# การออกแบบและพัฒนาการควบคุมแรงดันไฟฟ้าส่วนเกิน

# Over Voltage Controlling Using Automatic Voltage Stabilizer


พรชัย สวัสดิวงศ์

Pornchai Sawatdiwong


การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน (บัณฑิตศึกษา)

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

2559

# การออกแบบและพัฒนาการควบคุมแรงดันไฟฟ้าส่วนเกิน

# Over Voltage Controlling Using Automatic Voltage Stabilizer


พรชัย สวัสดิวงศ์

Pornchai Sawatdiwong


การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน (บัณฑิตศึกษา)

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

2559


ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

**ชื่อการค้นคว้าอิสระ** การควบคุมไฟฟ้าส่วนเกินโดยการสร้างแรงดันควบคุม

**ชื่อ นามสกุล** พรชัย สวัสดิวงศ์

**ชื่อปริญญา** วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

**สาขาวิชา** วิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน

**คณะ** วิศวกรรมศาสตร์

**อาจารย์ที่ปรึกษา** ดร.ปริญญ์ บุญกนิษฐ

คณะกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระได้ให้ความเห็นชอบการค้นคว้าอิสระฉบับนี้แล้ว

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ มีนคร)

..... กรรมการ

(ดร.ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล)

.....กรรมการและที่ปรึกษา

(ดร.ปริญญ์ บุญกนิษฐ)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร อนุมัติให้นับการค้นคว้าอิสระฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน (บัณฑิตศึกษา) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิโรจน์ ฤทธิ์ทอง)

วันที่..... เดือน.....พ.ศ.....

**ชื่อการค้นคว้าอิสระ** การควบคุมไฟฟ้าส่วนเกินโดยการสร้างแรงดันควบคุม
**ชื่อ นามสกุล** พรชัย สวัสดิวงศ์
**ชื่อปริญญา** วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
**สาขาวิชาและคณะ** วิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน (บัณฑิตศึกษา)
คณะวิศวกรรมศาสตร์
**ปีการศึกษา** 2559

## บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เพื่อการศึกษาการนำเทคโนโลยีการควบคุมแรงดันไฟฟ้าส่วนเกิน จากสายส่งของการไฟฟ้าก่อนป้อนให้เครื่องใช้ไฟฟ้า การจ่ายแรงดันไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวงและภูมิภาคที่ผู้ประกอบการได้รับส่วนใหญ่จะมีแรงดันเกินการความต้องการของเครื่องใช้ไฟฟ้า เนื่องจากต้องชดเชยแรงดันสูญเสียจากผู้ใช้ไฟฟ้าที่อยู่ห่างไกล(ปลายสายส่ง)จากสถานีส่งกระแสไฟฟ้าและความต้องการใช้ไฟฟ้าที่แตกต่างกันแต่ละผู้ประกอบการ เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านเราถูกออกแบบให้มีแรงดันไฟฟ้าใช้งานเต็มประสิทธิภาพที่ 220 Volt อุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้าสามารถควบคุมแรงดันให้เหมาะสมกับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ออกแบบไว้ สามารถลดความร้อนจากแรงดันส่วนเกิน ยืดอายุการใช้งานให้เครื่องใช้ไฟฟ้า และสามารถประหยัดพลังงานจากแรงดันส่วนเกินได้ 8-14% เพื่อนำมาประยุกต์การวิเคราะห์และจัดการพลังงาน ใช้กับผู้ประกอบธุรกิจตั้งแต่ขนาดเล็กจนไปถึงธุรกิจขนาดใหญ่ ด้วยการพัฒนาโปรแกรมการตรวจสอบควบคุมระบบผ่านอินเทอร์เน็ตหรือ 3G/4LTE ผลที่ได้จากการศึกษา พบว่าอุปกรณ์ประหยัดพลังงานแบบควบคุมแรงดันสามารถลดการใช้พลังงานจากแรงดันไฟฟ้าส่วนเกิน ยืดอายุการใช้งานของเครื่องใช้ไฟฟ้า ลดการสร้างแหล่งกำเนิดไฟฟ้า ลดการทำลายทรัพยากรของชาติ เพิ่มโอกาสในการแข่งขันทางธุรกิจและเพื่อการใช้พลังงานที่ยั่งยืน

**คำสำคัญ:** การควบคุมแรงดันส่วนเกินโดยการสร้างแรงดันควบคุม

| | |
|---|---|
| **Independent Study Title** | **The Voltage Optimization for Excess Electricity** |
| **Author** | Pornchai Sawatdiwong |
| **Degree** | Master of Engineering |
| **Major Program** | Sustainable Industrial Management Engineering (Graduate School) |
| **Academic Year** | 2016 |

# ABSTRACT

The purpose of this research is to facilitate technology of limiting excess electricity from the source before supplying to the electrical appliances. The distribution of electricity by Metropolitan Electricity Authority (MEA) frequently exceeds the needs of households and factories due to the fact that the voltage has to be enough to send electricity to users who are located further at the end of the voltage grid lines. Most electrical appliances are designed to perform at optimum voltage of 220 Volt. The voltage optimization system controls the incoming voltage to fit the optimum voltage of electrical appliances which will reduce the overheating phenomenon and thus lengthen the lives of electrical appliances. It can save 8-14% of total energy being consumed and potentially reduce CO2 emission. This analysis system can be used for industries in the range of small to large companies. From the development of remote monitoring using a control via internet or 3G/4LTE, the voltage optimization system showed practical power saving results of the reduced power usage and lengthen the lives of electrical appliances; that leads to reduction of emerging electricity resource, eradication of natural resources, increase the chance of marketing competition and energy sustainable

**Keywords:** Voltage optimization for excess Electricity

# กิตติกรรมประกาศ

การค้นคว้าอิสระฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ดร.ปริญญ์ บุญกนิษฐ อาจารย์ที่ปรึกษาหลักการค้นคว้าอิสระ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ ที่ปรึกษาร่วม ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆของการวิจัยมาโดยตลอด

ขอบพระคุณอาจารย์ ดร.ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ มีนคร ที่สละเวลามาเป็นประธานและกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ พร้อมทั้งให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์

ขอบพระคุณ คุณชัยโรจน์ ประมวลเวศ ผู้จัดการบริษัท เอ.พี.ซี. พรีซีสชั่น จำกัด

ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง มา ณ โอกาสนี้

พรชัย สวัสดิวงศ์

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อ | (ก) |
| Abstract | (ข) |
| กิตติกรรมประกาศ | (ค) |
| สารบัญ | (ง) |
| สารบัญตาราง | (ฉ) |
| สารบัญภาพ | (ช) |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| 1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการ | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย | 2 |
| 1.3 ขอบเขตของการวิจัย | 2 |
| 1.4 วิธีดำเนินการโครงการ | 3 |
| 1.5 ความสำคัญเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน | 3 |
| 1.6 ประโยชน์ที่ได้รับ | 3 |
| บทที่ 2 การศึกษาอุตสาหกรรมและทบทวนวรรณกรรม | 4 |
| 2.1 การสำคัญทางอุตสาหกรรม | 4 |
| 2.2 มูลค่าทางอุตสาหกรรม | 6 |
| 2.3 การวิเคราะห์อุตสาหกรรม | 10 |
| 2.4 โอกาสในการใช้อุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้า | 11 |
| 2.5 กลุ่มเป้าหมาย | 13 |
| 2.6 กลุ่มลูกค้าในการสร้างต้นแบบ | 13 |
| 2.7 ข้อกำหนดของการสร้างต้นแบบ | 13 |
| บทที่ 3 การออกแบบวิศวกรรมและการสร้างต้นแบบ | 14 |
| 3.1 การกำหนดกรอบการออกแบบที่สำคัญ | 14 |
| 3.2 การออกแบบหลักการทำงานที่สำคัญ | 15 |
| 3.3 การออกแบบเพื่อกำหนดรายละเอียด | 21 |
| 3.4 กระบวนการผลิตสร้างต้นแบบ | 23 |

# สารบัญ (ต่อ)


| | หน้า |
|---|---|
| บทที่ 4 การทดลอง | 26 |
| 4.1 ผลการทดลองพลังงานไฟฟ้า | 26 |
| 4.2 ผลการทดลองการอ่านค่าหน่วยต่างๆ | 29 |
| 4.3 ผลการทดลองการทำงานของโปรแกรมผ่านมือถือ | 31 |
| 4.4 ผลการทดลองความปลอดภัย | 33 |
| บทที่ 5 ผลการศึกษา | 34 |
| 5.1 ผลทดสอบการใช้งานของโปรแกรมต้นแบบ | 34 |
| บทที่ 6 อภิปรายผล | 38 |
| 6.1 ด้านผลการออกแบบ | 38 |
| 6.2 ด้านผลการผลิตต้นแบบ | 38 |
| 6.3 ด้านผลการทดสอบ | 38 |
| บทที่ 7 สรุปผล | 40 |
| 7.1 การเปรียบเทียบมิเตอร์ไฟฟ้า | 40 |
| 7.2 ความสามารถลด Harmonics | 41 |
| 7.3 ช่วยการ Balance Phase | 41 |
| 7.4 เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าและยืดอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น | 42 |
| บทที่ 8 แผนการนำไปใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์ | 48 |
| 8.1 แนวคิดการนำไปใช้ประโยชน์ | 48 |
| 8.2 ต้นทุนและระยะคืนทุนในการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้า | 49 |
| 8.3 แผนการพัฒนาอย่างยั่งยืน | 49 |
| เอกสารอ้างอิง | 50 |
| ภาคผนวก | 51 |
| ประวัติการศึกษาและการทำงาน | 54 |

# สารบัญตาราง


| ตาราง | หน้า |
|---|---|
| 2.1 แสดงยอดขาย หม้อแปลงไฟฟ้าระบบจำหน่ายของบริษัทต่างๆ ในอุตสาหกรรมหม้อแปลงไฟฟ้าระบบจำหน่ายตั้งแต่ปี 2551-2554 | 6 |
| 2.2 แสดงส่วนแบ่งตลาดของบริษัทต่างๆในอุตสาหกรรมหม้อแปลงไฟฟ้าระบบจำหน่าย | 7 |
| 4.1 ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของร้านค้าจากบิลการไฟฟ้านครหลวง | 26 |
| 5.1 การคำนวณเปรียบเทียบ ก่อน-หลัง การลดแรงดันไฟฟ้า | 35 |
| 7.3 งานประกาศผลอาคารประกวดโครงการ MEA ระดับ 2 ปีที่ 4 ประจำปี 2016 | 43 |

# สารบัญภาพ


| ภาพ | หน้า |
|---|---|
| 2.1 ไดอะแกรมในการดำเนินการเพื่อคัดเลือกโครงการ | 5 |
| 2.2 แสดงในการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าแต่ละประเภทในช่วงเวลาของแต่ละวัน | 8 |
| 2.3 การเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีต่าง ๆ | 9 |
| 2.4 วงจรไฟฟ้ากระแสไฟฟ้าจะแปรผันโดยตรงกับแรงดันไฟฟ้า | 11 |
| 2.5 วงจรไฟฟ้ากระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรจะแปรผกผันกับความต้านทานไฟฟ้า | 12 |
| 2.6 การเปรียบเทียบการไหลของน้ำกับวงจรไฟฟ้าตามกฎของโอห์ม | 14 |
| 3.1 ส่วนประกอบของอุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้า (Block Diagram) | 15 |
| 3.2 การเกิดเส้นแรงแม่เหล็กของหม้อแปลง | 17 |
| 3.3 รูปคลื่นของแรงดันและกระแสของขดปฐมภูมิและขดทุติยภูมิ | 17 |
| 3.4 เวกเตอร์ของหม้อแปลงขณะมีโหลด | 17 |
| 3.5 แสดงการต่อวงจรภายในของอุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้า | 18 |
| 3.6 แสดงวงจร Power Circuit Diagram 3 phase | 19 |
| 3.7 จอมอนิเตอร์บอกสถานะ | 20 |
| 3.8 ไดอะแกรมวงจรทางเทคนิคของหม้อแปลงไฟฟ้าด้านจ่าย | 20 |
| 3.9 ภายในโครงสร้างของการ | 21 |
| 3.10 กฎของโอห์ม | 22 |
| 3.11 แรงดันไฟฟ้าในสายป้อนเมื่อจ่ายแรงดันออกจากหม้อแปลงไฟฟ้า และระดับค่าแรงดันไฟฟ้าที่ยอมรับได้ | 23 |
| 3.12 การประกอบตู้และนำเข้าติดตั้งสถานที่ใช้งาน | 23 |
| 3.13 การติดตั้งระบบควบคุมผ่านมือถือ | 24 |
| 3.14 ติดตั้งเสร็จเรียบร้อยพร้อมใช้งาน | 24 |
| 3.15 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าผ่านเครื่องควบคุมแรงดันปรับค่าที่ 220 โวลต์และ Balance Phase | 25 |
| 4.1 แสดงสถานที่ติดตั้งอุปกรณ์ อาคารมินิบิ๊กซี สาขาบางกระดี่ ถนนพระราม 2 | 27 |
| 4.2 แสดงค่าพิกัดของอุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้า (Specification Star power save) | 28 |
| 4.3 แสดงการติดตั้งของอุปกรณ์ภายในตู้ | 28 |
| 4.4 แสดงการทำการติดตั้งอุปกรณ์ | 29 |

# สารบัญภาพ(ต่อ)


| ภาพ | หน้า |
|---|---|
| 4.5 จอมอนิเตอร์อ่านค่าพารามิเตอร์แบบจ่ายตรง | 30 |
| 4.6 หน้าจอมอนิเตอร์อ่านค่าพารามิเตอร์ผ่านระบบควบคุม | 30 |
| 4.7 ภาพการติดตั้งอุปกรณ์รับส่งสัญญาณผ่านระบบอินเตอร์เน็ต | 31 |
| 4.8 หน้าจอมอนิเตอร์แสดงสถานะจ่ายตรง Bypass | 32 |
| 4.9 หน้าจอมอนิเตอร์แสดงสถานะจ่ายผ่านระบบ | 32 |
| 4.10 งานรับรางวัลที่โรงละครอักษรา คิงส์พาวเวอร์ คอมเพล็กซ์ ถนนรางน้ำ, แขวงถนนพหลโยธิน เขตราชเทวี กทม. | 33 |
| 5.1 กราฟบันทึกแรงดันไฟฟ้าแบบต่อเนื่อง | 34 |
| 5.2 กฎของ Ohm’s Law | 35 |
| 5.3 การเดินมอเตอร์ที่ 30 Hz. พร้อมลดแรงดันไฟฟ้า | 36 |
| 5.4 การทดลองลดแรดับไฟฟ้ากับหลอดไฟฟ้า LED | 36 |
| 7.1 การอ่านมิเตอร์ไฟฟ้าของการไฟฟ้า | 40 |
| 7.2 ตราสัญลักษณ์ อาคารประหยัดพลังงาน | 42 |
| 7.3 งานประกาศผลอาคารประกวดโครงการ MEA ระดับ 2 ปีที่ 4 ประจำปี 2016 | 43 |
| 7.4 ตราสัญลักษณ์ดีเด่นพิเศษของอาคารมินิบิ๊กซี | 45 |
| 7.5 การตรวจเยี่ยมสาขาที่ส่งเข้าประกวด MEA Awards 2016 | 45 |
| 7.6 ผลงานที่ผ่านมาของรางวัล MEA ระดับที่ 1 | 46 |

# บทที่ 1

# บทนำ

## 1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการ

การใช้พลังงานไฟฟ้าในประเทศมีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องที่เกิดจากความต้องการของการพัฒนาประเทศ ให้มีความเจริญก้าวหน้าด้านอุตสาหกรรมและการหลั่งไหลของประชากรกลุ่มสมาชิกอาเซียนและกลุ่มประเทศที่ขยายการลงทุนการนำเข้าเครื่องจักรอุปกรณ์กระบวนการผลิตภายในประเทศที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเกินความสามารถที่รัฐบาลผลิตกระแสไฟฟ้าได้ความต้องการ จากการประชุมสมัชชาใหญ่แห่งประชาชาติ เมื่อวันที่ 25 กันยายน 2558 โดยมีผู้นำประเทศสมาชิกองค์กรสหประชาชาติ จำนวน 193 ประเทศ ลงมติรับรองเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน หรือ Sustainable Development Goals เป็นวาระแห่งการพัฒนาของโลกในอีก 15 ปีข้างหน้า (2016-2030) มี 17 เป้าหมายโดยเป้าหมายที่ 7 (SDG-7) การใช้พลังงานที่ยั่งยืนเรื่องการเพิ่มอัตราการปรับปรุงพลังงานให้เพิ่มขึ้น 2 เท่า และการวิจัยการใช้เทคโนโลยีพลังงานที่สะอาด ให้มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานให้เพิ่มขึ้น

การซื้อพลังงานไฟฟ้าจากประเทศเพื่อนบ้านหรือการซื้อเชื้อเพลิงสำหรับผลิตไฟฟ้าที่มาของปัญหาดังกล่าวเราไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้เพราะการจ่ายแรงดันจากการไฟฟ้า เป็นการจ่ายภาพรวมให้กับผู้ประกอบการและประชาชนที่อยู่อาศัย เป็นเหตุให้แรงดันไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ที่เกินความต้องการของอุปกรณ์เพื่อให้ปลายทางรับแรงดันได้ตามต้องการรักษาแรงดัน ให้เหมาะสมเพื่อให้เครื่องจักรทำงานได้เต็มประสิทธิภาพและยืดอายุการใช้งานตามที่ได้ออกแบบ ดังนั้นอุปกรณ์ประหยัดพลังงานไฟฟ้าแบบควบคุมแรงดันไฟฟ้าเหมาะสำหรับการควบคุมแรงดันไฟฟ้าระหว่างหม้อแปลงไฟฟ้ากับโหลดก่อนจ่ายให้เครื่องใช้ไฟฟ้า จากผลงานต่างประเทศที่ทำการวิจัยของบริษัท ESTA (Energy Service and Technology Association) Project No: 83880 Appliance Efficacy Study อุปกรณ์ลดแรงดัน Voltage Management and Optimization (VM&O)โดยการลดแรงดันไฟฟ้าจาก 245 โวลต์ เป็น 220 โวลต์ ของ Robert Green, Rhys Robert, Benedict Rawton ที่มีลักษณะการทำงานที่คล้ายกัน ซึ่งบ่งบอกให้รู้ว่านี้เป็นปัญหาทั่วโลกที่ต้องช่วยกันลดการใช้พลังงานส่วนเกิน การควบคุมหรือการนำเทคโนโลยีมาใช้ให้เกิดความยั่งยืน

เนื่องจากแรงดันไฟฟ้าที่ได้รับมาจากสายส่งของการไฟฟ้าส่วนใหญ่จะมีแรงดันสูงเฉลี่ยที่ 230-242 โวลต์และมีการขึ้นลงของแรงดันไม่สม่ำเสมอ เครื่องใช้ไฟฟ้าในปัจจุบันถูกออกแบบการใช้งานให้มีประสิทธิภาพสูงสุดที่แรงดัน 220 โวลต์ การใช้แรงดันไฟฟ้าที่สูงเกินความต้องการนี้เอง ทำให้สูญเสียพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าสูงโดยไม่ได้ใช้ประโยชน์แต่อย่างใด และยังทำให้อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าเสื่อมคุณภาพเร็วกว่ากำหนด เนื่องจากความร้อนของแรงดันไฟฟ้าส่วนเกิน ในทางตรงกันข้ามหาก

