Cable Tie) แสดงดังรูป 12 และสามารถวิเคราะห์เพื่อหาหน้าที่การทำงานหลักและหน้าที่การทำงานรองของวัสดุโดยจำแนกในแต่ละชนิด ได้ดังตารางที่ 6

รูปที่ 12 ส่วนประกอบของชุดสายไฟกระแสออก (Output Cable)

ตารางที่ 6 วิเคราะห์หน้าที่การทำงานของชุดสายไฟกระแสออก

ชื่อชิ้นส่วน	ปริมาณ	หน้าที่		จำแนกหน้าที่	
		คำกริยา	คำนาม	หลัก	รอง
1. สายไฟ (Wire)	16	ส่งผ่าน	กระแสไฟฟ้า	✓	
		ต้านทาน	กระแสไฟฟ้า (ฉนวน)		✓
2. แกนเฟอร์ไรต์ (Ferrite Core)	1	ลด	สัญญาณรบกวน	✓	
3. สายรัด (Cable Tie)	2	รัด	สายไฟให้เป็นชุด	✓	
		ยึด	ตำแหน่งอุปกรณ์		✓
4. ตัวหัวต่อ (Connector)	2	เชื่อมต่อ	อุปกรณ์	✓	
		ควบคุม	ตำแหน่งสายไฟ		✓

เมื่อสามารถหาหน้าที่การทำงานของวัสดุแล้ว ทำการเปรียบเทียบแต่ละหน้าที่หลักของวัสดุเพื่อหาหน้าที่หลักของชุดสายไฟกระแสเข้า โดยการกำหนดอักษรแทนหน้าที่หลักและระบุน้ำหนักความสำคัญ โดยพิจารณาระดับเป็น น้อย (1) ปานกลาง (2) หรือ มาก (3) ได้ดังรูปที่ 13 และสามารถสรุปผลการประเมินเปรียบเทียบเชิงตัวเลขได้ดังตารางที่ 7

กำหนดอักษรแทนหน้าที่

A = ส่งผ่านกระแสไฟฟ้า

B = ลดสัญญาณรบกวน

C = รัดสายไฟเป็นชุด

D = เชื่อมต่ออุปกรณ์

	B	C	D
A	A(3)	A(3)	A(1)
B		B(3)	D(1)
C			D(3)

รูปที่ 13 แสดงการเปรียบเทียบหน้าที่ของวัสดุเพื่อหาหน้าที่หลักของชุดสายไฟกระแสเข้า

ตารางที่ 7 ผลการประเมินเชิงตัวเลขโดยเรียงน้ำหนักของหน้าที่จากมากไปน้อย

น้ำหนัก	หน้าที่	อักษรแทน
7	ส่งผ่านกระแสไฟฟ้า	A
5	เชื่อมต่ออุปกรณ์	D
3	ลดสัญญาณรบกวน	B
0	รัดสายไฟเป็นชุด	C

หลังจากทำการวิเคราะห์ร่วมกับทีมงานที่ปรึกษาและประเมินเปรียบเทียบเชิงตัวเลขแล้ว จึงสรุปได้ว่าหน้าการทำงานหลักของชุดสายไฟกระแสออกคือ การส่งผ่านกระแสไฟฟ้า

ฉนวนทางไฟฟ้า (Insulator): ฉนวนทางไฟฟ้าแสดงดังรูปที่ 14 และสามารถวิเคราะห์เพื่อหาหน้าที่การทำงานหลักและหน้าที่การทำงานรองได้ดังตารางที่ 8

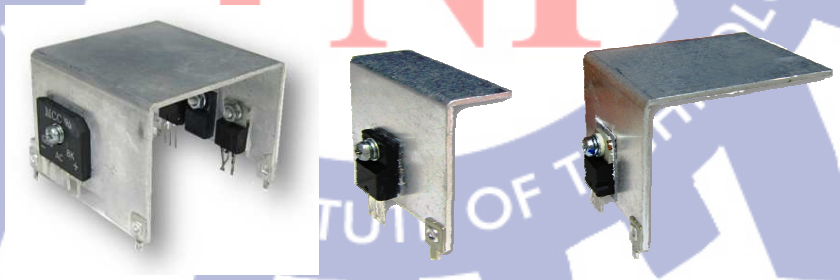
รูปที่ 14 แผ่นฉนวนทางไฟฟ้า (Insulator)

ตารางที่ 8 วิเคราะห์หน้าที่การทำงานของแผ่นฉนวน

ชื่อชิ้นส่วน	ปริมาณ	หน้าที่		จำแนกหน้าที่	
		คำกริยา	คำนาม	หลัก	รอง
1. ฉนวน (Insulator)	1	ต้านทาน	กระแสไฟฟ้า	✓	
		ป้องกัน	รอยขีดข่วน		✓

หลังจากทำการวิเคราะห์ร่วมกับทีมงานที่ปรึกษาแล้ว สรุปได้ว่า หน้าที่การทำงานหลักของฉนวนทางไฟฟ้าคือ การต้านทานกระแสไฟฟ้า

แผ่นโลหะระบายความร้อน (Heat Sink): แผ่นโลหะระบายความร้อนที่อยู่ในเพาเวอร์ซัพพลายรุ่น TPSN-130AB A มีอยู่ 3 ชิ้น โดยมีลักษณะรูปร่างแตกต่างกันไป แสดงดังรูปที่ 15 และสามารถวิเคราะห์เพื่อหาหน้าที่การทำงานหลักและหน้าที่การทำงานรองของวัสดุ ได้ดังตารางที่ 9



รูปที่ 15 โลหะระบายความร้อน (Heat Sink)

ตารางที่ 9 วิเคราะห์หน้าที่การทำงานของแผ่นโลหะระบายความร้อน

ชื่อชิ้นส่วน	ปริมาณ	หน้าที่		จำแนกหน้าที่	
		คำกริยา	คำนาม	หลัก	รอง
1. แผ่นโลหะระบายความร้อน	3	ถ่ายเท	ความร้อน	✓	
		สร้าง	ความแข็งแรงอุปกรณ์		✓

หลังจากทำการวิเคราะห์ร่วมกับทีมงานที่ปรึกษาแล้ว สรุปได้ว่า หน้าการทำงานหลักของแผ่นโลหะระบายความร้อนคือ การถ่ายเทความร้อน

สวิตช์ (Switch): สวิตช์แสดงดังรูปที่ 16 และสามารถวิเคราะห์เพื่อหาหน้าที่การทำงานหลักและหน้าที่การทำงานรองได้ดังตารางที่ 9

รูปที่ 16 สวิตช์ (Switch)

ตารางที่ 10 วิเคราะห์หน้าที่การทำงานของสวิตช์

ชื่อชิ้นส่วน	ปริมาณ	หน้าที่		จำแนกหน้าที่	
		คำกริยา	คำนาม	หลัก	รอง
1. สวิตช์ (Switch)	1	ควบคุม	การเปิด-ปิด	✓	
		ส่งผ่าน	กระแสไฟฟ้า		✓

หลังจากทำการวิเคราะห์ร่วมกับทีมงานที่ปรึกษาแล้ว สรุปได้ว่า หน้าการทำงานหลักของสวิตช์คือ การควบคุมการเปิด-ปิด

จากกระบวนการวิเคราะห์หน้าที่ของวัสดุและอุปกรณ์ ทำให้สามารถจำแนกได้ชัดเจนถึงหน้าที่หลักและหน้าที่รอง ทำให้สามารถลำดับความสำคัญของหน้าที่ ว่าควรจะให้ความสำคัญกับหน้าที่ใดเป็นลำดับแรก เพื่อนำมาซึ่งการกำหนดเป้าหมายในขั้นตอนการสร้างสรรค์ความคิดและปรับปรุงต่อไป

4. การสร้างสรรค์ความคิดเพื่อปรับปรุง (Creation Phase)

การนำหน้าที่การทำงานหลัก มาเป็นหัวข้อในการสร้างสรรค์ความคิดนี้ เป็นการกำหนดเป้าหมายของการปรับปรุงเพื่อให้บรรลุผล โดยคำนึงถึงหน้าที่การทำงานหลักเป็นสำคัญ

ดังนั้น การรวบรวมความคิด จึงต้องระดมสมอง (Brainstorming) เพื่อให้เกิดหลายๆความคิดที่สร้างสรรค์ และเป็นความคิดในทางบวกออกเป็นจำนวนมากๆ และเพื่อให้ได้มาซึ่งความคิดเห็นที่หลากหลาย ผู้วิจัยได้ทำระดมความคิดกับที่ปรึกษาด้านเทคนิคทางวิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรผู้ออกแบบทางไฟฟ้าที่ให้ความคิดเห็นที่เกี่ยวข้องในทางเทคนิคด้านไฟฟ้า และฝ่ายจัดซื้อที่ให้ความเห็นด้านการจัดหาแหล่งวัสดุ โดยผลการสร้างสรรค์ความคิดเพื่อปรับปรุงนั้น แสดงดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 การสร้างสรรค์ความคิดเพื่อปรับปรุงหน้าที่การทำงาน

