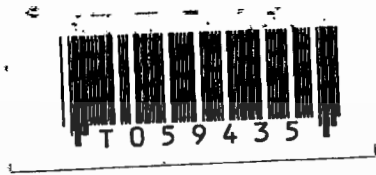


สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า

**STUDY AND DEVELOPMENT THE MARKER PROBE SET ON  
PRINTED CIRCUIT BOARDS**



ฉพ.  
ข/352ก  
2548

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน.....59435✓  
วัน,เดือน,ปี.....๖ ส.ย. 2549

สารบัญนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรบัณฑิต

สาขาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

|                 |
|-----------------|
| b.....11519654✓ |
| i.....          |

พ.ศ. 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**STUDY AND DEVELOPMENT THE MARKER PROBE SET ON  
PRINTED CIRCUIT BOARDS**



**A THEMATIC PAPER SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF SCIENCE INDUSTRIAL EDUCATION IN  
INDUSTRIAL DESIGN TECHNOLOGY  
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|                           |                                                      |
|---------------------------|------------------------------------------------------|
| หัวข้อสารนิพนธ์           | การศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า |
| นักศึกษา                  | นายยุทธการ มาสนาเรียง                                |
| รหัสประจำตัว              | 46065625                                             |
| ปริญญา                    | ครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมมหาบัณฑิต                 |
| สาขาวิชา                  | เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม                         |
| พ.ศ.                      | 2548                                                 |
| อาจารย์ผู้ควบคุมสารนิพนธ์ | รองศาสตราจารย์อุดมศักดิ์ สารินทร                     |

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า และเพื่อศึกษาความพึงพอใจในการใช้งานชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า 3 ด้าน คือ ด้านหน้าที่ใช้สอย ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน ด้านความปลอดภัยและการบำรุงรักษา

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ พนักงานของส่วนงาน อิเล็กทรอนิกส์ของ บริษัท เคซีอี อินเทอร์เน็ต จำกัด จำนวน 30 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นแบบประเมินการออกแบบรูปแบบ การประเมินการออกแบบวงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ และแบบประเมินความพึงพอใจในการใช้งานชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า แบบ 2 ตอน การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ค่าเฉลี่ย และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากการวิจัยพบว่า

สรุปผลการศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ใช้มาคเกอร์โรบรุ่น BMP-1 แรงดันไฟฟ้า 15 VDC. 50 mA. รีเลย์ที่ใช้เป็นแบบสัมผัส 24 VDC. พร้อมฐานรองหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้เป็นวางข้างนอกแบบอะแดปเตอร์ Input 240-110 VAC. Output 15 VDC. 1.8 A. ข้อต่อสายไฟฟ้าเข้าเป็นแบบ I/O DC. พิวส์เป็นแบบกระบอก 1 A. สวิตช์เปิด-ปิด ทนแรงดันได้ถึง 240 V. ไฟบอกสถานะการทำงานของวงจรเมื่อปิดสวิตช์ใช้ LED. สีแดง ขนาด 3VDC 10 mA. ต่อแบบอนุกรมกับตัวต้านทาน 1.5 K ohm. ไฟบอกสถานะการทำงานของ มาคเกอร์โรบ ใช้ LED. สีเขียว ขนาด 3VDC 10 mA. ต่อแบบอนุกรมกับตัวต้านทาน 1.5 K ohm. สายไฟฟ้าใช้แบบสายอ่อน PVC. ขนาด 2 x 0.5 ยาว 1.5 เมตร สีดำแดง 2 เส้น เพื่อต่อมาคเกอร์โรบและสัญญาณ PASS จากเครื่องทดสอบ ข้อต่อภายในเครื่องใช้การบัดกรีและการขันน็อต ข้อต่อสายสัญญาณ PASS จากเครื่องทดสอบใช้แบบ RCA. ข้อต่อไฟฟ้าไปยัง มาคเกอร์โรบใช้ แบบแบนนানা สีแดง-ดำ เครื่องนับใช้แบบไม่ใช้แรงดันไฟฟ้า 8 หลัก โครงสร้างทำมาจากแผ่นอะคริลิกหนา 3 มม. แบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนล่างขนาด 125x210x115 มม. ส่วนบนขนาด 115x200x115 มม.

ขีดโครงสร้างด้วยกาวลือคโทท์ และขีดโครงสร้างบน-ล่าง ด้วยนีโอตแบนหัวจมนขนาด 3M 2.5 mm.  
จำนวน 4 ตัว

ผลการประเมินรูปแบบของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ในภาพรวมมีความ  
คิดเห็นในระดับดีมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านการออกแบบรูปแบบ อยู่ในระดับดีมาก  
ส่วนด้านออกแบบวงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ อยู่ในระดับดีมาก

ผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าของ  
พนักงานส่วนงานอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม บริษัท เคซีอี อินเตอร์เนชันแนล จำกัด ภาพรวมอยู่ในระดับ  
ดีมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านหน้าที่ใช้สอย อยู่ในระดับดีมาก ด้านความสะดวก  
สบายในการใช้งาน อยู่ในระดับดีมาก และ ด้านความปลอดภัยและการบำรุงรักษาอยู่ในระดับ  
ดีมาก



|                               |                                                                      |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| <b>Thematic Paper Title</b>   | Study and Development The Marker Probe Set On Printed Circuit Boards |
| <b>Student</b>                | Mr. Yuthakan Masnariang                                              |
| <b>Student ID.</b>            | 46065625                                                             |
| <b>Degree</b>                 | Master of Science in Industrial Education                            |
| <b>Programme</b>              | Industrial Design Technology                                         |
| <b>Year</b>                   | 2005                                                                 |
| <b>Thematic Paper Advisor</b> | Associate Professor Udomsak Saributr                                 |

### ABSTRACT

The Objective of this research was to Study and development the marker probe set on printed circuit boards and study the satisfaction for this machine using evaluation in 3 function features convenience, safety and maintenance.

The sample group for this research was the 30 operator in Electrical Test Division of KCE International . The data collection tool was Form evaluation and Satisfying evolution of the Marker Probe set on Printed Circuit Boards ,with 2 categories; data analysis by average value and the standards deviation.

The result was to study and develop the marker probe set on Printed Circuit Boards work model manufacturing by using the marker probe serial BMP-1 input 15 VDC 50 mA. Contract Relay 24 VDC. and Base External adapter input 240-110 VAC Output 15 VDC 1.8 A. connector I/O DC. Cartridge Fuse 1 A. Switch for open and close 240 V and Light show status using red LED 3 VDC. 10 mA and alphabetical welding with resistor 1.5 K. Ohm .The light show marker probe status using green LED 3 VDC. 10 mA. And and alphabetical welding with resistor 1.5 K. Ohm . Electrical tried PVC. Cable 2 x 0.5 long 1.5 meter black and red color 2 cable for marker probe and Pass signal for Electrical machine . Internal connector by welding and screwing . Pass signal connector type RCA. Marker Probe connector using banana Jack red and black color . Counter digital 8 digi. The structure using acrylic thickness 3 mm. and separate 2 section , Bottom section size 125x210x115 mm. Top section size 115x200x115 mm. and assembly by Loctite glue and nut 3M 2.5 mm. quantity 4 pcs.

The result of satisfying of the sample group , the operator Electrical Test Division of KCE International Co., Ltd. ,was in Very Good level. The category evaluation was Very Good level for convenience in use, safety and maintenance.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือจากท่าน รองศาสตราจารย์อุดมศักดิ์ สาริบุตร อาจารย์ผู้ควบคุมสารนิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำในการทำสารนิพนธ์ และปรับปรุงแก้ไข ข้อบกพร่องต่างๆ ทำให้สารนิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์ ผู้วิจัย ขอขอบคุณไว้เป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณคณะกรรมการ รองศาสตราจารย์สถาพร ดีบุญมี ณ ชุมแพ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิรัช สุตสังข์ ที่เสียสละเวลามาทำการสอบสารนิพนธ์และให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์แก่ข้าพเจ้า

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม และ ดร.ผดุงชัย ภูพัฒน์ ที่ให้คำแนะนำตรวจสอบแก้ไขเครื่องมือในการทำวิจัย แก้ไขข้อบกพร่อง เพื่อทำสารนิพนธ์เล่มนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญในด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและประเมินการออกแบบพร้อมทั้งเสนอแนะสิ่งที่เป็นข้อคิดอันเกิดประโยชน์ต่อการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณ คุณบุญยัง ปิยะ วิริยะกุล คุณโมยิต สุวรรณ และคุณณภาดล กวนศักดิ์ ที่เปิดโอกาสให้ข้าพเจ้ามีโอกาสศึกษาหาความรู้ในระดับมหาวิทยาลัย

ขอขอบคุณพนักงานส่วนงานอิเล็กทรอนิกส์ของ บริษัท เคซีอี อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ช่วยในการประเมินแบบสอบถาม

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ฝ่ายวิศวกรรม ฝ่ายควบคุมคุณภาพ และฝ่ายซ่อมบำรุง บริษัท เคซีอี อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด ทุกท่านที่แนะนำและให้ข้อมูลในการออกแบบชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า เพื่อให้สารนิพนธ์เล่มนี้สำเร็จ

สุดท้ายขอขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่ชาย และน้องชาย ของข้าพเจ้าที่ให้กำลังใจในการเรียนและการทำงาน และท้ายสุดคุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากสารนิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้ บริษัทเคซีอี อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด และเป็นแนวทางในการพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ต่อไป

ยุทธการ มาสนาเรียง

# สารบัญ

|                                                                               | หน้า |
|-------------------------------------------------------------------------------|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย.....                                                          | I    |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....                                                       | III  |
| กิตติกรรมประกาศ.....                                                          | V    |
| สารบัญ.....                                                                   | VI   |
| สารบัญตาราง.....                                                              | IX   |
| สารบัญภาพ.....                                                                | X    |
| บทที่ 1 บทนำ.....                                                             | 1    |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....                                       | 1    |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....                                              | 3    |
| 1.3 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการทำวิจัย.....                                         | 3    |
| 1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....                                                    | 4    |
| 1.5 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย.....                                           | 4    |
| บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....                                   | 6    |
| 2.1 หลักการและทฤษฎีของการควบคุมคุณภาพ.....                                    | 6    |
| 2.1.1 หลักการการควบคุมคุณภาพให้ของเสียเป็นศูนย์.....                          | 8    |
| 2.1.2 หลักการการป้องกันการผิดพลาด.....                                        | 9    |
| 2.1.3 การประยุกต์ใช้หลักการป้องกันความผิดพลาดและการทำให้ของเสียเป็นศูนย์..... | 10   |
| 2.2 หลักการไฟฟ้าและทฤษฎีอิเล็กทรอนิกส์.....                                   | 12   |
| 2.2.1 ไฟฟ้าและวงจรไฟฟ้า.....                                                  | 12   |
| 2.2.2 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์.....                                              | 16   |
| 2.2.2.1 ไดโอด.....                                                            | 17   |
| 2.2.2.2 ตัวต้านทาน.....                                                       | 19   |
| 2.2.2.3 รีเลย์.....                                                           | 22   |
| 2.2.2.4 หม้อแปลงไฟฟ้า.....                                                    | 24   |
| 2.2.2.5 สวิตช์.....                                                           | 25   |
| 2.2.2.6 สายไฟฟ้า.....                                                         | 26   |

## สารบัญ (ต่อ)

|                                                                                                                                | หน้า      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.2.2.7 เครื่องนับ.....                                                                                                        | 28        |
| 2.2.2.8 พีวส์.....                                                                                                             | 29        |
| 2.3 ขั้นตอนการผลิต แผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า.....                                                                                     | 30        |
| 2.4 กระบวนการทำงานของส่วนงานอิเล็กทรอนิกส์.....                                                                                | 32        |
| 2.5 วัสดุอุตสาหกรรม.....                                                                                                       | 37        |
| 2.5.1 พลาสติก .....                                                                                                            | 37        |
| 2.5.2 สี.....                                                                                                                  | 39        |
| 2.6 หลักการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.....                                                                                      | 41        |
| 2.6.1 ขนาดสัดส่วนมนุษย์เพื่อการออกแบบ.....                                                                                     | 41        |
| 2.7 อุปกรณ์ Marker Probe (BMP-1).....                                                                                          | 43        |
| 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....                                                                                                 | 44        |
| <b>บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....</b>                                                                                         | <b>46</b> |
| 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง .....                                                                                              | 46        |
| 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....                                                                                            | 46        |
| 3.3 ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล.....                                                                                              | 51        |
| 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล .....                                                                                                   | 51        |
| <b>บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....</b>                                                                                       | <b>53</b> |
| 4.1 ผลจากการศึกษาจากเอกสารตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....                                                                   | 53        |
| 4.1.1 ตัวที่ใช้ทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าและชุดควบคุมกระแสไฟฟ้า.....                                                    | 54        |
| 4.1.2 ด้านโครงสร้าง.....                                                                                                       | 55        |
| 4.2 ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูล .....                                                                                              | 56        |
| 4.3 ผลจากการประเมินความคิดเห็นด้านการออกแบบรูปแบบชุดทำเครื่องหมาย<br>บนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า จากผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญ..... | 56        |
| 4.4 ผลจากการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่น<br>พิมพ์วงจรไฟฟ้า.....                                       | 61        |

สารบัญ (ต่อ)

|                                                     | หน้า |
|-----------------------------------------------------|------|
| บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ..... | 65   |
| 5.1 สรุปผลการวิจัย.....                             | 65   |
| 5.1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....                  | 65   |
| 5.1.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....                  | 65   |
| 5.1.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....               | 65   |
| 5.1.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....                      | 66   |
| 5.1.5 การวิเคราะห์ข้อมูล .....                      | 66   |
| 5.1.6 สรุปผลการวิจัย .....                          | 66   |
| 5.2 อภิปรายผลการวิจัย.....                          | 71   |
| 5.3 ข้อเสนอแนะ.....                                 | 74   |
| บรรณานุกรม.....                                     | 75   |
| ภาคผนวก .....                                       | 77   |
| ภาคผนวก ก.....                                      | 78   |
| ภาคผนวก ข.....                                      | 95   |
| ภาคผนวก ค.....                                      | 99   |
| ภาคผนวก ง.....                                      | 114  |
| ภาคผนวก จ.....                                      | 121  |
| ประวัติผู้เขียน.....                                | 132  |

# สารบัญตาราง

| ตารางที่                                                                                                                                                                                   | หน้า |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 2.1 ตารางการอ่านค่าสี .....                                                                                                                                                                | 20   |
| 2.2 ตารางตัวเลขอัตราส่วนระหว่างมิติส่วนต่างๆ ของร่างกาย.....                                                                                                                               | 42   |
| 4.1 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความคิดเห็น ในการประเมิน<br>การออกแบบรูปแบบของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า.....                                                  | 57   |
| 4.2 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความคิดเห็นในการประเมิน<br>การออกแบบทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ของชุดทำเครื่องหมายบน<br>แผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า .....                      | 59   |
| 4.3 สรุปค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความคิดเห็นในการประเมิน<br>การออกแบบชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า<br>ในภาพรวมทั้ง 2 ด้าน และรายด้าน.....                          | 61   |
| 4.4 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความคิดเห็น ในการประเมิน<br>ความพึงพอใจ ในการใช้ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า<br>ทางด้านหน้าที่ใช้สอย.....                        | 61   |
| 4.5 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความคิดเห็น ในการประเมิน<br>ความพึงพอใจในการใช้ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า<br>ทางด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน .....             | 62   |
| 4.6 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความคิดเห็น ในการประเมิน<br>ความพึงพอใจ ในการใช้ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า<br>ทางด้านความปลอดภัยและการบำรุงรักษา.....          | 63   |
| 4.7 สรุปค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความคิดเห็น ในการประเมิน<br>การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า<br>ในภาพรวมทั้ง 3 ด้าน และรายด้าน..... | 64   |

# สารบัญรูป

| รูปที่                                                                                                              | หน้า |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 2.1 การต่อวงจรไฟฟ้า .....                                                                                           | 14   |
| 2.2 แสดงวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม .....                                                                                    | 15   |
| 2.3 แสดงวงจรไฟฟ้าแบบขนาน.....                                                                                       | 15   |
| 2.4 แสดงรูปร่างและสัญลักษณ์ของไดโอด.....                                                                            | 17   |
| 2.5 ส่วนประกอบสัญลักษณ์ของไดโอดเปล่งแสง และรูปของ LED.....                                                          | 18   |
| 2.6 การนำไดโอดเปล่งแสง ไปงานในแผงวงจรไฟฟ้า .....                                                                    | 19   |
| 2.7 แบบพิมพ์เป็นตัวเลขและตัวอักษร การแสดงค่าความต้านทาน.....                                                        | 19   |
| 2.8 ตัวต้านทานชนิดค่าคงที่ .....                                                                                    | 21   |
| 2.9 ตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้.....                                                                                   | 22   |
| 2.10 สัญลักษณ์ของตัวต้านทาน .....                                                                                   | 22   |
| 2.11 ส่วนประกอบของรีเลย์และการประยุกต์ใช้.....                                                                      | 23   |
| 2.12 รูปภาพของรีเลย์ .....                                                                                          | 24   |
| 2.13 แสดงหม้อแปลงไฟฟ้าแบบต่างๆ .....                                                                                | 25   |
| 2.14 แสดงสายไฟฟ้าแบบต่างๆ.....                                                                                      | 28   |
| 2.15 ภาพแสดงหลักการของการควบคุมระบบการผลิตโดยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์.....                                             | 29   |
| 2.16 ภาพฟิวส์ .....                                                                                                 | 30   |
| 2.17 ฟังก์ชันการทำงานของส่วนงานอิเล็กทรอนิกส์คอลเลต .....                                                           | 33   |
| 2.18 เครื่องหมายสัญลักษณ์ที่ผ่านการตรวจสอบโดย ประทับเครื่องหมาย "ET"และ<br>การใช้สีขีด บนขอบแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า..... | 33   |
| 2.19 เครื่องทดสอบแผ่นพิมพ์ลายวงจรยี่ห้อ Sink รุ่น 6100 .....                                                        | 35   |
| 2.20 ฟังก์ชันการทำงานของ เครื่องทดสอบแผ่นพิมพ์ลายวงจรยี่ห้อ Sink รุ่น 6100.....                                     | 36   |
| 2.21 Marker Probe และ ข้อมูล.....                                                                                   | 43   |
| 2.22 หลักการทำงานของ Marker Probe.....                                                                              | 44   |
| 3.1 ภาพแสดงกระบวนการในการพัฒนา ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า.....                                            | 50   |
| ง1 การตรวจและประเมินการออกแบบรูปแบบ.....                                                                            | 116  |
| ง2 การตรวจและประเมินการออกแบบรูปแบบ.....                                                                            | 116  |
| ง3 การตรวจและประเมินการออกแบบรูปแบบ.....                                                                            | 117  |
| ง4 การตรวจและประเมินการออกแบบรูปแบบ.....                                                                            | 117  |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ X ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป (ต่อ)

| รูปที่                                                                               | หน้า |
|--------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ง5 การตรวจและประเมินการออกแบบรูปแบบ.....                                             | 118  |
| ง6 การตรวจและประเมินการออกแบบด้านเทคนิคไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์.....                   | 118  |
| ง7 การตรวจและประเมินการออกแบบด้านเทคนิคไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์.....                   | 119  |
| ง8 การตรวจและประเมินการออกแบบด้านเทคนิคไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์.....                   | 119  |
| ง9 การตรวจและประเมินการออกแบบด้านเทคนิคไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์.....                   | 120  |
| ง10 การตรวจและประเมินการออกแบบด้านเทคนิคไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์.....                  | 120  |
| จ1 ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า .....                                        | 127  |
| จ2 การติดตั้งตัวมาสเตอร์ โพรบลิงในฟีกเจอร์ .....                                     | 127  |
| จ3 การติดตั้งด้านหน้าชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า กับเครื่อง Shink 6100..... | 128  |
| จ4 การติดตั้งด้านหลังชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า กับเครื่อง Shink 6100..... | 128  |
| จ5 การแสดงไฟสถานะการทำงานของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า.....                | 129  |
| จ6 การแสดงการทำงานของเครื่องนับของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า.....          | 129  |
| จ7 การแสดงเครื่องหมายของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า.....                    | 130  |
| จ8 การแสดงเครื่องหมายของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า.....                    | 130  |
| จ9 การแสดงอุปกรณ์ภายในของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า.....                   | 131  |
| จ10การประเมินความพึงพอใจของพนักงาน ส่วนงาน อิเล็กทรอนิกส์                            |      |
| ที่มีต่อ ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า .....                                  | 131  |

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาคุณภาพได้เข้ามามีบทบาทในการเลือกซื้อสินค้าและบริการของผู้บริโภค ตลอดทั้งเป็นปัจจัยหลักในการซื้อของหรือการได้มาซึ่งสินค้าและบริการในระดับนานาชาติ และการเปลี่ยนแปลงจาก GATT เป็น WTO (องค์การการค้าโลก) การรับรองว่าสินค้าและบริการที่มีการซื้อขายระหว่างชาติได้รับการรับรองจากมาตรฐานระหว่างชาติ (Internationally Recognized Standards) ยิ่งได้รับความสำคัญมากขึ้น จึงเห็นได้ว่ามาตรฐานระหว่างชาติ เช่น ISO 9000 และ ISO 14000 ได้รับความสำคัญเป็นอย่างมาก หลายบริษัทได้เล็งเห็นเป็นจริงว่าการนำมาตรฐานระหว่างชาติมาปฏิบัติไม่ได้ให้ผลประโยชน์เฉพาะในด้านการรับประกันต่อลูกค้าทั้งภายในประเทศและระหว่างประเทศเท่านั้น แต่ยังกลายเป็นฐานสำคัญในการส่งเสริมและปรับปรุงในการแข่งขันด้านการตลาดอีกด้วย (<http://www.posdcorb.com>)

ความพึงพอใจผลิตภัณฑ์ที่ส่งให้ลูกค้าเป็นสิ่งสำคัญ โดยทั่วไปการสร้าง ความพึงพอใจต่อลูกค้า ตลอดจนการตอบสนองต่อเงื่อนไขที่เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้า มีอยู่ 3 เรื่องหลักๆ ดังนี้ คือ คุณภาพดี ราคาเหมาะสม การส่งมอบตรงเวลา ถ้าสามารถผลิตสินค้าตามที่ลูกค้าต้องการทั้งสามเรื่องจะเป็นสิ่งที่ลูกค้ามีความพึงพอใจมากที่สุด (ไพรม์เอเชีย.เอกสารประกอบคำบรรยาย การแก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพ : 2543) สิ่งที่ถูกต้องที่สุดของขั้นตอนสุดท้ายในการวัดประสิทธิภาพตามความต้องการของลูกค้าคือ การทำให้ของเสียเป็นศูนย์ (Zero Defects) การทำให้ของเสียเป็นศูนย์ เป็นสิ่งสำคัญเพราะของเสียจากการผลิตคือต้นทุน ถ้าของเสียในการผลิตมากจะทำให้ต้นทุนการผลิตสูง ที่สามารถนำไปประยุกต์ตามข้อกำหนดของลูกค้าทุกประเภท จีนโกได้นำสถิติมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมคุณภาพเพื่อลดของเสียให้น้อยที่สุด แต่ก็ไม่สามารถขจัดของเสียได้ทั้งหมดและเขาได้เสนอวิธีการป้องกันความผิดพลาด (Poka -Yoke หรือ Mistake -Proofing) เป็นสิ่งที่รวบรวมขจัดของเสียออกจากของดี หลักการของวิธีการป้องกันความผิดพลาด คือ การนำเอาเครื่องจักรติดตั้งเซ็นเซอร์ หรือคน ทำการตรวจสอบแบบรื้อยเปอร์เซ็นต์ เพื่อให้สามารถตรวจจับผลิตภัณฑ์ที่บกพร่อง และทำการคัดแยกออกจากของดี จีนโกไดกล่าวเป็นหลักการพื้นฐานเกี่ยวกับการทำให้ของเสียเป็นศูนย์ ไว้ดังนี้

- 1) ใช้การตรวจสอบจุดเริ่มต้น เป็นการตั้งใจควบคุมจุดสำคัญที่ทำให้เกิดของเสียนั้นๆ
- 2) ใช้การตรวจสอบรื้อยเปอร์เซ็นต์
- 3) ใช้เวลาน้อยที่สุดในการแก้ไขสิ่งที่ผิดพลาดให้บรรลุผลสำเร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันความผิดพลาด เช่น เซ็นเซอร์ เพื่อเฝ้าติดตาม ตามข้อกำหนดผลิตภัณฑ์

หลักการการป้องกันความผิดพลาด เป็นการป้องกันผลิตภัณฑ์ที่ไม่ดี หรือการกำจัดผลิตภัณฑ์ที่ไม่ดีไม่ให้ถูกส่งต่อไปยังกระบวนการผลิตอื่นๆ และการป้องกันความผิดพลาดในงาน เป็นเรื่องที่สำคัญยิ่งสำหรับโรงงานที่ผลิตสินค้าทุกแห่งที่เน้นข้อบกพร่องเป็นศูนย์รวมทั้งกิจการประเภทการบริการด้วยความถูกต้อง เชื่อถือได้เสมอ และการลดผลิตภัณฑ์ที่ไม่ดีให้เหลือศูนย์นั้น ถือเป็นเงื่อนไขเบื้องต้นของการผลิตสินค้า (วิฑูรย์ สิมะโชคดี. 2542)

ในข้อกำหนดของระบบบริหารคุณภาพ ISO/TS16949:2000 หรือ ISO 9001 : 2000 ข้อกำหนดที่ 7.5.3 ได้กล่าวถึงการควบคุมคุณภาพจะต้องมีการบ่งชี้เพื่อแสดงสถานะของผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในกระบวนการผลิต ให้ชัดเจน สอดคล้องกับข้อกำหนดของการตรวจวัด และสามารถสอบกลับได้ วัตถุประสงค์หลักของการบ่งชี้ นอกจากจะแสดงสถานะของผลิตภัณฑ์แล้วยังป้องกันการปนกันของชิ้นงานที่เกิดจากความผิดพลาดของคนทำงาน (Robere & Associates. เอกสารประกอบคำบรรยาย เรื่อง : ความเข้าใจและวิธีดำเนินการตามระบบบริหารคุณภาพ ISO/TS 16949 : 2543 )

อุตสาหกรรมผลิตแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าในประเทศไทย เป็นอุตสาหกรรมที่จัดอยู่ในกลุ่มชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ โดยประเทศไทยมีการส่งออกแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีมูลค่าส่งออก สูงถึง 3,512 ล้านดอลลาร์สหรัฐ ในปี 2544 อุตสาหกรรมแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า เป็นอุตสาหกรรมที่มุ่งเน้นด้านการส่งออกเป็นหลัก และคาดว่าในปี 2545-2547 มีการส่งออกเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ เพราะมีความต้องการที่จะใช้แผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องเพิ่มขึ้น (กรุงเทพมหานครกิจ ฉบับวันที่ 17 กันยายน 2545)

ส่วนงานอิเล็กทรอนิกส์เป็นส่วนงานหนึ่งที่อยู่ในฝ่ายควบคุมคุณภาพของ บริษัทเคซีอี อินเตอร์ช้านแนล จำกัด มีหน้าที่ตรวจสอบหาข้อบกพร่องของแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าคือ แผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าลัดวงจร(Short)และแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าวงจรขาด (Open) ในการตรวจเป็นการตรวจสอบทุกแผ่น (100 % Inspection) ระบบในการตรวจสอบจะเป็นระบบกึ่งอัตโนมัติ โดยจะใช้คนทำการติดตั้งอุปกรณ์ในการทดสอบกับเครื่องแล้ว ให้คนในการเอาแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าเข้าไปทดสอบในเครื่องทดสอบ ถ้าทดสอบผ่านก็จะถูกส่งไปที่ส่วนงานตรวจสอบขั้นตอนสุดท้าย (Final Inspection) ซึ่งเป็นการตรวจสอบด้วยตาทุกแผ่น(100 % Visual Inspection) เกี่ยวกับความสวยงาม สี หรือตำหนิต่างๆของแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า เพื่อคัดแยกของเสียออกจากของดี

ซึ่งในการตรวจสอบของส่วนงานอิเล็กทรอนิกส์ มีของเสียที่ผ่านการตรวจสอบแล้วหลุดไปยังลูกค้าเป็นจำนวนมากซึ่งส่วนงานตรวจสอบขั้นตอนสุดท้ายไม่สามารถตรวจสอบได้เพราะเส้นวงจรจะอยู่ใต้ Solder Mask ที่พิมพ์ทับเส้นลายวงจรเอาไว้ ซึ่งจากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาพบว่า มาจากการปนกันของชิ้นงานในขณะทดสอบ การบ่งชี้ชิ้นงานที่ไม่ชัดเจน การที่มีข้อบกพร่องไปซ่อม แล้วไม่นำกลับมาตรวจสอบที่ส่วนงานอิเล็กทรอนิกส์ อีกครั้ง ซึ่งผลทำให้ของเสีย หลุด ไปยังลูกค้าคิดเป็น ppm. (Parts Per Million = ของเสียจากของดีในหนึ่งล้านชิ้น) ของปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของ บริษัท เคซีอี อินเตอร์ช้านแนล จำกัด ไม่สามารถนำออกเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2547 (มกราคม- ตุลาคม) 63 ppm. ซึ่งถูกค่าไม่พอใจอย่างมาก สำหรับส่วนงานอิเล็กทรอนิกส์ทดสอบ กำหนดเป้าหมายของเสีย เส้นวงจรขาดหรือลัดวงจร หดไปยังถูกค่าไม่เกิน 8 ppm.

การศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าที่ตรวจสอบผ่านใน ส่วนงาน อิเล็กทรอนิกส์ทดสอบ จะเป็นวิธีหนึ่งที่จะลดปัญหาของเสีย(Reject Boards) เส้นวงจรขาดหรือ ลัดวงจร หดไปยังถูกค่าซึ่งเกิดมาจากสาเหตุ มาจากการปนกันของชิ้นงานในขณะทดสอบ การบ่งชี้ชิ้นงานที่ไม่ชัดเจน การที่มีข้อบกพร่องไปซ่อม(Rework) แล้วไม่นำกลับมาตรวจสอบที่ ส่วนงานอิเล็กทรอนิกส์ทดสอบหรือความผิดพลาดของคนที่ไม่ได้ตรวจ โดยมีหลักการดังนี้ เมื่อชิ้นงาน ที่ถูกตรวจสอบที่ ส่วนงานอิเล็กทรอนิกส์ทดสอบถ้าไม่เป็น ของเสียเส้นวงจรขาดหรือลัดวงจร ชุดทำ เครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าจะทำเครื่องหมายวงกลมบนตัวบอร์ดทันที ถ้าชิ้นงานที่ถูก ตรวจสอบที่ ส่วนงานอิเล็กทรอนิกส์ทดสอบเป็นของเสียเส้นวงจรขาดหรือลัดวงจร ชุดทำเครื่องหมายบน แผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าจะไม่ทำเครื่องหมายวงกลมบนตัวบอร์ด เครื่องหมายจะมีขนาดเท่ากัน และอยู่ ตำแหน่งเดียวกันทุกแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าและเครื่องหมายวงกลมนี้ออกตรวจสอบที่ส่วนงานตรวจ สอบขั้นตอนสุดท้าย ซึ่งจะต้องตรวจว่าชิ้นงานที่จะส่งให้ลูกค้าต้องมีเครื่องหมายวงกลมเท่านั้นถ้า ไม่มีเครื่องหมายวงกลมให้นำไปตรวจ สอบที่ส่วนงานอิเล็กทรอนิกส์ทดสอบใหม่ หรือแสดงว่างานนั้น ไม่ได้ผ่านการตรวจสอบจากส่วนงานอิเล็กทรอนิกส์ ทดสอบ

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า
2. เพื่อศึกษาความพึงพอใจในการใช้งานชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ด้าน หน้าที่ใช้สอย ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน ด้านความปลอดภัยและการบำรุงรักษา

## 1.3 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการทำวิจัย

ในการศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าผู้วิจัยได้ศึกษากรอบ แนวคิดที่จะนำมาออกแบบดังนี้ กรอบแนวคิดด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องตรวจสอบ ของ Marker Probe ของบริษัท Everett Charles Technologies ซึ่งกล่าวไว้ว่าเมื่อมีการตรวจสอบ แผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ถ้าเครื่องตรวจสอบพบว่าลายวงจรไม่ขาดหรือลัดวงจร แสดงว่าผ่านการตรวจ สอบให้นำสัญญาณผ่าน(PASS) ไปคุมการทำงานของ Marker Probe ภายในเวลา 1 วินาที

สำหรับกรอบแนวคิดในการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้ใช้ของ มนตรี ยอดบางเตย (2538 : 72-73) ซึ่งกล่าวไว้ทั้งหมด 7 ด้าน แต่ผู้วิจัยนำมาใช้เป็นกรอบแนวคิด 3 ด้าน ดังนี้

1. หน้าที่ใช้สอย
2. ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3. ด้านความปลอดภัยและการบำรุงรักษา

#### 1.4 ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการวิจัยดังนี้

1.4.1 การศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า สำหรับเครื่องตรวจสอบพิมพ์วงจรไฟฟ้า ยี่ห้อ SINK รุ่น 6100 ของบริษัท เคซีอี อินเทอร์เน็ตเนชั่นแนล จำกัด

1.4.2 เพื่อศึกษาความพึงพอใจในการใช้งานชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ด้านหน้าที่ใช้สอย ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน ด้านความปลอดภัยและการบำรุงรักษา

1.4.3 ประชากรที่ใช้ศึกษาพัฒนาและออกแบบชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ได้แก่พนักงานของส่วนงาน อิเล็กทรอนิกส์ทดสอบ ของบริษัท เคซีอี อินเทอร์เน็ตเนชั่นแนล จำกัด

1.4.4 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ พนักงานของส่วนงาน อิเล็กทรอนิกส์ทดสอบ ของบริษัท เคซีอี อินเทอร์เน็ตเนชั่นแนล จำกัดจำนวน 30 คน คน

#### 1.5 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

1. การศึกษา หมายถึง การหาความรู้เกี่ยวกับชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า
2. การพัฒนา หมายถึง การออกแบบ การปรับปรุง เปลี่ยน ให้สามารถใช้งานได้ ด้านความสะดวกสบาย มีความปลอดภัย บำรุงรักษาง่าย และเหมาะสมมากยิ่งขึ้น
3. ชุดทำเครื่องหมาย หมายถึง ชุดที่สามารถทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าทันทีเมื่อตรวจสอบด้วยเครื่องตรวจสอบพิมพ์วงจรไฟฟ้า ยี่ห้อ SINK รุ่น 6100 และผลการตรวจสอบผ่าน
4. Electrical Test หมายถึง การตรวจสอบหาแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าลัดวงจรและแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าวงจรขาด เป็นการตรวจสอบ 100 % เพื่อไม่ให้หลุดไปยังลูกค้า ซึ่งมีตัวย่อว่า ET.
5. ส่วนงานอิเล็กทรอนิกส์ทดสอบ(Electrical Test Division) หมายถึง ส่วนงานที่ทำการตรวจสอบหาแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าลัดวงจร(Short) และแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าวงจรขาด(Open) เป็นการตรวจสอบ100% เพื่อไม่ให้หลุดไปยังลูกค้า
6. การตรวจสอบ 100 % หมายถึง การตรวจสอบชิ้นงานในการผลิตครั้งนั้นทุกแผ่น
7. มาคเกอร์ โพรบ(Marker Probe) หมายถึง ตัวที่หมุนทำเครื่องหมายบนตัวชิ้นงาน
8. แผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า(Printed Circuit Boards ) หมายถึง ชิ้นงานที่ถูกคำสั่งให้บริษัท เคซีอี อินเทอร์เน็ตเนชั่นแนล จำกัด ผลิตเพื่อนำไปประกอบเป็นผลิตภัณฑ์ตามที่ลูกค้าต้องการ
9. เครื่องหมาย หมายถึง เครื่องหมายวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.65 มม. ซึ่งเกิดจากการทำเครื่องหมายของ มาคเกอร์ โพรบ(Marker Probe)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. บริษัทฯ หมายถึง บริษัท เคซีอี อินเตอร์เนชันแนล จำกัด

11. การศึกษาความพึงพอใจ หมายถึง การนำชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยนำไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างในแต่ละด้านดังนี้

- ด้านหน้าที่ใช้สอย หมายถึง การตอบสนองความสามารถด้านการใช้ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ตามเงื่อนไขที่กำหนด โดยมีแบบประเมินความพึงพอใจ
- ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน หมายถึง ความสะดวกสบายของพนักงาน ส่วนงาน อิเล็กทริกคอลเทส(Electrical Test) ที่สามารถใช้ ถอด ประกอบ ติดตั้ง ในการใช้งาน โดยมีแบบประเมินความพึงพอใจ
- ด้านความปลอดภัยและการบำรุงรักษา หมายถึง มีลักษณะที่ป้องกันอันตรายต่อผู้ใช้งาน และสามารถ ซ่อมหรือเปลี่ยนถ่ายอุปกรณ์ของเครื่องได้ง่าย โดยมีแบบประเมินความพึงพอใจ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

# เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จากเอกสาร ตำรา ห้องสมุด และเว็บไซต์ ต่างๆ ซึ่งมีรายละเอียดเกี่ยวกับ ทฤษฎี หลักการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

- 2.1 หลักการและทฤษฎีของการควบคุมคุณภาพ
- 2.2 หลักการไฟฟ้าและทฤษฎีอิเล็กทรอนิกส์
- 2.3 ขั้นตอนการผลิต แผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า
- 2.4 กระบวนการทำงานของส่วนงานอิเล็กทรอนิกส์ทดสอบ (Electrical Test)
- 2.5 วัสดุอุตสาหกรรม
- 2.6 หลักการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
- 2.7 อุปกรณ์ Marker Probe (BMP-1)
- 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 หลักการและทฤษฎีของการควบคุมคุณภาพ

มนุษย์ได้มีการควบคุมคุณภาพมาช้านาน โดยเริ่มตั้งแต่สมัยโบราณ เช่น ใน จีน อินเดีย อาณาจักรกรีกและโรมัน เป็นต้น ยุคนี้ถือว่าผู้เสนอจะต้องระบุสิ่งที่ตนเองต้องการให้ ชัดเจน หากระบุสิ่งที่ต้องการไว้ไม่ชัดเจนผู้เสนอได้ดำเนินการเพื่อส่งมอบสิ่งของหรือบริการไปแล้วไม่ตรงกับความต้องการถือเป็นความผิดของผู้เสนอ ผู้เสนอไม่สามารถปฏิเสธไม่รับสินค้า หรือบริการนั้นได้ ต่อมาเป็นยุคการผลิตต้องมีมาตรฐาน การที่จะสนองความต้องการให้กับผู้ใช้สินค้า หรือ บริการได้อย่างเหมาะสมจะผูกพันอยู่กับกระบวนการผลิต ถ้าหากผู้ผลิตใช้เครื่องจักรหรือวัตถุดิบที่ไม่มีช่าง ไม่มีฝีมือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้รับก็จะไม่ดีตามไปด้วย ผู้ผลิตจึงต้องรับผิดชอบต่อการบวนการ ผลิตที่ไม่ได้มาตรฐานนั้น เช่น ในประเทศจีนสมัยราชวงศ์ซุ (Zhou) ราว 1,000 ปี ก่อนคริสตกาลได้ใช้มาตรการควบคุมให้ผลผลิตต้องเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด วิธีการควบคุมให้ผลผลิตมีมาตรฐานก็ใช้วิธีกำหนดความรับผิดชอบ ตัวอย่างเช่น การตีเหล็กเพื่อผลิตดาบและอาวุธต่าง ๆ ผู้ผลิต ต้องจารึกชื่อของตนเองในอาวุธนั้น หากอาวุธนั้นไม่ได้มาตรฐานก็จะมีการลงโทษ มาตรการนี้จึง ถือเป็นวิธีการควบคุมมาตรฐานผลิตภัณฑ์อันดับแรกในประวัติศาสตร์ ต่อมาเป็นยุคการผลิตในปริมาณมากการปฏิวัติอุตสาหกรรมในยุโรปในศตวรรษที่ 18 ได้เปลี่ยนจากการผลิตที่ใช้แรงงานคนมาเป็นการใช้เครื่องจักรและผลิตในปริมาณมาก ความมีมาตรฐานหรือความสม่ำเสมอใน

เอกสารคุณภาพจึงเป็นสิ่งสำคัญ การวิจัยเพื่อพัฒนาที่จะควบคุมให้เกิดความสม่ำเสมอในคุณภาพของสินค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ผลิตจึงได้เริ่มขึ้น และพัฒนาอย่างต่อเนื่องมาจนถึง หลังสงครามโลกครั้งที่สอง ในศตวรรษที่ 19 การปฏิวัติอุตสาหกรรมด้วยการใช้เครื่องจักรแทนแรงงานคน การควบคุมคุณภาพมีการนำใช้อย่างเป็นรูปธรรมในกระบวนการผลิตในอเมริกาจากการตรวจสอบตรวจสอบและทดสอบ โดยวิธีการสุ่มตัวอย่าง ในพ.ศ. 2450 โดยบริษัท AT&T แต่ยังไม่ได้รับการยอมรับ และได้รับการปรับปรุงจนเป็นที่ยอมรับในปลาย ทศวรรษที่ 19 ปีพ.ศ. 2468 ดร. ชิวฮาร์ด ได้ตีพิมพ์บทความเรื่องการควบคุมคุณภาพโดยใช้หลักการของ Control Chart และในปีเดียวกัน ดร. คอคอร์ ได้เสนอหลักการชักตัวอย่าง ในพ.ศ. 2481 ดร. เคมมิ่ง ได้นำการควบคุมคุณภาพมาใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมที่ญี่ปุ่น ปี พ.ศ. 2485 จัดตั้งกลุ่มงานการควบคุมคุณภาพรวมตัวกัน เพื่อการจัดตั้งกลุ่มวิจัยทางสถิติ มหาวิทยาลัยโคลัมเบีย ในพ.ศ. 2488 การวิเคราะห์เชิงลำดับสำหรับข้อมูลทางสถิติการประยุกต์ ปี พ.ศ. 2489 อเมริกาจัดตั้งสมาคมและกลุ่มผู้ทำงานเกี่ยวกับระบบคุณภาพ " American Society for quality Control " หรือเรียกว่า ASQC ในพ.ศ. 2490 เทคนิควิเคราะห์ทางสถิติ ปีพ.ศ. 2491 การตรวจสอบโดยการวิธีการชักตัวอย่าง ปีพ.ศ. 2491 ดร. อิชิกาวา ได้นำแผนภูมิแกงปลา มาแก้ไข ปัญหาคุณภาพ และพ.ศ. 2503 เอ.วี. เฟแกนบาม ได้เขียนหนังสือเรื่อง การควบคุมคุณภาพ สมบูรณ์แบบ (Total Quality Control) ด้านควบคุมคุณภาพ สำหรับประเทศไทยนั้นเริ่มมีการในหลักการควบคุมคุณภาพมาใช้ในปีปี พ.ศ.2518 โดยบริษัทในเครือของญี่ปุ่น ไทยบริดจสโตน ไทยอีโน อุตสาหกรรม ในปัจจุบันเป็นยุคการประกันคุณภาพ ในยุคต้น ๆ คุณภาพเน้นที่การผลิตให้เป็นไปตามที่กำหนดและพัฒนาขึ้นมาเป็นการมีมาตรฐานวิธีผลิตหรือให้บริการ ต่อมาการมีแต่เพียง มาตรฐานกระบวนการอย่างเดียวเริ่มไม่เหมาะสมกับสถานการณ์ของการที่มีคู่แข่งกันมากขึ้นตลาด เริ่มเป็นของผู้ซื้อ หรือผู้ให้บริการ ผู้ผลิตหรือผู้ให้บริการจึงเริ่มผนวกถึงความพึงพอใจของลูกค้า เข้าไปในความหมายของคำว่าคุณภาพด้วยเพราะตั้งแต่สินค้าหรือบริการที่มี มาตรฐานอย่างเดียว อาจจะไม่ได้ได้รับความสนใจที่จะซื้อ หรือใช้บริการอีกต่อไปดังนั้น "ความพึงพอใจ" จึงเริ่มเข้ามาเป็น องค์ประกอบที่สำคัญของคุณภาพ การสร้าง ความพึงพอใจให้กับลูกค้า ตลอดเวลาที่ลูกค้าหรือผู้ ใช้ บริการได้บริโภค สินค้าหรือได้ใช้บริการนั้นๆ จึงจำเป็นต้องมีการควบคุมคุณภาพ สินค้าหรือ บริการว่าจะต้องมีมาตรฐานและสามารถสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้าหรือผู้ให้บริการได้ การ ควบคุมคุณภาพ คือ การดำเนินกิจกรรมทุกประเภทให้ตรงกับเงื่อนไขที่ถูกกำหนดซึ่งมองอีกที ก็คือ การรักษามาตรฐาน ไม่ใช่เป็นการสร้างมาตรฐานขึ้นมาใหม่ การควบคุมคุณภาพ ( Quality Control ) คือการตั้งเป้าหมายในเรื่องคุณภาพ เพื่อสร้างความมั่นใจให้กับลูกค้าการควบคุมคุณภาพ จึงเป็นการ นำเทคนิคหรือกิจกรรมไปปฏิบัติ เพื่อให้เกิดคุณภาพของสินค้าหรือ บริการตามที่กำหนดไว้ และ เป็นกิจกรรมกลวิธีการปฏิบัติเพื่อที่จะสนองความต้องการด้านคุณภาพ .. การที่สามารถควบคุม คุณภาพได้อย่างสม่ำเสมอโดยไม่มีความบกพร่องหรือผิดพลาดเลยเรียกว่าการประกันคุณภาพ (Quality Assurance) และการที่จะให้เกิดคุณภาพโดยสม่ำเสมอจึงจำเป็นต้องมีการบริหารคุณภาพ (Quality Management)