แรงดันไฟฟ้าตก อุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องควบคุมแรงดันสามารถทำการชดเชยแรงดันไฟฟ้าที่ตกให้ได้ 220 โวลต์ โดยที่ไม่ได้ทำให้เครื่องใช้ไฟฟ้าต้องรับภาระจากการดึงกระแสไฟฟ้าและก่อให้เกิดความร้อนป้องกันการเสียหายได้อย่างสมบูรณ์แบบ ข้อจำกัดในการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้าจะต้องตรวจวัดแรงดันที่จ่ายให้กับอาคารก่อน จึงไม่สามารถจะไปติดตั้งที่อาคารหรือโรงงานไหนได้ก่อนหรือในอนาคตการออกแบบหม้อแปลงไฟฟ้าแบบปรับแรงดันไฟฟ้าด้านจ่ายออกที่ควบคุมแรงดันไฟฟ้าแบบอัตโนมัติได้ในราคาที่หาซื้อขายมีประสิทธิภาพและเชื่อถือได้เครื่องควบคุมแรงดันไฟฟ้าก็ไม่มีความจำเป็นจากผลงานที่ผู้วิจัยได้ทำการทดลองติดตั้งการใช้งานจริงพิสูจน์ให้เห็นว่าค่าพลังงานไฟฟ้าลดลงมา 11.5 % ต่อเดือนเกิดความพึงพอใจของผู้จัดการร้านและมองเห็นระยะเวลาในการลงทุนการของโครงการนี้

งานวิจัยนี้จัดทำเพื่อการบริหารจัดการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้เหมาะสมกับอุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อการประหยัดพลังงานให้เกิดความยั่งยืนพลังงานของชาติและโลกในอนาคตหรือทำให้เครื่องจักทำงานได้เต็มประสิทธิภาพและยืดอายุการใช้งานเกิดความมั่นคงด้านการเงินที่ต้องจ่ายส่วนต่างของค่าไฟฟ้าประจำเดือนรวมถึงค่าสิ้นเปลืองในการซ่อมบำรุงเครื่องจักรก่อนเวลาอันควรช่วยเพิ่มขีดความสามารถการแข่งขันหรือการเติมเต็มในการประกอบธุรกิจ

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาการบริหารการพัฒนาแรงดันไฟฟ้าส่วนเกินให้มีประสิทธิภาพสูง

1.2.2 การพัฒนาโปรแกรมการติดตามผ่าน Application Mobile

## 1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 อุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้าโดยใช้ Dynamic Servo ควบคุมด้านออกให้ได้ตามความต้องการของโหลดแม้ว่าแรงดันไฟฟ้าขณะตกหรือเกิน

1.3.2 อุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้าพิกัด 100 Amp.

1.3.4 ควบคุมแรงดันไฟฟ้า Single Phase 220 V. +/-1%, 3 Phase 380V. +/-1%

1.3.5 ประสิทธิภาพการจ่ายโหลดได้ 98% Full Load.

1.3.6 โครงสร้างไม่ลุกลามไฟป้องกันน้ำและฝุ่น

1.3.7 ตัวเครื่องมีช่องระบายความร้อนออกด้านข้างทั้ง 2 ด้าน

1.3.8 สามารถติดตั้งภายใต้อุณหภูมิที่ -5 เซลเซียสถึง +40 เซลเซียส

1.3.9 เหมาะสำหรับโรงงาน อาคารหรือร้านค้าปลีกขนาดกลางถึงเล็ก

## 1.4 วิธีดำเนินการโครงการ

1.4.1 การศึกษาข้อมูลของแรงดันไฟฟ้าจากอาคารที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงเมื่อเทียบกับอาคารประเภทเดียวกันที่มีใช้งานเหมือนกัน

1.4.2 ข้อมูลบิลจากการไฟฟ้าเปรียบเทียบย้อนหลัง 1 ปี

1.4.3 เลือกอาคารพร้อมเข้าสำรวจเพื่อศึกษาอุปกรณ์ภายในอาคาร

1.4.5. ศึกษาและวิธีการปิด-เปิด อุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าภายในอาคารทั้งหมด

1.4.6 ตรวจสอบประวัติอุปกรณ์เครื่องจักรภายในอาคารว่ามีการนำเข้ามาหรือซื้อเข้ามาใหม่ระหว่างปี

1.4.7 ตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าภายในอาคารจากตู้เมนไฟฟ้าต้นทางและปลายทาง

1.4.8 ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบต่อเนื่อง เพื่อศึกษาแรงดันที่จ่ายเข้ามาคงที่หรือไม่และมีแรงดันไฟฟ้าสวิงช่วงเวลาใดบ้าง

1.4.9 ศึกษาโหลดภายในอาคารทั้งหมดที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดเพื่อเลือกอุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้าให้ เหมาะสมในการใช้งาน

## 1.5 ความสำคัญเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน

1.5.1 พลังงานสะอาดที่ไม่ต้องสร้างแหล่งผลิตกระแสไฟฟ้าในการลงทุนแต่กลับช่วยลดความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าและไม่สร้างมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม

1.5.2 ใช้เทคโนโลยีทันสมัย ช่วยในการตรวจสอบและควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าให้ได้ตามที่ต้องการและเกิดประโยชน์สูงสุด ทำให้ลดต้นทุนในกระบวนการผลิต เพิ่มความสามารถในการแข่งขัน

1.5.3 โดดเด่นด้วยการออกแบบที่เคลื่อนย้ายได้สะดวก ขนาดกะทัดรัด สามารถติดตั้งได้ถึงแม้มีพื้นที่จำกัด

## 1.6 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.6.1 เป็นอุปกรณ์ประหยัดพลังงานไฟฟ้า สามารถนำไปใช้งานได้ทุกสถานประกอบการ ในอาคารบ้านเรือน

1.6.2 สร้างความมั่นคงภายในประเทศด้านพลังงานและเศรษฐกิจ

1.6.3 เพื่อเป็นทางเลือกสำหรับผู้ประกอบการรายใหม่ที่มองเห็นเรื่องการใช้ในการลดการพลังงานไฟฟ้าของประเทศ

1.6.4 ช่วยลดปัญหาไฟฟ้าเกินในระยะใกล้ของหม้อแปลงของการไฟฟ้า กลับช่วยแก้ปัญหาปลายทางที่แรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าปรกติ ลดปัญหาให้เจ้าหน้าที่ของไฟฟ้ามีเวลาไปช่วยเหลือหรือพัฒนางานที่รับผิดชอบได้มากขึ้น

# บทที่ 2

# การศึกษาอุตสาหกรรมและทบทวนวรรณกรรม

## 2.1 ความสำคัญทางอุตสาหกรรม

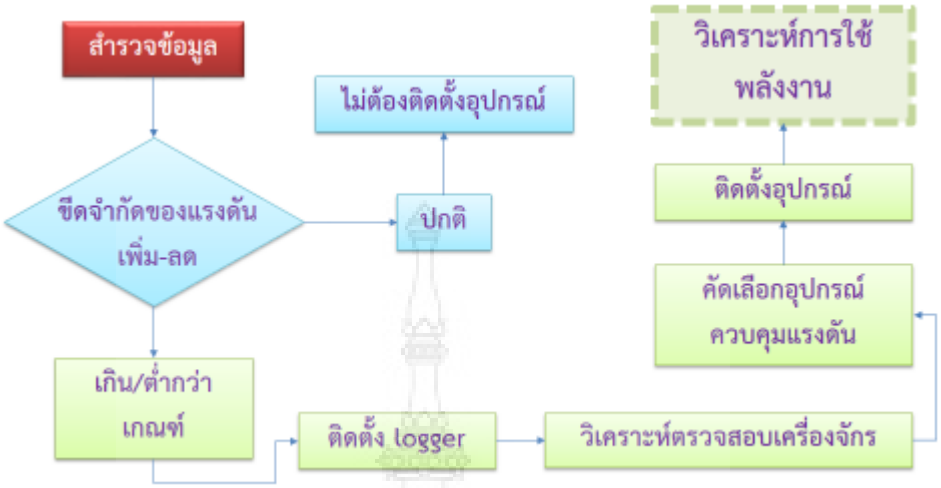
การประหยัดพลังงานของโรงงาน หมายถึง การลดใช้พลังงานลงโดยการจัดการใช้พลังงานให้เหมาะสม เพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุด โดยไม่ทำให้กระบวนการผลิตลดลงและไม่ทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานที่มีความจำเป็น และมีความสำคัญกับการใช้ในการผลิตของทุกโรงงาน ความจำเป็นและความสำคัญของการประหยัดพลังงานไฟฟ้า จึงไม่ใช่เพียงแต่เอื้อประโยชน์ต่อผู้ประกอบการอุตสาหกรรมเพียงเท่านั้น แต่ยังเป็นความจำเป็น และมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศด้วย เนื่องจากการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยในปัจจุบันยังต้องพึ่งเชื้อเพลิงนำเข้าจากต่างประเทศ และมีแนวโน้มว่าจะต้องมีการนำเข้าเชื้อเพลิงเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าที่เพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคธุรกิจอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นสาขาที่มีความต้องการไฟฟ้าสูงสุด การประหยัดพลังงานในโรงงาน ควรมีการดำเนินเป็นขั้นตอน โดยเริ่มจากเทคโนโลยีที่ง่ายที่สุดและใช้เงินลงทุนน้อยที่สุดไปจนถึงงานที่ต้องใช้เทคโนโลยีสูง และเงินลงทุนมาก ได้แก่

### 2.1.1 การศึกษาในการพิจารณาเลือกโครงการ

2.1.1.1 การบำรุงรักษาและการดูแลเบื้องต้น (House Keeping) การประหยัดพลังงานโดยวิธีนี้ เป็นการปรับแต่งเครื่องและการทำงานต่าง ๆ เช่น การกำหนดให้มีกรรมวิธีดูแลรักษาที่ถูกต้อง วิธีเหล่านี้โดยมากแล้วจะไม่ทำให้ค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น หรือเป็นมาตรการที่เสียค่าใช้จ่ายน้อย แต่มีระยะคืนทุนสั้นๆ คือน้อยกว่า 4 เดือน

2.1.1.2 การปรับปรุงขบวนการเดิมเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงขึ้น หรือทำให้การสูญเสียต่างๆ ลดน้อยลง ซึ่งจะต้องอาศัยการตรวจวิเคราะห์อย่างละเอียด โดยทั่วไปมาตรการนี้จะต้องการเงินลงทุนปานกลาง โดยมีระยะเวลาคืนทุน 1-2 ปี

2.1.1.3 การเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์หรือระบบ (Major Change Equipment) เมื่อการตรวจวิเคราะห์ขั้นต้นชี้ให้เห็นว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานได้มาก โดยการเปลี่ยนหรือเพิ่มอุปกรณ์ ทั้งนี้จะต้องมีการประเมินผลตอบแทนทางการเงินที่ได้จากการดำเนินการมาตรการดังกล่าว ซึ่งมาตรการนี้จะต้องมีการลงทุนสูงโดยมีระยะเวลาคืนทุน 2-5 ปี โดยการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้




**ภาพ 2.1** ไดอะแกรมในการดำเนินการเพื่อคัดเลือกโครงการ

จากไดอะแกรมในการดำเนินการเข้าสำรวจและวิเคราะห์ ปัญหาที่แท้จริงเพื่อตัดสินใจในการเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์ เพราะการเปลี่ยนอุปกรณ์เครื่องจักรหรือการปรับปรุงเพิ่มเติมเป็นต้นทุนที่ผู้ประกอบการต้องวิเคราะห์หาจุดคุ้มทุนและผลของการปรับปรุงที่ได้มาด้วย ไม่มองเรื่องยอดเงินอย่างเดียว มีกระบวนการดังนี้

A. การเข้าสำรวจข้อมูลของอาคารโดยดูจากบิลค่าไฟฟ้าที่ผ่านมาถึงปัจจุบัน
B. การตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าภายในอาคาร ต้นทางและปลายทาง
C. การติดตั้ง Power Analysis เพื่อศึกษาแรงดันที่จ่ายตลอดวัน
D. เข้าสำรวจเครื่องจักรภายในอาคารทั้งหมด พร้อมการตรวจเช็คเวลาการปิด-เปิดในหนึ่งวัน เพื่อหาค่าพลังงานทั้งหมดของอาคาร
E. การเลือกอุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้า จากโหลดการใช้งานจริงของอาคาร
F. การดูสถานที่ติดตั้งที่ต้องอยู่ใกล้กับเมนจ่ายไฟฟ้าของอาคารได้จะดีมาก
G. การวิเคราะห์จากแรงดันไฟฟ้าที่เกิน ที่อุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้าสามารถประหยัดค่าพลังงานไฟฟ้าลงได้ต่อโดยเทียบจากบิลของการไฟฟ้าที่เรียกเก็บ ก่อนและหลังติดตั้ง รวมถึงการเปรียบเทียบจากบิลเดือนเดียวของปีที่ผ่านมาทำการวิเคราะห์ด้วย

การกำหนดขีดแรงดันไฟฟ้าปรกติ หากอยู่ในระดับที่ 95-105% ก็ไม่สมควรติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้า ถ้าหากพบว่าแรงดันไฟฟ้าเกินมาตลอดวันและสม่ำเสมอที่สามารถติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้าได้

## 2.2 มูลค่าทางอุตสาหกรรม

การขยายตัวของอุตสาหกรรมหม้อแปลงไฟฟ้าระบบกำลังและระบบจำหน่ายภายในประเทศสามารถพิจารณาได้จากยอดจำหน่ายของผู้ผลิตหม้อแปลงไฟฟ้าภายในประเทศที่มีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง นับตั้งแต่เศรษฐกิจของประเทศเริ่มฟื้นตัวขึ้นมา ดังตารางต่อไปนี้

**ตาราง 2.1** แสดงยอดขาย หม้อแปลงไฟฟ้าระบบจำหน่ายของบริษัทต่างๆ ในอุตสาหกรรมหม้อแปลงไฟฟ้าระบบจำหน่ายตั้งแต่ปี 2551-2554

| ปี | 2551 | 2552 | 2553 | 2554 |
|---|---|---|---|---|
| ยอดขายหม้อแปลงไฟฟ้า (ล้านบาท) | 8,322 | 6,607 | 7,584 | 8,846 |

**ที่มา:** รวมรวบจากงบการเงินที่บริษัทต่างๆในอุตสาหกรรมหม้อแปลงไฟฟ้า ส่งให้กระทรวงพาณิชย์ และคำนวณจากรายได้จากการขายสินค้าและบริการ

ปัจจุบันมีผู้ผลิตหม้อแปลงไฟฟ้าระบบจำหน่ายอยู่ในตลาดประมาณ 20 ราย โดยแต่ละบริษัทฯ มียอดขายหม้อแปลงไฟฟ้าระบบจำหน่ายสูงสุดเฉลี่ยตั้งแต่ปี 2546-2549 นอกจากนี้ยังมีบริษัทที่มีส่วนแบ่งตลาดอยู่ใน 5 ราย บริษัท ไทยแมกซ์เวล อิเลคทริค จำกัด บริษัท ถิรไทย จำกัด(มหาชน) บริษัท พรีไซซ อีเลคตริค แมนูแฟคเจอริ่ง จำกัด บริษัท เจริญชัย หม้อแปลงไฟฟ้า จำกัด และบริษัท เอกรัฐวิศวกรรม จำกัด หากพิจารณาจากตารางส่วนแบ่งตลาดของบริษัทต่างๆ จะพบว่า ตั้งแต่ปี 2551-2554 ทุกบริษัทฯ มีส่วนแบ่งตลาดหม้อแปลงไฟฟ้าระบบจำหน่ายเฉลี่ยประมาณร้อยละ 20

**ตาราง 2.2** แสดงส่วนแบ่งตลาดของบริษัทต่างๆในอุตสาหกรรมหม้อแปลงไฟฟ้าระบบจำหน่าย

(หน่วย: ล้านบาท)

| ปี | เอกรัฐวิศวกรรม* | | ถิรไทย | | เจริญชัย | | ไทยแมกซ์เวล | | อื่นๆ | | รวม | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | รายได้ | % | รายได้ | % | รายได้ | % | รายได้ | % | รายได้ | % | รายได้ | % |
| 2551 | 1,663 | 19.98 | 933 | 11.21 | 1,549 | 18.61 | 948 | 11.39 | 3,229 | 38.81 | 8,322 | 100.00 |
| 2552 | 1,276 | 19.31 | 1,034 | 15.65 | 1,116 | 16.89 | 529 | 8.01 | 2,652 | 40.14 | 6,607 | 100.00 |
| 2553 | 1,608 | 21.20 | 842 | 11.10 | 1,383 | 18.24 | 601 | 7.92 | 3,150 | 41.53 | 7,584 | 100.00 |
| 2554 | 1,713 | 19.36 | 1,241 | 14.02 | 1,494 | 16.88 | 915 | 10.34 | 3,483 | 39.37 | 8,846 | 100.00 |
| เฉลี่ย 4 ปี | 1,565 | 19.96 | 1,013 | 12.92 | 1,386 | 17.67 | 748 | 9.54 | 3,129 | 39.91 | 7,840 | 100.00 |

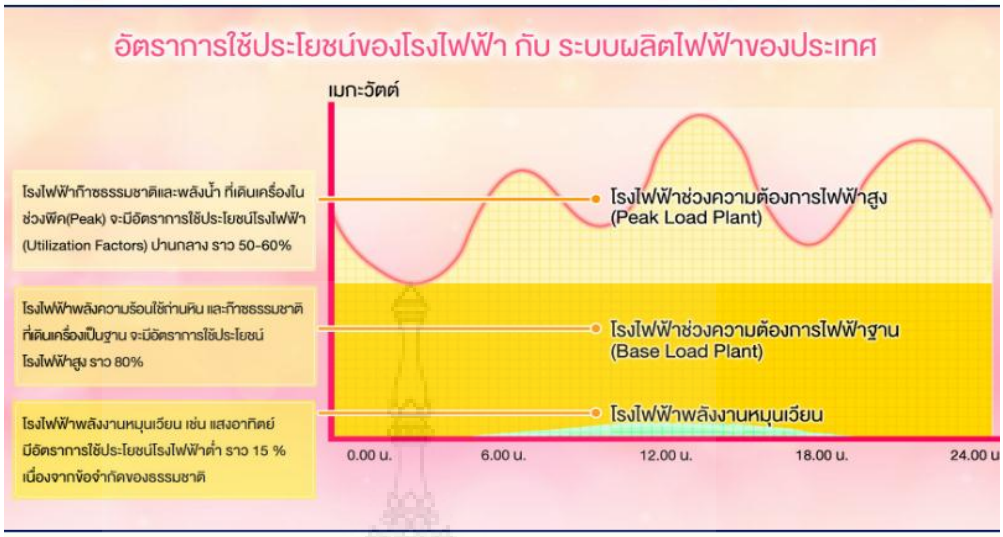
**ที่มา**: รวบรวมจากงบการเงินที่บริษัทต่างๆ นำส่งกระทรวงพาณิชย์ และคำนวณจากรายได้จากการขายสินค้าและบริการ

