

รายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัย

การวิเคราะห์ปัจจัยเพื่อเพิ่มแรงยึดติดระหว่างปลั๊กและฟิวส์ในตัวกรองสัญญาณรบกวน
โดยเทคนิคการออกแบบการทดลอง

**Analysis of Factor to Increase Adhesion Strength Between Plug and Fuse in Noise
Filters Products using Design of Experiments Technique**

นางสาวณัฏสร	สมศักดิ์	รหัสนักศึกษา	590610299
นางสาวชิรญาณ์	ธรรมณี	รหัสนักศึกษา	590610332

อาจารย์ที่ปรึกษา
รศ.ดร.รุ่งฉัตร ชมภูอินไหว

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

1.ความสำคัญ และที่มาของปัญหาที่ทำโครงการ

ประเทศไทยเป็นฐานการผลิตของอุตสาหกรรมชิ้นส่วนไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์มานานกว่า 40 ปี และเป็นส่วนสำคัญในห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมดังกล่าวของโลก ปัจจุบันประเทศไทยมีการส่งออกกลุ่มสินค้าอิเล็กทรอนิกส์เป็นอันดับ 12 ของโลก อย่างไรก็ตามปัญหาและอุปสรรคของอุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ที่ประเทศไทยกำลังเผชิญอยู่ในขณะนี้ ทำให้มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ไทยต้องมีการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงโครงสร้างการผลิตเพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาดโลกเพื่อเพิ่มความสามารถทางการแข่งขันในตลาดโลกให้มากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการเร่งปรับตัวให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมผู้บริโภคและการเปลี่ยนแปลงด้านเทคโนโลยีต่าง ๆ เน้นการผลิตตามความต้องการของลูกค้ามากขึ้น พัฒนาอุตสาหกรรมขั้นต้นน้ำ ผ่านการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่ๆ ให้ได้ด้วยตนเอง พัฒนาทักษะความสามารถของแรงงาน และหนึ่งในการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญคือการผลิตสินค้าและบริการที่มีคุณภาพ

บริษัทธนศึกษาทำการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีการนำไปใช้อย่างกว้างขวางในระบบขับเคลื่อนแบบประหยัดพลังงาน ระบบควบคุมมอเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ ระบบผลิตไฟฟ้าพลังลม พลังแสงอาทิตย์ เทคโนโลยีรถไฟฟ้า เครื่องมือ เครื่องจักร และหุ่นยนต์ รวมไปถึงการนำไปใช้กับส่วนจ่ายพลังงานสำหรับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างชนิดที่ใช้ในงานเช่น เทคโนโลยีทางการแพทย์ หรือการสื่อสารทางไกล นอกจากนี้บริษัทธนศึกษายังรับผลิตสินค้า เครื่องมือ และพัฒนาโปรแกรมให้ตรงกับความต้องการของลูกค้าเพื่อการใช้งานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพและส่งเสริมเทคโนโลยีสร้างพลังงานที่นำกลับมาใช้ใหม่ได้อย่างยั่งยืน

โรงงานของบริษัทกรณีศึกษาในประเทศไทย เป็นส่วนการผลิตหลักของผลิตภัณฑ์ EMI suppression components ทุกชนิดโดยรวมถึง power line filter, choke และ pulse transformer ซึ่งเป็นการผลิตชิ้นส่วนประกอบสำหรับแม่เหล็กไฟฟ้า (EMC) และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในรถยนต์



ภาพ 1 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์กรองสัญญาณรบกวนรุ่น FN28x

จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของทางบริษัทพบว่า ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กรองสัญญาณรบกวน รุ่น FN28x ดังภาพ 1 ในขั้นตอน Final Test ซึ่งทำการนำเอาฟิวส์กับตัวปลั๊กมาหลอมละลายทำให้ยึดติดกันโดยเครื่อง Melt Fuse Holder เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่สมบูรณ์ ยังไม่มีการกำหนดค่าของปัจจัยต่าง ๆ ที่ใช้ในการทำงาน ทำให้ชิ้นงานยึดติดกันไม่ดี สามารถใช้มือดึงก็หลุดออกจากกัน และนอกจากนี้พนักงานแต่ละคนยังมีการใช้ค่าปัจจัยต่าง ๆ ที่ไม่เท่ากัน เนื่องจากบริษัทกำหนดเพียงช่วงของค่าต่าง ๆ ทำให้เกิดความแปรปรวนในกระบวนการผลิตสูง