ชื่อวัสดุ	หน้าที่การทำงานหลัก (Primary Function)	แนวคิดในการปรับปรุง
ชุดสายไฟกระแสเข้า (Input Cable)	ส่งผ่านกระแสไฟฟ้า	ลดขนาดสายไฟให้เหมาะสมกับกำลังไฟฟ้าที่ใช้จริง
		ลดความยาวสายไฟให้สั้นลง
		ใช้เหล็กในการนำไฟฟ้าแทนทองแดง
		ใช้ตัวหัวต่อ (Connector) สำหรับนำไฟฟ้าแทนสายไฟ
	ลดสัญญาณรบกวน	ปรับเปลี่ยนวงจรทางไฟฟ้าเพื่อลดสัญญาณรบกวน
		ใช้วัสดุอื่นที่มีคุณสมบัติเทียบเคียงเพื่อลดสัญญาณรบกวน
		เลือกใช้อุปกรณ์ลดสัญญาณจากผู้ผลิตรายอื่น
		หุ้มชุดสายไฟด้วยลวดถัก
		ลดความยาวสายไฟให้สั้นเพื่อลดสัญญาณรบกวน
	ป้องกันรอยขีดข่วน	ใช้เทปกาวห่อหุ้มสายไฟแทน
		ใช้สายรัดรัดเพื่อป้องกันสายไฟไปโดนอุปกรณ์ที่มีขอบคม
		หุ้มชุดสายไฟด้วยลวดถัก
		ยกเลิกการใช้อุปกรณ์ป้องกันรอยขีดข่วน
	รัดสายไฟเป็นชุด	เลือกใช้สายรัด (Cable Tie) ที่มีคุณสมบัติด้านการติดไฟ (Flammability Grade) ที่เหมาะสม
		ม้วนสายไฟให้เป็นชุดเดียวกันแทนการใช้สายรัด
		ใช้ท่อหด (Heat Shrink Tube) รัดแทน
ชุดสายไฟกระแสออก (Output Cable)	ส่งผ่านกระแสไฟฟ้า	ลดขนาดสายไฟให้เหมาะสมกับกำลังไฟฟ้าที่ใช้จริง
		ลดความยาวสายไฟให้สั้นลง
		ใช้เหล็กในการนำไฟฟ้าแทนทองแดง
		ใช้ตัวหัวต่อ (Connector) สำหรับนำไฟฟ้าแทนสายไฟ
	เชื่อมต่ออุปกรณ์	ใช้สายไฟต่อกับอุปกรณ์โดยตรง
		เลือกตัวหัวต่อจากผู้ผลิตรายอื่น
		เลือกใช้ตัวหัวต่อ (Connector) ที่มีคุณสมบัติด้านการติดไฟ (Flammability Grade) ที่เหมาะสม

ตารางที่ 11 การสร้างสรรค์ความคิดเพื่อปรับปรุงหน้าที่การทำงาน (ต่อ)

ชื่อวัสดุ	หน้าที่การทำงานหลัก (Primary Function)	แนวคิดในการปรับปรุง
ชุดสายไฟกระแสออก (Output Cable) (ต่อ)	ลดสัญญาณรบกวน	ปรับเปลี่ยนวงจรทางไฟฟ้าเพื่อลดสัญญาณรบกวน
		ใช้วัสดุอื่นที่มีคุณสมบัติเทียบเคียงเพื่อลดสัญญาณรบกวน
		เลือกใช้อุปกรณ์ลดสัญญาณจากผู้ผลิตรายอื่น
		หุ้มชุดสายไฟด้วยลวดถัก
		ลดความยาวสายไฟให้สั้นเพื่อลดสัญญาณรบกวน
	รัดสายไฟเป็นชุด	เลือกใช้สายรัด (Cable Tie) ที่มีคุณสมบัติด้านการติดไฟ (Flammability Grade) ที่เหมาะสม
		ม้วนสายไฟให้เป็นชุดเดียวกันแทนการใช้สายรัด
		ใช้ท่อหด (Heat Shrink Tube) รัดสายไฟแทน
ฉนวนทางไฟฟ้า (Insulator)	ต้านทานกระแสไฟฟ้า	เลือกใช้วัสดุอื่นที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนทางไฟฟ้า
		เพิ่มระยะความห่างระหว่างอุปกรณ์เพื่อไม่ให้ช็อตกันได้
		ปรับเปลี่ยนวงจรทางไฟฟ้าเพื่อไม่ให้อุปกรณ์ช็อตกันได้
		ลดขนาดของฉนวนทางไฟฟ้า
		ยกเลิกการใช้ฉนวนทางไฟฟ้า
โลหะระบายความร้อน (Heat Sink)	ถ่ายเทความร้อน	เลือกใช้วัสดุเหล็กระบายความร้อนแทนอลูมิเนียม
		ลดความซับซ้อนของการออกแบบโลหะระบายความร้อน
		ลดขนาดลงให้เหมาะสมกับการใช้งานจริง
		ติดตั้งพัดลมเพื่อลดความร้อนของอุปกรณ์
สวิตช์ (Switch)	ควบคุมการเปิด-ปิด	เลือกใช้สวิตช์ที่มีคุณสมบัติเทียบเคียงจากผู้ผลิตรายอื่น
		ใช้สวิตช์ที่มีมาตรฐานรับรองความปลอดภัย (Safety Certificate) เหมาะสมกับการใช้จริงของลูกค้า
		ยกเลิกการใช้สวิตช์ ใช้วิธีต่อตรงของวงจรแทน

หลังจากกระบวนการระดมความคิดแล้ว ทำให้ได้มาซึ่งข้อเสนอในการปรับปรุงออกมาเป็นจำนวนมาก สำหรับการพิจารณาว่าความคิดที่ได้เสนอออกไปนั้นดีหรือไม่ดี หรือคุ้มค่าในการปรับปรุงหรือไม่อย่างไรนั้น จะถูกนำไปพิจารณาในขั้นตอนการประเมินผลความคิดเพื่อการปรับปรุงต่อไป

5. การประเมินผลความคิดเพื่อปรับปรุง (Evaluation Phase)

การประเมินผลความคิดเพื่อปรับปรุง เป็นขั้นการพิจารณาและประเมินความคิดสร้างสรรค์ ด้วยการกลั่นกรองและรวบรวมความคิดเข้าด้วยกัน วิเคราะห์ทางเลือกของหน้าที่การทำงาน และประเมินผลด้วยการเปรียบเทียบว่าความคิดไหนจะให้คุณค่ามากที่สุด โดยมีมาตรฐานในการประเมินความคิดที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิต 2 แนวทางคือ

ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ เช่น การนำสิ่งที่มีอยู่แล้วมาทำการปรับปรุง หรือหาวิธีการใหม่ๆ หรือเครื่องมือเครื่องจักร มาประยุกต์ใช้โดยไม่ก่อให้เกิดต้นทุนที่เพิ่มสูงมากเกินความจำเป็น

ความเป็นไปได้ทางเทคนิค กล่าวคือ การปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วยความคิดนั้นๆ สามารถทำให้กระบวนการผลิตบรรลุถึงหน้าที่การทำงานหลักได้ ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาเช่นกัน ดังนั้น การตัดสินใจเลือกความคิดเพื่อปรับปรุงต้องผ่านมาตรฐานในการคัดเลือกความคิดทั้งสองด้าน จึงจะทำให้การปรับปรุงเกิดคุณค่าสูงสุด

จากการพิจารณาและประเมินผลความคิดเพื่อปรับปรุง จะพิจารณาถึงความเป็นไปได้ทั้งทางด้านเศรษฐศาสตร์ และความเป็นไปได้ทางเทคนิค โดยแนวทางปรับปรุงนั้น ต้องมีความเป็นไปได้ทั้งสองด้าน จึงจะเหมาะสมที่จะนำไปปฏิบัติให้เกิดผลจริง ซึ่งการประเมินความเป็นไปได้นั้น ได้ทำการประเมินโดยผู้วิจัยและที่ปรึกษาด้านเทคนิควิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรผู้ออกแบบทางไฟฟ้า ฝ่ายจัดซื้อที่ประเมินด้านแหล่งวัสดุและราคา รวมถึงวิศวกรความปลอดภัยที่ให้ความคิดเห็นถึงความเป็นไปได้ด้านมาตรฐานความปลอดภัยของวัสดุ โดยสามารถแสดงผลการประเมินความคิดเพื่อปรับปรุงนี้ได้ดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 การประเมินผลความคิดเพื่อปรับปรุง

ชื่อวัสดุ	หน้าที่การทำงานหลัก	แนวคิดในการปรับปรุง	การประเมินผลความเป็นไปได้ของแนวคิด			
			ทางเทคนิค	ทางเศรษฐศาสตร์	ผลการประเมิน	เหตุผล/ วิธีการปรับปรุง
ชุดสายไฟกระแสเข้า (Input Cable)	ส่งผ่านกระแสไฟฟ้า	ลดขนาดสายไฟให้เหมาะสมกับกำลังไฟฟ้าที่ใช้จริง	✓	✓	☑	- เลือกขนาดสายไฟแต่ละเส้นให้เหมาะกับกำลังไฟที่ใช้จริง
		ลดความยาวสายไฟให้สั้นลง	×	✓	⊗	- สายไฟสั้นไม่สามารถต่อกับอุปกรณ์ของลูกค้าได้
		ใช้เหล็กในการนำไฟฟ้าแทนทองแดง	×	×	⊗	- ทองแดงมีคุณสมบัตินำไฟฟ้าดีกว่าเหล็ก - ต้องใช้เวลาในการศึกษาและทดสอบยาวนาน
		ใช้ตัวหัวต่อ (Connector) สำหรับนำไฟฟ้าแทนสายไฟ	✓	×	⊗	- Connector มีราคาที่แพงกว่าสายไฟ - มีความยืดหยุ่นทางการใช้งานน้อยกว่า - สิ้นเปลืองพื้นที่ของแผ่นวงจรมากกว่าสายไฟ

ตารางที่ 12 การประเมินผลความคิดเพื่อปรับปรุง (ต่อ)