* รายได้ของบริษัทฯ เป็นรายได้จากการขายและบริการไม่รวมรายได้อื่น และไม่รวมรายได้ของบริษัทร่วมและบริษัทย่อย

### 2.2.1 การศึกษาโครงสร้างของระบบผลิตไฟฟ้า

ความต้องการไฟฟ้าในแต่ละวันที่ไม่เท่ากัน มีผลต่ออัตราการใช้ประโยชน์ของโรงไฟฟ้า ยิ่งมีความแตกต่างกันมาก ระหว่างการใช้ไฟฟ้าในช่วงความต้องการในช่วงใช้ไฟฟ้าสูงสุด (Peak Load) กับช่วงที่ใช้ไฟฟ้าน้อยหรือช่วงฐาน (Base Load) จะทำให้อัตราการใช้ประโยชน์ของโรงไฟฟ้ายิ่งลดลง ดูการสั่งการตามความต้องการของการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงผลิตไฟฟ้าแต่ละชนิดดังภาพ 2.2

ภาพไม่ชัด




**ภาพ 2.2** แสดงในการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าแต่ละประเภทในช่วงเวลาของแต่ละวัน
**ที่มา:** จากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

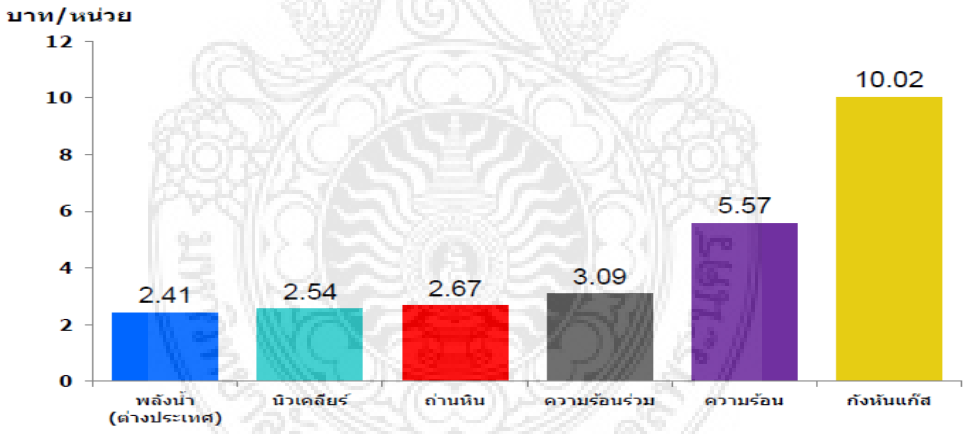
เนื่องจากการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้า เพื่อสนองความต้องการไฟฟ้าในแต่ละวันนั้น ศูนย์ควบคุมระบบกำลังไฟฟ้าแห่งชาติ จะสั่งเดินเครื่องและจ่ายกระแสไฟฟ้าประเภทต่างๆ อย่างต่อเนื่อง ด้วยคุณภาพ และแรงดันตามที่ต้องการ รวมทั้งดูแลให้มีต้นทุนการผลิตต่ำที่สุด โรงไฟฟ้าถ่านหิน โรงไฟฟ้าก๊าซธรรมชาติ โรงไฟฟ้าชีวะมวลประเภทมีสัญญาจ่ายไฟฟ้าแบบแน่นอน (Firm) จะถูกสั่งให้เดินเครื่องตลอด 24 ชั่วโมง หรือเรียกว่าเป็น Base Load Plant การเดินเครื่องในลักษณะนี้จะช่วยให้มีอัตราการใช้ประโยชน์โรงไฟฟ้าสูงหรือราวร้อยละ 80 ขณะที่โรงไฟฟ้าก๊าซธรรมชาติบางโรง โรงไฟฟ้าพลังน้ำ จะถูกสั่งให้เริ่มเดินเครื่อง หรือเดินเครื่องเพิ่มขึ้น ตามความต้องการไฟฟ้าในช่วงที่มีการใช้ไฟฟ้ามาก หรือเรียกว่า Peak Load Plant และจะหยุด หรือเดินเครื่องลดลง เมื่อความต้องการไฟฟ้าของระบบลดลง การเดินเครื่องในลักษณะนี้จะช่วยให้มีอัตราการใช้ประโยชน์ลดลงเหลือราวร้อยละ 50 – 60

โรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนบางประเภท เช่น ลมและแสงอาทิตย์ เป็นโรงไฟฟ้าที่ไม่สามารถสั่งจ่ายไฟฟ้าได้ตามความต้องการของระบบ หรือเรียกว่า Non - Dispatch able แต่โรงไฟฟ้าประเภทนี้ไม่ต้องรอการสั่งการจากศูนย์ฯ จะได้รับอนุญาตให้ผลิตและจ่ายไฟฟ้าได้ตลอดเวลาที่ผลิตได้ ซึ่งโดยเฉลี่ยจะผลิตไฟฟ้าได้เต็มกำลังผลิตวันละ 4 - 5 ชั่วโมง โรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนจะมีอัตราการใช้ประโยชน์ตามข้อจำกัดของธรรมชาติราวร้อยละ 15 – 18

**2.2.2 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีต่าง ๆ**

ทุกวันนี้คนไทยต้องใช้ไฟฟ้าแพงขึ้นที่เกิดจากความไม่แน่ในเทคโนโลยีในการผลิตรวมถึงปัญหาการเมืองที่ไม่มั่นคง จนเป็นเหตุเป็นห่วงเรื่องความปลอดภัย และผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม ถึงแม้ว่าในประเทศเราจะมีทรัพยากรมากแต่ไม่สามารถนำขึ้นมาใช้ได้เพราะเกิดความคิดเห็นที่ต่างกัน การใช้พลังงานทางเลือกแต่ค่าไฟฟ้าสูงขึ้น ถึงแม้การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากถ่านหิน ใช้ถ่านหินเพราะเป็นต้นทุนที่ถูกที่สุด และเป็นพลังงานต่อเนื่องมีใช้อีกเป็นล้านปี แต่ต้องหาเทคโนโลยีมาให้ได้ ไม่สร้างผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งการผลิตพลังงานไฟฟ้าถ่านหินที่ประเทศลาวที่เพิ่งเปิด และประเทศไทยต้องรับซื้อพลังงานไฟฟ้าจากลาว ซึ่งเป็นข้อเสียถ้าไม่ส่งไฟฟ้าก็ไม่รู้จะเอาที่ไหนมาใช้ ส่วนพลังงานลมในประเทศไทย ไม่มีมากเพียงพอ ที่จะผลิตกระแสไฟฟ้า ขณะที่พลังงานแสงอาทิตย์ก็ไม่มีแดดทั้งปี รวมถึงแบตเตอรี่ก็ไม่เพียงพอ ไม่สามารถสร้างขึ้นเองได้ เพราะมีต้นทุนสูง ต้องนำเข้าทั้งระบบ ก็จะต้องทำสายส่งเพิ่มขึ้นก็ไม่สามารถทำได้ ถ้าน้ำมันขึ้นไปอีก ค่าไฟฟ้าก็ต้องขึ้นอีกเพราะเป็นต้นทุนในการผลิต จึงต้องมีมาตรการลดความเสี่ยง ช่วงเวลาที่ปิดซ่อมท่อแก๊ส ทำให้เราต้องวางแผนการใช้ไฟฟ้า ต้องขอความร่วมมือกับหน่วยงานหรือองค์กร ที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงเพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบช่วงที่หยุดซ่อมท่อก๊าซ และโอกาสที่จะลดการส่งแก๊ส เข้ามาเพราะเขาก็จะไปพัฒนาประเทศของเขาจากที่ส่ง 50 ก็เหลือ 20

ภาพไม่ชัด




**ภาพ 2.3** การเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีต่าง ๆ

**ที่มา:** ข้อมูลจากสำนักนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) ณ เมษายน 2558

จากภาพด้านบนต้นทุนการผลิตของแต่ละเทคโนโลยี ที่อัตราแลกเปลี่ยน 1 เหรียญสหรัฐฯ ต่อ 32 บาทเราต้องกลับมาดูทรัพยากรธรรมชาติ ที่เรามีและใช้ให้เกิดประโยชน์ที่สุดเพื่อให้เกิดความยั่งยืนไม่ทำลายสร้างปัญหาให้คนรุ่นหลัง สิ่งที่ลดความเจริญด้านเศรษฐกิจของประเทศคือ การเมืองที่ยังมีผลประโยชน์ หากทุกส่วนมองเห็นความเจริญรุ่งเรือง จะต้องมองไปข้างหน้าละช่วยกันพัฒนาประเทศ มองเรื่องส่วนรวมเป็นสำคัญ บ้านเราจะมีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าที่ต่ำลงแน่นอน

## 2.3 การวิเคราะห์อุตสาหกรรม

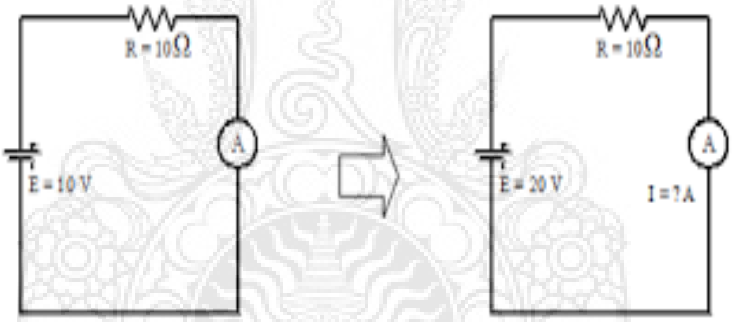
2.3.1 สถานการณ์พลังงาน พลังงานเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญอย่างยิ่ง ต่อการพัฒนาประเทศ ทั้งทางด้านเศรษฐกิจ และสังคม เพราะจำเป็นต้องใช้พลังงานในทุกขั้นตอนของการดำเนินงาน ทั้งทางด้านอุตสาหกรรม คมนาคม เกษตรกรรม และอื่นๆ ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณการใช้พลังงานที่เห็นได้อย่างชัด คือ จำนวนประชากร อัตราการเพิ่มของประชากร และระดับของการพัฒนา ซึ่งประเทศที่ยิ่งพัฒนามากเท่าไรจะยิ่งมีการบริโภค พลังงานมากขึ้นเป็นเท่าตัว แหล่งพลังงานพื้นฐานที่สำคัญที่ใช้กันมากในชีวิตประจำวันโดยทั่วไป คือ น้ำมัน ถ่านหินและก๊าซธรรมชาติ ซึ่งเป็นต้นเหตุของการทำลายสิ่งแวดล้อมและมักเป็นชนวนให้เกิดกรณีพิพาท ระหว่างประเทศ และสืบเนื่องจนถึงขนาดเกิดสงคราม เพื่อแย่งชิงหรือครอบครองแหล่งพลังงานต่างๆ ขึ้น บ่อยครั้ง อย่างไรก็ตาม เมื่อกล่าวถึงสถานการณ์การใช้พลังงานก็จำเป็นต้องกล่าวถึงภาพรวมของการใช้พลังงานทั้งหมด คือทั้งในส่วนที่เป็นพลังงานประเภทสิ้นเปลืองหรือใช้แล้วมีโอกาสหมดไปจากโลก รวมถึง พลังงานที่ใช้ไม่มีวันหมดหรือที่เรียกว่าพลังงานหมุนเวียนหรือพลังงานทดแทน

2.3.2 สถานการณ์พลังงานโลกมนุษย์เริ่มรู้จักการนำเอาพลังงานมาใช้เพื่อดำเนินกิจกรรม ต่างๆ ทั้งการอุปโภคและบริโภคเพื่อดำรงชีวิต ตลอดจนเพื่อ การพัฒนาประเทศทั้งทางด้านเศรษฐกิจและสังคม โดยในยุค แรกๆ มนุษย์ใช้พลังงานส่วนใหญ่เพียงเพื่อการดำรงชีพ ซึ่งต่อมาการใช้พลังงานเริ่มสิ้นเปลืองมากขึ้นและที่เป็น จุดเริ่มต้นของการใช้พลังงานอย่างสิ้นเปลืองที่เห็นได้อย่างชัดเจนคือในยุคของการเปลี่ยนแปลงจากระบบสังคมและเศรษฐกิจพื้นฐานการเกษตรกลายไปเป็นสังคมและเศรษฐกิจฐานอุตสาหกรรมโดยเฉพาะประเทศอังกฤษซึ่งถือว่าเป็นผู้นำในการปฏิวัติอุตสาหกรรม โดยในช่วงศตวรรษที่ 18-19 ได้มีการนำเอาเชื้อเพลิงประเภทถ่านหินน้ำมัน และก๊าซธรรมชาติมาใช้เพื่อพัฒนาอุตสาหกรรมอย่างมากมายและขยายวงกว้างออกไปทั่วโลกในเวลาต่อมา จนกระทั่งเข้าสู่ยุคปัจจุบัน ความต้องการใช้พลังงานของโลกยังคงสูงขึ้นทุกวัน ในขณะที่แหล่พลังงานต่างๆโดยเฉพาะแหล่งพลังงานที่มาจากซากดึกดำบรรพ์นั้นมีอยู่อย่างจำกัด ดังนั้นการใช้พลังงานจากแหล่งเหล่านี้จำเป็นต้องคำนึงถึงความสมดุลระหว่างความต้องการใช้พลังงานกับปริมาณของแหล่งพลังงานที่มีเหลืออยู่อีกทั้งจำเป็นต้องทำการศึกษาค้นคว้าแหล่งพลังงานใหม่ๆ หรือแหล่งพลังงานในรูปแบบใหม่ๆต่อไป นอกจากนี้สิ่ง ที่ต้องตระหนักเป็นอย่างยิ่งคือ ผลกระทบที่จะเกิดตามขึ้นมาอันเนื่องมาจากการใช้พลังงานเหล่านี้โดยเฉพาะปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมซึ่งเกิดขึ้นตามมาเป็นอย่างมาก ความสัมพันธ์ระหว่างการใช้พลังงานเพื่อสร้างความเจริญ

## 2.4 โอกาสในการใช้อุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้า

2.4.1 สำหรับพื้นที่มีการขยายตัวทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็ว มีประชากรมาอาศัยหนาแน่น ทำให้การขยายระบบสายส่งของการไฟฟ้านครหลวงและส่วนภูมิภาคไม่ทัน ทำให้การไฟฟ้าต้องจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่สูงเพื่อให้ปลายสายรับแรงดันไฟฟ้าได้พอดี หากการไฟฟ้าจ่ายแรงดันให้ตามปรกติของการไฟฟ้า ต้นทางได้แต่ปลายทางแรงดันต่ำ เป็นโอกาสที่ดี หากเจ้าของอาคารมีความรู้และเข้าใจเรื่องของการประหยัดพลังงาน ที่ต้องลงทุนติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้า ช่วยแก้ปัญหาให้กับการไฟฟ้าที่ไม่ต้องขยายเพิ่มระบบสายส่งหรือให้สายส่งมีขนาดใหญ่ขึ้น

2.4.2 โอกาสของอาคารที่มีแรงดันไฟฟ้าเกินในวงจรไฟฟ้าใดๆกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรนั้นจะแปรผันโดยตรงกับแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า (I) แปรผันตรงกับ μ แรงดันไฟฟ้า (E) จากสมการหมายความว่าเมื่อแรงดันไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นกระแสไฟฟ้าจะมีค่าเพิ่มขึ้นและเมื่อแรงดันไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงลดลงกระแสไฟฟ้าจะมีค่าลดลงตามด้วย จากวงจรเมื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้าจาก 10 โวลต์ เป็น 20 โวลต์ ทำให้กระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น




ภาพไม่ชัด

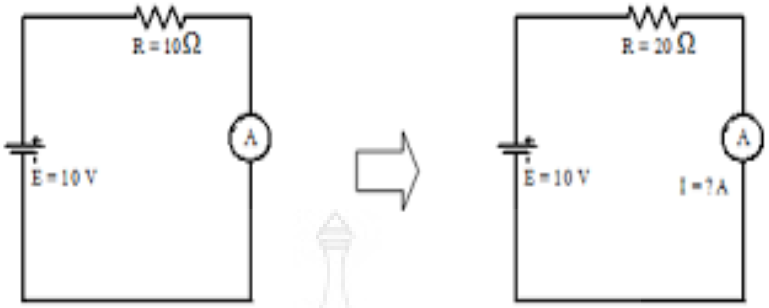
**ภาพ 2.4** วงจรไฟฟ้ากระแสไฟฟ้าจะแปรผันโดยตรงกับแรงดันไฟฟ้า

จากสูตรกฎของโอห์ม ของวงจรสามารถหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรได้ดังนี้

| | |
|---|---|
| I=E/R | I=E/R |
| =10/10 | =20/10 |
| =1A | =2A |

จากวงจรด้านบน จะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้าจะทำให้กระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นด้วย แรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น แรงดันไฟฟ้าลดลงกระแสไฟฟ้าลดลง หรือในวงจรไฟฟ้าใด ๆ กระแสไฟที่ไหลในวงจรนั้นจะแปรผกผันกับความต้านทานไฟฟ้ากระแสไฟฟ้า (I) μ แปรผันกับ 1/ความต้านทาน (R) จากสมการหมายความว่าเมื่อความต้านทานไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นกระแสไฟฟ้าจะมีค่าลดลงและเมื่อความต้านทานไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงลดลงกระแสไฟฟ้าจะมีค่าเพิ่มขึ้น จากวงจรเมื่อเพิ่มความต้านทานไฟฟ้าจาก 10 วัตต์ เป็น 20 วัตต์ ให้คำนวณหากระแสไฟฟ้าของวงจร

ภาพไม่ชัด




**ภาพ 2.5** วงจรไฟฟ้ากระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรจะแปรผกผันกับความต้านทานไฟฟ้า

จากสูตรกฎของโอห์มของวงจรสามารถหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรได้ดังนี้

I = E/RI = E/R

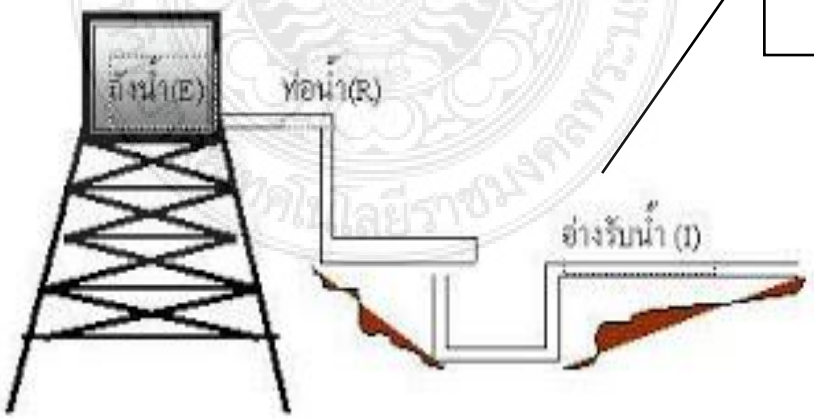
I = 10/10I = 10/20

I = 1.A = 0.5 A.