ทางบริษัทจึงต้องการวิเคราะห์หาปัจจัยที่เกี่ยวข้องที่ส่งผลต่อแรงยึดติดสำหรับงาน FN28x รุ่นต่าง ๆ โดยผู้วิจัยเห็นว่าเทคนิคการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment Technique) เป็นเทคนิคที่เป็นการตรวจสอบดูว่าปัจจัย (factor) ใดหรือตัวแปรใดมีผลต่อสิ่งที่สนใจ (response) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อยืนยันข้อเท็จจริง (confirmation) คือพิสูจน์ข้อเท็จจริงหรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต และเพื่อค้นหาข้อเท็จจริง (exploration) คือการศึกษาอิทธิพลของปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการ มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการทำวิจัยเพื่อแก้ปัญหาที่ทางบริษัทกรณีศึกษาประสบในตอนนี้

2.วัตถุประสงค์

- 2.1 เพื่อวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อแรงยึดติดระหว่างปลั๊กกับฟิวส์ในตัวกรองสัญญาณรบกวน
- 2.2 เพื่อกำหนดระดับปัจจัยที่ทำให้แรงยึดติดระหว่างปลั๊กและฟิวส์มากที่สุด

3. ขอบเขตการศึกษา

- 3.1 ศึกษาในบริษัทกรณีศึกษาแห่งหนึ่งซึ่งทำการผลิตตัวกรองสัญญาณรบกวน
- 3.2 ศึกษาผลิตภัณฑ์กรองสัญญาณ FN28x ทุกรุ่น (ปัจจุบันมีทั้งหมด 6 รุ่น คือ FN281, FN282, FN283, FN284, FN285 และ FN286)
- 3.3 แต่ละรุ่นศึกษาทั้งหมด 3 ปัจจัย ปัจจัยละ 2 ระดับ และทำการทดลอง 2 ซ้ำ

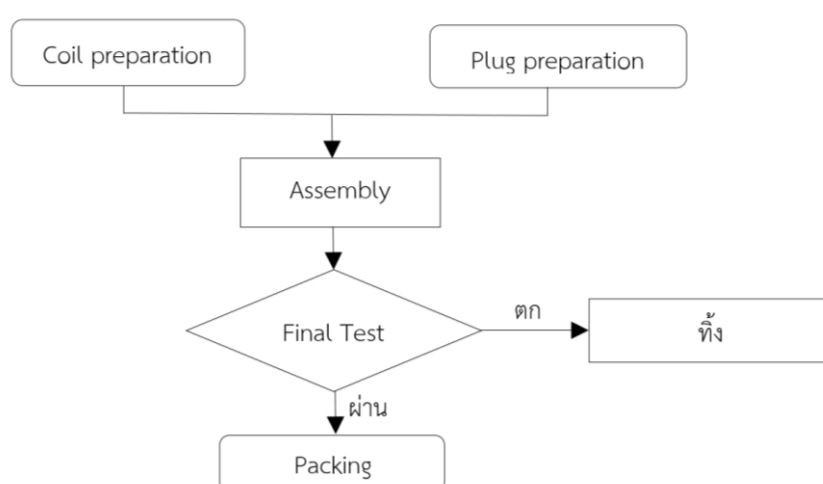
4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 4.1 ทราบปัจจัยที่เหมาะสมที่ทำให้แรงยึดติดสูงสำหรับผลิตภัณฑ์กรองสัญญาณรบกวน รุ่น FN28x
- 4.2 สามารถนำแนวทางในการวิจัยไปใช้กับผลิตภัณฑ์ที่ใกล้เคียงในอนาคตได้

5. ระเบียบวิธีการทำโครงการ

5.1 ศึกษากระบวนการผลิตตัวกรองสัญญาณโดยรวมและศึกษากระบวนการ Final test ของตัวกรองสัญญาณรบกวน รุ่น FN 28x ซึ่งรวมทั้งศึกษาหลักการ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ โดยมีรายละเอียดคือ

