# อุปกรณ์แก้ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าภายในอาคาร

Power factor correction equipment

**โดย**

**นรจ.สหณัฐกิตต์ สุราวุธ**
**นรจ.กิตติภัค เพชรกันหา**
**นรจ.ชาญชัย ศรีสุข**
**นรจ.เกรียงไกร อ่อนศิลา**
**นรจ.นครเนทร์ สิริวงศ์วรพัฒน์**
**นรจ.ภานุพงษ์ วงศ์อุดม**

**โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรนักเรียนจ่าทหารเรือ**
**พรรค พิเศษ เหล่า ทหารช่างยุทธโยธาไฟฟ้า ปีการศึกษา ๒๕๖๐**

**โรงเรียนอิเล็กทรอนิกส์ กองวิทยาการ กรมอิเล็กทรอนิกส์ทหารเรือ**

| | |
|---|---|
| **หัวข้อโครงงาน** | อุปกรณ์แก้ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าภายในอาคาร |
| **ผู้จัดทำ** | นรจ.สหณัฐกิตต์ สุราวุธ |
| | นรจ.กิตติภัค เพชรกันหา |
| | นรจ.ชาญชัย ศรีสุข |
| | นรจ.เกรียงไกร อ่อนศิลา |
| | นรจ.นคเรนทร์ สิริวงศ์วรพัฒน์ |
| | นรจ.ภานุพงษ์ วงศ์อุดม |
| **ครูที่ปรึกษา** | น.ท.สมศักดิ์ ประยงค์กุล |
| | รท.อุทัย ประเสริฐสิทธิ์ |
| | พ.จ.อ.คำสอน ก้อนทอง |
| **พรรค** | พิเศษ |
| **เหล่า** | ทหารช่างยุทธโยธาไฟฟ้า |
| **ปีการศึกษา** | 2560 |

# สารบัญ

| | |
|---|---|
| บทที่ 1 | 1 |
| บทนำ | 1 |
| 1.1 ที่มาและความสำคัญ | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ | 1 |
| 1.3 ขอบเขตของโครงงาน | 1 |
| 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 1 |
| 1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ | 1 |
| บทที่ 2 | 2 |
| ทฤษฎีและงานวิจัดที่เกี่ยวข้อง | 2 |
| 2.1 ตัวเก็บประจุ (Capacitor) | 2 |
| 2.2 สามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้า | 7 |
| 2.3 การทำงานของรีเลย์ | 15 |
| 2.4 เพาว์เวอร์มิเตอร์ | 16 |
| 2.5 Power Factor Meter | 18 |
| 2.6 สูตรการคำนวณหาขนาดของตัวเก็บประจุ | 18 |
| 2.7 พีแอลซี | 21 |
| 2.8 หม้อแปลงกระแส (Current Transformer : CT) | 25 |
| 2.9 Power supplies | 26 |
| บทที่ 3 | 29 |
| วิธีการดำเนินงาน | 29 |
| 3.1 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงาน | 29 |
| 3.2 แผนการดำเนินงาน | 30 |
| 3.3 วัสดุและอุปกรณ์ | 31 |
| 3.4 ขั้นตอนดำเนินงาน | 32 |
| บทที่ 4 | 44 |
| ผลการดำเนินงาน | 44 |
| 4.1 ผลการทดลอง | 44 |
| 4.2 การวิเคราะห์หรือวิจารณ์ผลการทดลอง | 45 |
| บทที่ 5 | 47 |
| สรุปผลและข้อเสนอแนะ | 47 |
| 5.1 สรุปผล | 47 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ | 47 |
| บรรณานุกรม | 48 |
| ภาคผนวก | 49 |

# บทคัดย่อ

เนื่องจากปัจจุบันการใช้สื่อการเรียนการสอนมีความหลากหลายและมีรูปแบบที่แตกต่างกันออกไปตามแต่เนื้อหาของรายวิชานั้น ๆ มีทั้งสื่อที่เป็นรูปแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอน Power Point และอื่น ๆ อีกมากมายตามแต่ความถนัดของผู้สอนและเนื้อหารายวิชาทั้งนี้การเรียนการสอนของนักเรียนจ่าโรงเรียนอิเล็กทรอนิกส์นั้นเน้นที่ทักษะการปฏิบัติงานเป็นสำคัญควบคู่กับหลักวิชาการที่ถูกต้อง ในการเรียนการสอนหามีการจำลองปัญหาในสถานการณ์จริง เพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกการแก้ปัญหา การทดลอง และการสรุปผล ก็จะช่วยให้ผู้เรียนมีความสนใจในการเรียนมากขึ้นส่งผลให้มีการเรียนที่ดีขึ้นตามไปด้วย

งานประดิษฐ์ชิ้นนี้คณะผู้จัดทำได้สร้างชุดการจำลองการแก้ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าภายในอาคารและลดค่าตัวประกอบกำลังทางไฟฟ้าด้วยตัวเก็บประจุไฟฟ้า เพื่อให้ลดการสูญเสียของกระแสไฟฟ้าภายในวงจรขึ้นมาใช้กับนักเรียนจ่าช่างไฟฟ้าระดับชั้นปีที่ 2 โรงเรียนอิเล็กทรอนิกส์ทหารเรือประจำปีการศึกษา 2560 จำนวน 12 นาย

ในปัจจุบันเทคโนโลยีต่าง ๆ ได้พัฒนาเป็นอย่างมาก ทำให้เกิดการใช้ไฟฟ้าในปริมาณที่สูงขึ้นตามมา ในส่วนอาคารซึ่งมีการใช้ไฟฟ้าในปริมาณสูงอย่างที่กล่าวมาข้างต้น ซึ่งจะมีการสูญเสียในระบบไฟฟ้าสูงมากเช่นกันจึงต้องการให้ลดการสูญเสียในระบบ โดยการต่อตัวเก็บประจุเข้าไปในวงจรทำให้ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้น แต่เนื่องจากอุปกรณ์มีราคาสูง เป็นสาเหตุให้จะต้องใช้งบประมาณค่อนข้างสูง

ดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงได้จัดทำชุดการจำลองการแก้ค่าตัวประกอบกำลังภายในอาคาร ขึ้นมาเพื่อใช้เป็นสื่อการเรียนการ ให้กับนักเรียนจ่าได้ทำการทดลอง

# กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีจากความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ น.ท.สมศักดิ์ ประยงค์กุล ร.ท.อุทัย ประเสริฐสิทธิ์ และ พ.จ.อ.คำสอน ก้อนทอง ครูปรึกษาโครงงานที่ได้แนะนำข้อคิดเห็นต่าง ๆในการทำโครงงานมาโดยตลอด ขอขอบคุณคุณครูฝ่ายศึกษา กองวิทยาการ โรงเรียนอิเล็กทรอนิกส์ตลอดจนเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องทุกท่าน และขอขอบคุณ จ.อ.ชินเรช วิสียา และ พ.จ.อ.เตชิตฐ์ สุหาที่ได้แนะนำเกี่ยวกับวิธีการใช้เครื่องมือช่างในการทำชิ้นงานโครงงานมาโดยตลอด

ท้ายนี้คณะผู้จัดทำโครงงานใคร่ขอกราบขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียนอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงินและให้กำลังใจแก่ผู้ทำโครงงานเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

**คณะผู้จัดทำ**

นรจ.สหณัฐกิตต์ สุราวุธ
นรจ.กิตติภัค เพชรกันหา
นรจ.ชาญชัย ศรีสุข
นรจ.เกรียงไกร อ่อนศิลา
นรจ.นคเรนทร์ สิริวงศ์วรพัฒน์
นรจ.ภานุพงษ์ วงศ์อุดม

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ที่มาและความสำคัญ

เนื่องจากที่ประเทศไทยมีการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ประเทศมีความต้องการใช้พลังงานสูงขึ้นเป็นจำนวนมากในทุกภาคอุตสาหกรรมและธุรกิจ โดยเฉพาะในภาคส่วนอุตสาหกรรมมีความตระหนักเป็นอย่างยิ่งที่จะเร่งให้มีการประหยัดพลังงาน และนำโครงงานหรืออุปกรณ์เกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานในรูปแบบต่างๆ มาใช้เพื่อให้เกิดผลประหยัดและประสิทธิภาพ
ในการทำงานสูงสุด รวมถึงมีความคุ้มค่าในการลงทุน

โครงงานนี้ จัดทำขึ้นมาเพื่อเป็นแนวทาง และตัวช่วยในการประหยัดพลังงานไฟฟ้า แต่ยังสามารถใช้พลังงานไฟฟ้าได้ตามปกติ กล่าวคือ การนำเอาตัวเก็บประจุมาใช้ในระบบไฟฟ้าซึ่งเป็นการแก้ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าภายในอาคาร ผลที่ได้จากการคำนวณการประหยัดพลังงานไฟฟ้าและ
หาจุดคุ้มทุน แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนเกี่ยวกับการประหยัดพลังงาน ซึ่งเป็นที่น่าเชื่อถือได้และสามารถนำมาใช้งานจริงในระยะยาว

## 1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร

1.2.2 เพื่อลดมลภาวะที่จะเกิดต่อตนเอง คนรอบข้าง และสิ่งแวดล้อม

1.2.3 เพื่อเป็นการอนุรักษ์พลังงานให้ยั่งยืน

1.2.4 เพื่อนำความรู้ที่ได้จากการเรียนภาคทฤษฎีมาประยุกต์ใช้ในการทำโครงงานสิ่งประดิษฐ์

## 1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 ศึกษาคุณลักษณะของตัวเก็บประจุ

1.3.2 เก็บผลอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานก่อนการติดตั้งตัวเก็บประจุ เข้าไปในระบบไฟฟ้าภายในอาคาร

1.3.3 เก็บผลอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานหลังการติดตั้งตัวเก็บประจุ เข้าไปในระบบไฟฟ้าภายในอาคาร

1.3.4 คำนวณหาผลประหยัดพลังงานและจุดคุ้มทุนของโครงงานนี้

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทำให้เข้าใจหลักการทำงานของการขนานตัวเก็บประจุเข้ากับวงจรภายในอาคาร

1.4.2 ทำให้เข้าใจหลักการปรับลดค่าพลังงานไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ

1.4.3 สามารถเข้าใจหลักการคำนวณหาค่าต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของวงจร

1.4.4 สามารถแสดงหลักการทำงานและสภาพของตัวเก็บประจุก่อนและหลังมีปรับปรุง

1.4.5 สามารถแสดงผลการดำเนินงานเพื่อประโยชน์ต่อการศึกษาเกี่ยวกับตัวเก็บประจุ

## 1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

Capacitor คือ เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อย่างหนึ่ง ทำหน้าที่เก็บพลังงานในสนามไฟฟ้า ที่สร้างขึ้นระหว่างคู่ฉนวน โดยมีค่าประจุไฟฟ้าเท่ากัน แต่มีชนิดของประจุตรงข้ามกัน บ้างเรียกตัวเก็บประจุนี้ว่า คอนเดนเซอร์ (condenser) เป็นอุปกรณ์พื้นฐานสำคัญในงานอิเล็กทรอนิกส์ และพบได้แทบทุกวงจร

# บทที่ 2
# ทฤษฎีและงานวิจัดที่เกี่ยวข้อง

หลักการเบื้องต้นของการของการประหยัดค่าพลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร ศึกษาหลักการทำงานของตัวเก็บประจุและชนิดของตัวเก็บประจุ ศึกษาการทำงานของรีเลย์ ศึกษาสามเหลี่ยมทางไฟฟ้า ศึกษาการทำงานของเพาเวอร์มิเตอร์ ศึกษาการทำงานของเพาเวอร์แฟคเตอร์มิเตอร์ ศึกษาสูตรการคำนวณหาขนาดของตัวเก็บประจุ ศึกษาการทำงานของพีแอลซี ศึกษาการทำงานของหม้อแปลงกระแส ศึกษาการทำงานของ Power supplies เพื่อเป็นแนวทางการประหยัดพลังงานและแนวทางในการศึกษาต่อไป

## 2.1 ตัวเก็บประจุ (Capacitor)

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บประจุ(Charge)และสามารถคายประจุ(Discharge)ได้ นิยมนำมาประกอบในวงจรทางด้านไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป ตัวอย่างเช่นวงจรกรองกระแส (Filter),วงจรผ่านสัญญาณ (By-pass),วงจรสตาร์ทเตอร์ (Starter),วงจรถ่ายทอดสัญญาณ (Coupling)ฯลฯ เป็นต้น ตัวเก็บประจุแบ่งออกเป็น 3 ชนิดคือ แบบค่าคงที่ แบบเปลี่ยนแปลงค่าได้และแบบเลือกค่าได้ ตัวเก็บประจุ
เรียกอีกอย่างหนึ่งว่าคอนเดนเซอร์ หรือเรียกย่อๆว่า ตัวซี (C) หน่วยของตัวเก็บประจุ คือ ฟารัด (Farad)

**2.1.1** ปัจจัยที่มีผลต่อค่าการเก็บประจุ
ค่าความจุของตัวเก็บประจุจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับตัวแปร 3 ประการคือ

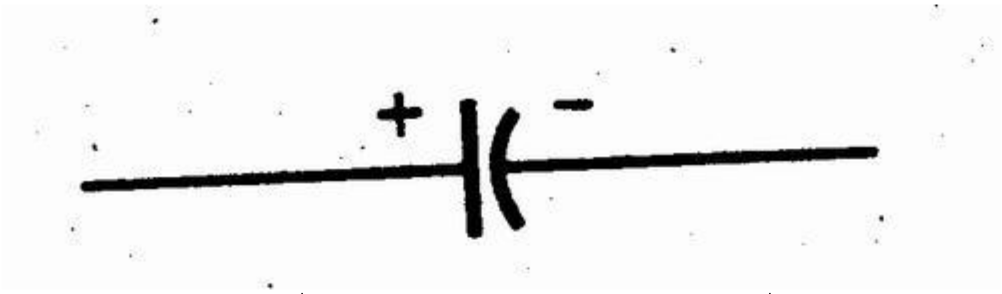
1)พื้นที่หน้าตัดของสารตัวนำที่เป็นแผ่นเพลท เขียนแทนด้วยอักษร A ถ้าพื้นที่หน้าตัดมากแสดงว่าสามารถเก็บประจุได้มาก ถ้าพื้นที่หน้าตัดน้อยแสดงว่าเก็บประจุได้น้อย เพราะฉะนั้นจะเห็นได้ว่าในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไปนั้น จะประกอบไปด้วยตัวเก็บประจุขนาดเล็กและขนาดใหญ่จำนวนมาก ตัวเก็บประจุที่มีขนาดใหญ่จะเก็บประจุได้มากเพราะมีพื้นที่หน้าตัดมากนั่นเอง

2)ระยะห่างระหว่างแผ่นเพลททั้งสอง เขียนแทนด้วยอักษร d ถ้าอยู่ในตำแหน่งที่ใกล้กัน ความจุจะมีค่ามาก ถ้าอยู่ในตำแหน่งที่ไกลกันความจุจะมีค่าน้อย

3)ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก ค่าคงที่ของไดอิเล็กตริก เป็นค่าที่ใช้แสดงถึงความสามารถ ในการที่จะทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กขึ้น เมื่อนำวัสดุต่างชนิดกันมาทำเป็นฉนวนคั่นระหว่างแผ่นเพลท ค่าคงที่ของไดอิเล็กตริกแต่ละตัวจะแตกต่างกันออกไป ดังนั้นตัวเก็บประจุที่ใช้ไดอิเล็กตริกต่างกัน ถึงแม้จะมีขนาดเท่ากันค่าควาจุและอัตราทนแรงดันอาจแตกต่างกันออกไป สุญญากาศเป็นไดอิเล็กตริกที่มีประสิทธิภาพน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับวัสดุชนิดอื่น การจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้ามากเกินพิกัด อาจทำให้ไดอิเล็กตริกสูญสภาพ
จากฉนวนกลายเป็นตัวนำได้

2.1.2 ชนิดของตัวเก็บประจุ
ชนิดของตัวเก็บประจุแบ่งตามวัสดุการใช้งานแบ่งออกได้ 2 ชนิด คือ

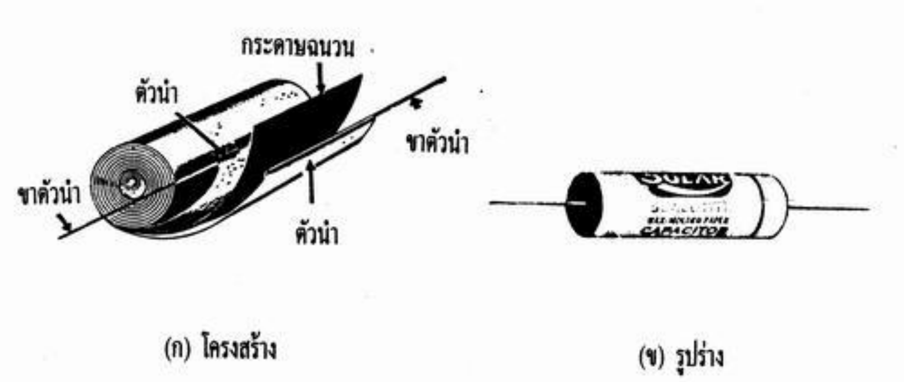
1 )ตัวเก็บประจุชนิดคงที่ (FixedCapacitor)
แบบ ที่ Fixed Capacitor เป็น Capacitor ชนิดนี้จะมีขั้วบวกและขั้วลบบอกไว้ ส่วนใหญ่จะเป็นแบบกลม
ดังนั้น การนำไปใช้งานจะต้องคำนึงถึงการต่อขั้วให้กับCapacitorด้วยจะสังเกตขั้วง่ายๆขั้วไหนที่เป็นขั้วลบจะมีลูกศรชี้ไปที่ขั้วนั้น และในลูกศรจะมีเครื่องหมายลบบอกไว้




รูปที่ 2.1 แสดงสัญลักษณ์ตัวเก็บประจุแบบคงที่

- ตัวเก็บประจุชนิดกระดาษ (Paper capacitor)

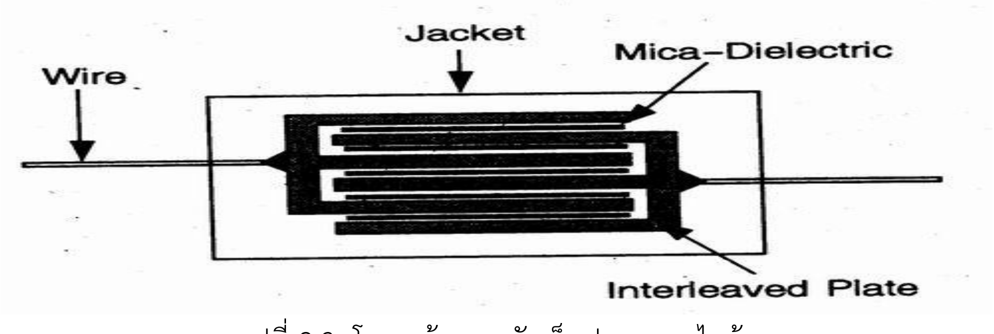
ตัวเก็บประจุแบบเปเปอร์ นำไปใช้งานซึ่งต้องการค่าความต้านทานของฉนวนที่มีค่าสูง และมีเสถียรภาพต่ออุณหภูมิสูงได้ดี มีค่าความต้านทานของฉนวนที่มีค่าสูง และ มีเสถียรภาพต่ออุณหภูมิสูงได้ดี มีค่าความจุที่ดีใน ย่านอุณหภูมิที่กว้าง




รูปที่ 2.2 โครงสร้างและรูปร่างของตัวเก็บประจุแบบกระดาษ

- ตัวเก็บประจุแบบไมก้า (Mica capacitor)