จากภาพด้านบน จะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มค่าความต้านทานจะทำให้กระแสไฟฟ้าลดลงสรุปความต้านทานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นกระแสไฟฟ้าลดลง ความต้านทานไฟฟ้าลดลงกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นความสัมพันธ์นี้เปรียบเทียบกับการไหลของน้ำในท่อน้ำประปาได้คือให้แรงดัน (E) เป็นถังเก็บน้ำ ที่อยู่ในระดับสูง ให้ความต้านทาน (R) เป็นท่อประปา (ท่อขนาดเล็กจะมีความต้านทานมาก ท่อขนาดใหญ่จะมีความต้านทานน้อย ) ให้กระแสไฟฟ้า (I) เป็นปริมาณของน้ำที่เราต้องการใช้

ภาพไม่ชัด

ขาดที่มา



แรงดันของน้ำที่ไหลออกมาจากถังเก็บน้ำ ถ้าต้องการให้มีแรงดันสูงต้องตั้งไว้ที่สูง ความต้านทานเป็นขนาดของท่อน้ำประปา ถ้าท่อมีขนาดเล็กความต้านทานจะมากน้ำไหลได้น้อย ถ้าท่อมีขนาดใหญ่ความต้านทานจะน้อย น้ำไหลได้มาก ปริมาณของกระแสไฟฟ้าเปรียบเหมือนกับปริมาณของน้ำที่ไหลออกจากท่อ

## 2.5 กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มผู้ประกอบการรายเล็กที่ขอการใช้ไฟฟ้า ที่ไม่มีหม้อแปลงไฟฟ้าของตัวเองหรือเมืองที่กำลังเจริญ เพราะการประกอบธุรกิจ การควบคุมต้นทุนในการผลิตการดำเนินการ โดยเฉพาะค่าไฟฟ้าที่ต้องจ่ายเป็นรายเดือนหากควบคุมได้จะช่วยให้ผลดำเนินการมีกำไร การแข่งขันในตลาดที่สูงหากไม่คำนึงถึงสิ่งเหล่านี้จะทำให้เสียเปรียบคู่แข่งที่ใช้โอกาส การใช้โปรโมชั่นเพื่อสร้างยอดขาย จากผลกำไรคืนให้กับลูกค้า

## 2.6 กลุ่มลูกค้าในการสร้างต้นแบบ

ด้วยห้างธุรกิจค้าปลีกขนาดเล็กที่มีจำนวนมากเช่น มินิบิ๊กซี มีทั้งหมด 600 กว่าสาขาในปี 2016 ที่เปิดทำการในตำบล,อำเภอ,ตัวเมืองหลวงและต่างจังหวัดรวมถึงค่าไฟฟ้าที่จ่ายตั้งแต่ 50,000 บาท ถึง 100,000 บาทต่อสาขาต่อเดือน ซึ่งเป็นจำนวนที่มาก

## 2.7 ข้อกำหนดของการสร้างต้นแบบ

- สาขาที่มีแรงดันไฟฟ้าเกิน 220 โวลต์
- สาขาที่การ balance Load ไม่ได้ เพราะโหลดภายในส่วนมากจะเป็น Single phase
- สามารถบริหารจัดการได้ค่าใช้จ่ายประจำเดือนได้อย่างถูกต้อง
- ส่วนกลางสามารถเชื่อมโยงเข้าดูการใช้พลังงานได้ สำหรับที่มีค่าใช้จ่ายที่สูงผิดปรกติ
- สามารถควบคุมและตรวจสอบของพนักงานหลังห้างปิดแล้ว ไม่ปิดอุปกรณ์ภายในอาคาร ที่สูญเสียพลังงาน โดยที่ไม่ทราบสาเหตุ เนื่องจากบางสาขาอยู่ห่างไกล

# บทที่ 3

# การออกแบบทางวิศวกรรมและการสร้างต้นแบบ

จากการศึกษาการแข่งขันและแนวโน้มของการใช้พลังงานไฟฟ้าในปัจจุบัน และในอนาคต กับเทคโนโลยีการควบคุมพลังงานไฟฟ้า การนำใช้งานกับหลากหลายอุตสาหกรรมและหลากหลายในธุรกิจการแข่งขันด้านการลงทุนหรือค่าใช้ Fixed cost จะต้องเลือกและควบคุมจากเทคโนโลยีใหม่ ๆ มาลงทุนเพื่อการได้เปรียบคู่แข่ง ซึ่งการออกแบบทางด้านวิศวกรรมถือว่ามีความสำคัญมากในการสร้างสรรค์การออกแบบพัฒนาอุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้า ประกอบด้วย Conceptual design, Embodiment design, Detailed design, Prototype design and Construction. โ ด ย มีรายละเอียด ดังนี้

## 3.1 การกำหนดกรอบการออกแบบที่สำคัญ (Conceptual Design)

จากแนวคิดในการสร้างสิ่งประดิษฐ์เพื่อให้เกิดความยั่งยืน โดยที่สามารถครอบคลุมทั้ง 3 ด้าน คือ เศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม สำหรับด้านเศรษฐกิจเนื่องด้วยการใช้พลังงานไฟฟ้าส่วนเกินเป็นการทำลายทรัพยากรของชาติและสิ่งแวดล้อมหากผู้ประกอบการหรือหน่วยงานที่รับผิดชอบจะต้องผลักดันและกำหนดให้ผู้ผลิตหม้อแปลงไฟฟ้าทุกรายจะต้องมีความรับผิดชอบของการกำหนดแรงดันไฟฟ้าให้เหมาะสมกับการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ออกแบบไว้และทำงานอย่างอัตโนมัติ เพื่อไม่เกิดการสูญเสียของพลังงานถูกนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด จะไม่ก่อให้เกิดมลภาวะ สู่สิ่งแวดล้อมน้อยลง

### 3.1.1 แนวคิดในการออกแบบ

แนวคิดของการสร้างอุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้า ที่สามารถตอบสนองการใช้งานในเขตชุมชนเมือง แหล่งธุรกิจกำลังก่อสร้างที่อยู่อาศัยขนาดใหญ่ ที่รับไฟฟ้าโดยตรงที่ไม่มีหม้อแปลงเป็นของตัวเอง ซึ่งมีปัญหาเรื่องการจ่ายแรงดันจากการไฟฟ้านครหลวง หรือการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

### 3.1.2 แนวคิดด้านระบบควบคุมแรงดันไฟฟ้าด้านจ่าย

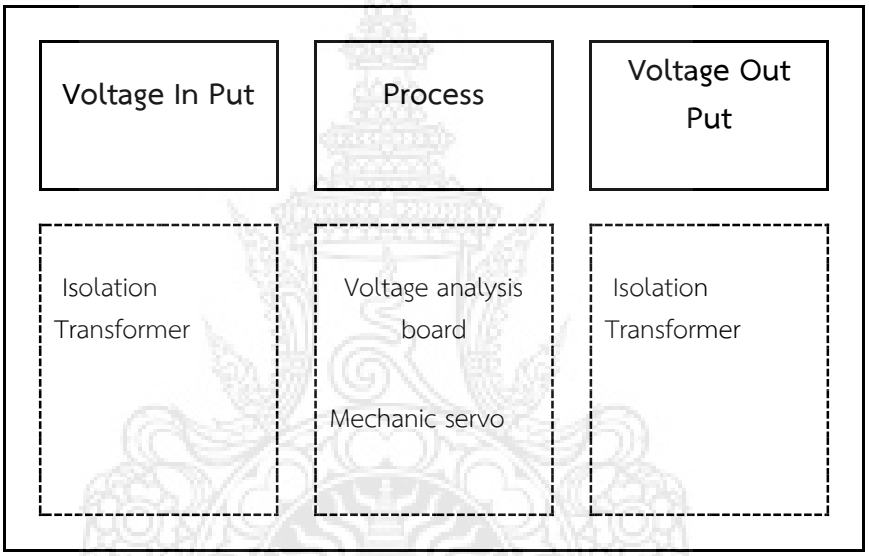
อุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่ทำการทดลอง เป็นระบบควบคุมแรงดันไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ โดยใช้ แบบ Dynamic การทำงานของ Mechanic Servo เป็นตัวปรับและควบคุมแรงดันไฟฟ้าด้านจ่ายให้ได้ตามโหลดต้องการและทำการเฉลี่ยควบคุมแรงดันไฟฟ้าอย่างชาญฉลาดเมื่อแรงดันไฟฟ้าด้านจ่ายมีการเปลี่ยนแปลง โดยการเลือกใช้แหล่งพลังงานที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ไม่ก่อให้เกิดมลพิษเมื่อเสื่อมสภาพหรือหมดอายุการใช้งาน

### 3.1.3 แนวคิดด้านระบบควบคุม

ในส่วนการควบคุมและสั่งงาน เป็นระบบที่มีการเชื่อมโยงด้านรับ กับด้านจ่ายแรงดันไฟฟ้าจาก Voltage Analysis Board ( VAB ) สามารถรับทราบถึงแรงดันไฟฟ้าที่โหลดต้องการ

## 3.2 การออกแบบหลักการทำงานที่สำคัญ (Embodiment Design)

อุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้าต้นแบบที่ทำการทดลองที่จะสร้างขึ้นมีส่วนประกอบสำคัญแบ่งเป็น 3 ส่วนประกอบต่าง ๆ ดังภาพที่ 3.1




**ภาพ 3.1** ส่วนประกอบของอุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้า (Block Diagram)

จากภาพที่ 3.1 สามารถจำแนกระบบที่เกี่ยวข้องในส่วนประกอบหลักได้ดังนี้

1) แรงดันด้านเข้า มีส่วนประกอบย่อยที่เกี่ยวข้องได้แก่ หม้อแปลงไฟฟ้าประกอบด้วย Coil ด้าน Primary
2) ส่วนประมวลผลการควบคุมแรงดันไฟฟ้า เพื่อให้ได้ตามโหลดต้องการที่ออกแบบไว้ที่ประกอบด้วย Voltage analysis board , Mechanic servo
3) แรงดันด้านจ่ายออก มีส่วนประกอบย่อยที่เกี่ยวข้องได้แก่ Coil หม้อแปลงไฟฟ้าด้านจ่ายโหลด

### 3.2.1 ส่วนโครงสร้างของหม้อแปลงไฟฟ้าด้านเข้า (In put)

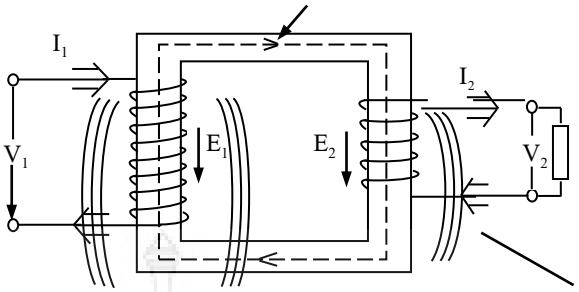
หม้อแปลงไฟฟ้ามีส่วนประกอบที่สำคัญอยู่ 3 ส่วน คือ แกนเหล็ก ขดลวดตัวนำ และฉนวน อาจจะมีส่วนประกอบย่อยอื่นๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดพิกัดของหม้อแปลง เช่น หม้อแปลงที่ใช้ในระบบจำหน่ายไฟฟ้า มีถังบรรจุหม้อแปลง น้ำมันหม้อแปลง ครีบระบายความร้อน ขั้วแรงดันด้านสูง ขั้วแรงดันด้านต่ำ และอื่นๆเป็นต้น

3.2.1.1 แกนหลัก (Core) มีลักษณะเป็นแผ่นเหล็กบางๆ เคลือบด้วยฉนวนนำมาอัดซ้อนกันเป็นรูปแกนของหม้อแปลง ทำหน้าที่เป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็ก แกนเหล็กที่ดีต้องเป็นเหล็กอ่อนมีส่วนผสมของสารซิลิกอน มีความซึมซับได้ (Permeability) สูง การสูญเสียเนื่องจากฮิสเตอริซีส(Hyteresisloss) ต่ำมีความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กที่ใช้ในการเหนี่ยวนำสูงถึง 1.35-1.55 เวเบอร์ต่อตารางเมตร เป็นเหล็กประเภทเกรนโอเรียนเตด (Gain oriented steel) ฉนวนที่นำมาฉาบแผ่นเหล็กทั้งสองด้านมีค่าความเป็นฉนวนตามผิวสูง เพื่อป้องกันการสูญเสียที่เกิดจากกระแสไหลวน (Eddy Current) ซึ่งจะเป็นสารจำพวกวานิช (Vanish)

3.2.1.2 ขดลวด (Winding) ขดลวดที่ใช้พันหม้อแปลงมีลักษณะเป็นขดลวดทองแดง หรือขดลวดอลูมิเนียมที่หุ้มหรือเคลือบด้วยฉนวน อาจจะเป็นได้ทั้งลวดแบนที่มีพื้นที่หน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าหรือลวดกลมก็ได้หม้อแปลงไฟฟ้ามีขดลวด 2 ชุด คือ ขดลวดปฐมภูมิ (Primary winding) และขดลวดทุติยภูมิ (Secondary winding) โดยขดลวดปฐมภูมิจะเป็นชุดที่รับไฟเข้า ส่วนขดลวดทุติยภูมิเป็นชุดที่จ่ายไฟออกไปใช้งาน

3.2.1.3 ฉนวน (Insulation) ฉนวนมีไว้เพื่อป้องกันไม่ให้ขดลวดสัมผัสกับส่วนที่เป็นแกนเหล็กและป้องกันไม่ให้ขดลวดแต่ละชั้นสัมผัสกันได้ (Short turn) สำหรับลวดตัวนำที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 0.2-1.3 มิลลิเมตร หากต้องการให้ฉนวนมีคุณภาพดีและทนความร้อนได้มากจะต้องเคลือบด้วยไวนิเฟลกซ์ (Viniflex) หรือพันทับด้วยไหมแคปรอน (Caprone) เทเรไลน์ (Teleline)หรือฝ้าย และถ้าลวดตัวนำมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 1.3-4.1 มิลลิเมตร จะพันด้วยกระดาษเคเบิล (Cable paper) หลายชั้นส่วนตัวนำที่มีพื้นที่หน้าตัดแบบสี่เหลี่ยมจะพันทับด้วยฉนวนไฟเบอร์กลาส (Fiberglass) สำหรับฉนวนที่คั่นระหว่างชั้นของขดลวดส่วนมากจะเป็นกระดาษเคเบิลหนาประมาณ 0.2 มิลลิเมตร และจำนวนชั้นของกระดาษจะขึ้นอยู่กับพิกัดกำลังของหม้อแปลง

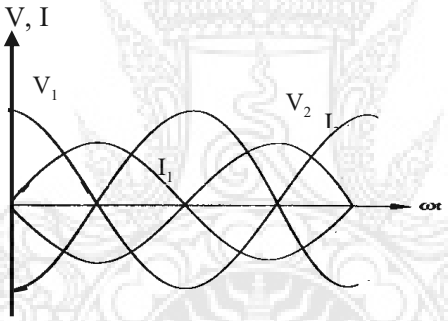
หลักการทำงานเมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้กับขดลวดปฐมภูมิ ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าและเส้นแรงแม่เหล็กขึ้นที่ขดปฐมภูมิ มีลักษณะของการพองตัวและยุบตัวของสนามแม่เหล็กตามการเปลี่ยนแปลงของรูปคลื่นไซน์ทั้งซีกบวกและซีกลบเป็นเช่นนี้ตลอดไป และสนามแม่เหล็กที่พองตัวและยุบตัวนี้ จะตัดกับขดลวดปฐมภูมิทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นในขดลวดปฐมภูมิซึ่งมีทิศทางตรงกันข้ามกับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับขดลวดปฐมภูมินั้น และเรียกแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำนี้ว่า แรงดันไฟฟ้าต้านกลับ (Back e.m.f) ส่วนกระแสที่ไหลในขดลวดปฐมภูมิขณะไม่มีโหลดเรียกว่า กระแสกระตุ้น (Excited current) เนื่องจากขดลวดทุติยภูมิพันอยู่บนแกนเหล็กเดียวกันกับขดลวดปฐมภูมิ สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจากขดลวดปฐมภูมิที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาจะตัดกับขดลวดทุติยภูมิ ดังนั้นจึงทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นในขดทุติยภูมิ ซึ่งหาได้จากอัตราส่วนของจำนวนรอบขดลวดทุติยภูมิกับขดลวดปฐมภูมิ และเมื่อต่อโหลดเข้ากับทางด้านทุติยภูมิจะทำให้มีกระแสไหลเพราะว่าหม้อแปลงเป็นอินดักทีฟกระแสไฟฟ้าที่ขดทุติยภูมิจะล้าหลังแรงดันไฟฟ้าของขดทุติยภูมิ 90 องศา เมื่อแรงดันที่ขดทุติยภูมิล้าหลังกระแสที่ขดปฐมภูมิอยู่ 90 องศา กระแสที่ขดทุติยภูมิจะต่างเฟสกับกระแสที่ไหลในขดปฐมภูมิ 180 องศา



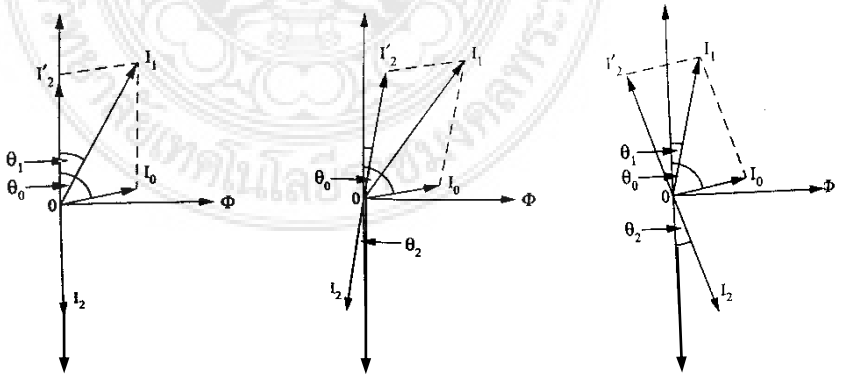

ขาดที่มา

**ภาพ 3.2** การเกิดเส้นแรงแม่เหล็กของหม้อแปลง

กระแสของขดทุติยภูมิจะเหนี่ยวนำทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าต้านกลับขึ้นในขดทุติยภูมิ แรงดันไฟฟ้าต้านกลับนี้จะมีทิศทางตรงกันข้ามกับแรงดันไฟฟ้าต้านกลับของขดปฐมภูมิ และทำให้แรงดันไฟฟ้าต้านกลับของขดทุติยภูมิอ่อนกำลังลง และทำให้กระแสที่ไหลในขดปฐมภูมิมากกว่ากระแสขณะไม่มีโหลด ในขณะที่กระแสขดทุติยภูมิเพิ่มขึ้นกระแสในขดปฐมภูมิก็จะเพิ่มขึ้นอย่างเป็นสัดส่วนกัน