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ส่วนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในมาตรฐานระบบคุณภาพคุณภาพ ISO 9001:2000 ได้ให้ความหมายคุณภาพไว้ว่า คุณภาพ คือ ระดับของคุณลักษณะที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ ซึ่งสามารถตอบสนองความต้องการ และความคาดหวังของลูกค้าได้อย่างสมบูรณ์ Joseph Juran ได้ให้ความหมายของคำว่า “คุณภาพ” ไว้ว่า คุณภาพ คือ “สินค้าและลักษณะสำคัญที่เป็นไปตามความต้องการของลูกค้า และให้ความพึงพอใจต่อลูกค้า” ความหมายของการควบคุมคุณภาพตาม MIL-STD-109 คือ การบริหารงานในด้านการควบคุมวัสดุ หรือวัตถุดิบและการควบคุมการผลิตเพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้ผลิตภัณฑ์ที่สำเร็จออกมามีข้อบกพร่องและเสียหายและเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ ISO 9000:2000 ได้ให้คำนิยามการควบคุมคุณภาพว่า การควบคุมคุณภาพ คือการบริหารคุณภาพ ซึ่งมุ่งเน้นเพื่อที่จะให้ ผลิตภัณฑ์ เป็นไปตามความต้องการที่กำหนด"

ประโยชน์ที่ได้จากการควบคุมคุณภาพนั้นจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้มาตรฐานลดลง คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ดีขึ้น สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ให้ตรงตามความต้องการของลูกค้า ทำให้บริษัทมีความเชื่อถือมากขึ้น ค่าใช้จ่ายในการผลิตลดลง ทำให้มีกำไรมากขึ้น หรือขายในราคาต่ำลง เพื่อแข่งขันทางการตลาด มีการกำหนดมาตรฐาน ก่อนการผลิต หรือพัฒนาผลิตภัณฑ์ การควบคุมผลิตภัณฑ์ง่ายขึ้น ลดความสูญเสียของผลิตภัณฑ์ มีการปรับปรุงงานอย่างต่อเนื่อง และเข้าสู่อุตสาหกรรมคุณภาพ ซึ่งมีโอกาสเติบโตได้ในอนาคต (<http://www.sme.go.th>)

หลักการในการควบคุมคุณภาพให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจมากที่สุดมีดังนี้

### 2.1.1 หลักการการควบคุมคุณภาพให้ของเสียเป็นศูนย์ (Zero quality Control : ZQC)

Zero Defect นอกจากจะนำไปใช้ในการควบคุมคุณภาพแล้วยังสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับกระบวนการทำกิจกรรมในการซ่อมบำรุงหรือ Total Preventive Maintenance (TPM) ซึ่งเป้าหมายสูงสุดของ TPM ในส่วนการผลิต คือ เครื่องจักรเสียเป็นศูนย์ หรือ Zero Breakdown ของเสียเป็นศูนย์ หรือ Zero Defect และอุบัติเหตุเป็นศูนย์ Zero Accident (<http://www.tpmconsulting.org/main.php>)

การควบคุมคุณภาพให้ของเสียเป็นศูนย์ คือการอาศัยการตรวจสอบคุณภาพต้นกำเนิดที่เกิดความบกพร่องที่ต้นกำเนิดของเสียทั้งหลาย, การตรวจสอบจุดที่มีนัยสำคัญหรือจุดพิเศษการเพิ่มผลผลิตและ Zero Defect เป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานให้เข้าใกล้ 100% นั้นหมายถึงทำงานให้ถูกต้องมากยิ่งขึ้นโดยไม่ทำให้ต้องทำงานหนักลำบากหรือเหนื่อยมากกว่าเดิม (<http://www.empowermentthai.com/mcontents/marticle.php>)

Zero Defect ยังเป็นการไม่ผลิตของเสีย ไม่ทำของเสีย ในการผลิตหรือ บริการ จนถึงส่งมอบสินค้าให้ลูกค้า สินค้าสมบูรณ์ทั้งภายในและภายนอก กล่าวคือ มูลค่าการสูญเสีย ของเสียเป็นศูนย์ ศัพท์คำนี้อยู่ในแวดวงการผลิต โดยเฉพาะการพัฒนาคุณภาพการผลิต กระบวนการในการเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สร้าง Zero Defect ทำได้โดยการตรวจสอบสินค้า 100% หรือ การไม่ผลิตสินค้าที่มีของเสีย อาจใช้การตรวจสอบโดยพนักงานฝ่ายผลิตเองทุกชิ้น การใช้เทคนิคตรวจสอบความผิดพลาดก่อนเพื่อช่วยในการแยกของเสีย จะได้ไม่ส่งเข้าไปในกระบวนการต่อไป Zero Defect จึงเป็นแนวคิดที่มุ่งสร้างแรงจูงใจให้คนทำงานทำให้ดีที่สุดและพยายามให้พลาดน้อยที่สุด

(<http://www.smeschannel.com/meaning.php>)

### 2.1.2 หลักการการป้องกันการผิดพลาด (Mistake Proofing)

Mistake Proofing หมายถึง เป็นการป้องกันการผิดพลาดโดยการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมที่ตัวเครื่องจักร เพื่อป้องกันอันตรายหรือความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้น กับชิ้นงานตัวเครื่องจักรและพนักงาน แม้พนักงานจะทำงานด้วยความประมาทเลินเล่อแค่ไหนก็ตามโดยอุปกรณ์ที่ติดตั้งเพิ่มเติมจะทำให้ตัวเครื่องจักรไม่ยอมทำงาน ทำงานไม่ได้ หรือหยุดทำงานหากไม่เป็นไปตามขั้นตอนที่ถูกต้องหรือปลอดภัย(<http://www.tpmconsulting.org/dwnld/gallery/mistake/index.htm>)

การป้องกันความผิดพลาดในภาษาญี่ปุ่นใช้คำว่า Poka-Yoke ซึ่งมาจากคำว่า "Poka" ซึ่งหมายถึง ความผิดพลาดที่เกิดจากความพลั้งเผลอ ส่วนคำว่า "Yokeru" เป็นคำที่ใช้กับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ณ สถานที่นั้นๆ คือต้องการจะป้องกันความผิดพลาดที่เกิดจากคน เทคนิค Poka-Yoke ยังเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการจัดทำระบบบริหารคุณภาพต่าง ๆ ด้วยเช่น ISO/TS 16949 หรือ ISO 9001:2000 เป็นต้น ความผิดพลาดเกิดขึ้นได้จากทั้งคน และเครื่องจักร ถ้าเป็นเครื่องจักรก็สามารถป้องกันได้ง่ายโดยการหมั่นบำรุงรักษา และคอยตรวจสอบอย่างสม่ำเสมอ แต่ถ้าเป็นความผิดพลาดจากคน ทั้งที่เกิดจากความเผลอเรอ ขาดความระมัดระวัง หลงลืม การป้องกันอาจทำได้ไม่ถนัดนักและถือเป็นต้นทุนคุณภาพที่สำคัญซึ่งไม่อาจหลีกเลี่ยงได้

(<http://www.primamgt.com/mgttoolpage.html>)

การป้องกันการผิดพลาดถือเป็นเทคนิคและเครื่องมือที่จะช่วยให้ผู้บริหารสามารถทำให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้องทุกครั้งโดยที่ไม่ต้องมานั่งเฝ้าเพื่อดูว่าเขาจะตั้งใจทำงานหรือไม่ และช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถปฏิบัติงานได้อย่างสบายใจโดยไม่ต้องกังวลว่าจะเกิดของเสีย กล่าวคือ ยกความรับผิดชอบในเรื่องความตั้งใจทำงานจากตัวคนไปไว้ที่กระบวนการหรือเครื่องจักรแทนการทำงานด้วยคน การป้องกันการผิดพลาด นั้นถือเป็นความรับผิดชอบโดยตรงของหัวหน้างานหรือวิศวกรที่จะหาหนทางป้องกันไม่ให้เกิดของเสีย ซึ่งทำเรื่องการป้องกันการผิดพลาดได้มากเท่าใด โอกาสที่หัวหน้างานหรือวิศวกรจะมีเวลานั่งทำงานด้านการวางแผนได้มากขึ้นเท่านั้น (<http://www.empowermentthai.com/mcontents/marticle.php>)

การป้องกันการผิดพลาด สามารถทำได้โดย 2 วิธีดังต่อไปนี้

1. วิธีการควบคุม (Control Methods) : เป็นวิธีการควบคุมป้องกันความผิดปกติ ความผิดพลาด หรือการชะงักงันของกระบวนการผลิต ที่อาจจะเกิดขึ้นได้ วิธีดังกล่าวนี้ เมื่อมีชิ้นงานที่ผิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้อื่นโดยไม่มีการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปกติเกิดขึ้นเครื่องจักรจะหยุดการผลิตทันที ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้เครื่องจักรผลิตชิ้นงาน ที่ผิดปกติขึ้นต่อไป ซึ่งวิธีนี้นั้นจะเป็นการควบคุมการเกิดของเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ กว่าระบบการเตือน

2. วิธีการเตือน (Warning Methods) คือการใช้สัญญาณ เพื่อเตือนให้ทราบถึงความผิดปกติในกระบวนการผลิต ซึ่งอาจจะทำให้เกิดการผลิตชิ้นงานผิดปกติหรือเสียออกมา ซึ่งวิธีนี้อาจ ใช้การเตือนด้วยสัญญาณเสียงหรือไฟเตือนก็ได้ อย่างไรก็ตามวิธีนี้อาจมีประสิทธิภาพน้อย ลงหากสภาพการทำงานไม่เอื้ออำนวยผู้ปฏิบัติงานนั้นอาจไม่ได้ยินหรือไม่เห็นสัญญาณที่เตือน

รูปแบบการติดตั้งระบบการป้องกันการผิดพลาดในกระบวนการผลิตนั้นเราสามารถแบ่งออกได้เป็นดังนี้

1. วิธีการสัมผัส (Contact Methods) เป็นการใช้เครื่องมือตรวจจับชิ้นงานที่ผิดปกติอันเนื่องมาจากรูปร่าง ผิดส่วน ซึ่งชิ้นงานแต่ละชิ้นจะถูกตรวจสอบโดยผ่านมายังเครื่องมือนี้เพื่อเช็คดูว่าขนาด รูปร่างชิ้นงานได้มาตรฐานปกติหรือไม่

2. วิธีการกำหนดค่าที่แน่นอน (Fixed Value Methods) วิธีนี้จะใช้วิธีการตรวจนับชิ้นงานตาม จำนวนที่กำหนดไว้และบอกความผิดพลาดเมื่อชิ้นงานไม่ครบตามจำนวนที่กำหนดไว้ ซึ่งวิธีนี้ส่วนใหญ่จะใช้ในชิ้นงานที่การผลิตต้องใช้สายพานเพื่อส่งต่อชิ้นงาน

3. วิธีการตรวจสอบที่ขั้นตอนของการส่งชิ้นงาน (Motion Step Methods) วิธีนี้ชิ้นงานจะถูกตรวจสอบ โดยการส่งชิ้นงานแต่ละชิ้นไปบนสายพาน การตรวจสอบจะทำโดยเทียบกับ มาตรฐานที่วางไว้ (<http://www.thaifactory.com/Operate/ZeroQC>)

### 2.1.3 การประยุกต์ใช้หลักการป้องกันความผิดพลาด(Mistake Proofing) และการทำให้ของเสียเป็นศูนย์(Zero Defect)

แนวความคิดการลดต้นทุนการผลิตโดยการควบคุมคุณภาพการผลิตและลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตให้เท่ากับศูนย์ มีวิธีการและเทคนิคหลายอย่าง แต่วิธีที่ถูกนำเสนอโดย ดร.ชินโก นั้นเป็นวิธีที่ใช้ในการควบคุมการผลิตที่ได้ผลมากที่สุด คือไม่มีของเสียเลยสามารถ ทำสำเร็จได้ด้วยการใช้การตรวจสอบจากจุดของการผลิตนั้นๆแต่ละจุดหรือที่เรียกว่าการตรวจสอบที่ต้นเหตุ (Source Inspection) ควบคู่ไปกับการใช้ระบบการป้องกันความผิดพลาด การใช้การตรวจสอบที่ต้นเหตุ สามารถตรวจสอบของเสียได้คิดเป็นสัดส่วน 60% การตรวจสอบ 100% โดยใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ช่วย สามารถตรวจสอบของเสียได้คิดเป็นสัดส่วน 30% และการแก้ไขปรับปรุงการผลิตอย่างทันทีทันใดเมื่อพบปัญหา สามารถตรวจสอบของเสียได้คิดเป็นสัดส่วน 10% การผสมผสานวิธีการดังกล่าวเพื่อที่จะบรรลุถึง Zero defect ได้ ดร.ชินโก ได้กล่าวถึงวิธีการตรวจสอบที่ใช้ในสายการผลิตการประกอบท่อระบายน้ำแบบเครื่องจักร โรงงานมัตสึชิตะ ที่ชิซูโอกะ ว่าพนักงาน 23 คนสามารถทำสถิติได้ผลสำเร็จคือ 1 เดือน ไม่มีการผลิตของเสียเลย ซึ่งความสำเร็จนี้มาจากการนำ ระบบการตรวจสอบที่ต้นเหตุ ไปใช้ควบคู่กับระบบการป้องกันความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผิดพลาด เพื่อป้องกันการ เกิดของเสีย แนวความคิดเรื่อง Poka-Yoke เป็นแนวความคิดที่ถูกนำมาใช้เพื่อป้องกันความผิดพลาดที่เกิด จากการลืม ในการทำงาน มี 2 ชนิดของการผิดพลาดจากการลืม ประการแรกคือ การลืมที่เกิดขึ้นโดยไม่ตั้งใจ ประการที่สองคือการลืมอันเนื่องมาจากการลืมที่จะทำ นั้นโดยจริงๆ ดังนั้นเขาจึงได้แนะนำว่าควรมีการใช้เครื่องมือในการป้องกันการความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้น หรือการตรวจสอบความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้น Poka-Yoke เป็นวิธีการตรวจสอบที่เน้นถึงการ ตรวจสอบร้อยละวิธีนี้ จะเน้นรวมถึง การที่เมื่อกระบวนการผลิตมีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้น ความผิดปกติจะต้องได้รับการตอบสนองหรือแก้ไขได้ อย่างทันท่วงที นั่นคืออาจกล่าวได้ว่า Poka-Yoke นั้นจะตรวจสอบการผลิตและเตือนก่อนที่จะมีการ ผลิตของเสียขึ้น อย่างไรก็ตามก็ยังคงมีความเชื่อที่ ผิดๆอยู่ว่าระบบนี้จะสร้างปัญหายุ่งยาก รวมถึงมีค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้นด้วย แต่แท้ที่จริงแล้วหากมีการ ศึกษากันอย่างจริงจังแล้วจะพบว่าการใช้ เครื่องมือ อย่างง่ายๆตามแบบของ Poka-Yoke นั้นสามารถ ลดการสูญเสียโดยที่ไม่ต้อง ลงทุนมากนัก

ดร.ชิน โก แบ่งชนิดของการตรวจสอบออกเป็น การตรวจสอบแบบลงความเห็น เป็นวิธีการ คั้งเดิมที่ปฏิบัติกัน เป็นการตรวจสอบคุณภาพหลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการผลิต โดยจะทำการแยก ชิ้นงานเสีย ออกจากชิ้นงานที่ดี ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ เพื่อป้องกันไม่ให้ชิ้นงานเสียส่งถึงมือ ลูกค้า การตรวจสอบแบบเก็บข้อมูล เป็นการตรวจสอบชิ้นงานและเก็บ ข้อมูลการตรวจสอบชิ้นงาน นั้นๆ เพื่อนำมาวิเคราะห์เหตุของการเกิดของเสีย และนำข้อมูล มาทำการแก้ไขปรับปรุงกระบวนการ ผลิต การตรวจสอบและเก็บข้อมูลมีจุดประสงค์เพื่อลด จำนวนของเสียลง โดยจะมีการเก็บ ข้อมูลของของเสีย และนำข้อมูลนั้นมาทำการวิเคราะห์ และทำการแก้ไขกระบวนการผลิตการ ตรวจสอบแบบเก็บข้อมูลวิเคราะห์สามารถแบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ

1. Statistical Quality Control Systems (SQCS) เป็นการใช้สถิติในการกำหนดค่าควบคุม เพื่อใช้เป็นตัวแยกชิ้นงานที่ยอมรับได้กับชิ้นงานที่ยอมรับไม่ได้หรือชิ้นงานเสีย จำนวนของการเก็บ ตัวอย่างและการวิเคราะห์ จะเป็นไปตามหลักของการเก็บสถิติ

2. Successive Check Systems (SuCS) เป็นการตรวจสอบชิ้นงานแต่ละชิ้นโดยผู้ที่ไม่ ได้อยู่ ในกระบวนการผลิต ก่อนที่จะเริ่มขั้นตอนการผลิตถัดไป และทำการหยุด การผลิตเพื่อทำการแก้ไข หรือปรับปรุงสภาพการผลิตโดยอัตโนมัติ เมื่อได้รับข้อมูล ความผิดปกติในขั้นตอนการผลิต การ ตรวจสอบนี้รวมทั้งการที่พนักงานในกระบวนการ ผลิตถัดไปจะมีหน้าที่เป็นผู้ตรวจสอบความ ถูกต้องของชิ้นงานก่อนเริ่มขั้นตอน การผลิตถัดไปทุกครั้ง

3. Self-Check Systems (SeCS) คือระบบการตรวจสอบความเรียบร้อยของชิ้นงาน โดยตัว ของพนักงานที่ปฏิบัติงานเอง ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกผลการตรวจสอบจะ ถูกนำมาใช้วิเคราะห์ เพื่อควบคุมกระบวนการผลิต ป้องกันไม่ให้เกิดการผลิตของ เสียขึ้นอีก อย่างไรก็ตามวิธีนี้จะมีข้อ เสียอยู่ที่การที่ผู้ทำงานนั้นๆอาจจะยอมผ่าน ชิ้นงานที่ไม่ได้มาตรฐานออกไปโดยมิได้ตั้งใจได้

4. การตรวจสอบที่ต้นเหตุ (Source Inspection) : เป็นการกระตุ้นให้มีการตรวจสอบก่อนการผลิตทุกขั้นตอนเพื่อป้องกันกระบวนการผลิตผลิตของเสียออกมา รวมถึงการหยุดเครื่องจักรหรือกระบวนการผลิตเพื่อทำการแก้ไขหรือปรับปรุงสภาพการผลิตโดยอัตโนมัติก่อนขั้นตอนการผลิตถัดไป (<http://www.thaifactory.com/Operate/ZeroQC>)

สรุปในการผลิตชิ้นงานในจำนวนปริมาณที่มาก โรงงานการผลิตของอุตสาหกรรมต่างๆ สิ่งที่ต้องคำนึงถึงมากที่สุดคือ ความพอใจของลูกค้า ซึ่งมาจากองค์ประกอบ 3 ด้านหลักๆ คือ คุณภาพที่ดี ราคาที่พอเหมาะ และการส่งมอบตรงเวลา ในการควบคุมคุณภาพนั้นต้องเน้นการป้องกันไม่ให้เกิดปัญหา โดยใช้หลักการ การป้องกันความผิดพลาด เพื่อให้ของเสียจากการผลิตเป็นศูนย์

## 2.2 หลักการไฟฟ้าและทฤษฎีอิเล็กทรอนิกส์

ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีและหลักการไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ดังนี้

### 2.2.1 ไฟฟ้าและวงจรไฟฟ้า

#### 2.2.2 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

##### 2.2.2.1 ไดโอด (Diode)

##### 2.2.2.2 ตัวต้านทาน (RESISTOR)

##### 2.2.2.3 รีเลย์ (Relay)

##### 2.2.2.4 หม้อแปลงไฟฟ้า

##### 2.2.2.5 สวิตช์ไฟฟ้า

##### 2.2.2.6 สายไฟฟ้า

##### 2.2.2.7 เครื่องนับ

##### 2.2.2.8 พิวต์

### 2.2.1 ไฟฟ้าและวงจรไฟฟ้า

ไฟฟ้าสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด ดังนี้

1. ไฟฟ้าสถิต เป็นไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์กับมนุษย์โดยตรงได้ เช่น ไฟแลบ ไฟผ่า การเสียดสีกันของวัตถุ ทำให้เกิดการสะสมของวัตถุ เพราะหลักการของประจุ กล่าวไว้ว่า เมื่อประจุที่ต่างกันจะวิ่งเข้าหากันหรือดูดกัน ประจุที่เหมือนกันจะผลักกัน ซึ่งการดูดหรือผลักกันของประจุทำให้อิเล็กตรอนเกิดการเคลื่อนที่ซึ่งจะเกิดเป็นไฟฟ้า

2. ไฟฟ้ากระแส เป็นไฟฟ้าที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่อใช้งานตามวัตถุประสงค์ และมีการส่งไฟฟ้าที่สร้างขึ้นไปใช้งานยังที่ต่างๆ โดยใช้สายไฟฟ้า ไฟฟ้ากระแสแบ่งได้เป็น 2 ชนิด ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ไฟฟ้า กระแสสลับ เป็นกระแสไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเช่นเครื่องปั่นไฟฟ้า ไฟฟ้าประเภทนี้มีการเปลี่ยนทิศทางกาลไหลอยู่ตลอดเวลาโดยชั่วหรือประจุทางไฟฟ้าจะสลับบวก-ลบ อยู่ตลอดเวลา สำหรับกระแสไฟฟ้าสลับที่ใช้ในประเทศไทยนั้น จะเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ 60 เฮิร์ต ส่วนโรงงานอุตสาหกรรม จะใช้ 380 โวลต์ 60 เฮิร์ต

-ไฟฟ้ากระแสตรง เป็นกระแสไฟฟ้าที่เราสร้างขึ้นมาให้ทิศทางกาลไหล หรือชั่วของแหล่งจ่ายออกมาอย่างแน่นอน ไม่มีการสลับชั่วบวกลบอย่างไฟฟ้ากระแสสลับเช่น กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่รถยนต์ หรือถ่านไฟฉาย (เจน สงสมพันธุ์. 2534)

ไฟฟ้าซึ่งมาจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้าต่างๆ ที่มาใช้งานกับอุปกรณ์ไฟฟ้า สามารถแบ่งออกเป็น 4 ชนิดใหญ่ๆ คือ

1. แบตเตอรี่ เป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้าที่อาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงพลังงานเคมีให้เป็นพลังงานไฟฟ้า แบตเตอรี่ประกอบด้วยเซลล์ไฟฟ้าตั้งแต่ 1 เซลล์ หรือมากกว่า โดยเซลล์นี้จะเชื่อมต่อเข้าด้วยกันทางไฟฟ้า

2. เซลล์แสงอาทิตย์ เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้าที่อาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงพลังงานแสงให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำ 2 ชนิด เชื่อมกันเพื่อให้เกิดรอยต่อ เมื่อผิวของสารกึ่งตัวนำด้านหนึ่งถูกแสงจะทำให้อิเล็กตรอนได้รับพลังงานเพียงพอจะทำให้อะตอมเคลื่อนที่ข้ามรอยต่อทำให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้า

3. เจนเนอเรเตอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานกลให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยอาศัยหลักการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า หลักการทำงานโดยการทำให้ตัวนำหมุนตัดผ่านสนามแม่เหล็กซึ่งการจัดการทำงานลักษณะเช่นนี้ทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำผ่านตัวนำที่หมุนอยู่ และสามารถต่อแรงดันไฟฟ้านี้ออกไปใช้งานภายนอกได้

4. แหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบอิเล็กทรอนิกส์ เป็นแหล่งจ่ายที่ไม่ได้เกิดจากการเปลี่ยนแปลงพลังงานในรูปแบบใดให้เป็นพลังงานไฟฟ้า แต่เป็นการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับจากระบบไฟฟ้าที่ใช้กันตามบ้านเรือนทั่วไปให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่มีค่าความคงที่ การต่อออกไปใช้งานเพียงต่อออกจากขั้วไฟที่เตรียมไว้ หน่วยวัดทางไฟฟ้าสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

กระแสไฟฟ้า Electrical Current เกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งภายในตัวนำไฟฟ้าการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนเกิดจากการนำวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าต่างกันำมาวางไว้ใกล้กันโดยจะใช้ตัวนำทางไฟฟ้าคือ ทองแดง การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่จากวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าบวกไปยังวัตถุ ที่มีประจุไฟฟ้าลบมีหน่วยเป็น Ampere อักษรย่อคือ “ A ” กระแสไฟฟ้าสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current) และไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current)

แรงดันไฟฟ้า (Voltage) เป็นแรงที่ทำให้อิเล็กตรอนเกิดการเคลื่อนที่ หรือแรงที่ทำให้เกิดการไหลของไฟฟ้าโดยแรงดันไฟฟ้าที่มีระดับต่างกันจะมีปริมาณไฟฟ้าสูงเนื่องจากปริมาณประจุไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟฟ้าทั้งสองด้านมีความแตกต่างกัน ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน โดย ทั่วๆไปแล้วแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละตัวภายในวงจรไฟฟ้าหรือแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟฟ้า จะใช้หน่วยของแรงดันไฟฟ้าจะใช้ตัวอักษร V ตัวใหญ่ธรรมดา จะแทนคำว่า Volt ซึ่งเป็นหน่วยวัดของแรงดันไฟฟ้า

ความต้านทานไฟฟ้า(Resistance) เป็นการต่อต้านการไหลของกระแสไฟฟ้าของวัตถุซึ่งจะมีค่ามากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุนั้นๆ ความต้านทานจะมีหน่วยวัดเป็น โอห์ม และจะใช้สัญลักษณ์เป็น (Ohms)

ตัวนำไฟฟ้า (Conductors) วัตถุที่กระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่านได้โดยง่ายหรือวัตถุที่มีความต้านทานต่ำ เช่นทองแดง อลูมิเนียม ทอง และเงิน ซึ่งเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีที่สุด ค่าความนำไฟฟ้าจะมีสัญลักษณ์เป็น G และมีหน่วยเป็น ซีเมนส์ (S)

ฉนวนไฟฟ้า (Insulators)วัตถุที่ซึ่งไม่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปได้ หรือวัตถุที่มีความต้านทานไฟฟ้าสูง ซึ่งสามารถต้านทานการไหลของกระแสได้ เช่น ไม้ก้ำ แก้ว และพลาสติก (<http://www.chontech.ac.th/~electric/e-learn/unit2/unit2.htm>)

วงจรไฟฟ้าเป็นการนำเอาสายไฟฟ้าหรือตัวนำไฟฟ้าที่เป็นเส้นทางเดินให้กระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่านต่อถึงกันได้ การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนที่อยู่ภายในวงจรจะเริ่มจากแหล่ง จ่ายไฟไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้า ดังการแสดงการต่อวงจรไฟฟ้าเบื้องต้นโดยการต่อแบตเตอรี่ต่อเข้ากับหลอดไฟ หลอดไฟฟ้าสว่างได้เพราะว่ากระแสไฟฟ้าสามารถไหลได้ตลอดทั้งวงจรไฟฟ้าและเมื่อหลอดไฟดับก็เพราะว่ากระแสไฟฟ้าไม่สามารถไหลได้ตลอดทั้งวงจรเนื่องจากสวิตช์เปิดวงจรไฟฟ้าอยู่

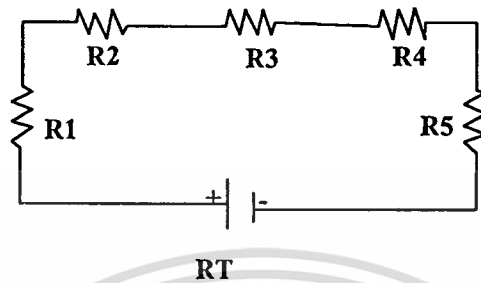


รูปที่ 2.1 การต่อวงจรไฟฟ้า

ในการต่อวงจรไฟฟ้าที่นิยมใช้ต่อ มีอยู่ 3 แบบดังนี้

1. การต่อแบบวงจรรอนุกรม คือ การนำเอาอุปกรณ์ทางไฟฟ้ามาต่อกันในลักษณะที่ปลายด้านหนึ่งของอุปกรณ์ตัวที่ 1 ต่อเข้ากับอุปกรณ์ตัวที่ 2 จากนั้นนำปลายที่เหลือของอุปกรณ์ตัวที่ 2 ไปต่อกับอุปกรณ์ตัวที่ 3 และจะต่อลักษณะนี้ไปเรื่อยๆ ซึ่งการต่อแบบนี้จะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลไปในทิศทางเดียวกระแส ไฟฟ้าภายในวงจรรอนุกรมจะมีค่าเท่ากันทุกๆจุด ค่าความต้านทานรวมของ

วงจรอนุกรมนั้นคือการนำเอาค่าความต้านทานทั้งหมดนำมารวมกันส่วนแรงดันไฟฟ้าในวงจรอนุกรมนั้นแรงดันจะปรากฏคร่อมตัวต้านทานทุกตัวที่จะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านซึ่งแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะมีค่าไม่เท่ากัน โดยสามารถคำนวณหาได้จากกฎของโอห์ม



รูปที่ 2.2 แสดงวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

สูตรในการหาความต้านทานรวม  $R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5$

$R_T$  = ค่าความต้านทานรวมหรือค่าความต้านทานทั้งหมด

$R_1$  = ค่าความต้านทานตัวที่ 1

$R_2$  = ค่าความต้านทานตัวที่ 2

$R_3$  = ค่าความต้านทานตัวที่ 3

$R_4$  = ค่าความต้านทานตัวที่ 4

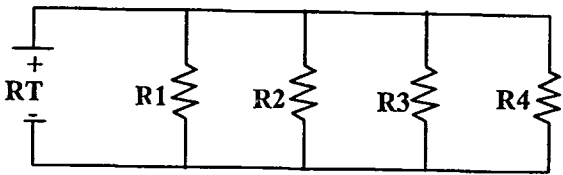
$R_5$  = ค่าความต้านทานตัวที่ 5

ลักษณะคุณสมบัติของวงจรอนุกรม จะมีลักษณะในวงจรหรือส่วนใดส่วนหนึ่งของวงจรอนุกรมจะมีกระแสไหลผ่านในทิศทางเดียวเท่านั้น แรงดันตกคร่อมที่ความต้านทานแต่ละตัวในวงจรเมื่อนำมารวมกันจะมีค่าเท่ากับแรงดันที่จ่ายให้กับวงจร ค่าความต้านทานย่อยแต่ละตัวในวงจรเมื่อนำมารวมกันก็จะมีค่าเท่ากับค่าความต้านทานรวมกันทั้งหมดในวงจร กำลังและพลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ความต้านทานย่อยแต่ละตัวในวงจร เมื่อนำมารวมกันก็จะมีค่าเท่ากับกำลังและพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดในวงจร

2. การต่อแบบวงจรขนาน เป็นวงจรที่เกิดจากการต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปให้ขนานกับแหล่งจ่ายไฟมีผลทำให้ค่าของแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละตัวมีค่าเท่ากัน ส่วนทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าจะมีตั้งแต่ 2 ทิศทางขึ้นไปตามลักษณะของสาขาของวงจร ส่วนค่าความต้านทานรวมภายในวงจรขนานจะมีค่าเท่ากับผลรวมของส่วนกลับของค่าความต้านทานทุกตัวรวมกันซึ่งค่าความต้านทานรวมภายในวงจรไฟฟ้าแบบขนานจะมีค่าน้อยกว่าค่าความต้านทานภายในสาขาที่มีค่าน้อยที่สุดเสมอและค่าแรงดันที่ตกคร่อมความต้านทานไฟฟ้าแต่ละตัวจะมีค่าเท่ากับแรงเคลื่อนของแหล่งจ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 แสดงวงจรไฟฟ้าแบบขนาน

จากรูปจะได้สมการ

$$RT = \frac{R1 \times R2 \times R3 \times R4}{R1 \times R2 + R1 \times R3 + R1 \times R4 + R2 \times R3 + R3 \times R4}$$

- เมื่อ  $RT$  = ค่าความต้านทานรวม หรือค่าความต้านทานทั้งหมด
- $R1$     ค่าความต้านทานตัวที่ 1
- $R2$     ค่าความต้านทานตัวที่ 1
- $R3$     ค่าความต้านทานตัวที่ 1
- $R4$     ค่าความต้านทานตัวที่ 1

ลักษณะคุณสมบัติของวงจรขนาน แรงดันที่ตกคร่อมที่อุปกรณ์ไฟฟ้าหรือที่ความต้านทานทุกตัวของวงจรจะมีค่าเท่ากันเพราะว่าเป็นแรงดันตัวเดียวกันในจุดเดียวกัน กระแสที่ไหลในแต่ละสาขาย่อยของวงจร เมื่อนำมารวมกันจะมีค่าเท่ากับกระแสที่ไหลผ่านวงจรทั้งหมดหรือกระแสรวมของวงจร ค่าความนำไฟฟ้าในแต่ละสาขาย่อยของวงจร เมื่อนำมารวมกันจะมีค่าเท่ากับค่าความนำไฟฟ้าทั้งหมดของวงจร กำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่อุปกรณ์ไฟฟ้าหรือค่าความต้านทานในแต่ละสาขาในวงจรเมื่อนำมารวมกันก็จะมีค่าเท่ากับกำลังและพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดของวงจร

3. การต่อแบบผสม เป็นการรวมเอาการต่อแบบอนุกรมและแบบขนานมาใช้ร่วมกันซึ่งต้องขึ้นอยู่กับการใช้งาน

2.2.2 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

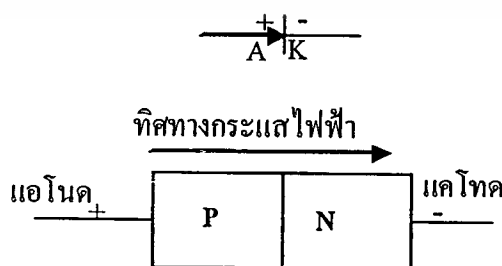
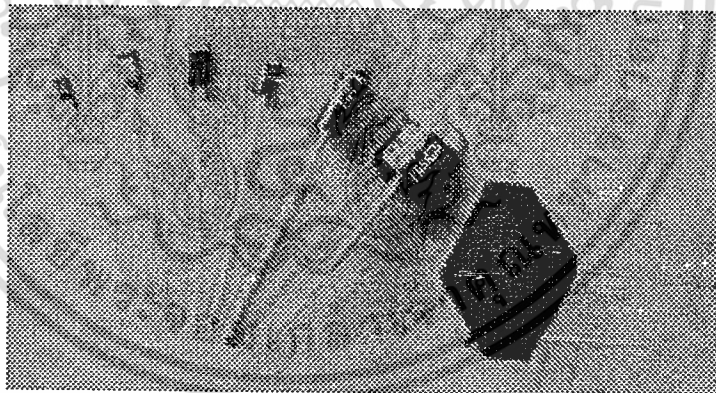
ในโลกที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา สิ่งหนึ่งที่อำนวยความสะดวกสบายให้กับเราคือไฟฟ้าซึ่งการนำไฟฟ้ามาใช้เพื่อสนองความต้องการของมนุษย์นั้น ต้องอาศัยอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อให้ทำงานตามที่เรากำลังต้องการอุปกรณ์เหล่านี้เรียกว่า อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronics) ซึ่งอิเล็กทรอนิกส์ จึงถือได้ว่าเป็นส่วนหนึ่งของไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ เป็นเทคโนโลยีของอุปกรณ์

และระบบที่ไหลเวียนของกระแสไฟฟ้า เกิดการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่สามารถเป็นพาหะของไฟฟ้าทุกชนิด ในตัวกลางที่ไม่ใช่โลหะ เช่น สุญญากาศ, ก๊าซ, ผลึกของแข็ง

จุดเริ่มต้นของอิเล็กทรอนิกส์ เกิดขึ้นในสมัยปี พ.ศ. 2438 H.A. Lorentz ได้ตั้งสมมติฐานของการมีประจุอิสระชนิดหนึ่ง ซึ่งถูกเรียกว่า อิเล็กตรอน ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นที่ให้นักวิทยาศาสตร์ทั่วโลกสนใจและศึกษา พฤติกรรมของประจุนี้ ต่อมาในปี พ.ศ. 2440 J.J. Thomson ได้เสนอแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับอิเล็กตรอน โดยเสนอว่า อิเล็กตรอนหนึ่งประจุ เป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างอะตอม และต่อมาได้มีการสร้างแบบจำลองและนำไปสู่ทฤษฎีสารกึ่งตัวนำ ต่อมาการค้นพบของเอ็ดิสัน เกี่ยวกับการประดิษฐ์หลอดไฟฟ้า ซึ่งมีการค้นพบปรากฏการณ์ที่เรียกว่า Edison Effect ซึ่งนำไปสู่การค้นพบหลอดสุญญากาศ และในปี พ.ศ. 2447 Flemming ได้ประดิษฐ์ หลอดสุญญากาศ และ พ.ศ. 2449 De Forest ได้ประดิษฐ์ หลอดไตรโอดได้เป็นผลสำเร็จและนำไปสู่การประดิษฐ์อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มากมาย (ประกาศร สุวรรณะ และสมศักดิ์ ชุ่มช่วย. 2545)

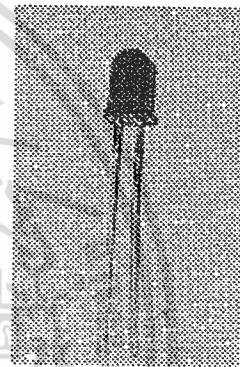
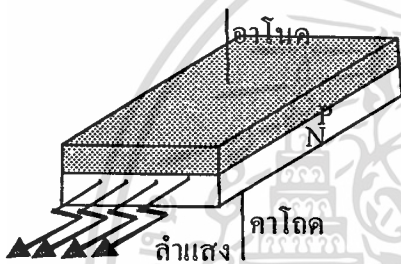
### 2.2.2.1 ไดโอด (Diode)

ไดโอด (Diode) คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าเดินทางผ่านตัวของมันได้ทางเดียว โดยทั่วไปไดโอดทำมาจากหลอดสุญญากาศ หรือสารกึ่งตัวนำ เช่น เยอรมันเนียม หรือเป็นชนิดซิลิกอน ไดโอดโดยทั่วไปจะมี 2 ขั้วคือขั้วแคโทด(K) ซึ่งเป็นขั้วลบ(-) ขั้วแอโนด(A)ซึ่งเป็นขั้วบวก(+)



รูปที่ 2.4 แสดงรูปร่างและสัญลักษณ์ของไดโอด

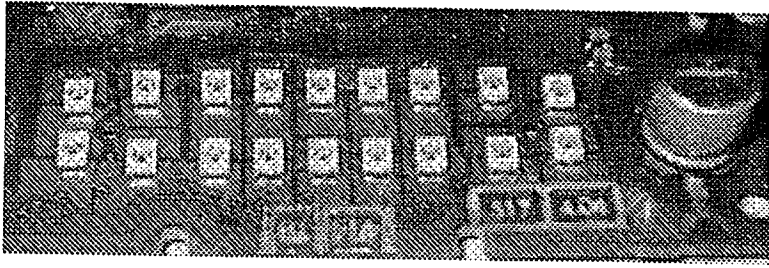
ลักษณะของการนำไดโอดไปใช้งาน ในการต่อไดโอดจะต้องต่อให้ถูกต้อง ถ้าต่อไดโอดไม่ถูกต้อง ไดโอดจะไม่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ไดโอดในปัจจุบันที่มีขายในตลาดมีหลายชนิด หลายแบบ เช่น ทันเนลไดโอด ซีเนอร์ไดโอด หรือโฟโต้ไดโอด แต่ในงานวิจัยนี้จะขอกล่าว เฉพาะ ไดโอดเปล่งแสงได้ซึ่งมีลักษณะดังต่อไปนี้ ไดโอดเปล่งแสง (light-emitting diode) เรียก ย่อๆ ว่า LED คือ ไดโอดซึ่งสามารถเปล่งแสงออกมาได้แสงที่เปล่งออกมาประกอบด้วยคลื่นความถี่ เดียวและเฟสต่อเนื่องกัน ซึ่งต่างกับแสงธรรมชาติที่ตาคนมองเห็น อันประกอบด้วยคลื่นซึ่งมีเฟสและ ความถี่ต่าง ๆ กันมารวมกัน ไดโอด ซึ่งสามารถให้แสงออกมาได้ ทั้งชนิดที่เป็นสารกึ่งตัวนำของ เหลวก็หา ในที่นี้จะกล่าวถึงชนิดที่เป็นสารกึ่งตัวนำเท่านั้น



รูปที่ 2.5 ส่วนประกอบสัญลักษณ์ของไดโอดเปล่งแสง และรูปของ LED

ไดโอดชนิดนี้เหมือนไดโอดทั่ว ๆ ไปที่ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชนิด P และ N ประกบ กันมีผิวข้างหนึ่งเรียบเป็นมันคล้ายกระจก เมื่อไดโอดตกไบแอสตรงจะทำให้ไอเล็กตรอนที่สาร กึ่งตัวนำชนิด N มีพลังงานสูงขึ้นจนสามารถวิ่งข้ามรอยต่อไปรวมกับโฮลใน P ต่อให้เกิดพลังงาน ในรูปของประจุโฟตอน ซึ่งจะส่งแสงออกมา การประยุกต์ LED ไปใช้งานอย่างกว้างขวางส่วนมาก ใช้ในภาคแสดงผล (display unit) LED โดยทั่วไปมี 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ LED ชนิดที่ตาคนเห็นได้กับ ชนิดที่ตาคนมองไม่เห็นต้องใช้ทรานซิสเตอร์มาเป็นตัวรับแสงแทนตาคน

ในการนำเอาไดโอดไปใช้งาน ขึ้นอยู่กับงานแต่ละประเภท เช่นนำไปใช้ในเพาเวอร์ ชัฟฟลาย เพื่อกรองกระแสไฟฟ้า เนื่องจากประเทศไทยใช้กระแสไฟฟ้าสลับ 220 โวลต์ ถ้าต้องการ นำกระแสไฟฟ้ามาใช้งานกับเครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น ทีวี วิทยุ จะต้องนำมาแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสตรง ก่อนโดยผ่านเพาเวอร์ชัฟฟลายซึ่งจะต้องใช้ไดโอดเป็นตัวกรองกระแส และใช้ คาปาซิเตอร์เป็นตัว เก็บประจุไฟฟ้าเพื่อให้การปล่อยกระแสไฟฟ้านั้นสม่ำเสมอ



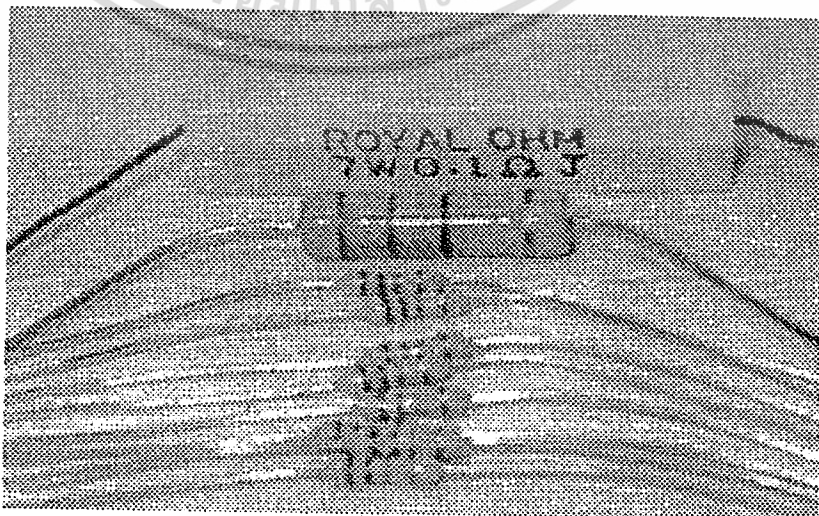
รูปที่ 2.6 การนำไดโอดเปล่งแสง ไปงานในแผงวงจรไฟฟ้า

<http://web.ku.ac.th/schoolnet/snet7/diode.htm>

[http://electronics.se-ed.com/contents/040h085/040h085\\_p01.asp](http://electronics.se-ed.com/contents/040h085/040h085_p01.asp)

### 2.2.2.2 ตัวต้านทาน (RESISTOR)

ในปัจจุบันมีการผลิตตัวต้านทานออกมามากมายหลายชนิดแต่ละชนิดก็มีคุณสมบัติเฉพาะตัวแตกต่างกันไป ซึ่งทำให้ ตัวต้านทานชนิดนั้น เหมาะกับงานหนึ่งๆมากกว่าตัวต้านทานชนิดอื่น การเลือกตัวต้านทานให้เหมาะสม กับงานที่ต้องการเป็น สิ่งสำคัญ ดังนั้นเมื่อจะเลือกใช้ตัวต้านทาน จึงต้องพิจารณาถึงเสถียรภาพสัญญาณรบกวน อัตราการกระจายกำลังงาน (power dissipation) สภาพแวดล้อมความต้องการทางด้านไฟสลัป และค่าความต้านทาน สำหรับค่าของความต้องการที่แท้จริง ขึ้นอยู่กับความคลาดเคลื่อน (tolerance) สัมประสิทธิ์ทางแรงดันสัมประสิทธิ์ ทางอุณหภูมิ และการเปลี่ยนค่า (drift) เมื่อเวลาเปลี่ยนไป ส่วนอัตราการทนกำลังนั้นขึ้นอยู่กับอุณหภูมิแวดล้อม และการลดค่า (การลดค่านั้นเป็นการทำงานของอุปกรณ์ ซึ่งต่ำกว่า 100% ของอัตราที่กำหนดไว้ เนื่องจากสภาพของสิ่งแวดล้อม) การเลือกใช้ตัวต้านทานค่าต่างๆ นั้น วิธีที่รวดเร็วและสะดวก คือ การอ่านค่าความต้านทานที่ปรากฏอยู่บนตัวต้านทานซึ่งแสดงไว้ 2 แบบ ได้แก่ รหัสสี ซึ่งมีลักษณะเป็นแถบวงแหวนสีต่างๆและแบบพิมพ์เป็นตัวเลขและตัวอักษร การแสดงค่าความต้านทานทั้งสองแบบ ดังรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสาร **รูปที่ 2.7 แบบพิมพ์เป็นตัวเลขและตัวอักษร การแสดงค่าความต้านทาน** ะโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยปกติแล้วจะแบ่งเป็น แบบใช้งานทั่วไป และแบบความเที่ยงตรงสูง ซึ่งตัวด้านทานแบบที่ใช้งานทั่วไปจะมีค่าความคลาดเคลื่อน  $\pm 5\%$  หรือมากกว่าและแถบสีแสดงแทนค่าความด้านทานจำนวน 4 แถบ ส่วนตัวค่าความด้านทานแบบเที่ยงตรงสูงจะมีค่าความคลาดเคลื่อน  $\pm 2\%$  หรือน้อยกว่า โดยจะมีแถบสีแสดงค่าความด้านทานจำนวน 5 แถบ ส่วนความแตกต่างของตัวด้านทานทั้งสองแบบนี้แสดงดังตารางที่ 2.1