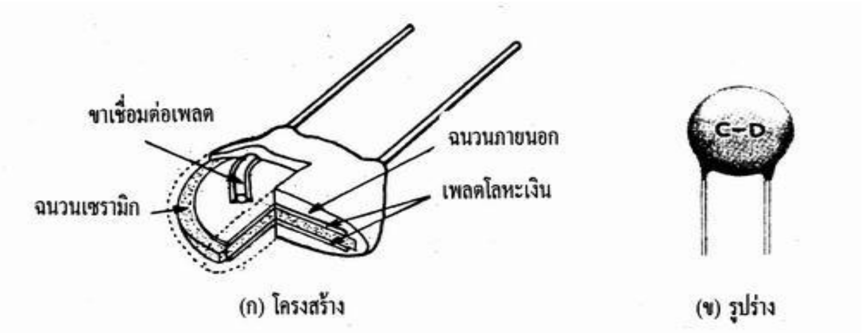
ตัวเก็บประจุแบบไมก้านี้ จะมีเสถียรภาพต่ออุณหภูมิ และ ความถี่ดี มีค่าตัวประกอบการสูญเสียต่ำ และสามารถทำงาน ได้ดีที่ความถี่สูง จะถูกนำมาใช้ในงานหลายอย่าง เช่น ในวงจะจูนวงจรออสซิสเตอร์ วงจรกรองสัญญาณ และวงจรขยาย ความถี่วิทยุกำลังสูง จะไม่มีการผลิตตัวเก็บประจุแบบไมก้าค่าความจุสูงๆ ออกมา เนื่องจากไมก้ามีราคาแพง จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการ ผลิตสูงเกินไป




รูปที่ 2.3 โครงสร้างของตัวเก็บประจุแบบไมก้า

-ตัวเก็บประจุแบบเซรามิก (Ceramic capacitor)

ตัวเก็บประจุชนิดเซรามิก โดยทั่วไปตัวเก็บประจุชนิดนี้มีลักษณะกลมๆ แบนๆ บางครั้งอาจพบแบบสี่เหลี่ยมแบนๆ ส่วนใหญ่ตัวเก็บประจุชนิดนี้ มีค่าน้อยกว่า 1 ไมโครฟารัด และเป็นตัวเก็บประจุชนิดที่ไม่มีขั้ว (ไม่ต้องคำนึงเวลาใช้งาน) และสามารถทนแรงดันได้ประมาณ 50-100 โวลต์ค่าความจุของ
ตัวเก็บประจุชนิดเซรามิกที่มีใช้กันในปัจจุบันอยู่ในช่วง 1 พิโกฟารัด ถึง 0.1 ไมโครฟารัด



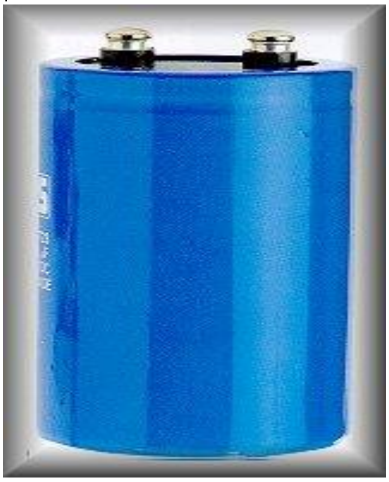

รูปที่ 2.4  โครงสร้างและรูปร่างของตัวเก็บประจุแบบเซรามิก

- ตัวเก็บประจุแบบอิเล็กโทรไลติก (Electrolytic capacitor)

ตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรไลติก ตัวเก็บประจุชนิดนี้ต้องระวังในการนำไปใช้งานด้วย เพราะมีขั้วที่แน่นอนพิมพ์ติดไว้ด้านข้างตัวถังอยู่แล้ว ถ้าป้อนแรงดันให้กับตัวเก็บประจุผิดขั้ว อาจเกิดความเสียหายกับตัวมันและอุปกรณ์ที่ประกอบร่วมกับตัวมันได้ ขั้วของตัวเก็บประจุชนิดนี้สังเกตได้ง่ายๆ คือ ขาที่ยาวจะเป็นขั้วบวกและขาที่สั้นจะเป็นขั้วลบ

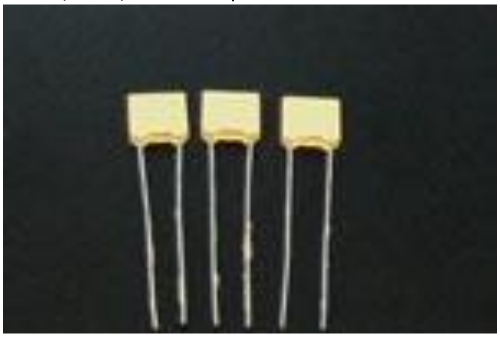
รูปที่ 2.5  แสดงรูปร่างของตัวเก็บประจุแบบอิเล็กโทรไลติก

- ตัวเก็บประจุแบบน้ำมัน (Oil capacitor)



รูปที่ 2.6  แสดงรูปร่างตัวเก็บประจุแบบน้ำมัน

- ตัวเก็บประจุแบบโพลีสไตลีน (Polyethylene capacitor)



รูปที่ 2.7 แสดงรูปร่างตัวเก็บประจุแบบโพลีสไตลีน

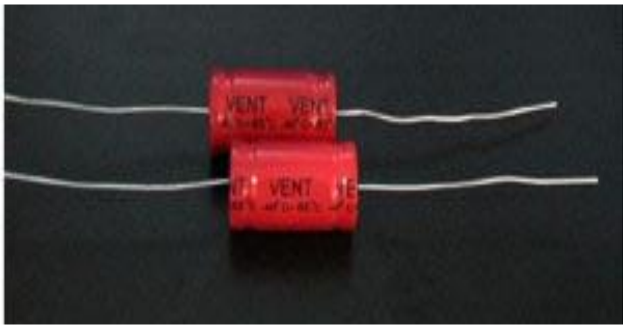
- ตัวเก็บประจุแทนทาลั่ม (Tantalum capacitor)

ตัวเก็บประจุแบบแทนทาลั่ม จะให้ค่าความจุสูงในขณะที่ตัวถังที่บรรจุมีขนาดเล็ก และมีอายุในการเก็บยาวนาน ตัวเก็บประจุแบบแทนทาลั่มนี้มีหลายชนิดให้เลือกใช้ เช่น ชนิด โซลิต ( solid type) ชนิด ซินเทอร์สลัก ( sintered slug ) ชนิดฟอลย์ธรรมดา ( plain foil ) ชนิดเอ็ชฟอยล์ ( etchedfoil) ชนิดเว็ทสลัก ( wet slug ) และ ชนิดชิ้นสี่เหลี่ยม ( chip ) การนำไปใช้งานต่างๆ ประกอบด้วยวงจรกรองความถี่ต่ำ วงจรส่งผ่านสัญญาณ ชนิดโซลิตนั้นไม่ไวต่ออุณหภูมิและมีค่าคุณ สมบัติระหว่างค่าความจุอุณหภูมิต่ำกว่า ตัวเก็บประจุแบบอิเล็กโทรไลติกชนิดใดๆ

สำหรับงานที่ตัวเก็บประจุแบบแทนทาลั่ม ไม่เหมาะ ได้แก่ วงจรตั้งเวลาที่ใช้ RC ระบบกระตุ้น (triggering system ) หรือ วงจรเลื่อนเฟส ( phase - shift net work ) เนื่องจากตัวเก็บประจุแบบนี้ มีค่าคุณสมบัติของการดูดกลืนของไดอิเล็กตริกสูง ซึ่งหมายถึงเมื่อตัวเก็บประจุถูกคายประจุ สารไดอิเล็กตริกยังคงมีประจุหลงเหลืออยู่ ดังนั้นแม้ว่าตัวเก็บประจุที่มีคุณสมบัติของ การดูดกลืนของสารไดอิเล็กตริกสูงจะถูกคายประจุประจุจนเป็นศูนย์แล้ว จะยังคงมีประจุเหลืออยู่เป็นจำนวนมาก พอที่จะทำให้เกิดปัญหาในวงจรตั้งเวลา และ วงจรอื่นที่คล้ายกัน

รูปที่ 2.8 แสดงรูปร่างตัวเก็บประจุแบบแทนทาลั่ม

- ตัวเก็บประจุแบบไบโพลา (Bipolar capacitor)



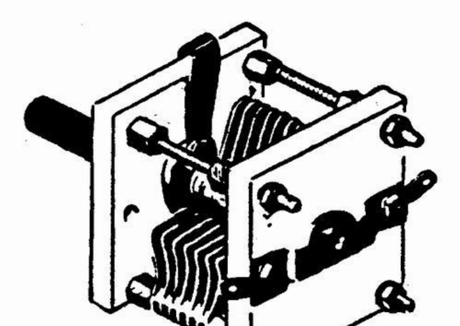

รูปที่ 2.9 แสดงรูปร่างตัวเก็บประจุแบบไบโพลา

- ตัวเก็บประจุแบบโพลีโพรไพลีน (Poiypropyrene)

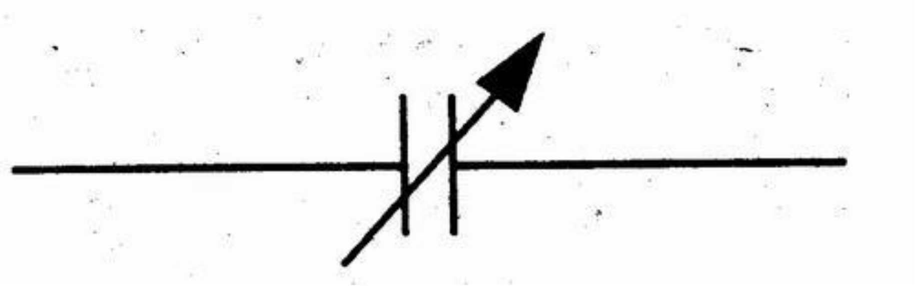
รูปที่ 2.10 แสดงรูปร่างตัวเก็บประจุแบบโพลีโพรไพลีน

2) ตัวเก็บประจุแบบปรับค่าได้ (Variable capacitor)

เป็น Capacitor ชนิดที่มีค่าไม่คงที่ ซึ่งจะมีการนำวัสดุต่างๆ มาสร้างขึ้นเป็น Capacitor โดยทั่วไปจะมีค่าความจุโดยประมาณไม่เกิน 1 ไมโครฟารัด (µF)



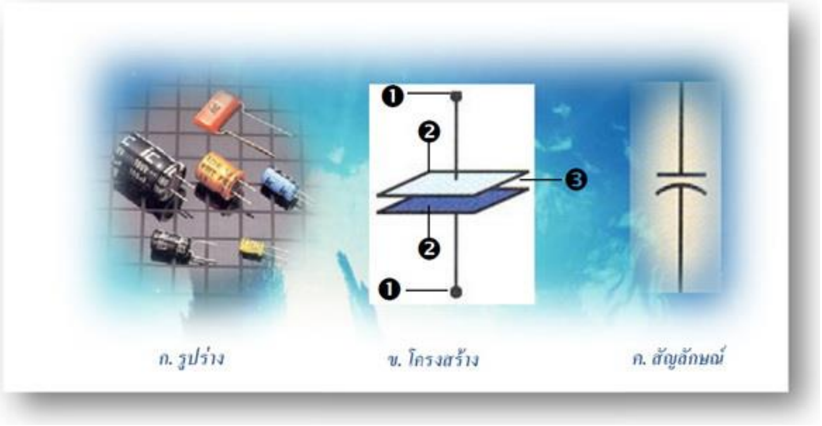
รูปที่ 2.11 แสดงตัวเก็บประจุแบบปรับค่าได้



รูปที่ 2.12 แสดงสัญลักษณ์ตัวเก็บประจุแบบปรับค่าได้

Variable Capacitor เป็น Capacitor ที่เปลี่ยนค่าความจุได้ แบบนี้จะพบเห็นอยู่บ่อย ๆ ในเครื่องรับวิทยุต่าง ๆ ซึ่งเป็นตัวเลือกหาสถานีวิทยุโดยมีแกนหมุน

- โครงสร้างและสัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุ

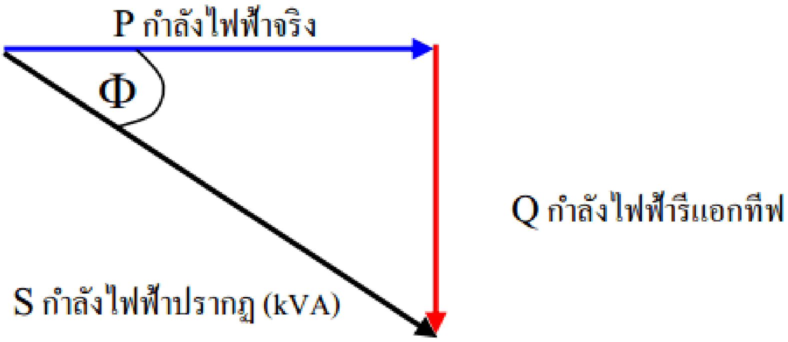



รูปที่ 2.13 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุ

## 2.2 สามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้า

ในระบบกระแสไฟฟ้าสลับ การวัดค่ากำลังไฟฟ้าสามารถวัดแยกออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

- กำลังไฟฟ้าจริง (P) เป็นกำลังไฟฟ้าที่ใช้งานจริงมีหน่วยวัดเป็นวัตต์หรือกิโลวัตต์
- กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ (Q) เป็นกำลังไฟฟ้าที่ต้องการสำหรับสร้างสนามแม่เหล็ก มีหน่วยวัดเป็นวาร์หรือกิโลวาร์




รูปที่ 2.14 ค่ากำลังไฟฟ้าที่วัดได้ในระบบไฟฟ้ากระแสสลับ

2.2.1 คำจำกัดความของตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าหมายถึงอัตราส่วนระหว่างกำลังไฟฟ้าจริง มีหน่วยเป็นวัตต์ ต่อกำลังไฟฟ้าที่ปรากฏ มีหน่วยเป็นโวลต์-แอมป์ ซึ่งอยู่ในรูปของ cos เราสามารถเขียนสมการตัวประกอบกำลังไฟฟ้าได้ดังนี้

$$\text{ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าจริง}}{\text{กำลังไฟฟ้าปรากฏ}}$$

$$\cos\varnothing = \frac{\mathrm{kW}}{\mathrm{kVA}}$$

$$\mathrm{kW} = \mathrm{kVA}\cos\varnothing$$

$$\mathrm{kVAr} = \mathrm{kVA}\sin\varnothing \text{ หรือ } \mathrm{kW}\tan\varnothing$$

**ตัวอย่างที่ 1** โรงงานอุตสาหกรรมแห่งหนึ่ง ระบบแรงดัน 3 เฟส 380 V อ่านกระแสจากมิเตอร์ได้ 1,360 A อ่านกำลังไฟฟ้าจริงจากมิเตอร์ได้ 500 kW ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าโรงงานแห่งนี้มีค่าเท่าใด

$$\text{กำลังไฟฟ้าปรากฏ} = \frac{\sqrt{3} \times 380 \times 1360}{1000} = 895 \quad \text{KVA}$$

$$\text{ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า} = \frac{500}{895} = 0.56$$

$$= 56\% \quad \text{ตอบ}$$

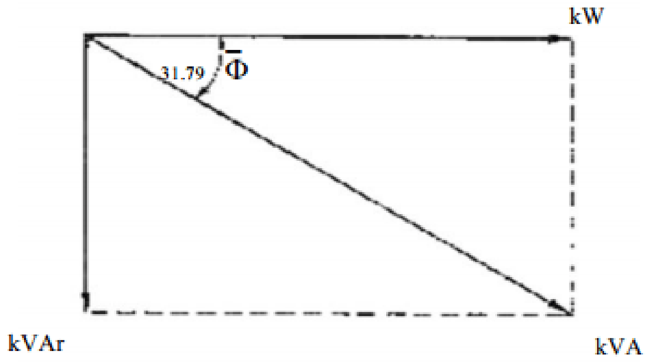
2.2.2 อัตราค่าปรับตัวประกอบกำลังไฟฟ้าในบิลค่าไฟฟ้า

จากอนุสนธิคณะรัฐมนตรี เมื่อวันที่ 16 เมษายน 2528 เห็นชอบในหลักการให้สิ่งจูงใจในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ไฟฟ้าในภาคอุตสาหกรรม เพื่อให้ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าสูงกว่า 0.85 การไฟฟ้าจะคิดเงินส่วนลดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าเป็นโบนัสให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีตัวประกอบกำลัง ไฟฟ้าสูงกว่า 0.85 ตามสูตรดังนี้

$$\text{เงินส่วนลดหรือเพิ่มค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าประจำเดือน} = \mathrm{K} \times \mathrm{Max.kW} \times \mathrm{DC} \times \left[1 - \frac{0.85}{\cos\varnothing}\right] \text{ บาท}$$

ปัจจุบันการไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเลิกใช้สูตรค่าปรับตัวประกอบกำลังไฟฟ้าและเลิกให้โบนัสจากสมการ โดยปรับค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าใหม่คือ ถ้าผู้ใช้ไฟฟ้ามีตัวประกอบกำลังไฟฟ้าล้าหลังต่ำกว่า 0.85 โดยที่ในรอบเดือนถ้าผู้ใช้ไฟฟ้ามีความต้องการพลังไฟฟ้ารีแอกทีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด เมื่อคิดเป็นกิโลวาร์เกินกว่า 61.97 เปอร์เซ็นต์ของความต้องการพลังไฟฟ้ารีแอกทีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด เมื่อคิดเป็นกิโลวัตต์แล้วเฉพาะส่วนที่เกินต้องเสียค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าในอัตรากิโลวาร์ละ14.02 บาท

สำหรับการเรียกเก็บเงินค่าไฟฟ้าในรอบเดือนนั้นเศษของกิโลวาร์ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวาร์ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 กิโลวาร์ขึ้นไปคิดเป็น 1 กิโลวาร์




รูปที่ 2.15 มุมของค่าตัวประกอบกำลัง

เมื่อ $\cos^{-1} 0.85 = 31.79^0$

$\frac{kVAr}{kW} = \tan^{\theta}$

KVAr = KW $\tan^{\theta}$

= KW tan 31.79

= 0.6197 KW

**ตัวอย่างที่ 2** กำลังไฟฟ้าจริงอ่านจากมิเตอร์ 500 kW ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าของโรงงานมีค่า 0.6 ในปัจจุบันนี้การไฟฟ้าฯ เรียกเก็บค่าปรับตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่ต่ำกว่า 0.85 เป็นเงินเท่าใด

KVAr = KW x tan

Ø = $\cos^{-1}$ 0.6

= $53.13^0$

KVAr = 500 x tan $53.13^0$

= 667 KVAr

ในรอบเดือนถ้าผู้ใช้ กิโลวาร์สูงสุดเกินกว่า 61.97 เปอร์เซ็นต์ของกิโลวัตต์สูงสุดเฉลี่ยใน 15 นาที เฉพาะส่วนที่เกินต้องเสียค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้ากิโลวาร์ละ 14.02 บาท

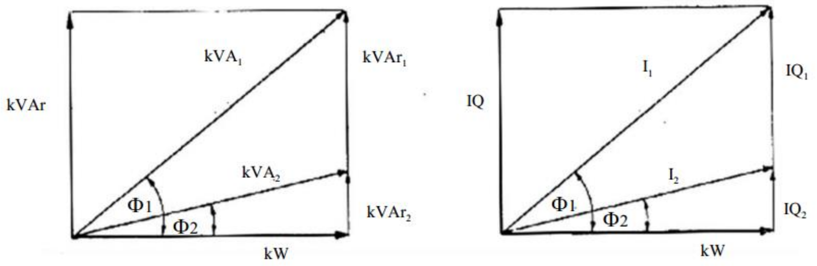
0.6197 x 500 = 309.85 KVAr

กิโลวาร์ส่วนที่เกิน = 667 – 309.85 = 357 KVAr

ต้องเสียค่าปรับ = 357 x 14.02 = 5,005 บาท (ยังไม่รวม VAT7%)

2.2.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

ผลของตัวประกอบกำลังไฟฟ้าสูงสำหรับค่ากำลังไฟฟ้าจริงที่ใช้งานคงที่ ถ้าค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้ายิ่งต่ำ (มุม ยิ่งมาก) ทำให้กำลังไฟฟ้าปรากฏและกระแสมีค่ามากขึ้น ในทำนองเดียวกันถ้าค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้ายิ่งสูง (มุม ลดลง) ทำให้กำลังไฟฟ้าปรากฏและกระแสมีค่าลดลง