**ภาพ 3.3** รูปคลื่นของแรงดันและกระแสของขดปฐมภูมิและขดทุติยภูมิ



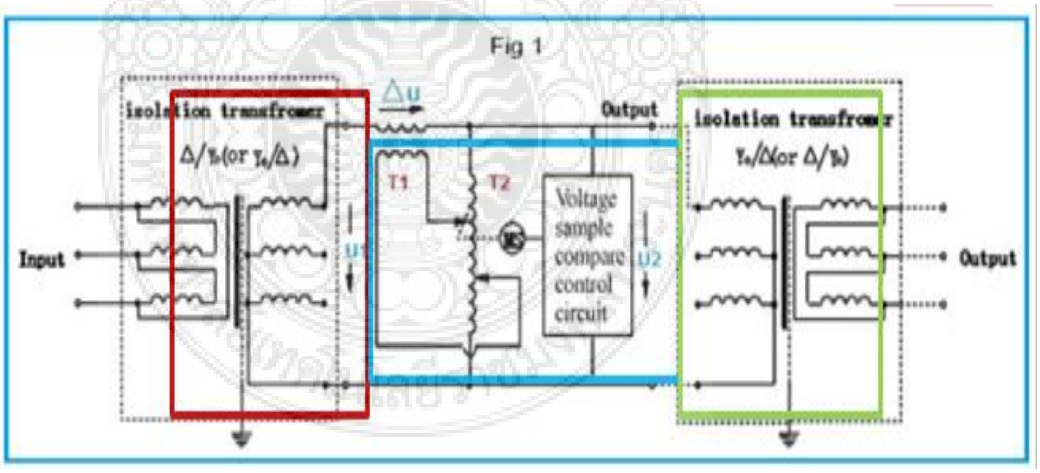

$E_2 = V_2$ $E_2 = V_2$ $E_2 = V_2$

(ก) โหลดเป็น R (ข) โหลดเป็น L (ค) โหลดเป็น C

**ภาพ 3.4** เวกเตอร์ของหม้อแปลงขณะมีโหลด

ตัวต้านทาน ตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุต่ออนุกรมในวงจรไฟสลับ ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับที่ประกอบด้วยตัวต้านทาน (R) ตัวเหนี่ยวนำ (L) และตัวเก็บประจุ (C) ที่ต่ออนุกรมกันในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ จะเป็นผลทำให้กระแสไฟฟ้า (I) ที่ไหลผ่านวงจรอาจจะนำหน้า ล้าหลัง หรืออินเฟสกับแรงดันไฟฟ้า (V) ก็ได้ เมื่อเรากำหนดให้ความถี่ของเครื่องกำหนดสัญญาณมีค่าคงที่ ดังนั้นมุมต่างเฟส (q) ของวงจรจะนำหน้า ล้าหลัง หรืออินเฟส จึงขึ้นอยู่กับค่าความเหนี่ยวนำ และค่าตัวเก็บประจุ

**3.2.2 ชุดการประมวลผลและควบคุมแรงดันไฟฟ้า** หม้อแปลงไฟฟ้าเป็นเครื่องกลไฟฟ้าที่ใช้ในการส่งถ่ายพลังงานไฟฟ้า จากขดลวดชุดหนึ่งไปยังขดลวดอีกชุดหนึ่ง โดยที่ความถี่ไม่เปลี่ยนแปลงหรือเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมโยงระหว่างระบบไฟฟ้าที่มีแรงดันไฟฟ้าต่างกัน โดยจะทำหน้าที่เพิ่มหรือลดแรงดันไฟฟ้าให้เหมาะกับการส่ง การจ่ายและการใช้พลังงานไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้าจึงเป็นเครื่องกลไฟฟ้าที่สำคัญชนิดหนึ่ง ดังนั้นหม้อแปลงไฟฟ้านอกจากจะต้องเลือกขนาดจากการออกแบบการผลิตและติดตั้งอย่างถูกต้องแล้วจะต้องควบคุมแรงดันไฟฟ้าด้านจ่ายออกให้คงที่ตามโหลดที่อุปกรณ์ต้องการ หากมีการเพิ่มหรือลดจากแหล่งจ่ายที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ ในการออกแบบวิศวกรไฟฟ้าต้องเผื่อแรงดันไฟฟ้าตกรวมทั้งหมดไม่เกิน 5% หลักการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้าโดยทั่วไปเมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่รับแรงดันไฟฟ้าจากหม้อแปลงไฟฟ้า ( Step Down Transformer ) ต้องชดเชยแรงดันไฟฟ้าที่ต่ำ (V) โดยการดึงกระแสไฟฟ้า (I) ให้เพิ่มขึ้นเพื่อชดเชยให้ได้พลังงาน (P) ตามที่โหลดนั้นๆ ต้องการ การทำงานในหลักการดังกล่าว ทำให้เกิดการสูญเสียในหม้อแปลงไฟฟ้าและเกิดความร้อนในหม้อแปลงไฟฟ้าจะส่งผลเรื่องของประสิทธิภาพลดลง สำหรับอุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่เรานำมาทดลองและติดตั้งใช้งานจริงเป็นการลดแรงดันไฟฟ้าส่วนที่ด้านออกที่ 220 โวลต์ ตามวงจรที่แสดงด้านล่าง




ภาพไม่ชัด ขาดที่มา

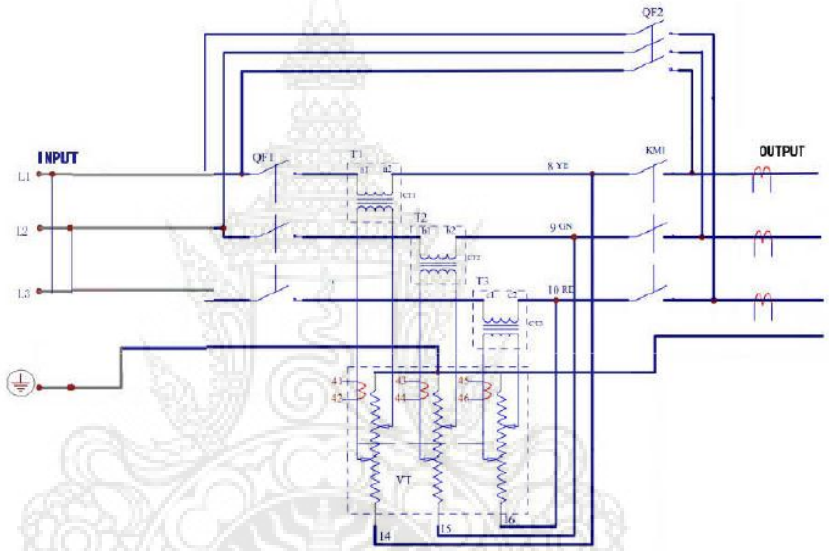
**ภาพ 3.5** แสดงการต่อวงจรภายในของอุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้า

จากวงจรในรูปภาพด้านบนเป็นการออกแบบการทำงานโดยใช้หลักการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า ส่วนที่ต่างจากหม้อแปลงไฟฟ้าทั่วไป คือการนำเทคโนโลยีการควบคุมแรงดันไฟฟ้าด้าน Out put ที่สามารถเลือก กำหนดแรงดันไฟฟ้าด้านจ่ายออกได้ โดยใช้หลักการทำงานของ

Variable Transformer (T1) , Regulator (T2) เป็นการประมวลผลและควบคุมแรงดันไฟฟ้าระบบอัจฉริยะจาก Voltage Analysis Board (VAB) สามารถรับทราบถึงแรงดันไฟฟ้าที่โหลด U2 ต้องการ

- Dynamic เป็นการทำงานของ Mechanic servo เป็นตัวปรับและควบคุมแรงดันทางด้าน Out put ให้ได้ 220 โวลต์ จากสายส่งด้าน U1 และทำการเฉลี่ยควบคุมแรงดันไฟฟ้าให้ได้ 220 โวลต์ หรือตามต้องการด้าน Out put

จากหลักการทำงานดังกล่าวทำให้ช่วยลดความร้อนในขดลวดไม่มีความร้อนสะสมและสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการจ่ายโหลดได้ตามที่ออกแบบ หากเกิดปัญหากับอุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้าไม่สามารถควบคุมหรือจ่ายโหลดได้ระบบจะสั่งการอัตโนมัติเข้าสู่ Mode bypass เพื่อให้มีแรงดันไฟฟ้าใช้ได้ตลอดเวลาตามรูปด้านล่าง

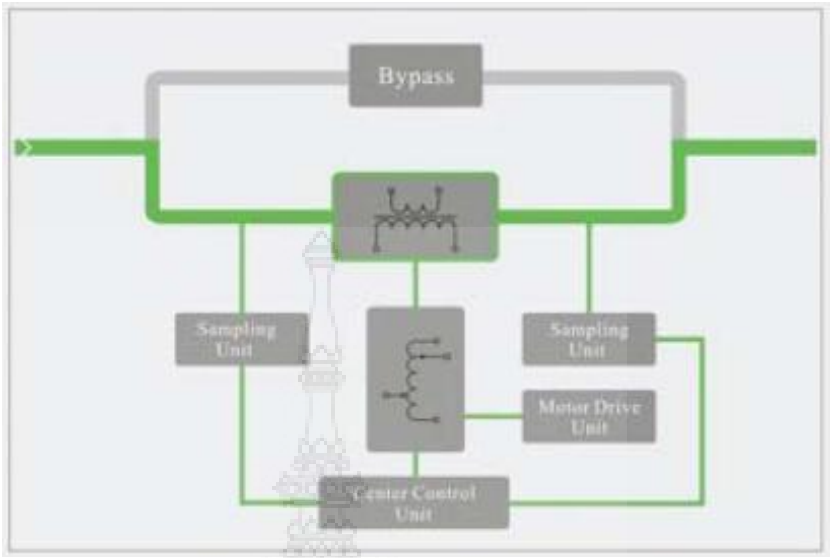



ภาพไม่ชัด ขาดที่มา

**ภาพ 3.6** แสดงวงจร Power Circuit Diagram 3 phase

การออกแบบวงจร Power circuit diagram ในการเขียนวงจรได้ป้องกันระบบการจ่ายแรงดันไฟฟ้าได้ทันทีหากชุด QF1 เป็นการจ่ายผ่านระบบควบคุมแรงดันไฟฟ้า เมื่อแรงดันเสถียรจะสั่งให้ KM1 จ่ายแรงดันไฟฟ้าด้าน Out put ในสภาวะที่มีการจ่ายผ่านระบบควบคุมเพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงาน หากพบว่าระบบควบคุมที่จ่ายแรงดันไฟฟ้าออกไปผิดจากค่าที่กำหนด QF1 จะถูกยกเลิกการจ่ายแรงดันไฟฟ้าทันทีพร้อมสั่งให้ชุด QF2 ต่อเข้าระบบเพื่อให้ด้าน Out put มีแรงดันไฟฟ้าจ่ายให้ตลอดเวลาเพื่อไม่เกิดผลกระทบพร้อมระบบป้องกัน QF1 และ QF2 จะทำงานพร้อมกันไม่ได้ เพราะมี Interlock ทั้งด้านไฟฟ้าและ Mechanic ที่สามารถตรวจสอบสถานะได้จากหน้าจอมอนิเตอร์ที่อยู่ด้านหน้าของตัวเครื่อง

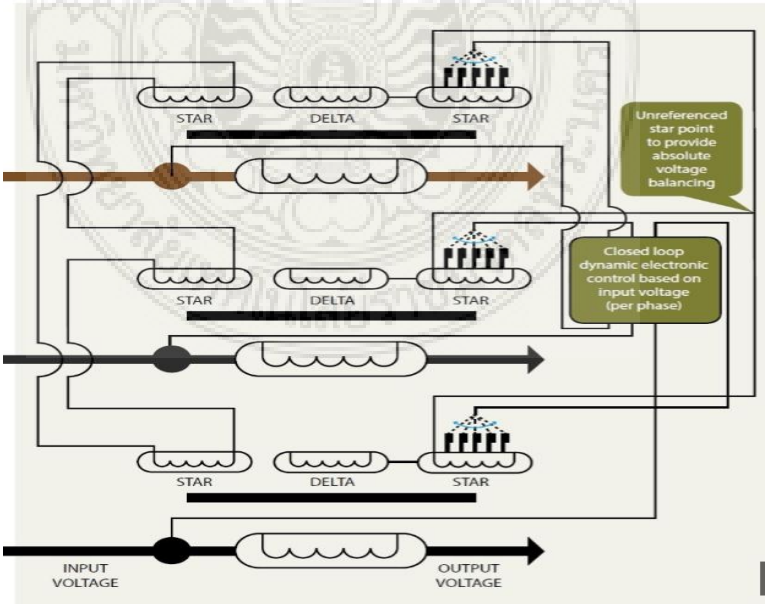
ภาพไม่ชัด
ขาดที่มา




**ภาพ 3.7** จอมอนิเตอร์บอกสถานะ

เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการใช้งานสามารถทราบสถานะของอุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้าว่าเปิดใช้งานหรือ Mode bypass ผู้ตรวจสอบไม่จำเป็นต้องเป็นช่างก็สามารถทราบได้โดยดูจากหน้าจอมอนิเตอร์ ที่ทำเป็น Graphic ออกแบบการทำงานที่โดยใช้ Auxiliary contract จาก Main circuit diagram ต่อมาเข้า Graphic มาใช้งาน

### 3.2.3 ส่วนโครงสร้างของหม้อแปลงไฟฟ้าด้านจ่าย (Out put)




**ภาพ 3.8** ไดอะแกรมวงจรทางเทคนิคของหม้อแปลงไฟฟ้าด้านจ่าย

จากรูปด้านบนเป็นการต่อวงจรแบบ Star เพื่อการกำจัด Harmonics ขดลวดที่ถูกพันทั้งสองขด (ขดนอกและขดใน) จะถูกพันรวมกันในแกนเดียวกันแต่พันสวนทางกัน การต่อกันของขดลวดจะต่อกันระหว่างเฟส L1 (สีน้ำตาล) ไปที่ขดลวดเฟส L2 (สีดำ) และต่อไปยังเฟส L3 (สีเทา)

3.2.3.1 การต่อวงจรแบบ Delta เพื่อการกำจัดการเกิดฮาโมนิกส์ที่เหลือจากวงจร Star ให้หมดไป

3.2.3.2 การต่อวงจรแบบ Star เพื่อสำหรับการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้อาคารตามความต้องการ

จากรูปด้านล่างเป็นการต่อวงจรตามไดอะแกรมของวงจรทางเทคนิคของอุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้า

ขาดที่มา

**ภาพ 3.9** ภายในโครงสร้างของการ

จากภาพด้านบนหลังจากการต่อวงจรเสร็จแล้วรอเข้าประกอบในตู้ควบคุม

## 3.3 การออกแบบเพื่อกำหนดรายละเอียด (Detail Design)

3.3.1 การกำหนดขนาดของอุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้าขนาด 100 KVA. ขนาด W 300 X H 800 X D 1370 mm. เนื่องจากอุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ช่วยแก้ปัญหาของแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายเกินกว่าที่อุปกรณ์ไฟฟ้าต้องการที่ตอบสนองการใช้งานในชุมชน หรือในเขตเมืองแออัด เพื่อช่วยลดปัญหาในระบบสายส่งจากการไฟฟ้า

3.3.2 จากการศึกษากฎของโอห์มเพื่อออกแบบใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับ ความต่างศักย์ไฟฟ้ากับความต้านทานกล่าวคือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวนำใดๆ แปรผันโดยตรงกับความต่างศักย์ แรงดันไฟฟ้าหรือแรงดันตกคร่อมกับความต้านทาน กล่าวคือกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวนำใดๆ แปรผันโดยตรงกับความต่างศักย์ $I \propto V$ และกระแสไฟฟ้าจะแปรผกผันกับความต้านทานระหว่างสองจุด คือความต้านทานมากจะทำให้กระแสไหลน้อย ถ้าความต้านทานน้อยจะทำให้มีกระแสมาก เขียนเป็นสมการ $I \propto I/R$ กฎของโอห์ม

**Ohm's law**

Voltage optimisation can be explained using Ohm's Law:

$$\text{Power} = \frac{\text{Voltage}^2}{\text{Resistance}}$$

Power (P) = Kilowatts (kW)
V = Voltage in volts (V)
R = Resistance in Ohms (Ω)

**ภาพ 3.10** กฎของโอห์ม

**ที่มา:** กฎของโอห์ม กำลังไฟฟ้า และพลังงานไฟฟ้า

โดยที่

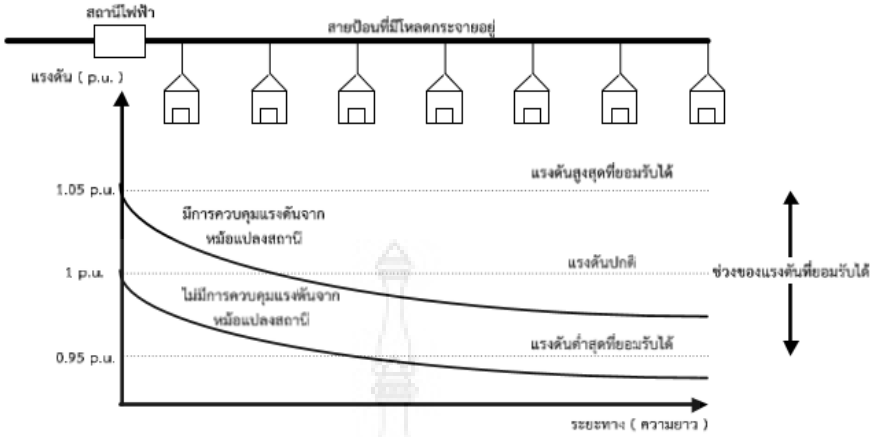
V คือความต่างศักย์ มีหน่วยเป็น โวลต์,

I คือกระแสในวงจร หน่วยเป็น แอมแปร์

R คือความต้านทานในวงจร หน่วยเป็น โอห์ม

กฎดังกล่าวเป็นการตั้งชื่อให้เกียรติกับ จอร์จ โอห์ม นักฟิสิกส์ชาวเยอรมัน ผู้ที่ตีพิมพ์ผลงานในปี พ.ศ. 2370 (ค.ศ. 1827) บรรยายการทดลองวัดค่าแรงดันและกระแสผ่านลวดความยาวต่าง ๆ กัน และอธิบายผลด้วยสมการ (ซึ่งซับซ้อนกว่าสมการบนเล็กน้อย) กฎของโอห์มในวงจรไฟฟ้าใด ๆ มีองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน คือ แหล่งจ่ายกำลังงานไฟฟ้า ตัวนำไฟฟ้าและภาระไฟฟ้า ภาระไฟฟ้าอาจจะเป็นตัวต้านทานหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าใด ๆ ดังนั้น ความสำคัญของวงจรที่จะต้องคำนึงถึงเมื่อมีการต่อวงจรไฟฟ้า ใดๆ เกิดขึ้นคือทำอย่างไรจึงจะไม่ให้กระแสไฟฟ้าไหล ผ่านเข้าไปในวงจรมากเกินไป ซึ่งจะทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าชำรุดเสียหายหรือวงจรไหม้เสียหายได้ ยอร์จ ไซมอนโอห์ม นักฟิสิกส์ชาวเยอรมนีให้ความสำคัญของวงจรไฟฟ้า และสรุปเป็นกฎออกมา