5.1.1 ศึกษากระบวนการผลิตตัวกรองสัญญาณ รุ่น FN 28x ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังภาพ 2



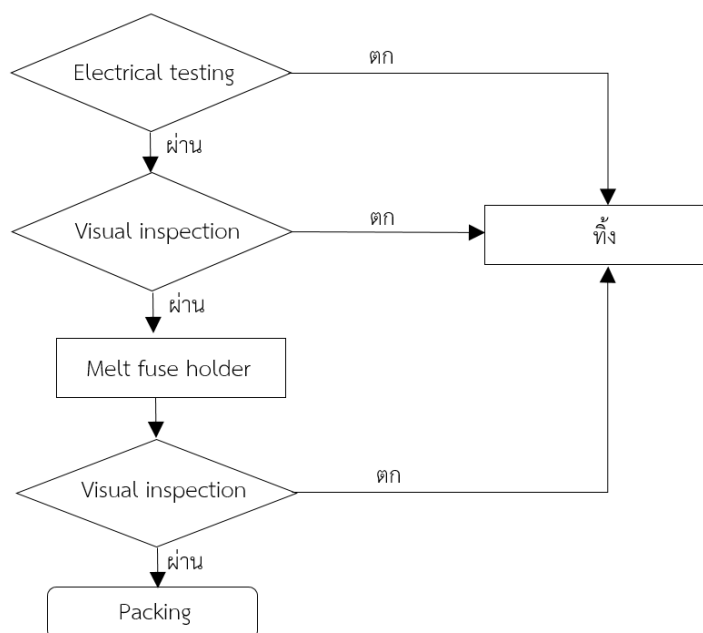
ภาพ 2 กระบวนการผลิตตัวกรองสัญญาณรบกวน รุ่น FN 28x

1. ขั้นตอนการเตรียมขดลวดเหนียวนำ (Coil preparation) คือการนำขดลวดมาพันกับคอยล์เพื่อเตรียมสู่ขั้นตอนการประกอบ
2. ขั้นตอนการเตรียมปลั๊ก (Plug preparation) คือการประกอบชิ้นส่วนของปลั๊กเข้าด้วยกัน เพื่อเตรียมไปประกอบใส่ housing ในขั้นตอนการประกอบ
3. ขั้นตอนการประกอบ (Assembly) คือการประกอบทุกชิ้นส่วนตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมขดลวดเหนียวนำและขั้นตอนการเตรียมปลั๊ก มาประกอบเข้าด้วยกันเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ตัวกรองสัญญาณรบกวน
4. ขั้นตอนการทดสอบค่าทางกระแสไฟฟ้า (Final test) คือการทดสอบค่าทางไฟฟ้า (Electrical testing) และการตรวจสอบด้วยสาย (Visual inspection) จากนั้นใส่ฟิวส์เข้าไปในตัวปลั๊กโดยเครื่อง melt fuse holder และทำการตรวจสอบด้วยสายตา (Visual inspection) อีกหนึ่งครั้ง ก่อนนำใส่กล่องส่งถึงลูกค้า

5.1.2 ศึกษากระบวนการ Final test ของตัวกรองสัญญาณรบกวน รุ่น FN28x ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังภาพ 3

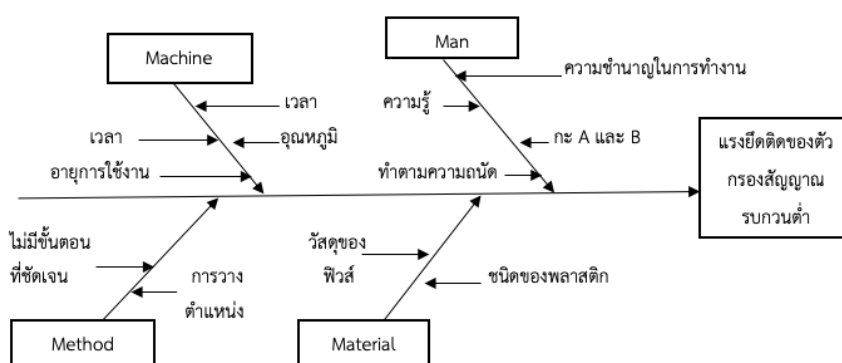
1. การทดสอบค่าทางไฟฟ้า (Electrical testing) คือการนำเอาปลั๊กที่ประกอบแบบสมบูรณ์แล้วมาตรวจสอบค่าทางไฟฟ้า โดยการใส่ Dummy fuse ลงไปเพื่อทดสอบ