รูปที่ 2.16 ผลของตัวประกอบกำลังไฟฟ้าสูงและต่ำ

$$\cos\emptyset_1 = \frac{kW}{kVA_1} \quad ; \quad \cos\emptyset_2 = \frac{kW}{kVA_2}$$

$$I_2 = I_1 \frac{\cos\emptyset_1}{\cos\emptyset_2}$$

ที่กำลังไฟฟ้าจริงคงที่ โหลดแรกมีกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ $kVAr_1$ ที่กำลังไฟฟ้าปรากฏ $kVA_1$ ทำให้มุมตัวประกอบกำลังไฟฟ้าเท่ากับ $_1$ในทำนองเดียวกันถ้ามุมตัวประกอบกำลังไฟฟ้าเท่ากับ $_2$ ค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏจะลดลงเท่ากับ $kVA_2$

กระแสของโหลดแรก $(I_1) = \frac{kVA_1}{V}$ จะมากกว่ากระแสโหลดสอง $(I_2) = \frac{kVA_1}{v}$

หรือ $I_1 > I_2$

**ตัวอย่างที่ 3** จากตัวอย่างที่ 2 ถ้าเพิ่มตัวประกอบกำลังไฟฟ้าเป็น 0.95 กระแสอ่านจากมิเตอร์จะลดลงเหลือเท่าใด

วิธีทำ $I_1 = 1266$ A ; kW = 500 kW

จาก $kVA = \frac{kW}{\cos\emptyset}$

$$kVA_2 = \frac{500}{0.95}$$

$$= 526.3 \text{ kVA}$$

$$kVA = \frac{\sqrt{3}\,IV}{1000}$$ *[ระบบไฟฟ้า 3 เฟส]*

$$I_2 = \frac{526.3 \times 1000}{\sqrt{3} \times 380}$$

$$= 800 \text{ A}$$

หรือ $I_2 = \frac{I_1\cos\emptyset_1}{\cos\emptyset_2}$

$$= 1266 \times \frac{0.6}{0.95}$$

$$= 800 \text{ A}$$

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้ายิ่งสูงขึ้นก็ยิ่งมีกระแสต่ำลงและย่อมมีผลดี ตอบ

ถ้าทำให้ตัวประกอบกำลังไฟฟ้ามีค่าสูงจะทำให้มีผลดีดังนี้

ประหยัดค่าไฟฟ้า ตั้งแต่ปลายปี 2530 จนถึงปัจจุบัน การไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเลิกใช้สูตรค่าปรับตัวประกอบกำลังไฟฟ้าและเลิกให้โบนัสจากสมการแต่หันมาปรับค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าใหม่คือ ถ้าผู้ใช้ไฟฟ้ามีตัวประกอบกำลังไฟฟ้าล้าหลังต่ำกว่า 0.85 โดยที่ในรอบเดือนถ้าผู้ใช้ไฟฟ้ามีความต้องการพลังไฟฟ้ารีแอกทีฟเฉลี่ยใน15นาทีที่สูงสุด เมื่อคิดเป็นกิโลวาร์

เกินกว่า 61.97เปอร์เซ็นต์ของความต้องการพลังไฟฟ้ารีแอกทีฟเฉลี่ยใน 14.02 นาทีที่สูงสุด เมื่อคิดเป็นกิโลวัตต์แล้วเฉพาะส่วนที่เกินต้องเสีย ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าในอัตรากิโลวาร์ละ 15 บาท สำหรับการเรียกเก็บเงินค่าไฟฟ้าในรอบเดือนนั้นเศษของกิโลวาร์ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวาร์ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 กิโลวาร์ขึ้นไปคิดเป็น 1 กิโลวาร์

ลดค่ากำลังสูญเสียในสาย การเพิ่มค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าทำให้กำลังสูญเสียในสายลดลง และกำลังสูญเสียในสายสามารถหาได้ดังนี้

ระบบไฟฟ้าเฟสเดียว : กำลังสูญเสีย = $2I^2 R$

ระบบไฟฟ้าสามเฟส : กำลังสูญเสีย = $3I^2 R$

**ตัวอย่างที่ 4** มอเตอร์ขนาด 50 HP 3 เฟส 380 V PF 0.72 ใช้สายขนาด35mm ยาว 180 m ระยะเวลาที่ใช้งานรวม160ชั่วโมงต่อเดือน ถ้าค่าไฟหน่วยละ2.75บาท(1UNIT=kWh) สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าหลังจากปรับปรุง PF เป็น 0.95 ได้กี่บาทต่อปี เมื่อความต้านทานของสาย = 0.0005 โอห์มต่อเมตร (1 HP = 746 W)

วิธีทำ

PF 0.72 $= \frac{50 \times 746}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.72}$

$= 78.7$ A

PF 0.95 I $= \frac{50 \times 746}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.952}$

$= 59.5$ A

PF 0.72 กำลังสูญเสีย $= 3I^2R$

$= 3 \times (78.7)^2 \times 0.0005 \times 180$

$= 955$ W

PF 0.95 กำลังสูญเสีย $= 3I^2R$

$= 3 \times (59.5)^2 \times 0.0005 \times 180$

$= 955$ W

กำลังสูญเสียลดลง = 1,672 - 955 W

= 717 W

หน่วยไฟฟ้าที่ลดลงต่อปี $= \frac{717 \times 160 \times 12}{1,000}$

= 1,376.6 kW-hr

ถ้าค่าไฟหน่วยละ 2.75 บาท

หนึ่งปีจะประหยัดค่าไฟฟ้า = 1,376.6 x 2.75

= 3,785.76 บาทต่อปี

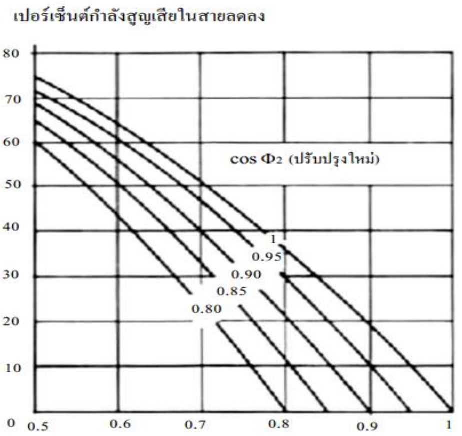
ดังนั้นการแก้ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าให้สูงขึ้นทำให้ลดความสูญเสียในสายลงได้ดังนี้

$I_1\cos\emptyset_1 = I_2\cos\emptyset_2$ (เมื่อกำลังไฟฟ้าเท่ากัน)

$I_2 = I_1\frac{\cos\emptyset_1}{\cos\emptyset_2}$ (เมื่อกำลังสูญเสียเท่ากับ $I^2R$)

$\frac{I_1^2R - I_2^2R}{I_1^2R} = 1 - \left(\frac{\cos\emptyset_1}{\cos\emptyset_2}\right)^2$

กำลังสูญเสียที่ลดลง $= \left\{1 - \left(\frac{\cos\emptyset_1}{\cos\emptyset_2}\right)^2\right\} \times 100$




รูปที่ 2.17 การหาค่ากำลังสูญเสียในสายด้วยกราฟ

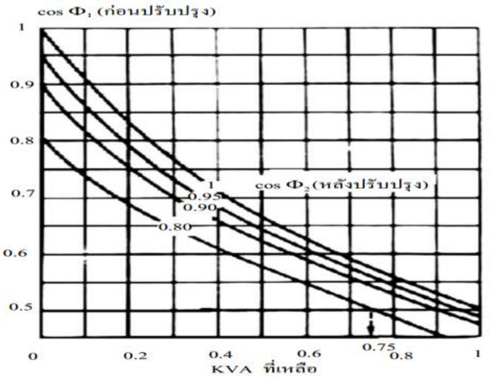
จากกราฟ รูปที่ 2.17 หรือในสมการ กำลังสูญเสียที่ลดลง = $1-\left\{\left(\frac{\cos\emptyset_1}{\cos\emptyset_2}\right)^2\right\}$ x 100%

PF 0.6 แก้เป็น 0.8 กำลังสูญเสียในสายจะลดลง 44 เปอร์เซ็นต์

PF 0.6 แก้เป็น 1.0 กำลังสูญเสียในสายจะลดลง 64 เปอร์เซ็นต์

ระบบไฟฟ้าสามารถจ่ายโหลดเพิ่มมากขึ้น การปรับตัวประกอบกำลังไฟฟ้าให้สูงขึ้นทำให้กระแสของระบบลดลง เนื่องจากหม้อแปลงจ่ายโหลดทั้งกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ เมื่อปรับปรุงกำลัง ไฟฟ้ารีแอกทีฟให้น้อยลงก็จะจ่ายกำลังไฟฟ้าจริงได้มากขึ้น

kVA (เหลือ) = kW (โหลด) $\left(\frac{1}{\cos\emptyset_1}-\frac{1}{\cos\emptyset_2}\right)$




รูปที่ 2.18 ถ้าปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้าให้สูงขึ้นจะทำให้ระบบไฟฟ้าสามารถจ่ายโหลดได้เพิ่มขึ้น

**ตัวอย่างที่ 5** หม้อแปลง 400 kVA จ่ายโหลด 200 kW ที่ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า 0.5 ถ้าปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้า เป็น 0.8 หม้อแปลงยังมีกำลังเหลือใช้อีกเท่าใด

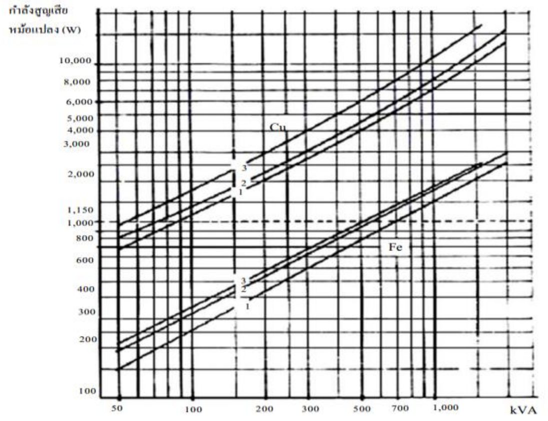
วิธีทำ

kVA (เหลือ) = $200\left(\frac{1}{0.5}-\frac{1}{0.8}\right)$ = $\left(\frac{200}{0.5}-\frac{200}{0.8}\right)$

หม้อแปลงยังมีกำลังเหลือใช้อีก = 400 – 250 = 150 kVA

หรือหาได้จากกราฟรูปที่ 2.18 ที่ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าก่อนปรับปรุง (cos $_1$) เท่ากับ 0.5 และตัวประกอบกำลังไฟฟ้ารับปรุงใหม่ (cos $_2$) เท่ากับ 0.8 จะได้ kVA ที่เหลือมีค่า 0.75 และที่โหลด 200 kW หม้อแปลงยังมีกำลังเหลือใช้ 0.75 x 200 = 150 kVA **ตอบ**

ลดค่ากำลังสูญเสียในหม้อแปลง กำลังสูญเสียในหม้อแปลงประกอบด้วยกำลัง สูญเสียในลวดทองแดง ซึ่งขึ้นอยู่กับกระแสที่ไหลผ่านหม้อแปลงโดยคิดค่าจาก I2 R และกำลังสูญเสียในแกนเหล็ก ซึ่งสามารถหาค่าได้โดยประมาณกรณีไม่มีโหลด สำหรับค่ากำลังสูญเสียในแกนเหล็กไม่ขึ้นกับโหลดจึงมีค่าเกือบคงที่ซึ่งเป็นกำลังสูญเสียที่เกิดจากกระแสไหลวน และกำลังสูญเสียที่เกิด จากเส้นแรงแม่เหล็กค้าง




รูปที่ 2.19 แสดงค่ากำลังสูญเสียในแกนเหล็กและลวดทองแดง

สำหรับกำลังสูญเสียในหม้อแปลงอาจหาได้จากกราฟ ดังรูปที่ 2.19 ค่า Cu หมายถึง ค่าการสูญเสียในลวดทองแดงและค่าFeหมายถึง ค่ากำลังสูญเสียในแกนเหล็ก ในทำนองเดียวกัน กราฟเส้นที่ 3 เป็นหม้อแปลงกรณีกำลังสูญเสียธรรมดา กราฟเส้นที่ 2 เป็นหม้อแปลงกรณีกำลังสูญเสียต่ำ และกราฟเส้นที่ 1 เป็นหม้อแปลงกรณีกำลังสูญเสียต่ำเป็นพิเศษ

เมื่อ $I_2 = I_1 \frac{\cos\emptyset_1}{\cos\emptyset_2}$ (เมื่อกำลังสูญเสียเท่ากับ $I^2R$)

$I_2^2R = I_1^2R\left(\frac{\cos\emptyset_1}{\cos\emptyset_2}\right)^2$

กำหนดให้ $I_1^2R$ คือ กำลังสูญเสียในขดลวดทองแดงก่อนปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

$I_2^2R$ คือ กำลังสูญเสียในขดลวดทองแดงหลังปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

**ตัวอย่างที่ 6** หม้อแปลงแบบกำลังสูญเสียธรรมดาขนาด 500 kVA จ่ายโหลดขนาด 300 kW ที่ PF0.6 ระยะเวลาที่ใช้งาน8ชั่วโมงต่อวัน ถ้าค่าไฟฟ้าหน่วยละ 2.75บาท
ถ้าต้องการปรับปรุง PF เป็น 0.95 สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้กี่บาทต่อปี

วิธีทำ กรณี PF 0.6 จากกราฟรูปที่ 1.25

กำลังสูญเสียในแกนเหล็ก = 1,150 W

กำลังสูญเสียในลวดทองแดง = 6,000 W

กำลังสูญเสียในหม้อแปลง = 1,150 + 6,000

= 7,150 W

กรณี PF 0.95

กำลังสูญเสียในแกนเหล็ก = 1,150 W

กำลังสูญเสียในลวดทองแดง = $6{,}000\left(\frac{0.6}{0.95}\right)^2$ = 2,393 W

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| กำลังสูญเสียในหม้อแปลง | = | 1,150 + 2,393 | = | 3,543 | W |
| กำลังสูญเสียลดลง | = | 7,150 – 3,543 | = | 3,607 | W |
| หนึ่งปีจะประหยัดไฟฟ้า | = | $\frac{3,607 \times 8 \times 365 \times 2.75}{1,000}$ บาท | | | |
| | = | 28,964.21 บาทต่อปี | | | ตอบ |

ระดับแรงดันไฟฟ้าดีขึ้น เมื่อตัวประกอบกำลังไฟฟ้าสูงขึ้น แรงดันตกในสายจะลดลง

$$\Delta V = I(R \cos\emptyset + XL \sin\emptyset)$$

กำหนดให้ R คือ ความต้านทานของสาย

XL คือ รีแอกแตนซ์ของสาย ประมาณ 0.4 – 0.9 μH/m

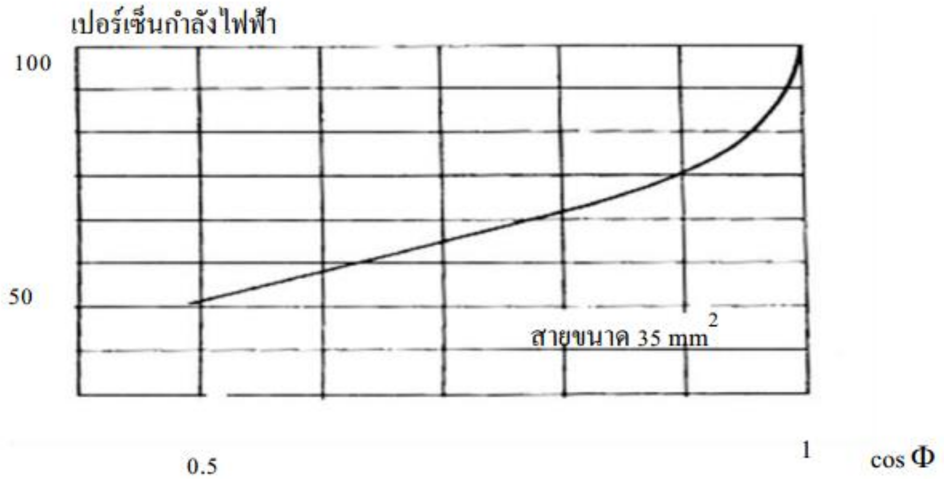
กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่สามารถส่งผ่านสายได้โดยมี n เป็นเปอร์เซ็นต์ แรงดันไฟฟ้าตกสูงสุดที่ยอมรับได้เป็นดังนี้

$$P = \sqrt{3}\, VI \cos\emptyset \quad \text{(ระบบ 3 เฟส)}$$

$$\Delta V = \frac{nV}{\sqrt{3}}$$

$$P = \frac{nV^2}{R+XL\tan\emptyset}$$

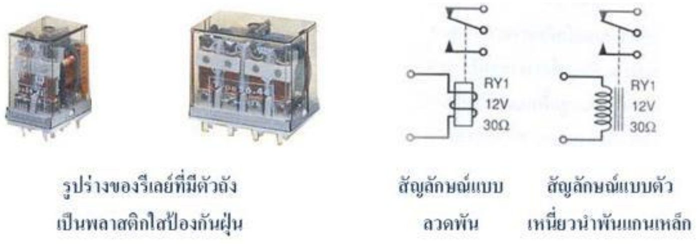
โดยทั่วไป n จะอยู่ระหว่าง 5 – 10 เปอร์เซ็นต์




รูปที่ 2.20 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าเป็นเปอร์เซ็นต์กับตัวประกอบกำลังไฟฟ้าของขนาดสาย 35 $mm^2$

รูปที่ 7 เป็นความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าเป็นเปอร์เซ็นต์กับตัวประกอบกำลัง ไฟฟ้าของขนาดสาย 35 mm2 จะเห็นได้ว่าถ้าเพิ่ม PF จาก 0.5 เป็น 1.0 กำลังไฟฟ้าจะเพิ่มเป็นเท่าตัว

## 2.3 การทำงานของรีเลย์




รูปที่ 2.21 รีเลย์

เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์มีหลักการทำงานคล้ายกับขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าหรือโซลินอยด์ (solenoid) หรือสามารถเรียกว่าเป็นแมกเนติกคอนแทกเตอร์อีกชนิดหนึ่ง รีเลย์ใช้ในการควบคุมวงจรไฟฟ้าได้อย่างหลากหลาย รีเลย์เป็นสวิตช์ควบคุมที่ทำงานด้วยไฟฟ้า แบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 2 ประเภท คือ

รีเลย์กำลัง(power relay)หรือมักเรียกกันว่าคอนแทกเตอร์ (Contactor or Magneticcontactor)ใช้ในการควบคุมไฟฟ้ากำลัง มีขนาดใหญ่กว่ารีเลย์ธรรมดา

รีเลย์ควบคุม (control Relay) มีขนาดเล็กกำลังไฟฟ้าต่ำ ใช้ในวงจรควบคุมทั่วไปที่มีกำลังไฟฟ้า
ไม่มากนัก หรือเพื่อการควบคุมรีเลย์หรือคอนแทกเตอร์ขนาดใหญ่ รีเลย์ควบคุม บางทีเรียกกันง่ายๆ ว่า "รีเลย์"

การแบ่งชนิดของรีเลย์แบ่งได้ 11 แบบ คือ

ชนิดของรีเลย์แบ่งตามลักษณะของคอยล์ หรือ แบ่งตามลักษณะการใช้งาน (Application) ได้แก่รีเลย์ดังต่อไปนี้

รีเลย์กระแส (Currentrelay) คือ รีเลย์ที่ทำงานโดยใช้กระแสมีทั้งชนิดกระแสขาด (Under-current) และกระแสเกิน (Overcurrent)

รีเลย์แรงดัน (Voltagerelay) คือ รีเลย์ ที่ทำงานโดยใช้แรงดันมีทั้งชนิดแรงดันขาด (Under-voltage) และ แรงดันเกิน (Over voltage)

รีเลย์ช่วย (Auxiliaryrelay) คือ รีเลย์ที่เวลาใช้งานจะต้องประกอบเข้ากับรีเลย์ชนิดอื่น จึงจะทำงาน

รีเลย์กำลัง (Powerrelay) คือ รีเลย์ที่รวมเอาคุณสมบัติของรีเลย์กระแส และรีเลย์แรงดันเข้าด้วยกัน

รีเลย์เวลา (Time relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานโดยมีเวลาเข้ามาเกี่ยวข้องด้วยซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 4 แบบ