3.3.3 ทำการวิเคราะห์ของแรงดันไฟฟ้าที่เพิ่ม ลด จากสาเหตุอะไรเพื่อจำกัดแรงดันไม่เกินร้อยละ 95 ถึง105 ของแรงดันไฟฟ้าปรกติ ในการออกแบบ

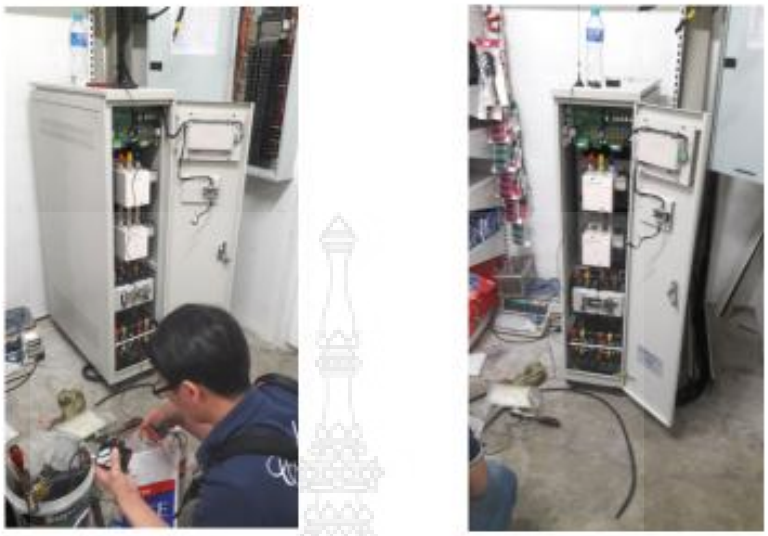



**ภาพ 3.11** แรงดันไฟฟ้าในสายป้อนเมื่อจ่ายแรงดันออกจากหม้อแปลงไฟฟ้าและระดับค่าแรงดันไฟฟ้าที่ยอมรับได้

## 3.4 กระบวนการผลิตสร้างต้นแบบ

เนื่องจากอุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้า ทางผู้วิจัยได้พัฒนาเพิ่มประสิทธิภาพให้สูงขึ้นด้านจ่ายกระแสไฟฟ้า การควบคุมแรงดันไฟฟ้าโดยการใช้ Server motor ทำงานทันทีหากพบว่าแรงดันไม่เพิ่มขึ้นหรือลดลงมีการปรับให้ได้ตามค่าที่กำหนดทันที พร้อมการพัฒนาโปรแกรมติดตามผ่าน Application มือถือแบบ Smart Phone เพื่อการควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าให้เกิดประโยชน์สูงสุด

**ภาพ 3.12** การประกอบตู้และนำเข้าติดตั้งสถานที่ใช้งาน

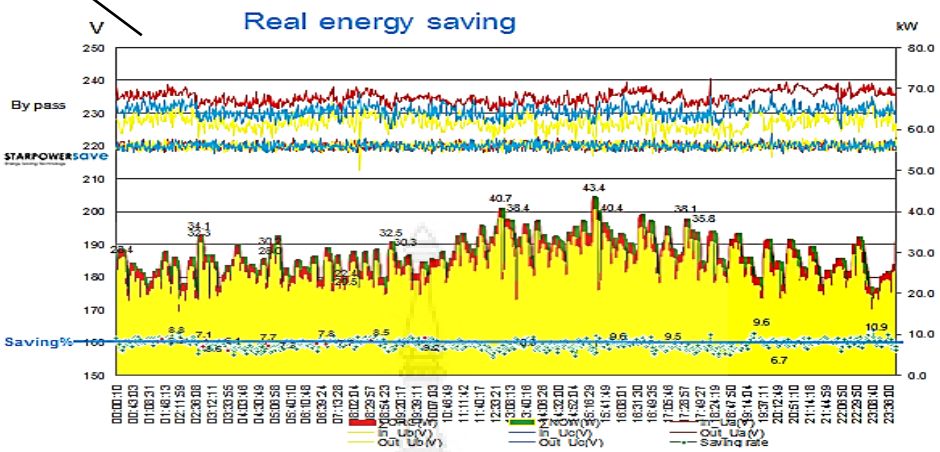


**ภาพ 3.13** การติดตั้งระบบควบคุมผ่านมือถือ

**ภาพ 3.14** ติดตั้งเสร็จเรียบร้อยพร้อมใช้งาน

เมื่อทุกส่วนได้ประกอบและติดตั้งอย่างสมบูรณ์แล้ว ได้มีนำเข้าไปสู่กระบวนทดสอบในลำดับถัดไปซึ่งจะต้องมีการทดสอบในหลากหลายด้าน ก่อนการเริ่มใช้งานจริงซึ่งจะกล่าวในบทถัดไป ภาพที่ 3.15 เป็นภาพของอุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้าต้นแบบที่สร้างขึ้นได้สำเร็จตามการออกแบบและเป้าหมายที่ตั้งไว้

ภาพไม่ชัด
ขาดที่มา




**ภาพ 3.15** แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าผ่านเครื่องควบคุมแรงดันปรับค่าที่ 220 โวลต์ และ Balance Phase

จากภาพที่ 3.15 เป็นภาพของโชว์แรงดันไฟฟ้าและการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่ 220 โวลต์ อุปกรณ์สามารถทำการ Balance Phase ให้เห็นได้อย่างชัดเจน รวมถึงผลประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากเครื่องต้นแบบที่ประกอบเสร็จแล้วจะทำการทดลองติดตั้งจริงที่ อาคารค้าปลีก มินิบิ๊กซี สาขาบางกระดี่ ถนนพระราม 2 จะเห็นว่าแรงดันที่จ่ายประมาณ 230 โวลต์ ซึ่งแต่ละเฟสจะไม่เท่ากัน ในบทถัดไปจะกล่าวถึงวิธีการทดสอบต่าง ๆ ของอุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้าต้นแบบ

# บทที่ 4

# การทดลอง

เข้าสำรวจตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าโดยสุ่มเลือกจากอาคารที่ประกอบกิจกรรมที่เหมือนกันและมีจำนวนอุปกรณ์เครื่องจักรที่ใกล้เคียงสุดท้ายคือค่าไฟฟ้าต่อเดือนจากบิลการไฟฟ้าย้อนหลัง 1 ปีมาวิเคราะห์ในการคัดเลือก เพื่อเข้าทำการตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าและพูดคุยกับเจ้าหน้าที่อาคารที่เกี่ยวข้อง

## 4.1 ผลการทดลองพลังงานไฟฟ้า

ได้ทำการเปรียบเทียบข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนติดตั้งและหลังติดตั้ง โดยใช้เกณฑ์เดียวกัน คือ ดูจากบิลของการไฟฟ้าที่เรียกเก็บไปที่อาคาร ในขณะเดียวกันการ ปิด/เปิด เครื่องจักรภายในอาคาร เหมือนเดิม

**ตาราง 4.1** ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของร้านค้าจากบิลการไฟฟ้านครหลวง

ภาพไม่ชัด

**รายละเอียดค่าไฟของเดือน ม.ค - พ.ค ปี 2016 มินิบิ๊กซีสาขาบางกระดี่**

| Seq. | MRU | Instal. | Name | Address | P-Date | L-Date | P-Read | L-Read | KWH-Total | Inv.Amt. | VAT.Amt. | Ex.Amt | FT.Amt. | FT.Ra | KWH-ON | KWH-OF |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| เดือน1 | 68309850 | 30091044 | บมจ.บิ๊กซี | 49 อ.บางกระดี่ | 301258 | 300159 | 275097 | 290330 | 15233 | 61987.5 | 4055.26 | 57932.2 | 73118 | 480 | 5836 | 9397 |
| เดือน2 | 68309850 | 30091044 | บมจ.บิ๊กซี | 49 อ.บางกระดี่ | 300159 | 280259 | 290330 | 304303 | 13973 | 57059.5 | 3732.87 | 53326.7 | 67070 | 480 | 5411 | 8562 |
| เดือน3 | 68309850 | 30091044 | บมจ.บิ๊กซี | 49 อ.บางกระดี่ | 280259 | 300359 | 304303 | 320841 | 16538 | 67838.4 | 4438.03 | 63400.4 | 79382 | 480 | 6497 | 10041 |
| เดือน4 | 68309850 | 30091044 | บมจ.บิ๊กซี | 49 อ.บางกระดี่ | 300359 | 290459 | 320841 | 338148 | 17307 | 68460 | 4478.69 | 63981.3 | 83074 | 480 | 6051 | 11256 |
| เดือน5 | 68309850 | 30091044 | บมจ.บิ๊กซี | 49 อ.บางกระดี่ | 290459 | 300559 | 338148 | 357366 | 19218 | 71528.1 | 4679.41 | 66848.7 | 639767 | 3329 | 7125 | 12093 |

**รายละเอียดค่าไฟของเดือน พ.ค - ธ.ค ปี 2015 มินิบิ๊กซีสาขาบางกระดี่**

| Seq. | MRU | Instal. | Name | Address | P-Date | L-Date | P-Read | L-Read | KWH-Total | Inv.Amt. | VAT.Amt. | Ex.Amt | FT.Amt. | FT.Ra | KWH-ON | KWH-OF |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| เดือน5 | 68309850 | 30091044 | บมจ.บิ๊กซี | 49 อ.บางกระดี่ | 290458 | 300558 | 139507 | 157666 | 18,159.00 | 7556960 | 75,570 | 494381 | 4,944 | 70,626 | 0 | 0 |
| เดือน6 | 68309850 | 30091044 | บมจ.บิ๊กซี | 49 อ.บางกระดี่ | 300558 | 290658 | 157666 | 175625 | 17959 | 73108.4 | 4782.79 | 68325.6 | 890946 | 4961 | 6539 | 11420 |
| เดือน7 | 68309850 | 30091044 | บมจ.บิ๊กซี | 49 อ.บางกระดี่ | 290658 | 300758 | 175625 | 193474 | 17849 | 76196 | 4984.79 | 71211.2 | 885489 | 4961 | 7570 | 10279 |
| เดือน8 | 68309850 | 30091044 | บมจ.บิ๊กซี | 49 อ.บางกระดี่ | 300758 | 300858 | 193474 | 211224 | 17750 | 73116.6 | 4783.33 | 68333.3 | 880578 | 4961 | 6723 | 11027 |
| เดือน9 | 68309850 | 30091044 | บมจ.บิ๊กซี | 49 อ.บางกระดี่ | 300858 | 290958 | 211224 | 228119 | 16895 | 68874 | 4505.77 | 64368.2 | 783590 | 4638 | 6357 | 10538 |
| เดือน10 | 68309850 | 30091044 | บมจ.บิ๊กซี | 49 อ.บางกระดี่ | 290958 | 301058 | 228119 | 244011 | 15892 | 66126.2 | 4326.01 | 61800.2 | 737071 | 4638 | 6385 | 9507 |
| เดือน11 | 68309850 | 30091044 | บมจ.บิ๊กซี | 49 อ.บางกระดี่ | 301058 | 291158 | 244011 | 259587 | 15576 | 65357.4 | 4275.72 | 61081.7 | 50310 | 323 | 6474 | 9102 |
| เดือน12 | 68309850 | 30091044 | บมจ.บิ๊กซี | 49 อ.บางกระดี่ | 291158 | 301258 | 259587 | 275097 | 15510 | 62609.5 | 4095.95 | 58513.5 | 50097 | 323 | 5716 | 9794 |

**ที่มา:** การบิลการไฟฟ้าที่เรียกเก็บค่าไฟฟ้าประจำเดือน

พื้นที่ทำการติดตั้งที่อาคารมินิบิ๊กซี สาขาบางกระดี่ ถนนนพระราม 2 เป็นพื้นที่มีการขยายตัวของประชากรอย่างหนาแน่นที่มีเพื่อนบ้านจากต่างประเทศมาอาศัยพร้อมทั้งอุตสาหกรรมขนาดเล็กกลาง ก็เปิดขึ้นเป็นจำนวนมาก

**ภาพ 4.1** แสดงสถานที่ติดตั้งอุปกรณ์ อาคารมินิบิ๊กซี สาขาบางกระดี่ ถนนพระราม 2

จากรูปจะเห็นว่าอาคารมินิบิ๊กซี สาขาบางกระดี่ อยู่ในแหล่งชุมชน เป็นอาคารขนาดเล็ก แต่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อเดือนสูง เพราะเปิดเป็นธุรกิจค้าปลีกขนาดเล็กที่มีการแข่งขันด้านบริการที่สูง ในขณะนี้ จึงไม่แปลกที่ทำให้ค่าไฟฟ้าต่อเดือนสูง หากกลับไปพิจารณาเรื่องของพลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร ส่วนไหนที่เป็นต้นเหตุ หากเรามีเทคโนโลยีเข้ามาช่วยจะทำให้การบริหารจัดการด้านพลังงานเป็นผลดี การติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่เราพบว่าแรงดันไฟฟ้าที่การไฟฟ้าจ่ายมาให้มากกว่าที่กำหนดของเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในอาคาร จากที่การออกแบบของเจ้าของผลิตภัณฑ์ ในการจัดเก็บข้อมูลและสำรวจโหลดรวมทั้งหมดของอาคาร จึงเลือกใช้อุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้า ขนาด 100 KVA. รายละเอียดตามรูปด้านล่าง

ภาพไม่ชัด

**ภาพ 4.2** แสดงค่าพิกัดของอุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้า (Specification Starpowersave)

**ภาพ 4.3** แสดงการติดตั้งของอุปกรณ์ภายในตู้

**ภาพ 4.4** แสดงการทำการติดตั้งอุปกรณ์

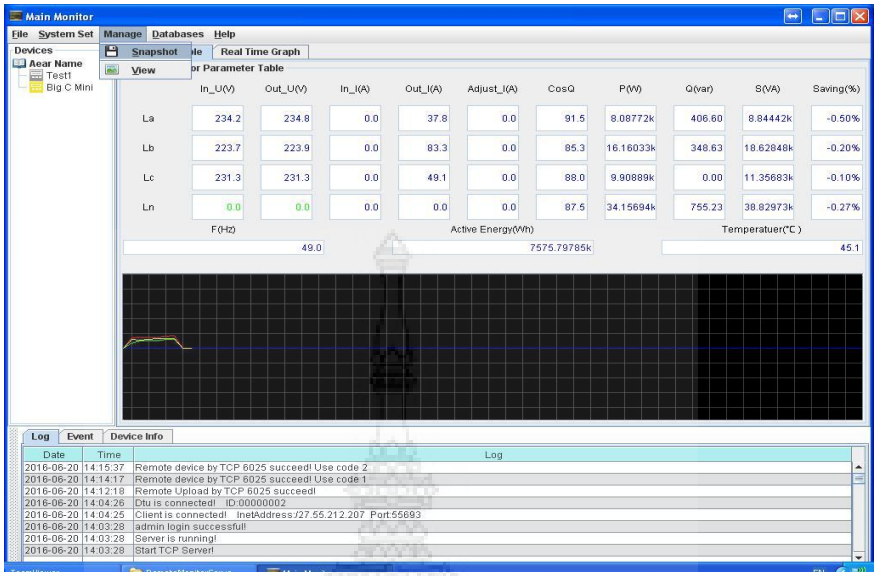
หลังจากที่มีสำรวจแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับอาคารโดยการใช้ Power recorder ตรวจวัดบันทึกค่าต่าง ๆ เมื่อเลือกรุ่นและขนาดพิกัดการใช้งานได้แล้ว จึงทำการติงตั้งได้อย่างง่ายและสะดวก เพราะการออกแบบเหมาะกับการใช้ในทุกสถานที่ การเคลื่อนย้ายใต้ฐานมีล้อได้อย่างสะดวกหลังจากได้ตำแหน่งที่เหมาะทำการล็อคล้อทั้งหมดเพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้หลังจากที่จ่ายกระแสไฟฟ้า

## 4.2 ผลการทดลองการอ่านค่าหน่วยต่างๆ

เพื่อความถูกต้องในการแสดงค่าและหน่วยต่างๆ ที่อุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้าอ่านได้จะต้องเที่ยงตรงโดยเทียบกับอุปกรณ์ตรวจวัดไฟฟ้าที่เป็นเครื่องมือผ่านการตรวจสอบประจำปี และการจัดทำรายงานการจัดการพลังงาน การใช้พลังงานประจำปีของบริษัทฯที่เข้าข่ายอาคารควบคุม ส่งให้กับกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

แรงดันไฟฟ้า
จ่ายตรง

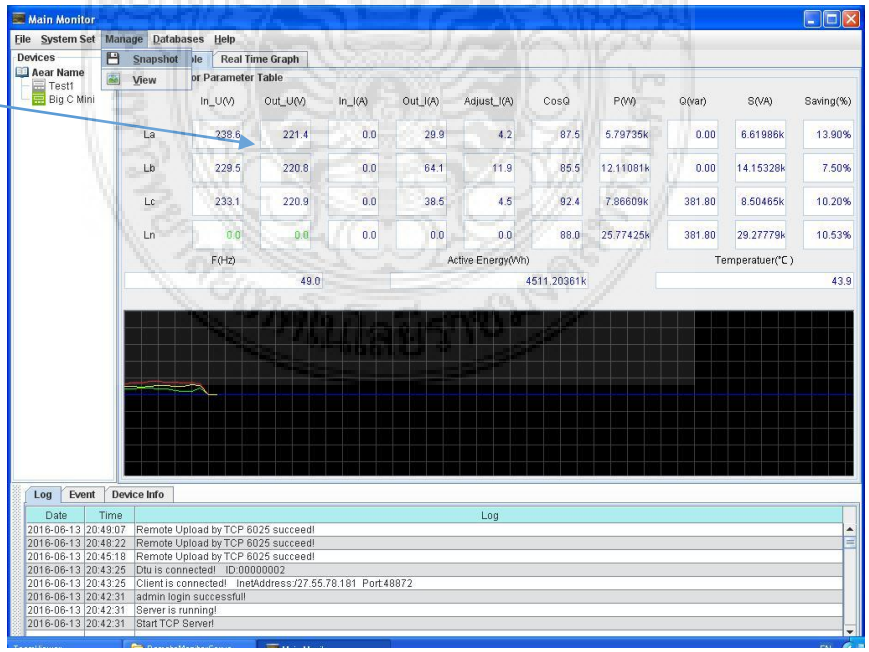
**ภาพไม่ชัด**




**ภาพ 4.5** จอมอนิเตอร์อ่านค่าพารามิเตอร์แบบจ่ายตรง

จากภาพด้านบนเป็นการจ่ายแรงดันไฟฟ้าไม่ผ่านระบบ แรงดันด้านเข้า-ออกเท่ากัน จะเห็นเมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าเข้าระบบ เมื่อต้องการทราบสถานการณ์ใช้งาน ได้สร้าง Soft ware บน Web based เพื่ออ่านค่าพารามิเตอร์ หน่วยต่าง ๆ ใช้ในการวิเคราะห์การใช้พลังงานประวันวันเพื่อสรุปรายเดือนได้ เป็นการวางแผนและควบคุมค่าใช้จ่ายให้กับผู้ที่ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้าได้อีกทางไว้ในการบริหารจัดการค่าใช้จ่ายรายเดือน