ชื่อวัสดุ	หน้าที่การทำงานหลัก	แนวคิดในการปรับปรุง	การประเมินผลความเป็นไปได้ของแนวคิด			
			ทางเทคนิค	ทางเศรษฐศาสตร์	ผลการประเมิน	เหตุผล/ วิธีการปรับปรุง
ชุดสายไฟกระแสเข้า (Input Cable) (ต่อ)	ลดสัญญาณรบกวน	ปรับเปลี่ยนวงจรทางไฟฟ้าเพื่อลดสัญญาณรบกวน	✓	×	⊗	- ต้องใช้เวลาในการศึกษาและทดสอบยาวนาน
		ใช้วัสดุอื่นที่มีคุณสมบัติเทียบเคียง	✓	×	⊗	- มีค่าใช้จ่ายสูงในการศึกษาคุณสมบัติของวัสดุที่สามารถนำมาทดแทนได้
		เลือกใช้อุปกรณ์ลดสัญญาณจากผู้ผลิตรายอื่น	✓	✓	☑	- เปรียบเทียบสเปคและราคาจากผู้ผลิตรายอื่น
		หุ้มชุดสายไฟด้วยลวดถัก	×	×	⊗	- สายไฟมีความแข็ง มีความยืดหยุ่นน้อย - ลวดถักมีราคาสูง
		ลดความยาวสายไฟให้สั้นเพื่อลดสัญญาณรบกวน	×	✓	⊗	- สายไฟสั้นไม่สามารถต่อกับอุปกรณ์ของลูกค้าได้
	ป้องกันรอยขีดข่วน	ใช้เทปกาวห่อหุ้มสายไฟแทน	×	✓	⊗	- อาจมีผลเสียด้านคุณภาพ
		ใช้สายรัดรัดเพื่อไม่ให้สายไฟไปโดนอุปกรณ์อื่นที่มีขอบคม	✓	✓	☑	- รวบชุดสายไฟด้วยสายรัด
		หุ้มชุดสายไฟด้วยลวดถัก	×	×	⊗	- สายไฟมีความแข็ง มีความยืดหยุ่นน้อย - ลวดถักมีราคาสูง
		ยกเลิกการใช้อุปกรณ์ป้องกันรอยขีดข่วน	×	✓	⊗	- อาจมีผลเสียด้านคุณภาพ
	รัดสายไฟเป็นชุด	เลือกใช้สายรัด (Cable Tie) ที่มีคุณสมบัติด้านการติดไฟ (Flammability Grade) ที่เหมาะสม	✓	✓	☑	- ลดคุณสมบัติด้านการติดไฟลงซึ่งไม่มีผลต่อการใช้ในงานรัดสายไฟ
		ม้วนสายไฟให้เป็นชุดเดียวกันแทนการใช้สายรัด	×	✓	⊗	- มีผลเสียด้านคุณภาพและความเชื่อมั่นของลูกค้า
		ใช้ท่อหด (Heat Shrink Tube) รัดแทน	✓	×	⊗	- ท่อหดมีราคาสูงกว่าสายรัด

ตารางที่ 12 การประเมินผลความคิดเพื่อปรับปรุง (ต่อ)

ชื่อวัสดุ	หน้าที่การทำงานหลัก	แนวคิดในการปรับปรุง	การประเมินผลความเป็นไปได้ของแนวคิด			
			ทางเทคนิค	ทางเศรษฐศาสตร์	ผลการประเมิน	เหตุผล/ วิธีการปรับปรุง
ชุดสายไฟกระแสออก (Output Cable)	ส่งผ่านกระแสไฟฟ้า	ลดขนาดสายไฟให้เหมาะสมกับกำลังไฟฟ้าที่ใช้จริง	✓	✓	☑	- เลือกขนาดสายไฟแต่ละเส้นให้เหมาะกับกำลังไฟที่ใช้จริง
		ลดความยาวสายไฟให้สั้นลง	×	✓	⊗	- สายไฟสั้นไม่สามารถต่อกับอุปกรณ์ของลูกค้าได้
		ใช้เหล็กในการนำไฟฟ้าแทนทองแดง	×	×	⊗	- ทองแดงมีคุณสมบัตินำไฟฟ้าดีกว่าเหล็ก - ต้องใช้เวลาในการศึกษาและทดสอบยาวนาน
		ใช้ตัวหัวต่อ (Connector) สำหรับนำไฟฟ้าแทนสายไฟ	✓	×	⊗	- ตัวหัวต่อมีราคาที่แพงกว่าสายไฟ - มีความยืดหยุ่นทางการใช้งานน้อยกว่า - สิ้นเปลืองพื้นที่ของแผ่นวงจรมากกว่าสายไฟ
	เชื่อมต่ออุปกรณ์	เลือกตัวหัวต่อจากผู้ผลิตรายอื่น	×	✓	⊗	- ต้องใช้เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ของลูกค้าจึงต้องใช้จากผู้ผลิตรายเดียวกับที่ลูกค้ากำหนด
		เลือกใช้ตัวหัวต่อที่มีคุณสมบัติด้านการติดไฟ (Flammability Grade) ที่เหมาะสม	×	✓	⊗	- ต้องใช้เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ของลูกค้าจึงต้องใช้ตามที่ลูกค้ากำหนด
		ใช้สายไฟเชื่อมต่อเข้ากับเมนบอร์ดโดยตรง	✓	✓	☑	- แยกสายไฟออกเพื่อเชื่อมต่อเข้ากับแผ่นวงจร (PWB) โดยไม่ใช้ Connector
	ลดสัญญาณรบกวน	ปรับเปลี่ยนวงจรทางไฟฟ้าเพื่อลดสัญญาณรบกวน	✓	×	⊗	- ต้องใช้เวลาในการศึกษาและทดสอบยาวนาน
		ใช้วัสดุอื่นที่มีคุณสมบัติเทียบเคียง	✓	×	⊗	- มีค่าใช้จ่ายสูงในการศึกษาคุณสมบัติของวัสดุที่สามารถนำมาทดแทนได้
		เลือกใช้อุปกรณ์ลดสัญญาณจากผู้ผลิตรายอื่น	✓	✓	☑	- เปรียบเทียบสเปค/ราคากับผู้ผลิตรายอื่น
		หุ้มชุดสายไฟด้วยลวดถัก	×	×	⊗	- สายไฟมีความแข็ง มีความยืดหยุ่นน้อย - ลวดถักมีราคาสูง
		ลดความยาวสายไฟให้สั้นเพื่อลดสัญญาณรบกวน	×	✓	⊗	- สายไฟสั้นไม่สามารถต่อกับอุปกรณ์ของลูกค้าได้

ตารางที่ 12 การประเมินผลความคิดเพื่อปรับปรุง (ต่อ)

ชื่อวัสดุ	หน้าที่การทำงานหลัก	แนวคิดในการปรับปรุง	การประเมินผลความเป็นไปได้ของแนวคิด			
			ทางเทคนิค	ทางเศรษฐศาสตร์	ผลการประเมิน	เหตุผล/ วิธีการปรับปรุง
ชุดสายไฟกระแสออก (ต่อ)	รัดสายไฟเป็นชุด	เลือกใช้สายรัด (Cable Tie) ที่มีคุณสมบัติด้านการติดไฟ (Flammability Grade) ที่เหมาะสม	✓	✓	☑	- ลดคุณสมบัติด้านการติดไฟลงซึ่งไม่มีผลต่อการใช้ในงานรัดสายไฟ
		ม้วนสายไฟให้เป็นชุดเดียวกันแทนการใช้สายรัด	×	✓	⊗	- มีผลเสียด้านคุณภาพและความเชื่อมั่นของลูกค้า
		ใช้ท่อหด (Heat Shrink Tube) รัดสายไฟแทน	✓	×	⊗	- ท่อหดมีราคาสูงกว่าสายรัด
ฉนวนทางไฟฟ้า(Insulator)	ต้านทานกระแสไฟฟ้า	เลือกใช้วัสดุอื่นที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนทางไฟฟ้า	✓	✓	☑	- ใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติอื่นเป็นฉนวนทางไฟฟ้าแทน
		เพิ่มระยะความห่างระหว่างอุปกรณ์เพื่อไม่ให้ช็อตกันได้	×	✓	⊗	- แผ่นวงจร (PWB) มีขนาดจำกัดยากที่จะขยายความห่างของอุปกรณ์ได้
		ปรับเปลี่ยนวงจรทางไฟฟ้าเพื่อไม่ให้อุปกรณ์ช็อตกันได้	×	×	⊗	- ต้องใช้เวลาในการศึกษาและทดสอบเพื่อแก้ไขวงจรยาวนานและมีค่าใช้จ่ายเพิ่มมากขึ้น
		ลดขนาดของฉนวนทางไฟฟ้า	×	✓	⊗	- มีผลเสียด้านคุณภาพและความปลอดภัย
		ยกเลิกการใช้ฉนวนทางไฟฟ้า	×	✓	⊗	- มีผลเสียด้านคุณภาพและความปลอดภัย
โลหะระบายความร้อน (Heat Sink)	ถ่ายเทความร้อน	เลือกใช้วัสดุเหล็กระบายความร้อนแทนอลูมิเนียม	×	✓	⊗	- เหล็กมีคุณสมบัตินำความร้อนด้อยกว่าอลูมิเนียม - เหล็กสามารถเป็นสนิมได้
		วิเคราะห์เพื่อลดขนาดลงให้เหมาะสมกับการใช้งานจริง	✓	✓	☑	- ปรับขนาดหรือรูปร่างให้เหมาะสมกับการใช้งานจริง
		ลดความซับซ้อนของการออกแบบโลหะระบายความร้อน	✓	✓	☑	- พิจารณาการออกแบบเพื่อลดขั้นตอนการผลิตที่ไม่จำเป็น
		ติดตั้งพัดลมเพื่อลดความร้อนของอุปกรณ์	×	×	⊗	- พัดลมมีราคาสูง - ไม่มีพื้นที่เพียงพอในการติดตั้งพัดลม

ตารางที่ 12 การประเมินผลความคิดเพื่อปรับปรุง (ต่อ)