2. การตรวจสอบด้วยสายตา (Visual inspection) คือการนำเอาตัวปลั๊กที่ผ่านจากขั้นตอนแรกมาวางลงบนจิ๊กเพื่อตรวจสอบหน้าตาของขาปลั๊ก (Sliding Blow)
3. การยัดติดตัวปลั๊กเข้ากับฟิวส์ด้วยเครื่อง Melt fuse holder (Melt fuse holder)
4. การตรวจสอบด้วยสายตา (Visual inspection) คือการนำเอาตัวปลั๊กที่ติดกับฟิวส์ที่สมบูรณ์แล้วมาใส่ลงบนจิ๊กเพื่อตรวจสอบหน้าตาของพื้นผิวชิ้นงานบริเวณที่โดนกดให้หลอมละลายติดกัน



ภาพ 3 กระบวนการ Final test ของตัวกรองสัญญาณรบกวน รุ่น FN 28x

5.2 วิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลต่อแรงยึดติดระหว่างปลั๊กและฟิวส์ในตัวกรองสัญญาณรบกวนรุ่น FN28x โดยใช้แผนผังเหตุและผล (Fishbone Diagram) ดังภาพ 4 โดยได้ทำการระดมความคิดร่วมกับวิศวกรในบริษัท เพื่อหาสาเหตุที่ทำให้แรงยึดติดของตัวกรองสัญญาณไม่ได้มาตรฐานโดยสร้างแผนผังก้างปลาตามหลักการ 4P ได้แก่ Man Material Machine และ Method จากนั้นทำการคัดเลือกปัจจัยที่มีความเป็นไปได้ในการทดลอง 3 ปัจจัย เพื่อนำไปใช้ในการกำหนดปัจจัยที่จะใช้ในการออกแบบการทดลองในขั้นตอนต่อไป



ภาพ 4 แผนผังเหตุและผลแสดงปัจจัยที่มีผลต่อแรงยึดติดระหว่างปลั๊กกับฟิวส์

5.3 กำหนดปัจจัยและระดับปัจจัยที่จะนำมาทำการทดลองเพื่อศึกษาแรงยึดติดในผลิตภัณฑ์กรองสัญญาณรบกวน FN28x โดยคัดเลือกมา 3 ปัจจัย ได้แก่ แรงกด, อุณหภูมิ และตำแหน่งการวางชิ้นงาน โดยกำหนดระดับปัจจัยต่าง ๆ จากการปรึกษากับทีมวิศวกรในบริษัทและดูความเป็นไปได้ในการทดลองจากคู่มือของเครื่องและ work instruction ปัจจุบัน ดังตาราง 1

ตาราง 1 ปัจจัยที่ใช้ในการทดลองและระดับของผลิตภัณฑ์แต่ละรุ่น

ปัจจัย	หน่วย	FN281 และ FN282		FN283 และ FN284		FN285 และ FN286	
		ต่ำ (-)	สูง (+)	ต่ำ (-)	สูง (+)	ต่ำ (-)	สูง (+)
แรงกด	กิโลกรัม	12	16	12	16	12	16
อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส	200	220	200	220	190	210
ตำแหน่งการวางชิ้นงาน	มิลลิเมตร	11.3	11.7	12.2	12.8	12.2	12.8

