

## สารบัญ

|                                                           | หน้า |
|-----------------------------------------------------------|------|
| บทคัดย่อ .....                                            | (1)  |
| Abstract .....                                            | (2)  |
| กิตติกรรมประกาศ.....                                      | (3)  |
| สารบัญ .....                                              | (4)  |
| สารบัญตาราง.....                                          | (7)  |
| สารบัญภาพประกอบ .....                                     | (8)  |
| บทที่                                                     |      |
| 1      บทนำ .....                                         | 1    |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....                   | 1    |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....                          | 2    |
| 1.3 ขอบเขตของการศึกษา .....                               | 2    |
| 1.4 วิธีการดำเนินการศึกษา.....                            | 3    |
| 1.5 แผนการดำเนินงาน.....                                  | 3    |
| 1.6 ประโยชน์ของการศึกษา .....                             | 4    |
| 2      ผลงานการวิจัยและงานเขียนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ..... | 5    |
| 2.1 การวิเคราะห์การออกแบบ.....                            | 7    |
| 2.2 กระบวนการออกแบบของเอิร์ล .....                        | 8    |

|   |                                                                                 |    |
|---|---------------------------------------------------------------------------------|----|
|   | 2.3 ทฤษฎีแก้ปัญหการประดิษฐ์ .....                                               | 11 |
|   | 2.4 กระบวนการความคิดสร้างสรรค์ .....                                            | 13 |
|   | 2.5 ขั้นตอนการประเมินประสิทธิภาพการออกแบบผลิตภัณฑ์.....                         | 13 |
|   | 2.5.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน .....                                             | 14 |
|   | 2.5.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ CR-k.....                                      | 15 |
|   | 2.5.3 การทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยตามวิธีของเซฟฟ์ ....                   | 19 |
|   | 2.5.4 การทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนตามวิธีของ<br>ฮาร์ทเลย์ .....       | 20 |
| 3 | ขั้นตอนดำเนินการวิจัย .....                                                     | 22 |
|   | 3.1 ศึกษาทฤษฎีและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง .....                                      | 23 |
|   | 3.1.1 การศึกษากระบวนการผลิตแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าชนิดอ่อน.....                      | 23 |
|   | 3.1.2 การศึกษากระบวนการวิเคราะห์การออกแบบผลิตภัณฑ์.....                         | 25 |
|   | 3.1.3 ศึกษาทฤษฎีแก้ปัญหการประดิษฐ์.....                                         | 25 |
|   | 3.1.4 ศึกษากระบวนการความคิดสร้างสรรค์ .....                                     | 25 |
|   | 3.1.5 ศึกษาทฤษฎีการวิเคราะห์ทางสถิติและการประเมินประสิทธิภาพ<br>การออกแบบ ..... | 26 |
|   | 3.2 การออกแบบผลิตภัณฑ์แผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าชนิดอ่อน.....                           | 26 |
|   | 3.2.1 การวิเคราะห์ปัญหาการออกแบบผลิตภัณฑ์ .....                                 | 26 |
|   | 3.2.2 การดำเนินการออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ .....                                     | 26 |
|   | 3.3 การวิเคราะห์ และประเมินประสิทธิภาพการออกแบบผลิตภัณฑ์ .....                  | 26 |
| 4 | กรณีศึกษา .....                                                                 | 27 |
|   | 4.1 ศึกษากระบวนการผลิตแต่ละขั้นตอน .....                                        | 30 |
|   | 4.1.1 การติดตามผลในแต่ละกระบวนการตัดผลิตภัณฑ์.....                              | 30 |
|   | 4.2 ศึกษาโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ .....                                            | 35 |
|   | 4.3 ศึกษาความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหา.....                                        | 36 |

|         |                                                                                                              |    |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
|         | 4.4 เลือกแนวความคิดในการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้.....                                                            | 38 |
|         | 4.5 การทดลองตามแนวทางการแก้ปัญหา .....                                                                       | 38 |
|         | 4.6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว.....                                                                   | 40 |
| 5       | สรุปผลการศึกษาวิจัยและข้อเสนอแนะ .....                                                                       | 45 |
|         | 5.1 สรุปผลการศึกษาวิจัย .....                                                                                | 45 |
|         | 5.2 ข้อจำกัดในงานวิจัยและข้อเสนอแนะ .....                                                                    | 47 |
| ภาคผนวก |                                                                                                              |    |
| ก       | ตาราง.....                                                                                                   | 49 |
|         | ตารางที่ 1 ตารางความขัดแย้งทางเทคนิค.....                                                                    | 50 |
|         | ตารางที่ 2 ตารางหลักการประดิษฐ์คิดค้น.....                                                                   | 56 |
|         | ตารางที่ 3 ตารางค่าวิกฤตของ F.....                                                                           | 61 |
|         | ตารางที่ 4 ตารางค่าวิกฤตของ $F_{max}$ .....                                                                  | 65 |
| ข       | ภาพ.....                                                                                                     | 66 |
|         | ภาพที่ 1 ตำแหน่งโครงสร้างผลิตภัณฑ์ตัวอย่างของแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า<br>ชนิดอ่อน.....                             | 67 |
| ค       | ผลการทดลอง.....                                                                                              | 68 |
|         | ข้อมูลการทดลอง.....                                                                                          | 69 |
|         | ผลการทดลองที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว<br>จากการประมวลผลด้วยโปรแกรม SPSS ( $\alpha = 0.05$ )..... | 72 |
|         | ผลการทดลองที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว<br>จากการประมวลผลด้วยโปรแกรม SPSS ( $\alpha = 0.01$ )..... | 75 |
|         | บรรณานุกรม.....                                                                                              | 78 |