- รีเลย์กระแสเกินชนิดเวลาผกผันกับกระแส (Inversetime over current relay) คือ รีเลย์ ที่มีเวลาทำงานเป็นส่วนกลับกับกระแส
- รีเลย์กระแสเกินชนิดทำงานทันที (Instantaneous over current relay) คือรีเลย์ที่ทำงานทันทีทันใดเมื่อมีกระแสไหลผ่านเกินกว่าที่กำหนดที่ตั้งไว้
- รีเลย์แบบดิฟฟินิตไทม์เล็ก (Definite time lag relay) คือ รีเลย์ ที่มีเวลาการทำงานไม่ขึ้นอยู่กับความมากน้อยของกระแสหรือค่าไฟฟ้าอื่นๆ ที่ทำให้เกิดงานขึ้น
- รีเลย์แบบอินเวอสดิฟฟินิตมินิมั่มไทม์เล็ก (Inverse definite time lag relay) คือ รีเลย์ ที่ทำงานโดยรวมเอาคุณสมบัติของเวลาผกผันกับกระแส (Inverse time) และ แบบดิฟฟินิตไทม์เล็ก (Definite time lag relay) เข้าด้วยกัน

รีเลย์กระแสต่าง (Differential relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานโดยอาศัยผลต่างของกระแส

รีเลย์มีทิศ (Directional relay) คือรีเลย์ที่ทำงานเมื่อมีกระแสไหลผิดทิศทาง มีแบบรีเลย์กำลังมีทิศ (Directional power relay) และรีเลย์กระแสมีทิศ (Directional current relay)

รีเลย์ระยะทาง (Distance relay) คือ รีเลย์ระยะทางมีแบบต่างๆ ดังนี้

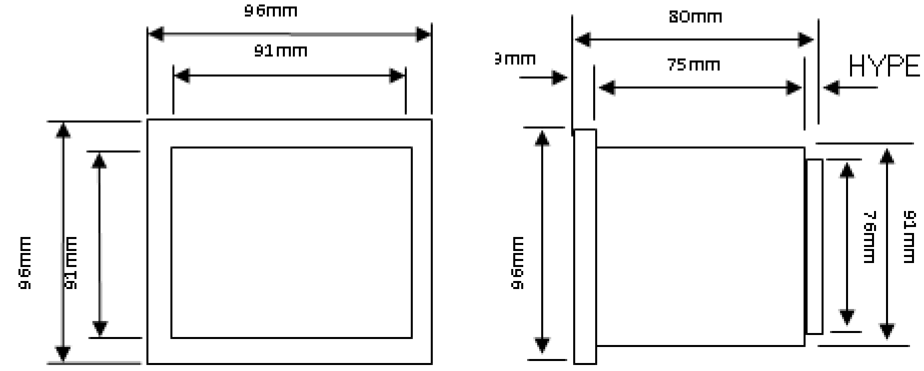
- รีแอกแตนซ์รีเลย์ (Reactance relay)
- อิมพีแดนซ์รีเลย์ (Impedance relay)
- โมห์รีเลย์ (Mho relay)
- โอห์มรีเลย์ (Ohm relay)
- โพลาไรซ์โมห์รีเลย์ (Polaized mho relay)
- ออฟเซทโมห์รีเลย์ (Off set mho relay)

รีเลย์อุณหภูมิ (Temperature relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานตามอุณหภูมิที่ตั้งไว้

รีเลย์ความถี่ (Frequency relay) คือรีเลย์ที่ทำงานเมื่อความถี่ของระบบต่ำกว่าหรือมากกว่าที่ตั้งไว้

บูคโฮลซ์รีเลย์ (Buchholz ‘s relay) คือรีเลย์ที่ทำงานด้วยก๊าซ ใช้กับหม้อแปลงที่แช่อยู่ในน้ำมันเมื่อเกิดฟอลต์ ขึ้นภายในหม้อแปลง จะทำให้น้ำมันแตกตัวและเกิดก๊าซขึ้นภายในไปดันหน้าสัมผัส
ให้รีเลย์ทำงาน

## 2.4 เพาว์เวอร์มิเตอร์



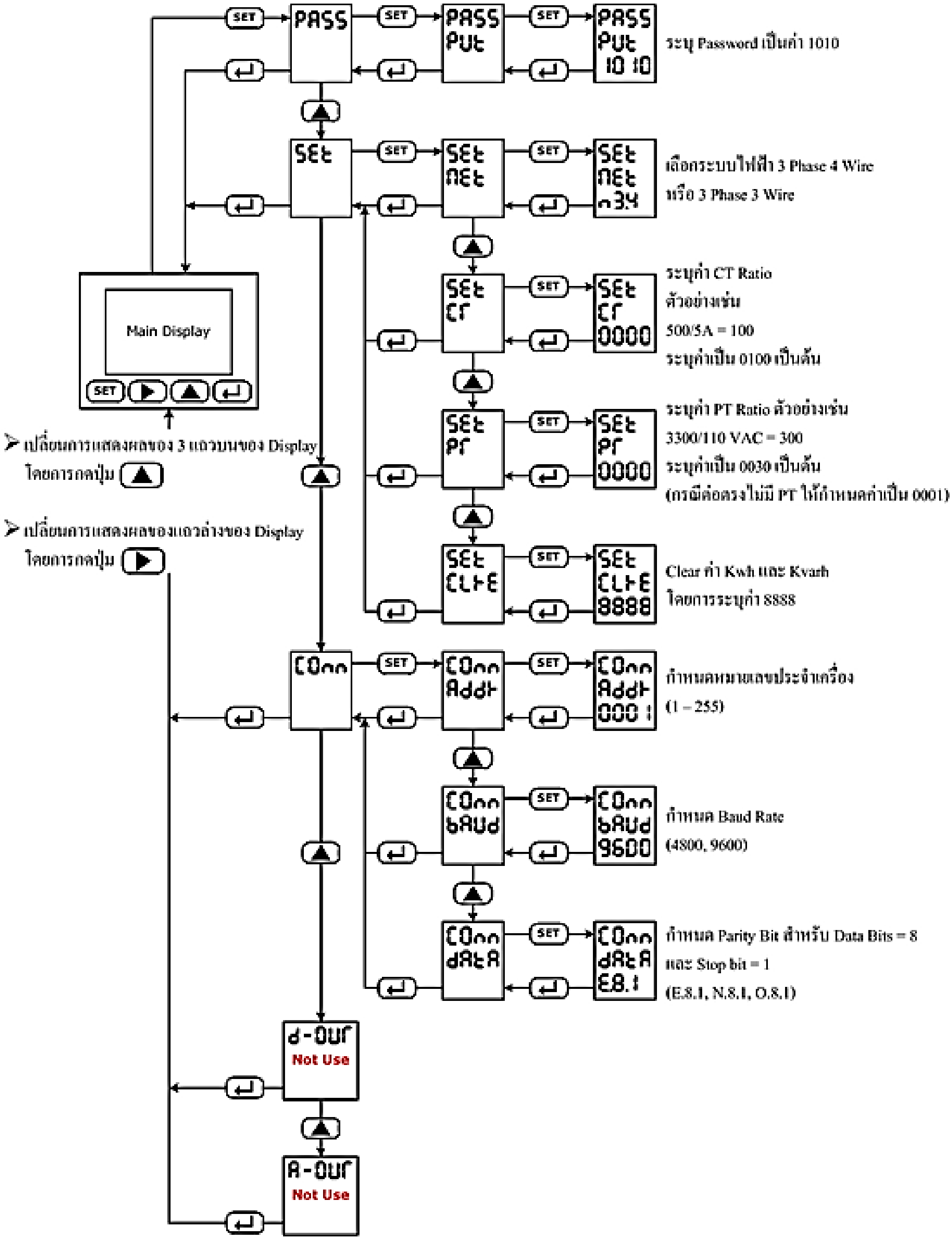

รูปที่ 2.22 Dimension

*คุณสมบัติ*

<u>เครื่องวัดไฟฟ้า</u> เป็นเครื่องมือที่จำเป็นและเป็นพื้นฐานในการเรียนวิชาชีพช่างไฟฟ้างานเครื่องวัดไฟฟ้าจึงควรเรียนรู้หลักการเบื้องต้นเสียก่อน เพื่อให้เหมาะสมกับประเภทของงานการอ่านค่าจากเครื่องวัดไฟฟ้าอาจเกิดการผิดพลาดเนื่องจากเกิดการคลาดเคลื่อนการอ่านค่าสเกลผอดอาจเกิดความเสียหายได้ เพาเวอร์มิเตอร์สามารถแบ่งประเภทตามลักษณะการแสดงค่าได้ 2 ประเภท คือ แบบ**อนาล็อกเพาเวอร์มิเตอร์** (แบบเข็ม) และแบบ**ดิจิตอลเพาเวอร์มิเตอร์** (แบบหน้าจอดิจิตอล) แต่ที่นิยมใช้งานกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันนี้จะเป็นแบบ**ดิจิตอลเพาเวอร์มิเตอร์**เพราะสามารถวัดค่าได้อย่างแม่นยำกว่าและยังมีฟังก์ชันมากกว่าแบบเข็ม

รูปที่ 2.23 **ภาพอนาล็อกเพาเวอร์มิเตอร์และดิจิตอลเพาเวอร์มิเตอร์**

Menu Setting




รูปที่ 2.24 Menu Setting

## 2.5 Power Factor Meter

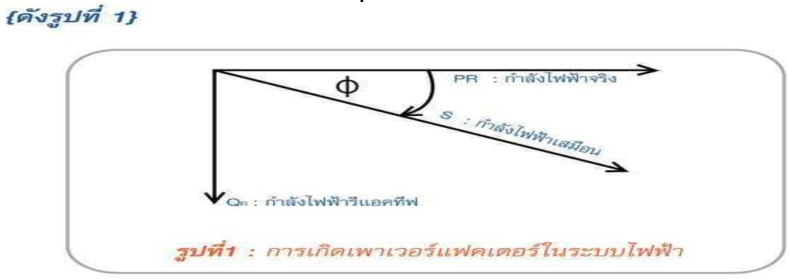
รูปที่ 2.25 Power Factor Meter

**เพาเวอร์แฟกเตอร์มิเตอร์(Power Factor Meter)** หมายถึง เป็นเครื่องวัดกระแสไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่เป็นแบบอิเล็กโตรไดนาโมมิเตอร์ ที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อใช้วัดค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์(Power Factor Value) ซึ่งเกิดขึ้นจากความต่างเฟสระหว่างกระแสกับแรงดันภายในวงจรไฟฟ้า กระแสสลับค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์นั้นเรียกอีกชื่อได้ว่า ตัวประกอบกำลัง ใช้สัญลักษณ์แทน cos Ø สำหรับการบ่ายเบนของเข็มชี้จะเป็นอัตราส่วนระหว่างกำลังไฟฟ้าจริง (P) ต่อกำลังไฟฟ้าปรากฏ (S) หรือเท่ากับวัตต์ต่อโวลต์-แอมแปร์ (W/VA)

โดยโครงสร้างทั่วไปของเครื่องวัดเพาเวอร์แฟกเตอร์ 1 เฟส จะมีส่วนประกอบคล้ายกับวัตต์มิเตอร์ที่สำคัญจะประกอบไปด้วย

- ขดลวดชุดอยู่กับที่ (Fixed Coil) จำนวน 2 ขด ที่ทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กจึงเรียกขดลวดชุดนี้อีกชื่อว่า Field Coil โดยที่ขดลวดทั้งสองขดจะต่อกันเป็นแบบอนุกรมกับโหลด และอนุกรมกับแหล่งจ่ายไฟ ทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กหลัก
- ขดลวดเคลื่อนที่ได้ จำนวน 2 ขด โดยที่ทั้งสองขดนี้จะถูกยึดติดอยู่บนแกนเพลาเดียวกันวางเป็นรูปกากบาดทำมุมฉากซึ่งกันและกัน
- สเกลหน้าปัด

## 2.6 สูตรการคำนวณหาขนาดของตัวเก็บประจุ




รูปที่ 2.26 การเกิดเพาเวอร์แฟคเตอร์ในระบบฟ้า

การแก้ Power Factor เพาเวอร์แฟคเตอร์ ก็ไม่ใช่ปัญหาที่ยุ่งยากซับซ้อนมากนัก แต่ต้องอาศัยวิศวกรที่มีความชำนาญและมีประสบการณ์มิฉะนั้นแล้วแทนที่จะมีผลดีกลับเกิดผลเสียและทำให้อุปกรณ์เสียหายมากขึ้น เช่น การเกิดฮาร์โมนิกส์ขึ้นในระบบและระบบจึงมีค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ต่ำ การติดตั้งค่าปาซิเตอร์เพื่อแก้เพาเวอร์แฟคเตอร์ ควรจะมีการพิจารณาให้ถี่ถ้วนก่อนมิฉะนั้นอาจทำให้เกิดเรโซแนนท์ได้
บทความนี้จะกล่าวความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการแก้เพาเวอร์แฟคเตอร์และการเลือกขนาดของคาปาซิเตอร์

เพาเวอร์แฟคเตอร์ ระบบไฟฟ้ากระแสสลับที่จ่ายให้อุกรณ์ไฟฟ้าสามารถวัดแยกส่วนออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

กำลังไฟฟ้าจริง (Active Power) เป็นกำลังไฟฟ้าที่ใช้งานจริง มีหน่วยเป็น (W) หรือ (kW)

กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ (Reactive Power) เป็นกำลังไฟฟ้าที่ต้องการสร้างสนามแม่เหล็ก มีหน่วยเป็น (VAR) หรือ (kVAR)

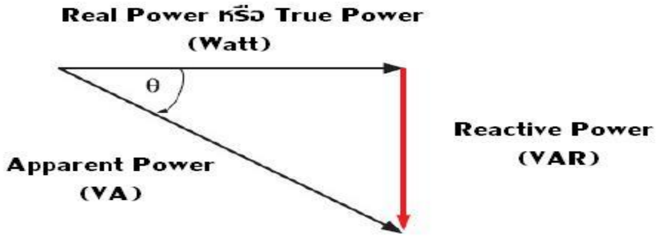
กำลังไฟฟ้าสามารถรวมเข้าด้วยกันได้ทางเฟสเซอร์ (Phasor) เป็นกำลังไฟฟ้าเสมือน (Apparent Power) มีหน่วยเป็น โวลต์แอมป์ (VA) หรือ (kVA)

$$\text{KVA} = \sqrt{\text{KW}^2 + \text{KVAR}^2}$$

เพาเวอร์แฟคเตอร์ (PE) เป็นดัชนีแสดงการใช้กำลังไฟฟ้าจริง

เปรียบเทียบกับกำลังไฟฟ้า อยู่ในรูป cos Ø

เพาเวอร์แฟคเตอร์ (PF) เป็นดัชนีแสดงการใช้กำลังไฟฟ้าจริงเปรียบเทียบกับกำลังไฟฟ้าเสมือน อยู่ในรูป




รูปที่ 2.27 ดัชนีแสดงการใช้กำลังไฟฟ้า

$$\cos Ø = \frac{\text{KW}}{\text{KVA}} = \text{powerfaactor(PE)}$$

$$\text{KW} = \text{KVA.cos}Ø$$

$$\text{KVAR} = \text{KVA.sin}Ø = \text{KW.tan}Ø$$

**ตัวอย่าง 1** โรงงานอุตสาหกรรมแห่งหนึ่งมีระดับแรงดัน 3 เฟส 380 v อ่านค่ากระแสจากมิเตอร์ได้ 1266 A อ่านไฟฟ้ากำลังจริงจากมิเตอร์ 600KW ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (PE) ของโรงงานมีค่าเท่าใด

$$\text{กำลังไฟฟ้าเสมือน} \quad S = \frac{\sqrt{3}\,.380.1260}{1000} = 833 \text{ KVA}$$

$$\text{PE} = \frac{600}{833} = 0.72 = 72\ \%$$

คาปาซิเตอร์ (Capacitor) : เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่ปรับค่า Power Factor คาปาซิเตอร์จะเป็นอุปกรณ์ที่จ่ายกระแสไฟฟ้ารีแอคทีฟ ถ้ากระแสไฟฟ้า มีทิศทางนำหน้าแรงดัน (Leading) เพื่อทำหน้าที่ชดเชยกระแสไฟฟ้าของวงจรไฟฟ้า โดยทั่วไป กระแสจะล้าหลังแรงดัน (lagging)
ในอาคารหรือโรงงานอุตสาหกรรมที่มีค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ต่ำจึงต้องมีการออกแบบและติดตั้งคาปาซิเตอร์ให้ถูกต้อง ถ้าออกแบบหรือติดตั้งไม่ถูกต้องอาจจะมีผลเสียมากกว่าผลดี

การกำหนดขนาดคาปาซิเตอร์

คาปาซิเตอร์ในระบบไฟฟ้า มีหน่วยเป็น (kVAR) เช่น 5, 10, 25, 50 kVAR ซึ่งสามารถเขียนเป็นความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$KVAR1\varnothing \ = 2.\pi.f.c.v^2.10^{-9}$$

$$KVAR3\varnothing \ = 6.\pi.f.c.v^2.10^{-9}$$

กำหนดให้ KVAR = ขนาดของคาปาซิเตอร์มีหน่วยเป็น KVAR

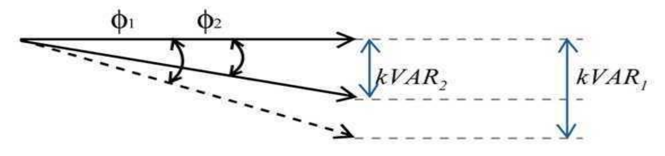
π = ค่าคงที่ 3.1416

f = ความถี่ของระบบไฟฟ้า Hz

c = ขนาดของคาปาซิเตอรเป็นไมโครฟารัด(F)

V = แรงดันระบุเป็นโวลต์

จากสมการดังกล่าว ถ้านำ Capacitor ไปใช้ในระบบแรงดันต่างไปจากแรงดันที่ระบุ ขนาด kVARของ Capacitor ก็จะเปลี่ยนแปลงมากเนื่องจากค่าแรงดันเป็นตัวเลขยกกำลังสอง การกำหนดคาปาซิเตอร์สามารถทำได้ 2 วิธี แต่ในบทนี้ จะกล่าวเพียง 1 วิธีคือการคำนวณ เขียนได้ดังรูปที่ 3




รูปที่ 3 : รูปแสดงความสัมพันธ์ kW, kVA และ kVAR

จากรูป สามารถเขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

KVAR1 = KW . tan Ø1

เมื่อต้องการปรับค่า PE ทำได้โดยต่อ capacitor เข้ากับวงจร KVAR ที่ได้จาก Capacitor มีทิศทางตรงข้ามกับ KVAR ของวงจร หรือโหลด (kVAR1) kVAR1 ลดลงเหลือเป็น kVAR2 แรงขนาด หาได้จาก

kVAR = kW . tan Ø

ค่าชนาดของคาปาซิเตอร์ ก็คือ

$$C_{KVAR} \ = \ kVAR1 \ - \ kVAR2$$

ดังนั้น จะได้

$$C_{KVAR} \ = \ kW(\tan \varnothing 1 \ - \ \tan \varnothing 2)$$

กำหนดให้

$C_{kVAR}$ = ขนาดของคาปาซิเตอร์เป็น kVAR

kW = กำลังไฟฟ้าในวงจรเป็น กิโลวัตต์ kW

**ตัวอย่างที่ 2** : โรงงานแห่งหนึ่งมีโหลด 500 kVA และ PF = 0.7 ถ้าต้องการปรับเพาเวอร์แฟคเตอร์เป็น 0.85 จงหาขนาดของคาปาซิเตอร์

kW = 500 . 0.7 = 350 kW

ปัจจุบันมี $PF_{now}$ = 0.7

$\varnothing \ = \ COS^{-1} \ . \ 0.7 \ = \ 45.57°$

ดังนั้น tan45.57° = 1.02

ดังนั้นการปรับค่า $PF_{correction}$ = 0.85

จะได้ tan 31.78° = 0.619

$$C_{KVAR} \ = \ kW \ . \ (\tan \varnothing 1 \ - \ \tan \varnothing 1)$$

## 2.7 พีแอลซี

PLC ย่อมาจากคำว่า "Programmable Logic Controller" เป็นอุปกรณ์ควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ ที่มีหน่วยความจำในการเก็บโปรแกรมสำหรับควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ที่ต่อกับขั้วเข้าและขั้วออกของมัน PLC นี้ยังมีชื่อเรียกอย่างอื่น เช่น PC ซึ่งย่อมาจาก "Programmable Controller" และ SC ซึ่งย่อมาจาก "Sequence Controller" PLC ขนาดเล็กก็อาจเรียกว่าซีเควนเซอร์ (Squencer) พีแอลซี
ถือเป็นอุปกรณ์ควบคุมสำคัญมากตัวหนึ่ง ในการควบคุมเครื่องจักรต่างๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมให้ทำงานแบบอัตโนมัติในระบบ FA (Factory Automation) พีแอลซีจะถูกใช้ ในการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักร ทำให้เครื่องจักร สามารถทำงานได้เองโดยอัตโนมัติเป็นการลดภาระหน้าที่ของคน พีแอลซีนั้นมีทั้งที่มีขนาดใหญ่หรืออาจเป็นระบบควบคุมสายพานลำเลียงในโรงงานจนกระทั่งถึงพีแอลซีขนาดเล็ก ซึ่งใช้ในการควบคุมเครื่องจักรแต่ละเครื่อง