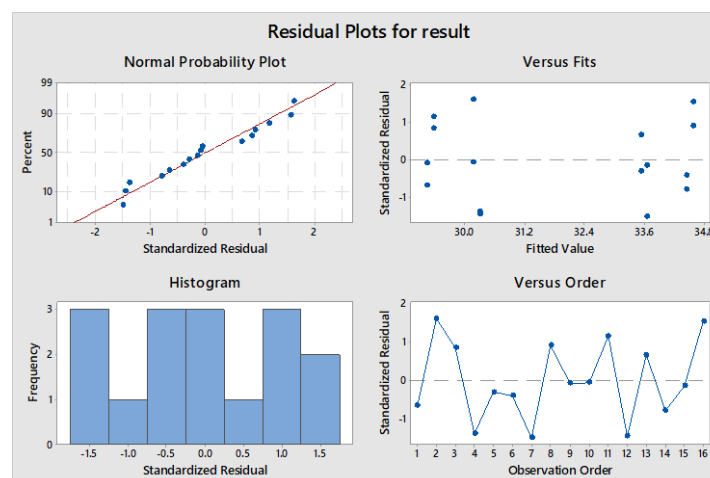
งานวิจัยนี้ใช้ออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบเต็มจำนวน 2^k (Full Factorial Design) จำนวน 3 ปัจจัย ปัจจัยละ 2 ระดับ ทำการทดลองซ้ำทั้งหมด 2 ซ้ำ (Replicates) ดังนั้นแต่ละรุ่นผลิตภัณฑ์ได้ทำการทดลองทั้งหมด 16 การทดลอง โดยมีค่าผลตอบสนอง (Response) คือ ค่าแรงดึง (นิวตัน) โดยต้องการให้ค่าแรงดึงยิ่งมากยิ่งดี โดยทำการวัดค่าแรงดึงโดยใช้เครื่องทดสอบแรงดึง

5.4 ทำการทดลองตามที่ได้ออกแบบไว้ในข้อ 5.3 โดยทำการทดลองแบบสุ่ม ซึ่งควบคุมการทดลองด้วยหลักการพื้นฐาน 3 ประการได้แก่ การทดลองซ้ำ (Replications) การบล็อก (Blocking) และ หลักการสุ่ม (Randomization) โดยมีตัวอย่างผลการทดลองของผลิตภัณฑ์รุ่น FN283-4 ดังแสดงในตาราง 2

ตาราง 2 ผลการทดลองของผลิตภัณฑ์รุ่น FN283-4

ลำดับการทดลองมาตรฐาน	ค่าระดับปัจจัย			แรงดึง (N)
	แรงกด (A)	อุณหภูมิ (B)	ตำแหน่งการวางชิ้นงาน (C)	
1	-1	-1	-1	27.2
2	+1	-1	-1	35.2
3	-1	+1	-1	32.0
4	+1	+1	-1	26.0
5	-1	-1	+1	32.6
6	+1	-1	+1	33.2
7	-1	+1	+1	29.0
8	+1	+1	+1	37.4
9	-1	-1	-1	29.0
10	+1	-1	-1	30.0
11	-1	+1	-1	33.2
12	+1	+1	-1	25.8
13	-1	-1	+1	35.6
14	+1	-1	+1	32.0
15	-1	+1	+1	33.2
16	+1	+1	+1	39.4

5.5 นำผลการทดลองมาวิเคราะห์ส่วนตกค้างของข้อมูล (Residual Analysis) เพื่อตรวจสอบคุณภาพของข้อมูล ซึ่งจะต้องมีความถูกต้องจึงจะสามารถนำไปวิเคราะห์ต่อได้อย่างเหมาะสม



ภาพ 5 กราฟการวิเคราะห์ส่วนตกค้างของข้อมูลของผลิตภัณฑ์ตัวกรองสัญญาณรบกวนรุ่น FN283-4

ข้อมูลส่วนตกค้างมีการกระจายตัวแบบปกติ จากภาพ 5 ในส่วนของกราฟความน่าจะเป็นแบบปกติของส่วนตกค้าง พบว่ามีแนวโน้มเป็นเส้นตรง ไม่มีจุดที่ออกนอกเส้นตรงอย่างชัดเจน ข้อมูลส่วนตกค้างมีการกระจายตัวเป็นอิสระ เนื่องจากในส่วนของกราฟระหว่างส่วนตกค้างกับลำดับการทำลองของข้อมูลผลตอบแทนพบว่าจุดไม่มีแนวโน้มใด ๆ และส่วนตกค้างมีความแปรปรวนคงที่เนื่องจากในส่วนของกราฟระหว่างส่วนตกค้างของข้อมูลกับค่าที่ถูกทำนายของข้อมูลผลตอบแทนพบว่าไม่มีแนวโน้ม