ชื่อวัสดุ	หน้าที่การทำงานหลัก	แนวคิดในการปรับปรุง	การประเมินผลความเป็นไปได้ของแนวคิด			
			ทางเทคนิค	ทางเศรษฐศาสตร์	ผลการประเมิน	เหตุผล/ วิธีการปรับปรุง
สวิตช์ (Switch)	ควบคุมการเปิด-ปิด	เลือกใช้สวิตช์ที่มีคุณสมบัติเทียบเคียงจากผู้ผลิตรายอื่น	✓	✓	☑	- เปรียบเทียบสเปคและราคาจากผู้ผลิตรายอื่น
		ใช้สวิตช์ที่มีมาตรฐานรับรองความปลอดภัย (Safety Certificate) เหมาะสมกับการใช้จริงของลูกค้า	✓	✓	☑	- เลือกใช้สวิตช์ที่มีมาตรฐานรับรองความปลอดภัยเท่าที่ลูกค้าต้องการ
		ยกเลิกการใช้สวิตช์ ใช้วิธีต่อตรงของวงจรแทน	×	✓	⊗	- มีผลเสียด้านคุณภาพและความปลอดภัย

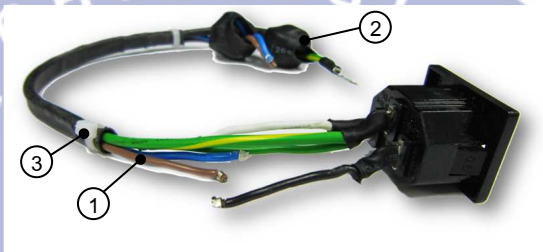
การประเมินผลความคิดเพื่อการปรับปรุง ของกระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์เพาเวอร์ซัพพลายรุ่น TPSN-130AB A เมื่อนำมาสรุปผลหลังจากการประเมิน เพื่อใช้เป็นแนวทางการปรับปรุงที่สามารถปฏิบัติจริงได้ โดยคาดว่าต้นทุนการออกแบบจะสามารถลดลงได้มากกว่าต้นทุนปัจจุบัน และยังสามารถบรรลุหน้าที่การทำงานหลักได้เช่นกัน ดังนั้น ขั้นตอนการทดสอบและพิสูจน์ว่า เมื่อนำแนวคิดที่ได้หลังจากทำการวิเคราะห์ และประเมินผลความเป็นไปได้ของแนวคิด แล้วมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบจริง จะส่งผลอย่างไร ซึ่งแสดงในหัวข้อ การทดสอบและการพิสูจน์

6. การทดสอบและการพิสูจน์ (Investigation Phase)

ในขั้นตอนการทดสอบและการพิสูจน์ เป็นขั้นตอนการนำเสนอวิธีการปรับปรุง โดยการนำแนวคิดที่ได้มาจากการประเมินผลความคิดเพื่อทำการปรับปรุง นำมาสู่การออกแบบผลิตภัณฑ์ และเพื่อเป็นการกำหนดให้รู้ว่า เพาเวอร์ซัพพลายนี้ได้ทำการปรับปรุงแล้ว จึงได้กำหนดชื่อรุ่น ให้มีความแตกต่างจากเดิมเพื่อง่ายต่อการจำแนก จึงกำหนดชื่อสำหรับเพาเวอร์ซัพพลายที่ทำการปรับปรุงแล้วเป็นรุ่น TPSN-130AB-1 A

หลังจากนั้นจึงนำเข้าสู่ขั้นตอนการทดสอบและพิสูจน์ เพื่อเป็นการพิสูจน์ว่า ผลจากการออกแบบนั้น สามารถนำไปปฏิบัติได้จริงและเกิดความเหมาะสม ซึ่งการทดสอบและพิสูจน์นั้นได้ทดสอบโดยผู้วิจัยและวิศวกรผู้ออกแบบทางไฟฟ้าที่ทดสอบเกี่ยวกับวัสดุทางไฟฟ้า ส่วนงานวิศวกรรมความปลอดภัยที่ตรวจสอบด้านความปลอดภัยของวัสดุ รวมถึงส่วนงานวิศวกรรมคุณภาพที่ทดสอบด้านคุณภาพของวัสดุให้ได้ตรงตามมาตรฐานของลูกค้า โดยการทดสอบและพิสูจน์จำแนกตามรายการวัสดุได้ดังนี้

ชุดสายไฟกระแสเข้า (Input Cable): หลังจากทำการปรับปรุงแล้ว ได้ทำการทดสอบและพิสูจน์โดยการตรวจสอบการรับรองมาตรฐานของยูแอล (Underwriters Laboratories : UL) ซึ่งเป็นองค์กรดำเนินการทดสอบให้การรับรอง และจัดทำมาตรฐานความปลอดภัย ครอบคลุมถึงอุปกรณ์และชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ พบว่า สายไฟที่เลือกใช้ได้รับการรับรองมาตรฐาน และได้ทำการทดสอบการไหลผ่านของกระแสไฟฟ้า โดยส่วนงานวิศวกรรมคุณภาพ (Quality Engineering : QE) พบว่าสามารถรองรับการส่งผ่านกระแสไฟฟ้าได้ตามค่าที่กำหนด โดยสภาพทั่วไปไม่ได้รับการเสียหายหรือหลอมละลายของสายไฟ และอุปกรณ์ลดสัญญาณรบกวน (Ferrite Core) ได้ทำการทดสอบและวัดค่าสัญญาณรบกวนและเปรียบเทียบพบว่า ค่าสัญญาณรบกวนผ่านตามมาตรฐานที่ลูกค้ากำหนด ส่วนสายรัดก็ได้รับการรับรองมาตรฐานยูแอลเช่นกัน โดยผลจากการออกแบบชุดสายไฟกระแสเข้า แสดงดังรูปที่ 17 และแสดงสรุปผลการทดสอบและพิสูจน์ได้ดังตารางที่ 13

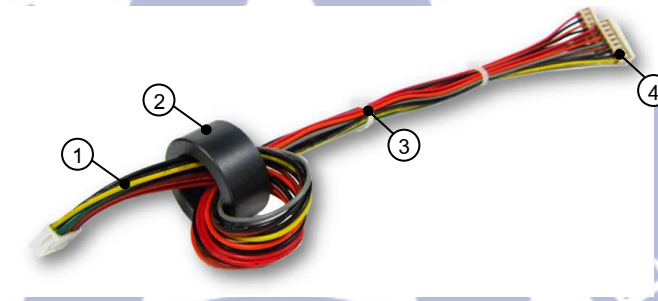


รูปที่ 17 ชุดสายไฟกระแสเข้า (Input Cable) หลังทำการปรับปรุง

ตารางที่ 13 ผลการทดสอบและพิสูจน์ของชุดสายไฟกระแสเข้า

วิธีการปรับปรุง	วิธีการทดสอบและพิสูจน์	ผลการทดสอบ
1. ลดขนาดสายไฟจากขนาด AWG18 เป็น AWG22	- ตรวจสอบมาตรฐานรับรอง UL	- ได้รับการรับรองมาตรฐาน UL
	- ทดสอบกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน	- สามารถรองรับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน
	- ตรวจสอบสภาพทั่วไปของสายไฟหลังการทดสอบ	- ไม่มีความเสียหายหรือหลอมละลายของสายไฟ
2. อุปกรณ์ลดสัญญาณ (Ferrite Core) เปลี่ยนจากผู้ผลิต “STAWARD” เป็น “KING CORE”	- ทดสอบและวัดค่าสัญญาณรบกวน EMI/RFI	- ค่าสัญญาณรบกวนผ่านตามมาตรฐานที่ลูกค้ากำหนด
	- ตรวจสอบสีและขนาด	- สีและขนาดเหมือนกัน
3. เปลี่ยนสายรัด (Cable Tie) ที่มีคุณสมบัติด้านการติดไฟจาก “UL94V-0” เป็น “UL94V-2”	- ตรวจสอบสเปคของลูกค้าด้านความต้องการทางด้านวัสดุพลาสติก	- สเปคสอดคล้องตามที่ลูกค้าต้องการ
	- ตรวจสอบมาตรฐานการรับรอง UL	- ได้รับการรับรองมาตรฐาน UL

ชุดสายไฟกระแสออก (Output Cable): หลังจากทำการปรับปรุงแล้ว ได้ทำการทดสอบและพิสูจน์ โดยการตรวจสอบการรับรองมาตรฐานของยูแอล (UL Certificated) พบว่าสายไฟที่เลือกใช้ได้รับการรับรองมาตรฐาน และยังทำการทดสอบการไหลผ่านของกระแสไฟฟ้า พบว่า สามารถรองรับการส่งผ่านกระแสไฟฟ้าได้ตามค่าที่กำหนด โดยสภาพทั่วไปไม่ได้รับการเสียหายหรือหลอมละลายของสายไฟ อุปกรณ์ลดสัญญาณรบกวน (Ferrite Core) ได้ทำการทดสอบและวัดค่าสัญญาณรบกวนและเปรียบเทียบพบว่า ค่าสัญญาณรบกวนไม่แตกต่างกันและอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ลูกค้ากำหนด ส่วนสายรัด (Cable Tie) ก็ได้รับการรับรองมาตรฐานยูแอลเช่นกัน โดยผลจากการออกแบบชุดสายไฟกระแสออก แสดงดังรูปที่ 18 และแสดงสรุปผลการทดสอบและพิสูจน์ได้ดังตารางที่ 14