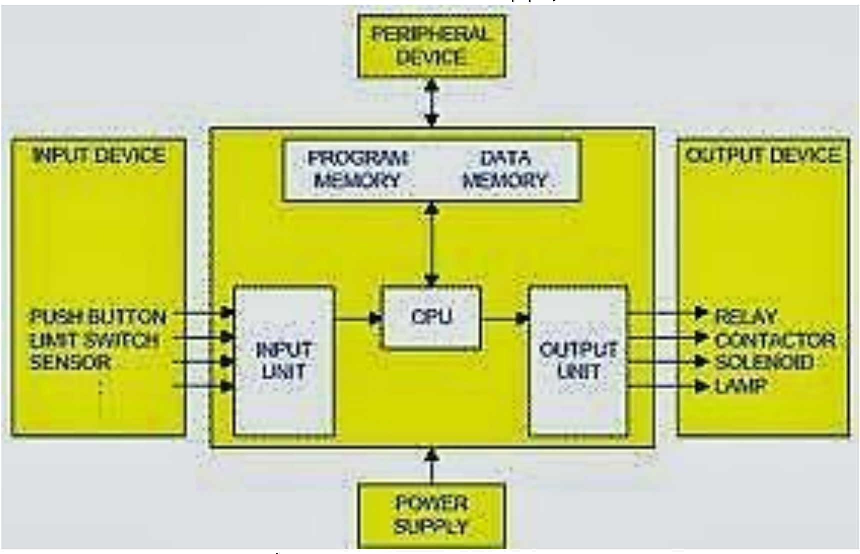
รูปที่ 2.28 พีแอลซี

2.7.1 โครงสร้างของพีแอลซี

โครงสร้างภายในของพีแอลซีแต่ละส่วนนั้นจะประกอบกันทำงานเป็นระบบควบคุมหรือที่เราเรียกว่า พีแอลซี ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ คือ ยูนิตทั้ง 5 ส่วน เมื่อประกอบเข้าด้วยกันแล้ว ก็จะกลายเป็นพีแอลซีชุดหนึ่งที่สามารถทำงานได้

แต่ละยูนิตจะมีหน้าที่และคุณสมบัติ ดังนี้

ก) ซีพียู (CPU; Central Processing Unit)
ข) หน่วยความจำ (Memory Unit)
ค) ภาคอินพุท (Input Unit)
ง) ภาคเอาท์พุท (Output Unit)
จ) ภาคแหล่งจ่ายพลังงาน (Power Supply Unit)




รูปที่ 2.29 โครงสร้างภายในพีแอลซี

1) ซีพียู (CPU; Central Processing Unit)

ซีพียูหรือหน่วยประมวลผลกลาง ทำหน้าที่ประมวลผลกลางจะทำงานตามคำสั่งของส่วนต่างๆ ตามที่ได้รับมา ผลจากการประมวลผลก็จะถูกส่งออกไปยังส่วนต่างๆ ตามที่ได้ระบุไว้ด้วยคำสั่งนั่นเอง ซีพียูจะใช้เวลาในการประมวลผลช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับการเลือกขนาดของซีพียูและ ความยาวของโปรแกรมที่เขียนด้วย

ปกติแล้วซีพียูจะใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ขนาดตั้งแต่ 4 บิต 8 บิต 16 บิต 32 บิต 64 บิต 128 บิต มาทำงานโดยทำให้ซีพียูในแต่ละขนาดก็จะมีความสามารถไม่เท่ากันจึงทำให้พีแอลซีในแต่ละรุ่นแต่ละยี่ห้อนั้น จะมีความสามารถแตกต่างกันนั่นเอง หรือแม้กระทั่งว่าภายในพีแอลซีบางรุ่นจะใช้ไมโครโปรเซสเซอร์มากถึง 2 ตัวมาช่วยกันทำงาน จึงทำให้เวลาปะมวลผลก็จะเร็วกว่าพีแอลซีที่ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์เพียงแค่ตัวเดียว

โดยปกติแล้วในการเลือกใช้งานพีแอลซีนั้น จะเลือกจากการประยุกต์ใช้งานจึงทำให้ ผู้ใช้งาน (User) ไม่รู้ว่าผู้ผลิตใช้ไมโครโปรเซสเซอร์รุ่นหรือเบอร์อะไรในการสร้างเครื่องพีแอลซี เวลาพิจารณาเลือกใช้พีแอลซีซึ่งไม่มีการระบุเบอร์หรือรุ่นของไมโครโปรเซสเซอร์ ดังนั้น ผู้ที่ใช้งานสามารถเลือกจากคุณสมบัติอื่นๆ เช่น จำนวนอินพุท/เอาท์พุท ความเร็วในการประมวลผลของ คำสั่ง ขนาดความจุของโปรแกรมและข้อมูล เป็นต้น

2) หน่วยความจำ (Memory Unit)

หน่วยความจำเป็นอุปกรณ์ที่ใช้เก็บโปรแกรมและข้อมูลต่างๆของพีแอลซี กรณีที่ต้องการสั่งให้พีแอลซีทำงาน (RUN) โดยพีแอลซีจะนำเอาโปรแกรมและข้อมูลในหน่วยความจำมาประมวลผลการทำงาน สำหรับหน่วยความจำที่ใช้งานมีด้วยกัน 2 ชนิด คือ

- หน่วยความจำชั่วคราว (RAM: Random Access Memory)

โปรแกรมและข้อมูลที่ถูกสร้างขึ้นโดยผู้ใช้ก็จะถูกจัดเก็บในส่วนนี้ คุณสมบัติของ RAM นั้นเมื่อไม่มีไฟเลี้ยงจะทำให้โปรแกรมและข้อมูลหายไปทันที ดังนั้นภายในพีแอลซี จะพบว่า มีแบตเตอรี่สำรองข้อมูล (Backup Battery) เอาไวสำรองข้อมูล (Backup Data) กรณีที่ไฟหลัก (Main Power Supply) ไม่จ่ายไฟให้กับพีแอลซีข้อควรระวังคือไม่ควรที่จะถอดแบตเตอรี่สำรอง (Backup Battery) ในกรณีที่ไม่มีไฟจ่ายให้พีแอลซี

- หน่วยความจำถาวร (ROM: Read Only Memory)

เป็นหน่วยความจำอีกชนิดหนึ่งโดยที่ข้อมูลใน ROM นั้นไม่จำเป็นต้องมีแบตเตอรี่ สำรองข้อมูล แต่ก็มีปัญหาเรื่องเวลาในการเข้าถึงข้อมูล (Time Access) ช้ากว่า RAM จึงปรากฏให้ ผู้ใช้เห็นว่า พีแอลซีจะมีหน่วยความจำใช้งานทั้ง RAM และ ROM ร่วมกันอยู่

ROM แบ่งออกเป็น 3 ชนิดดังนี้

- PROM (Programmable ROM)
- EPROM (Erasable Programmable ROM)
- EEPROM (Electrical Erasable Programmable ROM)

- PROM จัดเป็น ROM รุ่นแรก ๆ ที่สามารถเขียนข้อมูลลงชิพได้เพียงครั้งเดียว ถ้าเขียนแล้ว ข้อมูลไม่สมบูรณ์ ชิพก็จะเสียทันที โดยไม่สามารถนำกลับมาเขียนใหม่ได้อีก

- EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory) หน่วยความจำชนิด EPROM นี้ จะต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียนโปรแกรม การลบโปรแกรมทำได้โดยใช้แสงอัลตราไวโอเลต หรือตากแดดร้อน ๆ นาน ๆ มีข้อดีตรงที่โปรแกรมจะไม่สูญหายแม้ไฟดับ จึงเหมาะกับการใช้งานที่ ไม่ต้องการเปลี่ยนโปรแกรม

- EEPROM (Electrical Erasable Programmable Read Only Memory) หน่วยความจำชนิด นี้ไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียน หรือลบโปรแกรม โดยจะใช้วิธีการทางไฟฟ้าเหมือนกับ RAM นอกจากนั้นก็ไม่จำเป็นต้องมีแบตเตอรี่สำรองไฟเมื่อไฟดับซึ่ง EEPROM จะรวมคุณสมบัติที่ดีของทั้ง RAM และ EPROM เอาไว้ด้วยกัน

3) การใช้งานหน่วยความจำในพีแอลซี

- RAM จะใช้เก็บโปรแกรมและข้อมูลที่ทำงานจากการสั่ง RUN/STOP พีแอลซี

- ROM จะใช้เก็บซอฟต์แวร์ระบบ (System Software) และใช้เป็นชุดสำรองโปรแกรมหรือ ข้อมูล (Backup Program and Data) เพื่อป้องกันในกรณีที่โปรแกรมหรือข้อมูลใน RAM หายไป ผู้ใช้สามารถที่จะถ่ายโปรแกรมและข้อมูลเข้าไปที่ RAM ใหม่ได้

4) ภาคอินพุท (Input Unit)

ภาคอินพุตของพีแอลซีจะทำหน้าที่รับสัญญาณอินพุทเข้ามาแล้วแปลงสัญญาณเพื่อที่จะส่งเข้าไปภายในพีแอลซี อุปกรณ์อินพุท (Input Device) ต่าง ๆ ที่จะนำมาต่อกับภาคอินพุทได้นั้น เช่น Relay, Limit Switch, Inverter, Encoder, Temperature Controller, Photoelectric Sensor เพื่อส่งไปยัง CPU เพื่อประมวลผลตามโปรแกรมคำสั่งของผู้ใช้ โดยปกติแล้วหน้าที่ของหน่วยอินพุทคือ

- แปลงระดับสัญญาณเข้าไปให้เป็นระดับสัญญาณที่เหมาะสมให้กับระบบการ ทำงานของ CPU

- แบ่งสัญญาณภายนอกและภายในออกจากกัน (Isolate) เพื่อที่จะต้องการป้องกัน ไม่ให้หน่วยประมวลผลได้รับความเสียหาย

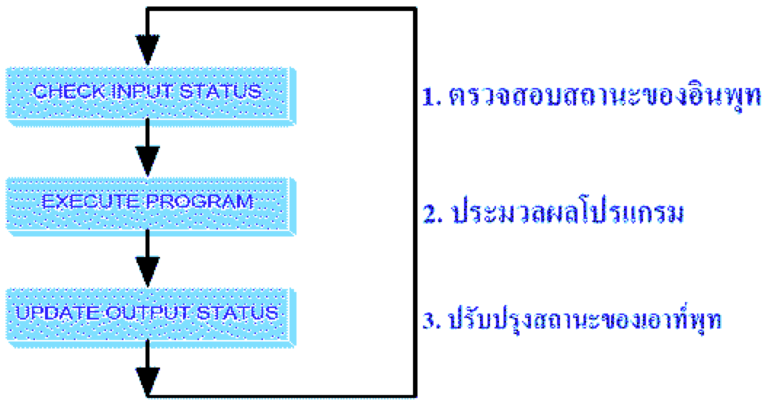
- แก้ปัญหาการสั่นสะเทือนของหน้าสัมผัส

5) ภาคเอาท์พุท (Output Unit)

ภาคเอาท์พุทของพีแอลซีทำหน้าที่ส่งสัญญาณออกไปขับโหลดชนิดต่าง ๆ ตามเงื่อนไขที่ ได้เขียนโปรแกรมเอาไว้ซึ่งหน่วยเอาท์พุททำหน้าที่รับข้อมูลจากตัวประมวลผลแล้วส่งต่อข้อมูลไป ควบคุมอุปกรณ์ภายนอกเช่น ควบคุมหลอดไฟ มอเตอร์ และวาล์ว เป็นต้น

6) การทำงานของพีแอลซี

พีแอลซีส่วนใหญ่จะมีลำดับการทำงานพื้นฐานอยู่ 4 ขั้นตอนและจะทำงานซ้ำๆกันหลายครั้งภายในเวลาหนึ่งวินาที และเมื่อเริ่มต้นจ่ายไฟให้กับพีแอลซี มันจะเริ่มตรวจสอบการทำงานของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์เพื่อที่จะหาข้อบกพร่อง แต่ถ้าไม่มีปัญหาใดๆ มันจะนำเอาข้อมูลในอินพุต (สัญญาณอินพุทต่าง ๆ) เข้ามาเก็บไว้ในหน่วยความจำซึ่งเราจะเรียกว่า สแกนอินพุท (Input Scan) หลังจากนั้นพีแอลซีจะประมวลผลตามโปรแกรมแลดเดอร์ (Ladder Program) โดยจะใช้ข้อมูลจากหน่วยความจำการประมวลผลดังกล่าวนี้เรียกว่า สแกนลอจิก (Logic Scan) ในขณะที่พีแอลซี ประมวลผลตามโปรแกรมแลดเดอร์นั้นค่าเอาท์พุทของโปรแกรมแลดเดอร์ ก็จะเปลี่ยนแปลงไปตาม เงื่อนไขต่าง ๆ ของโปรแกรม แต่การเปลี่ยนแปลงนี้จะอยู่ในหน่วยความจำชั่วคราว (Temporary Memory) เท่านั้น เมื่อการสแกนแลดเดอร์ทำงานเสร็จ แล้วข้อมูลด้าน เอาท์พุทในหน่วยความจำ ชั่วคราวนี้ จะถูกส่งไปที่ยูนิตเอาท์พุททำให้อุปกรณ์ที่ต่ออยู่ ภายนอกทำงานหรือไม่ ทำงานตาม ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผล ซึ่งเรียกว่า สแกนเอาท์พุท (Output Scan) เมื่อสิ้นสุดการสแกน เอาท์พุทพีแอลซีจะกลับไปเริ่มต้นการทำงานใหม่ ซึ่งกระบวนการดังกล่าว นี้จะใช้เวลา 5–10 ms หรือเร็วกว่าขึ้นอยู่ กับความเร็วในการทำงานของ CPU




รูปที่ 2.30 วงรอบการสแกนของ PLC

7) การสแกนอินพุทและเอาท์พุท

เมื่ออินพุทต่าง ๆ ที่ต่อเข้ากับพีแอลซีนั้นจะถูกสแกน มันจะเก็บค่าหรือสถานะต่าง ๆ ไว้ในหน่วยความจำและเมื่อเอาท์พุทที่ต่อกับพีแอลซีถูกสแกนมันก็จะทำการคัดลอก (Copy) ข้อมูลจากหน่วยความจำส่งออกไปให้เอาท์พุท และเมื่อทำการสแกนแลดเดอร์หรือประมวลผลแลดเดอร์ พีแอลซีมันจะใช้ค่าหรือข้อมูลในหน่วยความจำเท่านั้น โดยไม่สนใจค่าหรือข้อมูลจริงของอินพุทและ เอาท์พุทในขณะนั้น ในทำนองเดียวกันถ้าเอาท์พุทต้องเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา เมื่อประมวลผลในแต่ละคำสั่ง ของโปรแกรมแลดเดอร์แทนที่จะประมวลผลให้จบทั้งโปรแกรม มันจะทำให้พีแอลซีทำงานได้ช้ามาก
เพราะต้องคัดลอกข้อมูลไปที่ยูนิตเอาท์พุททุกครั้งที่ค่ามันเปลี่ยนแปลงจากการประมวลผล

สัญญาณอินพุทที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติและหน้าที่ดังนี้

- ทำให้สัญญาณที่เข้าได้ระดับที่เหมาะสมกับพีแอลซี
- การส่งสัญญาณระหว่างอินพุทกับ CPU จะติดต่อกันด้วยลำแสง โดยอาศัย อุปกรณ์ประเภทโฟโตทรานซิสเตอร์ เพื่อต้องการจะแยกสัญญาณ (Isolate) ทางไฟฟ้าให้ออกจากกัน เป็นการป้องกันไม่ให้CPU เสียหายเมื่ออินพุทเกิดลัดวงจร
- หน้าสัมผัสจะต้องไม่สั่นสะเทือน (Contact Chattering) ในส่วนของเอาท์พุทจะทำหน้าที่รับค่าสภาวะที่ไดจากการประมวลผลของ CPU แล้วนำค่า เหล่านี้ไปควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น รีเลย์หรือหลอดไฟ เป็นต้น นอกจากนั้นแล้ว ยังทำหน้าที่แยก สัญญาณของหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ออกจากอุปกรณ์ด้านเอาท์พุท ซึ่งปกติแล้วเอาท์พุทนี้จะสามารถขับโหลดได้ด้วยกระแสไฟฟ้าประมาณ1–2แอมแปร์ แต่ถ้าโหลดนั้นต้องการกระแสไฟฟ้ามากกว่านี้ จะต้องต่อเข้ากับอุปกรณ์ขับอื่นเพื่อขยายให้รับกระแสไฟฟ้ามากขึ้น เช่น รีเลย์ แมกเนติกคอนแทกเตอร์ เป็นต้น

8) การแสดงสถานะของพีแอลซี (PLC Status)

เนื่องจากพีแอลซีมีข้อจำกัดเรื่องอุปกรณ์อินพุทและเอาท์พุท และที่ด้านหน้าของพีแอลซี จะมีไฟแสดงสถานะที่จำกัดเพียงไม่กี่ดวงเท่านั้น เช่น

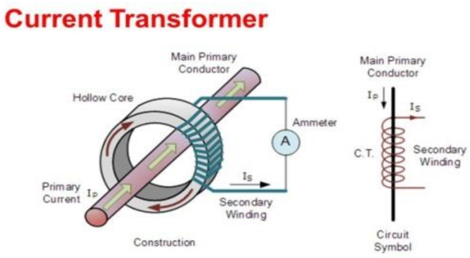
Power : ไฟนี้จะติดตลอดเวลาเมื่อจ่ายไฟให้กับพีแอลซี

Run : ไฟนี้จะใช้แสดงว่าโปรแกรมกำลังทำงานอยู่ หรือไม่

Error : ไฟนี้จะติดเมื่อพีแอลซีพบว่าฮาร์ดแวร์ที่สำคัญหรือโปรแกรมมีข้อบกพร่อง

## 2.8 หม้อแปลงกระแส (Current Transformer : CT)

หม้อแปลงกระแส (Current Transformer : CT) ในแอมมิเตอร์กระแสตรงแบบ Permanent Magnet Moving Coil (PMMC) เมื่อต้องการ ขยายพิสัยวัดจะทำโดยการใช้ชันต์เพื่อแบ่งกระแสที่ต้องการวัดระหว่างเครื่องวัดกับชันต์ วิธีนี้จะ เหมาะสำหรับวงจรกระแสตรง แม้ว่าเมื่อกระแสเพิ่มมากขึ้น กำลังสูญเสียในชันต์จะมีค่ามากในวงจรกระแสสลับ การแบ่งกระแสจะไม่เพียงขึ้นอยู่กับความต้านทานของเครื่องวัดกับชันต์เท่านั้น แต่ยังขึ้นกับค่ารีแอกแตนซ์ของมันด้วย เพราะว่าการวัดกระแสสลับ
อาจกระทำในพิสัยความถี่กว้าง ดังนั้นจะเป็นการยากที่จะได้ความถูกต้องสูง หม้อแปลงกระแสจะทำให้เกิดการขยายพิสัยที่ต้องการ ผ่านอัตราส่วนการแปลง และทำให้เกิดค่าที่อ่านได้เกือบจะเหมือนกัน โดยไม่คำนึงถึงค่าคงที่ (ความ ต้านทาน หรือรีแอกแตนซ์) หรือจำนวนของเครื่องวัด (ภายในขอบเขต) ที่ต่อวงจร