แรงดันไฟฟ้า
ผ่านระบบ

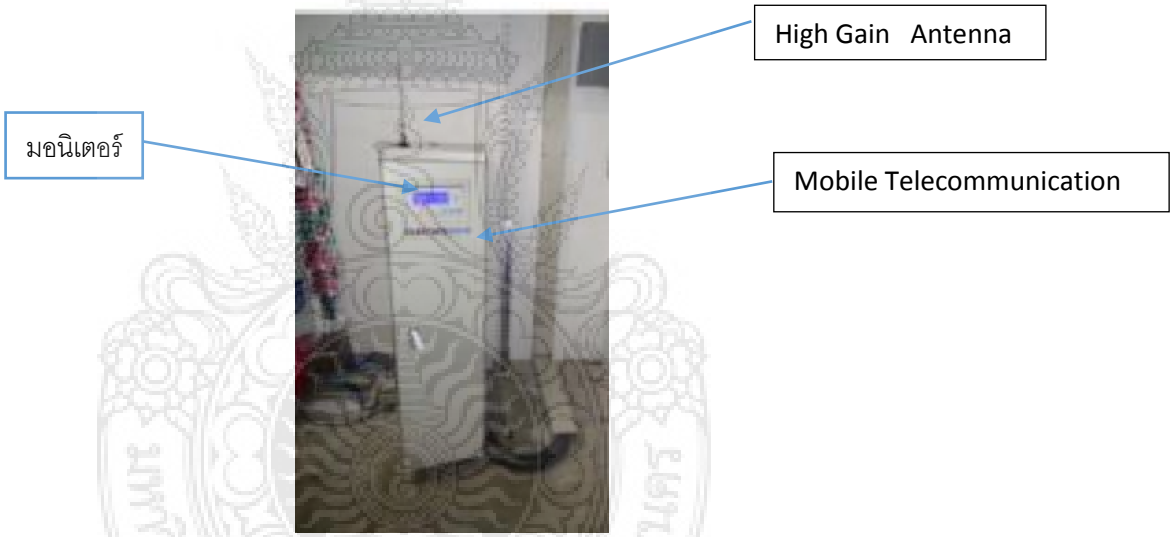



**ภาพ 4.6** หน้าจอมอนิเตอร์อ่านค่าพารามิเตอร์ผ่านระบบควบคุม

จากภาพด้านบนเป็นการจ่ายแรงดันไฟฟ้าผ่านระบบควบคุมแรงดันไฟฟ้า แรงดันด้านเข้าเท่ากับ 238.6 โวลต์ และแรงดันด้านออกเท่ากับ 221.4 โวลต์

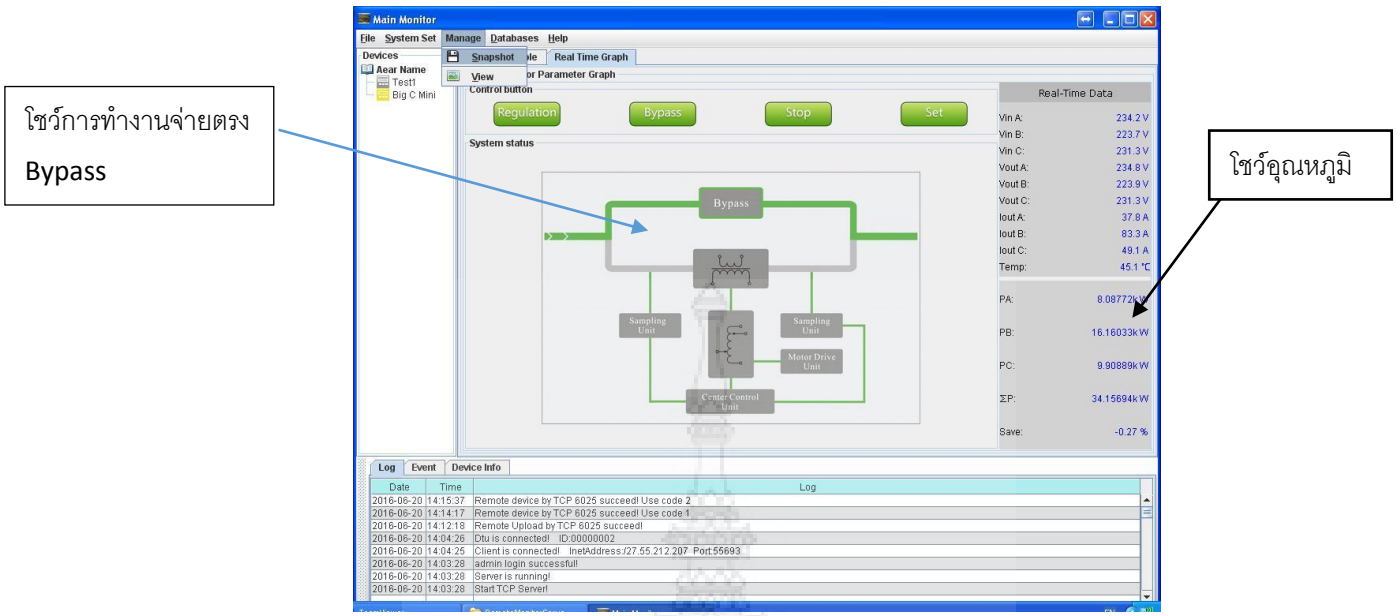
## 4.3 ผลการทดลองการทำงานของโปรแกรมผ่านมือถือ

การวิเคราะห์ข้อมูลผ่าน Remote Control Monitoring เพื่อเรียกดูค่าพลังงานไฟฟ้า Parameter Power voltage ผ่านชุดอุปกรณ์ HMI (Human Machine Interface) Port Communication พร้อม Software การบันทึกข้อมูลแบบ Real time และสามารถเรียกดูย้อนหลังได้เพื่อนำมาประยุกต์การวิเคราะห์และจัดการพลังงาน ใช้กับผู้ประกอบธุรกิจตั้งแต่ขนาดเล็กจนไปถึงธุรกิจขนาดใหญ่ ด้วยการพัฒนาโปรแกรมการตรวจสอบควบคุมระบบผ่านอินเทอร์เน็ตหรือ 3G/4LTE ผลที่ได้จากการศึกษา พบว่าอุปกรณ์ประหยัดพลังงานแบบควบคุมแรงดันสามารถลดการใช้พลังงานจากแรงดันไฟฟ้าส่วนเกิน ยืดอายุการใช้งานของเครื่องใช้ไฟฟ้า ลดการสร้างแหล่งกำเนิดไฟฟ้า ลดการทำลายทรัพยากรของชาติ เพิ่มโอกาสในการแข่งขันทางธุรกิจและเพื่อการใช้พลังงานที่ยั่งยืน



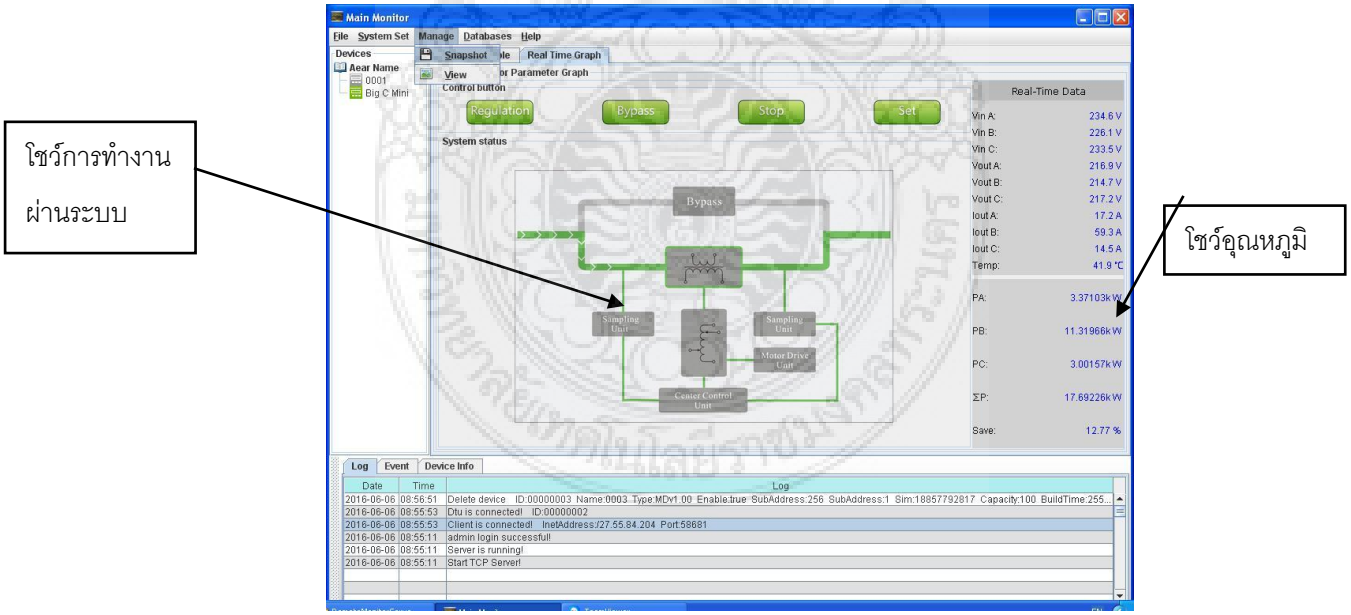

**ภาพ 4.7** ภาพการติดตั้งอุปกรณ์รับส่งสัญญาณผ่านระบบอินเตอร์เน็ต

เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าเข้าระบบ ที่หน้าจอมอนิเตอร์ มีปุ่มกดเลือกการใช้งานหรือเรียกดูค่าพารามิเตอร์ได้ รวมถึงการติดตั้งเสาส่งสัญญาณ ที่ผ่านมือถือ ส่วนนี้จะมีค่าใช้จ่ายอินเตอร์เน็ตรายเดือน




**ภาพ 4.8** หน้าจอมอนิเตอร์แสดงสถานะจ่ายตรง Bypass

จากรูปด้านบน ได้ออกแบบ Single Line ไว้ เพื่อบอกสถานะของการทำงาน และค่าแรงดันเข้า-ออก และกระแสไฟฟ้ารวมถึงค่าพลังงานไฟฟ้าที่คำนวณออกมาเป็น Kwh. มาให้




**ภาพ 4.9** หน้าจอมอนิเตอร์แสดงสถานะจ่ายผ่านระบบ

## 4.4 ผลการทดลองความปลอดภัย

เนื่องจากอุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตลอด ดังนั้นการออกแบบเรื่องระบบความปลอดภัยเป็นเรื่องสำคัญที่ต้องคำนึงถึงเป็นเรื่องจำเป็นหากพบว่ามีกระแสเกินจากที่ออกแบบไว้ Main circuit breaker 2 ตัว ทำงาน Interlock จะสั่ง Trip ทันทีและทำการจ่ายโหลด Bypass เพื่อให้อาคารสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่อง เพื่อป้องกันความเสียหายต่ออุปกรณ์และทรัพย์สินและผู้ปฏิบัติงานด้วย รวมถึงการโชว์อุณหภูมิในขณะที่ทำงานไว้ด้วย จะเห็นว่าการลดแรงดันไฟฟ้าลง ทำให้อุณหภูมิลดลงด้วยจากภาพที่ 4.8 และ 4.9 พร้อมส่งประกวด MEA Awards 2016 ที่สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ตามเกณฑ์

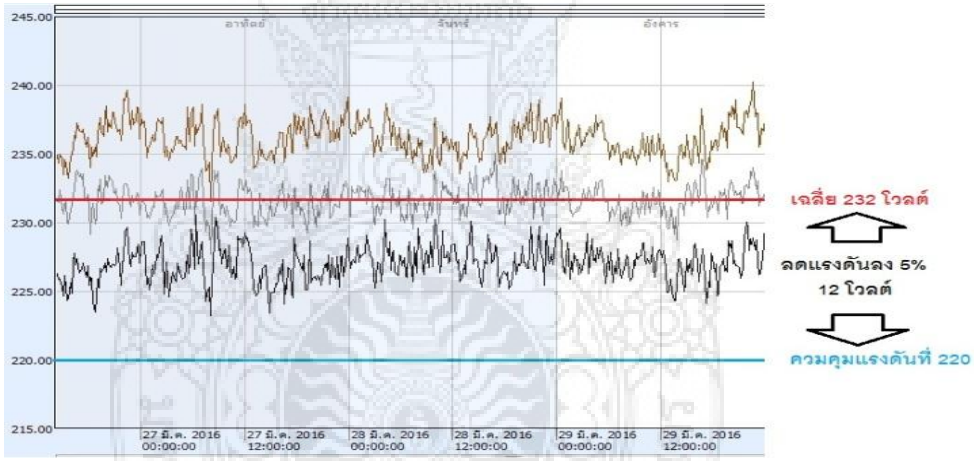
**ภาพ 4.10** งานรับรางวัลที่โรงละครอักษรา คิงส์พาวเวอร์ คอมเพล็กซ์ ถนนรางน้ำ, แขวงถนนพหลโยธิน เขตราชเทวี กทม.

จากภาพที่ 4.10 มีรัฐมนตรีกระทรวงพลังงาน อาจารย์ นักวิชาการต่าง มาร่วมแสดงความยินดีที่ช่วยกันสงเสริมการอนุรักษ์พลังงานเป็นหน้าที่ของทุกคนที่ต้องช่วยกัน เพื่อความยั่งยืนของโลก ภาครัฐและคนไทยทุกคนต้องสนับสนุน ที่เกิดความความคิดของคนไทย

# บทที่ 5

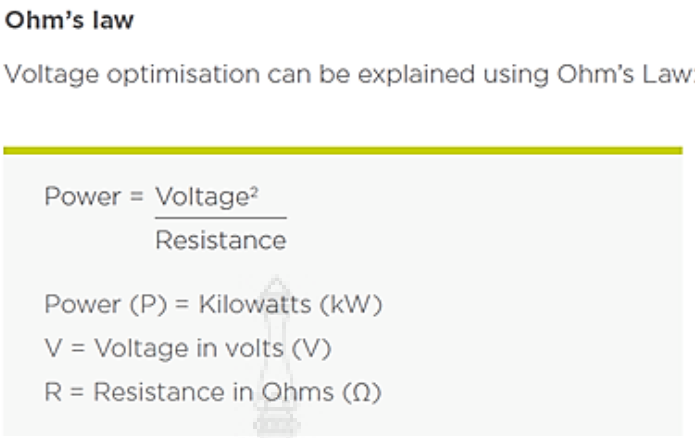
# ผลการศึกษา

หลังจากการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้าต้นแบบ ผลการตรวจวัดพลังงานเครื่องวัดค่าแรงดันไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง พบว่าแรงดันไฟฟ้านั้นเกินจากข้อจำกัดของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ผู้ผลิตกำหนดไว้ จากการออกแบบในการผลิตที่เครื่องใช้ไฟฟ้าต้องการ การควบคุมแรงดันไฟฟ้าส่วนเกินได้ตามความต้องการที่เป็นค่ามาตรฐานจะส่งผลให้อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าทำงานได้เต็มประสิทธิภาพและช่วยยืดอายุการทำงานของเครื่องจักร การช่วยลดลงของวัสดุที่ต้องเปลี่ยนตามระยะเวลาหรือต้องเปลี่ยนก่อนโดยไม่จำเป็น ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่ไม่หลีกเลี่ยงได้รวมถึงพลังงานไฟฟ้าที่แอบแฝงที่ต้องจ่ายเพิ่มอีกด้วย เมื่อทำการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าแบบต่อเนื่อง




**ภาพ 5.1** กราฟบันทึกแรงดันไฟฟ้าแบบต่อเนื่อง

การวัดอ่านค่าที่การไฟฟ้าจ่ายให้กับอาคารเฉลี่ยแรงดันได้เท่ากับ 232 โวลต์ การออกแบบของเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในอาคารหรืออาคารที่ 220 โวลต์ 1 เฟสและ 380 โวลต์ 3 เฟส สำหรับพื้นที่ในโซน บางกระดี่ ถนนพระราม 2 เราสามารถติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมแรงดันลดแรงดันลงได้ 12 โวลต์ หรือ 5 % โดยใช้กฎของ Ohm’s จากสูตรดังนี้




**ภาพ** 5.2 กฎของ Ohm's Law

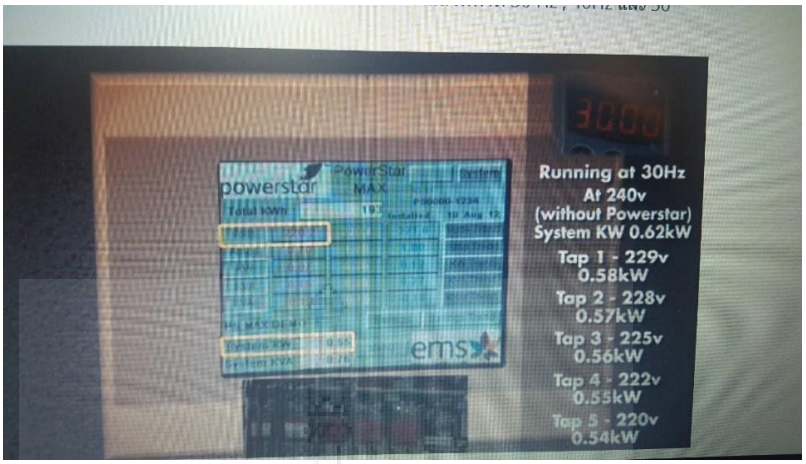
แทนค่าผลจากการตรวจวัดจากภาพ 5.1 โดยใช้สูตรจากภาพ 5.2 แทนค่าสูตรในตาราง 5.1

**ตาราง 5.1** การคำนวณเปรียบเทียบ ก่อน-หลัง การลดแรงดันไฟฟ้า

| Non-optimised supply | Optimised supply |
|---|---|
| Power (P) = $\frac{232\,V \times 232\,V\,(V^2)}{20\,\Omega(R)}$ | Power (P) = $\frac{220\,V \times 220\,V\,(V^2)}{20\,\Omega(R)}$ |
| 2691W (P) = $\frac{53,824\,V}{20\,\Omega(R)}$ | 2420W (P) = $\frac{48,400\,V}{20\,\Omega(R)}$ |
| 2.691kW = $\frac{2691\,W}{1000}$ | 2.42kW = $\frac{2420W}{1000}$ |
| ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 4 บาท/kwh<br>= 2.691 x 4 = 10.76 บาท/ชม.<br>= 10.76 x 24 = 258.35 บาท/วัน | ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 4 บาท/kwh<br>= 2.42 x 4 = 9.68 บาท/ชม.<br>= 9.68 x 24 = 232 บาท/วัน |