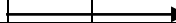
5.6 นำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) เพื่อเป็นการทดสอบความมีนัยสำคัญของปัจจัยและระดับของปัจจัยที่ทำให้ค่าแรงดึงมีค่าสูงสุดโดยทำการประมวลผลในโปรแกรม Minitab โดยมีตัวอย่างผลการวิเคราะห์ ANOVA ของผลิตภัณฑ์ FN283-4 ดังตาราง 3 ซึ่งพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อข้อมูลผลตอบแทนอย่างมีนัยสำคัญ ได้แก่ ปัจจัย C คือตำแหน่งการวางชิ้นงาน และ ปัจจัย A*B*C คือ อันตรกิริยาระหว่างแรงกด อุณหภูมิ และตำแหน่งการวางชิ้นงาน เนื่องจาก มีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05

ตาราง 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์ FN283-4 (ระดับความเชื่อมั่น 95%)

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	7	199.018	28.4311	7.18	0.006
Linear	3	76.588	25.5292	6.44	0.016
A	1	3.423	3.4225	0.86	0.380
B	1	0.063	0.0625	0.02	0.903
C	1	73.103	73.1025	18.45	0.003*
2-Way Interactions	3	23.428	7.8092	1.97	0.197
A*B	1	1.323	1.3225	0.33	0.579
A*C	1	15.603	15.6025	3.94	0.082
B*C	1	6.502	6.5025	1.64	0.236
3-Way Interactions	1	99.003	99.0025	24.98	0.001
A*B*C	1	99.003	99.0025	24.98	0.001*
Error	8	31.700	3.9625		
Total	15	230.718			

6. แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ

รายละเอียดวิธีการทำโครงการ	ปีพ.ศ. 2562 - 2563							
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1. ศึกษากระบวนการผลิตตัวกรองสัญญาณรบกวนโดยรวม								

รายละเอียดวิธีการทำโครงการ	ปีพ.ศ. 2562 - 2563							
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
2.วิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลต่อแรงยึดติดระหว่างปลั๊กและพิวส์โดยใช้แผนผังกังปลา								
								
3.กำหนดปัจจัยและระดับปัจจัยที่จะนำมาทำการทดลอง								
								
4.ทำการทดลองที่ได้ออกแบบไว้ โดยทำการทดลองแบบสุ่ม								
								
5.นำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์ส่วนข้อมูลตกค้าง								
6.นำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อเป็นการทดสอบความมีนัยสำคัญของปัจจัย								
								
7.ทำการทดลองยืนยันผล								
8.สรุปผลการทดลองและจัดทำรายงาน								

7. รายละเอียดงบประมาณในการทำโครงการ

รายละเอียด	ค่าใช้จ่ายประมาณการ (บาท)	ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจริง (บาท)
7.1 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานวิจัย	3,000	3,000
7.2 ค่าใช้จ่ายในการทำเอกสาร	1,000	1,000
งบประมาณทั้งโครงการ	4,000	4,000

8. อุปสรรคและปัญหา

ปัญหา อุปสรรค	แนวทางการแก้ไข
ทำการทดลองครบทุกรอบแล้วแต่ผลการวิเคราะห์พบว่าไม่มีปัจจัยไหนมีความสำคัญอย่างมีนัยสำคัญ จึงกลับมาวิเคราะห์ผลใหม่พบว่าเกิดจากการกำหนดระดับสูงต่ำของแต่ละปัจจัยแคบเกินไป	กำหนดระดับสูงและต่ำของแต่ละปัจจัยให้มีความกว้างมากขึ้น ให้มีความแตกต่างกัน ไม่ใกล้จนเป็นระดับเดียวกัน

9. ลายเซ็นอาจารย์ที่ปรึกษา

รายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัยสำหรับวิศวกรรมอุตสาหการ ได้ผ่านการรับรองจากอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

ลงชื่อ.....

(รศ.ดร.รุ่งฉัตร ชมภูอินท)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