รูปที่ 2.31 หลักการ เบื้องต้นของ Current Transformer

กระแสโหลดที่ต้องการวัด จะไหลผ่านขดปฐมภูมิ ซึ่งอาจจะเป็นลวดตัวนำเส้นเดียว ถือว่าเป็นหนึ่งรอบทางปฐมภูมิ ขดลวดทุติยภูมิจะมีจำนวนรอบมากกว่าและจะต่อกับมิเตอร์วัดกระแส ขดลวดของรีเลย์หรือขดลวดของวัตต์มิเตอร์ การทำงานของหม้อแปลงกระแสจะขึ้นอยู่กับสมดุลของค่าแอมแปร์-รอบที่สร้างขึ้นโดยขดปฐมภูมิและทุติยภูมิ ถ้าหม้อแปลงเป็นอุดมคติ คือ ไม่มีกระแสทำแม่เหล็ก (MagnetizingCurrent) หรือความสูญเสียในแกน จะได้

$$n_{ct} = \frac{I_p}{I_s} = \frac{N_s}{N_p}$$

โดยที่

nct คือ อัตราส่วนรอบของหม้อแปลงกระแส
Ip คือ กระแสไฟฟ้าด้านปฐมภูมิ
Is คือ กระแสไฟฟ้าด้านทุติยภูมิ
Np คือ จำนวนรอบขดลวดด้านปฐมภูมิ
Ns คือ จำนวนรอบขดลวดด้านทุติยภูมิ

การออกแบบโดยกำหนดอัตราส่วนของหม้อแปลง เช่น 500/5 A แสดงว่า กระแสปฐมภูมิ 500 A จะให้กระแสทุติยภูมิ 5 A เพื่อต่อขดทุติยภูมิเข้ากับแอมมิเตอร์พิสัย 5A เพราะว่าโหลดในระบบจะกำหนดกระแสปฐมภูมิ กระแสทุติยภูมิจะสัมพันธ์กับกระแสปฐมภูมิ โดย อัตราส่วนรอบผกผัน (โดยประมาณ)ในการสร้างจะต้องทำให้กระแสทำแม่เหล็กความสูญเสียในแกนและเส้นแรงรั่วซึมน้อยที่สุด เพื่อจะแน่ใจว่า อัตราส่วนกระแสปฐมภูมิต่อทุติยภูมิจริง ๆ จะเข้าใกล้อัตราส่วนรอบผกผัน จะมีความผิดพลาดที่สำคัญในหม้อแปลงกระแสคือ ความผิดพลาดของ กระแส หรืออัตราส่วนกับความผิดพลาดมุมเฟส (Current or Ratio Error) มีการนิยามว่าเท่ากับ

$$\frac{(I_p/I_s)1-(I_p/I_s)2}{(I_p/I_s)\,2}\times 100\%$$

โดยที่

$(I_p/I_s)1$ คือ อัตราส่วนตามพิกัด

$(I_p/I_s)2$ คือ อัตราส่วนจริง

ความผิดพลาดมุมเฟส คือ มุมเฟสระหว่างเวกเตอร์ของกระแสปฐมภูมิกับเวกเตอร์ของกระแสทุติยภูมิที่กลับทิศ สำหรับหม้อแปลงที่สมบูรณ์ ค่ามุมเฟสนี้จะเป็น 0 ค่าความผิดพลาด เหล่านี้ จะกำหนดโดยเทียบกับโหลดที่ต่ออยู่กับขดทุติยภูมิโดยเฉพาะค่าหนึ่ง เรียกว่า เบอร์เดน (Burden) ของหม้อแปลง
และกำหนดเบอร์เดนนี้โดยกำลังปรากฏ (VA) ที่ใช้ไปในโหลดภายใต้ ความถี่ และกระแสทุติยภูมิที่กำหนด และโดยตัวประกอบกำลัง (Power Factor)

**2.9** Power supplies

**Power supplies มีด้วยกัน 4 ชนิด**

**2.9.1 Unregulated (หรือเรียกอีกอย่างว่า brute force)**

รูปที่ 2.32 Unregulated power supply

Unregulated power supply นั้นเป็นแบบธรรมดา ซึ่งประกอบไปด้วย transformer,rectifier และ low-pass filter โดยทั่วไป power supplies ชนิดนี้ จะจ่ายค่า voltage ไม่คงที่ และยังมีสัญญาณ AC มารบกวนในขณะที่จ่ายไฟ DC ถ้าค่าอินพุท voltage ไม่คงที่ ก็จะทำให้ค่าเอาท์พุทvoltage ที่จ่ายออกมาไม่คงที่ไปด้วย

ข้อดีของ unregulated supply ก็คือ ราคาถูก ใช้งานง่าย และมีประสิทธิภาพ

**2.9.2. Linear regulated**

รูปที่ 2.33 Linear regulated supply

Linear regulated supply ก็คือ unregulated power supply ตามด้วยวงจรทรานซิสเตอร์ที่ทำงานในโหมด "active" หรือ "linear" ด้วยเหตุนี้จึงได้ชื่อว่า linear regulator โดยทั่วไป linearregulator ถูกออกแบบมาให้จ่ายค่า voltage ตามที่กำหนดสำหรับ input voltages ย่านกว้าง และมันจะลดค่า input

voltage ที่เกินมาเพื่อให้สามารถจ่ายค่า output voltage สูงสุดให้แก่โหลด ผลจากการลดค่า input voltage ที่เกินมา แสดงออกมาในรูปของความร้อน แต่ถ้า input voltage ลดต่ำลง จะทำให้วงจรทรานซิสเตอร์สูญเสียการควบคุม นั้นหมายถึงว่ามันไม่สามารถรักษาระดับ voltage มันทำได้เพียงแค่ลดค่า voltage ที่เกินมาเท่านั้น ไม่ออกแบบมาเพื่อแก้ปัญหาเรื่องการลดลงของ voltage ที่มาจากภาค brute force ของวงจร เพราะฉะนั้นท่านต้องรักษาระดับของ input voltage ให้สูงกว่า output ที่ต้องการอย่างน้อย 1 ถึง 3 volts ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของ regulator นั้นหมายถึงว่าพลังงานได้จากวงจร regulator จะมีค่าเท่ากับ อย่างน้อย 1 ถึง 3 volts คูณกับกระแสของโหลดทั้งหมด และปลดปล่อยความร้อนออกมามาก จากสาเหตุนี้ทำให้ regulated power supplies ไม่ค่อยมีประสิทธิภาพ และจากการที่ต้องระบายความร้อยที่เกิดขึ้นทำให้มันต้องใช้ตัวระบายความร้อนขนาดใหญ่ส่งผลให้มันมีขนาดใหญ่หนัก และ ราคาแพง

**2.9.3. Switching**

รูปที่ 2.34 Switching regulated power supply

Switching regulated power supply ("switcher") เกิดจากความพยายามรวมข้อดีของการออกแบบทั้ง brute force and linear regulated power supplies ( เล็ก , มีประสิทธิภาพ , และถูก อีกทั้งยัง "สะอาด", voltage ที่จ่ายออกมาก็คงที่ ) การทำงาน ของ switching power supplies ใช้วิธีการปรับค่าของ AC power line voltage ที่เข้ามาให้เป็น DC แล้วเปลี่ยนมันให้เป็น square-wave AC ที่มีความถี่สูง โดยผ่าน transistors ที่ทำงานเหมือนสวิทช์เปิด-ปิด แล้วปรับค่า AC voltage ขึ้น-ลง โดยใช้ lightweight transformer จากนั้นเปลี่ยนค่า AC output ให้เป็น DC แล้วกรองสัญญาณก่อนจ่ายค่าออกไป การปรับค่า voltage ทำได้โดยการปรับที่ หม้อแปลงด้าน primary เพื่อเปลี่ยน duty-cycle ของ DC-to-AC inversion เหตุผลที่ switching power supplies มีน้ำหนักเบากว่าแบบอื่นเนื่องมาจาก
แกนหม้อแลงมีขนาดเล็กเกินไป

ข้อดี ของ Switching power supplies ที่ทำให้มันเหนือกว่า 2 แบบแรกคือ power supply แบบนี้สามารถใช้ได้กับระบบไฟฟ้าทุกแบบที่มีในโลกนี้ ด้วยเหตุนี้มันจึงถูกเรียกว่า "universal" powersupplies.

ข้อเสีย ของ switching power supplies คือมันค่อนข้างซับซ้อนมากกว่า และ ดูจากการทำงานของมันจะเห็นว่ามันจะทำให้เกิดสัญญาณรบกวน AC ที่มีความถี่สูงกับสายไฟมาก Switching power supplies ส่วนใหญ่เวลาจ่ายค่าออกมาก็มี voltage ไม่คงที่เช่นกัน Switching power supplies ที่มีราคาถูกนั้นก็มีสัญญาณรบกวนและค่าไม่นิ่ง แย่พอๆ กับ unregulated power supply ถ้าพูดถึงพวก low-end switching power supplies แล้วก็ไม่ถึงกับไม่มีค่า เพราะมันก็ยังสามารถให้ output voltage สำหรับ Swithching power supplies ที่มีราคาแพงนั้น ไฟที่จ่ายออกมาจะนิ่งและ มีสัญญาณรบกวนน้อยพอๆกับแบบ linear ราคาก็แพงใกล้เคียงกับ linear supplies เหตุผลในการเลือกใช้ switching power supplies ที่มีราคาแพง แทนที่จะใช้ linear power supplies ที่ดีๆ ก็คือในกรณีที่ต้องการใช้กับ universal power system หรือต้องการประสิทธิภาพสูง น้ำหนักเบา และ ขนาดที่เล็กคือ เหตุผลที่ switching power supplies ถูกใช้อย่างกว้างขวางในพวกวงจรคอมพิวเตอร์ที่เป็นดิจิตอล

### 2.9.4. Rippleregulated

รูปที่ 2.35 **Rippleregulated**

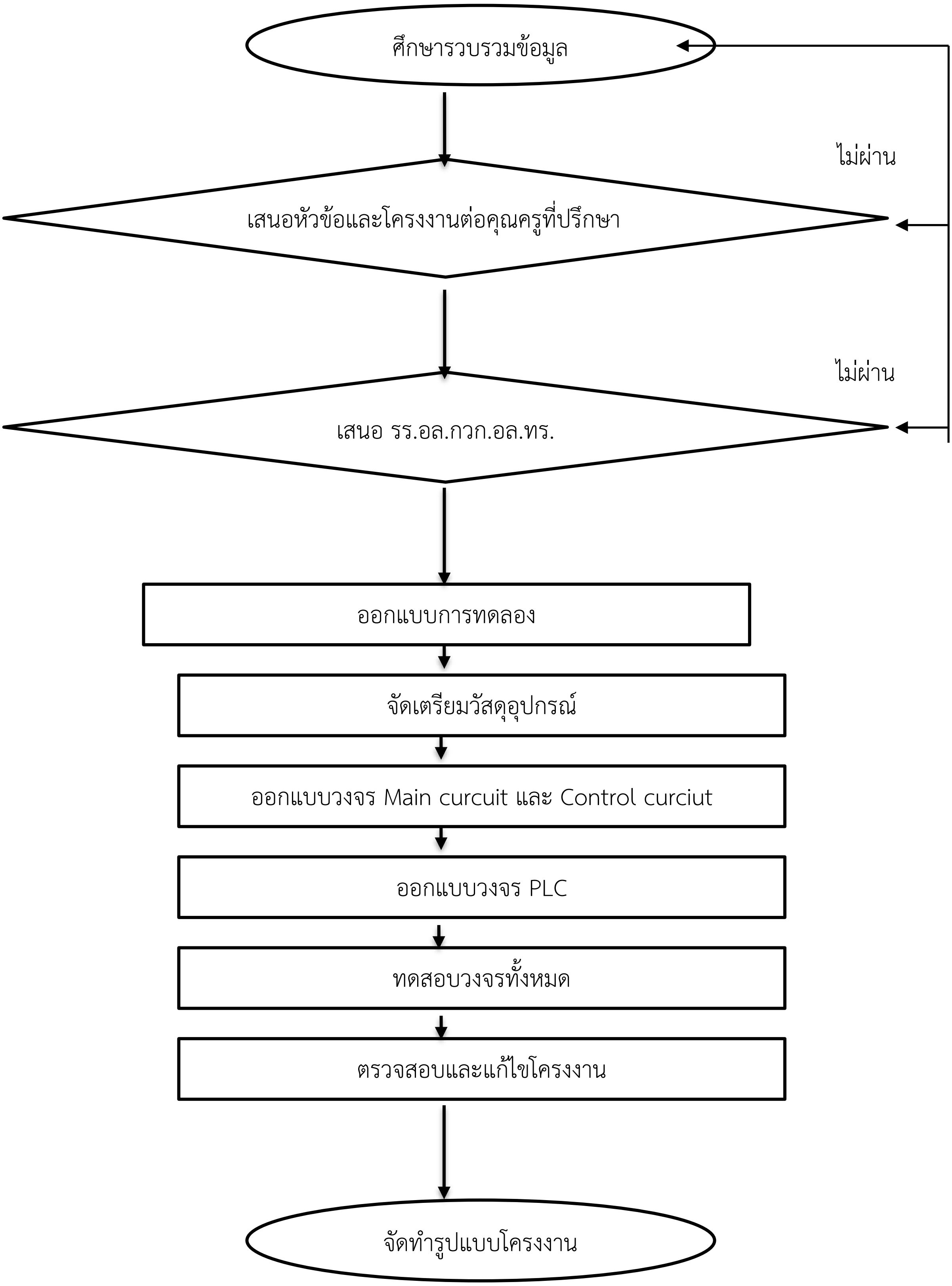
เป็นการผสมผสานกันระหว่าง "brute force" กับ "switching" โดยรวมเอาข้อดีของทั้งสองแบบไว้ในตัวมันเอง Ripple-regulated power supply เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการออกแบบวงจร linear regulated: "brute force" power supply (transformer, rectifier, and filter) ประกอบไปด้วย ส่วนหน้าของวงจร แต่ทรานซิสเตอร์ก็ทำงานในโหมด on/off (saturation/cutoff) โดยทำหน้าที่ส่งผ่าน DC power ไปยัง คาปาซิสเตอร์ขนาดใหญ่ เพื่อรักษาระดับ output voltage ให้อยู่ในช่วงสูง และต่ำของค่าที่กำหนด เช่นเดียวกับใน switching power supply เมื่ออยู่ในโหมด "active" หรือ "linear" ทรานซิสเตอร์ ที่อยู่ใน ripple regulator นั้นไม่ยอมให้กระแสผ่านไปได้ หมายความว่าจะมีพลังงานเพียงเล็กน้อยที่จะสูญเสียออกมาในรูปของความร้อน อย่างไรก็ตามอุปสรรคที่ใหญ่ที่สุดของวงจร Regulation คือ การกระเพื่อมของ voltage ที่จ่ายออกไปซึ่งหลีกเลี่ยงไม่ได้

เช่น DC voltage ผันผวนระหว่างค่า voltage ที่ตั้งไว้สองค่า รวมถึงการกระเพื่อมของ voltage ที่แปรผันไปตามความถี่ของ กระแสของโหลด ซึ่งจะส่งผลให้การกรองสัญญาณ DC power เป็นไปได้ยาก

วงจร Ripple regulator เมื่อเทียบกับวงจร switcher แล้วจะดูไม่ซับซ้อนเท่า และไม่มีความจำเป็นจะต้องรองรับ voltage สูงๆจาก powerline เหมือนกับที่ทรานซิสเตอร์ของ switcher ต้องรองรับ นี้ทำให้มันปลอดภัยในการใช้งาน

# บทที่ 3
# วิธีการดำเนินงาน

**3.1 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงาน**



## 3.2 แผนการดำเนินงาน

| แผนดำเนินงานจัดทำโครงงานฯ | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| รายการปฏิบัติ | ม.ค. 61 | | | | ก.พ. 61 | | | | มี.ค. 61 | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| ขอครู เป็นที่ปรึกษาประจำกลุ่ม | ↔ | | | | | | | | | | | |
| ค้นคว้าหาข้อมูล | ↔ | | | | | | | | | | | |
| เสนอชื่อโครงงานกับครูที่ปรึกษา | ↔ | | | | | | | | | | | |
| กลั่นกรองโครงงาน | ↔ | | | | | | | | | | | |
| เสนอรายการอุปกรณ์ | | ↔ | | | | | | | | | | |
| ขออนุมัติจัดทำโครงงาน | | ↔ | | | | | | | | | | |
| จัดทำโครงงาน | | | ↔ | ↔ | ↔ | ↔ | ↔ | ↔ | | | | |
| จัดทำเอกสารโครงงาน | | | ↔ | ↔ | ↔ | ↔ | ↔ | ↔ | | | | |
| นำเสนอโครงงาน ครั้งที่ 1 | | | | | | | | | ↔ | | | |
| นำเสนอโครงงาน ครั้งที่ 2 | | | | | | | | | | | ↔ | |
| ส่งโครงงาน - เอกสารโครงงาน | | | | | | | | | | | ↔ | |
| จัดนิทัศการโครงงาน | | | | | | | | | | | | ↔ |