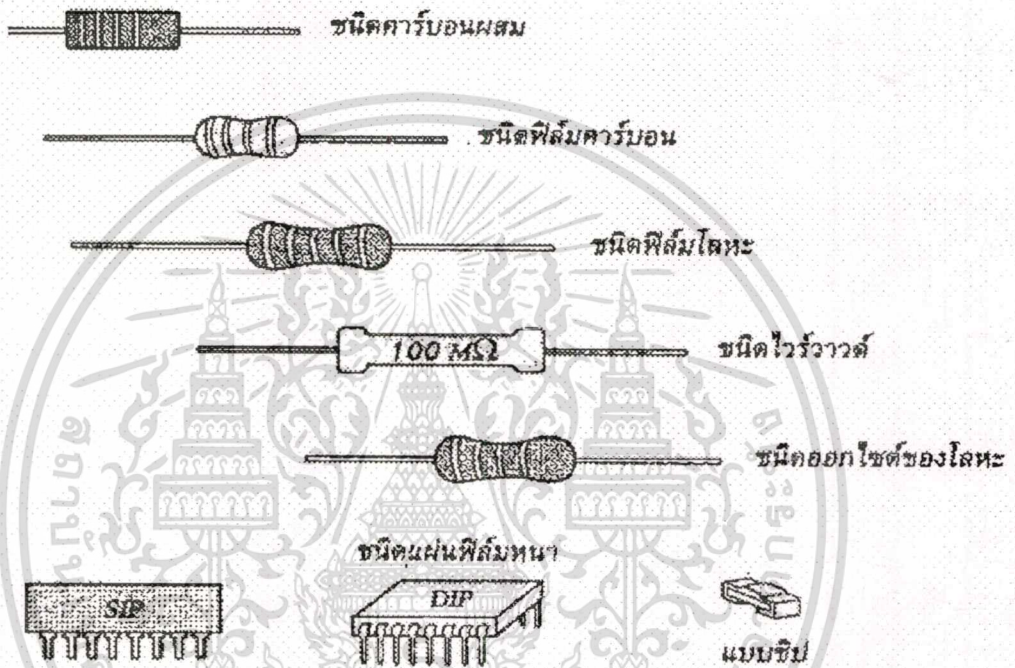
ตารางที่ 2.1 ตารางการอ่านค่าสี

| แถบสี   | แถบสีที่1แทน<br>ตัวเลขที่ 1 | แถบสีที่2แทน<br>ตัวเลขที่ 2 | แถบสีที่3แทน<br>ตัวคูณ | แถบสีที่4แทน<br>ค่าคลาดเคลื่อน |
|---------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------|--------------------------------|
| ดำ      | 0                           | 0                           | 1                      |                                |
| น้ำตาล  | 1                           | 1                           | 10                     | -                              |
| แดง     | 2                           | 2                           | 100                    | 1%                             |
| ส้ม     | 3                           | 3                           | 1000                   | 2%                             |
| เหลือง  | 4                           | 4                           | 10000                  | 3%                             |
| เขียว   | 5                           | 5                           | 100000                 | 4%                             |
| น้ำเงิน | 6                           | 6                           | 1000000                | -                              |
| ม่วง    | 7                           | 7                           | 10000000               | -                              |
| เทา     | 8                           | 8                           | -                      | -                              |
| ขาว     | 9                           | 9                           | -                      | -                              |
| ทอง     | -                           | -                           | 0.1                    | 5%                             |
| เงิน    | -                           | -                           | 1.01                   | 10%                            |
| ไม่มีสี | -                           | -                           | -                      | 20%                            |

การอ่านแถบสีของตัวด้านทานแบบใช้งานทั่วไป แถบสีแรก ใช้แสดงตัวเลขหลักแรก และจะไม่เป็นสีค่า แถบสีที่สอง ใช้แสดงเป็นตัวเลขหลักที่สอง แถบสีที่สาม เป็นตัวคูณสำหรับตัวเลข 2 หลักแรก ซึ่งจะมีค่า 1/100 ถึง 10,000,000 แถบสีที่สี่ ใช้แสดงค่าความคลาดเคลื่อน ซึ่งมีค่าตั้งแต่  $\pm 5\%$  ขึ้นไป วิธีการอ่านแถบสีของตัวด้านทานแบบความเที่ยงตรงสูง แถบสีแรก เป็นตัวเลขหลักแรกของตัวเลขจำนวน 3 หลัก แถบสีที่สอง เป็นตัวเลขหลักที่สอง แถบสีที่สาม เป็นตัวเลขหลักที่สาม แถบสีที่สี่ เป็นตัวคูณสำหรับตัวเลข 3 หลักแรก แถบสีที่ห้า ใช้แสดงค่าความคลาดเคลื่อนซึ่งเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

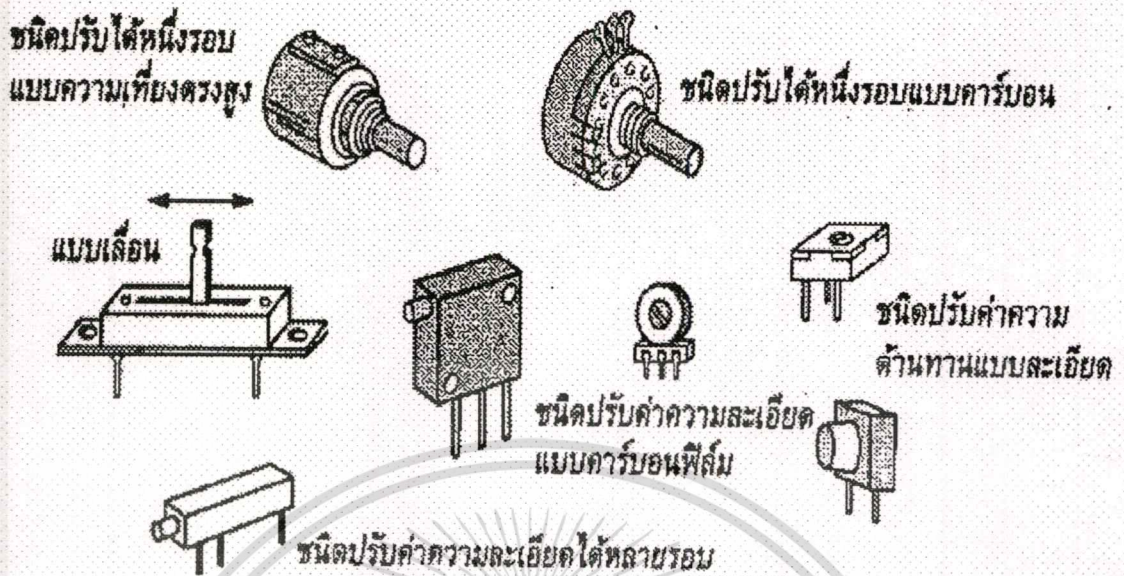
จะมีค่า  $\pm 2\%$  หรือน้อยกว่า ด้วยต้นเหตุที่ตัวต้านทานแบบความเที่ยงตรงสูง ให้ค่าความต้านทานที่มีความละเอียดมากกว่า ดังนั้นจึงทำให้ตัวต้านทานมีราคาแพงกว่าตัวต้านทานแบบใช้งานทั่วไป

ตัวต้านทานที่ใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์สามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่ ตัวต้านทานชนิดค่าคงที่ (Fixed Value Resistor) และตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้ (Variable Value Resistor) ซึ่งตัวต้านทานค่าคงที่นี้จะมีค่าความต้านทานที่แน่นอน และเป็นค่าที่นิยมมากในงานด้านอิเล็กทรอนิกส์



รูปที่ 2.8 ตัวต้านทานชนิดค่าคงที่

สำหรับตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้นั้น จะสามารถเลือกค่าความต้านทานที่ต้องการได้โดยการหมุนที่ปุ่มปรับค่าความต้านทาน



รูปที่ 2.9 ตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้



รูปที่ 2.10 สัญลักษณ์ของตัวต้านทาน

<http://web.ku.ac.th/schoolnet/snet7>

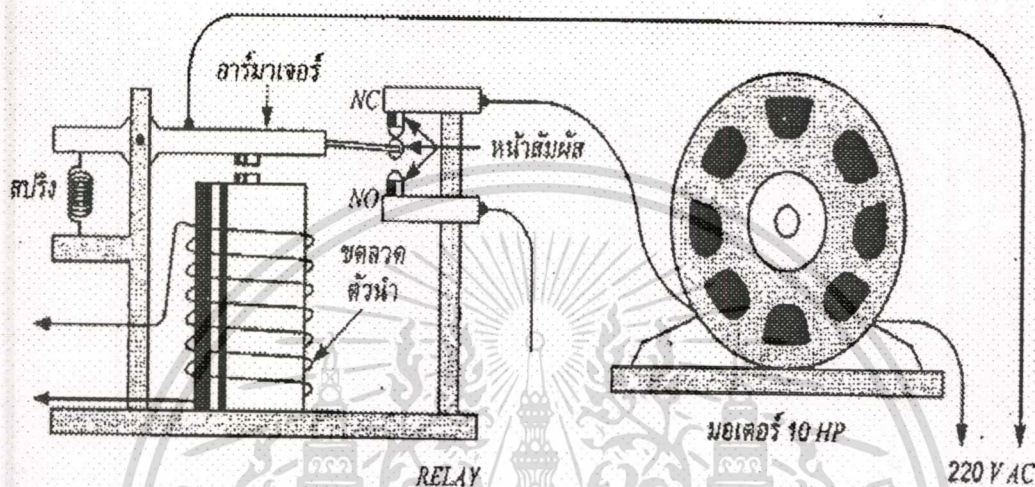
#### 2.2.2.3 รีเลย์ (Relay)

เป็นอุปกรณ์ควบคุมวงจรไฟฟ้าที่มีการทำงานในลักษณะเป็น เครื่องกลไฟฟ้า ที่นิยมใช้ในวงจรควบคุมแบบต่างๆ กันอย่างแพร่หลาย โดยโครงสร้างพื้นฐานและการทำงานของรีเลย์จะประกอบไปด้วยขดลวดตัวนำและแกนโลหะที่สามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงได้ เรียกว่า อาร์มาเจอร์ โดยอาร์มาเจอร์จะมีหน้าที่เปิดปิดหน้าสัมผัสของรีเลย์ การทำงานของรีเลย์จะเริ่มทำงานได้เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปที่ขดลวดตัวนำ ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไปดึงดูดแกนของอาร์มาเจอร์ ถ้าแรงดึงดูดที่เกิดจากสนามแม่เหล็กสามารถชนะแรงดึงของสปริงได้ ก็จะดึงแกนของอาร์มาเจอร์ให้หน้าสัมผัสของรีเลย์มาอยู่ในตำแหน่งอีกทางหนึ่ง แต่ถ้าแรงดึงดูดที่เกิดจากสนามแม่เหล็กไม่สามารถชนะแรงดึงของสปริงได้หน้าสัมผัสของรีเลย์ก็จะอยู่ในตำแหน่งเดิม รีเลย์จะมีหน้าสัมผัสอยู่สองแบบ คือ แบบปกติเปิดและแบบปกติปิด รีเลย์แบบปกติเปิดหน้าสัมผัสของรีเลย์จะเปิดเมื่อไม่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปยังขดลวดของรีเลย์และหน้าสัมผัสจะปิดเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปยังขดลวดของรีเลย์ ซึ่งการทำงานก็จะตรงกันข้ามกันในรีเลย์แบบปกติปิด รีเลย์มีหลายชนิดด้วยกัน โดยมากรีเลย์จะถูกนำมาใช้ในวงจรการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าในลักษณะของการหน่วงเวลาเพื่อทำให้เกิดการทำงานของวงจรควบคุมเป็นไปตามลำดับหรือใช้เพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นภายในวงจรควบคุม



รูปที่ 2.11 ส่วนประกอบของรีเลย์และการประยุกต์ใช้

รีเลย์ได้นำมาใช้ในงานไฟฟ้าได้อย่างหลากหลาย รีเลย์ซึ่งมีความหมายว่า การส่งผ่าน กระแส หรือแรงดันไฟฟ้าจากส่วนหนึ่งของวงจรไปสู่อีกส่วนหนึ่ง รีเลย์ มีหลายขนาด และนำไปประยุกต์ใช้ได้ต่าง ๆ กันเป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์มีหลักการทำงานคล้ายกับ ขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าหรือโซลินอยด์ (solenoid) รีเลย์ใช้ในการควบคุมวงจร ไฟฟ้าได้อย่างหลากหลาย รีเลย์เป็นสวิตช์ควบคุมที่ทำงานด้วยไฟฟ้า แบ่งออกตามลักษณะ การใช้งานได้เป็น 2 ประเภทคือ

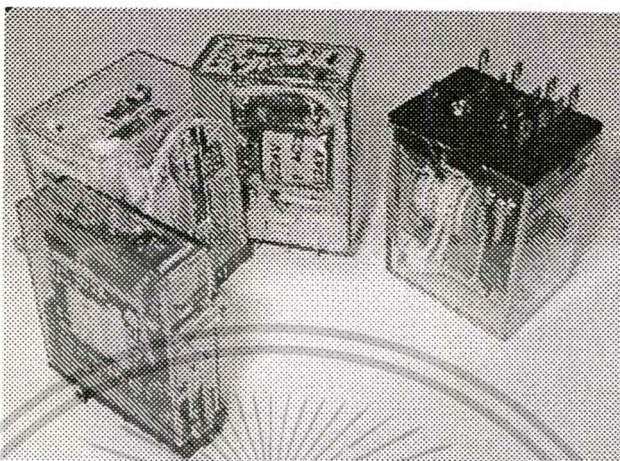
1. รีเลย์กำลัง ( Power relay) หรือมักเรียกกันว่า คอนแทกเตอร์ (Contactor or Magnetic contactor) ใช้ในการควบคุมไฟฟ้ากำลัง มีขนาดใหญ่กว่ารีเลย์ธรรมดา

2. รีเลย์ควบคุม (Control Relay) มีขนาดเล็กกำลังไฟฟ้าต่ำ ใช้ในวงจรควบคุมทั่วไปที่มีกำลังไฟฟ้าไม่มากนัก หรือเพื่อการควบคุมรีเลย์หรือคอนแทกเตอร์ขนาดใหญ่ รีเลย์ควบคุมบางทีเรียกกันง่าย ๆ ว่า "รีเลย์" หน้าที่ของคอนแทกเตอร์ คือ การใช้กำลังไฟฟ้าจำนวนน้อยเพื่อไปควบคุมการตัดต่อกำลังไฟฟ้าจำนวนมาก คอนแทกเตอร์ทำให้เราสามารถควบคุมกำลังไฟฟ้าในตำแหน่งอื่นๆ ของระบบไฟฟ้าได้ สายไฟควบคุมให้รีเลย์กำลังหรือคอนแทกเตอร์ทำงานเป็นสายไฟฟ้าขนาดเล็กต่อเข้ากับสวิตช์ควบคุมและคอยล์ของของคอนแทกเตอร์ กำลังไฟฟ้าที่ป้อนเข้าคอยล์อาจจะเป็น

ไฟฟ้ากระแสตรง หรือไฟฟ้ากระแสสลับก็ได้ขึ้นอยู่กับกรออกแบบการใช้คอนแทกเตอร์ทำให้เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถควบคุมวงจรจากระยะไกล (Remote) ได้ ซึ่งทำให้เกิดความปลอดภัยกับผู้ปฏิบัติงานในการควบคุมกำลังไฟฟ้า



รูปที่ 2.12 รูปภาพของรีเลย์

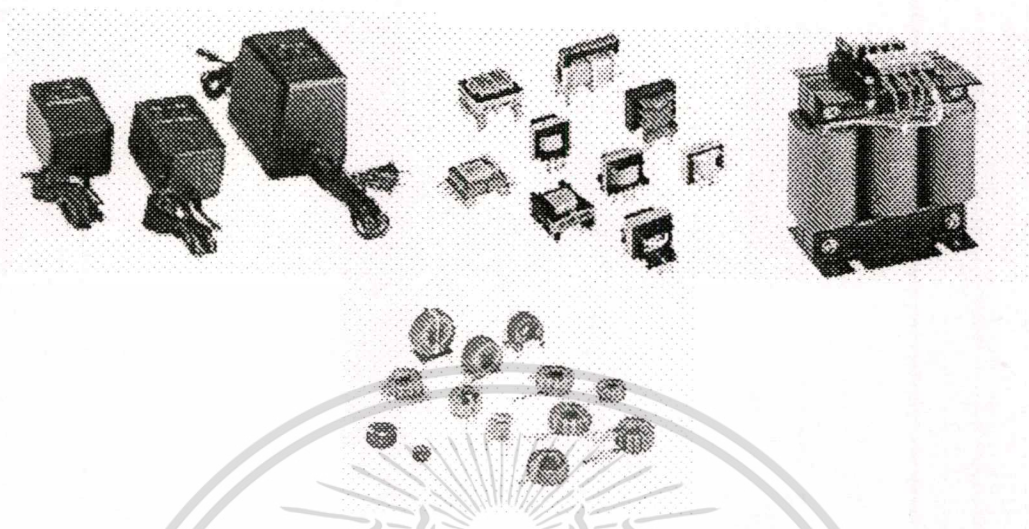
(<http://www.chontech.ac.th/~electric/e-learn/unit6/unit6.htm>)

#### 2.2.2.4 หม้อแปลงไฟฟ้า

หม้อแปลงไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่ใช้แปลงไฟฟ้าให้มีแรงดันขึงกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามความต้องการของผู้ใช้งานจากหม้อแปลงไฟฟ้าประกอบด้วยขดลวด 2 ชุดที่จัดให้อยู่ใกล้กัน ได้แก่ ขดลวดปฐมภูมิ (Primary Winding) และ ขดลวดทุติยภูมิ (Secondary Winding) ทั้งนี้เพื่อให้เส้นแรงของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากขดลวดปฐมภูมิไปตัดกับขดลวดทุติยภูมิ และเกิดการเหนี่ยวนำซึ่งกันและกันขึ้น โดยจัดให้แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับต่อเข้ากับขดลวดปฐมภูมิ และโหลด ต่อเข้ากับด้านทุติยภูมิกระแสไฟฟ้าที่จ่ายออกแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าไปเข้าที่ขดลวดปฐมภูมิ ซึ่งกระแสไฟฟ้านี้ก็จะทำให้เกิดชั่วเหินือที่ส่วนบนของขดลวดปฐมภูมิ ถ้าแรงดันไฟฟ้าด้านอินพุตนี้มีความเป็นลบมาก (ช่วงครึ่งคลื่นลบ) ก็จะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลเพิ่มมากขึ้นด้วย ส่งผลให้มีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นที่ขดลวดปฐมภูมิมากขึ้น การขยายตัวของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจะไปตัดกับขดลวดทางด้านทุติยภูมิและเกิดการเหนี่ยวนำของแรงดันไฟฟ้าขึ้น จึงทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรด้านทุติยภูมิผ่านไปยังโหลด จากนั้นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่จ่ายเข้ามาก็จะมีความเป็นลบลดน้อยลงจนเป็นค่าศูนย์ และเปลี่ยนเป็นค่าบวก ในกรณีนี้กระแสไฟฟ้าในวงจรด้านปฐมภูมิจะไหลในทิศทางตรงกันข้ามกับตอนแรก ทั้งนี้เนื่องจากแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับได้เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นในทิศทางที่เป็นบวก (ช่วงครึ่งคลื่นบวก) เมื่อแรงดันไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นกระแสไฟฟ้าก็ไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากขึ้น ส่งผลให้สนามแม่เหล็กเกิดการขยายตัวไปตัดกับขดลวดทุติยภูมิเกิดการเหนี่ยวนำทางไฟฟ้า ส่งผลให้มีกระแสไฟฟ้าไหลในทิศทางตรงข้าม และไหลผ่านต่อไปยังโหลดเช่นเดียวกัน



รูปที่ 2.13 แสดงหม้อแปลงไฟฟ้าแบบต่างๆ

ข้อสังเกตบางประการเกี่ยวกับหลักการพื้นฐานของหม้อแปลงไฟฟ้า มีดังนี้ถ้ากระแสไฟฟ้าด้านปฐมภูมิเพิ่มขึ้นจะทำให้กระแสไฟฟ้าด้านทุติยภูมิเพิ่มขึ้นด้วย และถ้ากระแสไฟฟ้าด้านปฐมภูมิลดลงก็จะทำให้กระแสไฟฟ้าด้านทุติยภูมิลดลงด้วยเช่นเดียวกัน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ไฟฟ้ากระแสสลับที่เกิดขึ้นทางด้านทุติยภูมิ มีความถี่เท่ากับไฟฟ้ากระแสสลับทางด้านปฐมภูมิ ถึงแม้ขดลวดทั้งสองของหม้อแปลงไฟฟ้าจะแยกออกจากกัน แต่พลังงานจากด้านปฐมภูมิ สามารถที่จะส่งผ่านไปยังด้านทุติยภูมิได้ ทั้งนี้เนื่องจากพลังงานไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิได้เปลี่ยนไปเป็นพลังงานแม่เหล็ก ส่วนทางด้านทุติยภูมิจะเปลี่ยนกลับจากพลังงานแม่เหล็กให้เป็นพลังงานไฟฟ้านั่นเอง

การใช้งานหม้อแปลงไฟฟ้า โดยทั่วไปแล้วหม้อแปลงไฟฟ้าจะใช้งานอยู่ 3 แบบ ได้แก่

1. หม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้เพื่อเพิ่ม หรือลดขนาดแรงดันไฟฟ้า
2. หม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้เพื่อเพิ่ม หรือลดปริมาณกระแสไฟฟ้า
3. หม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้เพื่อแมตซ์ค่าอิมพีแดนซ์ (Impedances)

ซึ่งทั้ง 3 กรณี สามารถทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนจำนวนรอบ (Turns Ratio) ของขดลวดปฐมภูมิเปรียบเทียบกับจำนวนขดลวดทุติยภูมิ  
(<http://web.ku.ac.th/schoolnet/snet7/diode.htm>)

#### 2.2.2.5 สวิตช์ (Switch)

สวิตช์ไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญอย่างหนึ่งของเครื่องใช้ไฟฟ้าแทบทุกประเภท เพราะสวิตช์ไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้เปิดและปิดกระแสไฟฟ้าให้ผ่านเข้าและออกจากเครื่องใช้ไฟฟ้าได้โดยสะดวกและปลอดภัย ส่วนในความหมายทางวิชาการนั้นสวิตช์ไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟฟ้า สำหรับต่อหรือตัดกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าหนึ่งวงจรหรือมากกว่าการเลือกซื้อสวิตช์ไฟฟ้าจึงต้องคำนึงถึงคุณภาพเป็นส่วนสำคัญมิฉะนั้นอาจเกิดอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สินได้ สวิตช์ไฟฟ้าที่ได้มาตรฐาน สวิตช์ไฟฟ้ามีหลายประเภทแบ่งออกเป็นประเภทตามลักษณะต่างๆ เช่น แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า วิธีต่อสาย วิธีทำงานการประกอบสวิตช์ เป็นต้น สวิตช์ไฟฟ้าที่ได้มาตรฐาน จึงมีคุณลักษณะตามมาตรฐานของสวิตช์แต่ละประเภท แต่โดยทั่วไปสวิตช์ไฟฟ้าต้องทนต่อภาวะชื้นและความร้อนที่อาจเกิดขึ้นได้ในการใช้งานตามปกติ และต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่างๆ ให้เห็นได้ง่าย และชัดเจนปรากฏบนสวิตช์ไฟฟ้า เช่น กระแสไฟฟ้าที่กำหนดเป็น แอมแปร์ แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดเป็นโวลต์ ชื่อผู้ผลิตหรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน หรือชื่อผู้จัดจำหน่าย

สวิตช์ เป็นอุปกรณ์ ตัดต่อวงจร หรือทำหน้าที่เปิดปิดวงจรไฟฟ้าโดยหน้าสัมผัสจะมีมากกว่า 1 ก็ได้ หน้าสัมผัสแบ่งออกได้ 2 ชนิด คือ

1. แบบปกติเปิด ปกติจะเปิดวงจรถ้าออกจากกัน
2. แบบปกติปิด หรือแบบ ปกติจะต่อวงจรปิดเข้าหากัน (เงิน สงสมพันธุ์ : 2534)

## 2.2.6 สายไฟฟ้า

สายไฟฟ้าที่ใช้ในงานไฟฟ้าสามารถแบ่งออกได้หลายประเภทตามลักษณะการใช้งาน ซึ่งในทางเทคนิคมีชื่อเรียกกันดังนี้

Wire หมายถึงเส้นลวดที่ใช้เป็นสายตัวนำไฟฟ้า

Cord หมายถึงสายไฟฟ้าที่มีขนาดเล็ก มีฉนวนแบบอ่อนตัวที่สามารถบิดงอได้ง่าย

Cable หมายถึงสายไฟฟ้าขนาดใหญ่ที่มีฉนวนป้องกันไฟฟ้ารั่วไหลได้อย่างมั่นคง

ปลอดภัย ใช้ฝังใต้ดิน ทอดข้ามแม่น้ำ หรือเป็นสายเปลือยแขวนลอย ลักษณะที่สำคัญของสายไฟฟ้าจะอยู่ที่ความสามารถที่จะยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลได้สูง สุดและองค์ประกอบอื่น ๆ เช่น ชนิดของตัวนำไฟฟ้าและฉนวนที่หุ้ม ประเภทของการใช้งาน แรงดันไฟฟ้าที่สายไฟฟ้าจะทนได้ขณะใช้งาน และสภาพความแข็งแรงทางกล

สายไฟฟ้าที่ใช้งานภายในอาคารบ้านเรือนจะใช้โลหะทองแดง และระบบไฟฟ้าแรงสูงจะใช้โลหะอะลูมิเนียมโลหะทองแดงที่ใช้ในงานไฟฟ้าจะต้องมีความบริสุทธิ์มาก หากมีสิ่งเจือปนเล็กน้อยก็จะทำให้ค่าความต้านทานเพิ่มขึ้นมาก โลหะทองแดงจะต้องมีความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 98 ทองแดงที่ใช้เป็นตัวนำไฟฟ้าได้แก่

1. สายทองแดงแข็งปานกลาง เป็นสายทองแดงที่ทำการรีดเส้นลวด เมื่อได้ ขนาดตามที่ต้องการแล้วจะไม่นำไปอบให้อ่อน สายทองแดงชนิดนี้จะแข็งและทนต่อแรงดึงได้สูง สูงกว่าสายทองแดงชนิดอบให้อ่อนใช้ในงานเดินสายไฟฟ้ากลางแจ้ง และสามารถขึงให้ตึงมาก ๆ ได้ เช่น

สายโทรศัพท์ สายโทรเลข สายทองแดงชนิดรีดแข็งนี้มีความต้านทานสูงกว่าสายทองแดงอ่อนราว 2.7%

2. สายทองแดงอ่อนหรือชนิดอบให้อ่อน คือ สายทองแดงที่รีดได้ขนาดแล้วนำไปอบด้วยความร้อนให้อ่อน ซึ่งเมื่อนำไปหรือโค้งงอ จะสามารถทำได้ง่าย ทนแรงดึงได้เพียง 60% ของสายทองแดงชนิดแข็ง

การแบ่งประเภทของสายไฟฟ้า สายไฟฟ้าสามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภท คือ

1. สายไฟฟ้าที่มีฉนวนหุ้ม สายไฟฟ้าชนิดนี้มีใช้งานกันมากตามอาคารบ้านเรือนและอุปกรณ์ไฟฟ้าหลาย ๆ ชนิด สายไฟฟ้าที่มีฉนวนหุ้มยังมีหลายชนิดได้แก่

- สายไฟฟ้าที่หุ้มภายนอกด้วยด้ายถัก ได้แก่ สายไฟฟ้าที่หุ้มด้วยยาง แต่ภายนอกจะถักด้ายหุ้มอีกชั้นหนึ่ง ใช้กับเตารีดและเครื่องให้ความร้อน

- สายหุ้มยาง เป็นสายไฟฟ้าที่หุ้มด้วยยางที่มีทั้งแบบธรรมดาและแบบทนความร้อนสายไฟฟ้าแบบนี้จะเบื่อง่ายและเสื่อมคุณภาพเร็ว ปัจจุบันไม่ค่อยนิยมนำใช้งาน

- สายหุ้ม PVC ชนิดนี้มีความทนทานต่อดินฟ้าอากาศ ไม่ติดไฟ ทนความร้อนแข็งแรงทนทาน ไม่เปื่อยง่าย นิยมนำใช้งานมากที่สุด

- สายหุ้มพลาสติกธรรมดา เป็นสายอ่อนเส้นเล็ก ภายในมีหลายเส้น เป็นสายไฟฟ้าที่ไม่ถาวร ติดไฟง่าย

- สายเดี่ยว เป็นสายไฟฟ้า 1 เส้น มี 1 แกน ใช้เดินทั้งภายในและภายนอกอาคาร สายไฟฟ้าชนิดนี้ ถ้าเดินในอาคารนิยมใช้ร้อยในท่อแล้วยึดต่อกับผนัง หรือฝังท่อในเสาหรือพื้นบางครั้งก็นำมาใช้เดินภายนอกอาคาร การเดินสายเดี่ยวนี้ไม่นิยมเดินติดลิป แต่จะเดินในท่อหรือวางรางเหล็กเสมอ หรือยึดติดกับผนังโดยใช้ประกับยึดเป็นช่วง ๆ

- สายคู่เป็นสายไฟฟ้าที่ใช้เดินภายในอาคาร เป็นสายไฟฟ้าชนิด 1 เส้นมี 2 แกนหรืออาจทำพิเศษให้มี 3 แกน โดยมีสายดินอีก 1 แกน

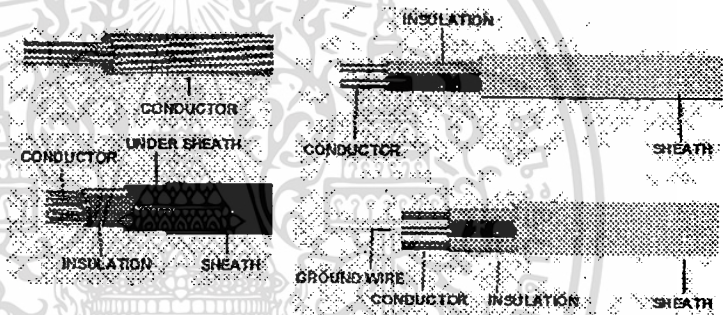
- สายเคเบิลใต้ดิน เป็นสายไฟฟ้าชนิดที่มีฉนวน PVC หุ้มลวดทองแดงอยู่แล้วยังมีฉนวนหุ้มภายนอกอีกชั้นหนึ่ง

- สายเคเบิลน้ำยาหรือสายอินามแมล เป็นสายเปลือยที่เคลือบน้ำยาเคมี ใช้งานกันมากในงานพันขดลวดไดนาโม มอเตอร์ หม้อแปลง ฯลฯ สายที่มีเปลือกโลหะหุ้ม นิยมใช้ฝังเข้ากับผนังตึก สายไฟฟ้าชนิดนี้มีราคาแพง

2. สายไฟฟ้าที่ไม่มีฉนวนหุ้มภายนอก ใช้เป็นสายไฟฟ้าแรงสูงที่เชื่อมโยงระหว่าง เขื่อนกับสถานีจ่ายไฟหรือเชื่อมโยงระหว่างจังหวัดต่าง ๆ สายเปลือยสามารถถูกระแสไฟฟ้า ได้มากกว่าสายหุ้มฉนวนที่มีขนาดและพื้นที่เท่ากันได้เกือบเท่าตัว เนื่องจากจึงไว้ในที่สูงและมีลมพัดผ่านตลอดเวลา เป็นการระบายความร้อนให้กับสายไฟฟ้า ทำให้สายไฟฟ้าไม่เกิดความร้อน สายเปลือย

ใช้กับระบบไฟแรงสูงที่มีแรงดัน 11 กิโลโวลต์ขึ้นไป สายเปลือยที่นิยมใช้งานได้แก่ สายอะลูมิเนียม เพราะมีน้ำหนักเบาและราคาถูก มีอยู่หลายชนิดได้แก่

สายอะลูมิเนียมล้วน ทำจากเส้นลวดอะลูมิเนียมล้วนขนาดเท่าๆ กัน พันติเกลียวเป็นชั้นๆ สายไฟฟ้าชนิดนี้รับแรงดึงได้ต่ำมาก จึงไม่สามารถหึงสายไฟให้มีระยะห่างมากๆ ได้ สายอะลูมิเนียมผสม เป็นสายไฟที่มีส่วนผสมของอะลูมิเนียม 99% แมกนีเซียม 0.5% และซิลิคอน 0.5% มีความเหนียวและสามารถรับแรงดึงได้สูงกว่าอะลูมิเนียมล้วน ใช้หึงสายไฟที่มีระยะห่างมาก ๆ ใช้ในงานเดินสายไฟบริเวณชายทะเล สายอะลูมิเนียมแกนเหล็ก เป็นสายอะลูมิเนียมตีเกลียวที่มีสายเหล็กอยู่ตรงกลางทำให้รับแรงดึงได้สูงขึ้น จึงนิยมใช้สายอะลูมิเนียมแกนเหล็กกับสายงานสายส่งไฟฟ้าแรงสูงที่มีระยะห่างของช่วงเสาอย่างมาก ๆ เช่น เสาโครงเหล็ก สายอะลูมิเนียมแกนเหล็กจะไม่ใช้งานในบริเวณชายทะเล เพราะไอของเกลือจะเกิดการกัดกร่อนสายไฟฟ้า ทำให้อายุการใช้งานสั้นลงสายอะลูมิเนียมแกนโลหะผสม เป็นสายไฟฟ้าแรงสูงที่คล้ายกับสายอะลูมิเนียมแกนเหล็ก แต่รับแรงดึงได้น้อยกว่า



รูปที่ 2.14 แสดงสายไฟฟ้าแบบต่างๆ

(<http://www.school.net.th/library/snet7/elec1>)

#### 2.2.2.7 เครื่องนับ

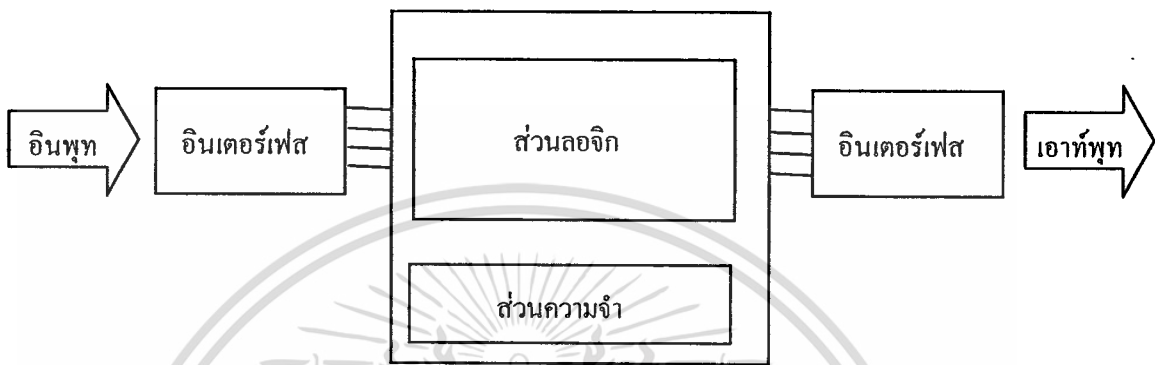
ในกระบวนการผลิตอุตสาหกรรมที่ทันสมัย เครื่องมือที่ใช้ควบคุมในปัจจุบันส่วนมากเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โดยหลักการของการควบคุมในการใช้งานมี 4 ข้อ

1. การอินเตอร์เฟสทางอินพุต ในกรณีต้องคำนึงถึงข้อมูล ที่จะป้อนทางอินพุตของเครื่องควบคุม เช่นเป็นแรงดัน เป็นกระแส มีขอบเขตการใช้ได้เท่าใด จำเป็นต้องมีตัวแปลงข้อมูลอย่างอื่นประกอบอย่างไร

2. ส่วนลอจิก (Logic) หมายถึงส่วนของการนำข้อมูลที่ได้มาประมวลและทำงานตามข้อมูลที่ได้รับ เพื่อให้ได้เอาต์พุตของการควบคุมตามที่ต้องการ ลักษณะส่วนใหญ่ของวงจรจะเป็นทางดิจิทัล เพราะในปัจจุบันสามารถจัดการลักษณะการทำงานได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 3. ส่วนหน่วยจำ (Memory) เนื่องจากกระบวนการควบคุมที่จะนำไปใช้ส่วนใหญ่ มักจะอยู่ในรูปของการทำงานเป็นลำดับ ตามเงื่อนไขของอินพุตและสภาวะการณ์อื่นๆ ประกอบ
- 4. ส่วนอินเตอร์เฟสเอาต์พุต เป็นส่วนที่นำเอาสัญญาณที่ได้ออกทางเอาต์พุต แต่การจะนำออกไปควบคุมอะไรให้ได้ผล จำต้องมีการเชื่อมต่อการควบคุมให้ถูกต้อง



รูปที่ 2.15 ภาพแสดงหลักการของการควบคุมระบบการผลิตโดยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

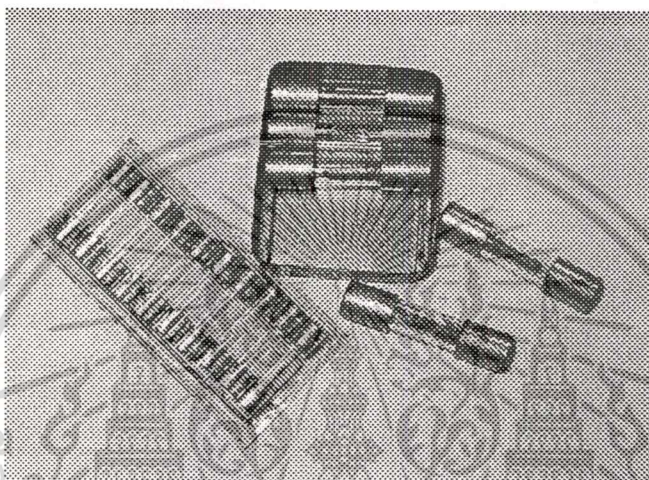
การนับด้วยอิเล็กทรอนิกส์อาศัยหลักการทางดิจิทัลเป็นวงจรนับได้เป็นอย่างดี การทำงานของวงจร ดิจิตอลอาศัยหลักการทางเลขไบนารีช่วยในการนับได้อยู่แล้ว ลักษณะของตัวเลขไบนารีที่เรานำมาใช้จะอยู่ในเลขฐานสิบ เครื่องส่วนใหญ่จะจัดทำได้กล่องบรรจุไว้อย่างเรียบร้อยสะดวกต่อการใช้งานทันที เครื่องนับที่ใช้กันในทางอุตสาหกรรม ยุคแรกๆ เป็นเครื่องนับที่เป็นพวกเครื่องกลหรือลักษณะเฟืองทด แต่ข้อเสียที่ชัดเจนคือความเร็วของการนับช้า และไม่สะดวกต่อการใช้งาน ในปัจจุบันเครื่องนับส่วนใหญ่ที่ใช้มักจะเป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ การแสดงผลออกเป็นค่าตัวเลขซึ่งแสดงด้วยภาค LED การนับอาจมีการตั้งจำนวนการนับได้โดยให้อาท์พุตเป็นรีเลย์ เมื่อนับมาครบจำนวนและยังสามารถรีเซ็ตค่าเริ่มต้นนับใหม่ หรือทำการเซตค่านับเป็นเท่าไรก็ได้ (ชิน ภู่วรรณ. 2532)

2.2.2.8 ฟิวส์

ฟิวส์เป็นอุปกรณ์สำเร็จรูปประกอบด้วยขั้วฟิวส์และไส้ฟิวส์ ใช้ป้องกันการลัดวงจรไฟฟ้าและผลิตก๊าซไฟฟ้าภายในบ้าน ขั้วฟิวส์จะเป็นส่วนปลายของไส้ฟิวส์หรือแผ่นโลหะบัดกรี ที่เชื่อมติดกับปลายของไส้ฟิวส์ ซึ่งออกแบบไว้ให้หลอมละลายได้ง่ายเมื่อกระแสไฟฟ้าเกินขนาดไหลผ่านในเวลาที่ยำกัก ฟิวส์นั้นจะขาดและกระแสไฟฟ้าก็จะไม่สามารถไหลผ่านได้ เป็นการป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากกระแสไฟฟ้าเกินขนาด อันอาจจะก่อให้เกิดอัคคีภัยและก่อให้เกิดความเสียหายแก่ทรัพย์สิน ฟิวส์ที่ได้มาตรฐานจะมีคุณลักษณะพิเศษ คือ ตัวฟิวส์ต้องทนต่อความชื้นและความร้อนได้เพียงพอ รวมทั้งตัวยึดฟิวส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องมีความทนต่อแรงดึง การดัดโค้ง การกระแทกและแรงดึงของตัวรับฟิวส์ การเลือกซื้อฟิวส์ที่มีเครื่องหมายบังคับและเลือกให้มีขนาดที่เหมาะสมกับขนาดของกระแสไฟฟ้าที่จะใช้ ที่ขั้วฟิวส์จะต้องมีตัวเลขหรืออักษรแสดงเครื่องหมาย แจ้งรายละเอียด ให้เห็นได้ง่ายชัดเจนและไม่ลบเลือน เช่น สัญลักษณ์และอักษรย่อของแบบกระแสไฟฟ้าที่กำหนดเป็นแอมแปร์ แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดเป็นโวลต์ หรือชื่อผู้ผลิต หรือโรงงานที่ผลิต ห้ามใช้ฟิวส์ในบริเวณที่มีไอน้ำ ควั่น ผุนเกลือสารที่เป็นกรดวัตถุหรือก๊าซที่ติดไฟง่าย



รูปที่ 2.16 ภาพฟิวส์

([http://www.tisi.go.th/consumer\\_guide/electric12.html](http://www.tisi.go.th/consumer_guide/electric12.html))

### 2.3 ขั้นตอนการผลิต แผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า

แผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้ามีชื่อเรียกเป็นภาษาอังกฤษว่า Printed Circuit Boards หรือเรียกย่อว่า PCBs. มีหน้าที่หลักคือนำไปเป็นฐานเชื่อมต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เข้าหากันเพื่อให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตาม ที่ออกแบบไว้ แผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้ามีลักษณะเป็นแผ่นลายโลหะทองแดงบนพลาสติกที่เป็นฉนวน(ไม่นำไฟฟ้า) ใช้สำหรับรองรับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ เช่นตัวต้านทานไฟฟ้า ตัวเก็บประจุตัวทรานซิสเตอร์ ฯลฯ โดยเส้นลายทองแดงจะเป็นตัวเชื่อมต่อทางเดินไฟฟ้าของอุปกรณ์เหล่านี้เข้าด้วยกันโดยจับขาอุปกรณ์ใส่ลงในรูของแผ่นวงจรแล้วเชื่อมด้วยตะกั่ว หรือโดยการบัดกรีตัวอุปกรณ์บนผิวแผ่นงานด้วยตะกั่ว

ประเภทของแผ่นวงจรไฟฟ้า แบ่งออกเป็น 3 ชนิด

1. แผ่นวงจรไฟฟ้าแบบหน้าเดียว (Single-Side Board)
2. แผ่นวงจรไฟฟ้าแบบสองหน้า (Double-Side Board)
3. แผ่นวงจรไฟฟ้าแบบหลายชั้น (Multi-layer Board)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเส้นวงจรมีมากขึ้นกว่าที่จะทำหน้าเดียว จึงต้องทำแผ่นวงจรชนิดที่มีลายวงจรสองหน้า ขึ้น และในกรณีที่เส้นวงจรมากขึ้นกว่าที่จะทำแบบสองหน้าได้ก็จะทำเป็นชั้นๆ เท่าที่จะทำได้

ในการผลิตแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าเริ่มจากกระบวนการออกแบบลายวงจรแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า และนำแผ่นลามิเนตมาตัดให้ได้ขนาดตามที่ออกแบบไว้ จากนั้นนำไปเจาะรูให้ได้จำนวนรู ขนาดของรูตามที่ออกแบบไว้โดยใช้เครื่อง CNC ควบคุมในการการเจาะ และเข้าสู่กระบวนการชุบ ทองแดง (Electro less Copper) เป็นการชุบทองแดงโดยอาศัยปฏิกิริยาเคมี โดยเริ่มจากการทำความสะอาดแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าก่อนชุบด้วยเครื่องอัลตราโซนิกและน้ำ จากนั้นนำไปชุบทองแดง เพื่อให้ทองแดงเกาะติดแผ่นงานทั้งบนพื้นผิวและรอบผนังรูที่เจาะไว้ ทำให้แผ่นงานสามารถนำไฟฟ้าจากหน้าหนึ่งไปยังอีกหน้าหนึ่ง โดยผ่านรูที่ชุบทองแดงแล้ว และนำแผ่นพิมพ์วงจรไปล้างทำความสะอาดอีกครั้งเพื่อส่งต่อกระบวนการสร้างแบบของเส้นลายวงจร ( Imaging) ซึ่งเป็นการสร้างแบบของเส้นลายวงจร (Circuit Layout) โดยเริ่มตั้งแต่ การเคลือบสารที่ไวต่อแสงยูวีแล้วนำไปฉายแสงยูวีโดยทาบด้วยฟิล์มลายวงจรส่วนใดที่ถูกแสงยูวีจะสารไว แสงที่เคลือบเกาะติดกับแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ส่วนไหนที่ไม่ถูกแสงจะถูกล้างสารไวแสงออกไป ซึ่งจะเริ่มเห็นเป็นลายวงจรไฟฟ้าจากนั้นจะเป็นขั้นตอนการชุบแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าด้วยกระแสไฟฟ้า(Pattern Plating) เป็นการสร้างลายวงจร (Circuit) ลงบนแผ่นบอร์ดตามแบบ (Circuit Layout) โดยการนำแผ่นพิมพ์มาชุบทองแดง เพื่อเพิ่มความหนาของทองแดงในส่วนที่ไม่มีสารไวแสงคลุมอยู่ด้วยกระแสไฟฟ้า และต่อด้วยการชุบติ๊กเพื่อให้คลุมด้วยทองแดงอีกชั้นหนึ่ง หลังจากนั้นจะเป็นกระบวนการกัดทองแดงให้เกิดลายเส้นวงจร (Stripping & Etching) เป็นการกัดสารไวแสงที่เคลือบอยู่บนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าออกโดยใช้เคมี และ จากนั้นจะเข้าสู่กระบวนการการกัดทองแดงที่ไม่มีสารไวแสงคลุม และขั้นตอนสุดท้ายในกระบวนการนี้คือการกัดติ๊กที่คลุมทองแดงออกให้เหลือเฉพาะเส้นทองแดง และล้างแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าอีกครั้งด้วยน้ำสะอาดก็จะได้ลายวงจรไฟฟ้า ตามที่ต้องการ ขั้นตอนต่อมาเป็นการพิมพ์สี ( Solder Mask )บนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า เป็นการพิมพ์สีเพื่อเคลือบผิวแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ตามที่ถูกกำหนดด้วยการพิมพ์แบบ Silk Screen เพื่อป้องกันการเกิดออกไซด์กับลายวงจร และเพื่อกำหนดการเคลือบผิวในขั้นตอนสุดท้ายโดยสี สีที่ใช้ มีหลายสีเช่น สีขาว สีเขียว สีม่วง สีฟ้า จากนั้นจะเป็นขั้นตอนการทำชุบผิวครั้งสุดท้าย (Finish Surface)เพื่อป้องกันการเกิดออกไซด์ที่แผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าในบริเวณที่ไม่ได้พิมพ์สี ซึ่งมีการชุบด้วยทอง (Gold Plating)และการชุบแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ด้วยการชุบตะกั่ว (Hot Air ) ขั้นตอนต่อมาเป็นขั้นตอนการพิมพ์สัญญาณลักษณะบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าเป็นการพิมพ์สัญญาณลักษณะลงบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าตามที่ถูกกำหนดด้วยการพิมพ์แบบ Silk Screen โดยทั่วไปจะใช้ 2 สี เช่น สีขาว สีเหลืองขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงรูปร่างขนาดของ แผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าเป็นขั้นตอนที่เปลี่ยนแปลงรูปร่าง ขนาดของ แผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ด้วยวิธีการต่างตามความเหมาะสมดังต่อไปนี้ การ Shearing เป็นการตัดแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าให้มีขนาดตามที่ถูกกำหนดด้วยเครื่องตัดที่มีใบมีดขนาดใหญ่ การRout เป็นการตัดแผ่นพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารทางวิชาการที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้

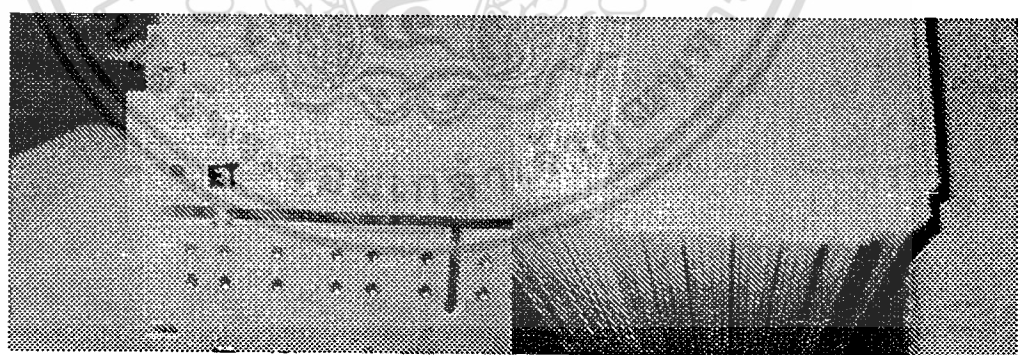
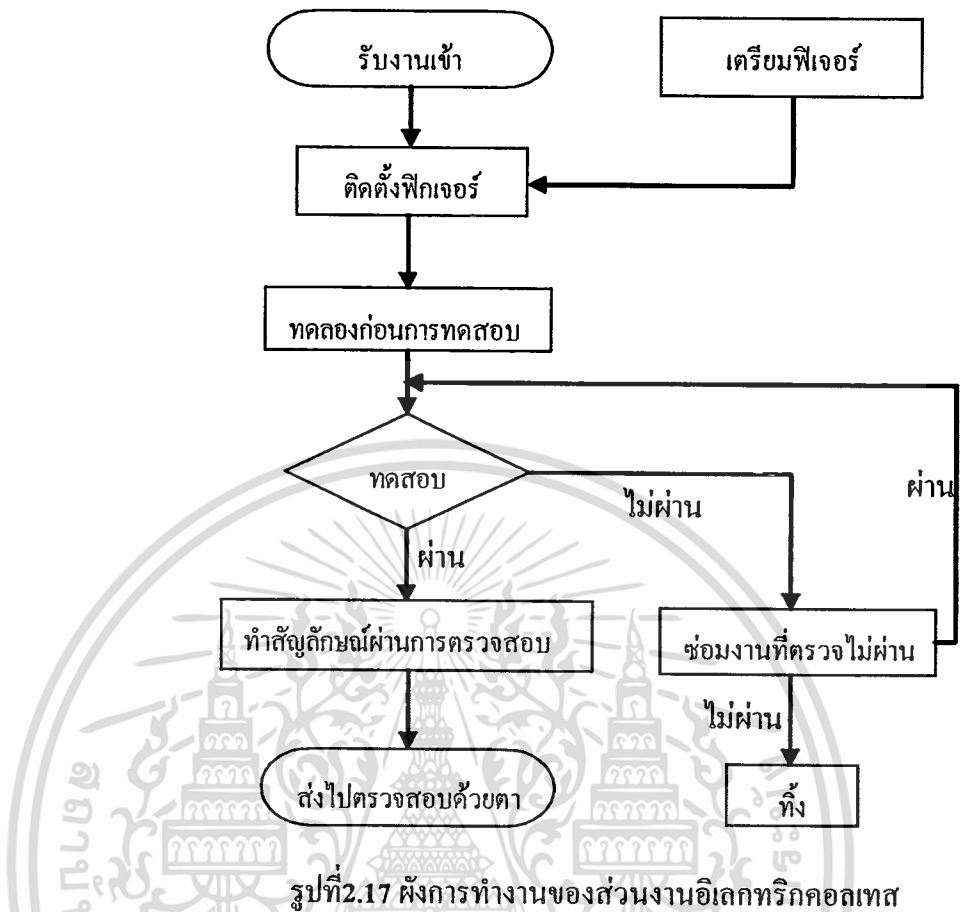
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จไฟฟ้าให้มีขนาดตามที่ลูกค้ากำหนดด้วยเครื่อง CNC Routing การ Punch เป็นการตัดแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าให้มีขนาดตามที่ลูกค้ากำหนดด้วยเครื่องจักร โดยมี Mold Punch เป็นตัวกำหนดรูปร่างขนาด จากนั้นจะเป็นขั้นตอนการตรวจสอบลายวงจรด้วยกระแสไฟฟ้า (Electrical Test) ซึ่งเป็นกระบวนการตรวจสอบหาข้อบกพร่องของ แผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าเกี่ยวกับการลัด และการขาดของเส้นลายวงจร โดยใช้เครื่องจักรในการตรวจสอบ เป็นการตรวจสอบแบบ 100% หลังจากตรวจสอบลายวงจรด้วยกระแสไฟฟ้าเสร็จแล้วจะเป็นการตรวจสอบขั้นตอนสุดท้าย ( Final Inspection)เป็นการตรวจสอบคุณภาพของผิว (Appearance)หรือด้านความสวยงามของผลิตภัณฑ์ เป็นการตรวจสอบแบบ 100% ด้วยตาและสุดท้ายขั้นตอนการบรรจุหีบห่องาน (Packing) เป็นการบรรจุหีบห่อแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าด้วยความร้อนในระบบสุญญากาศ ตามที่ลูกค้ากำหนดและบรรจุลงในกล่องกระดาษเพื่อส่งให้กับลูกค้า(Clyde F. Coombs,Jr .1995)

ข้อควรระวังในการออกแบบวงจรขาอุปกรณ์ตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุและสารวัสดุกึ่งตัวนำต้องไม่สั้นเกินไป ควรให้ขาอุปกรณ์ป่องไม่ให้เกิดความร้อนที่ตัวอุปกรณ์ขณะทำการบัดกรี และสารทาวเวอร์ขาอุปกรณ์ในแนวนอนหรือแนวตั้งกับตัวชิ้นงานได้ตามความเหมาะสมถ้าวงจรขาอุปกรณ์ในแนวตั้งก็จะใช้พื้นที่น้อยลง ต้องตรวจสอบวงจรจุดที่มีการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ ให้เรียบร้อยว่าครบถ้วนถูกต้องหรือไม่เพื่อป้องกันความผิดพลาดซึ่งจะทำให้ไฟฟ้าลัดวงจรหรือวงจรขาด (สำเริง รัศมิวิสวะ. 2536)

## 2.4 กระบวนการทำงานของส่วนงานอิเล็กทรอนิกส์ทดสอบ (Electrical Test)

กระบวนการทำงานของส่วนงานอิเล็กทรอนิกส์ทดสอบ เริ่มต้นที่รับงานจากกระบวนการแพabriเคชั่น และมาผ่านการทำความสะอาดด้วยเครื่อง Post Clean Machine จากนั้นทำการตรวจสอบสภาพของแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าเบื้องต้นด้วยตา ขณะเดียวกันพนักงานทดสอบทำการเตรียมฟิกเจอร์ เพื่อทำการทดสอบ เมื่อเตรียมฟิกเจอร์เสร็จแล้ว จะนำฟิกเจอร์ไปติดตั้งที่เครื่องทดสอบเพื่อทดสอบกับชิ้นงานตัวอย่าง(First Setup Test)ก่อนการทำงานจริง เมื่อทดสอบชิ้นงานตัวอย่างผ่านแล้วก็จะทำการทดสอบกับแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าทุกแผ่นและเมื่อทดสอบเสร็จจะคัดแยกงานออกเป็น ผ่าน และ ไม่ผ่าน งานที่ผ่านการตรวจสอบเงื่อนไขพนักงานทดสอบจะส่งงานไปทำเครื่องหมายสัญลักษณ์ว่าผ่านโดย ประทับเครื่องหมาย “ET” บนชิ้นงาน และการใช้สีขีด บนขอบแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าทางด้านขวาเสร็จแล้วส่งงานไปตรวจสอบด้วยตา (Final 100% Inspection) ที่ส่วนงานถัดไป ส่วนงานที่ทดสอบแล้วไม่ผ่านจะถูกนำไปซ่อม และนำมาทดสอบอีกครั้ง ถ้าซ่อมไม่ผ่านหรือทดสอบหลังซ่อมแล้วไม่ผ่านก็จะทิ้งแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้านั้น



รูปที่ 2.18 เครื่องหมายสัญลักษณ์ที่ผ่านการตรวจสอบโดย ประทับเครื่องหมาย “ET” และการใช้สิจัด บนขอบแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า

ในจำนวนความแปรปรวนที่เกิดขึ้นกับในกระบวนการ Electrical test มีตั้งแต่เริ่มออกแบบ การแก้ไขข้อมูลการออกแบบ (CAD Data) จนกระทั่งมีการตรวจสอบ มีโอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดขึ้นในการทดสอบ ซึ่งการหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดความผิดพลาดในกระบวนการ Electrical test เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถึงแม้จะมีการป้องกันอย่างไร แต่สุดท้าย ของเสียที่เกิดขึ้นคือ เส้นวงจรไฟฟ้าขาด (open) หรือ เส้นวงจรไฟฟ้าลัดวงจร บ่อยครั้งที่ไม่สามารถตรวจจับของเสียนี้ได้ จนกระทั่งไปตรวจพบที่ลูกค้า หรือผู้ใช้งาน เมื่อมีการวิเคราะห์ สาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น สาเหตุที่แท้จริงส่วนมากมาจาก ความผิดพลาดของผู้ปฏิบัติงาน (Operator error) ที่ทำการทดสอบ เช่น ความผิดพลาดที่เกิดจาก ผู้ออกแบบ Fixture หรือพนักงานที่ทำการทดสอบ ซึ่งเทคโนโลยีใหม่ยังไม่สามารถแก้ไขได้ การฝึกอบรมและสร้างจิตสำนึกจึงเป็นสิ่งที่สำคัญ (Martin W. Jawitz. 1997 : 32.29)

### เครื่องตรวจสอบแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า (Electrical test Machine)

การทดสอบแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยี โดยเริ่มตั้งแต่ แผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าด้านเดียว ต่อมาเป็นสองด้าน และเป็นแบบแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าหลายชั้น การซ่อมหรือ การทำใหม่ และสุดท้ายเป็นการตรวจสอบด้วยตาเพื่อตรวจสอบความสวยงาม ลักษณะของเครื่องทดสอบ แบ่งได้ดังนี้

1. เครื่องทดสอบแบบ เดดิเคซ เทสเตอร์ (Dedicated Testers) เป็นเครื่องทดสอบที่ใช้ ฟิกเจอร์ สามารถตรวจจุดที่ใช้ในการตรวจสอบได้ตั้งแต่ 2-4,000 จุด แต่ในปัจจุบันสามารถพัฒนา จุดตรวจสอบได้ถึง 8,000 จุดตรวจสอบ เช่น เครื่องทดสอบรุ่น Scorpion HV 90 SMTของบริษัท Everett Charles Technologies (ECT)

2. เครื่องทดสอบรุ่น ยูนิเวอร์แซล กริด เทสเตอร์ (Universal Grid Testers) เครื่องทดสอบ ยูนิเวอร์แซล กริด เทสเตอร์ ที่ใช้ฟิกเจอร์ ครั้งแรกทำการการผลิต ค.ศ. 1980 ที่อเมริกา คุณสมบัติของเครื่องสามารถทดสอบพื้นที่ที่มีขนาด 100 mil(2.54 ซม.) หรือ 100 จุดทดสอบต่อตารางนิ้ว และสามารถทดสอบกับพื้นที่ขนาด 18 x 24 in (457 x 610 ซม.) ซึ่งมีจุดทดสอบ 43,200 จุด เช่น เครื่องทดสอบรุ่น TTI1400 ของบริษัท Test Technology International (TTI)

3. เครื่องทดสอบแบบ ยูนิเวอร์แซล กริด ท็อป/บัตทอม(Universal Grid Top/Bottom) สำหรับแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าแบบสองด้าน มีการผลักดันให้เกิดแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าหลายชั้น แบบหลายชั้น และจะต้องมีการทดสอบการเชื่อมต่อลายวงจรของแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าทุกชั้น เช่นเครื่องทดสอบยี่ห้อ FASTEK International รุ่น S-380

4. เครื่องทดสอบแบบ ฟลายอิงโพรบ เทสเตอร์ (Flying-Probe Tester) เป็นเครื่องทดสอบที่ทดสอบตามโปรแกรม สามารถทดสอบได้ 30 ถึง 60 นาทีโดยทดสอบแบบต่อเนื่อง จำนวนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าทดสอบได้มากกว่า 20 แผ่น และมีประสิทธิภาพสูง เช่น เครื่องทดสอบยี่ห้อ Probot รุ่น 6D ที่ใช้ทดสอบงานแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าสองด้าน

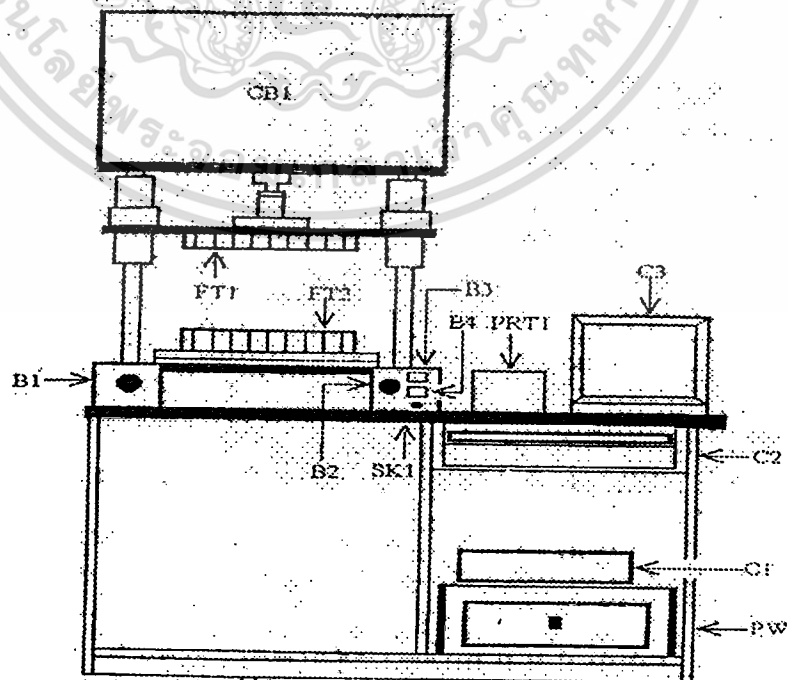
ในการทดสอบ แผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าสิ่งที่ควรคำนึงถึงคือ จำนวนจุดที่ต้องทดสอบในแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า จำนวนและขนาดของตารางเส้นในการทดสอบ เงื่อนไขต่างๆของแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าที่ใช้ทดสอบ และมาตรฐานในการทดสอบซึ่งที่ใช้ในปัจจุบัน คือ IPC ET-652 , MIL-55110-D และ MIL-STD-275 (Martin W. Jawitz. (32.1-32.29) 1997)

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของสำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ ณ นครโฮจิมินห์

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### หลักการทำงานของเครื่องตรวจสอบ ยี่ห้อ Sink รุ่น 6100

เครื่องทดสอบแผ่นพิมพ์ลายวงจรยี่ห้อ Sink รุ่น 6100 เป็นเครื่องทดสอบชนิด เดดิเคซ เทสเตอร์ (Dedicated Testers) และเป็นลิขสิทธิ์และผลิตโดยบริษัท SINK TEST CO., LTD ซึ่งอยู่ที่ประเทศไต้หวัน หลักการยี่ห้อ SINK รุ่น 6100 ซึ่งเมื่อ มีการตรวจสอบแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าถ้าเส้นวงจรไฟฟ้าไม่ขาดหรือไม่ลัดวงจรซึ่งจะมีเสียง (Beep) และจะมีข้อความ "Pass" ขึ้นที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ซึ่งถือว่าเป็นงานดี แต่ถ้าตรวจสอบแล้วหลังการตรวจสอบพบว่าเส้นวงจรไฟฟ้าขาดหรือลัดวงจรและไม่มีเสียง (Beep) และไม่มีข้อความ "Pass" ขึ้นที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ซึ่งถือว่าเป็นงานเลียรายละเอียดและข้อมูลเฉพาะของเครื่อง Sink รุ่น 6100 ดังนี้ ความสามารถในการทดสอบ (Test Capacity) 16,384 ตำแหน่ง การปรับแรงดัน ไฟฟ้าในการใช้ทดสอบ (Insulation Test Voltage) ที่ DC 50 V. – 250 V. กระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการลัดของวงจร (Short Test Current) ที่ 25 mA (Max) ที่แรงดันไฟฟ้า 250 V. แรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการขาดของวงจร (Open Test Voltage) ที่ DC 5 V. การปรับการทดสอบความต้านทานการลัดของลายวงจร (Short Resistance Setting) ที่  $2\text{ M}\Omega$  -  $100\text{ M}\Omega$  การปรับการทดสอบความต้านทานการขาดของลายวงจร (Open Resistance Setting) ที่  $10\text{ }\Omega$  -  $10\text{ K}\Omega$  ความจุของตัวเก็บประจุ (Capacitor)  $0.1\text{ }\mu\text{f}$ . คอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมรุ่น (Work Station) PC 586 หรือดีกว่า เครื่องอ่านแผ่นดิสเกตร์ขนาด 3.5 นิ้ว ความจุ 1.44 เมกะไบต์, หน่วยความจำหลัก 16 เมกะไบต์, หน่วยความจำสำรอง (Hard disk) 2.0 กิกะไบต์ พื้นที่ทดสอบ 500 X 600 ซม. ตัวอัดความดันขนาด (Compressor)  $6\text{ Kgs/cm}^2$  ( 6 Psi) ไฟฟ้าที่ใช้สำหรับเครื่อง : 110 V / 220 V 60 Hz / 50 Hz +/- 10% สภาพแวดล้อมในการทำงาน ความชื้นไม่เกินหรือต่ำกว่า 60% อุณหภูมิ 10-30



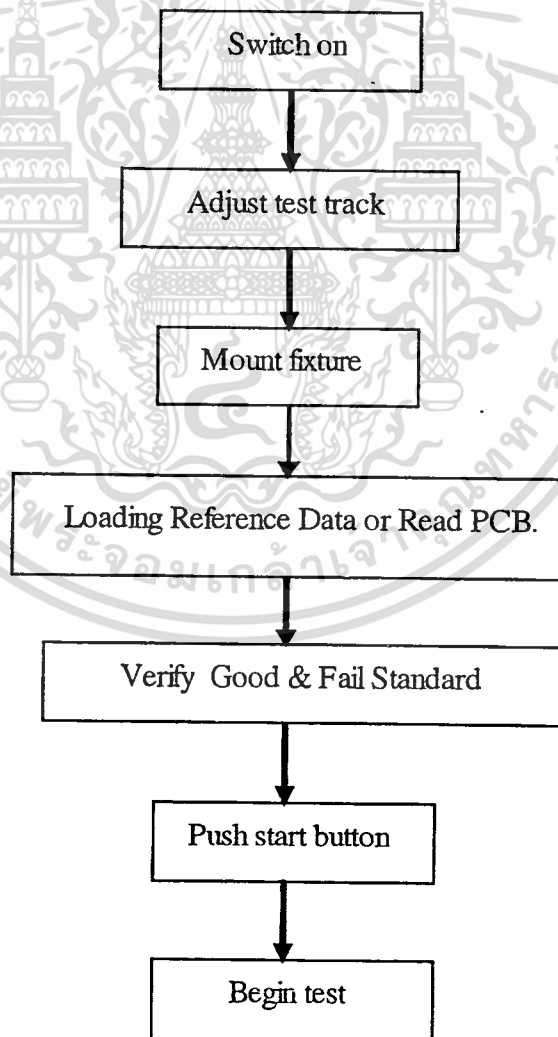
รูปที่ 2.19 เครื่องทดสอบแผ่นพิมพ์ลายวงจรยี่ห้อ Sink รุ่น 6100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสาร หากมีการนำออกไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสาร จะถือว่าผิดกฎหมาย และต้องรับผิดชอบต่อเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ส่วนประกอบเครื่องทดสอบแผ่นพิมพ์ลายวงจรยี่ห้อ Sink รุ่น 6100

|                         |                       |
|-------------------------|-----------------------|
| B1 : Start Switch       | B : Button            |
| B2 : Start Switch       | C : Computer          |
| B4 : Printer switch     | FT : Fixture          |
| C1 : Main computer      | PRT : Print           |
| C2 : Keyboard           | PW : Power            |
| C3 : Monitor            | SK : Socket           |
| CB1 : Press control box | FT1 : Up Fixture      |
| FT2 : Down Fixture      | PRT1 : Printer        |
| PW1 : HV Power Supply   | SK1 : Pin Find Socket |

ขั้นตอนการเริ่มใช้งานเครื่องทดสอบแผ่นพิมพ์ลายวงจรยี่ห้อ Sink รุ่น 6100 มีดังนี้



รูปที่ 2.20 ผังการทำงานของ เครื่องทดสอบแผ่นพิมพ์ลายวงจรยี่ห้อ Sink รุ่น 6100

เอกสารนี้เป็นเอกสารของบริษัท (Sink Testing Co., Ltd. คู่มือ Dedicate High Voltage Bare PCB Tester ST6100) ในการดำเนินการ  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.5 วัสดุอุตสาหกรรม

### 2.5.1 พลาสติก (Plastic)

พลาสติก เป็นสารสังเคราะห์ที่มนุษย์คิดค้นขึ้นมาและมีโครงสร้างขนาดใหญ่มาก ประกอบด้วยธาตุสำคัญคือ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน คลอรีน ฯลฯ การค้นพบพลาสติกครั้งแรกค้นพบใน ค.ศ. 1868 โดย ช่างพิมพ์ชาวอเมริกันชื่อ John Wesley Hyatt และนำมาทำเป็นลูกบิลเลียดแทนงาช้าง สมาคมวิสวพลาสติก และอุตสาหกรรมพลาสติก แห่งสหรัฐอเมริกาได้ให้คำจำกัดความพลาสติกว่า พลาสติก คือ วัสดุที่ประกอบด้วยสารหลายอย่าง มีน้ำหนักโมเลกุลสูง คงรูปเมื่อผ่านกรรมวิธีการผลิต ลักษณะอ่อนตัวขณะทำการผลิต ซึ่งโดยมากใช้วิธีการผลิตด้วยความร้อน หรือแรงอัดหรือทั้งสองอย่าง แหล่งที่มาของพลาสติกได้มาจาก น้ำมันและก๊าซธรรมชาติ และได้มาจากการสังเคราะห์ขึ้นโดยมนุษย์ ลักษณะของคุณสมบัติของพลาสติกโดยทั่วไปมีคุณสมบัติหลากหลาย เช่น แข็ง อ่อนนุ่ม ยืดตัว เหนียวทนทาน ใส ทึบ เบา ถอยน้ำ ทนความร้อน ทนการสึกกร่อน ทนสารเคมี เป็นฉนวนไฟฟ้า กันน้ำ ไม่ติดง่าย หลอมได้ในตัว ทำเป็นสีต่างๆ ได้นอกจากนั้นพลาสติกสามารถแบ่งตามทางกายได้ 3 ชนิด คือพลาสติกผง (Power) พลาสติกเม็ด (Pellet & Grandule) พลาสติกเหลว (Liquid) ประเภทของพลาสติกแบ่งได้แบ่งออกเป็น 2 ประเภทดังนี้

1. เทอร์โมเซตติง (Thermosettings) คือ พลาสติกที่มีรูปทรงถาวรเมื่อผ่านกรรมวิธีผลิตด้วยความร้อน(Heat) และแรงอัด (Casting) หรือผ่านกรรมวิธีผลิตด้วยการหล่อพลาสติกเหลว (Pressure) จะนำไปหลอมเพื่อหล่อใหม่ไม่ได้ เทอร์โมเซตติงพลาสติกมีดังนี้

1.1 ยูเรีย (Urea) นิยมนำมาทำกาวยไม้อัดและชิปบอร์ด น้ำยาเคลือบผิว ประเภทผลิตภัณฑ์ นิยมใช้ทำอุปกรณ์ไฟฟ้า ตู้วิทยุ ปุ่มจับ ค้ามเครื่องมือต่างๆ

1.2 เมลามีน(Melamine) นิยมใช้ทำถ้วยชามมากที่สุด นอกจากนั้น ยังใช้ทำวัสดุสำหรับปิดผิวโต๊ะ หรือที่เรียกว่า ฟอร์ไมก้า (Formica) และ Texolite ชนิดเหลว ใช้ทำกาวย

1.3 อีพอกซี(Epoxy) นิยมนำมาทำเป็นกาวอีพอกซี ผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์กลาสชนิดดี ชิ้นส่วนต่าง ๆ ของยานยนต์

1.4 ฟีนอลิก(Phenolic) เป็นพลาสติกสังเคราะห์จาก ฟีนอลกับฟอร์มัลดีไฮด์เข้าด้วยกันนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ เช่น ค้ามหม้อกระทะ ค้ามเตารีด อุปกรณ์ไฟฟ้า

1.5 โพลีเอสเตอร์ (Polyester) หรือที่เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ไฟเบอร์กลาส นำมาทำเป็น กระดุม ผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์กลาส ผลิตภัณฑ์พลาสติกหล่อ สีโป๊วรถยนต์ งามาซีเทียม หยกเทียม

1.6 ซิลิโคน (Silicone) ใช้ทำเป็นแม่แบบยางในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์พลาสติก หล่อกาวยพิเศษเชื่อมรอยต่อตู้กระจกใส่ปลา

1.7 โพลียูเรเทน (polyurethane) ใช้ทำเป็นฟองน้ำ เบาะนั่ง ไม่เกาะสลักเข็ม น้ำยาเคลือบไม้

2. เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastics) เป็นพลาสติกที่มีโครงสร้างแบบสายยาวหรือแบบสาขา และสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เทอร์โมพลาสติกที่สำคัญและนิยมใช้กันทั่วไป คือ

2.1 อะครีลิก (Acrylic) เป็นพลาสติกใสแข็งแรงพอควรแต่เป็นรอยขีดข่วนง่าย นิยมนำมาทำเป็น ป้ายร้านค้า ป้ายโฆษณา โคมหลังคา กระบอกแวนตาเลนส์ โคมไฟ เฟอ์นิเจอร์ ถาดและถ้วยบรรจุของเหลวชนิดใส

2.2 ฟลูออโรคาร์บอน (Fluorocarbons) เป็นพลาสติกที่มีน้ำหนักมาก แรงกรทบได้ดี เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดีมาก นิยมนำมาเคลือบภายในหม้อกระทะฟร้งที่เห็นเป็นสีน้ำตาลเข้ม สีเขียวเข้ม เคลือบหม้อหุงข้าว

2.3 โพลีเอไมด์ (Polyamide) หรือเรียกอีกอย่างว่า ไนลอน เป็นพลาสติกเบา มีราคาแพง มีความทนทานต่อแรง คงเสียดสีสูง รับแรงอัดได้ดี ทนต่อความร้อนและรอยขีดข่วน นิยมนำมาทำเป็น เกียร์ เบร้ง บูช เส้นใย ทำร่มชีพ ถุงเท้า เสื้อผ้า เอ็นคกปลา ใช้ทำค้อนพลาสติก วาล์ว ใบพัดในท่อส่งน้ำ

2.4 โพลีเอทิลีน (Polyethylene) ใช้ทำถังบรรจุน้ำหวาน ดอกไม้พลาสติก ขวดบรรจุน้ำมันเครื่อง

2.5 โพลีโพรพิลีน (Polypropylene) ถังบรรจุของร้อน เชือกปอ ถังน้ำ

2.6 โพลีสไตรีน (Polystyrene) ใช้ทำ ถังบรรจุไฮโดรเจน และถูกกวาด ตู้วิทยุ และโทรทัศน์ ไม้บรรทัด ตะเกียบ และทำโฟม

2.7 เอบีเอส (ABS) เป็นพลาสติกที่รับแรงกระแทกได้ดีมาก ทนความร้อนได้ถึง 212 องศาฟาเรนไฮต์ ทนค่างได้พอสมควร ใช้ทำเครื่องรับโทรทัศน์ ชิ้นส่วนฝาครอบพัดลม ใช้ทำหมวกกันน็อก หน้าตู้เย็น ถาดอาหารและชิ้นส่วนในรถยนต์ และอุปกรณ์ไฟฟ้า ปุ่มหมุนวิทยุโทรทัศน์ ถาดอาหาร

2.8 โพลีเอสเตอร์ (Polyester) เป็นพลาสติกที่มีความยืดหยุ่นสูง ทนอุณหภูมิได้ปานกลาง รับแรงกระแทกได้ดีนำมาทำเป็นเส้นใยทอเสื้อผ้าฟิล์มถำรูป ฟิล์มไมลาร์ เทปบันทึกเสียง ขวดน้ำอัดลม และขวดของเหลวชนิดดี

2.9 พวีซี (Polyvinyl Chloride) PVC. สามารถรับแรงดึงได้ดีไม่สกปรกง่าย ทำเป็นสีต่างๆ ได้ ผ้ายาง หนังสือพิมพ์ ท่อเอสลอน สายยางฉีดน้ำ สายไฟฟ้า ขวดยาสระผม ขวดน้ำมันพืช

2.10 โพลีคาร์บอเนต (Polycarbonate) มีคุณสมบัติแข็งแรง ทนทานดีมาก ทนความร้อนขณะใช้งานได้ถึง 240 องศาฟาเรนไฮต์ ทนกรด ทนค่างได้ดี นำมาทำ โคมไฟสาธารณะ แวนตากันแดด ขวดนมชนิดดี ถังถำรูปรุ่นใหม่ (อุคมศักดิ์ สาริบุตร. 2545 : 91-111)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พลาสติกที่ผลิตจากโรงงานจะมีลักษณะเป็นเม็ดเล็ก ๆ หรือเป็นผงจากนี้จึงจะนำไปแปรรูปเป็นเครื่องใช้ต่าง ๆ เราสามารถเปลี่ยนรูปมาเป็นเครื่องใช้ไม้สอยต่าง ๆ ได้หลายวิธี เช่น

1. หล่อแบบฉีดอัด (injection molding) เม็ดหรือผงพลาสติกชนิดเทอร์โมพลาสติกจะถูกเทลงปากกรวย (feed hopper) ลงสู่กระบอกสูบที่ทำให้ร้อน พลาสติกที่อ่อนตัวลงจะถูกอัดด้วยลูกสูบให้เข้าไปในแบบที่เย็น ทำให้พลาสติกเย็นลง สามารถคงรูปอยู่ได้เมื่อแกะออกจากแบบ

2. หล่อแบบเป่า (blow molding) วิธีนี้ใช้ในการทำขวดหรือภาชนะกลวงต่าง ๆ ที่มีปากแคบ โดยหย่อนให้หลอดพลาสติกที่อ่อนตัวลงแล้วในแบบที่แยกออกเป็น 2 ซีกตามแนวดิ่ง เมื่อประกอบแบบเข้าด้วยกันจะเป็นโพรงรูปขวดอยู่ภายใน ส่วนตอนบนที่เป็นช่องสำหรับปล่อยให้อากาศอัดผ่านเข้าไปเป่าให้พลาสติกพองออกเหมือนกับลูกโป่ง จนกระทั่งเกิดเป็นรูปขวดหรือภาชนะตามแบบ

3. การเข้ารูปโดยอาศัยสุญญากาศ (vacuum forming) แผ่นพลาสติกร้อน ๆ จะถูกดึงให้เข้ารูปตามแบบ จากนั้นจะทำให้เกิดสุญญากาศระหว่างแผ่นพลาสติกกับแบบเพื่อที่จะดูดแผ่นพลาสติกให้เข้าแนบแน่นกับแบบ (<http://kanchanapisek.or.th/kp6/BOOK2/chapter5/t2-5-14.htm>)

### 2.5.2 สี (color)

สีมีอิทธิพลต่อมนุษย์โลกมาก โดยเฉพาะทางด้านจิตใจ สรรพสิ่งในธรรมชาติประกอบไปด้วยสีหลากหลายสี สีที่มองเห็นจำนวนมาก เช่น สีฟ้าของท้องฟ้าให้ความรู้สึกสว่างสดใส สีเขียวของใบไม้ให้ความรู้สึกสดชื่น สีน้ำเงินอมเขียวของน้ำทะเลให้ความรู้สึกสงบลึกถ้ำ สีเหลืองอมน้ำตาลของทะเลทรายให้ความรู้สึกสว่าง สีที่ปรากฏจำนวนมากเหล่านี้ จัดว่าเป็นสีหลักที่มีผลกระทบต่อจิตใจและบุคลิกภาพของมนุษย์เป็นอย่างมาก ในทางตรงกันข้าม ถ้าสมมุติให้ท้องฟ้าเป็นสีส้ม ใบไม้ทั้งป่าเป็นสีแดง เราก็คงจะได้พบเห็นบุคลิกภาพของมนุษย์ในอีกลักษณะหนึ่งเป็นแน่ อย่างไรก็ตามสีอื่นๆ ที่มีจำนวนน้อยในธรรมชาติ ก็มีอิทธิพลต่อชีวิตมนุษย์เช่นเดียวกัน

เมื่อเรารู้ถึงความสำคัญของสีซึ่งมีอิทธิพลต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์แล้ว เราก็ควรทำความเข้าใจในเรื่องอย่างละเอียด เพื่อจะได้เลือกใช้สีประกอบในการออกแบบ ให้มีประโยชน์ตรงตามวัตถุประสงค์ของงานออกแบบนั้นๆ เช่น ในการออกแบบสถานเริงรมย์ควรใช้โครงสร้างที่สดใสฉูดฉาด ส่วนสถานพยาบาลควรใช้โครงสร้างที่อ่อนหวานและสงบ เป็นต้น

สีจะมีผลต่อมนุษย์ในเชิงจิตวิทยา มีผลต่ออารมณ์ และการรับรู้ของมนุษย์ สีจึงมีประโยชน์มากในการออกแบบป้ายสัญลักษณ์ สิ่งที่สำคัญที่สุดในการออกแบบป้ายสัญลักษณ์บนสีต่างๆ คือการตัดกันระหว่างสีพื้นและสีตัวอักษร รายชื่อคู่สีที่มีประสิทธิภาพในการใช้งาน จัดลำดับจากการมองเห็นและอ่านได้ง่ายที่สุดไปยากที่สุดดังนี้

1. ดำบนเหลือง
2. ดำบนขาว
3. เหลืองบนดำ
4. ขาวบนน้ำเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- |                    |                    |
|--------------------|--------------------|
| 5. เหลืองบนน้ำเงิน | 6. เขียวบนขาว      |
| 7. น้ำเงินบนเหลือง | 8. ขาวบนเขียว      |
| 9. ขาวบนน้ำตาล     | 10. น้ำตาลบนเหลือง |
| 11. น้ำตาลบนขาว    | 12. เหลืองบนน้ำตาล |
| 13. แดงบนขาว       | 14. เหลืองบนแดง    |

และนอกจากนั้นการแปลความหมายของสีในทางจิตวิทยามีดังนี้

- |           |                                                                                                                                                                                                                |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| สีแดง     | รุนแรงตื่นเต้น แข็งแกร่งมีพลัง ร้อนระอุ เห็นชัดเจน กระตุ้นประสาทตา และดึงดูดความสนใจแก่ผู้พบเห็น บางครั้งแสดงถึงพลังอำนาจเมื่อนำมาใช้ร่วมกับสีทอง ในทางความปลอดภัย หมายถึง ความเป็นอันตราย การหยุดการไม่ยอมรับ |
| สีเหลือง  | เบิกบาน สว่างสดใส มั่งคั่ง สมบูรณ์ กระตุ้นสายตา ไวต่อการมองเห็นของมนุษย์และเมื่ออยู่ใกล้กับสีอื่นๆ จะเปล่งพลังข่มสีเหล่านั้น ในทางอุตสาหกรรม หมายถึง ความระมัดระวัง การเตรียมความพร้อม                         |
| สีน้ำเงิน | เรียบร้อย สงบ อ้ากว้าง แต่มั่นคง ถ้าใช้ในปริมาณมากจะทำให้รู้สึกงียบสงบ วังเวง                                                                                                                                  |
| สีเขียว   | สงบ ร่มเย็น มีชีวิตชีวา ถ้าใช้ปริมาณมากจะทำให้รู้สึกอุดมสมบูรณ์และช่วยให้ประสาทตาและกล้ามเนื้อผ่อนคลายจากความตึงเครียด ในทางอุตสาหกรรม หมายถึง ความปลอดภัย หรือ การยอมรับ                                      |
| สีส้ม     | สงบ ภาควิมิ ถ้าใช้ในปริมาณมากๆ และผสมให้อ่อนลงทำให้รู้สึกซึมเศร้าเหงา ผิดหวัง เว้งว้างและลึกลับน่ากลัว                                                                                                         |
| สีขาว     | สะอาดตา บริสุทธิ์ แต่ถ้าใช้ปริมาณมากทำให้รู้สึกจืดชืด จำเจ และน่าเบื่อ                                                                                                                                         |
| สีดำ      | มืดมิด ลึกลับ เศร้าหมอง น่าเกรงกลัว ความตาย เมื่อใช้กับสีอื่นๆ จะส่งให้สีอื่นเด่นชัด                                                                                                                           |
| สีเทา     | ธรรมดา เรียบร้อย แก่ชรา แต่ถ้าเป็นเสื้อผ้าจะให้ความรู้สึกสง่างามเข้ากับทุกสีได้                                                                                                                                |
| สีชมพู    | แสดงความอ่อนหวานนุ่มนวลและเป็นสัญลักษณ์ของความรัก                                                                                                                                                              |
| สีน้ำตาล  | หนักแน่นมั่นคง ถ้าใช้ปริมาณมากหรือเป็นสัดส่วนรวมของภาพทำให้รู้สึกแห้ง                                                                                                                                          |

นอกจากนั้นการใช้สีที่แตกต่างกันในเรื่องค่าน้ำหนัก(Value)วรรณะ(Tone) และพื้นที่การใช้สี จะก่อให้เกิดการรับรู้เปลี่ยนไป รวมถึงอายุ เช่น คนมีอายุมากชอบสีน้ำเงิน ผู้ชายชอบสีโทนเข้ม และผู้หญิงชอบสีโทนสว่างสดใส ในการออกแบบสามารถใช้สีในการสื่อสารได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้ในเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่สามารถนำออกเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สีกับความรู้สึกเกี่ยวกับขนาด สีอ่อนจะให้ความรู้สึกกว้างใหญ่กว่าสีเข้ม สีมืดจะให้ความรู้สึกที่แคบลง สีกับความรู้สึกเกี่ยวกับความสะอาด สีที่ผสมสีขาวหรือสีนวลจะให้ความรู้สึกที่สะอาดตา น่าใช้ การใช้สีเดียวจะให้ความรู้สึกสะอาดกว่าหลายสี สีกับความรู้สึกเกี่ยวกับพลัง สีที่ไม่ได้ผสมกับสีอื่นๆจะให้พลังที่สดใสแข็งแกร่งกว่าสีที่ผสม สีกับความรู้สึกเคลื่อนไหว สีที่อยู่ในวรรณะร้อน จะแสดงถึงความเคลื่อนไหวได้ดีกว่าวรรณะ

(<http://rbu.rb.ac.th/somsak/design/>)

## 2.6 หลักการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ในการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมผู้ออกแบบจะต้องคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

1. หน้าที่ใช้สอย (Function) ผู้ออกแบบจะต้องคำนึงถึงหน้าที่ใช้สอยของผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบ ว่าต้องการนำไปใช้ทำอะไร ให้ใครใช้ ใช้ที่ไหน และสามารถใช้งานได้จริงเพียงใด

2. ความปลอดภัย(Safety) ผู้ออกแบบจะต้องคำนึงความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อผู้ใช้งาน เทียบเท่าหน้าที่ใช้สอยการทำงาน เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม นักกลับมาใช้ใหม่ได้หรือไม่ ถ้าหลีกเลี่ยงไม่ได้ต้องทำเครื่องหมายชี้บ่ง

3. ความแข็งแรงในการทำงาน (Construction) คือความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบ เลือกวัสดุที่เหมาะสม มีโครงสร้างแข็งแรง สามารถรองรับการทำงานของหน้าผลิตภัณฑ์ได้

4. ความสะดวกสบายในการใช้งาน (Ergonomics) คือการออกแบบให้เหมาะสมกับผู้ใช้งาน ขนาด รูปร่างและรูปทรงที่พอเหมาะกับผู้ใช้งาน ประหยัดพื้นที่

5.ความสวยงามน่าใช้ (Aesthetics) หมายถึง การออกแบบให้มีรูปร่างสวยงาม รูปลักษณะแปลกใหม่ ให้ความรู้สึกอยากได้ หรืออยากใช้งาน

6. ราคาพอควร (Cost ) หมายถึงผู้ออกแบบจะต้องทราบกลุ่มเป้าหมายที่จะบริโภค หรือใช้สินค้าที่จะออกแบบ ว่าเป็นกลุ่มใด และเลือกวัสดุที่เหมาะสมกับราคา และคุณภาพของสินค้า

7. สามารถซ่อมแซมง่าย (Ease of Maintenance ) หมายถึงผู้ออกแบบจะต้องคำนึงถึงการซ่อมบำรุงรักษา เมื่อสินค้ามีปัญหา มีอะไหล่เปลี่ยนเพื่อเป็นการประหยัดเงิน ลดการสร้างขยะ

การออกแบบผลิตภัณฑ์นั้นต้องคำนึงถึงผู้ใช้ ลักษณะการนำไปใช้เป็นหลัก ความเหมาะสมกับสภาพที่ใช้ ตลอดจนการเลือกวัสดุ(มนตรี ยอดบางเดช . 2538 : 72-73)