รูปที่ 18 ชุดสายไฟกระแสกระแสออก (Output Cable) หลังทำการปรับปรุง

ตารางที่ 14 ผลการทดสอบและพิสูจน์ชุดสายไฟกระแสออก

วิธีการปรับปรุง	วิธีการทดสอบและพิสูจน์	ผลการทดสอบ
1. ลดขนาดสายไฟให้เหมาะสำหรับสายไฟแต่ละเส้น	- ตรวจสอบมาตรฐานรับรอง UL	- ได้รับการรับรองมาตรฐาน UL
	- ทดสอบกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน	- สามารถรองรับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน
	- ตรวจสอบสภาพทั่วไปของสายไฟหลังการทดสอบ	- ไม่มีความเสียหายหรือหลอมละลายของสายไฟ
2. อุปกรณ์ลดสัญญาณ (Ferrite Core) เปลี่ยนจากผู้ผลิต “STAWARD” เป็น“KING CORE”	- ทดสอบและวัดค่าสัญญาณรบกวน EMI/RFI	- ค่าสัญญาณรบกวนผ่านตามมาตรฐานที่ลูกค้ากำหนด
	- ตรวจสอบสีและขนาด	- สีและขนาดเหมือนกัน
3. เปลี่ยนสายรัด (Cable Tie) ที่มีคุณสมบัติด้านการติดไฟจาก “UL94V-0” เป็น “UL94V-2”	- ตรวจสอบสเปคของลูกค้าด้านความต้องการทางด้านวัสดุพลาสติก	- สเปคผ่านตามที่ลูกค้าต้องการ
	- ตรวจสอบมาตรฐานการรับรอง UL	- ได้รับการรับรองมาตรฐาน UL
4. แยกสายไฟออกจาก Connector เพื่อเชื่อมต่อเข้าแผ่นเมนบอร์ดโดยตรง	- ทดสอบกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน	- สามารถรองรับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน

ฉนวนทางไฟฟ้า (Insulator): หลังจากทำการปรับปรุงแล้ว ได้ทำการทดสอบและพิสูจน์ โดยการตรวจสอบการรับรองมาตรฐานจากยูแอล (UL Certificate) ด้านการต้านทานกระแสไฟฟ้า พบว่าสามารถสามารถต้านทานกระแสไฟฟ้าได้ 5500 โวลต์ และทำการทดสอบการต้านกระแสไฟฟ้าโดยส่วนงานวิศวกรรมความปลอดภัย ที่ค่าสูงสุด 3000 โวลต์ เป็นเวลา 60 วินาที ตามมาตรฐานความปลอดภัย พบว่าสามารถต้านทานกระแสไฟฟ้าได้ตามค่าที่กำหนดโดยไม่ทำให้เกิดการลัดวงจรของเมนบอร์ด และทำการตรวจสอบคุณสมบัติด้านการต้านทานความร้อน ตามการรับรองมาตรฐานยูแอล พบว่า สามารถทนความร้อนได้ที่อุณหภูมิ 130°C โดยอุณหภูมิการทำงานของเพาเวอร์ซัพพลายสูงสุดไม่เกิน 120°C โดยผลจากการออกแบบฉนวนทางไฟฟ้า แสดงดังรูปที่ 19 และแสดงสรุปผลการทดสอบและพิสูจน์ได้ดังตารางที่ 15

รูปที่ 19 ฉนวนทางไฟฟ้า (Insulator) หลังทำการปรับปรุง

ตารางที่ 15 ผลการทดสอบและพิสูจน์แผ่นฉนวน

วิธีการปรับปรุง	วิธีการทดสอบและพิสูจน์	ผลการทดสอบ
1. เปลี่ยนจากวัสดุโพลีคาร์บอเนท (Polycarbonate, PC) เป็นวัสดุโพลีเอสเตอร์ชนิด 1350F-1 (Polyester, PET) หรือเทปเหลืองนำมารีดติดสองชั้น	- ทดสอบความต้านทานกระแสไฟฟ้าที่ค่าสูงสุด 3000V ที่ 60 วินาที - ตรวจสอบการรับรองมาตรฐาน UL	- สามารถต้านทานกระแสไฟฟ้าที่ค่าสูงสุด 3000V ที่ 60 วินาที - ได้รับรองมาตรฐานULโดยคุณสมบัติต้านทานกระแสไฟฟ้าสูงสุด 5500V
	- ตรวจสอบคุณสมบัติการทนความร้อน ต้องสามารถรองรับอุณหภูมิการทำงานของเพาเวอร์ซัพพลายสูงสุด 120°C	- ผ่านการรับรองมาตรฐาน UL โดยสามารถทนอุณหภูมิได้ 130°C

แผ่นโลหะระบายความร้อน (Heat Sink): หลังจากทำการปรับปรุงแล้ว ได้ทำการทดสอบและพิสูจน์ โดยการคำนวณเพื่อหาพื้นที่และขนาดของโลหะระบายความร้อน โดยหา

ขนาดพื้นที่ผิวของโลหะระบายความร้อนสัมพันธ์กับ Power Loss หรือค่ากำลังการสูญเสียของความต้านทานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์นั้นๆ อย่างไรก็ตามผลจากการคำนวณนั้นเป็นเพียงการคำนวณเบื้องต้น เนื่องจากในการทำงานจริงของเพาเวอร์ซัพพลายนั้นมีปัจจัยอื่นๆหลายอย่างที่ส่งผลด้านความร้อน ดังนั้นจึงนำขนาดของโลหะระบายความร้อนที่ได้จากการคำนวณและอุปกรณ์ทั้งหมด มาทำการจำลองการทดสอบด้านความร้อน (Thermal Simulation) โดยซอร์ฟแวร์ เพื่อจำลองการทำงานของเพาเวอร์ซัพพลาย และหลังจากมีการผลิตงานตัวอย่างขึ้นจึงทำการทดสอบกับตัวงานจริง โดยทดสอบด้านอุณหภูมิ (Thermal Test) และทดสอบด้านการสั่นสะเทือน (Vibration Test) พบว่าอุณหภูมิของวัสดุอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดคือไม่เกิน 120°C และไม่มีความเสียหายจากการทดสอบการสั่นสะเทือน โดยผลจากการออกแบบแผ่นโลหะระบายความร้อน (Heat Sink) แสดงดังรูป 20 และแสดงสรุปผลการทดสอบและพิสูจน์ได้ดังตารางที่ 16

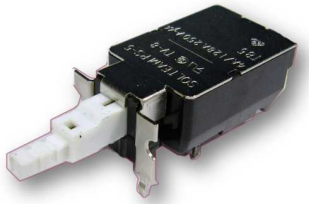
รูปที่ 20 โลหะระบายความร้อน (Heat Sink) หลังการปรับปรุง

ตารางที่ 16 ผลการทดสอบและพิสูจน์แผ่นโลหะระบายความร้อน

วิธีการปรับปรุง	วิธีการทดสอบและพิสูจน์	ผลการทดสอบ
1. เปลี่ยนรูปร่างและขนาดให้เหมาะสมกับการใช้จริง	- ทดสอบด้านอุณหภูมิ (Thermal Test)	- ค่าความร้อนไม่เกินตามที่มาตรฐานกำหนด
	- ทดสอบการสั่นสะเทือน (Vibration Test)	- ไม่มีความเสียหายหลังจากการทดสอบ
2. ลดความซับซ้อนการออกแบบเพื่อลดต้นทุนของกระบวนการผลิต	-ทดสอบการสั่นสะเทือน (Vibration Test)	- ไม่มีความเสียหายหลังจากการทดสอบ

<u>สวิตช์ (Switch)</u>: หลังจากทำการปรับปรุงแล้ว ได้ทำการทดสอบและพิสูจน์ โดยการตรวจสอบตรารับรองมาตรฐานความปลอดภัย (Safety Mark) และทดสอบการกดเปิด-ปิดจำนวน 50,000 ครั้ง ตามที่ลูกค้ากำหนด ซึ่งพบว่าสวิตช์ที่ทำการปรับปรุงนั้น ได้รับมาตรฐานความปลอดภัยตรงตามที่ลูกค้าต้องการ และสวิตช์สามารถใช้งานได้ หลังจากทำการทดสอบการ

กดเปิด-ปิด โดยผลจากการออกแบบสวิตช์ (Switch) แสดงดังรูปที่ 21 และแสดงสรุปผลการทดสอบและพิสูจน์ได้ดังตารางที่ 17



รูปที่ 21 สวิตช์ (Switch) หลังทำการปรับปรุง

ตารางที่ 17 ผลการทดสอบและพิสูจน์สวิตช์

วิธีการปรับปรุง	วิธีการทดสอบและพิสูจน์	ผลการทดสอบ
1. เลือกใช้สวิตช์ที่มีมาตรฐานรับรองความปลอดภัย (Safety Certificate) ให้เหมาะสมกับความต้องการจริง	- ตรวจสอบมาตรฐานรับรองความปลอดภัยตามที่ลูกค้าต้องการ	- ได้รับการรับรองมาตรฐานตรงตามที่ลูกค้าต้องการ
	- ทดสอบการเปิด-ปิด ที่ 50,000 ครั้ง	- สวิตช์ไม่มีความเสียหาย

7. ขั้นเสนอแนะ (Recommendation Phase)

หลังจากทำการประยุกต์ใช้เทคนิคการลดต้นทุนการออกแบบ ตามหลักการทางวิศวกรรมคุณค่าเพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินการศึกษา พบว่าสามารถลดต้นทุนได้ดังนี้ ชุดสายไฟกระแสเข้า สามารถลดต้นทุนลงได้ 33.87% ชุดสายไฟกระแสออก ลดต้นทุนได้ 10.54% ฉนวนทางไฟฟ้าลดต้นทุนได้ 65.60% โลหะระบายความร้อนลดต้นทุนได้ 19.18% และสวิตช์ลดต้นทุนได้ 76.27% เมื่อเทียบกับต้นทุนก่อนการปรับปรุง โดยสรุปผลการเปรียบเทียบการลดต้นทุน ของการออกแบบผลิตภัณฑ์เพาเวอร์ซัพพลายรุ่น TPSN-130AB A ได้ดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ผลการลดต้นทุนการออกแบบผลิตภัณฑ์เพาเวอร์ซัพพลายรุ่น TPSN-130AB A

ชื่อชิ้นส่วน	ต้นทุนวัสดุ(บาท)		
	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ลดลง
1. ชุดสายไฟกระแสเข้า (Input Cable)	20.31	14.04	33.87%
2. ชุดสายไฟกระแสออก (Output Cable)	32.92	29.45	10.54%
3. ฉนวนทางไฟฟ้า (Insulator)	3.75	1.29	65.60%
4. โลหะระบายความร้อน (Heat Sink)	20.39	16.48	19.18%
5. สวิตช์ (Switch)	56.42	13.39	76.27%
รวม	133.79	74.65	