ตารางที่ 3.1 แผนการดำเนินงาน

## 3.3 วัสดุและอุปกรณ์

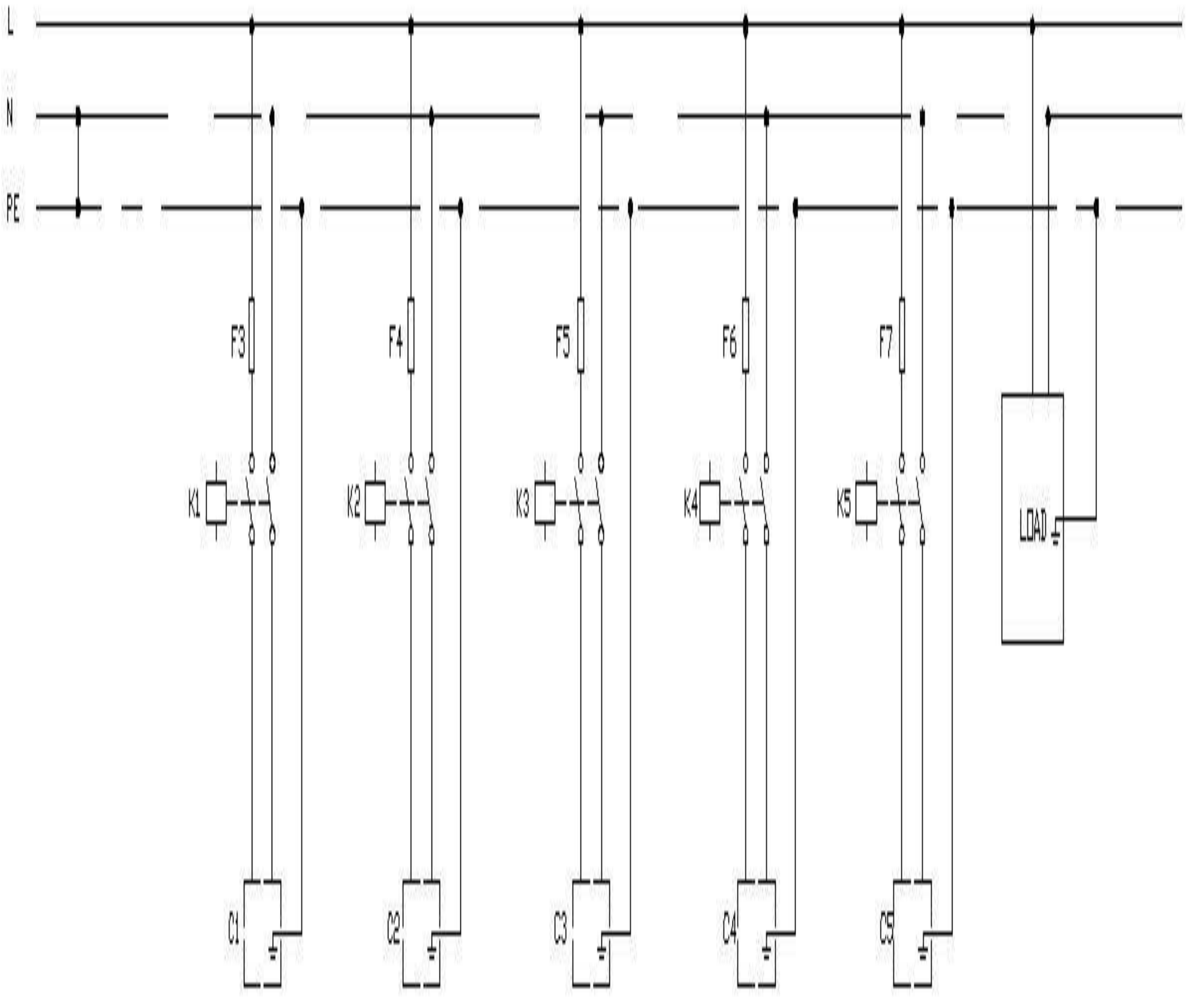
| ลำดับที่ | รายการ | จำนวน | หน่วย | ราคา/หน่วย | รวม(บาท) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Capaciter 220v 50 Hz 4.5 µF | 5 | ตัว | 30 | 150.00 |
| 2 | Capaciter 220v 50 Hz 2.5 µF | 5 | ตัว | 20 | 100.00 |
| 3 | Magnetic coil 380V 50 Hz 20 A | 5 | ตัว | 500 | 2,500 |
| 4 | Auxivity relay 220V 50 Hz 4NC 4NC | 9 | ตัว | 30 | 270.00 |
| 5 | Push button switch 220V 50 Hz 2NO 2NC | 5 | ตัว | 45 | 225.00 |
| 6 | Selector Switch 220V 50Hz | 1 | ตัว | 150 | 150.00 |
| 7 | สาย VCT 2x1.5 sq.mm. | 15 | เมตร | 26 | 390.00 |
| 8 | สาย VSF 1x1 sq.mm. | 50 | เมตร | 7 | 350.00 |
| 9 | หางปลาแบบแฉกขนาด 1 mm. | 200 | ตัว | 0.5 | 100.00 |
| 10 | เซฟตี่เซอร์กิตเบรกเกอร์ 220V. 50 Hz 1 P 10 A พร้อมกล่อง | 1 | ชุด | 145 | 145.00 |
| 11 | ตู้ mian switch board 40x57x20 cm. | 1 | ตู้ | 500 | 500.00 |
| 12 | Pilot lamp 220v 50Hz (Red,Blue,Green,Yellow,White) | 5 | หลอด | 130 | 650.00 |
| 13 | AC80-260V LCD Digital Volt Watt Current Power Meter | 1 | ชุด | 600 | 600.00 |
| 14 | FUSE SWITCHES 220V 50Hz 2A (มีไฟแสดงสถานะ) | 1 | ชุด | 300 | 300.00 |
| 15 | Terminal 40 A 10 ช่อง | 1 | ตัว | 80 | 80.00 |
| | รวม | | | | 6,510 |
| | VAT 7% | | | | 455.70 |
| | รวมเป็นเงิน | | | | 6,965.7 |

ตารางที่ 3.2 วัสดุและอุปกรณ์

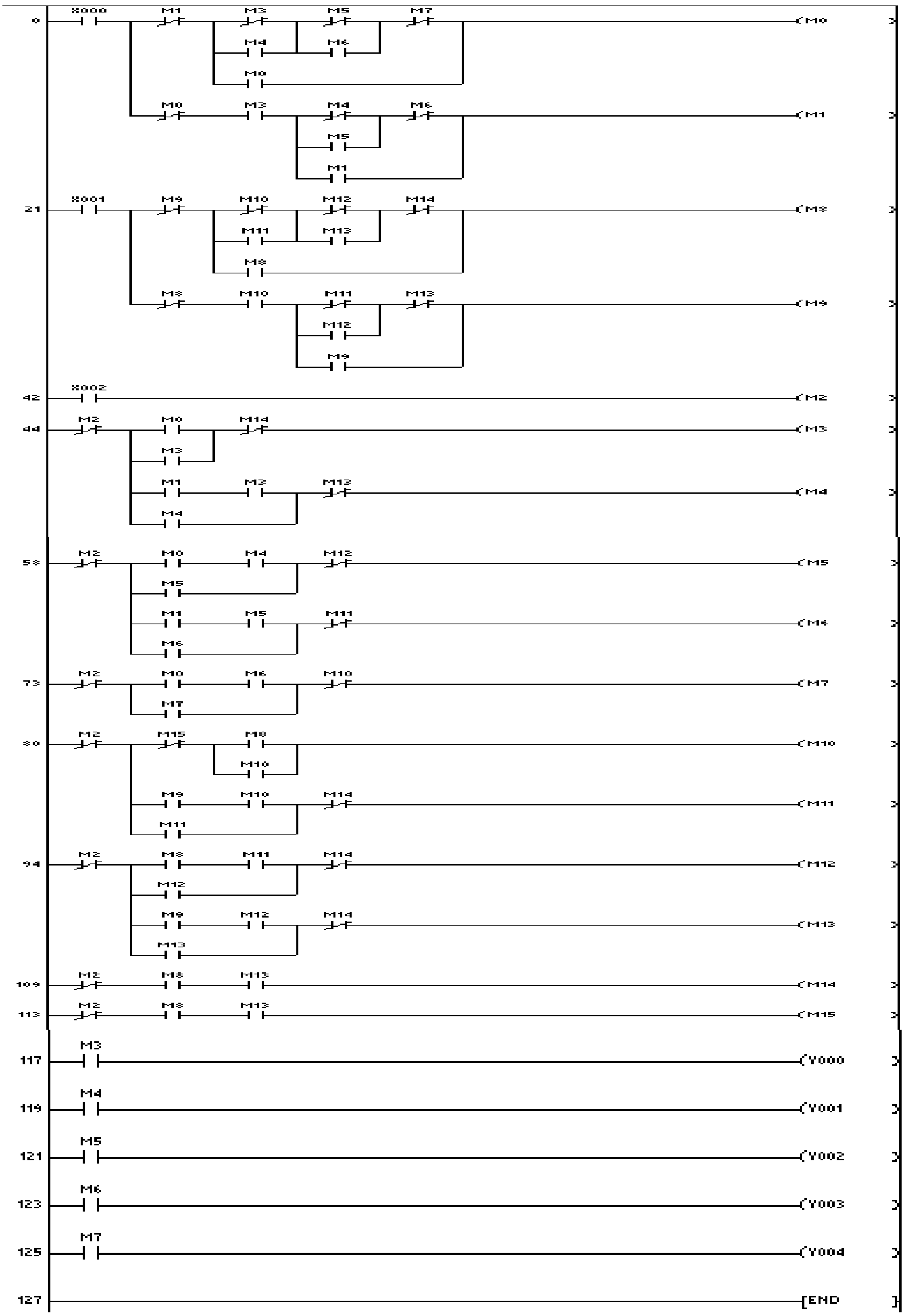
## 3.4 ขั้นตอนดำเนินงาน

3.4.1 การต่อวงจร

วงจร Main circuit

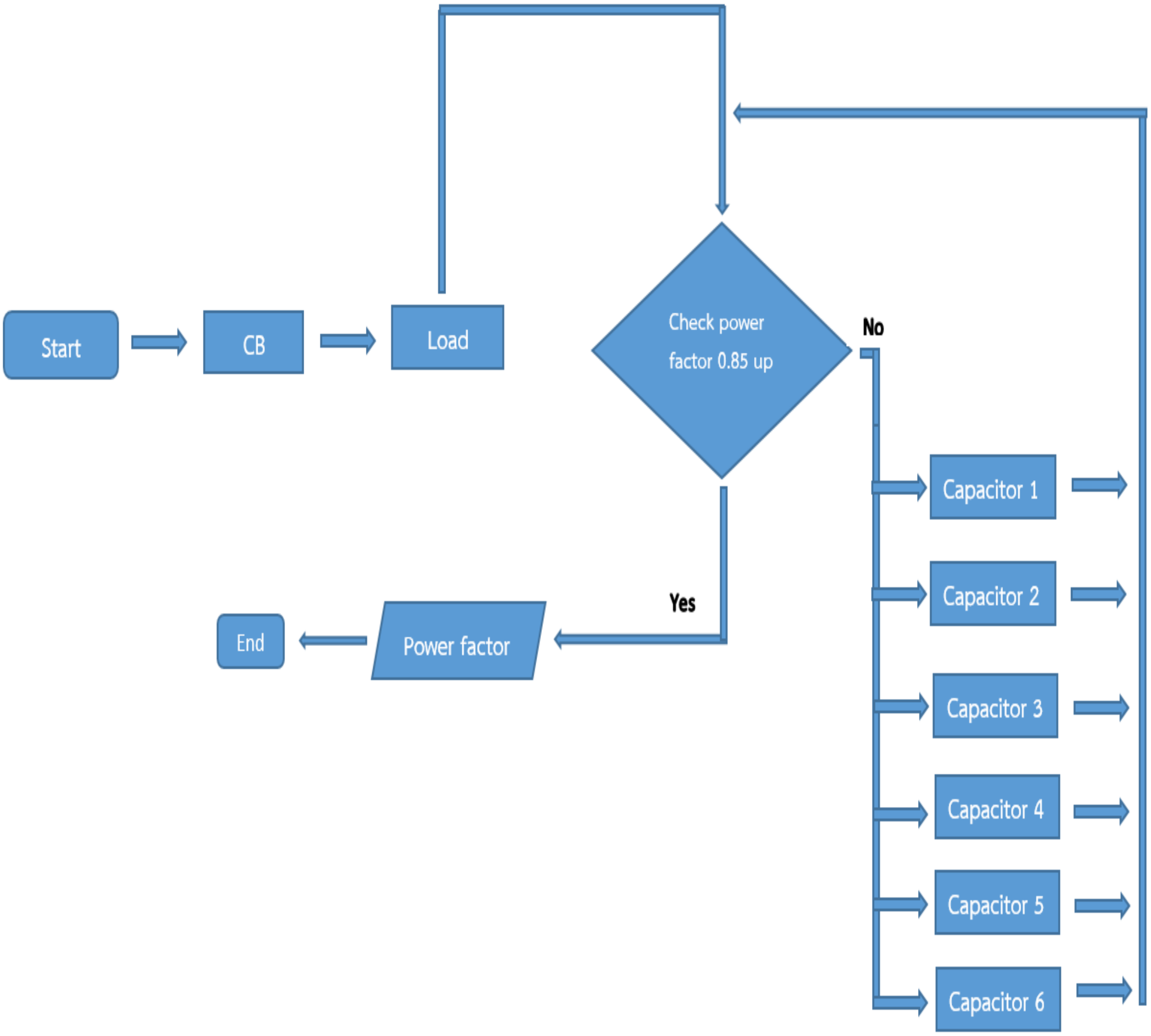


วงจร PLC

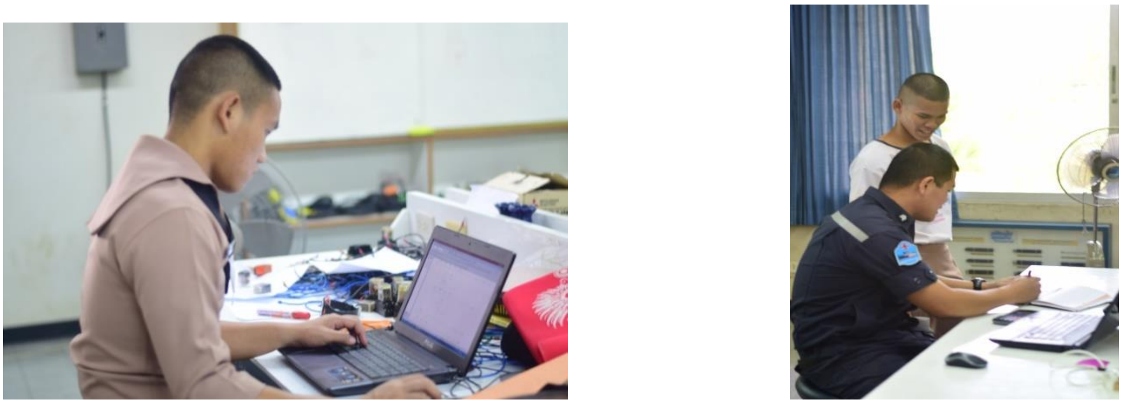

X000
X001
X002
M0
M1
M2
M3
M4
M5
M6
M7
M8
M9
M10
M11
M12
M13
M14
M15
Y000
Y001
Y002
Y003
Y004
END
0
21
42
44
58
73
80
94
109
113
117
119
121
123
125
127