### 2.6.1 ขนาดสัดส่วนมนุษย์เพื่อการออกแบบ

การออกแบบโดยทั่วไป คือการสร้างสรรค์สิ่งต่างๆ รวมทั้งสภาพแวดล้อมเพื่อสนองความต้องการของมนุษย์เพิ่มความสะดวกสบายในการทำงานเป็นการออกแบบตามสัดส่วนร่างกายมนุษย์ (Ergonomic Design) การเคลื่อนไหวส่วนต่างๆ ของร่างกายมนุษย์ กายวิภาคของมนุษย์ (Anatomy) ของมนุษย์ เป็นปัจจัยสำคัญในการออกแบบ การออกแบบที่ดีจะได้ผลดีจะต้องแน่ใจว่าเหมาะสมกับเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มเป้าหมายอย่างแท้จริง การคำนึงถึงสัดส่วนการใช้สอยส่วนตัว การสัมผัส หยิบ อุ้ม บิด และ กอบ การยก การอุ้ม ดึง วัตถุต่างๆ หรือแม้กระทั่งขาที่ช่วยในการเคลื่อนไหวร่างกาย ขนาดสัดส่วนตามมิติของร่างกายมนุษย์

แสดงตัวเลขอัตราส่วนระหว่างมิติส่วนต่างๆ ของร่างกายต่อความสูงยืน และมิติวิกฤต

ตารางที่ 2.2 ตารางตัวเลขอัตราส่วนระหว่างมิติส่วนต่างๆ ของร่างกาย  
(อุดมศักดิ์ สาริบุตร. 2545 : 66-67)

| หมายเลข | มิติส่วนต่างๆ ของร่างกาย           | อัตราส่วน | ต่ำสุด | เฉลี่ย | สูงสุด |
|---------|------------------------------------|-----------|--------|--------|--------|
| 1       | ความสูงยืน                         | 1.00      | 148.30 | 160.60 | 173.27 |
| 2       | ความสูงระดับตา                     | 0.93      | 138.36 | 146.60 | 161.66 |
| 3       | ความสูงระดับไหล่                   | 0.83      | 122.64 | 132.81 | 143.29 |
| 4       | ความสูงระดับมือ                    | 437.00    | 64.80  | 70.18  | 75.71  |
| 5       | ความสูงเอื้อมมือขึ้นบน             | 1.26      | 186.11 | 201.55 | 217.45 |
| 6       | ความสูงนั่ง                        | 0.52      | 77.56  | 83.99  | 90.62  |
| 7       | ความสูงระดับตา                     | 0.46      | 68.21  | 73.87  | 97.70  |
| 8       | ความสูงระดับที่นั่งถึงระดับไหล่    | 0.35      | 52.49  | 56.85  | 61.33  |
| 9       | ความสูงจากที่นั่งถึงข้อศอก         | 0.14      | 21.20  | 22.96  | 24.77  |
| 10      | ความสูงจากที่นั่งถึงตอนบนของขาอ่อน | 0.08      | 12.16  | 13.16  | 14.20  |
| 11      | ความสูงจากพื้นถึงตอนบนของเข่า      | 0.30      | 44.93  | 48.66  | 52.50  |
| 12      | ระยะจากหน้าท้องถึงเข่า             | 0.22      | 33.07  | 38.81  | 38.63  |
| 13      | ระยะจากก้นถึงระดับน่องตอนบน        | 0.25      | 37.66  | 40.79  | 44.01  |
| 14      | ระยะจากก้นถึงเข่า                  | 0.33      | 48.79  | 52.83  | 57.00  |
| 15      | ความยาวของขาที่นั่ง                | 0.63      | 92.83  | 100.53 | 108.46 |
| 16      | ความกว้างของที่นั่ง                | 0.23      | 33.51  | 36.29  | 39.15  |
| 17      | ระยะเอื้อมแขนไปข้างหน้า            | 0.49      | 72.81  | 78.85  | 85.07  |
| 18      | ความกว้างกางแขน                    | 1.02      | 151.56 | 164.13 | 177.08 |
| 19      | ความกว้างระหว่างศอก                | 0.26      | 38.85  | 42.12  | 45.37  |
| 20      | ความกว้างของไหล่                   | 0.25      | 37.51  | 40.63  | 43.83  |

นอกจากนั้นในทางกฎหมายในการทำงานตามพระราชบัญญัติคุ้มครองแรงงาน พ.ศ. 2541

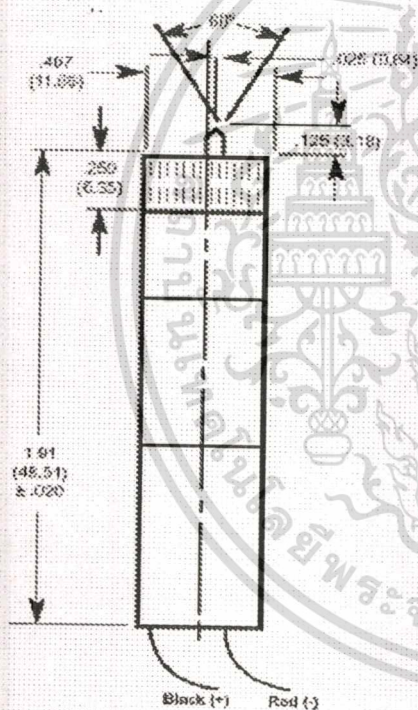
ตามหมวด 3 ว่าด้วยการใช้แรงงานหญิง มาตราที่ 39 ข้อ 3 กล่าวไว้ว่างานยก แบก หาม หาบ ทูน

เอกสาร ลาก หรือเข็นของหนักเกิน 15 กิโลกรัม เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.7 อุปกรณ์ Marker Probe (BMP-1)

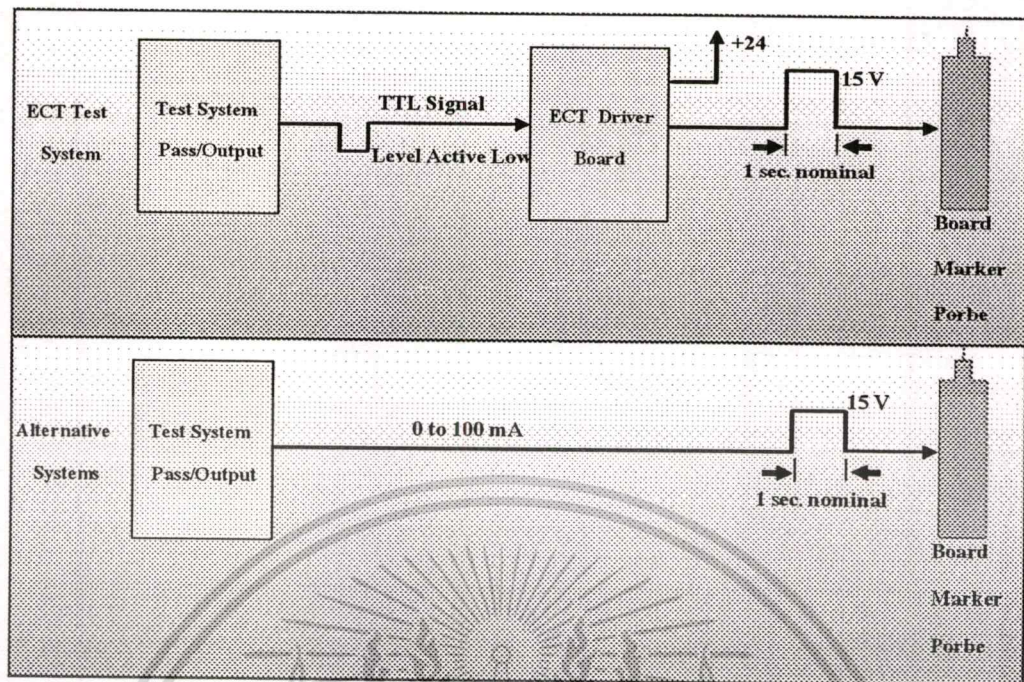
อุปกรณ์ Marker Probe เป็นลิขสิทธิ์และผลิตโดยบริษัท Everett Charles Technologies จำกัด ซึ่งตั้งอยู่ที่ประเทศสหรัฐอเมริกาซึ่งผลิตชิ้นส่วนและอุปกรณ์เกี่ยวกับการตรวจสอบและทดสอบแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า Marker Probe (BMP-1)ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อ ทำสัญลักษณ์ (Marking) เป็นรูปวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.65 mm. สำหรับแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าที่ตรวจสอบผ่าน หลังจากการผ่านตรวจสอบในการบวนการตรวจสอบลายวงจรด้วยกระแสไฟฟ้า (Electrical Test) ซึ่งจะต้องนำไปประยุกต์และออกแบบให้เหมาะสมกับเครื่องตรวจสอบแต่ละรุ่นแต่ละยี่ห้อ การออกแบบในการใช้งานสามารถใส่เข้าไปใน Fixture สำหรับตรวจสอบงานหรือที่อื่นๆ ตามความเหมาะสม

ข้อมูลของ Board Marker Probe (BMP-1)



| Probe Specifications                     | BMP-1                           |
|------------------------------------------|---------------------------------|
| <b>Mechanical</b>                        |                                 |
| Full Marker Tip Travel:                  | .062 (1.57)                     |
| Recommended Working Travel:              | .050 (1.27)                     |
| Direction of Rotation:                   | CCW                             |
| Scribed Diameter:                        | .050 (1.27)                     |
| Special diameters available.             |                                 |
| <b>Electrical (Operating Conditions)</b> |                                 |
| Current Rating:                          | 50 mA                           |
| Voltage Rating:                          | 15VDC                           |
| Recommended Duty Cycle:                  | 1 sec. On (min.),<br>5 sec. Off |
| <b>Materials and Finishes</b>            |                                 |
| Plunger Tip                              | Carbide                         |
| Receptacle:                              | Stainless steel                 |
| <b>Mounting Hole Size.</b>               |                                 |
|                                          | .468/.469<br>(11.89/11.91)      |

รูปที่ 2.21 Marker Probe และ ข้อมูล



รูปที่ 2.22 หลักการทำงานของ Marker Probe

หลักการติดตั้ง Marker Probe

ในการติดตั้ง Marker Probe เริ่มจากการเจาะรู Plate ของ Fixture ให้ให้ขนาด และตำแหน่งที่จะใส่ Marker Probe และ ใส่ Marker Probe เข้าไปที่ฐานรองที่อยู่บนแผ่น Plate ของ Fixture ที่เจาะจากนั้นใส่ส่วนที่เป็นมอเตอร์เข้ากับ Receptacle ต่อสายไฟฟ้าจาก Marker Probe เข้ากับระบบเครื่องจักร

การบำรุงรักษา Marker Probe

ถอดสายไฟฟ้าจาก Marker Probe ออกจากระบบเครื่องจักร จากนั้นหมุนมอเตอร์ที่ออกจาก BMT Housing และหมุน BMT Housing ออกจาก Receptacle ถัดสปริงของหัว Marker Probe หลวมให้เปลี่ยน BMT Housing ใหม่

<http://www.ectinfo.com>

## 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ประกาศิต ดันตือลงการ (2535 : 5-46 )ได้ทำการวิจัยเรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดประลองวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ กลุ่มตัวอย่างการวิจัยคือนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 2 แผนกไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคระยอง ปีการศึกษา 2535 กลุ่มตัวอย่างย่อย 6 คน กลุ่มทดลองภาคสนาม 26 คน รวม 32 คน โดยวิธีเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงผลการวิจัยพบว่าทางด้านใบประลอง ด้านการออกแบบ ด้านประสิทธิภาพทั้งการสอน มีความสะดวกในการนำใช้งาน และค่าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดำเนินการประลองมาก ก่อให้เกิดแรงจูงใจในการเรียน และต้องการทราบผลการประลองจึงส่งผลให้บรรลุจุดประสงค์ที่กำหนดไว้

ศักรินทร์ โสณันทะ (2542 : 4-57) ได้ทำการวิจัยเรื่องการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดประลองวิชา 111-363 ปฏิบัติการไฟฟ้าสื่อสาร กลุ่มตัวอย่างการวิจัย คือนักศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ ในภาคเรียนที่ 2/2541 จำนวน 20 คน ผลการวิจัยพบว่าจากการหาประสิทธิภาพของชุดทดลองได้คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างด้วยแบบทดสอบหลังการประลองได้เท่ากับ 84.93 %

อรวิริยา นามสวัสดิ์ (2547 :บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาและพัฒนาเครื่องควบ และดีเกิลยวเส้นไหมพบว่าผลการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องควบ และดีเกิลยวเส้นไหมด้านการออกแบบด้านวิศวกรรม ผลการประเมิน อยู่ในระดับ มากที่สุด (4.53) ผลการประเมินประสิทธิภาพด้านผู้ใช้เครื่องควบ และดีเกิลยวเส้นไหม อยู่ในระดับมาก(4.41) ประสิทธิภาพในการผลิตเส้นไหม พบว่าควบ และดีเกิลยวเส้นไหมสามารถผลิตเส้นไหมได้เฉลี่ย 2,648 กรัมต่อ 8 ชั่วโมง ผลการทดสอบทิศทางการเข้าเกลียวตามมาตรฐาน ISO 2-1973(E) พบว่า ทิศทางการเข้าเกลียวเป็นแบบ Z ผลการทดสอบจำนวนเกลียว ตามมาตรฐาน มอก.121 เล่ม 7-2518 พบว่า เส้นไหมมีจำนวนเกลียว 9.14 เกลียวต่อนิ้ว(ผ่านตามเกณฑ์)

ศุวิชัย เลิศสถาพรสุข (2547 : บทคัดย่อ) ได้ทำการพัฒนาชุดทดลองการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 สาขาช่างอิเล็กทรอนิกส์ แผนกอิเล็กทรอนิกส์ โรงเรียนเทคโนโลยีสยาม จำนวน 20 คน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2547 โดยให้นักศึกษาทำการปฏิบัติในงานระหว่างเรียนเป็นจำนวน 4 ใบ และนำความรู้ที่ได้จากการปฏิบัติในงานระหว่างเรียนไปใช้ในการปฏิบัติใบงานรวม ในระหว่างปฏิบัติใบงานมีการประเมินความสารถทางด้านปฏิบัติ โดยการสังเกตด้วยแบบวัดความสามารถทางการปฏิบัติและเมื่อปฏิบัติใบงานเสร็จแล้วจะมีการทดสอบด้วยแบบทดสอบ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาทดสอบหาประสิทธิภาพของชุดทดลองการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ผลการทดลองพบว่า ชุดทดลองการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ที่สร้างขึ้น มีประสิทธิภาพอยู่ที่ 82.89/81.45 สูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้และเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย

# บทที่ 3

## วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องการศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า โดย  
วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า เพื่อศึกษาความ  
พึงพอใจในการใช้งานชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ด้านหน้าที่ใช้สอย ด้านความ  
สะดวกสบายในการใช้งาน ด้านความปลอดภัยและการบำรุงรักษาของผู้ใช้งาน

ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดการดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.3 ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

### 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยครั้งนี้ครอบคลุมประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้

3.1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ พนักงานของส่วนงานอิเล็กทรอนิกส์ของ  
บริษัท เคซีอี อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด

3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ พนักงานของส่วนงานอิเล็กทรอนิกส์ของบริษัท เคซีอี  
อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด จำนวน 30 คน

### 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 เครื่องมือในการวิจัย ที่เลือกใช้ครั้งนี้มี 2 รูปแบบ คือ

3.2.1.1 เครื่องมือในการประเมินรูปแบบของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจร  
ไฟฟ้า โดยมีผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญหรือผู้มีประสบการณ์ในด้านที่เกี่ยวข้องดังนี้

#### 1. ด้านเทคนิคไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

- 1.1 รศ.ดร. สมสิทธิ์ จิตรสถาพร อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยี  
ทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์  
มหาวิทยาลัยบูรพา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ผศ. ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา

ประธานหลักสูตรศาสตร์  
อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า  
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1.3 คุณสมชาย จันทร์ประดิษฐ์

ผู้ช่วยผู้จัดการฝ่ายซ่อมบำรุง  
บริษัท เคซีอี อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด

1.4 คุณสุชาติ เอี่ยมหรรษา

หัวหน้าส่วนวิเคราะห์ปัญหา  
ด้านคุณภาพ ฝ่ายควบคุมคุณภาพ บริษัท  
เคซีอี อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด

1.5 คุณชาติ เส็งเจริญ

หัวหน้าส่วนงานซ่อมบำรุง  
บริษัท เคซีอี อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด

2. ด้านการออกแบบรูปแบบ

2.1 รศ. ประศาสน์ ณะดิลก

คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

2.2 คุณบุญยัง ปิยะวิริยะกุล

ผู้จัดการฝ่ายควบคุมคุณภาพ ของ  
บริษัท เคซีอี เทคโนโลยี จำกัด

2.3 อาจารย์เอกสิทธิ์ สุวรรณศรี

อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยปทุมธานี

2.4 คุณสงคราม งอกคำ

หัวหน้าส่วนงาน อิเล็กทรอนิกส์ทดสอบ  
(Electrical Test) ของบริษัท เคซีอี  
อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด

2.5 คุณไพริน มอมไพรัตน์

หัวหน้าส่วนงานวิศวกรรมออกแบบ  
เครื่องมือตรวจสอบ  
ของบริษัท เคซีอี อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด

3.2.1.2 เครื่องมือในการศึกษาความพึงพอใจในการใช้งานทั้ง 3 ด้าน โดยการทำ  
พนักงานที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทดลองใช้งาน ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า โดยใช้แบบ  
ประเมินความพึงพอใจในการใช้ทั้ง 3 ด้านดังนี้

1. หน้าที่ใช้สอย

2. ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน

3. ด้านความปลอดภัยและการบำรุงรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่ภายนอก  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.2 การสร้างเครื่องมือ

3.2.2.1 เครื่องที่ใช้ในการประเมิน ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า โดยมีกำหนดขั้นตอนดังนี้

สร้างเครื่องมือประเมินรูปแบบในการศึกษาและพัฒนา ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า โดยผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ด้าน ดังนี้

1. หน้าที่ใช้สอย
2. ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน
3. ด้านความปลอดภัยและการบำรุงรักษา

ตอนที่ 1 ประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับรูปแบบของ ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ทั้ง 3 ด้าน ลักษณะของแบบประเมินความคิดเห็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) โดยกำหนดน้ำหนักแบบ ประเมินค่า 5 ระดับ

|   |         |                 |
|---|---------|-----------------|
| 5 | หมายถึง | ระดับมากที่สุด  |
| 4 | หมายถึง | ระดับมาก        |
| 3 | หมายถึง | ระดับปานกลาง    |
| 2 | หมายถึง | ระดับน้อย       |
| 1 | หมายถึง | ระดับน้อยที่สุด |

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ เป็นคำถามชนิดปลายเปิดให้ผู้ตอบแบบประเมินแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะต่างๆ เกี่ยวกับการประเมินแนวโน้มความเป็นไปได้ของการออกแบบ ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า

3.2.2.2 เครื่องมือประเมินความคิดเห็นในการใช้งานของ ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า หลังจากสร้างผลิตภัณฑ์ โดยใช้แบบประเมินในการเก็บข้อมูล จากกลุ่มตัวอย่าง โดยประเมินความพึงพอใจในการใช้งานของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ทั้ง 3 ด้านและกำหนดขั้นตอนในการวิจัย ตามลำดับดังนี้

สร้างเครื่องมือประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่าง พนักงานของส่วนงาน อิเล็กทรอนิกส์ เทส (Electrical Test) ของบริษัท เคซีอี อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัดจำนวน 30 คน

ตอนที่ 1 แบบประเมินความพึงพอใจในการใช้งานของ ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ทั้ง 3 ด้าน ลักษณะของแบบประเมินเป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) โดยกำหนดน้ำหนักแบบ โดยกำหนดน้ำหนักแบบประเมินค่า 5 ระดับ ดังนี้

|   |         |                 |
|---|---------|-----------------|
| 5 | หมายถึง | ระดับมากที่สุด  |
| 4 | หมายถึง | ระดับมาก        |
| 3 | หมายถึง | ระดับปานกลาง    |
| 2 | หมายถึง | ระดับน้อย       |
| 1 | หมายถึง | ระดับน้อยที่สุด |

## ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะ

### 3.2.3 การตรวจสอบเครื่องมือ

1. ผู้วิจัยนำแบบประเมินหาประสิทธิภาพที่สร้างเสร็จแล้วเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาทำการตรวจสอบและแก้ไขความถูกต้องของเนื้อหาและความเหมาะสมของถ้อยคำ สำนวน ภาษา และความชัดเจนในถ้อยคำถามในแบบประเมิน

2. ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยทำการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือวิจัยโดยใช้วิธี Face Validity โดยอาศัยดุลยพินิจของผู้เชี่ยวชาญหรือผู้ที่รอบรู้เฉพาะเรื่อง (Subject Matter Specialists) โดยทำการตรวจสอบความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content Validity) โดยการนำเครื่องมือที่สร้างขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน พิจารณาถึงความเห็นและให้คะแนน ดังนี้

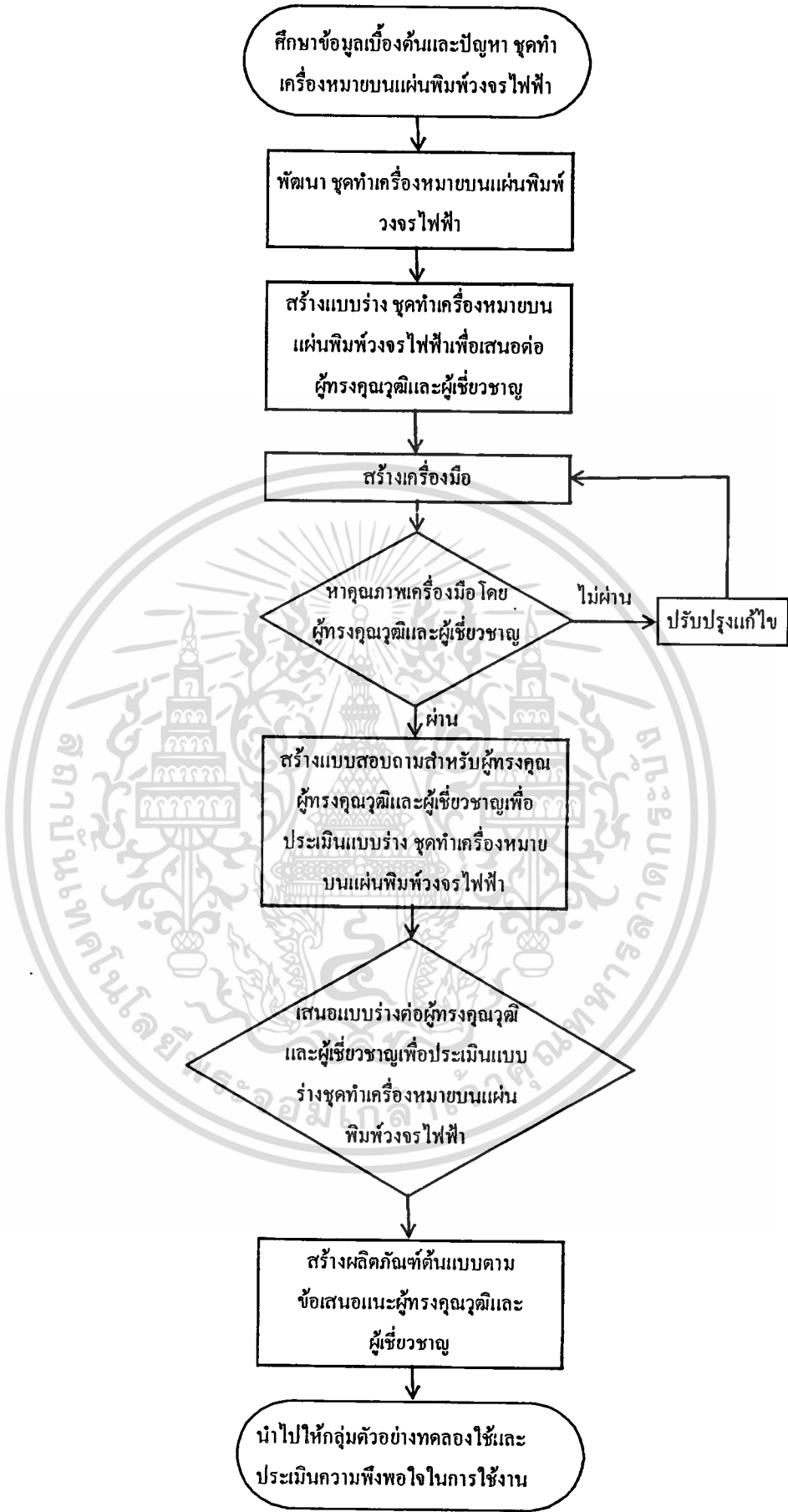
2.1 ผศ.ดร. เกศลักษณ์ กลิ่นหอม อาจารย์ประจำคณะครุศาสตร์  
อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2.2 ดร.ผดุงชัย ภูพัฒน์ อาจารย์ประจำคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2.3 คุณโฆษิต สุวรรณ ผู้ช่วยผู้จัดการฝ่ายควบคุมคุณภาพ ของบริษัท  
เคซีอี อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด

3. หลังจากนั้นผู้วิจัยได้รวบรวมคำแนะนำจากผู้ทรงคุณวุฒิ และผู้เชี่ยวชาญ มาพิจารณาดำเนินการแก้ไขแบบประเมินหาประสิทธิภาพร่วมกับอาจารย์ผู้ควบคุม ก่อนนำแบบประเมินไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

การหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรม Index of Congruency (IOC) และเลือกข้อที่มีค่า  $IOC \geq 0.5$  ส่วนข้อที่มีค่า  $IOC \leq 0.5$  นำมาปรับปรุง ซึ่งมีสูตรดังนี้



เอกสารนี้เป็นรูปที่ 3.1 ภาพแสดงกระบวนการในการพัฒนา ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าในการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยดำเนินการตามลำดับดังนี้

3.3.1 บันทึกเสนอขออนุญาตให้หน่วยงานบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ออกหนังสือขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ข้อมูลในการวิจัย และไปพบผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านด้วยตัวเอง เพื่อแจ้งวัตถุประสงค์ของการวิจัย พร้อมทั้งขอความสมัครใจในการร่วมเป็นผู้เชี่ยวชาญ

3.3.2 บันทึกเสนอขออนุญาตให้หน่วยงานบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ออกหนังสือขอความร่วมมือในการทดสอบประสิทธิภาพของ ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ไปถึง บริษัท เคซีอี อินเตอร์ เนชั่นแนล จำกัด เพื่อขออนุญาตจัดเก็บข้อมูลจาก พนักงานของส่วนงาน อิเล็กทรอนิกส์ทดสอบ (Electrical Test)

3.3.3 ผู้วิจัยนำเครื่อง ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า พร้อมแบบประเมินความพึงพอใจไปให้กลุ่มตัวอย่างทดลองใช้ และตอบแบบประเมินหลังจากทดลองใช้เครื่องแล้ว และเก็บแบบประเมินด้วยตัวเอง

### 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาและพัฒนา ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งวิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) วิเคราะห์เป็นรายชื่อ เฉพาะด้าน โดยนำเสนอในรูปแบบของตาราง พร้อมคำบรรยายประกอบ

เกณฑ์ในการวิเคราะห์พิจารณาประเมินจากช่วงของค่าเฉลี่ยเลขคณิต ดังนี้

|             |                      |
|-------------|----------------------|
| 4.50 – 5.00 | หมายถึง ระดับดีมาก   |
| 3.50 – 4.49 | หมายถึง ระดับดี      |
| 2.50 – 3.49 | หมายถึง ระดับปานกลาง |
| 1.50 – 2.49 | หมายถึง ระดับน้อย    |
| 1.00 – 1.49 | หมายถึง ระดับน้อยมาก |

แบบประเมินความพึงพอใจในการใช้งาน ซึ่งวิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) วิเคราะห์เป็นรายชื่อ เฉพาะด้าน โดยนำเสนอในรูปแบบของตาราง พร้อมคำบรรยายประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|             |                                       |
|-------------|---------------------------------------|
| 4.50 – 5.00 | หมายถึง ความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมาก   |
| 3.50 – 4.49 | หมายถึง ความพึงพอใจอยู่ในระดับดี      |
| 2.50 – 3.49 | หมายถึง ความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง |
| 1.50 – 2.49 | หมายถึง ความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อย    |
| 1.00 – 1.49 | หมายถึง ความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อยมาก |

ประมวลผลข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel 2000 for Windows ซึ่งใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

- 1. ค่าเฉลี่ย (Arithmetic Mean)
- 2. ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)



## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

4.1 ผลจากการศึกษาจากเอกสารตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า และศึกษาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้น แล้วนำสภาพปัญหามาเป็นข้อมูล เพื่อใช้ในการออกแบบชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า โดยการปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษาผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญในแต่ละด้านดังนี้

4.1.1 ด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

4.1.2 ด้านการออกแบบรูป

4.2 การนำเสนอผลจากการออกแบบและเขียนแบบไปสร้าง ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า

4.3 ผลจากการประเมินรูปแบบชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า จากผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญทั้ง 2 ด้านดังนี้

4.3.1 ด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

4.3.2 ด้านการออกแบบรูป

4.4 ผลจากการประเมินความพึงพอใจ ในการใช้งานของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ทั้ง 3 ด้าน

4.4.1 หน้าที่ใช้สอย

4.4.2 ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน

4.4.3 ด้านความปลอดภัยและการบำรุงรักษา

#### 4.1 ผลจากการศึกษาจากเอกสารตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาจากอินเทอร์เน็ต เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า และศึกษาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นมาเป็นข้อมูลเพื่อใช้ในการออกแบบ โดยอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญ ทำให้ได้ผลการวิเคราะห์เพื่อนำไปมาใช้ในการพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า สามารถแยกออกได้เป็นหัวข้อดังนี้

4.1.1 ตัวที่ใช้ทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า และชุดควบคุมกระแสไฟฟ้า

4.1.2 ด้านโครงสร้าง วัสดุที่ใช้ประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.1 ตัวที่ใช้ทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า และชุดควบคุมกระแสไฟฟ้า

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และศึกษาถึงสภาพปัญหาที่เกิดขึ้น จึงได้รวบรวมข้อมูลการวิเคราะห์ และนำมาปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญ ได้ข้อมูลและผลสรุปเพื่อการออกแบบดังนี้

1. ตัวที่ใช้ทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า และชุดควบคุมกระแสไฟฟ้า จากที่ปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญ พบว่าในการที่จะเลือกใช้ตัวที่ใช้ทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ให้ใช้ มาคเกอร์ โพรบ (Marker Probe) ของบริษัท เอเวอร์เรสชาลเลส เทคโนโลยี จำกัด (Everett Charles Technologies Ltd.) ให้เป็นไปตามที่บริษัทฯ กำหนดซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

มาคเกอร์โพรบ(Marker Probe) รุ่นBMP-1 Board Marker Probe มีความยาว 48.51 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 11.86 มิลลิเมตร ใช้กระแสไฟฟ้าแบบกระแสตรง 50 มิลลิแอมป์ (mA) แรงดันไฟฟ้า 15 โวลต์ เวลาในการใช้งานต่อ 1 ครั้ง ต้องไม่น้อยกว่า 1 วินาที และไม่เกิน 5 วินาที หัวที่ทำเครื่องหมายทำมาจากเหล็กคาร์ไบด์ ตัวรีเซตเคลือบมาจากสแตนเลส ขนาดของรูที่ต้องเจาะเพื่อให้ มาคเกอร์ โพรบ (Marker Probe) 11.89-11.91 มิลลิเมตร เครื่องหมายที่ทำบนบอร์ดจะเป็นวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 0.65 มิลลิเมตร

ชุดควบคุมกระแสไฟฟ้าในการออกแบบระบบที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้าผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญทางเทคนิคด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ แนะนำเกี่ยวกับ ให้คำแนะนำเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่จะใช้ในการออกแบบดังนี้

1. หม้อแปลงไฟฟ้า เป็นหม้อแปลงไฟฟ้ากระแสสลับเข้า 240 โวลต์ ไฟฟ้ากระแสตรงออก 15 โวลต์ ชนิดวางข้างนอกเครื่องเพื่อง่ายต่อการซ่อมบำรุง และลดความร้อนภายในเครื่องควบคุม มาคเกอร์ โพรบ (Marker Probe)

2. รีเลย์ ที่ใช้ในการออกแบบเป็น เป็นรีเลย์ 24 VDC แบบหน้าสัมผัส โดยมีฐานแบบชอกเก็ต โดยการต่อรีเลย์ โดยขาที่ 13และ 14 เป็นขารับสัญญาณ Pass จากเครื่องทดสอบ ขาที่ 11 และ 12 เป็นขาที่รับกระแสไฟฟ้า 15 โวลต์เข้า เพื่อต่อไปยังสวิตช์ที่ใช้ในการเปิด-ปิด และ LED สีแดง ขาที่ 7และ8 เป็นกระแสไฟฟ้า 15 โวลต์ออก เพื่อต่อไปยังมาคเกอร์โพรบ และ LED สีเขียว ส่วนขาที่ 5 และ 9 ไม่มีกระแสและแรงดันไฟฟ้า ต่อไปยังเครื่องนับ (Counter) ส่วนขาที่เหลือไม่ได้ใช้

3. สวิตช์ เปิด-ปิดใช้สวิตช์แบบกด โดยกดด้านบนจะเปิดและกดด้านล่างจะปิด ใช้ได้กับไฟฟ้าถึง 240 โวลต์ ทั้งกระแสตรงและกระแสสลับ

4. LED สีเขียว ใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 15 โวลต์ ขนาดกระแส 10 มิลลิแอมป์ 1 ตัว เพื่อบอกสถานะการทำงานของมาคเกอร์โพรบ ถ้ามาคเกอร์โพรบทำงาน LED สีเขียวจะสว่าง และ

LED สีแดง ใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 15 โวลต์ ขนาดกระแส 10 มิลลิแอมป์ 1 ตัว เพื่อบอกสถานะว่ามีไฟฟ้ากระแสตรง 15 โวลต์เข้ามาในวงจร ถ้าเปิดสวิตช์ LED สีแดงจะสว่าง

5. ตัวต้านทาน(Resister) เป็นตัวต้านทานเป็นคงที่ ขนาด 1500 โอห์ม เพื่อลดแรงดันไฟฟ้าจาก 15 โวลต์ ให้เหลือ 3 โวลต์ และลดกระแสให้เหลือ 10 มิลลิแอมป์ ใช้กับ LED สีเขียวและสีแดง อย่างละ 1 ตัว

6. ฟิวส์ เป็นชนิดฟิวส์กระบอก ขนาด 15 โวลต์ 1 แอมป์ เพื่อป้องกันกระแสเกินและทำให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชำรุดหรือเสียหาย

7. สายไฟฟ้า ในเครื่องเป็นสาย PVC. ชนิดสาย อ่อน ขนาดพื้นที่หน้าตัด 0.5 ตารางเซนติเมตร สีดำและสีแดงเพื่อให้ง่ายต่อการเดินสาย ส่วนสีน้ำเงินจะต่อเข้ากับ เครื่องนับไม่มีไฟฟ้า ส่วนสายไฟฟ้าที่ใช้กับสายสัญญาณ Pass และสายมาคเกอร์โพรบเป็นสายคู่ดำ-แดง แบบ PVC. ขนาด 2 x 0.5 จำนวน 2 เส้น ความยาว 1.5 มิลลิเมตร ส่วนสายไฟฟ้ากระแสตรงเข้า 15 โวลต์ ใช้สายไฟฟ้าที่มากับหม้อแปลง

8. ข้อต่อต่างๆที่ใช้ในการต่อเชื่อมวงจรเพื่อความสะดวกและปลอดภัยในการใช้งานตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิแบ่งได้ดังนี้

8.1 ข้อต่อภายในเครื่อง เป็นข้อต่อหางปลา และการบัดกรี ทุกข้อต่อหุ้มด้วยปลอกไฟฟ้า

8.2 ข้อต่อที่เชื่อมต่อนาสัญญาณ Pass เข้าเครื่อง เป็นแบบ อาร์ซีเอ(RCA) ตัวผู้และตัวเมีย

8.3 ข้อต่อที่เชื่อมต่อนาสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงเข้า 15 โวลต์ เข้าในเครื่องเป็นแบบ ไอโอ (I/O) ตัวผู้และตัวเมีย

8.4 ข้อต่อที่เชื่อมต่อนาสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงออก 15 โวลต์ ไปยัง มาคเกอร์โพรบเป็นแบบแบนนา (Banana) สีดำแดง ตัวผู้และตัวเมีย

8.5 ข้อต่อที่เชื่อมต่อสายไฟฟ้ากระแสตรงออก 15 โวลต์ กับมาคเกอร์โพรบเป็นแบบมินิโมโน(Mini-Mono) ตัวผู้และตัวเมีย

9. เครื่องนับ (Counter) เป็นอุปกรณ์สำหรับนับว่าจำนวนครั้งที่ มาคเกอร์โพรบทำงานเป็นชนิดที่ไม่ต้องการแรงดันไฟฟ้า ชนิดดิจิทัลจำนวนนับที่นับได้ 8 หลัก

#### 4.1.2 ด้านโครงสร้าง

วัสดุประกอบ และกรรมวิธีในการผลิต ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลเอกสารและเครื่องจักรต่างๆ และได้ทำการปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้เชี่ยวชาญ พบว่าวัสดุ ที่นำมาผลิตโครงสร้าง ที่ใช้ประกอบเป็นตัวเครื่องเป็นวัสดุประเภท แผ่นอะคริลิก ซึ่งสามารถขึ้นรูปได้ง่าย ในกระบวนการผลิต ในส่วนของโครงสร้าง ของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ส่วนฝาครอบบน วัสดุทำมาจากแผ่นอะคริลิกความหนา 3 มม. ขนาด 115 x 210 x 115 มม. และยึดโครงสร้างด้วยกาวลือกไทด์ พันด้วยสปีรตีเหล็กและเจาะรูด้านข้าง 2 แถวในแนวตั้ง แถวละ 3 รู เพื่อระบายความร้อนและเป็นที่จับสำหรับกันเลื่อนของพนักงาน ขณะหยิบจับ

2. ตัวเครื่องรองด้านล่าง ส่วนฝาครอบบน วัสดุทำมาจากแผ่นอะคริลิกความหนา 3 มม. ขนาด 125 x 210 x 115 มม. และยึดโครงสร้างด้วยกาวลือกไทด์ พันด้วยสปีรตีเหล็ก

การประกอบทั้งโครงสร้างภายนอกและภายในยึดด้วย น็อตแบนหัวจมขนาด 3M 2.5 มม . จำนวน 4 ตัว

3. การยึดอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่อยู่ภายในเครื่อง ใช้ น็อตแบนหัวจมขนาด 3M 2.5 มม . จำนวน 2 ตัวยึดที่ฐานล่าง ของตัวเครื่องรองด้านล่าง อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆใช้ การขันน็อต และเชื่อมต่อกันโดยใช้การขันน็อตและเชื่อมบัดกรีตะกั่ว และมีที่หุ้มสายไฟ

#### 4.2 ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลทำให้สามารถสรุปประเด็นต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า และนำผลไปสู่กระบวนการพัฒนาการออกแบบ โดยทำการเขียนแบบและได้สร้าง ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ไปทดสอบเพื่อหาความพึงพอใจในการใช้งาน ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ซึ่งมีรายละเอียดผลการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

#### 4.3 ผลจากการประเมินความคิดเห็นด้านการออกแบบรูปแบบชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า จากผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญ

4.3.1 ผลจากการประเมินด้านการออกแบบรูปแบบชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า จากผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญ จากแบบสอบถาม ตอนที่ 1 ได้ผลการวิเคราะห์ตามตารางที่ 4.1 ดังนี้

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความคิดเห็น ในการประเมินการ ออกแบบรูปแบบ ของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า (n=5)

| รายการ                                                                                                                  | $\bar{X}$ | S.D. | ระดับความคิดเห็น |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------|------------------|
| 1. ความกว้าง ความสูง ความยาว รูปลักษณ์ ของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความเหมาะสม                            | 4.40      | 0.55 | ดี               |
| 2. ตำแหน่งของสายไฟฟ้าที่เข้าและออกจากชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความเหมาะสม                                 | 5.00      | 0.00 | ดีมาก            |
| 3. ความกว้าง ความสูง ความยาว รูปลักษณ์ ของหม้อแปลงไฟฟ้าที่เลือกใช้กับชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความเหมาะสม | 4.20      | 0.45 | ดี               |
| 4. การออกแบบ รูปแบบของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า เพื่อทำให้ง่ายต่อการซ่อมบำรุง                                | 4.60      | 0.55 | ดีมาก            |
| 5. การออกแบบรูปแบบของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า เพื่อ ไปติดตั้งกับเครื่องทดสอบ ของพนักงานทดสอบทำได้ง่าย       | 4.80      | 0.45 | ดีมาก            |
| 6. สีที่ใช้ในการออกแบบของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความเข้ากันได้กับเครื่องทดสอบ                           | 4.40      | 0.89 | ดี               |
| 7. สีที่ใช้ในการออกแบบของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า เข้ากันได้กับสถานที่ทำงาน                                 | 4.40      | 0.89 | ดี               |
| 8. คำแนะนำในการใช้งานที่ติดอยู่กับที่ ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า อ่านได้สะดวกสบาย                             | 4.60      | 0.89 | ดีมาก            |
| 9. คำแนะนำการใช้งานที่ติดอยู่ที่ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า อ่านแล้วเข้าใจง่าย                                 | 4.60      | 0.89 | ดีมาก            |
| 10. น้ำหนักของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ในการใช้งานไม่เกิน 3 กก.                                             | 4.80      | 0.45 | ดีมาก            |
| รวมค่าเฉลี่ย                                                                                                            | 4.58      | 0.60 | ดีมาก            |

จากตารางที่ 4.1 พบว่าความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ รูปแบบได้แสดงความเห็นเกี่ยวกับรูปแบบของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าใน ภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.58

เมื่อพิจารณารายข้อพบว่าอยู่ในระดับดีมาก 6 ข้อ ได้แก่ ตำแหน่งของสายไฟฟ้าที่เข้า และออกจากชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความเหมาะสม โดยค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 5.00 การออกแบบรูปแบบของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าเพื่อไปติดตั้งกับเครื่องทดสอบ ของพนักงานทดสอบทำได้ง่ายและน้ำหนักของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าในการใช้งาน ไม่เกิน 3 กก. ทั้ง 2 ข้อ ได้เท่ากัน โดยค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.80 คำแนะนำการใช้งานที่ติดอยู่ที่ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าอ่านได้สะดวกสบาย คำแนะนำการใช้งานที่ติดอยู่ที่ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าอ่านแล้วเข้าใจง่าย และการออกแบบรูปแบบของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า เพื่อให้ง่ายต่อการซ่อมบำรุง โดยค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.60 ได้เท่ากันทั้ง 3 ข้อ และพบว่าอยู่ในระดับ ดี 4 ข้อ ได้แก่ ความเหมาะสมของความกว้าง ความสูง ความยาว รูปลักษณะ ของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า สีที่ใช้ในการออกแบบของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความเข้ากันได้กับเครื่องทดสอบ และสีที่ใช้ในการออกแบบของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า เข้ากันได้กับสถานที่ทำงาน โดยค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.40 และ ความเหมาะสมของความกว้าง ความสูง ความยาว รูปลักษณะ ของหม้อแปลงไฟฟ้าที่เลือกใช้ กับชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า โดยค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.20

4.3.2 ผลจากการประเมินด้านการออกแบบทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า จากผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญ จากแบบสอบถาม ตอนที่ 1 ได้ผลการวิเคราะห์ตามตารางที่ 4.2 ดังนี้

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความคิดเห็นในการประเมินการออกแบบทางเดินไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า (n=5)

| รายการ                                                                                                                                                                                   | $\bar{X}$ | S.D. | ระดับความคิดเห็น |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------|------------------|
| 1. การออกแบบวงจรไฟฟ้าของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าสามารถที่จะนำมาทำงานได้จริง                                                                                                  | 4.80      | 0.45 | ดีมาก            |
| 2. การออกแบบวงจรไฟฟ้าของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความถูกต้อง                                                                                                               | 4.80      | 0.45 | ดีมาก            |
| 3. การเลือกใช้สายไฟฟ้าที่ใช้ในการออกแบบ และพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความเหมาะสม                                                                                       | 4.40      | 0.89 | ดี               |
| 4. การเลือกใช้หม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้ในการออกแบบและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความเหมาะสม                                                                                   | 5.00      | 0.00 | ดีมาก            |
| 5. ระบบความปลอดภัยที่ออกแบบป้องกัน ไม่ให้อุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าเสียหายจากไฟฟ้ากระชากหรือลัดวงจร                                           | 4.20      | 0.84 | ดี               |
| 6. ระบบความปลอดภัยของวงจรไฟฟ้าที่ออกแบบไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้งาน                                                                                                                        | 4.80      | 0.45 | ดีมาก            |
| 7. การเลือกใช้ การต่อขั้วไฟฟ้าในการออกแบบและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า เช่น การเชื่อมต่อสายไฟฟ้า การเลือกใช้ข้อต่อสายไฟฟ้า กับอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ มีความเหมาะสม | 4.20      | 0.84 | ดี               |
| 8. การเลือกใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในการออกแบบและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความเหมาะสม                                                                                 | 5.00      | 0.00 | ดีมาก            |
| 9. การออกแบบเพื่อการถอด ประกอบ และซ่อมบำรุงอุปกรณ์ไฟฟ้ามีความเหมาะสม                                                                                                                     | 4.80      | 0.45 | ดีมาก            |
| 10. การออกแบบเพื่อการถอด ประกอบ และซ่อมบำรุงอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ทำได้ง่าย                                                                                                      | 5.00      | 0.00 | ดีมาก            |
| รวมค่าเฉลี่ย                                                                                                                                                                             | 4.70      | 0.44 | ดีมาก            |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.2 พบว่าความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ได้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าในภาพรวมอยู่ที่ระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.70