ผลจากการปรับปรุงการออกแบบผลิตภัณฑ์โดยใช้เทคนิคทางวิศวกรรมคุณค่า ทำให้สามารถลดต้นทุนทางวัสดุในส่วนงานทางวิศวกรรมเครื่องกล (Mechanical Engineer : ME) โดยคิดเป็นมูลค่าได้ประมาณ 59.14 บาทต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ คิดเป็น 7.94% ของต้นทุนผลิตภัณฑ์ก่อนการปรับปรุง หรือคิดเป็นมูลค่าลดลง 1,774,200 บาทต่อปี เมื่อคำนวณจากปริมาณการสั่งซื้อที่ 30,000 ชิ้นต่อปี

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY
TNI

บทที่ 4
สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการศึกษา

จากการเลือกผลิตภัณฑ์สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย รุ่น TPSN-130AB A มาเป็นกรณีศึกษา เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณการผลิตที่สูง และมียอดสั่งซื้อจากลูกค้าอย่างต่อเนื่อง โดยมีขอบเขตการศึกษาเฉพาะส่วนงานวิจัยและพัฒนา (Research & Development : R&D) ในส่วนงานออกแบบผลิตภัณฑ์ เนื่องด้วยเป็นส่วนงานที่เริ่มต้นในการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ ดังนั้นในการนำเทคนิคการลดต้นทุนไปใช้ในส่วนงานนี้ จะทำให้การลดต้นทุนนั้นมีประสิทธิภาพ เนื่องจากมีการพิจารณาและถูกนำเทคนิคไปใช้ตั้งแต่ขั้นของการออกแบบ

เนื่องจากสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายรุ่นที่นำมาศึกษานั้น มีต้นทุนด้านวัสดุ (Bill of Material Cost) สูงกว่าเป้าหมาย (Target Cost) มีชิ้นส่วนที่ใช้วัตถุดิบที่มีราคาแพงเกินความจำเป็น และลูกค้ามีความต้องการสั่งซื้องานที่มีต้นทุนต่ำ (Cost Down) เพื่อเพิ่มโอกาสทางการขายของลูกค้า ดังนั้น จึงได้ทำการศึกษาและนำหลักการทางวิศวกรรมคุณค่า มาประยุกต์ใช้เพื่อวิเคราะห์คุณค่าในการออกแบบผลิตภัณฑ์ ทำให้สามารถลดชิ้นส่วนที่ไม่จำเป็น หรือสามารถใช้วัตถุดิบอื่นทดแทนวัตถุดิบเดิม โดยไม่มีผลกระทบด้านคุณภาพและความเชื่อมั่นของลูกค้า ซึ่งก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการออกแบบผลิตภัณฑ์ ทำให้ต้นทุนต่ำลง ส่งผลให้สามารถตั้งราคาขายที่ต่ำลง ทำให้สามารถเพิ่มโอกาสทางการขายมากขึ้น

จากผลการศึกษาการประยุกต์ใช้หลักการทางวิศวกรรมคุณค่าเพื่อลดต้นทุน ของผลิตภัณฑ์เพาเวอร์ซัพพลายรุ่น TPSN-130AB A สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ด้านการลดต้นทุนทางวัสดุ พบว่าสามารถลดต้นทุนในส่วนงานวิศวกรรมเครื่องกล โดยคิดเป็นมูลค่า 59.14 บาทต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ คิดเป็น 7.94% ของต้นทุนผลิตภัณฑ์ก่อนการปรับปรุง หรือคิดเป็นมูลค่าลดลง 1,774,200 บาทต่อปี เมื่อคำนวณจากปริมาณการสั่งซื้อที่ 30,000 ชิ้นต่อปี

2. เนื่องจากมีการลงทุนเพิ่มในการทำจิ๊ก ฟิกเจอร์ เพื่อช่วยในกระบวนการรีดฉนวนให้ติดกันสองชั้น และแท่นพิมพ์ตัด สำหรับตัดแผ่นฉนวนให้ได้ตามแบบที่ต้องการ เป็นค่าใช้จ่ายทั้งสิ้นประมาณ 12,000 บาท จากต้นทุนที่ลดลง คาดว่าจะสามารถคืนทุนได้ภายในปริมาณการผลิตจำนวน 203 หน่วยผลิตภัณฑ์

ข้อเสนอแนะ

อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้ยังมีข้อจำกัดบางประการ ที่พบระหว่างการดำเนินงาน ซึ่งอาจส่งผลให้ไม่สามารถเข้าถึงการลดต้นทุนที่มีประสิทธิภาพสูงสุดคือ ข้อจำกัด

ด้านการรับรู้ในเรื่องวิศวกรรมคุณค่าหรือการลดต้นทุน ซึ่งการได้มาซึ่งประสิทธิภาพสูงสุดนั้น จำเป็นต้องได้รับความร่วมมือจากหลายส่วนงาน ซึ่งในบางส่วนงาน ยังไม่มีการรับรู้ด้านการลดต้นทุนที่เพียงพอ จึงอาจทำให้ไม่ยอมรับความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น และรู้สึกว่ากิจกรรมนี้เป็นการเพิ่มงานให้กับตัวเอง หรือปัญหาหลังจากที่ได้นำกิจกรรมเพื่อการลดต้นทุนไปใช้ให้เกิดผลแล้ว ไม่มีการปรับปรุงต่อเนื่อง หรือไม่มีการส่งเสริมให้มีการดำเนินต่อไป ทำให้อาจกลับมาใช้การทำงานหรือการออกแบบในรูปแบบเดิม ดังนั้นจึงต้องได้รับความร่วมมือจากผู้บริหารหรือหัวหน้างาน ที่ต้องช่วยส่งเสริมและเพิ่มการรับรู้ด้านคุณค่าและต้นทุนอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสามารถเสนอแนวทางได้พอสังเขปดังนี้

1. การจัดให้มีการอบรมหรือสอนงาน (Training) แก่พนักงาน ให้มีการรับรู้ถึงต้นทุนและกิจกรรมการลดต้นทุน เพื่อให้พนักงานมีความกระตือรือร้นและมีความตระหนักอยู่เสมอถึงคุณค่าและการลดต้นทุน

2. ติดตามและประเมินผลงานอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้แน่ใจว่าการปรับปรุงนั้นๆ เกิดประสิทธิผลจริงตามเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้ ถึงแม้จะมีการกำหนดแนวทางการปฏิบัติที่ดีแล้ว แต่ถ้าพนักงานไม่นำไปปฏิบัติตามก็ไม่เกิดประโยชน์ ดังนั้นจึงควรติดตามและประเมินการปฏิบัติงานหลังจากการสอนงานแล้ว ว่าได้นำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ตามเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้หรือไม่

3. มีการจัดทำและบันทึกการทำงานหรือแบบแผนปฏิบัติ เพื่อเป็นแนวทางในการเรียนรู้และศึกษาสำหรับบุคคลอื่น ทำให้ลดเวลาในการศึกษาและสามารถปรับปรุงหรือต่อยอดจากที่เคยได้ปรับปรุงไว้ก่อนหน้าได้

จากการที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่า ไม่มีการปรับปรุงและพัฒนาสิ่งใดมีที่สิ้นสุด ดังนั้นวิธีการออกแบบหรือแนวทางปฏิบัติต่างๆ ที่ได้ทำการปรับปรุงไปแล้วดังเช่นในกรณีศึกษานี้ อาจไม่ใช่แนวทางที่ดีที่สุด แต่เป็นเพียงแนวทางส่วนหนึ่งที่ได้พิจารณาปรับปรุงผลิตภัณฑ์ โดยอาจมีข้อพกพร่องหรือข้อจำกัดทางการออกแบบต่างๆ หรือแม้กระทั่งการปรับปรุงใดๆที่ไม่สามารถทำให้ได้มาซึ่งต้นทุนที่ดีที่สุด ดังนั้นผู้บริหารทุกระดับ หัวหน้างานหรือแม้กระทั่งผู้ปฏิบัติงานเองก็ตาม ควรมีวิสัยทัศน์ในการปรับปรุงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง (Continuous Improvement) ทั้งในด้านต้นทุน ด้านคุณภาพและด้านความพึงพอใจของลูกค้า เพื่อนำมาซึ่งการคิดพัฒนาและปรับปรุงอยู่เสมออย่างไม่มีที่สิ้นสุด ซึ่งจะทำให้องค์กรอยู่รอดในสภาวะเศรษฐกิจที่มีการแข่งขันกันอยู่ตลอดในปัจจุบันได้เป็นอย่างดี

สถาบันเทคโนโลยีไทย - ญี่ปุ่น
TNI
THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กิตติ วิบูลย์ศิริเสวีกูล. (2542). **การลดต้นทุนโดยใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่า/การวิเคราะห์คุณค่า กรณีศึกษา : อุตสาหกรรมผลิตชุดสายไฟรถยนต์.** วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (อุตสาหการ). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

คาเนโอะ อะกิยามา. (2543). **ขั้นตอนเชิงปฏิบัติการของกิจกรรมวิศวกรรมคุณค่า.** แปลโดย เชี่ยวเวทย์ ยิ้มศิริกุล. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

ชาญวิทย์ พรหมสุรินทร์. (2544). **การอนุรักษ์พลังงานความร้อนและไฟฟ้าในโรงงานสังกะสีโดยระบบควบคุมคุณภาพแบบวิศวกรรมคุณค่า.** วิทยานิพนธ์ อส.บ. (เครื่องกล). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ณธพล พงษ์สำราญกุล. (2550). **การลดต้นทุนในโซ่อุปทานการผลิตสลักเกลียวและแป้นเกลียว โดยใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่า.** วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (เครื่องกล). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ธนภพ กัลกัตตาวาลา. (2547). **การประยุกต์เทคนิควิศวกรรมคุณค่าเพื่อการประหยัดพลังงานในโรงน้ำแข็ง.** วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (เทคโนโลยีการจัดการพลังงาน). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

มีเชาวน์ จันทร์ศิริวัฒนา (2552). **การลดต้นทุนกระบวนการผลิตโดยใช้หลักวิศวกรรมคุณค่า กรณีศึกษา : การผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ แผงวงจรไฟฟ้าชนิดอ่อน.** วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (การพัฒนางานอุตสาหกรรม). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

วรรณา ทองสุข. (2552). **การลดของเสียในกระบวนการผลิตชุดประกอบสายไฟ: กรณีศึกษา บริษัทประกอบชิ้นส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์.** วิทยานิพนธ์ ศศ.บ. (การจัดการทางวิศวกรรม). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทร์เกษม.