3.4.2 ขั้นตอนการทำงานของอุปกรณ์

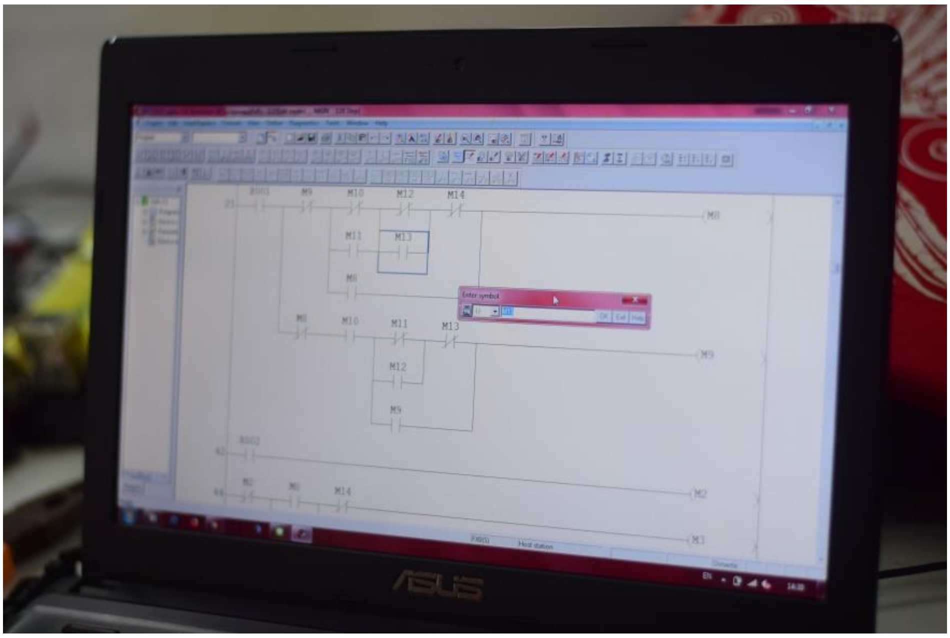
Block diagram



1. เขียนโปรแกรมควบคุม



รูปที่ 3.1 เขียนวงจรพีแอลซี



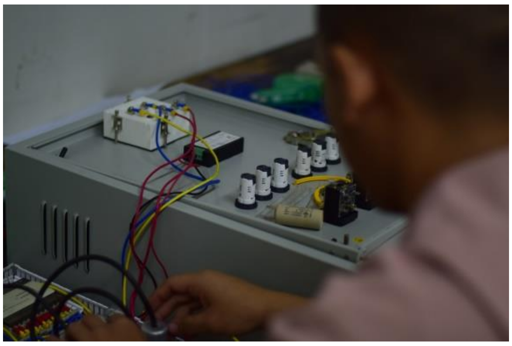
รูปที่ 3.2 การเขียน Ladder Diagram

2. วัดขนาดแบบจำลอง

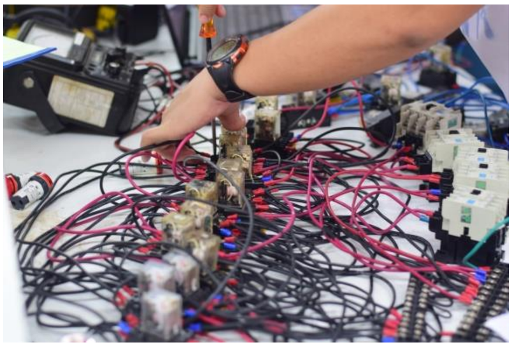
รูปที่ 3.3 วัดขนาดไม้อัด

รูปที่ 3.4 วัดขนาดตู้คอนโทรล

3. วัดสายไฟให้เข้ากับชิ้นงาน



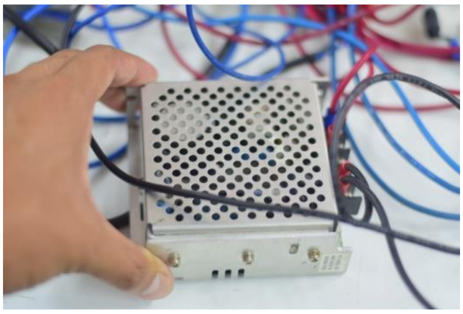
รูปที่ 3.5 วัดสายไฟ



รูปที่ 3.6 ตัดสายไฟ

4. ตรวจสอบอุปกรณ์

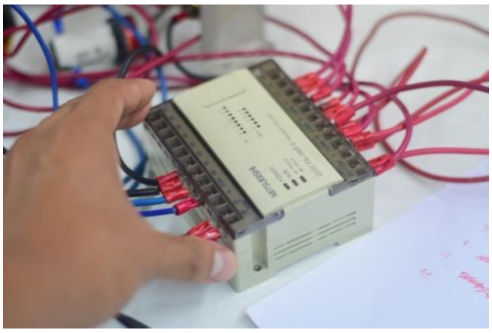
รูปที่ 3.7 เช็ค Push button switch



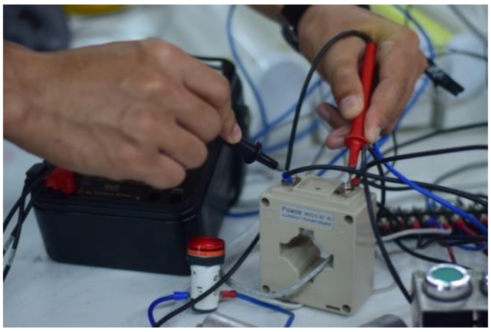
รูปที่ 3.8 เช็ค Power supplies

รูปที่ 3.9 เช็คขนาดคาปาซิเตอร์

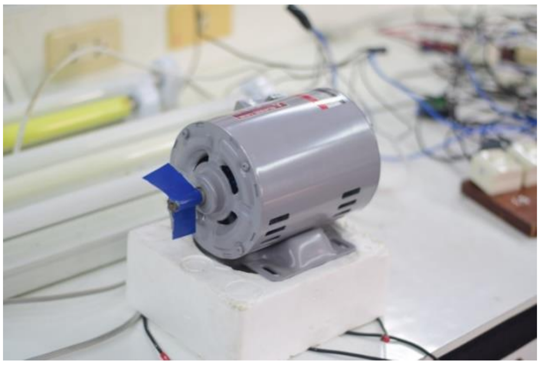
รูปที่ 3.10 เช็คหลอดฟลูออเรนซ์เซนต์



รูปที่ 3.11 เช็คพีแอลซี

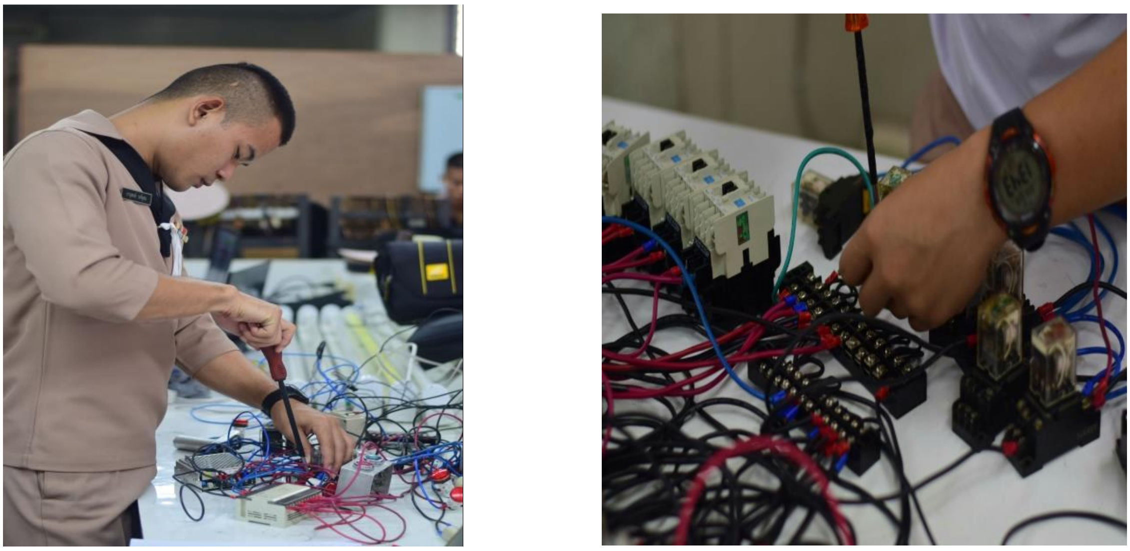


รูปที่ 3.12 เช็คหม้อแปลงกระแส



รูปที่ 3.13 ทดสอบมอเตอร์

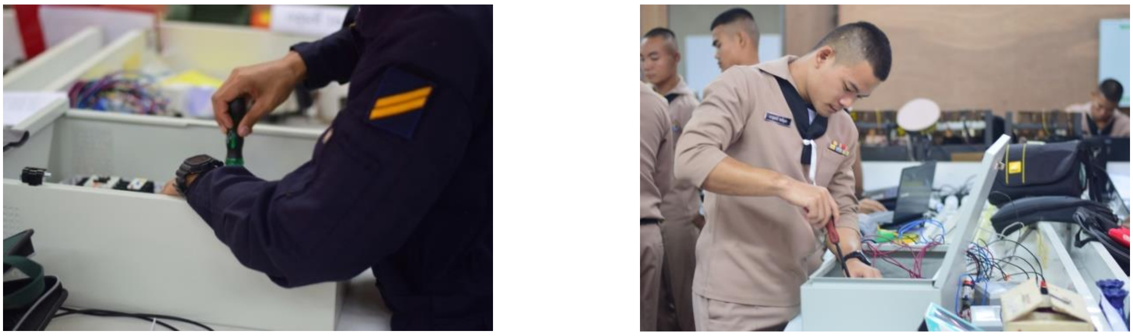
5. ต่อสายเข้ากับชิ้นงาน



รูปที่ 3.14  ต่อวงจรคอนโทรล

รูปที่ 3.15  ทดลองวงจรคอนโทรล

6. ประกอบวงจรภายในตู้

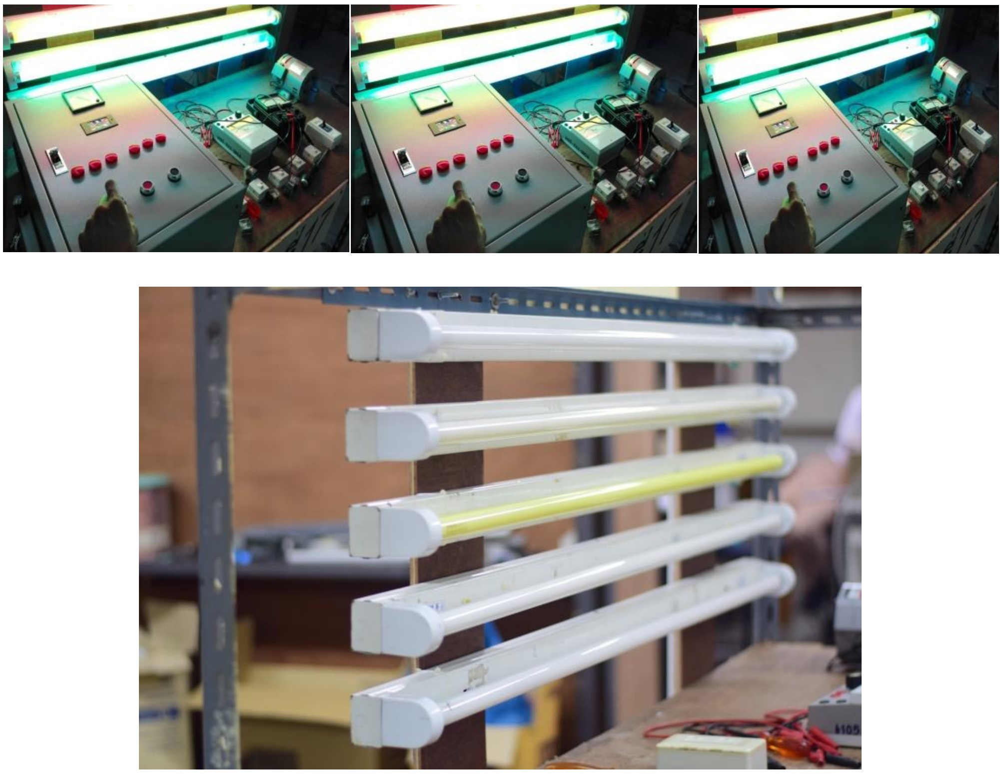


รูปที่ 3.16  นำวงจรคอนโทรลเข้าตู้

รูปที่ 3.17  ต่อวงจรเข้ากับหน้าตู้

7. ทดลองวงจร

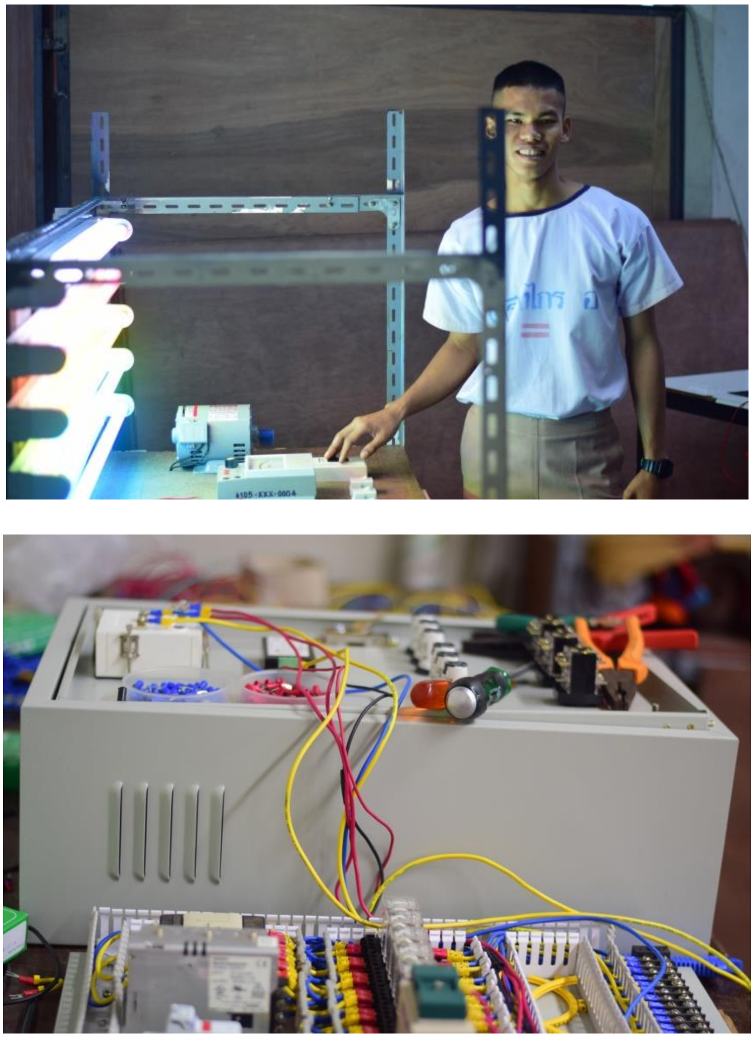
รูปที่ 3.18 ทดลองวงจรภายในตู้คอนโทรล



รูปที่ 3.19 ทดลองวงจรทั้งหมด

8. ประกอบโมเดลการทดลอง

รูปที่ 3.20 ประกอบส่วนต่างๆ เข้ากับโมเดล



รูปที่ 3.21 ตรวจสอบแก้ไขการทำการของวงจร

# บทที่ 4
# ผลการดำเนินงาน

จากอุปกรณ์การทดลองที่ได้คิดค้นขึ้นเรานำมาทดลองกับอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในอาคาร 2 ชนิด คือมอเตอร์ Split phase start (Single phase) No load และ หลอดฟลูออเรสเซนต์ 5 หลอด

**4.1 ผลการทดลอง**

**ตาราง 4.1.1 ทดสอบ มอเตอร์ Split phase start (Single phase) No load 1 วัน**

| มอเตอร์ | ก่อนติดตั้ง | หลังติดตั้ง | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ขนาด C | 0μF | 1.5μF | 1.5μF | 1.5μF | 3μF | 3μF | 4.5μF | 4.5μF | 4.5μF | 4.5μF | 1.5μF | 15μF |
| ขนาดรวม | 0μF | 1.5μF | 3μF | 4.5μF | 7.5μF | 10.5μF | 15μF | 19.5μF | 24μF | 28.5μF | 30μF | 45μF |
| กระแส (Amp) | 2.41 | 2.34 | 2.22 | 2.13 | 1.92 | 1.73 | 1.41 | 1.1 | 0.86 | 0.62 | 0.91 | 0.94 |
| CosØ | <0.38 | <0.38 | <0.38 | <0.38 | 0.38 | 0.45 | 0.56 | 0.67 | 0.77 | 0.87 | 0.9 | -0.8 |
| โวลต์ (Volt) | 220 | 219.9 | 219.5 | 219.9 | 220 | 219.7 | 220 | 220.1 | 220.3 | 220.45 | 221.3 | 220 |
| Watt | 530.18 | 514.55 | 487.27 | 468.37 | 422.39 | 380.06 | 310.18 | 242.09 | 189.44 | 118.91 | 201.35 | 90.19 |

**ตาราง 4.1.2 ทดสอบ หลอดฟลูออเรสเซนต์ 5 หลอด ขนาด 36-40 วัตต์ 1 วัน**

| หลอด | ก่อนติดตั้ง | หลังติดตั้ง | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ขนาด C | 0µF | 1.5µF | 1.5µF | 1.5µF | 3µF | 3µF | 4.5µF | 4.5µF | 4.5µF | 4.5µF | 1.5µF | 15µF |
| ขนาดรวม | 0µF | 1.5µF | 3µF | 4.5µF | 7.5µF | 10.5µF | 15µF | 19.5µF | 24µF | 28.5µF | 30µF | 45µF |
| กระแส | 1.98 | 1.93 | 1.84 | 1.77 | 1.62 | 1.46 | 1.31 | 1.17 | 1.11 | 1.11 | 1.11 | 1.73 |
| CosØ | <0.57 | <0.59 | <0.61 | <0.64 | 0.70 | 0.78 | 0.87 | 0.95 | 0.99 | 1.01 | 1.10 | 1.80 |
| โวลต์ | 221.2 | 220 | 221.5 | 221.5 | 221.8 | 220.7 | 221.5 | 220 | 220.4 | 221.2 | 220 | 220 |
| Watt | 249.65 | 250.51 | 248.61 | 250.92 | 251.52 | 251.33 | 252.44 | 244.53 | 242.20 | 247.99 | 268.62 | 685.08 |

### 4.2 การวิเคราะห์หรือวิจารณ์ผลการทดลอง

4.2.1 ผลการทดสอบ มอเตอร์ Split phase start (Single phase) No load 1 วัน ได้ผลดังนี้

**ก่อนติดตั้ง**

จากตารางเก็บข้อมูลหลังการติดตั้งพบว่า Power factor <0.38 เป็นค่าที่สามารถทำให้กระแสอยู่ในเกณฑ์มากที่สุดจึงนำมาคิดคำนวณหาค่าไฟฟ้า

$$\text{Unit} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้า}(Watt)}{1000} \times \text{ชั่วโมงทำงาน} \times \text{จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้า}$$

$$= \frac{530.18}{1000} \times 24 \times 1$$

= 12.72 หน่วย

หรือ ประมาณเดือนละ 30 x 12.72 = 381.6 หน่วย

ดั้งนั้นเสียค่าไฟฟ้าต่อเดือน เท่ากับ 381.6 x 1.8632 = 710.99 บาท ค่าไฟฟ้าหน่วยละ 1.8632

**หลังติดตั้ง**

จากตารางเก็บข้อมูลก่อนการติดตั้งและหลังติดตั้งพบว่า Power factor 0.87 เป็นค่าที่สามารถทำให้กระแสอยู่ในเกณฑ์น้อยที่สุดจึงนำมาคิดคำนวณหาค่าไฟฟ้า

$$\text{Unit} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้า}\ (Watt)}{1000} \times \text{ชั่วโมงทำงาน} \times \text{จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้า}$$

$$= \frac{118.91}{1000} \times 24 \times 1 = 2.853\text{หน่วย}$$

หรือ ประมาณเดือนละ 30 x 2.853 = 85.59 หน่วย

ดั้งนั้นเสียค่าไฟฟ้าต่อเดือน เท่ากับ 85.59 x 1.8632 = 159.47 บาท

*ค่าไฟฟ้าหน่วยละ 1.8632

ความต่างระหว่างก่อนติดตั้งและหลังติดตั้ง = ก่อนติดตั้ง – หลังติดตั้ง

= 710.99 - 159.47 บาท

= 551.52 บาท

คิดเป็นค่าไฟฟ้าต่อปี = ความต่างระหว่างก่อนติดตั้งและหลังติดตั้ง x 12 เดือน

= 551.52 X 12

= 6618.24 บาท

4.2.2 ผลการทดสอบ หลอดฟลูออเรสเซนต์ 5 หลอด ขนาด 36-40 วัตต์ 1 วัน ได้ผลดังนี้

**ก่อนติดตั้ง**

จากตารางเก็บข้อมูลหลังการติดตั้งพบว่า Power factor <0.57 เป็นค่าที่สามารถทำให้กระแสอยู่ในเกณฑ์มากที่สุดจึงนำมาคิดคำนวณหาค่าไฟฟ้า

$$\text{Unit} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้า}(Watt)}{\mathbf{1000}} \times \text{ชั่วโมงทำงาน} \times \text{จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้า}$$

$$= \frac{\mathbf{249.65}}{\mathbf{1000}} \times 24 \times 1$$

= 5.99 หน่วย

หรือ ประมาณเดือนละ 30 x 5.99 = 179.7 หน่วย

ดังนั้นเสียค่าไฟฟ้าต่อเดือน เท่ากับ 179.7 x 1.8632 = 334.88 บาท

*ค่าไฟฟ้าหน่วยละ 1.8632

**หลังติดตั้ง**

จากตารางเก็บข้อมูลก่อนการติดตั้งและหลังติดตั้งพบว่า Power factor 0.99 เป็นค่าที่สามารถทำให้กระแสอยู่ในเกณฑ์น้อยที่สุดจึงนำมาคิดคำนวณหาค่าไฟฟ้า

$$\text{Unit} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้า } (Watt)}{\mathbf{1000}} \times \text{ชั่วโมงทำงาน} \times \text{จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้า}$$

$$= \frac{\mathbf{242.20}}{\mathbf{1000}} \times 24 \times 1$$

= 5.8 หน่วย หรือ ประมาณเดือนละ 30 x 5.8 = 174 หน่วย

ดั้งนั้นเสียค่าไฟฟ้าต่อเดือน เท่ากับ 174 x 1.8632 = 324.2 บาท

*ค่าไฟฟ้าหน่วยละ 1.8632

ความต่างระหว่างก่อนติดตั้งและหลังติดตั้ง = ก่อนติดตั้ง – หลังติดตั้ง

= 334.88 - 324.2 บาท

= 10.68 บาท

คิดเป็นค่าไฟฟ้าต่อปี = ความต่างระหว่างก่อนติดตั้งและหลังติดตั้ง x 12 เดือน

= 10.68 X 12

= 128.16 บาท

# บทที่ 5
# สรุปผลและข้อเสนอแนะ

## 5.1 สรุปผล

จากผลการดำเนินงานทั้งหมดทำให้ได้เรียนรู้ คิด วิเคราะห์ การใช้ตัวเก็บประจุเพื่อลดค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าและวงจรควบคุมพีแอลซีให้ทำงานได้ตามรูปแบบฟังก์ชันหรือชุดคำสั่งที่สั่งเขียนขึ้นและมีทักษะความรู้ความเข้าใจและการประยุกต์ใช้ในเรื่องของพีแอลซีและวงจรไฟฟฟ้าทางด้านกำลังและววงจรควบคุมได้ดียิ่งขึ้นทั้งนี้ผลจากการทำงานเป็นหมู่คณะตลอดจนการคิดแก้ไขข้อบกพร่อง

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

การทำโครงงานครั้งนี้คณะผู้จัดทำโครงงานควรมีพื้นฐานทางด้านการเขียนโปรแกรมพีแอลซี และเนื่องจากมีข้อจำกัดในเรื่องงบประมาณทำให้อุปกรณ์ที่นำมาทำโครงงานสิ่งประดิษฐ์นี้มีประสิทธิภาพไม่ได้ตามมาตรฐาน คณะผู้จัดทำได้ประยุกต์ใช้โปรแกรมพีแอลซีมาใช้ในการทำโครงงานสิ่งประดิษฐ์ในครั้งนี้ อาจมีอุปกรณ์อื่นที่สามารถทำให้ลดต้นทุนในการผลิตและทำให้ถึงจุดคุ้มทุนเร็วขึ้นได้

# บรรณานุกรม


- http://kpp.ac.th/elearning/elearning3/book-03.html

- http://www.atom.rmutphysics.com/charud/oldnews/0/287/1/pic4/capacitor/type.htm

- https://ienergyguru.com/2015/11/power-factor/

- https://ienergyguru.com/2015/11/power-factor-improvement/

- http://hicapacitor.blogspot.com/2014/03/blog-post.html

- https://www.pballtechno.com/

- http://happyhew.com/

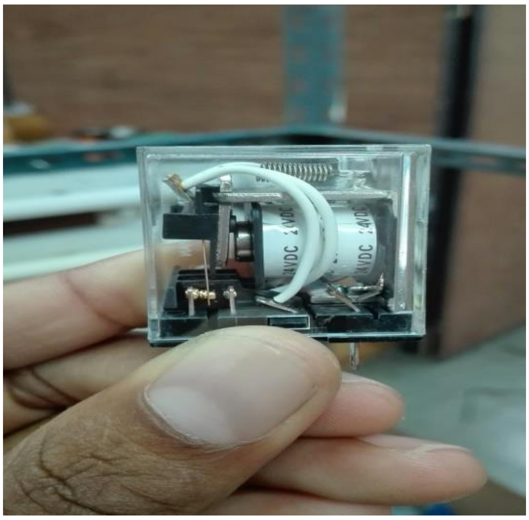
- https://mall.factomart.com/powerfactor/

- http://ct-pt.blogspot.com/

# ภาคผนวก

ตัวเก็บประจุ

Pilot lamp



Relay

สายไฟ VCT

หางปลา

เซอร์กิตเบรกเกอร์

สวิทช์บอร์ด

Power meter

สายไฟ VSF

เลื่อยตัดเหล็ก

ฟิวส์

Camp on

Digital multimeter

คัตเตอร์

คีมตัดสายไฟ

คีมเข้าหางปลา

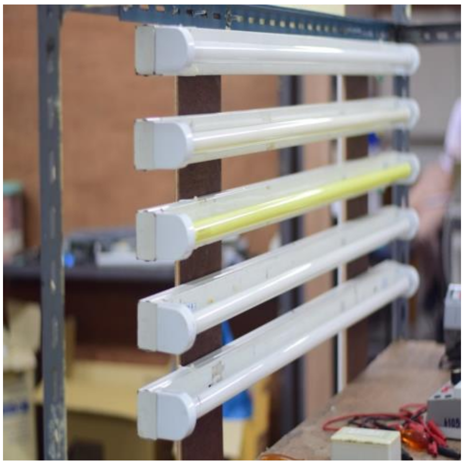
ไขควง

พีแอลซี

หม้อแปลงกระแส

เพาว์เวอร์แฟคเตอร์มิเตอร์

สวิทต์ทางเดียว



หลอดฟลูออเรนเซนต์

มอเตอร์

Power supply