เมื่อพิจารณารายข้อพบว่าอยู่ในระดับดีมาก 7 ข้อ ได้แก่ ความเหมาะสม การเลือกใช้หม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้ในการออกแบบ การเลือกใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในการออกแบบพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า และการออกแบบเพื่อง่ายต่อการ ถอด ประกอบและซ่อมบำรุงอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ทั้ง 3 ข้อได้เท่ากัน โดยค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 5.00 ส่วนหัวข้อการออกแบบวงจรไฟฟ้าของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า สามารถที่จะนำมาทำงานได้จริง การออกแบบวงจรไฟฟ้าของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความถูกต้องระบบความปลอดภัยของวงจรไฟฟ้าที่ออกแบบ ไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้งาน และการออกแบบเพื่อการถอด ประกอบและซ่อมบำรุง อุปกรณ์ไฟฟ้ามีความเหมาะสม ทั้ง 4 ข้อได้เท่ากันโดยค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.48 พบว่าแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าของผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับดี 3 ข้อ ได้แก่ ความเหมาะสมในการเลือกใช้สายไฟฟ้าที่ใช้ในการออกแบบและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า โดยค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.20 ส่วนหัวข้อ ระบบความปลอดภัยที่ออกแบบป้องกันไม่ให้อุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าเสียหายจากไฟฟ้ากระชากหรือลัดวงจร และการเลือกใช้การต่อขั้วไฟฟ้าในการออกแบบและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าเช่นการเชื่อมต่อสายไฟฟ้าการเลือกใช้ข้อต่อสายไฟฟ้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์มีความเหมาะสม ทั้ง 2 ข้อได้เท่ากันโดยค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.20

4.1 สรุปผลจากการประเมินการออกแบบชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ในภาพรวมทั้ง 2 ด้าน และรายด้าน ปรากฏผลการวิเคราะห์ตามตารางที่ 4.3 ดังนี้

ตารางที่ 4.3 สรุปค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความคิดเห็น ในการประเมิน การออกแบบชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ในภาพรวมทั้ง 2 ด้าน และรายด้าน

| รายการ                        | $\bar{X}$ | S.D. | ระดับความคิดเห็น |
|-------------------------------|-----------|------|------------------|
| ทางด้านการออกแบบรูปแบบ        | 4.58      | 0.60 | ดีมาก            |
| ทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ | 4.70      | 0.45 | ดีมาก            |
| รวมค่าเฉลี่ย                  | 4.64      | 0.52 | ดีมาก            |

จากตารางที่ 4.3 พบว่าความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญในภาพรวมทั้ง 2 ด้าน แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับออกแบบชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ในภาพรวมอยู่ใน ระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.64

เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ทางด้านการออกแบบรูปแบบ อยู่ในระดับดีมากโดย ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.58 และพบว่า ทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ อยู่ในระดับดีมาก โดยค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.70

#### 4.4 ผลจากการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า

4.4.1 ผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจร ไฟฟ้า ด้านหน้าที่ใช้สอย จากแบบสอบถามตอนที่ 1 ปรากฏผลการวิเคราะห์ ตามตารางที่ 4.4 ดังนี้

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความคิดเห็น ในการประเมิน ความพึงพอใจ ในการใช้ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ทางด้านหน้าที่ใช้สอย (n=30)

| รายการ                                                                                                                    | $\bar{X}$ | S.D. | ระดับความพึงพอใจ |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------|------------------|
| ด้านหน้าที่ใช้สอย                                                                                                         |           |      |                  |
| 1. ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ทำงานได้จริง                                                                      | 4.73      | 0.45 | ดีมาก            |
| 2. ความกว้าง ความสูง ความยาว รูปลักษณะ ของหม้อแปลง ไฟฟ้าที่เลือกใช้กับชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจร ไฟฟ้า มีความเหมาะสม | 4.53      | 0.51 | ดีมาก            |
| 3. คำนแนะนำการใช้งานที่ติดอยู่ที่ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่น พิมพ์วงจรไฟฟ้า เข้าใจง่าย                                         | 4.77      | 0.43 | ดีมาก            |
| รวมค่าเฉลี่ย                                                                                                              | 4.68      | 0.46 | ดีมาก            |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.4 พบว่าพนักงานมีความพึงพอใจในการใช้งานชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ด้านหน้าที่ใช้สอย ในภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.68

เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่าทั้ง 3 ข้ออยู่ในระดับดีมาก โดย คำแนะนำการใช้งานที่ติดอยู่ที่ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า เข้าใจง่าย มีค่าเฉลี่ยอยู่ 4.77 ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ทำงานได้จริง มีค่าเฉลี่ยอยู่ 4.73 และ ความเหมาะสม ความกว้าง ความสูง ความยาว รูปลักษณะ ของหม้อแปลงไฟฟ้าที่เลือกใช้กับ ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า 4.53

4.4.2 ผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน จากแบบสอบถามตอนที่ 1 ปรากฏผลการวิเคราะห์ตามตารางที่ 4.5 ดังนี้

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความคิดเห็น ในการประเมินความพึงพอใจในการใช้ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าทางด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน (n=30 )

| รายการ                                                                                                          | $\bar{X}$ | S.D. | ระดับความพึงพอใจ |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------|------------------|
| ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน                                                                                    |           |      |                  |
| 1. ความสะดวกสบายในการติดตั้ง ประกอบกับเครื่องทดสอบและใช้งานชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าของพนักงานทดสอบ  | 4.70      | 0.47 | ดีมาก            |
| 2. ความสะดวกสบายในการเคลื่อนย้ายเพื่อการติดตั้ง การซ่อมบำรุงชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าของพนักงานทดสอบ | 4.67      | 0.48 | ดีมาก            |
| 3. ความสะดวกสบายในการเปิด/ปิดสวิตซ์ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ของพนักงานทดสอบ                         | 4.77      | 0.43 | ดีมาก            |
| 4. ความสะดวกสบายในการทำความสะดวก ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ของพนักงานทดสอบ                           | 4.70      | 0.47 | ดีมาก            |
| รวมค่าเฉลี่ย                                                                                                    | 4.71      | 0.46 | ดีมาก            |

จากตารางที่ 4.5 พบว่าพนักงานมีความพึงพอใจในการใช้งานชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน ในภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่าทั้ง 4 ข้อ อยู่ในระดับดีมาก โดย ความสะดวกสบายในการเปิด/ปิดสวิตช์ ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ของพนักงานทดสอบ มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.77 และพบว่าหัวข้อความสะดวกสบายในการการติดตั้งประกอบกับเครื่องทดสอบและใช้งานชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า และหัวข้อความสะดวกสบายในการทำความสะดวกชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ของพนักงานทดสอบ ทั้ง 2 ข้อเท่ากัน โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.70 ส่วนหัวข้อความสะดวกสบายในการเคลื่อนย้ายเพื่อการติดตั้ง การซ่อมบำรุง ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ของพนักงานทดสอบ มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.67 เป็นอันดับสุดท้าย

4.4.3 ผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ด้านความปลอดภัยและการบำรุงรักษาจากแบบสอบถามตอนที่ 1 ปรากฏผลการวิเคราะห์ตามตารางที่ 4.6 ดังนี้

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความคิดเห็น ในการประเมินความพึงพอใจในการใช้ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าทางด้านความปลอดภัยและการบำรุงรักษา(n=30)

| รายการ                                                                                                      | $\bar{X}$ | S.D. | ระดับความพึงพอใจ |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------|------------------|
| ด้านความปลอดภัยและการบำรุงรักษา                                                                             |           |      |                  |
| 1. ความปลอดภัยขณะใช้ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ที่มีต่อพนักงานทดสอบ                               | 4.77      | 0.43 | ดีมาก            |
| 2. ความปลอดภัยของระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า เมื่อไฟฟ้ามีการลัดวงจร   | 4.73      | 0.45 | ดีมาก            |
| 3. ความปลอดภัยที่มีต่อชิ้นงานที่นำมาทดสอบในกรณี ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า เมื่อไฟฟ้ามีการลัดวงจร | 4.70      | 0.47 | ดีมาก            |
| 4. ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า สามารถถอดประกอบชิ้นส่วนเพื่อมาทำการซ่อมบำรุงทำได้ง่าย               | 4.77      | 0.43 | ดีมาก            |
| 5. การหาอะไหล่เพื่อใช้เปลี่ยนและซ่อมบำรุงชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า สามารถหาได้ง่าย               | 4.67      | 0.48 | ดีมาก            |
| รวมค่าเฉลี่ย                                                                                                | 4.73      | 0.45 | ดีมาก            |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.6 พบว่าพนักงานมีความพึงพอใจในการใช้งานชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ด้านความปลอดภัยและการบำรุงรักษาในภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.73

เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่าทั้ง 5 ข้อ อยู่ในระดับดีมาก โดย หัวข้อความปลอดภัยขณะใช้ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ที่มีต่อพนักงานทดสอบ และหัวข้อชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า สามารถถอดประกอบชิ้นส่วนเพื่อมาทำการซ่อมบำรุงทำได้ง่าย ทั้ง 2 ข้อเท่ากัน โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.77 หัวข้อความปลอดภัยของระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า เมื่อไฟฟ้ามีการลัดวงจร ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.73 หัวข้อความปลอดภัยที่มีต่อชิ้นงานที่นำมาทดสอบในกรณี ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า เมื่อไฟฟ้ามีการลัดวงจร ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.73 และหัวข้อการหาอะไหล่เพื่อใช้เปลี่ยน และซ่อมบำรุงชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า สามารถหาได้ง่าย ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.67 เป็นอันดับสุดท้าย

4.4.4 สรุปผลจากการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ในภาพรวมทั้ง 3 ด้าน และรายด้าน ปรากฏผลการวิเคราะห์ตามตารางที่ 4.6 ดังนี้

ตารางที่ 4.7 สรุปค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความคิดเห็น ในการประเมินการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ในภาพรวมทั้ง 3 ด้าน และรายด้าน

| รายการ                          | $\bar{X}$ | S.D. | ระดับความพึงพอใจ |
|---------------------------------|-----------|------|------------------|
| ด้านหน้าที่ใช้สอย               | 4.68      | 0.46 | ดีมาก            |
| ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน    | 4.71      | 0.46 | ดีมาก            |
| ด้านความปลอดภัยและการบำรุงรักษา | 4.73      | 0.45 | ดีมาก            |
| รวมค่าเฉลี่ย                    | 4.71      | 0.46 | ดีมาก            |

จากตารางที่ 4.7 พบว่าความของพนักงานในการใช้งานชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ทั้ง 3 ด้าน ในภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.71

เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่าอยู่ในระดับดีมากทุกด้านได้แก่ ด้านความปลอดภัยและการบำรุงรักษา ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน ด้านหน้าที่ใช้สอย ซึ่งมีค่าเฉลี่ยตามลำดับ 4.73 ,4.71 และ 4.68 ตามลำดับ

..

## บทที่ 5

# สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

### 5.1 สรุปผลการวิจัย

การศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ซึ่งสรุปผลการวิจัย  
อภิปรายผล และข้อเสนอแนะดังนี้

#### 5.1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า
  2. เพื่อศึกษาความพึงพอใจในการใช้งานชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า
- ด้านหน้าที่ใช้สอย ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน ด้านความปลอดภัยและการบำรุงรักษา

#### 5.1.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มประชากรที่ใช้ศึกษาพัฒนาและออกแบบชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า  
ได้แก่พนักงานของส่วนงาน อิเล็กทรอนิกส์ของ บริษัท เคซีอี อินเทอร์เน็ต จำกัด  
กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ พนักงานของส่วนงาน อิเล็กทรอนิกส์ของ บริษัท เคซีอี  
อินเทอร์เน็ต จำกัด จำนวน 30 คน

#### 5.1.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเลือกใช้ครั้งนี้มี 2 รูปแบบ คือ

5.1.3.1 เครื่องมือในการประเมินการออกแบบชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจร  
ไฟฟ้า โดยผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญในด้านที่เกี่ยวข้องของ 2 ด้านดังนี้

1. ทางด้านการออกแบบรูปแบบ
2. ทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

5.1.3.2 เครื่องมือในการศึกษาความพึงพอใจในการใช้งานทั้ง 3 ด้านโดยการให้  
พนักงานที่เป็นกลุ่มตัวอย่างใช้งาน ส่วนทดลองใช้งานชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า  
กับเครื่องทดสอบยี่ห้อ SINK 6100 โดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจทั้ง 3 ด้านดังนี้

1. หน้าที่ใช้สอย
2. ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน
3. ด้านความปลอดภัยและการบำรุงรักษา

#### 5.1.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยดำเนินงานตามลำดับดังนี้

5.1.4.1 บันทึกเสนอขออนุญาตให้หน่วยงานบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ออกหนังสือเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญและผู้ทรงคุณวุฒิ ให้ข้อมูลในการวิจัย และไปพบผู้เชี่ยวชาญและผู้ทรงคุณวุฒิด้วยตัวเอง เพื่อแจ้งวัตถุประสงค์ของการวิจัยพร้อมทั้งขอความสมัครใจในการเป็นผู้เชี่ยวชาญและผู้ทรงคุณวุฒิ

5.1.4.2 บันทึกเสนอขออนุญาตให้หน่วยงานบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ออกหนังสือขอความร่วมมือในการทดสอบประสิทธิภาพของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ไปถึงผู้จัดการฝ่ายคุณภาพ บริษัท เคซีอี อินเตอร์เนชั่นแนลจำกัด เพื่อขออนุญาตเก็บข้อมูลจากพนักงานส่วนงานอิเล็กทรอนิกส์ทดสอบ

5.1.4.3 ผู้วิจัย นำชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า พร้อมแบบประเมินความพึงพอใจไปให้กลุ่มตัวอย่างทดลอง และตอบประเมินหลังจากการทดลองใช้ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าและเก็บแบบประเมินด้วยตนเอง

#### 5.1.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

การพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์มีขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1. ผลจากการศึกษาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักรกระดาษทรายสำหรับผลิตชิ้นงานต้นแบบ และศึกษาสภาพการใช้งานจริงมาเป็นข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบเครื่องจักรกระดาษทราย สำหรับชิ้นงานต้นแบบ โดยปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษาผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญแต่ละด้าน

2. เป็นการวิเคราะห์จากแบบประเมินจากผู้เชี่ยวชาญและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ซึ่งได้ค่าเฉลี่ย ในการอธิบายผลของการวิจัยและใช้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานควบคู่กับค่าเฉลี่ยเพื่อใช้ในการอธิบายความคิดเห็นที่แตกต่างของผู้ตอบแบบประเมินในแต่ละข้อ

#### 5.1.6 สรุปผลการวิจัย

สรุปผลของการพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ได้ผลสรุปดังนี้

5.1.6.1 สรุปการพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าสามารถแยกออกได้เป็นหัวข้อหลัก ดังนี้

1. การที่จะเลือกใช้ตัวที่ใช้ทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ให้ใช้มากเกอร์โพรบ ของ บริษัท เอเวอร์เรส ซาลเลส เทคโนโลยี จำกัด ให้เป็นไปตามที่บริษัทฯ กำหนดซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาเกอร์โพรบ รุ่นBMP-1 มีความยาว 48.51 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 11.86 มิลลิเมตร ใช้กระแสไฟฟ้าแบบกระแสตรง 50 มิลลิแอมป์ (mA) แรงดันไฟฟ้า 15 โวลต์ เวลาในการใช้งานต่อ 1 ครั้ง ต้องไม่น้อยกว่า 1 วินาที และไม่เกิน 5 วินาที หัวที่ทำเครื่องหมายทำมาจากเหล็กคาร์ไบด์ ตัวรีเซตเคลือบมาจากสแตนเลส ขนาดของรูที่ต้องเจาะเพื่อให้ มาเกอร์ โพรบ 11.89-11.91 มิลลิเมตร เครื่องหมายที่ทำบนบอร์ดจะเป็นวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 0.65 มิลลิเมตร

ชุดควบคุมกระแสไฟฟ้าในการออกแบบระบบที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้าผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญทางเทคนิคด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ แนะนำเกี่ยวกับ ให้คำแนะนำเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่จะใช้ในการออกแบบดังนี้

1. หม้อแปลงไฟฟ้า เป็นหม้อแปลงไฟฟ้ากระแสสลับเข้า 240 โวลต์ ไฟฟ้ากระแสตรงออก 15 โวลต์ ชนิดวางข้างนอกเครื่องเพื่อง่ายต่อการซ่อมบำรุง และลดความร้อนภายในเครื่องควบคุม มาเกอร์โพรบ

2. รีเลย์ ที่ใช้ในการออกแบบเป็น เป็นรีเลย์ 24 VDC แบบหน้าสัมผัส โดยมีฐานแบบชอกเก็ต โดยการต่อรีเลย์ โดยขาที่ 13 และ 14 เป็นขารับสัญญาณ Pass จากเครื่องทดสอบ ขาที่ 11 และ 12 เป็นขาที่รับกระแสไฟฟ้า 15 โวลต์เข้า เพื่อต่อไปยังสวิทช์ที่ใช้ในการเปิด-ปิด และ LED สีแดง ขาที่ 7 และ 8 เป็นกระแสไฟฟ้า 15 โวลต์ออก เพื่อต่อไปยังมาเกอร์โพรบ และ LED สีเขียว ส่วนขาที่ 5 และ 9 ไม่มีกระแสและแรงดันไฟฟ้า ต่อไปยังเครื่องนับ (Counter) ส่วนขาที่เหลือไม่ได้ใช้

3. สวิทช์ เปิด-ปิดใช้สวิทช์แบบกด โดยกดด้านบนจะเปิดและกดด้านล่างจะปิด ใช้ได้กับไฟฟ้าถึง 240 โวลต์ ทั้งกระแสตรงและกระแสสลับ

4. LED สีเขียว ใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 15 โวลต์ ขนาดกระแส 10 มิลลิแอมป์ 1 ตัว เพื่อบอกสถานะการทำงานของมาเกอร์โพรบ ถ้ามาเกอร์โพรบทำงาน LED สีเขียวจะสว่าง และ LED สีแดง ใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 15 โวลต์ ขนาดกระแส 10 มิลลิแอมป์ 1 ตัว เพื่อบอกสถานะว่ามีไฟฟ้ากระแสตรง 15 โวลต์เข้ามาในวงจร ถ้าเปิดสวิทช์ LED สีแดงจะสว่าง

5. ตัวต้านทาน(Resister) เป็นตัวต้านทานเป็นคงที่ ขนาด 1500 โอห์ม เพื่อลดแรงดันไฟฟ้าจาก 15 โวลต์ ให้เหลือ 3 โวลต์ และลดกระแสให้เหลือ 10 มิลลิแอมป์ ใช้กับ LED สีเขียวและสีแดง อย่างละ 1 ตัว

6. ฟิวส์ เป็นชนิดฟิวส์กระบอก ขนาด 15 โวลต์ 1 แอมป์ เพื่อป้องกันกระแสเกินและทำให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชำรุดหรือเสียหาย

7. สายไฟฟ้า ในเครื่องเป็นสาย PVC. ชนิดสาย อ่อน ขนาดพื้นที่หน้าตัด 0.5 ตารางเซนติเมตร สีดำและสีแดงเพื่อให้ง่ายต่อการเดินสาย ส่วนสีน้ำเงินจะต่อเข้ากับ เครื่องนับไม่มีไฟฟ้า ส่วนสาย ไฟฟ้าที่ใช้กับสายสัญญาณ Pass และสายมาเกอร์โพรบเป็นสายคู่ดำ-แดง แบบ PVC.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาด 2x0.5 จำนวน 2 เส้น ความยาว 1.5 มิลลิเมตร ส่วนสายไฟฟ้ากระแสตรงเข้า 15 โวลต์ ใช้สายไฟฟ้าที่มากับหม้อแปลง

8. ข้อต่อต่างๆที่ใช้ในการต่อเชื่อมวงจรเพื่อความสะดวกและปลอดภัยในการใช้งานตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิแบ่งได้ดังนี้

8.1 ข้อต่อภายในเครื่อง เป็นข้อต่อหางปลา และการบัดกรี ทุกข้อต่อหุ้มด้วยปลอกไฟฟ้า

8.2 ข้อต่อที่เชื่อมต่อนาสัญญาณ Pass เข้าเครื่อง เป็นแบบ อาร์ซีเอ(RCA) ตัวผู้และตัวเมีย

8.3 ข้อต่อที่เชื่อมต่อนาสายไฟฟ้ากระแสตรงเข้า 15 โวลต์ เข้าในเครื่องเป็นแบบ ไอโอ (I/O) ตัวผู้และตัวเมีย

8.4 ข้อต่อที่เชื่อมต่อนาสายไฟฟ้ากระแสตรงออก 15 โวลต์ ไปยังมาคเกอร์โพรบเป็นแบบแบนนา(Banana)สีค้ำแดง ตัวผู้และตัวเมีย

8.5 ข้อต่อที่เชื่อมตอสายไฟฟ้ากระแสตรงออก 15 โวลต์ กับมาคเกอร์โพรบเป็นแบบมินิไอโอ(Mini-Mono) ตัวผู้และตัวเมีย

9. เครื่องนับ เป็นอุปกรณ์สำหรับนับว่าจำนวนครั้งที่มาคเกอร์โพรบทำงาน เป็นชนิดที่ไม่ต้องการแรงดันไฟฟ้า ชนิดดิจิทัลจำนวนนับที่นับได้ 8 หลัก

2. วัสดุประกอบ และกรรมวิธีในการผลิต ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลเอกสารและเครื่องจักรต่างๆ และได้ทำการปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้เชี่ยวชาญ พบว่าวัสดุ ที่นำมาผลิตโครงสร้าง ที่ใช้ประกอบเป็นตัวเครื่องเป็นวัสดุประเภท แผ่นอะคลิลิก ซึ่งสามารถขึ้นรูปได้ง่าย ในกระบวนการผลิต ในส่วนของโครงสร้าง ของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. ส่วนฝาครอบบน วัสดุทำมาจากแผ่นอะคลิลิกความหนา 3 มม.ขนาด 115 x 200 x115 มม. และยึดโครงสร้างด้วยกาวลือกไทด์ พันด้วยสีสเปรีเทีเหลืองและเจาะรูด้านข้าง 2 แถว ในแนวตั้งแถวละ 3 รู เพื่อระบายความร้อนและเป็นที่ยึดสำหรับกันเลื่อนของพนักงาน ขณะหยิบจับ

2. ตัวเครื่องรองด้านล่าง ส่วนฝาครอบบน วัสดุทำมาจากแผ่นอะคลิลิกความหนา 0.25 มม.ขนาด 125 x 210 x115 มม. และยึดโครงสร้างด้วยกาวลือกไทด์ พันด้วยสีสเปรีเทีเทา

การประกอบทั้งโครงสร้างภายนอกและภายในยึดด้วย น็อตแบนหัวจมขนาด 3M 2.5 มม .จำนวน 4 ตัว

3. การยึดอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่อยู่ภายในเครื่อง ใช้้น็อตแบนหัวจมขนาด 3M 2.5 มม .จำนวน 2 ตัวยึดที่ฐานล่าง ของตัวเครื่องรองด้านล่าง อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆใช้ การขันน็อตและเชื่อมต่อกันโดยใช้การขันน็อตและเชื่อมบัดกรีตะกั่ว และมีที่หุ้มสายไฟ

5.1.6.2 สรุปผลการประเมินการออกแบบรูปแบบชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าพบว่า พบว่าความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบรูปแบบได้แสดงความเห็นเกี่ยวกับรูปแบบของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าในภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.58

เมื่อพิจารณารายข้อพบว่าอยู่ในระดับดีมาก 6 ข้อ ได้แก่ ตำแหน่งของสายไฟฟ้าที่เข้า และออกจาก ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความเหมาะสม โดยค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 5.00 การออกแบบรูปแบบของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าเพื่อไปติดตั้งกับเครื่องทดสอบ ของ พนักงานทดสอบทำได้ง่ายและน้ำหนักของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าในการใช้งาน ไม่เกิน 3 กก. ทั้ง 2 ข้อได้เท่ากัน โดยค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.80 คำนแนะนำการใช้งานที่ติดอยู่ที่ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าอ่านได้สะดวกสบาย คำนแนะนำการใช้งานที่ติดอยู่ที่ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าอ่านแล้วเข้าใจง่าย และการออกแบบรูปแบบของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า เพื่อให้ง่ายต่อการซ่อมบำรุง โดยค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.60 ได้เท่ากันทั้ง 3 ข้อ และพบว่าอยู่ในระดับ ดี 4 ข้อ ได้แก่ ความเหมาะสมของความกว้าง ความสูง ความยาว รูปลักษณะ ของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า สีที่ใช้ในการออกแบบของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความเข้ากันได้กับเครื่องทดสอบ และสีที่ใช้ในการออกแบบของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า เข้ากันได้กับสถานที่ทำงาน โดยค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.40 และความเหมาะสมของความกว้าง ความสูง ความยาว รูปลักษณะ ของหม้อแปลงไฟฟ้าที่เลือกใช้กับ ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า โดยค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.20

5.1.6.3 สรุปผลการประเมินทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า จากผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญ พบว่าความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ได้แสดงความเห็นเกี่ยวกับชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ในภาพรวมอยู่ที่ระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.70

เมื่อพิจารณารายข้อพบว่าอยู่ในระดับดีมาก 7 ข้อ ได้แก่ ความเหมาะสม การเลือกใช้หม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้ในการออกแบบ การเลือกใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในการออกแบบพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า และการออกแบบเพื่อง่ายต่อการ ถอด ประกอบและซ่อมบำรุงอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ทั้ง 3 ข้อได้เท่ากัน โดยค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 5.00 ส่วนหัวข้อการออกแบบวงจรไฟฟ้าของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า สามารถที่จะนำมาทำงานได้จริง การออกแบบวงจรไฟฟ้าของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความถูกต้อง ระบบความปลอดภัยของวงจรไฟฟ้าที่ออกแบบ ไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้งาน และการออกแบบเพื่อการถอดประกอบและซ่อมบำรุง อุปกรณ์ไฟฟ้ามีความเหมาะสม ทั้ง 4 ข้อได้เท่ากันโดยค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 5.00 พบว่าแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าของผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับดี 3 ข้อ ได้แก่ ความเหมาะสมในการเลือกใช้สายไฟฟ้าที่ใช้ในการออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้ในเพื่อการวิจัยเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า โดยค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.40 ส่วนหัวข้อระบบความปลอดภัยที่ออกแบบป้องกันไม่ให้อุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าเสียหายจากไฟฟ้ากระชากหรือลัดวงจร และการเลือกใช้ การต่อขั้วไฟฟ้าในการออกแบบและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าเช่นการเชื่อมต่อสายไฟฟ้าการเลือกใช้ขั้วต่อสายไฟฟ้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์มีความเหมาะสม ทั้ง 2 ข้อได้เท่ากันโดยค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.20

5.1.6.4 สรุปผลจากการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ด้านหน้าที่ใช้สอย พบว่าพนักงานมีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.68

เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่าทั้ง 3 ข้ออยู่ในระดับดีมาก โดย คำแนะนำการใช้งานที่ติดอยู่ที่ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า เข้าใจง่าย มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.77 ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ทำงานได้จริง มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.73 และ ความเหมาะสม ความกว้าง ความสูง ความยาว รูปลักษณะ ของหม้อแปลงไฟฟ้าที่เลือกใช้กับ ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า 4.53

5.1.6.5 สรุปผลจากการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน พบว่าพนักงานมีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.71

เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่าทั้ง 4 ข้อ อยู่ในระดับดีมาก โดย ความสะดวกสบายในการเปิด/ปิดสวิตช์ ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ของพนักงานทดสอบ มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.77 และพบว่าหัวข้อความสะดวกสบายในการการติดตั้งประกอบกับเครื่องทดสอบและใช้งานชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า และหัวข้อความสะดวกสบายในการทำความสะดวก ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ของพนักงานทดสอบ ทั้ง 2 ข้อเท่ากัน โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.70 ส่วนหัวข้อ ความสะดวกสบายในการเคลื่อนย้ายเพื่อการติดตั้ง การซ่อมบำรุง ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ของพนักงานทดสอบ มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.67 เป็นอันดับสุดท้าย

5.1.6.6 สรุปผลจากการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ด้านด้านความปลอดภัยและการบำรุงรักษา พบว่าพนักงานมีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.73

เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่าทั้ง 5 ข้อ อยู่ในระดับดีมาก โดย หัวข้อความปลอดภัยขณะใช้ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ที่มีต่อพนักงานทดสอบ และหัวข้อชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า สามารถถอดประกอบชิ้นส่วนเพื่อมาทำการซ่อมบำรุงทำได้ง่าย ทั้ง 2 ข้อเท่ากัน โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.77 หัวข้อความปลอดภัยของระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า เมื่อไฟฟ้ามีการลัดวงจร ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.73 หัวข้อความปลอดภัยที่มีต่อชิ้นงานที่นำมาทดสอบในกรณี ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า เมื่อเอกสารเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการวิจัยเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นสมควรสามารถนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ผิดกฎหมายได้หรือไม่ หากมีข้อสงสัยหรือต้องการข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อผู้จัดทำเอกสารนี้ได้ที่ โทร. 02-111-1111 หรือ อีเมล: info@nida.go.th



ต่อการ ถอด ประกอบและซ่อมบำรุงอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ระดับดีมาก การออกแบบ วงจรไฟฟ้าของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าสามารถที่จะนำมาทำงานได้จริงระดับ ดีมาก การออกแบบวงจรไฟฟ้าของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้ามีความถูกต้องระดับ ดีมาก ระบบความปลอดภัยของวงจรไฟฟ้าที่ออกแบบ ไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้งานระดับดีมาก การออกแบบเพื่อการ ถอด ประกอบและซ่อมบำรุง อุปกรณ์ไฟฟ้ามีความเหมาะสมระดับดีมาก ความเหมาะสมในการเลือกใช้สายไฟฟ้าที่ใช้ในการออกแบบและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่น พิมพ์วงจรไฟฟ้าระดับดี ระบบความปลอดภัยที่ออกแบบป้องกันไม่ให้อุปกรณ์ไฟฟ้าและ อิเล็กทรอนิกส์ ของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าเสียหายจากไฟฟ้ากระชากหรือลัด วงจรระดับดี ความเหมาะสมในการเลือกใช้การต่อขั้วไฟฟ้าในการออกแบบและพัฒนาชุดทำ เครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าเช่นการเชื่อมต่อสายไฟฟ้าการเลือกใช้ข้อต่อสายไฟฟ้ากับ อุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ระดับดี ซึ่งผลจากความคิดเห็นสามารถตอบสนองกับหลักการ ออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของ มนตรี ยอดบางเตย ในเรื่องของหน้าที่ใช้สอย ด้านความ สะดวกสบายในการใช้งานด้านความปลอดภัย สามารถซ่อมแซมได้ง่าย และสอดคล้องแนวคิดการ ออกแบบการใช้งานด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ของมาคเกอร์โพรบซึ่งกล่าวไว้ว่า เมื่อมีการ ตรวจสอบแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ถ้าเครื่องตรวจสอบพบว่าสายวงจรไม่ขาดหรือลัดวงจร แสดงว่า ผ่านการตรวจสอบให้นำสัญญาณผ่านไปคุมควบการทำงานของ Marker Probe ภายในเวลา 1 วินาที

### 5.2.3 ความพึงพอใจในการใช้งานชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ด้านหน้าที่ ใช้สอย

พนักงานมีความพึงพอใจชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าในภาพรวมอยู่ใน ระดับดีมาก คำแนะนำการใช้งานที่ดีอยู่ที่ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าเข้าใจง่าย ระดับดีมาก ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ทำงานได้จริงระดับดีมาก และความ เหมาะสม ความกว้าง ความสูง ความยาว รูปลักษณ์ ของหม้อแปลงไฟฟ้าที่เลือกใช้กับ ชุดทำ เครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าระดับดีมากซึ่งผลความพึงพอใจในทุกข้อสามารถตอบสนอง กับหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของมนตรี ยอดบางเตย ในเรื่องหน้าที่ใช้สอย ซึ่งกล่าว ว่า หน้าที่ใช้สอยนับเป็นสิ่งที่สำคัญ เพราะผลิตภัณฑ์ที่ดีนั้นจะต้องมีหน้าที่ใช้สอยถูกต้องตามความ เป็นจริง สนองความต้องการผู้ใช้มากที่สุด การออกแบบต้องคำนึงถึงหน้าที่ให้สามารถตอบสนอง ได้จริง และและสอดคล้องแนวคิดการออกแบบการใช้งานด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ของ มาคเกอร์โพรบซึ่งกล่าวไว้ว่าเมื่อมีการตรวจสอบแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ถ้าเครื่องตรวจสอบพบว่า สายวงจรไม่ขาดหรือลัดวงจร แสดงว่าผ่านการตรวจสอบให้นำสัญญาณผ่านไปคุมควบการทำงานของ Marker Probe ภายในเวลา 1 วินาที ซึ่งชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า สามารถ ทำงานได้จริงตามที่กำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 5.2.4 ความพึงพอใจในการใช้งานชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน

พนักงานมีความพึงพอใจในชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน ภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก ความสะดวกสบายในการเปิด/ปิดสวิตช์ ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ของพนักงานทดสอบระดับดี ความสะดวกสบายในการการติดตั้งประกอบกับเครื่องทดสอบและใช้งานชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าระดับดีมาก ความสะดวกสบายในการทำความสะดวก ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ของพนักงานทดสอบ ระดับดีมาก และความสะดวกสบายในการเคลื่อนย้ายเพื่อการติดตั้ง การซ่อมบำรุง ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ของพนักงานทดสอบ ระดับดีมาก ซึ่งผลจากความพึงพอใจในทุกข้อสามารถตอบสนองกับหลักการออกแบบอุตสาหกรรม ของมนตรี ยอดบางเตย ในเรื่องของความสะดวกสบายในการใช้งาน ซึ่งกล่าวไว้ว่า ความสะดวกในการใช้ผลิตภัณฑ์อย่างเหมาะสม ดังนั้นนักออกแบบจะต้องคำนึงถึงสัดส่วน ขนาด และขีดจำกัดของอวัยวะส่วนต่างๆ ของผู้ใช้ และสอดคล้องกับหลักการขนาดสัดส่วนมนุษย์เพื่อการออกแบบ ของ อุดมศักดิ์ สาริบุตร ซึ่งกล่าวไว้ว่า การออกแบบสร้างสรรค์สิ่งต่างๆ รวมทั้งสภาพแวดล้อมเพื่อสนองความต้องการของมนุษย์เพิ่ม ความสะดวกสบายในการทำงานเป็นการออกแบบตามสัดส่วนร่างกายมนุษย์การออกแบบที่ดีจะได้ผลดีจะต้องแน่ใจว่าเหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมายอย่างแท้จริงการคำนึง ถึงสัดส่วน การใช้สอยส่วนตัว และสอดคล้องกับการทำวิจัยของ ประภาสิต ต้นดิอกลงการ ซึ่งได้ทำการวิจัยเรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดประลองวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งกล่าวไว้ว่า การออกแบบที่ดี มีความสะดวกในการนำใช้งาน จะส่งผลให้บรรลุจุดประสงค์ที่กำหนดไว้

#### 5.2.5 ความพึงพอใจในการใช้งานชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าด้านความปลอดภัยและการบำรุงรักษา

พนักงานมีความพึงพอใจในชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าด้านความปลอดภัย และการบำรุงรักษา ภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก ซึ่งหัวข้อความปลอดภัยขณะใช้ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ที่มีต่อพนักงานทดสอบระดับดีมาก หัวข้อชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าระดับดีมาก สามารถถอดประกอบชิ้นส่วนเพื่อมาทำการซ่อมบำรุงทำได้ง่ายระดับดี ความสะดวกของระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า เมื่อไฟฟ้ามีการลัดวงจรระดับดีมาก หัวข้อความปลอดภัยที่มีต่อชิ้นงานที่นำมาทดสอบในกรณี ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า เมื่อไฟฟ้ามีการลัดวงจรระดับดีมาก และหัวข้อการหาอะไหล่เพื่อใช้เปลี่ยน และซ่อมบำรุง ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า สามารถหาได้ง่ายระดับดีมาก ซึ่งผลจากความพึงพอใจในทุกข้อสามารถตอบสนองกับหลักการออกแบบ อุดมศักดิ์ ยอดบางเตย ในเรื่องของความปลอดภัย กล่าวว่่าตั้งอำนวยความสะดวกนี้ เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากนักเพียงใดย่อมมีโทษเพียงนั้น ผลิตภัณฑ์ที่มีให้ความสะดวกต่างๆ เครื่องผลิตภัณฑ์ไฟฟ้า การออกแบบควรคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ใช้งาน ถ้าหลีกเลี่ยงไม่ได้ก็ต้องแสดงเครื่องหมายชัดเจน หรือมีคำอธิบายไว้ และการบำรุงรักษากล่าวว่า การออกแบบผลิตภัณฑ์ ต้องออกแบบให้มีการแก้ไขซ่อมแซมได้ง่าย ไม่ยุ่งยาก เมื่องานใช้งานแล้วเกิดชำรุดเสียหายขึ้น การมีอะไหล่เปลี่ยนใหม่ อันเกี่ยวพันกับการบริการ และสอดคล้องกับหลักการอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง พิวส์ รีเลย์แบบสัมผัส LED ตัวต้านทาน ข้อต่อต่างๆที่เลือกใช้ สายไฟฟ้า สามารถถอดเปลี่ยนได้ง่ายและหาซื้อได้ตามร้านขายอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

### 5.3 ข้อเสนอแนะ

#### 5.3.1 ข้อเสนอแนะเพื่อการนำวิจัยไปใช้

1. ด้านการศึกษาจัดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า นอกจากจะใช้ในการทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า แล้วสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอื่นที่ต้องทำเครื่องหมาย หลังจากผ่านการตรวจสอบแล้วได้ เช่น อุตสาหกรรมตรวจสอบประจักษ์ส่วนอิเล็กทรอนิกส์ การตรวจผลิตภัณฑ์พลาสติก ที่เป็นระบบอัตโนมัติเพื่อยืนยันการตรวจสอบ
2. สามารถนำไปประยุกต์ใช้กระบวนการตรวจสอบอิเล็กทรอนิกส์คอลเลกต์ ที่เป็นข้ออื่น ที่มีสัญญาณ Passออกมา ซึ่งต้องประยุกต์ต้องประยุกต์ให้เหมาะสม
3. สามารถนำไปทำเครื่องกับกระบวนการอื่นๆ ที่ต้องทำเครื่องหมายหลังจากผ่านกระบวนการนั้น เพื่อยืนยันการทำงานขั้นต้นได้

#### 5.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการทำวิจัยต่อไป

1. อุปกรณ์ในส่วนต่างๆ ของเครื่องมีการพัฒนาการไปข้างหน้าอย่างไม่หยุดอยู่กับที่ ทำให้ควรมีการเลือกใช้อุปกรณ์ในส่วนต่างๆ มาประยุกต์ใช้ให้มีความเหมาะสม เช่น อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ที่ใช้ในการออกแบบ วัสดุที่นำมาใช้เป็นโครงสร้างและการขึ้นรูป
2. รูปลักษณะที่ออกแบบควรเป็นไปได้ในการค้าเพราะเครื่องทดสอบในกระบวนการมีหลายรูปแบบ หลายข้อ
3. ควรมีการวิจัยเพิ่มในการทำหัว มาคเกอร์โพรบ ที่เป็นชนิดแสงเลเซอร์
4. ควรมีการวิจัยเพิ่มในการทำหัว มาคเกอร์โพรบ ที่เป็นให้มีขนาดหลากหลายชนิดและหลากหลายรูปแบบของสัญลักษณ์ ของเครื่องหมาย

ในด้านการประเมินทางด้านต่างๆ ควรจะเน้นหาข้อมูลและสอบถามความต้องการผู้ใช้งาน ก่อนเป็นอันดับแรก จากนั้นนำข้อมูลมาสรุปเพื่อจะได้ข้อมูล นำไปใช้ในการออกแบบ ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า และทุกคำถามจากแบบประเมินจะต้องศึกษามาจากนิยามศัพท์ และวัตถุประสงค์เพื่อที่จะให้ตอบสนองกับวัตถุประสงค์และนิยามศัพท์ จากนั้นวิเคราะห์เครื่องมือในแต่ละรายการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

- เจน สงสมพันธุ์. 2534. เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ เล่ม 1. กรุงเทพฯ : เอดิสัน เพรส โปรดักส์.
- นิรัช สุดสังข์. 2547. การวิจัยการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ : งานตำราและเอกสารการพิมพ์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์สถาปัตยกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ประกาศิต ดันตือลงการ. 2535. “การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดประลองวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ.” สารนิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ประภากร สุวรรณะ และสมศักดิ์ ชุ่มช่วย. 2545. วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ 1. กรุงเทพฯ : โครงการสำนักวิจัยการสื่อสารและเทคโนโลยีสารสนเทศ.
- พันธ์ศักดิ์ พุฒินานิตพงศ์. 2537. เขียนแบบอิเล็กทรอนิกส์ 2 สำหรับช่างอิเล็กทรอนิกส์ ทั้งทฤษฎีและปฏิบัติ. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมอาชีพ.
- ไพรม์เอเชีย. 2543. การแก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพ. เอกสารประกอบคำบรรยาย. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- มณฑล ศาสนนันท์. 2546. การออกแบบผลิตภัณฑ์ เพื่อการสร้างสรรค์นวัตกรรมและวิศวกรรม ย้อนรอย. กรุงเทพฯ : ศ.ส.ท..
- มนตรี ยอดบางเคย. 2538. ออกแบบผลิตภัณฑ์. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- วิจURY สิมะโชคดี. 2542. เทคนิคป้องกันความผิดพลาด. กรุงเทพฯ : ศ. เอเชียเพรส.
- สำเริง รัชมีวิสวะ. 2536. เขียนแบบอิเล็กทรอนิกส์. กรุงเทพฯ. สำนักพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- สุวัชชัย เลิศสถาพรสุข. 2547. “การพัฒนาชุดทดลองการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51.” วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ศักรินทร์ โสนันทะ. 2542. “การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดประลองวิชา 111-363 ปฏิบัติการไฟฟ้าสื่อสาร.” สารนิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- อุดมศักดิ์ สาริบุตร. 2545. การออกแบบอุตสาหกรรม 6. กรุงเทพฯ : วินด์ เซิร์ฟ เลเบล.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อรวริยา นามสวัสดิ์. 2547. “การศึกษาและพัฒนาเครื่องควมและดีเกิลยวเส้นใหม่.” สารนิพนธ์  
ปริญญาครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม  
บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

Robere & Associates. 2543. เอกสารประกอบคำบรรยาย เรื่อง: ความเข้าใจและวิธีดำเนินการตาม  
ระบบบริหารคุณภาพ ISO/TS 16949:

Martin W. Jawitz. 1997. Printed Circuit Board Materials Handbook. USA : McGraw-Hill.

Sink Testing Co., Ltd. 1999. Sink 6100 Series Manual. Taiwan.