ศกุนี เครือวัลย์ (2548). **การประหยัดพลังงานด้วยเทคนิคการจัดการ (วิศวกรรมคุณค่า) กรณีศึกษาของโรงงานอาหารและสิ่งทอ.** วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (เทคโนโลยีการจัดการพลังงาน). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

อัมพิกา ไกรฤทธิ์. (2551). **วิศวกรรมคุณค่า Value Engineering เทคนิคการลดต้นทุนอย่างมีระบบ.** กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Axel Peter Ried. (1999). **Successful Application of VE in the Early Design Stage.** Save International Conference Proceedings. Retrieved March 2, 2013, from http://www.value-eng.org/pdf_docs/conference_proceedings/1999/9938.pdf.

Hitoshi Nitta. (1999). **The Reasonable Target Cost Management System for Parts Manufactures in Japan.** Save International Conference Proceedings. Retrieved March 2, 2013, from http://www.value-eng.org/pdf_docs/conference_proceedings/1999/9932.pdf.

Jay Mandelbaum; Danny L.Reed (2006). **Value Engineering Handbook.** Virginia : Institute for Defense Analysis.

สถาบันเทคโนโลยีไทย - ญี่ปุ่น
THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY
TNI

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

รายงานผลการทดสอบสัญญาณรบกวน

Conducted Emissions Measurement Report

EMC Project No.	EMI_11-000040	Date	8/May/2012
Test Standard	☑ EN 55022 ☐ FCC Part 15 ☐ VCCI ☐ Other (_____)		
Description	HPR4915 (cost down version)	Model	TPSN-130AB-1 A
Customer	Wincor-Nixdorf (China)	Sample Revision	S3.1
Sample type	PVT	Sample size	2
Temperature	23 °C	Relative Humidity	60%

List of Measuring Equipments:

EMI Receiver : E7405A, S/N MY42000090
LISN : EMCO 4825/2, S/N 029450

Description of Test Setup:

EUT Configuration : ☑ Stand alone ☐ System Chassis ☐ Full System ☐ Other (_____)
Cable Information : Cable length: 1 meter ☐ Shielded ☑ Non - Shielded

Description of Test Condition:

Input Voltage : 230 Vac Frequency: 50 Hz
☑ Single Phase ☐ 3 Phase ☑ L1 ☐ L2 ☐ L3 ☑ N ☑ PE
_____ Vdc ☐ + ☐ - ☐ PE
Output Load : ☑ Max. Load ☐ Half Load ☐ Min. Load ☐ _____ % Load
☐ No Load ☐ Peak Load ☐ Other (_____)
Type of Load : ☑ Resistive ☐ Full System ☐ Customer Load Board ☐ Other (_____)
Mode of operation: ☑ Normal ☐ Stand by ☐ Charger ☐ Other (_____)
☑ Single ☐ Sharing _____ units

Pass/Fail Criteria: ☑ Customer Spec. ☐ QE Test Procedure

The power supply shall meet the Conducted Emission limits, Class B with -6 dB margin.

Test Results:

	S/N :	001	002				
N	Freq (MHz)	8.02018	7.74082				
	Result AV (dBuV)	22	20.9				
	Limit AV (dBuV)	50	50				
	Margin (dBuV)	-28	-29.1				
L1	Freq (MHz)	8.36479	7.93486				
	Result AV (dBuV)	22.8	21.4				
	Limit AV (dBuV)	50	50				
	Margin (dBuV)	-27.2	-28.6				

Maximum difference between measurement : - dB, Mean value: - dB, Deviation: - dB
80/80 Computed with the worse values on 2 Units : - dB
*** - 4dB margin considered as a good production margin.

Conclusion: ☑ Pass ☐ Fail

The test result of 2 units PASS AV margin limits.

Tested by: WIROTE S. Checked by: Approved by:

ID: 06E2Q19R-02

THAI-NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

Radiated Emissions Measurement Report

EMC Project No.	EMI_11-000040	Date	8/May/2012
Test Standard	☑ EN 55022 ☐ FCC Part 15 ☐ VCCI ☐ Other (_____)		
Description	HPR4915 (cost down version)	Model	TPSN-130AB-1 A
Customer	Wincor-Nixdorf (China)	Sample Revision	53.1
Sample type	PVT	Sample size	2
Temperature	23 ℃	Relative Humidity	60%

List of Measuring Equipments:

EMI Receiver : ESCI3, S/N 100168
Antenna : CHASE Model CBL6111C , S/N 2422

Description of Test Setup:

EUT Configuration : ☑ Stand alone ☐ System Chassis ☐ Full System ☐ Other (_____)
Cable Information : Cable length: 1 meter ☐ Shielded ☑ Non - Shielded

Description of Test Condition:

Input Voltage : 230 Vac Frequency: 50 Hz
☑ Single Phase ☐ 3 Phase ☑ L1 ☐ L2 ☐ L3 ☑ N ☑ PE
_____ Vdc ☐ + ☐ - ☐ PE
Output Load : ☑ Max. Load ☐ Half Load ☐ Min. Load ☐ _____ % Load
☐ No Load ☐ Peak Load ☐ Other (_____)
Type of Load : ☑ Resistive ☐ Full System ☐ Customer Load Board ☐ Other (_____)
Mode of operation: ☑ Normal ☐ Stand by ☐ Charger ☐ Other (_____)
☑ Single ☐ Sharing _____ units

Pass/Fail Criteria: ☑ Customer Spec. ☐ QE Test Procedure

The power supply shall meet the Conducted Emission limits, Class B with -6 dB margin.

Test Results:

	S/N :	001	002				
Hor	Freq (MHz)	30	33.545				
	Result QP (dBuV)	28.1	26.2				
	Limit QP (dBuV)	40	40				
	Margin (dBuV)	-11.9	-13.8				
Vert	Freq (MHz)	30.788	30.394				
	Result QP (dBuV)	25.1	25.8				
	Limit QP (dBuV)	40	40				
	Margin (dBuV)	-14.9	-14.2				

Maximum difference between measurement : - dB, Mean value: - dB, Deviation: - dB
80/80 Computed with the worse values on 2 Units : - dB
*** - 4dB margin considered as a good production margin.

Conclusion: ☑ Pass ☐ Fail

The test result of 2 units PASS QP margin limits.

Tested by: Supatsara Checked by: Donapol Approved by: Atthapan

ID: 06E2Q19R-02

THAI NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

ภาคผนวก ข.

รายงานผลการทดสอบการสั่นสะเทือน

Vibration Test Report

MODEL : TPSN-130AB-1A REV : S3 SAMPLE TYPE : DVT3

CUSTOMER : Wincor-Nixdorf SAMPLE SIZE : 1

TEMP./HUMIDITY : 25 °C - %RH DATE : 4-May-12

EQUIPMENT :

VIBRATION TEST SYSTEM : SHINKEN G-9220

TEST SPEC :

☑ CUSTOMER SPEC ☐ DELTA ENGINEERING SPEC ☐ QE TEST PROCEDURE

TEST CONDITION : ☑ OPERATING ☐ NON-OPERATING

☑ SINE WAVE ☐ RESONANCE

1. FREQUENCY		MAGNITUDE	
2 - 9	Hz	1.5	mm
9 - 200	Hz	0.5	G
	Hz		cm/sec
	Hz		G
	Hz		G
	Hz		G
	Hz		G
	Hz		G

2. SWEEP RATE : 1 Oct/min

3. DURATION : 12.07 Min

4. RESONANCE DWELL : - Min

5. DIRECTION : X,Y,Z AXIS

☐ RANDOM

1. FREQUENCY(Hz)	SLOPE(dB)	PSD (g^2/Hz)

2. AMPLITUDE : mm

3. ACCELERATION : Grms

4. DURATION : Min

5. DIRECTION : X,Y,Z AXIS

PASS/FAIL CRITERIA :

☐ THE PSU MUST OPERATE WITH SPEC AFTER NON-OPERATING TEST

☑ THE PSU SHALL NOT SHUT DOWN DURING OPERATING TEST

☑ THE PSU SHALL BE NO MECHANICAL DAMAGE AFTER TEST

TEST RESULT :

NON-OPERATING : ☐ PASS ☐ FAIL

OPERATING : ☑ PASS ☐ FAIL

RESONANCE FREQUENCY X: - Hz, Y: - Hz, Z: - Hz

COMMENT : ☑ PASS ☐ FAIL

EN 60721 : Operating 3M2

ID: 06E2Q03R-02

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น THAI-NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY TNI

ภาคผนวก ค.