<http://www.sme.go.th>

<http://www.mistakeproofing.com/Glossary/glossary.html>

<http://www.empowermentthai.com/mcontents/marticle.php>

<http://www.smeschannel.com/meaning.php>

<http://www.tpmconsulting.org/dwnld/gallery/mistake/index.htm>

<http://www.primamgt.com/mgttoolpage.html>

<http://www.empowermentthai.com/mcontents/marticle.php>

<http://www.thaifactory.com/Operate/ZeroQC.htm>

<http://web.ku.ac.th/schoolnet/snet7/diode.htm>

[http://electronics.se-ed.com/contents/040h085/040h085\\_p01.asp](http://electronics.se-ed.com/contents/040h085/040h085_p01.asp)

<http://www.school.net.th/library/snet7/elec1>

<http://www.ectinfo.com>

<http://rbu.rb.ac.th/somsak/design/>

<http://www.edu.chula.ac.th/avd/>

<http://kanchanapisek.or.th/kp6/BOOK2/chapter5/t2-5-l4.htm>

[http://www.tisi.go.th/consumer\\_guide/electric12.html](http://www.tisi.go.th/consumer_guide/electric12.html)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ภาคผนวก ก

- การหาคุณภาพของแบบประเมินการศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าแบบประเมินสำหรับผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านออกแบบด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
- การหาคุณภาพของแบบประเมินการศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าแบบประเมินสำหรับผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญทางด้านออกแบบรูปแบบ
- การหาคุณภาพของแบบประเมินการศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าแบบประเมินสำหรับผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญทางด้านความพึงพอใจของผู้ใช้งาน
- แบบประเมินด้านรูปแบบการศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าประเมินความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
- แบบประเมินด้านรูปแบบการศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าประเมินความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญทางด้านรูปแบบ
- แบบประเมินด้านการวิจัยการศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

การหาคุณภาพของแบบประเมิน

การศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า

แบบประเมินสำหรับผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญทางด้านออกแบบรูปแบบ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1. เพื่อศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า
- 2. เพื่อศึกษาความพึงพอใจในการใช้งานชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ดังนี้
  - ด้านหน้าที่ใช้สอย
  - ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน
  - ด้านความปลอดภัยและการบำรุงรักษา

**คำชี้แจง** แบบประเมินรูปแบบของผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญแบ่งออกเป็น 2 ตอน ประกอบด้วย

- ตอนที่ 1 การหาคุณภาพของแบบประเมินรูปแบบ
- ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

แบบประเมินชุดนี้เป็นแบบประเมินเพื่อหาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity ) ของแบบประเมินในเรื่องการศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าซึ่งเป็นการศึกษาโครงการสารนิพนธ์ในระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผู้ศึกษาโครงการใคร่ขอขอบคุณทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการประเมินผล ในการศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ดังกล่าวมา ณ โอกาสนี้

นายยุทธการ มาศนาเรียง

## การหาคุณภาพของแบบประเมิน การศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า

### นิยามศัพท์

1. รูปแบบชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า คือ ความกว้าง ความสูง ความยาว รูปแบบลักษณะ ของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความเหมาะสมในการใช้งาน สำหรับพนักงานทดสอบ
2. ตำแหน่งของสายไฟฟ้า คือ ตำแหน่งของสายไฟฟ้าที่เข้า และออกจาก ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความเหมาะสมในการใช้งาน
3. การเลือกใช้รูปแบบหม้อแปลงไฟฟ้า คือ ความกว้าง ความสูง ความยาว รูปแบบลักษณะ ของหม้อแปลงไฟฟ้าที่เลือกใช้กับ ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความเหมาะสมในการใช้งาน
4. การออกแบบเพื่ออำนวยความสะดวก ประกอบในการซ่อมบำรุง เป็น การออกแบบ รูปแบบของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า เพื่อให้ง่ายในการถอด ประกอบ และการซ่อมบำรุง
5. การติดตั้งเพื่อการใช้งานเป็นการออกแบบรูปแบบของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า เพื่อไปติดตั้งกับเครื่องทดสอบ ของพนักงานทดสอบทำได้ง่าย
6. ความเหมาะสมของสี คือ สีที่ใช้ในการออกแบบของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความเหมาะสมกับเครื่องทดสอบ และสถานที่ทำงาน
7. ความเหมาะสมของคำแนะนำสำหรับผู้ใช้งาน เป็นคำแนะนำการใช้งานที่ติดอยู่ที่ ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความเหมาะสม เข้าใจง่าย
8. ความเหมาะสมของน้ำหนัก คือน้ำหนักของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความเหมาะสมในการใช้งาน

### ตอนที่ 1 การหาคุณภาพของแบบประเมินทางด้านออกแบบรูปแบบ

**คำชี้แจง** โปรดทำเครื่องหมาย / ลงในช่องตามความคิดเห็นของท่าน โดยผู้วิจัยได้กำหนดตัวเลขระดับความคิดเห็น

- +1 คะแนน หมายถึง ข้อคำถามมีความสอดคล้องกับนิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย
- 0 คะแนน หมายถึง ข้อคำถามที่ไม่แน่ใจว่าสอดคล้องกับนิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย
- 1 คะแนน หมายถึง ข้อคำถามที่ไม่สอดคล้องกับนิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| รายการ                                                                                                                              | ระดับความคิดเห็น |   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---|----|
|                                                                                                                                     | +1               | 0 | -1 |
| 1. ความกว้าง ความสูง ความยาว รูปลักษณ์ ของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความเหมาะสมในการใช้งานสำหรับพนักงานทดสอบ           |                  |   |    |
| 2. ตำแหน่งของสายไฟฟ้าที่เข้า และออกจาก ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความเหมาะสมในการใช้งาน                                |                  |   |    |
| 3. ความกว้าง ความสูง ความยาว รูปลักษณ์ ของหม้อแปลงไฟฟ้าที่เลือกใช้กับ ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความเหมาะสมในการใช้งาน |                  |   |    |
| 4. การออกแบบ รูปแบบของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า เพื่อให้ง่ายในการถอดประกอบ และการซ่อมบำรุง                               |                  |   |    |
| 5. การออกแบบรูปแบบของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า เพื่อไปติดตั้งกับเครื่องทดสอบของพนักงานทดสอบทำได้ง่าย                     |                  |   |    |
| 6. สีที่ใช้ในการออกแบบของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความเหมาะสม กับ เครื่องทดสอบ และสถานที่ทำงาน                        |                  |   |    |
| 7. คำแนะนำการใช้งานที่ติดอยู่ที่ ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจร ไฟฟ้า มีความเหมาะสม เข้าใจง่าย                                     |                  |   |    |
| 8. น้ำหนักของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจร ไฟฟ้า มีความเหมาะสมในการใช้งาน                                                         |                  |   |    |

ตอนที่ 2 ข้อเสนอเพิ่มเติม

ลงชื่อ.....

(.....)

การหาคุณภาพของแบบประเมิน  
การศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า  
แบบประเมินสำหรับผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านออกแบบด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1. เพื่อศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า
- 2. เพื่อศึกษาความพึงพอใจในการใช้งานชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ดังนี้
  - ด้านหน้าที่ใช้สอย
  - ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน
  - ด้านความปลอดภัยและการบำรุงรักษา

คำชี้แจง แบบประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญแบ่งออกเป็น 2 ตอน ประกอบด้วย

- ตอนที่ 1 การหาคุณภาพของแบบประเมินทางด้านออกแบบด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
- ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

แบบประเมินชุดนี้เป็นแบบประเมินเพื่อหาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ของแบบประเมินในเรื่องการศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าซึ่งเป็นการศึกษาโครงการสารนิพนธ์ในระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ผู้ศึกษาโครงการใคร่ขอขอบคุณทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการประเมินผล ในการศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ดังกล่าวมา ณ โอกาสนี้

นายยุทธการ มาสนาเรียง

## การหาคุณภาพของแบบประเมิน

### การศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า

#### นิยามศัพท์

1. การออกแบบวงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า เป็นการออกแบบวงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า สามารถที่จะนำมาทำงานได้จริง และมีความถูกต้อง ทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
2. การเลือกใช้สายไฟฟ้า เป็นการเลือกใช้สายไฟฟ้าที่ใช้ในการออกแบบ และพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความเหมาะสมด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
3. การเลือกใช้หม้อแปลง เป็นการเลือกใช้หม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้ในการออกแบบ และพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความเหมาะสมด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
4. ระบบความปลอดภัยของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า เป็น ระบบความปลอดภัยที่ป้องกัน ไม่ให้อุปกรณ์ ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าเสียหายจากไฟฟ้ากระชาก หรือ ลัดวงจรมีความเหมาะสม
5. การต่อขั้วไฟฟ้า เป็นการเลือกใช้ การต่อขั้วไฟฟ้า ในการออกแบบและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า เช่น การเชื่อมต่อสายไฟฟ้า การเลือกใช้ขั้วต่อสายไฟฟ้า กับ อุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ มีความเหมาะสม
6. ความเป็นไปได้ในการนำไปใช้งาน คือ ความเป็นไปได้ในการนำชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าไปประกอบกับเครื่องทดสอบยี่ห้อ SINK 6100 และทำงานได้จริง
7. การเลือกใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เป็นการเลือกใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในการออกแบบ และพัฒนา ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความเหมาะสมทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
8. การออกแบบเพื่อการ ถอดประกอบและซ่อมบำรุง เป็นการออกแบบเพื่อการ ถอด ประกอบ และซ่อมบำรุง อุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ มีความเหมาะสม ของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ทำได้ง่าย

ตอนที่ 1 การหาคุณภาพของแบบประเมินด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

**คำชี้แจง** โปรดทำเครื่องหมาย / ลงในช่องตามความคิดเห็นของท่าน โดยผู้วิจัยได้กำหนดตัวเลขระดับความคิดเห็น

- +1 คะแนน หมายถึง ข้อคำถามมีความสอดคล้องกับนิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย
- 0 คะแนน หมายถึง ข้อคำถามที่ไม่แน่ใจว่าสอดคล้องกับนิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย
- 1 คะแนน หมายถึง ข้อคำถามที่ไม่สอดคล้องกับนิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| รายการ                                                                                                                                                                                                              | ระดับความคิดเห็น |   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---|----|
|                                                                                                                                                                                                                     | +1               | 0 | -1 |
| 1. การออกแบบวงจรไฟฟ้าของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า สามารถที่จะนำมาทำงานได้จริง และมีความถูกต้อง ทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์                                                                             |                  |   |    |
| 2. การเลือกใช้สายไฟฟ้าที่ใช้ในการออกแบบ และพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความเหมาะสมด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์                                                                                        |                  |   |    |
| 3. การเลือกใช้หม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้ในการออกแบบ และพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความเหมาะสมด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์                                                                                   |                  |   |    |
| 4. ระบบความปลอดภัยที่ป้องกัน ไม่ให้อุปกรณ์ ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าเสียหายจากไฟฟ้ากระชาก หรือ ลัดวงจร มีความเหมาะสม ด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์                                |                  |   |    |
| 5. การเลือกใช้ การต่อขั้วไฟฟ้า ในการออกแบบและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า เช่น การเชื่อมต่อสายไฟฟ้า การเลือกใช้ข้อต่อสายไฟฟ้า กับอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ มีความเหมาะสมด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ |                  |   |    |
| 6. ความเป็นไปได้ในการนำชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าไปประกอบกับเครื่องทดสอบยี่ห้อ SINK 6100 และทำงานได้จริง                                                                                                  |                  |   |    |
| 7. การเลือกใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในการออกแบบและพัฒนา ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความเหมาะสมทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์                                                                              |                  |   |    |
| 8. การออกแบบเพื่อการ ถอด ประกอบและซ่อมบำรุง อุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ มีความเหมาะสม ของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ทำได้ง่าย                                                                           |                  |   |    |

ตอนที่ 2 ข้อเสนอเพิ่มเติม

ลงชื่อ.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษา (และจะไม่เผยแพร่ในที่สาธารณะ) การค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาคุณภาพของแบบประเมิน

การศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า

แบบประเมินสำหรับผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญทางด้านความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

.....

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1. เพื่อศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า
- 2. เพื่อศึกษาความพึงพอใจในการใช้งานชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ดังนี้
  - ด้านหน้าที่ใช้สอย
  - ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน
  - ด้านความปลอดภัยและการบำรุงรักษา

คำชี้แจง แบบประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญแบ่งออกเป็น 2 ตอน ประกอบด้วย

- ตอนที่ 1 การหาคุณภาพของแบบประเมินทางด้านความพึงพอใจของผู้ใช้งาน
- ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

แบบประเมินชุดนี้เป็นแบบประเมินเพื่อหาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ของแบบประเมินในเรื่องการศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าซึ่งเป็นการศึกษาโครงการสารนิพนธ์ในระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผู้ศึกษาโครงการใคร่ขอขอบคุณทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการประเมินผล ในการศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ดังกล่าวมา ณ โอกาสนี้

นายยุทธการ มาสนาเรียง

## การหาคุณภาพของแบบประเมิน การศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า

### นิยามศัพท์

#### 1. ด้านหน้าที่ใช้สอย

ด้านหน้าที่ใช้สอย หมายถึงผลิตภัณฑ์ที่ใช้นั้นจะต้องมีหน้าที่ใช้สอยถูกต้องตามความเป็นจริงสนองความต้องการของผู้ใช้งานมากที่สุด (มนตรี ยอดบางเตย. 2538 : 72-73)

- 1.1 ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ทำหน้าที่ใช้สอยถูกต้องตามเป้าหมายที่ตั้งไว้
- 1.2 รูปแบบชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า คือ ความกว้าง ความสูง ความยาว รูปลักษณ์ ของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความเหมาะสมในการใช้งานสำหรับพนักงานทดสอบ
- 1.3 ความเหมาะสมของคำแนะนำสำหรับผู้ใช้งาน เป็น คำแนะนำการใช้งานที่ติดอยู่ที่ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความเหมาะสม เข้าใจง่าย

#### 2. ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน

ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน หมายถึง ความสะดวกในการใช้งานผลิตภัณฑ์ อย่างเหมาะสม ดังนี้ นักออกแบบจะต้องคำนึงถึงสัดส่วน ขนาด และขีดจำกัดของอวัยวะส่วนต่างๆของผู้ใช้ (มนตรี ยอดบางเตย. 2538 : 72-73)

1. มีความสะดวกสบายในการติดตั้ง เป็น ความสะดวกสบายในการติดตั้ง ประกอบกับเครื่องทดสอบ และใช้งานชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ของพนักงานทดสอบ
2. มีความสะดวกสบายในการเคลื่อนย้าย เป็นความสะดวกสบายในการเคลื่อนย้ายเพื่อการติดตั้ง การซ่อมบำรุง ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ของพนักงานทดสอบ
3. มีความสะดวกสบายในการเปิด-ปิด เป็นความสะดวกสบายในการเปิด/ปิดสวิตช์ ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ของพนักงานทดสอบ
4. มีความสะดวกสบายในการทำความสะดวก เป็น ความสะดวกสบายในการทำความสะดวก ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ของพนักงานทดสอบ

#### 3. ด้านความปลอดภัย และการบำรุงรักษา

ด้านความปลอดภัย หมายถึง ความปลอดภัย(Safety) ผู้ออกแบบจะต้องคำนึงความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อผู้ใช้งาน เทียบเท่าหน้าที่ใช้สอยการทำงาน เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม นำกลับมาใช้ใหม่ได้หรือไม่ ถ้าหลีกเลี่ยงไม่ได้ต้องทำเครื่องหมายชี้บ่ง (มนตรี ยอดบางเตย. 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การซ่อมบำรุง ( Maintenance ) หมายถึงผู้ออกแบบจะต้องคำนึงถึงการซ่อมบำรุงรักษาง่าย เมื่อสินค้ามีปัญหา มีอะไหล่เปลี่ยนหาง่าย เพื่อเป็นการประหยัดเงิน (มนตรี ยอดบางเตย . 2538 : 72-73)

1. ความปลอดภัยขณะใช้เครื่อง เป็นความปลอดภัยที่มีต่อพนักงานทดสอบ
2. ความปลอดภัยของระบบไฟฟ้า เป็นความปลอดภัยของระบบไฟฟ้าและ อิเล็กทรอนิกส์ของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า เมื่อไฟฟ้ามีการลัดวงจร
3. ความปลอดภัยที่จะเกิดขึ้นกับชิ้นงาน คือความปลอดภัยที่มีต่อชิ้นงานที่นำมาทดสอบในกรณี ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า เมื่อไฟฟ้ามีการลัดวงจร
4. การถอดประกอบและซ่อมบำรุง คือ ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า สามารถถอดประกอบชิ้นส่วนเพื่อมาทำการซ่อมบำรุงทำได้ง่าย
5. การหาอะไหล่เพื่อใช้เปลี่ยน และซ่อมบำรุง ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า สามารถหาได้ง่าย

ตอนที่ 1 การหาคุณภาพของแบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย / ลงในช่องตามความคิดเห็นของท่าน โดยผู้วิจัยได้กำหนดตัวเลขระดับความคิดเห็นนี้

- +1 คะแนน หมายถึง ข้อคำถามมีความสอดคล้องกับนิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย
- 0 คะแนน หมายถึง ข้อคำถามที่ไม่แน่ใจว่าสอดคล้องกับนิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย
- 1 คะแนน หมายถึง ข้อคำถามที่ไม่สอดคล้องกับนิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

| รายการ                                                                                                                                                 | ระดับความคิดเห็น |   |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---|----|
|                                                                                                                                                        | +1               | 0 | -1 |
| ด้านหน้าที่ใช้สอย                                                                                                                                      |                  |   |    |
| 1. ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ทำหน้าที่ใช้สอยถูกต้องตามเป้าหมายที่ตั้งไว้                                                                    |                  |   |    |
| 2. ความกว้าง ความสูง ความยาว รูปลักษณะ ของหม้อแปลงไฟฟ้าที่เลือกใช้กับ ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความเหมาะสมในการใช้งาน สำหรับพนักงานทดสอบ |                  |   |    |
| 3. คำแนะนำการใช้งานที่ติดอยู่ที่ ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความเหมาะสม เข้าใจง่าย                                                         |                  |   |    |
|                                                                                                                                                        |                  |   |    |
| ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน                                                                                                                           |                  |   |    |
| 1. ความสะดวกสบายในการการติดตั้ง ประกอบกับเครื่องทดสอบ และใช้งานชุดทำเครื่องหมายบน                                                                      |                  |   |    |
| 2. ความสะดวกสบายในการเคลื่อนย้ายเพื่อการติดตั้ง การซ่อมบำรุง ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ของพนักงานทดสอบ                                      |                  |   |    |
| 3. ความสะดวกสบายในการเปิด/ปิดสวิตซ์ ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ของพนักงานทดสอบ                                                               |                  |   |    |
| 4. ความสะดวกสบายในการทำความสะดวก ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ของพนักงานทดสอบ                                                                  |                  |   |    |
|                                                                                                                                                        |                  |   |    |
| ด้านความปลอดภัยและการบำรุงรักษา                                                                                                                        |                  |   |    |
| 1. ความปลอดภัยขณะใช้ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ที่มีต่อพนักงานทดสอบ                                                                          |                  |   |    |
| 2. ความปลอดภัยของระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า เมื่อไฟฟ้ามีการลัดวงจร                                              |                  |   |    |
| 3. ความปลอดภัยที่มีต่อชิ้นงานที่นำมาทดสอบในกรณี ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า เมื่อไฟฟ้ามีการลัดวงจร                                            |                  |   |    |
| 4. ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า สามารถถอดประกอบชิ้นส่วนเพื่อมาทำการซ่อมบำรุงทำได้ง่าย                                                          |                  |   |    |
| 5. การหาอะไหล่เพื่อใช้เปลี่ยน และซ่อมบำรุง ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า สามารถหาได้ง่าย                                                        |                  |   |    |

ตอนที่ 2 ข้อเสนอเพิ่มเติม

ลงชื่อ.....

(.....)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินด้านรูปแบบ  
การศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า  
แบบประเมินความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญทางด้านรูปแบบ

คำชี้แจง

- 1. แบบประเมินชุดนี้ เป็นแบบประเมินเพื่อใช้ในการประเมินรูปแบบของ ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ใช้ในการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญ
- 2. แบบประเมิน ชุดนี้มี 2 ตอน

ตอนที่ 1 เป็นแบบประเมินความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญกับการพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า โดยพิจารณาคำตอบแต่ละข้อ แล้วเขียนเครื่องหมาย / ลงในช่องระดับความคิดเห็นท้ายคำถามที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน โดยใช้เกณฑ์พิจารณา ดังนี้

|   |         |                 |
|---|---------|-----------------|
| 5 | หมายถึง | ระดับมากที่สุด  |
| 4 | หมายถึง | ระดับมาก        |
| 3 | หมายถึง | ระดับปานกลาง    |
| 2 | หมายถึง | ระดับน้อย       |
| 1 | หมายถึง | ระดับน้อยที่สุด |

ตอนที่ 2 เป็นแบบประเมินลักษณะปลายเปิด เป็นข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับการศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า นอกเหนือจากที่ระบุไว้

แบบประเมินชุดนี้เป็นแบบประเมิน รูปแบบ ในการศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ซึ่งเป็นการศึกษาโครงการสารนิพนธ์ในระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผู้ศึกษาโครงการใคร่ขอขอบคุณทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการประเมินผล ในการศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ดังกล่าวมา ณ โอกาสนี้

นายยุทธการ มาสนาเรียง

ตอนที่ 1 เป็นแบบประเมินความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับการศึกษาและ  
พัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า

| รายการ                                                                                                                                  | ระดับความพึงพอใจ |   |   |   |   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---|---|---|---|
|                                                                                                                                         | 1                | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1. ความกว้าง ความสูง ความยาว รูปแบบ ลักษณะ ของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความเหมาะสมในการใช้งานสำหรับพนักงานทดสอบ           |                  |   |   |   |   |
| 2. ตำแหน่งของสายไฟฟ้าที่เข้า และออกจาก ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความเหมาะสมในการใช้งาน                                    |                  |   |   |   |   |
| 3. ความกว้าง ความสูง ความยาว รูปแบบ ลักษณะ ของหม้อแปลงไฟฟ้าที่เลือกใช้กับ ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความเหมาะสมในการใช้งาน |                  |   |   |   |   |
| 4. การออกแบบ รูปแบบของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า เพื่อให้ง่ายในการถอดประกอบ และการซ่อมบำรุง                                   |                  |   |   |   |   |
| 5. การออกแบบรูปแบบของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า เพื่อไปติดตั้งกับเครื่องทดสอบ ของพนักงานทดสอบทำได้ง่าย                        |                  |   |   |   |   |
| 6. สีที่ใช้ในการออกแบบของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความเหมาะสม กับเครื่องทดสอบ และสถานที่ทำงาน                             |                  |   |   |   |   |
| 7. คำแนะนำการใช้งานที่ติดอยู่ที่ ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความเหมาะสมเข้าใจง่าย                                           |                  |   |   |   |   |
| 8. น้ำหนักของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความเหมาะสมในการใช้งาน                                                              |                  |   |   |   |   |

ตอนที่ 2 ข้อเสนอเพิ่มเติม

ลงชื่อ.....  
(.....)

แบบประเมินด้านรูปแบบ

การศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า

แบบประเมินความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

คำชี้แจง

1. แบบประเมินชุดนี้ เป็นแบบประเมินเพื่อใช้ในการประเมินรูปแบบของ ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ใช้ในการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญ

2. แบบประเมิน ชุดนี้มี 2 ตอน

ตอนที่ 1 เป็นแบบประเมินความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญกับการพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า โดยพิจารณาคำตอบแต่ละข้อ แล้วเขียนเครื่องหมาย/ ลงในช่องระดับความคิดเห็นท้ายคำถามที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน โดยใช้เกณฑ์พิจารณา ดังนี้

|   |         |                 |
|---|---------|-----------------|
| 5 | หมายถึง | ระดับมากที่สุด  |
| 4 | หมายถึง | ระดับมาก        |
| 3 | หมายถึง | ระดับปานกลาง    |
| 2 | หมายถึง | ระดับน้อย       |
| 1 | หมายถึง | ระดับน้อยที่สุด |

ตอนที่ 2 เป็นแบบประเมินลักษณะปลายเปิด เป็นข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับการศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า นอกเหนือจากที่ระบุไว้

แบบประเมินชุดนี้เป็นแบบประเมินทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ในการศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ซึ่งเป็นการศึกษาโครงการสารนิพนธ์ในระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผู้ศึกษาโครงการใคร่ขอขอบคุณทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการประเมินผล ในการศึกษาและและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ดังกล่าวมา ณ โอกาสนี้

นายยุทธการ มาสนาเรียง

ตอนที่ 1 เป็นแบบประเมินความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับการศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า

ตอนที่ 1 แบบประเมินความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญ เกี่ยวกับการศึกษาและพัฒนาชุด  
ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า

**คำชี้แจง** โปรดทำเครื่องหมาย / ลงในช่องตามความคิดเห็นของท่าน โดยผู้วิจัยได้กำหนดตัวเลขระดับความคิดเห็นดังนี้

| รายการ                                                                                                                                                                                     | ระดับความคิดเห็น |   |   |   |   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---|---|---|---|
|                                                                                                                                                                                            | 1                | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1. การออกแบบวงจรไฟฟ้าของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า สามารถที่จะนำมาทำงานได้จริง                                                                                                   |                  |   |   |   |   |
| 2. การออกแบบวงจรไฟฟ้าของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความถูกต้อง                                                                                                                 |                  |   |   |   |   |
| 3. การเลือกใช้สายไฟฟ้าที่ใช้ในการออกแบบ และพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความเหมาะสม                                                                                         |                  |   |   |   |   |
| 4. การเลือกใช้หม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้ในการออกแบบ และพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความเหมาะสม                                                                                    |                  |   |   |   |   |
| 5. ระบบความปลอดภัยที่ออกแบบป้องกัน ไม่ให้อุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าเสียหายจากไฟฟ้ากระชาก หรือ ถัดวงจร                                            |                  |   |   |   |   |
| 6. ระบบความปลอดภัยของวงจรไฟฟ้าที่ออกแบบ ไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้งาน                                                                                                                         |                  |   |   |   |   |
| 7. การเลือกใช้ การต่อขั้วไฟฟ้า ในการออกแบบและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า เช่น การเชื่อมต่อสายไฟฟ้า การเลือกใช้ขั้วต่อสายไฟฟ้า กับอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ มีความเหมาะสม |                  |   |   |   |   |
| 8. การเลือกใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในการออกแบบและพัฒนา ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความเหมาะสม                                                                                  |                  |   |   |   |   |
| 9. การออกแบบเพื่อการ ถอด ประกอบและซ่อมบำรุง อุปกรณ์ไฟฟ้ามีความเหมาะสม                                                                                                                      |                  |   |   |   |   |
| 10. การออกแบบเพื่อการ ถอด ประกอบและซ่อมบำรุง อุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ทำได้ง่าย                                                                                                       |                  |   |   |   |   |

ตอนที่ 2 ข้อเสนอเพิ่มเติม

แบบประเมินด้านการวิจัย  
การศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า  
แบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

คำชี้แจง

1. แบบประเมินชุดนี้ เป็นแบบประเมินเพื่อใช้ในการประเมินรูปแบบของ ชุดทำ  
เครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ใช้ในการประเมินโดยผู้ใช้งาน

2. แบบประเมิน ชุดนี้มี 2 ตอน

ตอนที่ 1 เป็นแบบประเมินความคิดเห็นของผู้ใช้งานกับการพัฒนาชุดทำ  
เครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ทั้ง 3 ด้าน โดยพิจารณาคำตอบแต่ละข้อ แล้วเขียน  
เครื่องหมาย / ลงในช่องระดับความคิดเห็นท้ายคำถามที่ตรงกับความพึงพอใจของท่าน โดยใช้  
เกณฑ์พิจารณา ดังนี้

|   |         |                 |
|---|---------|-----------------|
| 5 | หมายถึง | ระดับมากที่สุด  |
| 4 | หมายถึง | ระดับมาก        |
| 3 | หมายถึง | ระดับปานกลาง    |
| 2 | หมายถึง | ระดับน้อย       |
| 1 | หมายถึง | ระดับน้อยที่สุด |

ตอนที่ 2 เป็นแบบประเมินลักษณะปลายเปิด เป็นข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับการ  
การศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า นอกเหนือจากที่ระบุไว้

แบบประเมินชุดนี้เป็นแบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ในการศึกษาและพัฒนาชุด  
ทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ซึ่งเป็นการศึกษาโครงการสารนิพนธ์ในระดับปริญญาโท  
หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยี  
พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผู้ศึกษาโครงการใคร่ขอขอบคุณทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการประเมินผล ในการ  
ศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ดังกล่าวมา ณ โอกาสนี้

นายยุทธการ มาศนาเรียง

ตอนที่ 1 เป็นแบบประเมินความคิดเห็นของผู้ใช้งาน เกี่ยวกับการศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า

| รายการ                                                                                                                   | ระดับความพึงพอใจ |   |   |   |   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---|---|---|---|
|                                                                                                                          | 1                | 2 | 3 | 4 | 5 |
| ด้านหน้าที่ใช้สอย                                                                                                        |                  |   |   |   |   |
| 1. ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ทำงานได้จริง                                                                     |                  |   |   |   |   |
| 2. ความกว้าง ความสูง ความยาว รูปลักษณ์ ของหม้อแปลงไฟฟ้าที่เลือกใช้กับ ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความเหมาะสม |                  |   |   |   |   |
| 3. คำแนะนำการใช้งานที่ติดอยู่ที่ ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า เข้าใจง่าย                                         |                  |   |   |   |   |
| ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน                                                                                             |                  |   |   |   |   |
| 1. ความสะดวกสบายในการการติดตั้ง ประกอบกับเครื่องทดสอบ และใช้งานชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ของพนักงานทดสอบ      |                  |   |   |   |   |
| 2. ความสะดวกสบายในการเคลื่อนย้ายเพื่อการติดตั้ง การซ่อมบำรุง ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ของพนักงานทดสอบ        |                  |   |   |   |   |
| 3. ความสะดวกสบายในการเปิด/ปิดสวิทช์ ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ของพนักงานทดสอบ                                 |                  |   |   |   |   |
| 4. ความสะดวกสบายในการทำความสะดวก ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ของพนักงานทดสอบ                                    |                  |   |   |   |   |
| ด้านความปลอดภัยและการบำรุงรักษา                                                                                          |                  |   |   |   |   |
| 1. ความปลอดภัยขณะใช้ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ที่มีต่อพนักงานทดสอบ                                            |                  |   |   |   |   |
| 2. ความปลอดภัยของระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า เมื่อไฟฟ้ามีการลัดวงจร                |                  |   |   |   |   |
| 3. ความปลอดภัยที่มีต่อชิ้นงานที่นำมาทดสอบในกรณี ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า เมื่อไฟฟ้ามีการลัดวงจร              |                  |   |   |   |   |
| 4. ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า สามารถถอดประกอบชิ้นส่วนเพื่อมาทำการซ่อมบำรุงทำได้ง่าย                            |                  |   |   |   |   |
| 5. การหาอะไหล่เพื่อใช้เปลี่ยน และซ่อมบำรุง ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า สามารถหาได้ง่าย                          |                  |   |   |   |   |

ตอนที่ 2 ข้อเสนอเพิ่มเติม

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



คะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

สรุปผลการหาคุณภาพของแบบประเมินการศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าแบบประเมินสำหรับผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญทางด้านออกแบบรูปแบบ

| ข้อที่ | คำถาม                                                                                                                            | คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญแต่ละคน |   |    |           | ผลการตรวจสอบ |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---|----|-----------|--------------|
|        |                                                                                                                                  | +1                                     | 0 | -1 | $\bar{X}$ |              |
| 1      | ความกว้าง ความสูง ความยาว รูปลักษณ์ ของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความเหมาะสม ในการใช้งานสำหรับพนักงานทดสอบ          | 3                                      | 0 | 0  | 1         | สอดคล้อง     |
| 2      | ตำแหน่งของสายไฟฟ้าที่เข้า และออกจาก ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความเหมาะสมในการใช้งาน                                | 3                                      | 0 | 0  | 1         | สอดคล้อง     |
| 3      | ความกว้าง ความสูง ความยาว รูปลักษณ์ ของหม้อแปลงไฟฟ้าที่เลือกใช้กับ ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความเหมาะสมในการใช้งาน | 3                                      | 0 | 0  | 1         | สอดคล้อง     |
| 4      | การออกแบบ รูปแบบของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า เพื่อให้ง่ายต่อการซ่อมบำรุง                                              | 2                                      | 1 | 0  | 0.67      | สอดคล้อง     |
| 5      | การออกแบบรูปแบบของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า เพื่อไปติดตั้งกับเครื่องทดสอบ ของพนักงานทดสอบทำได้ง่าย                    | 3                                      | 0 | 0  | 1         | สอดคล้อง     |
| 6      | สีที่ใช้ในการออกแบบของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความเข้ากันได้กับเครื่องทดสอบ และสถานที่ทำงาน                       | 2                                      | 1 | 0  | 0.67      | สอดคล้อง     |
| 7      | คำแนะนำการใช้งานที่ติดอยู่ที่ ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความเหมาะสม เข้าใจง่าย                                      | 2                                      | 1 | 0  | 0.67      | สอดคล้อง     |
| 8      | น้ำหนักของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้ามีความเหมาะสมในการใช้งาน                                                           | 2                                      | 1 | 0  | 0.67      | สอดคล้อง     |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการหาคุณภาพของแบบประเมินการศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าแบบประเมินสำหรับผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านออกแบบด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

| ข้อที่ | คำถาม                                                                                                                                                                                                            | คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญแต่ละคน |   |    |           | ผลการตรวจสอบ |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---|----|-----------|--------------|
|        |                                                                                                                                                                                                                  | +1                                     | 0 | -1 | $\bar{X}$ |              |
| 1      | การออกแบบวงจรไฟฟ้าของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าสามารถที่จะนำมาทำงานได้จริง และมีความถูกต้องทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์                                                                               | 2                                      | 1 | 0  | 0.67      | สอดคล้อง     |
| 2      | การเลือกใช้สายไฟฟ้าที่ใช้ในการออกแบบ และพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความเหมาะสมด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์                                                                                        | 2                                      | 1 | 0  | 0.67      | สอดคล้อง     |
| 3      | การเลือกใช้หม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้ในการออกแบบ และพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความเหมาะสมด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์                                                                                   | 2                                      | 1 | 0  | 0.67      | สอดคล้อง     |
| 4      | ระบบทวนสอบต่อหม้อแปลงกัน ในหม้อแปลง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า เสียหายจากไฟฟ้ากระชาก หรือ ลัดวงจร มีความเหมาะสม ด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์                                   | 2                                      | 1 | 0  | 0.67      | สอดคล้อง     |
| 5      | การเลือกใช้ การต่อขั้วไฟฟ้า ในการออกแบบและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า เช่น การเชื่อมต่อสายไฟฟ้า การเลือกใช้ข้อต่อสายไฟฟ้า กับอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ มีความเหมาะสมด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ | 2                                      | 1 | 0  | 0.67      | สอดคล้อง     |
| 6      | ความเป็นไปได้ในการนำชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าไปประกอบกับเครื่องทดสอบยี่ห้อ SINK 6100 และทำงานได้จริง                                                                                                  | 2                                      | 1 | 0  | 0.67      | สอดคล้อง     |
| 7      | การเลือกใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในการออกแบบและพัฒนา ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความเหมาะสมทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์                                                                              | 2                                      | 1 | 0  | 0.67      | สอดคล้อง     |
| 8      | การออกแบบเพื่อการ ถอด ประกอบและซ่อมบำรุง อุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ มีความเหมาะสม ของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ทำได้ง่าย                                                                           | 2                                      | 1 | 0  | 0.67      | สอดคล้อง     |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการหาคุณภาพของแบบประเมินการศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าแบบประเมินสำหรับผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญทางด้านความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

| ข้อที่                          | คำถาม                                                                                                                                               | คะแนนความคิดเห็นของ<br>ผู้เชี่ยวชาญแต่ละคน |   |    |           | ผลการตรวจสอบ |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---|----|-----------|--------------|
|                                 |                                                                                                                                                     | +1                                         | 0 | -1 | $\bar{X}$ |              |
| ด้านหน้าที่ใช้สอย               |                                                                                                                                                     |                                            |   |    |           |              |
| 1                               | ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ทำหน้าที่ใช้สอยถูกต้องตามเป้าหมายที่ตั้งไว้                                                                    | 2                                          | 1 | 0  | 0.67      | สอดคล้อง     |
| 2                               | ความกว้าง ความสูง ความยาว รูปลักษณ์ ของหม้อแปลงไฟฟ้าที่เลือกใช้กับ ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความเหมาะสมในการใช้งาน สำหรับพนักงานทดสอบ | 2                                          | 1 | 0  | 0.67      | สอดคล้อง     |
| 3                               | คำแนะนำการใช้งานที่ติดอยู่ที่ ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า มีความเหมาะสม เข้าใจง่าย                                                         | 2                                          | 1 | 0  | 0.67      | สอดคล้อง     |
| ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน    |                                                                                                                                                     |                                            |   |    |           |              |
| 1                               | ความสะดวกสบายในการการติดตั้ง ประกอบกับเครื่องทดสอบ และใช้งานชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ของพนักงานทดสอบ                                    | 3                                          | 0 | 0  | 1         | สอดคล้อง     |
| 2                               | 2. ความสะดวกสบายในการเคลื่อนย้ายเพื่อการติดตั้ง การซ่อมบำรุงชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ของพนักงานทดสอบ                                    | 3                                          | 0 | 0  | 1         | สอดคล้อง     |
| 3                               | ความสะดวกสบายในการเปิด/ปิดสวิตช์ ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ของพนักงานทดสอบ                                                               | 3                                          | 0 | 0  | 1         | สอดคล้อง     |
| 4                               | ความสะดวกสบายในการทำความสะอาด ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ของพนักงานทดสอบ                                                                  | 3                                          | 0 | 0  | 1         | สอดคล้อง     |
| ด้านความปลอดภัยและการบำรุงรักษา |                                                                                                                                                     |                                            |   |    |           |              |
| 1                               | ความปลอดภัยขณะใช้ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ที่มีต่อพนักงานทดสอบ                                                                          | 3                                          | 0 | 0  | 1         | สอดคล้อง     |
| 2                               | ความปลอดภัยของระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า เมื่อไฟฟ้ามีการลัดวงจร                                              | 3                                          | 0 | 0  | 1         | สอดคล้อง     |
| 3                               | ความปลอดภัยที่มีต่อชิ้นงานที่นำมาทดสอบในกรณี ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า เมื่อไฟฟ้ามีการลัดวงจร                                            | 3                                          | 0 | 0  | 1         | สอดคล้อง     |
| 4                               | ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า สามารถถอดประกอบชิ้นส่วนเพื่อมาทำการซ่อมบำรุงทำได้ง่าย                                                          | 3                                          | 0 | 0  | 1         | สอดคล้อง     |
| 5                               | การห่อหุ้มเพื่อใช้เปลี่ยน และซ่อมบำรุง ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า สามารถหาได้ง่าย                                                         | 3                                          | 0 | 0  | 1         | สอดคล้อง     |

เอกสารนี้เป็นเอกสารต้นฉบับที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการประเมินผลและปรับปรุงคุณภาพของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ไม่สามารถนำเอกสารนี้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าหรือการอื่นใดโดยไม่ได้รับอนุญาตจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และต้องอ้างอิงถึงที่มาของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ ศธ 0524.04/ 3137

คณะกรรมการอุดมศึกษา

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

14 กรกฎาคม 2548

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ให้นักศึกษาทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้จัดการฝ่ายคุณภาพ บริษัท เคซีอี อินเทอร์เน็ตในชั้นแนล จำกัด (คุณณภาดล กวนศักดิ์)

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมิน เพื่อการวิจัย

ด้วย นายยุทธการ มาศนาเรียง นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังจัดทำสารนิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า" คณะกรรมการอุดมศึกษา จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้นายยุทธการ มาศนาเรียง ทดลองใช้ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า และเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัยภายในสถานประกอบการได้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุญาตและขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ของท่านมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลั่นหอม)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692 ,

โทรสาร.02- 326-4325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม หน่วยบัณฑิตศึกษา งานทะเบียน โทร. 3692

ที่ ศร 0524.04/ 3112

วันที่ 13 กรกฎาคม 2548

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินเพื่อการวิจัย

เรียน ผศ.ดร.เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม

ด้วย นายยุทธการ มาศนาเรียง นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังจัดเตรียมทำสารนิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า" คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ

นายยุทธการ มาศนาเรียง มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบบแบบประเมินเพื่อการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี



## บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม หน่วยบัณฑิตศึกษา งานทะเบียน โทร. 3692

ที่ ศธ 0524.04/ 3112

วันที่ 13 กรกฎาคม 2548

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินเพื่อการวิจัย

เรียน ดร.ผดุงชัย ภูพัฒน์

ด้วย นายยุทธการ มาศนาเรียง นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร  
ลาดกระบัง กำลังจัดเตรียมทำสารนิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์  
วงจรไฟฟ้า" คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับ  
เรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหา  
ถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ  
นายยุทธการ มาศนาเรียง มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบบแบบประเมินเพื่อการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็น  
อย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี



ที่ ศธ 0524.04 / 3112

คณะกรรมการอุดมศึกษา

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

13 กรกฎาคม 2548

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินเพื่อการวิจัย

เรียน คุณโฆษิต สุวรรณ

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมิน เพื่อการวิจัย

ด้วย นายยุทธการ มาสนาเรียง นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังจัดเตรียมทำสารนิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า"

คณะกรรมการอุดมศึกษา พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของนายยุทธการ มาสนาเรียง มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร. 02- 737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02-326-4325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม หน่วยบัณฑิตศึกษา งานทะเบียน โทร. 3692

ที่ ศธ 0524.04/ 3112

วันที่ 13 กรกฎาคม 2548

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคนิคไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการวิจัย

เรียน ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา

ด้วย นายยุทธการ มาศนาเรียง นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร  
ลาดกระบัง กำลังทำการวิจัยเพื่อเรียบเรียงสารนิพนธ์ เรื่อง “การศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมาย  
บนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า” คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถ  
เกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคนิคไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์  
เพื่องานวิจัยของ นายยุทธการ มาศนาเรียง

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็น  
อย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี



ที่ ศธ 0524.04 / 3112

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

13 กรกฎาคม 2548

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคนิคไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการวิจัย

เรียน รศ.ดร.สมสิทธิ์ จิตรสถาพร

ด้วย นายยุทธการ มาศนาเรียง นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร  
ลาดกระบัง กำลังทำการวิจัยเพื่อเรียบเรียงสารนิพนธ์ เรื่อง “การศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมาย  
บนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า”

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่อง  
ดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคนิคไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่องานวิจัย  
ของ นายยุทธการ มาศนาเรียง

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็น  
อย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลั่นหอม)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02-326-4325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ ศธ 0524.04 / 3598

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

16 สิงหาคม 2548

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านรูปแบบเพื่อการวิจัย

เรียน อาจารย์เอกสิทธิ์ สุวรรณศรี

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินทางด้านรูปแบบ เพื่อการวิจัย

ด้วย นายยุทธการ มาศนาเรียง นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร  
ลาดกระบัง กำลังทำการวิจัยเพื่อเรียบเรียงสารนิพนธ์ เรื่อง “การศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมาย  
บนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า”

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่อง  
ดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านรูปแบบของชุดทำเครื่องหมาย เพื่องานวิจัย  
ของ นายยุทธการ มาศนาเรียง

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็น  
อย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02-326-4325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ ศร 0524.04 / 3112

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

13 กรกฎาคม 2548

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคนิคไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการวิจัย

เรียน คุณสมชาย จันทร์ประดิษฐ์

ด้วย นายยุทธการ มาศนาเรียง นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร  
ลาดกระบัง กำลังทำการวิจัยเพื่อเรียบเรียงสารนิพนธ์ เรื่อง “การศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมาย  
บนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า”

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่อง  
ดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคนิคไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่องานวิจัย  
ของ นายยุทธการ มาศนาเรียง

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็น  
อย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02-326-4325

=

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ ศธ 0524.04 / 3112

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

13 กรกฎาคม 2548

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคนิคไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการวิจัย

เรียน คุณสมชาย จันทร์ประดิษฐ์

ด้วย นายยุทธการ มาสนาเรียง นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร  
ลาดกระบัง กำลังทำการวิจัยเพื่อเรียบเรียงสารนิพนธ์ เรื่อง “การศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมาย  
บนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า”

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่อง  
ดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคนิคไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่องานวิจัย  
ของ นายยุทธการ มาสนาเรียง

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะ ได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็น  
อย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02-326-4325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ท ศธ 0524.04 3112



คณะกรรมการอุดมศึกษา

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

13 กรกฎาคม 2548

เรื่อง ขอรื่นเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านการออกแบบเพื่อการวิจัย

เรียน คุณสงคราม งอกคำ

ด้วย นายยุทธการ มาศนาเรียง นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำการวิจัยเพื่อเรียบเรียงสารนิพนธ์ เรื่อง “การศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า”

คณะกรรมการอุดมศึกษา พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านการออกแบบชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า เพื่องานวิจัยของ นายยุทธการ มาศนาเรียง

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02-326-4325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04 / 3112



คณะกรรมการอุดมศึกษา

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

13 กรกฎาคม 2548

เรื่อง ขอรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านการออกแบบเพื่อการวิจัย

เรียน รศ.ประศาสน์ คุณะดิลก

ด้วย นายยุทธการ มาศนาเรียง นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำการวิจัยเพื่อเรียบเรียงสารนิพนธ์ เรื่อง “การศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า”

คณะกรรมการฯ พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านการออกแบบชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า เพื่องานวิจัยของ นายยุทธการ มาศนาเรียง

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02-326-4325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04 3112



คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

13 กรกฎาคม 2548

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านการออกแบบเพื่อการวิจัย

เรียน คุณไพริน มอมไพรัตน์

ด้วย นายยุทธการ มาศนาเรียง นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร  
ลาดกระบัง กำลังทำการวิจัยเพื่อเรียบเรียงสารนิพนธ์ เรื่อง “การศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมาย  
บนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า”

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่อง  
ดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านการออกแบบชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์  
วงจรไฟฟ้า เพื่องานวิจัยของ นายยุทธการ มาศนาเรียง

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็น  
อย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02-326-4325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04 / 3112



คณะกรรมการอุดมศึกษา

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

13 กรกฎาคม 2548

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านการออกแบบเพื่อการวิจัย

เรียน คุณบุญยัง ปิยะวิริยะกุล

ด้วย นายยุทธการ มาศนาเรียง นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำการวิจัยเพื่อเรียบเรียงสารนิพนธ์ เรื่อง “การศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า”

คณะกรรมการอุดมศึกษา พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านการออกแบบชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า เพื่องานวิจัยของ นายยุทธการ มาศนาเรียง

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02-326-4325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ ศธ 0524.04 / 3598

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

16 สิงหาคม 2548

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคนิคไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการวิจัย

เรียน คุณชาติ เสงี่ยมเจริญ

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อการวิจัย

ด้วย นายยุทธการ มาศนาเรียง นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร  
ลาดกระบัง กำลังทำการวิจัยเพื่อเรียบเรียงสารนิพนธ์ เรื่อง “การศึกษาและพัฒนาชุดทำเครื่องหมาย  
บนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า”

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่อง  
ดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคนิคไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่องานวิจัย  
ของ นายยุทธการ มาศนาเรียง

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็น  
อย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร 02-326-4325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

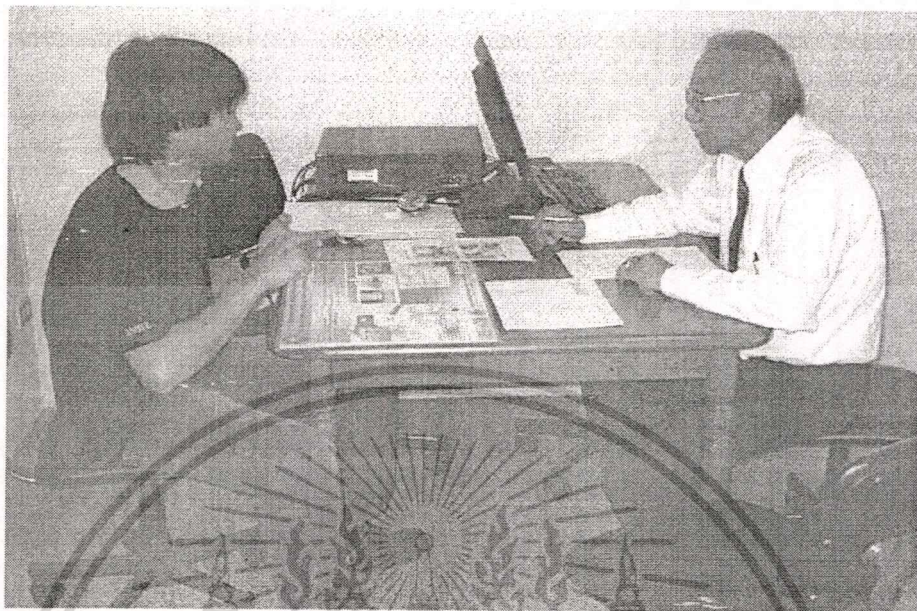


รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ และผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