รายงานผลการทดสอบด้านความร้อน (Thermal Test Report)

STRESS ANALYSIS TEST RECORD

MODEL : TPSN-130AB-1 A REV : S2.1 CUSTOMER : Wincor-Nixdorf DATE : 19-Aug-12

SAMPLE TYPE : DVT O/P: +5.1 V: 0.5~1.5 A _____ V: _____ A

VOLTAGE LOW LINE : 180 Vac +40 V: 0~3.0 A _____ V: _____ A

HIGH LINE : 264 Vac +12 V: 0.001~0.1 A _____ V: _____ A

AMBIENT : 50 ℃ -12 V: 0.001~0.1 A _____ V: _____ A

AIRFLOW : - LFM _____ V: _____ A _____ V: _____ A

LOCATION	D21	D25	D41	D42
VENDOR	FAIRCHILD	GULF	GULF	FAIRCHILD
TYPE OR P/N	UF4007	GUF10K-47L	GUF10K-47L	UF4007
TEMP. RATE (°C)	TJ	TJ	TJ	TJ
	150	175	175	150
LOW LINE; MAX. LOAD	77.3	83.8	76.1	87.8
HIGH LINE; MAX. LOAD	77.7	82.7	75.7	87.5
LOW LINE; NO. LOAD	61.3	63.6	57.9	60.2
HIGH LINE; NO. LOAD	61.8	64.3	58.1	60.6

LOCATION	D507	CR1	CR101	CR351
VENDOR	GULF	GULF	ON	VISHAY
TYPE OR P/N	GUF10K-47L	GBU8K-47L	MBR2060CTG	HEP16FT-E3/45
TEMP. RATE (°C)	TJ	TJ	TJ	TJ
	175	150	175	150
LOW LINE; MAX. LOAD	87.1	88.2	92.9	104.1
HIGH LINE; MAX. LOAD	86.6	83.1	93.2	105.8
LOW LINE; NO. LOAD	61.6	53.6	63.5	54.6
HIGH LINE; NO. LOAD	62.1	55.6	65.5	64.2

TEST RESULT :

☑ PASS ☐ FAIL

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีไทย-นิชิ THAI-NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY TNI

ภาคผนวก ง.

การตรวจสอบมาตรฐานการรับรองความปลอดภัย

1350F-1, 1350F-2 Tape

Flame-Retardant Tape with Polyester Film and Acrylic Pressure-Sensitive Adhesive

Data Sheet

Product Description

3M™ 1350F Tape is an electrical insulating polyester film tape which meets the flame retardancy requirements of UL 510. It consists of materials that are represented in many UL Recognized Insulation Systems and has a UL 130°C temperature rating. It also offers excellent flagging and solvent resistance; good wet grab; smooth, even unwind and is suitable for use on automated equipment.

- UL Recognized Flame Retardant
- UL Recognized Class 130°C
- Decabromo Diphenyl Oxide (DBDPO) Free
- Printable
- Solvent resistant without thermosetting
- Excellent Shelf Life
- Excellent Flagging Resistance

Colors

3M 1350F Tape is available in yellow, white and black

Applications

3M 1350F Tape is especially suited for applications such as wrapping coils, capacitors, wire harnesses, transformers, shaded pole motors and fractional horsepower motors.

UL Component Recognition

UL Recognized for use at temperatures not exceeding 130°C, flame retardant per UL Standard 510, UL File Number E17385, Product Category OANZ2. Underwriters Laboratories (UL) Recognized products are evaluated for use as components of end-product equipment that is Listed or Classified by UL.

To achieve UL Recognition, component construction must meet UL specifications and conditions of acceptabilty for proper and safe use of the component products.

Colors

3M 1350F Tape is available in yellow, white and black

Typical Properties	1-mil Film	2-mil Film
Adhesive	Acrylic	Acrylic
Backing	Polyester Film	Polyester Film
Backing Thickness[1]	One mil (25 micron)	Two mils (50 micron)
Total Thickness[1]	2.5 mils / 0,063 mm	3.5 mils / 0,088 mm
Colors	Yellow, White, Black	Yellow, White, Black
Temperature Class	130°C (266°F)	130°C (266°F)
Dielectric Breakdown[1]	5500 Volts	7,000 Volts
Insulation Resistance[1] (megohms)	>1 x 10^6	>1 x 10^6
Breaking Strength[1]	25 lbs. / in (44N/10mm)	50 lbs. / in(88N/10mm)
Elongation[1] (% at break)	100	110
Electrolytic Corrosion Factor[2]	1.0	1.0
Adhesion to Steel[1]	30 oz/in (3,3N/10mm)	30 oz/in (3,3N/10mm)
UL 510 Flame Retardant[2]	Yes	Yes
Printable	Yes	Yes

TNI
THAI-NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

APPLIANCE WIRING MATERIAL

Subj.758 Section 1 Page 1007 Issued:1959-05-01
Revised:2008-05-27

Style 1007 Insulated Wire.

Rating	80 deg C, 300 Vac, Horizontal flame, Oil Resistant 60 deg C or 80 deg C (optional).
Conductor	32 AWG - 16 AWG Solid or Stranded.
Insulation	PVC, 15 mils minimum average, 13 mils minimum at any point.
Standard	Appliance Wiring Material UL 758.
Marking	General.
Use	Internal wiring of appliances; or where exposed to oil at a temperature not exceeding 60 deg C or 80 deg C, whichever is applicable. Tags may indicate the following: 600 V Peak - For Electronic Use Only.

UL and the UL Logo are trademarks of UL LLC © 2013

สถาบันเทคโนโลยีไทย - ญี่ปุ่น
THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY
TNI

CSA INTERNATIONAL

CERTIFICATION RECORD

The company named below has been authorized by CSA International to represent that products listed in this record as "CSA Certified" and to affix the CSA Mark to those products according to the terms and conditions of the CSA Service Agreement and applicable CSA program requirements (including additional Markings).

File No: 077849_0_000
Class No: 6241 10 SWITCHES Snap - Special Use

SUBMITTOR

4555582 Solteam Electronics Co. Ltd.
7F-2 -3 No 888 Jing Gwo Rd
Taoyuan,
Taiwan

FACTORIES

4713787 Solteam Electronics Co., Ltd.
No. 8 Sheng Zhen 2nd Road,
Shang Jiao Managing District,
Chang An Town,
Dongguan City, Guangdong
China

4750372 Solteam Electronics (Suzhou)
Co., Ltd.
No 358 Liuxu Rd.,
Wu Jiang Economic Development Zone, Jiangsu

China

November 26, 2007(Replaces:September 14, 2006)

TO THE REQUIREMENTS OF CSA STD C22.2 No 55-M1986:

Special use switches, series and ratings as follows:

- Series BR-21 rocker switches, rated 10A, 250V ac; 15A, 125V ac.
- Series DR rocker switches, dpst and dpdt, rated 10A, 125V ac, 8A, 250V ac.
- Series EV12, EV12-4 and EV-12-6 with suffix voltage selector switches, rated 12A, 125/250V ac.
- Series MR rated 7A, 250V ac; 10A, 125V ac.
- Series OR with suffixes, rated 10A, 125V ac, 6A, 250V ac.
- Series PS3 rated 10A, 250V ac, TV-8, 120V ac.
- Series PS-5(S) and PS-5(P), special-use switches, spdt, rated 8A, 250V ac, TV-8, 120V ac.
- Series SL1 rated 6A, 125V ac; 3A, 250V ac.
- Special use slide switches, Series SL-2 and SL-3, rated 8A, 125V ac, 6A, 250V ac.
- Series SR-1 special use rocker switches, illuminated or non-illuminated, spst or spdt, rated 12A, 250V ac, 16A, 125V ac, 1/4 hp, 125/250V ac.
- Series PS-5(S) and PS-5(P), special-use switches, spdt, rated 8A, 250V ac, TV-8, 120V ac.
- Special use rocker switches, Series DR3 with suffixes, 3-pole, rated 3A, 125/250V ac.
- Voltage Selector Switches, Cat Nos EV-12A, EV-12B, spst, or spdt, rated 12A, 250V ac (85?C ambient).
- Rocker switch, Cat No MR-21S, rated 10A, 125V ac, 6A, 250V ac (85?C ambient).
- Voltage Selector Switches, Cat No EV-12L, SPST, rated 12A, 125/250V ac.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น THAI-NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY TNI

SGS

CERTIFICATE ENEC/FI 2010014

Our Ref. 255708-1

Product	Switches for appliances
Rating and principal characteristics	4/128 A, 250V AC ,1E4 cycles, Micro disconnection, Code 1.3, T85 PTI 175, Class II, Pollution degree 2, Uimp : 2500V, Level 3, Solder terminals (solder iron)
Trade mark (if any)	SOLTEAM
Type	PS-5 series
Name and address of the licensee	Solteam Electronics Co., Ltd. 7F-2-3, No. 888, Jing Gwo Road 330 TAOYUAN CITY, TAIWAN
Address of the manufacturer	Solteam Electronics Co., Ltd. 7F-2-3, No. 888, Jing Gwo Road 330 TAOYUAN CITY, TAIWAN
Is in conformity with	EN 61058-1:2002 + A2:2008
As shown in the Test Report(s) No(s)	255708-1
It is authorized to use of the marks	ENEC 16 and FI
Validity	This certificate is valid until 18 February 2015 unless the standard in question has been amended or superseded with significant changes in requirements, in which case, SGS Fimko has the right to shorten the validity of the certificate based on the legislation of the European Union. This certificate includes the right to use the ENEC 16 and FI mark under the condition that changes (if any) will be checked at SGS Fimko before the product is brought onto market and that the conditions for ENEC and FI certification are met.
Directive information	The product(s) fulfils the essential safety requirements for CE conformity marking according to the Low Voltage Directive (2006/95/EC) at the date of issue of this certificate.
With the following limitations	-
Date of issue	18 February 2010
Signature	SGS Fimko Ltd Osmo Vayrynen Certification Manager

This certificate has 3 pages

สถาบันเทคโนโลยีไทย-นิชิ THAI-NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY TNI

ภาคผนวก จ.

การติดตั้งและทดสอบการกดเปิด-กดปิดสวิตช์

สถาบันเทคโนโลยีไทย - ญี่ปุ่น
THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY
TNI