- 1 ผศ.ดร.เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม อาจารย์ประจำคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- 2 ดร.ศุภชัย ภูพัฒน์ อาจารย์ประจำคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- 3 คุณโมษิต สุวรรณ ผู้ช่วยผู้จัดการฝ่ายควบคุมคุณภาพ ของบริษัท เคซีอี อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด



## ผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบรูปแบบ



ภาพที่ ง1 การตรวจและประเมินการออกแบบรูปแบบกับ รศ. ประศาสน์ คุณะดิลก  
คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต



ภาพที่ ง2 การตรวจและประเมินการออกแบบรูปแบบกับ คุณบุญยัง ปิยะวิริยะกุล  
ผู้จัดการฝ่ายควบคุมคุณภาพ ของ บริษัท เกซีอี เทคโนโลยี จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ๓๓ การตรวจและประเมินการออกแบบรูปแบบกับ อาจารย์เอกสิทธิ์ สุวรรณศรี  
อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยปทุมธานี



ภาพที่ ๓๔ การตรวจและประเมินการออกแบบรูปแบบกับ คุณไพริน มอมไพรัตน์  
หัวหน้าส่วนงานวิศวกรรมออกเครื่องมือตรวจสอบ ของบริษัท เกษีอี อินเทอร์เน็ตชั่นแนล จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



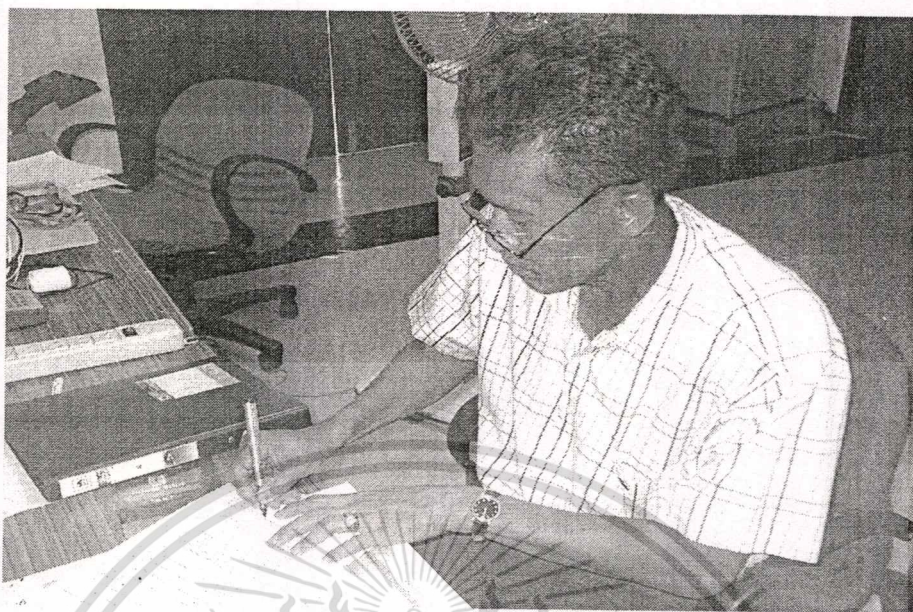
ภาพที่ ๖5 การตรวจและประเมินการออกแบบรูปแบบกับ คุณสงคราม งอกคำ  
หัวหน้าส่วนงาน อิเล็กทรอนิกส์ทดสอบ(Electrical Test) ของบริษัท เคซีอี อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด

ผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิคไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์



ภาพที่ ๖6 การตรวจและประเมินการออกแบบด้านเทคนิคไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์  
รศ.ดร. สมสิทธิ์ จิตรสถาพร อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา  
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

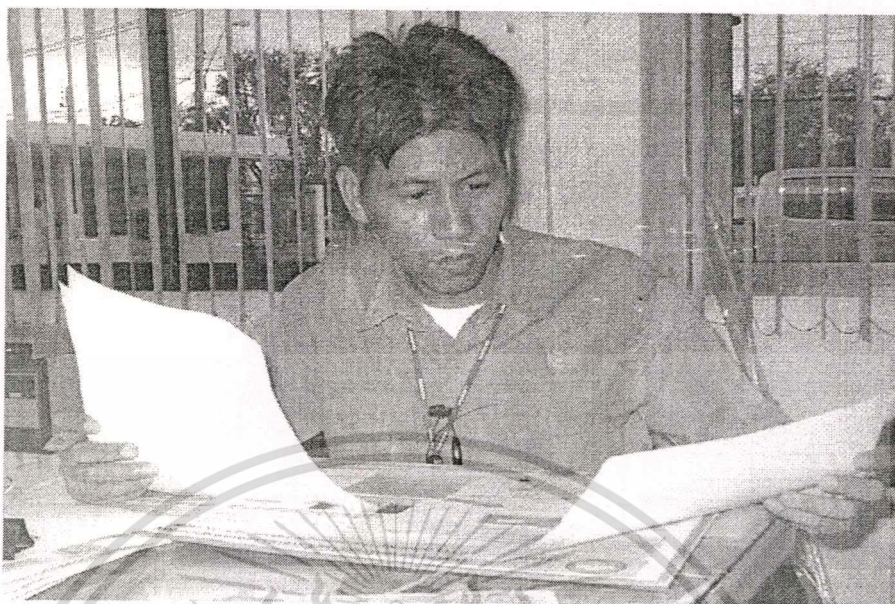


**ภาพที่ ๗** การตรวจและประเมินการออกแบบด้านเทคนิคไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์  
 ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา ประธานหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



**ภาพที่ ๘** การตรวจและประเมินการออกแบบด้านเทคนิคไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์  
 คุณสมชาย จันทรประดิษฐ์ ผู้ช่วยผู้จัดการฝ่ายซ่อมบำรุง  
 บริษัท เคซีอี อินเทอร์เน็ตชั่นแนล จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ๙ การตรวจและประเมินการออกแบบด้านเทคนิคไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์  
คุณสุชาติ เอี่ยมหรรษา หัวหน้าส่วนวิเคราะห์ปัญหาด้านคุณภาพ ฝ่ายควบคุมคุณภาพ  
บริษัท เคซีอี อินเทอร์เน็ตชั่นแนล จำกัด



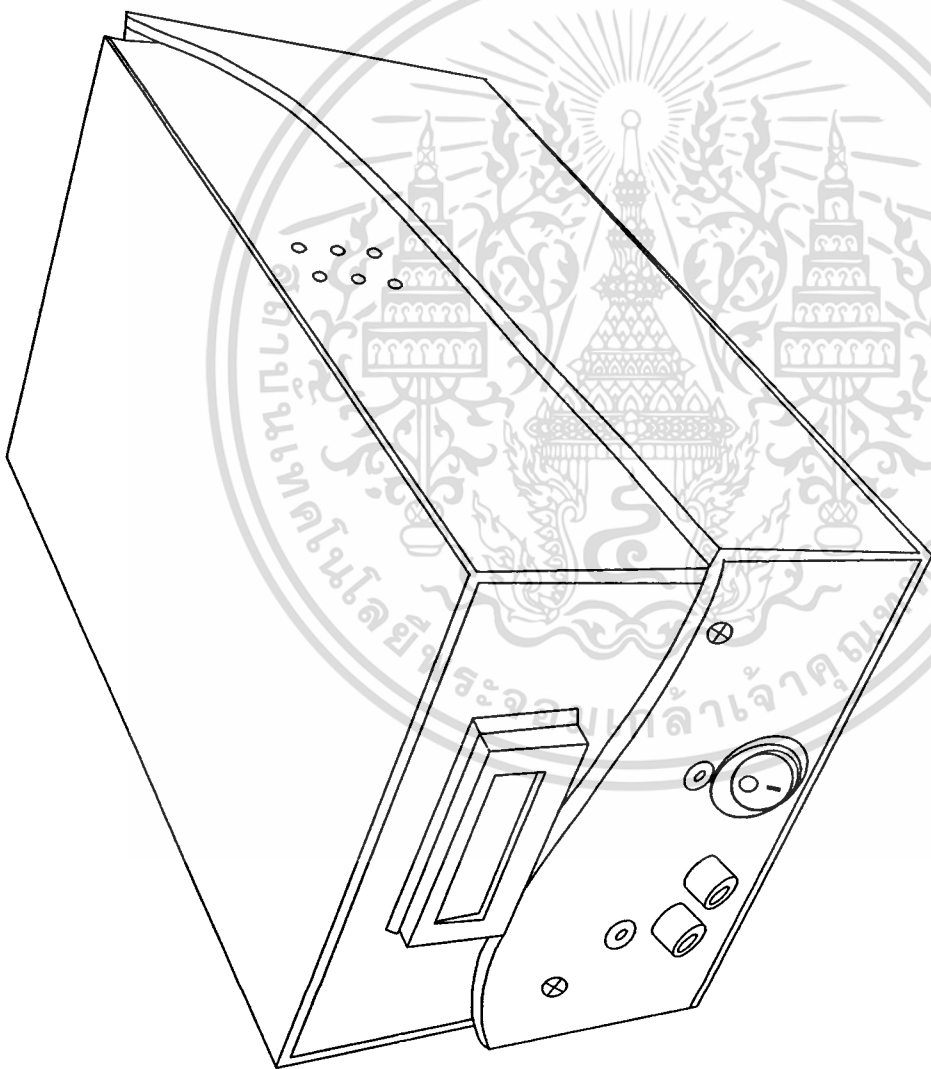
ภาพที่ 10 การตรวจและประเมินการออกแบบด้านเทคนิคไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์  
คุณชาติ เส็งเจริญ หัวหน้าส่วนงานซ่อมบำรุง บริษัท เคซีอี อินเทอร์เน็ตชั่นแนล จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



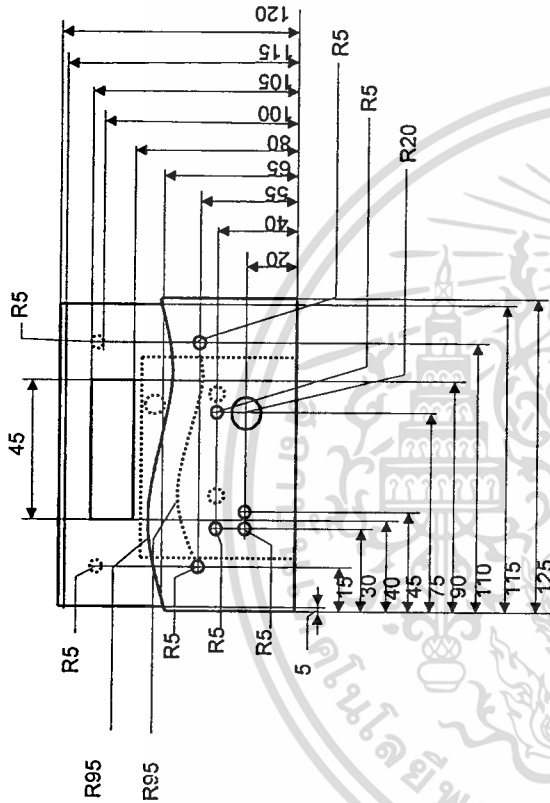
**ภาพรูปแบบชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า และภาพการทดลองเครื่อง**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

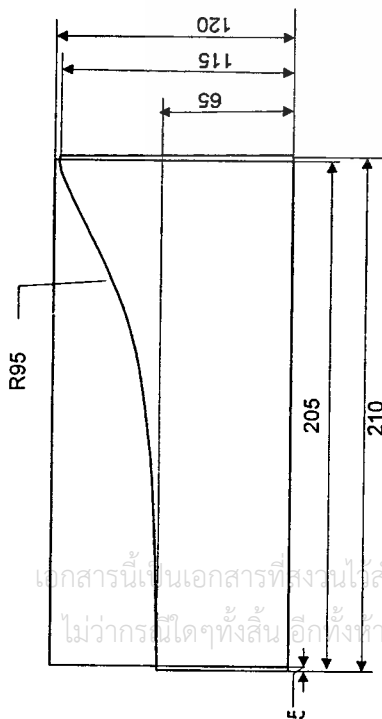


ISOMETRIC

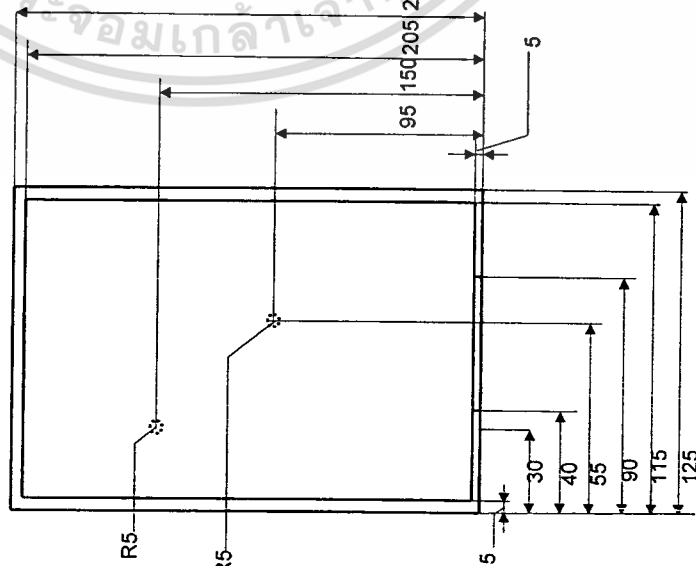
|                                                |                         |         |       |
|------------------------------------------------|-------------------------|---------|-------|
| สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |                         |         |       |
| ชื่องาน ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า   |                         |         |       |
| ผู้ออกแบบ                                      | นายยุทธการ มาตนาเรียง   | มาตรฐาน | 1 : 2 |
| ผู้ควบคุม                                      | รศ. อุดมศักดิ์ สาริบุตร | หน่วย   | ม.ม.  |
|                                                |                         |         | 1/5   |



FRONT VIEW



SIDE VIEW

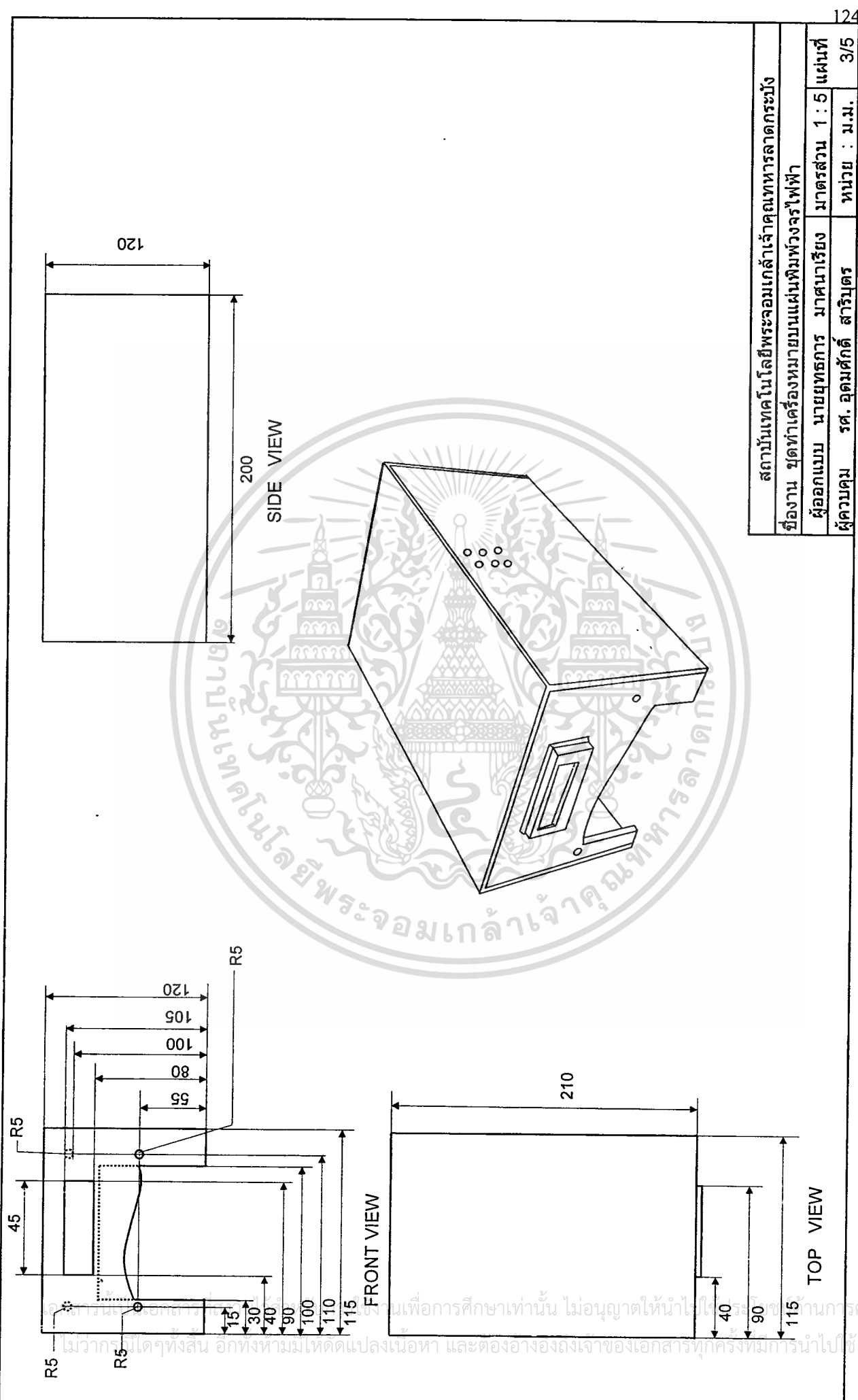


TOP VIEW

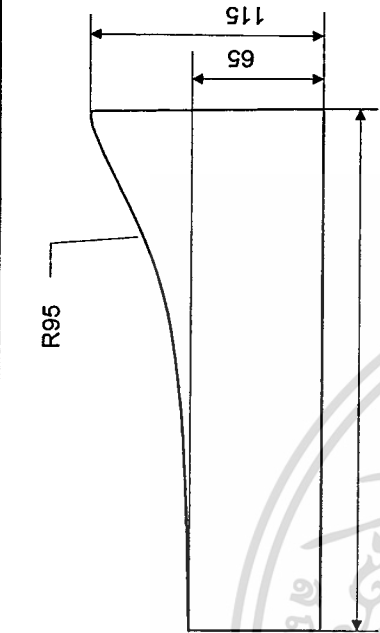
| No. | รายการ           | ขนาด        | วัสดุ              | จำนวน |
|-----|------------------|-------------|--------------------|-------|
| 7   | สกรู             | 3 M 2.5 มม. | เหล็ก              | 4     |
| 6   | แผ่นด้านข้างบน   | 115x115x205 | แผ่นอะคริลิก 3 มม. | 2     |
| 5   | แผ่นด้านหลังบน   | 115x115x120 | แผ่นอะคริลิก 3 มม. | 1     |
| 4   | แผ่นด้านหน้าบน   | 115x115x120 | แผ่นอะคริลิก 3 มม. | 1     |
| 3   | แผ่นด้านข้างล่าง | 210x120x210 | แผ่นอะคริลิก 3 มม. | 2     |
| 2   | แผ่นด้านหลังล่าง | 125x120x125 | แผ่นอะคริลิก 3 มม. | 1     |
| 1   | แผ่นด้านหน้าล่าง | 125x65x125  | แผ่นอะคริลิก 3 มม. | 1     |

| สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |  |               |  |
|------------------------------------------------|--|---------------|--|
| ชื่องาน ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า   |  |               |  |
| ผู้ออกแบบ นายยุทธการ มาศนาเรียง                |  | มาตรฐาน 1 : 5 |  |
| ผู้ควบคุม รศ. อุดมศักดิ์ สาริบุตร              |  | หน่วย : มม.   |  |
|                                                |  | แผ่นที่ 2/5   |  |

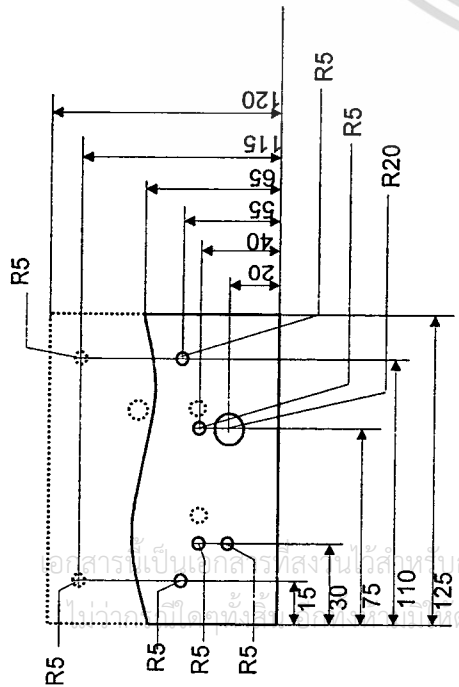
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



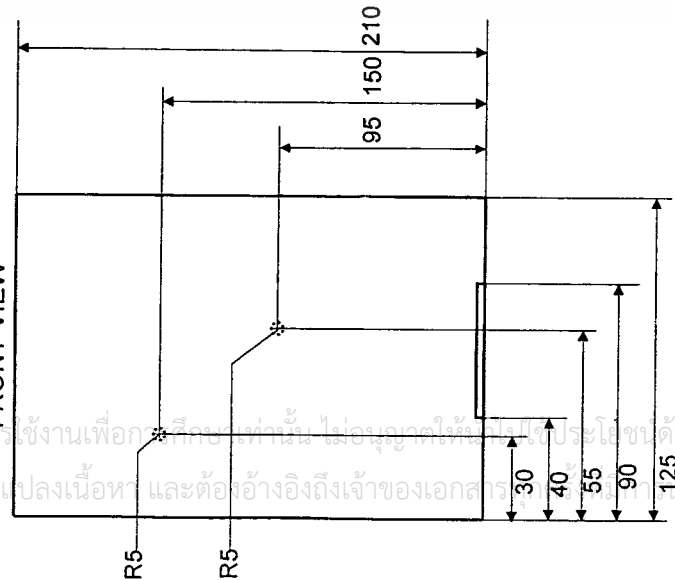
|                                                |                         |                 |  |
|------------------------------------------------|-------------------------|-----------------|--|
| สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |                         |                 |  |
| ชื่องาน ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า   |                         |                 |  |
| ผู้ออกแบบ                                      | นายยุทธการ มาศนาเรียง   | มาตราส่วน 1 : 5 |  |
|                                                |                         | หน่วย : มม.     |  |
| ผู้ควบคุม                                      | รศ. อุดมศักดิ์ สาริบุตร | แผ่นที่ 3/5     |  |



SIDE VIEW

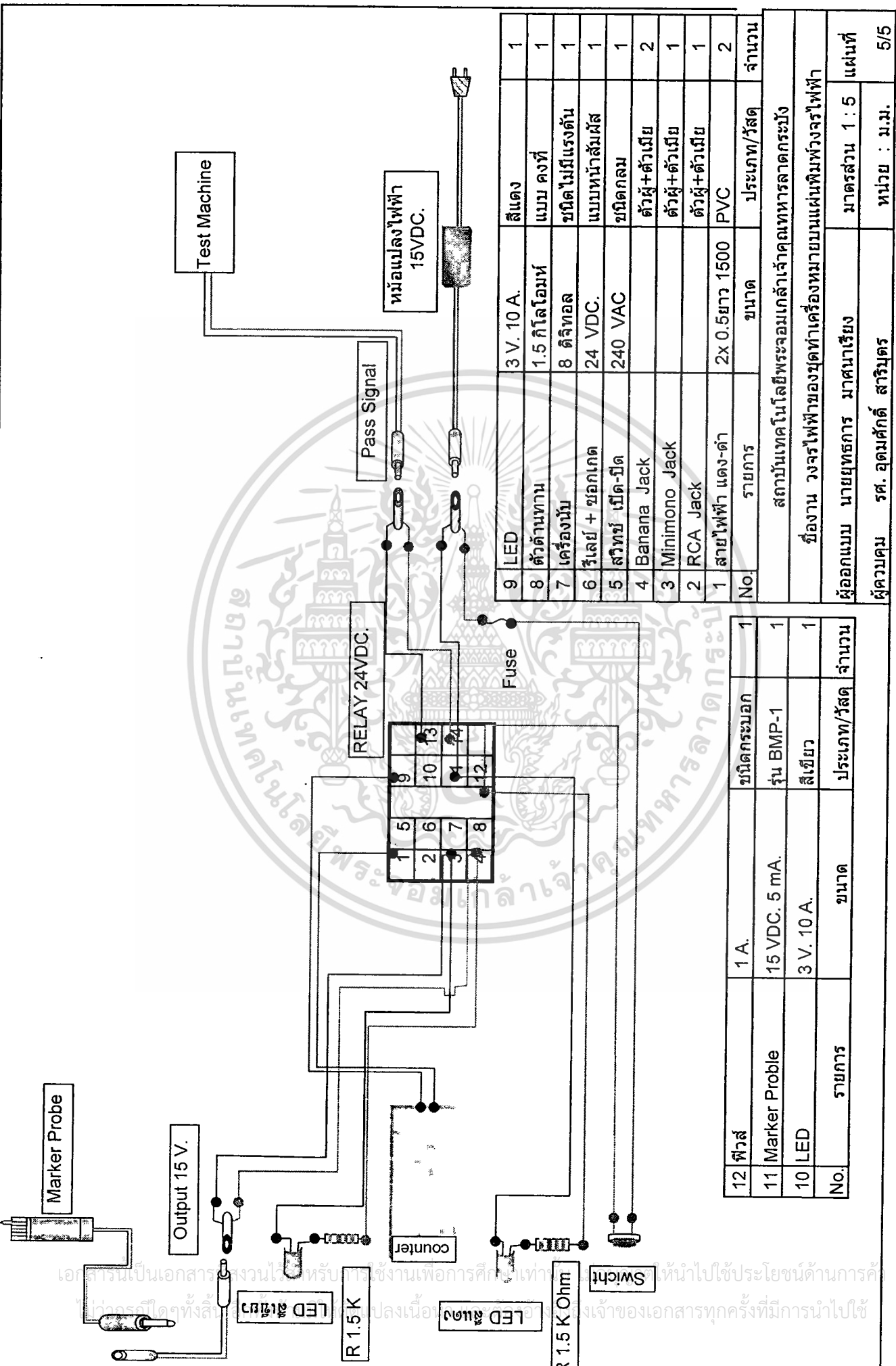


FRONT VIEW



TOP VIEW

|                                                |                         |              |         |
|------------------------------------------------|-------------------------|--------------|---------|
| สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |                         |              |         |
| ชื่องาน ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า   |                         |              |         |
| ผู้ออกแบบ                                      | นายยุทธการ มาศนาเรียง   | มาตรฐาน 1: 5 | แผ่นที่ |
| ผู้ควบคุม                                      | รศ. อุดมศักดิ์ สาริบุตร | หน่วย : มม.  | 4/5     |

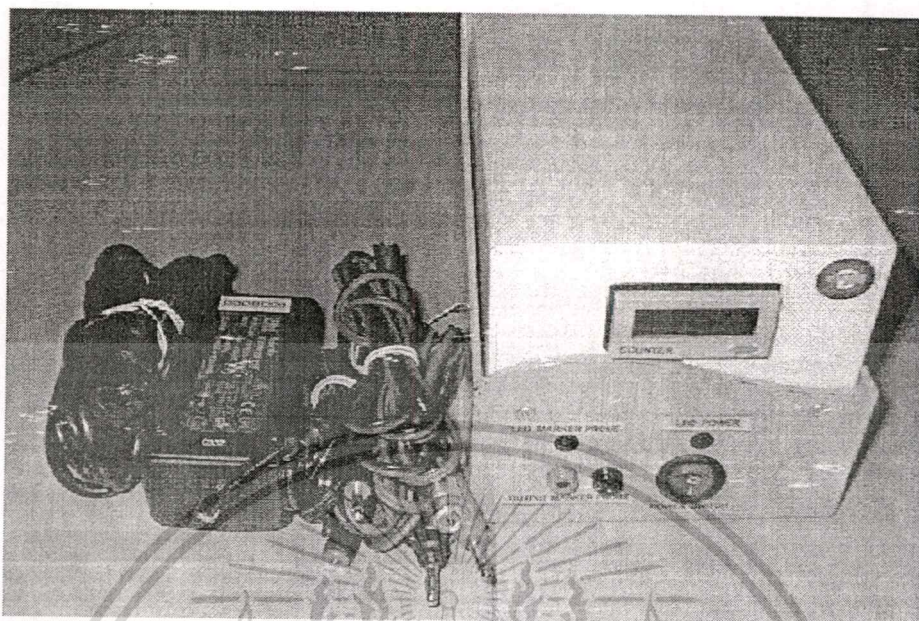


|     |                 |                |                 |       |
|-----|-----------------|----------------|-----------------|-------|
| 9   | LED             | 3 V. 10 A.     | สีแดง           | 1     |
| 8   | ตัวต้านทาน      | 1.5 กิโลโอมห์  | แบบ คงที่       | 1     |
| 7   | เครื่องนับ      | 8 ดิจิตอล      | ชนิดไม่มีแรงดัน | 1     |
| 6   | รีเลย์ + ชอกเกต | 24 VDC.        | แบบหน้าสัมผัส   | 1     |
| 5   | สวิตช์ เปิด-ปิด | 240 VAC        | ชนิดกลม         | 1     |
| 4   | Banana Jack     |                | ตัวผู้+ตัวเมีย  | 2     |
| 3   | Minimono Jack   |                | ตัวผู้+ตัวเมีย  | 1     |
| 2   | RCA Jack        |                | ตัวผู้+ตัวเมีย  | 1     |
| 1   | สายไฟฟ้าแดง-ดำ  | 2x 0.5ยาว 1500 | PVC             | 2     |
| No. | รายการ          | ขนาด           | ประเภท/วัสดุ    | จำนวน |

|     |              |               |              |       |
|-----|--------------|---------------|--------------|-------|
| 12  | ฟิวส์        | 1 A.          | ชนิดกระบอก   | 1     |
| 11  | Marker Probe | 15 VDC. 5 mA. | รุ่น BMP-1   | 1     |
| 10  | LED          | 3 V. 10 A.    | สีเขียว      | 1     |
| No. | รายการ       | ขนาด          | ประเภท/วัสดุ | จำนวน |

สถานที่ทดสอบ: อาคารเรียน  
 ชื่อ: วิชา: วัสดุศาสตร์  
 ผู้จัดทำ: รศ. อุดมศักดิ์ สว่างใส

หน้า: 1 จาก 5  
 วันที่: 5/5

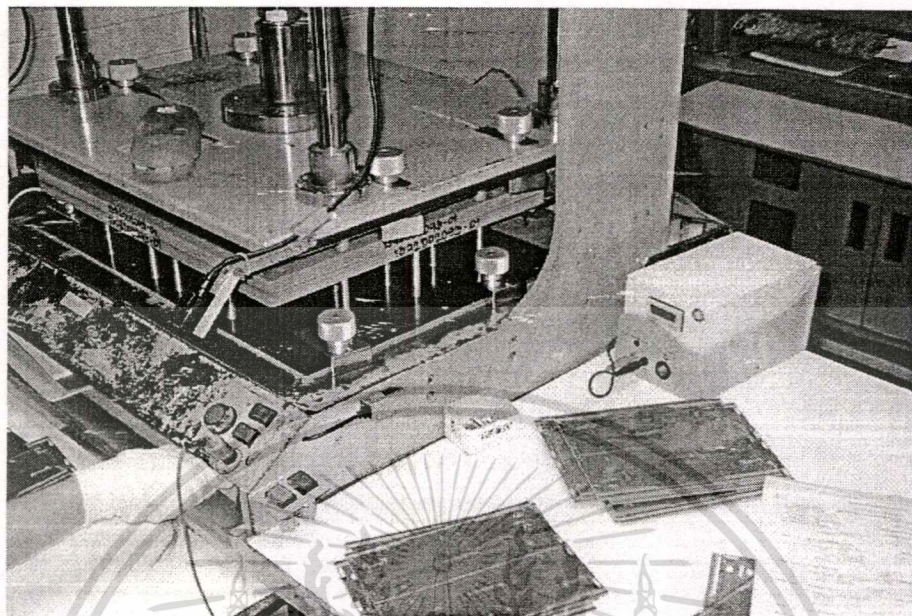


ภาพที่ จ1 ชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า



ภาพที่ จ2 การติดตั้งตัวมากเกอร์ โพรบลงในฟิกเจอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

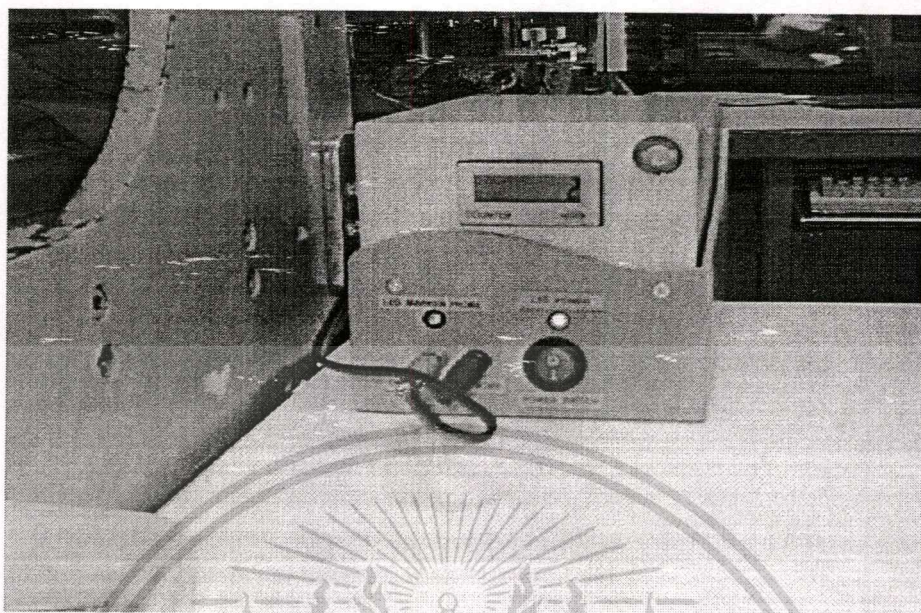


ภาพที่ จ3 การติดตั้งด้านหน้าชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า กับเครื่อง Shink 6100

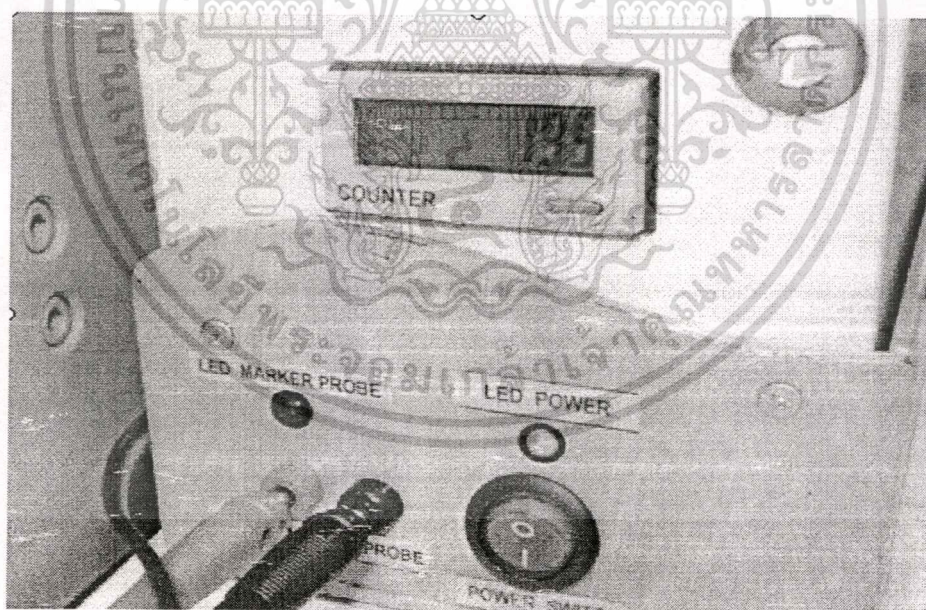


ภาพที่ จ4 การติดตั้งด้านหลังชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า กับเครื่อง Shink 6100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

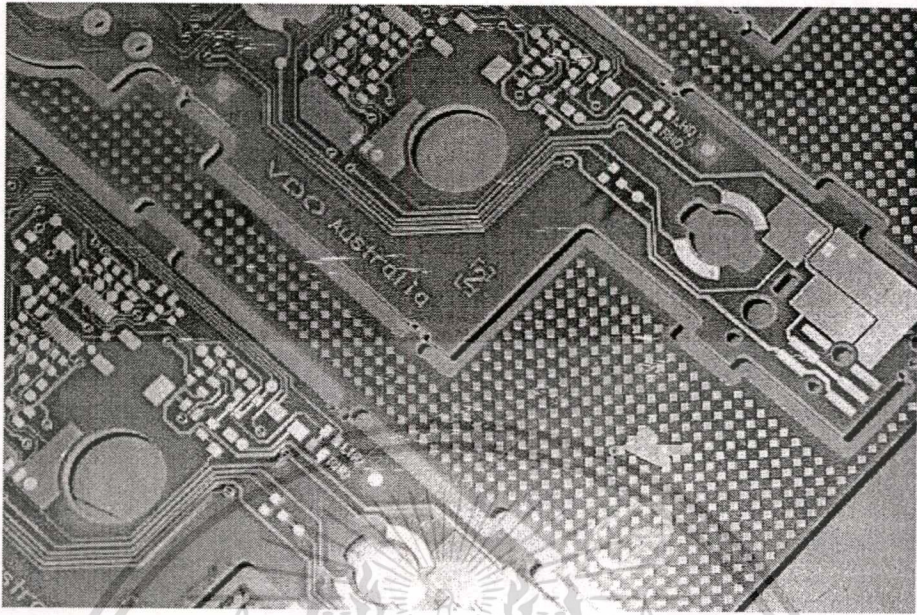


ภาพที่ ๖5 การแสดงไฟสถานะการทำงานของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า

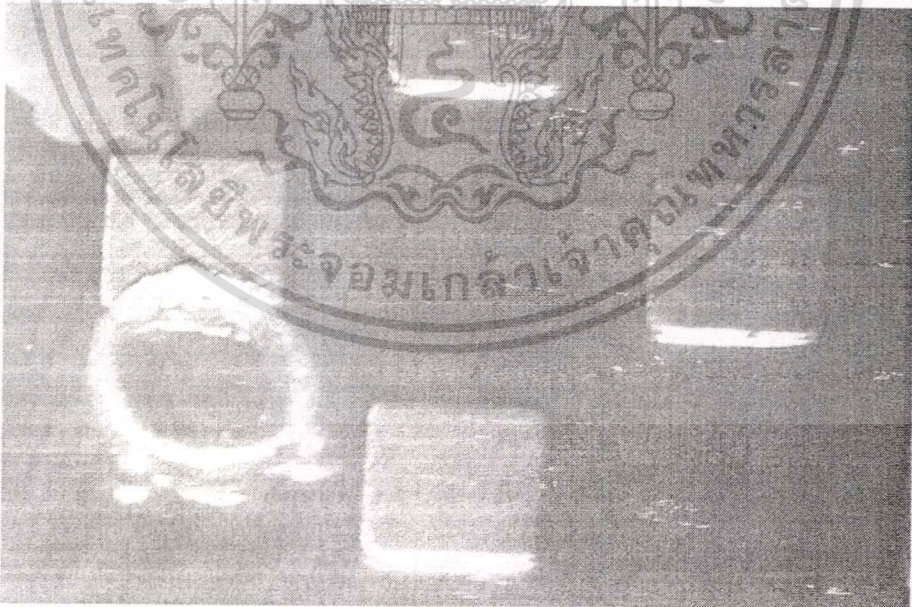


ภาพที่ ๖6 การแสดงการทำงานของต่อนับของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

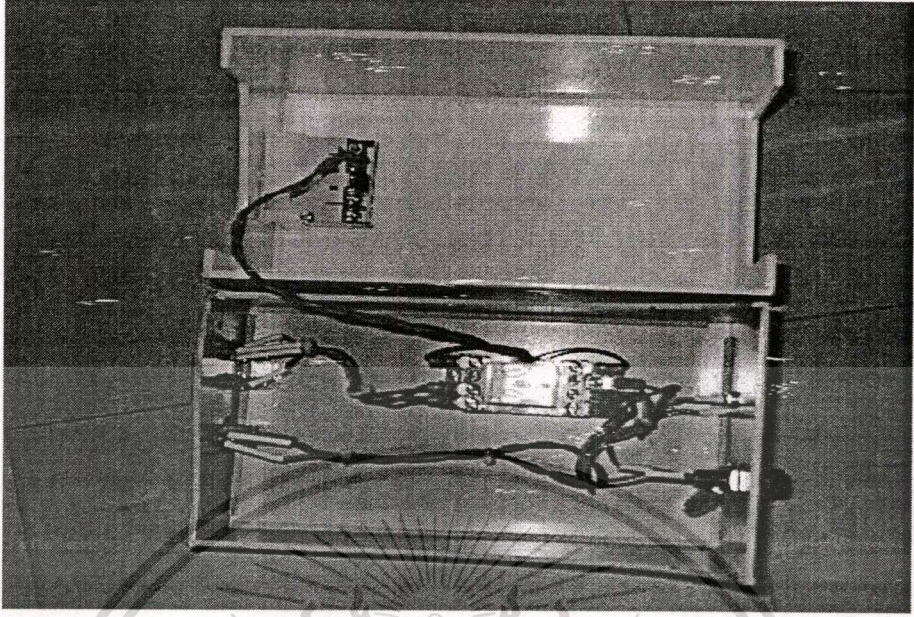


ภาพที่ ๖7 การแสดงเครื่องหมายของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า

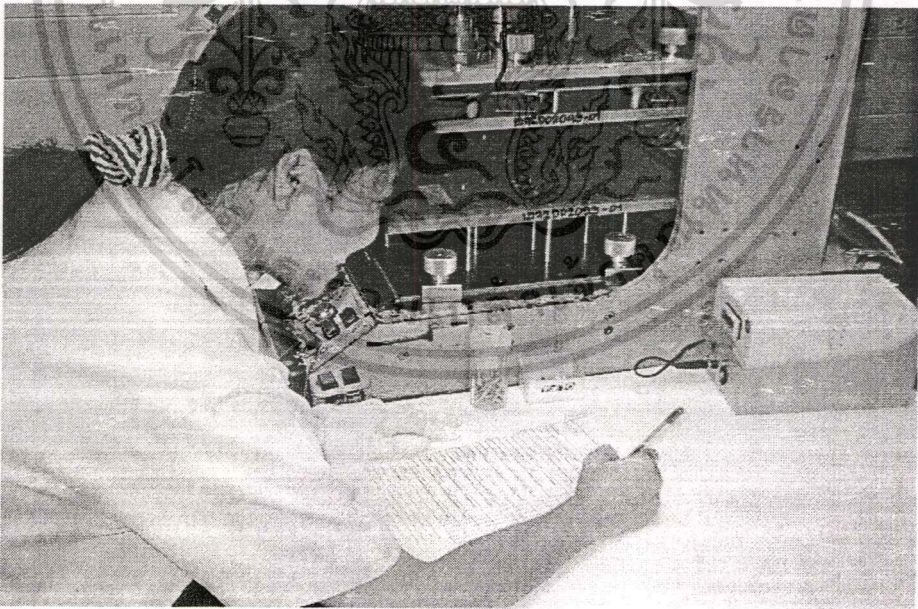


ภาพที่ ๖8 การแสดงเครื่องหมายของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ๑๑ การแสดงอุปกรณ์ภายในของชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า



ภาพที่ ๑๑๐ การประเมินความพึงพอใจของพนักงาน ส่วนงาน อิเล็กทรอนิกส์ ที่มีต่อชุดทำเครื่องหมายบนแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน

|                     |                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ชื่อ-สกุล           | นายยุทธการ มาสนาเรียง                                                                                                                                                                                                                                                      |
| วัน เดือน ปี เกิด   | 25 พฤษภาคม 2516                                                                                                                                                                                                                                                            |
| สถานที่เกิด         | อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์                                                                                                                                                                                                                                                |
| สถานที่อยู่ปัจจุบัน | 31/1 ถนนสุขุมวิท ต. ปากน้ำ อ. เมือง จ. สมุทรปราการ 10280                                                                                                                                                                                                                   |
| สถานที่ทำงาน        | บริษัท เคซีอี อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด<br>677 หมู่ 4 เขตส่งออก นิคมอุตสาหกรรมบางปู ถนนสุขุมวิท<br>ต.แพรกษา อ. เมือง จ. สมุทรปราการ 10280                                                                                                                                    |
| ตำแหน่ง             | หัวหน้าส่วนระบบคุณภาพ                                                                                                                                                                                                                                                      |
| ประวัติการศึกษา     | ปีการศึกษา 2541 สำเร็จการศึกษา การศึกษาศาสตรบัณฑิต<br>สาขาเทคโนโลยีทางการศึกษา จากมหาวิทยาลัยบูรพา<br>ปีการศึกษา 2548 สำเร็จการศึกษาศาสตรัฒศาสตรมหาบัณฑิต<br>สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม<br>สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้