Save 10.2%

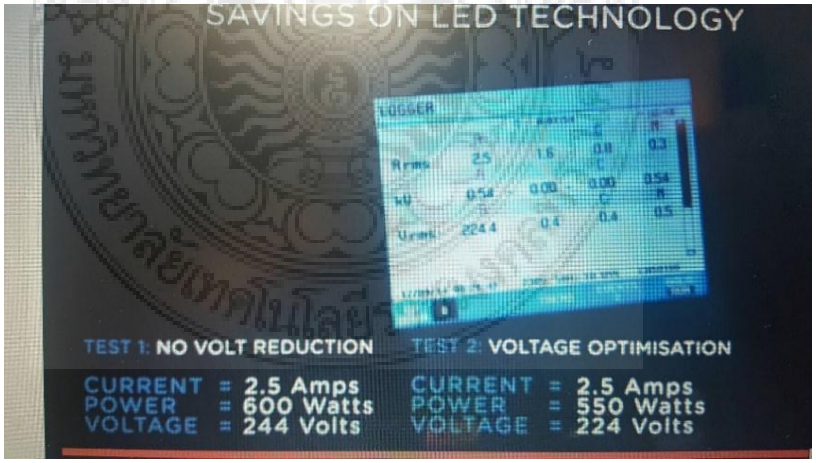
ผลของการควบคุมแรงดันไฟฟ้าเมื่อเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าจากที่การไฟฟ้าจ่ายให้กับอาคาร หากเราลดแรงดันไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์เครื่องวัดไฟฟ้าตามที่อุปกรณ์ไฟฟ้าต้องการจากการออกแบบที่ 220 โวลต์นั้น จะเห็นว่าพลังงานไฟฟ้าลดลงถึง 10.2 % จากแรงดันไฟฟ้าที่ 232 โวลต์ ปรับที่ 220 โวลต์ ผลการศึกษาต่างประเทศในการลดแรงดันไฟฟ้าการทำงานของมอเตอร์จากภาพด้านล่าง




**ภาพ 5.3** การเดินมอเตอร์ที่ 30 Hz. พร้อมลดแรงดันไฟฟ้า

จากภาพด้านบนได้ทำการทดลอง ผลการศึกษาในการเดินมอเตอร์ที่ 30 Hz. โดยการลดลงดังนี้

Tap 1 แรงดันที่ 229 โวลต์ กำลังไฟฟ้า 0.58 Kw. Tap 2 แรงดันที่ 228 โวลต์ กำลังไฟฟ้า 0.57 Kw. Tap 3 แรงดันที่ 225 โวลต์ กำลังไฟฟ้า 0.56 Kw. Tap 4 แรงดันที่ 222 โวลต์ กำลังไฟฟ้า 0.55 Kw. Tap 5 แรงดันที่ 220 โวลต์ กำลังไฟฟ้า 0.54 Kw. จากผลการศึกษาในการควบคุมแรงดันไฟฟ้าตามที่ออกแบบไว้จะทำให้ประหยัดค่าพลังงานไฟฟ้าได้จริง การศึกาลดแรงดันไฟฟ้าที่โหลดเป็นหลอดไฟฟ้า LED




**ภาพ 5.4** การทดลองลดแรดับไฟฟ้ากับหลอดไฟฟ้า LED

จากภาพที่ 5.4 ได้ทำการทดลอง ผลของการลดแรงดันไฟฟ้าจาก 244 โวลต์ ปรับลงที่ 224 โวลต์ ที่กับหลอด LED ทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าที่ 600 watt. เป็น 550 watt.

จากการทดลองนี้ เหมาะสมสำหรับอาคารที่รับแรงดันไฟฟ้าเกิน 220 โวลต์ จะเกิดผลด้านประหยัดพลังงานได้ดี หากอาคารที่รับแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าเกณฑ์ที่ 220 โวลต์ จะไม่ช่วยประหยัดพลังงานแต่ อุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้าจะช่วยเพิ่มแรงดันไฟฟ้าที่ต่ำให้ได้จะส่งผลให้เครื่องจักรทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพขึ้น

# บทที่ 6

# การอภิปรายผล

จากผลการทดสอบอุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้าโดยการควบคุมแรงดันไฟฟ้าด้านจ่ายให้กับโหลด ซึ่งมีผลการวิจัยที่ได้จากการทดสอบดังที่กล่าวมาในบทที่ 5 แล้ว สามารถอภิปรายผลของการวิจัยได้ดังนี้

## 6.1 ด้านผลการออกแบบ

หม้อแปลงไฟฟ้าเป็นเครื่องกลไฟฟ้าที่ใช้ในการส่งถ่ายพลังงานไฟฟ้า จากขดลวดชุดหนึ่งไปยังขดลวดอีกชุดหนึ่ง โดยที่ความถี่ไม่เปลี่ยนแปลงหรือเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมโยงระหว่างระบบไฟฟ้าที่มีแรงดันไฟฟ้าต่างกัน โดยจะทำหน้าที่เพิ่มหรือลดแรงดันไฟฟ้าให้เหมาะกับการส่ง การจ่าย และการใช้พลังงานไฟฟ้า ในการทดสอบผู้วิจัยได้เลือกใช้หม้อแปลงไฟฟ้าแบบ Step Down Transformer เพราะต้องการควบคุมแรงดันไฟฟ้าส่วนเกิน ให้เหมาะสมกับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ได้ออกแบบไว้ เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ทำให้ไม่สูญเสียค่าใช้จ่ายไฟฟ้าโดยไม่จำเป็นออกไป

## 6.2 ด้านผลการผลิตต้นแบบ

หลังจากที่ทดลองและทำการติดตั้งที่อาคารมินิบิ๊กซี สาขาบางกระดี่ เราสามารถติดตามผลของการใช้พลังงานหลังติดตั้งภายในอาคารโดยผ่านมือถือ Smart phone ทำให้ผู้ควบคุมอาคารสามารถทราบผลของการใช้พลังงานต่อวันได้ โดยที่ไม่ต้องรอสิ้นเดือนหลังจากที่ได้รับใบแจ้งหนี้จากการไฟฟ้า และมีการบริหารจัดการพลังงานได้

## 6.3 ด้านผลการทดสอบ

จากผลการทดสอบอุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้า เป็นอุปกรณ์ประหยัดพลังงานทางผู้ทำการวิจัยได้ทำการตรวจสอบอุปกรณ์ภายในอาคารพบว่าทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงชุดควบคุมไฟฟ้าอื่นๆ มีอุณหภูมิลดลง เป็นการช่วยเพิ่มอายุการใช้งานเพิ่มขึ้น แม้ในตู้ควบคุมของอุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้า เราเทียบกับการจ่ายแรงดันตรงไม่ผ่าน และมาเทียบที่จ่ายผ่าน พบว่าอุณหภูมิลดลง 4 องศาเซลเซียส จุดเด่นคือการควบคุมแรงดันด้านจ่ายได้อย่างเที่ยงตรง ตามที่เราต้องการที่ 220 โวลต์ทั้ง 3 เฟส แม้ว่าความต้องการของโหลดไม่คงที่ก็ตาม ต่างจากหม้อแปลงไฟฟ้าทั่วไปที่มีการปรับแรงด้านจ่ายแบบจำกัดค่าคงที่ หากพบว่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้รับสูงหรือต่ำ จะทำให้ด้านจ่ายออกเพิ่ม/ลด ตามสัดส่วนในการออกแบบของจำนวนขดลวด ในการทำงานลักษณะนี้พบว่าในบ้านเรายังไม่ผู้ผลิตรายใหนทำ ที่ค้นพบในต่างประเทศ

- European patent application EP 1 923 765 A1 ใช้ชื่อ Voltage control for electric power system ที่ควบคุมแรงดันด้านจ่าย
- United States Patent No.: US 8,588,993 B2 date: Nov.19, 2013 ใช้ชื่อ Voltage regulation Optimization (RVO) ซึ่งทั้งสองค่ายนี้ ราคาต่อ KVA. ยังสูงมาก เมื่อคำนวณระยะคืนทุนเกิน 3 ปี ยังไม่น่าสนใจ

สำหรับเทคโนโลยีที่เราเลือกใช้แบบ Dynamic Servo เป็นตัวปรับแรงดันไฟฟ้าด้านจ่ายได้ตามความต้องการของโหลดอย่างอัตโนมัติ แนวโน้มมีผู้ประกอบการให้ความสนใจเรื่องการอนุรักษ์พลังงาน และยังช่วยทำ CSR ให้กับบริษัทฯที่ติดตั้งด้วยด้านการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมไม่ทำลายธรรมชาติ

# บทที่ 7

# สรุปผล

จากวัตถุประสงค์ของทางผู้วิจัยในการสร้างอุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้าในการออกแบบและพัฒนาแรงดันไฟฟ้าส่วนเกิน เมื่อดำเนินการวิจัยเสร็จเรียบร้อยแล้ว สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

ผลจากการติดตั้งและใช้งานจริงสามารถควบคุมแรงดันไฟฟ้า ให้กับโหลดการใช้งานสำหรับอาคารทดลองที่ มินิบิ๊กซีสาขาบางกระดี่ ลดลงได้ 11.5 % จากการปรับแรงดันไฟฟ้าของเครื่องควบคุมแรงดันไฟฟ้า ควบคุมระหว่างที่ 217 ถึง 220 โวลต์โดยที่มีการเปรียบเทียบการใช้พลังงาน ที่มีการสำรวจเครื่องจักรภายในอาคารไม่ได้เพิ่มหรือลดการใช้งานอย่างใดอย่างหนึ่ง รวมถึงระยะเวลาเปิดทำการก็เท่ากัน จึงทำให้การพิสูจน์ทราบผล การลดการใช้พลังงานได้จากเครื่องมือวัดคือ มิเตอร์ของการไฟฟ้า เป็นที่ยอมรับกันอยู่แล้ว รวมถึงอุปกรณ์เครื่องจักรก็ไม่มีผลกระทบแต่อย่างใดเพราะเป็นแรงดันไฟฟ้าที่อุปกรณ์นั้น ๆ ได้ถูกออกแบบไว้

## 7.1 การเปรียบเทียบมิเตอร์ไฟฟ้า

ข้อมูลเดิมก่อนติดตั้งได้จดบันทึกค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าประจำเดือนจากมิเตอร์ของการไฟฟ้าที่เรียกเก็บจากอาคารมินิบิ๊กซี สาขาบางกระดี่ ประจำเดือน

**ภาพ 7.1** การอ่านมิเตอร์ไฟฟ้าของการไฟฟ้า

จากภาพ 7.1 การไฟฟ้ามีการเรียกการใช้ไฟฟ้าประจำเดือนที่มีการบันทึกวันที่ ก่อน หลัง ที่ตรงกันทุกเดือนเพราะมิเตอร์ไฟฟ้ารุ่นใหม่เป็นแบบดิจิตอลสามารถเก็บข้อมูลการใช้งานย้อยหลังได้ ไม่เหมือนมิเตอร์แบบเก่าที่ใช้เข็ม มีเจ้าหน้าที่จดบันทึกทำให้ไม่เที่ยงตรงวันและเวลา

### 7.1.1 การเปรียบเทียบกับเดือนก่อนติดตั้งจากมิเตอร์ของการไฟฟ้า

ดูการใช้พลังงานไฟฟ้าจำนวนหน่วย (Kwh ต่อเดือน)

| | | |
|---|---|---|
| - พฤษภาคม 2559 – มิถุนายน 2559 | ค่าแตกต่าง | % |
| 19218 – 16521 = 2697 | Kwh/month | 14 |

### 7.1.2 การเปรียบเทียบกับเดือนเดียวกันของปี 2558

หน่วย (Kwh ต่อเดือน)

| | | |
|---|---|---|
| - มิถุนายน 2558 – มิถุนายน 2559 | ค่าแตกต่าง | % |
| 18591 – 1652 = 1638 | Kwh/month | 9 |

การนำผลประหยัดจาก 2 ส่วนด้านบนมาหาค่าเฉลี่ย

- (14 + 9) / 2 = 11.5 %

## 7.2 ความสามารถลด Harmonics

จากบทที่ 3 ภาพ 3.8 ไดอะแกรมวงจรทางเทคนิคของหม้อแปลงไฟฟ้าด้านจ่าย เป็นการต่อวงจรแบบ Star เพื่อการกำจัด Harmonics ขดลวดที่ถูกพันทั้งสองขด (ขดนอกและขดใน) จะถูกพันรวมกันในแกนเดียวกันแต่พันสวนทางกัน การต่อกันของขดลวดจะต่อกันระหว่างเฟส L1 (สีน้ำตาล) ไปที่ขดลวดเฟส L2 (สีดำ) และต่อไปยังเฟส L3 (สีเทา) การต่อวงจรแบบ Delta เพื่อการกำจัดการเกิดฮาโมนิกส์ที่เหลือจากวงจร Star ให้หมดไป การต่อวงจรแบบ Star เพื่อสำหรับการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้อาคารตามความต้องการ หลายๆ มาตรการในการควบคุมพลังงานจะมีโหลดที่เกี่ยวกับ อิเล็คทรอนิคส์มากขึ้น

## 7.3 ช่วยการ Balance Phase

ส่วนเกินของแรงดันไฟฟ้าของความต้องการเครื่องใช้ไฟฟ้า เป็นการช่วย Balance phase จากระบบไฟฟ้าโหลดการใช้งาน ทำให้เกิดการประหยัดพลังงาน

## 7.4 เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าและยืดอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น

สำหรับมาตรการทดลองและติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินโดยการควบคุมแรงดันได้ส่งผลงานเข้าประกวดโครงการ MEA Awards ระดับที่ 2 ที่การไฟฟ้านครหลวงร่วมกับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ผลการประกวด อาคารมินิบิ๊กซี สาขาบางกระดี่ ที่ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้า ได้รางวัลตราสัญลักษณ์ ดีเด่นพิเศษ

**ภาพ 7.2** ตราสัญลักษณ์ อาคารประหยัดพลังงาน

หลักเกณฑ์การจัดทำเอกสารประกวด Thailand Energy Award 2015

1. ข้อมูลเบื้องต้น
2. ข้อมูลทั่วไป
   - 2.1 ข้อมูลด้านอาคาร
   - 2.2 ข้อมูลการใช้งานอาคาร
   - 2.3 ข้อมูลการใช้พลังงาน

     2.3.1 ข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า การใช้พลังงานความร้อน การใช้พลังงานรวม และดัชนีการใช้พลังงาน (Specific Energy Consumption) ของอาคารตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554 ถึงปี พ.ศ. 2557 และสัดส่วนการใช้พลังงานแยกตามระบบ/อุปกรณ์หลักที่ใช้พลังงานสูง

     2.3.2 แนวคิดและวิธีการที่ใช้ประเมินค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงาน พร้อมกับประโยชน์ และการนำไปใช้

     2.3.3 เหตุผลของค่าดัชนีการใช้พลังงานที่เปลี่ยนแปลงไป
   - 2.4 ลักษณะการใช้พลังงาน นำเสนอ Load Profile ของการใช้พลังงานของอาคารในช่วง 1 วันทำการปกติ

2.5 การใช้พลังงานของระบบและอุปกรณ์หลักนำเสนอรายการเครื่องจักร/อุปกรณ์หลักของอาคารที่ใช้พลังงาน เช่น ระบบปรับอากาศ แสงสว่าง ฯลฯ และแสดงค่าพิกัดขนาด และสัดส่วนการใช้พลังงาน

3. ข้อมูลด้านการจัดการพลังงาน

นำเสนอแนวคิดของการจัดการพลังงาน เทคนิคและวิธีการที่นำมาประยุกต์ใช้ ผลสำเร็จที่ได้รับ และปัจจัยความสำเร็จที่ส่งผลให้การดำเนินการอนุรักษ์พลังงานขององค์กรบังเกิดผลอย่างเป็นรูปธรรม ต่อเนื่องและยั่งยืน

จากผลงานที่ผู้วิจัยได้นำอุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้าส่งเข้าประกวดทำให้ได้รับรางวัล

ทางโครงการฯ ขอแจ้งผลการเข้าประกวดอาคารของทาง Mini BigC ที่ได้ส่งร้านสาขาเข้าร่วมโครงการ MEA ปีที่ 4 ดังนี้ครับ

1. ในส่วนของสำนักงานใหญ่ ได้รับรางวัลระดับ "ดีเด่นพิเศษ" พร้อมเงินรางวัล 5 แสนบาท
2. ในส่วนของ สาขา ได้รับตราสัญลักษณ์ดังนี้
   - 2.1 Mini BigC สาขาบางกระดี่ ได้รับตราสัญลักษณ์ ดีเด่นพิเศษ
   - 2.2 Mini BigC สาขาซอยโพธิ์แก้ว ได้รับตราสัญลักษณ์ ดีเด่น
   - 2.3 Mini BigC สาขาตลาดออเงิน ได้รับตราสัญลักษณ์ ดีเด่น
   - 2.4 Mini BigC สาขาตลาดน่าไท ได้รับตราสัญลักษณ์ ดีเด่น
   - 2.5 Mini BigC สาขาซอยพูลเจริญ ได้รับตราสัญลักษณ์ ดีเด่น
   - 2.6 Mini BigC สาขาอุดมเดช ได้รับตราสัญลักษณ์ ดีเด่น

**ภาพ 7.3** งานประกาศผลอาคารประกวดโครงการ MEA ระดับ 2 ปีที่ 4 ประจำปี 2016

ในงานการประกาศผล MEA Awards ประจำปี 2016 เกณฑ์ในการให้คะแนนโดยกำหนดแต่ละด้านดังรายละเอียดดังนี้

| หัวข้อ | เกณฑ์การพิจารณา | คะแนน |
|---|---|---|
| **1.ความยั่งยืน** | | **40** |
| | 1.1 การให้คำมั่นสัญญาของผู้บริหารระดับสูง | |
| | 1.2 การมีส่วนร่วม | |
| | 1.3 การนำไปปฏิบัติ | |
| | 1.4 การจัดตั้งองค์กร | |
| | 1.5 การพัฒนาบุคลากร | |
| **2.ผลกระทบ** | | **30** |
| | 2.1 ผลการอนุรักษ์พลังงาน | |
| | 2.2 ผลกระทบด้านเศรษฐกิจ | |
| | 2.3 ดัชนีประสิทธิภาพพลังงาน | |
| | 2.4 ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม | |
| **3.ความสามารถในการนำไปใช้ได้อย่างแพร่หลาย** | | **15** |
| | 3.1 การจัดการองค์ความรู้และการถ่ายทอดเทคโนโลยี | |
| | 3.2 การนำไปปฏิบัติได้แพร่หลาย | |
| **4.ความคิดริเริ่ม** | | **10** |
| **5.การนำเสนอ** | | **5** |
| | 5.1 รูปแบบง่ายแก่การเข้าใจ มีความกระชับและชัดเจน | |
| | 5.2 ความถูกต้องตามรูปแบบรายงาน | |
| | **รวมคะแนนทั้งหมด** | **100** |

**ภาพ 7.4** ตราสัญลักษณ์ดีเด่นพิเศษของอาคารมินิบิ๊กซี

**การพิจารณาของคณะกรรมการ**

พิจารณาการนำเสนอข้อมูลจากเอสารการประกวดตามเกณฑ์การตัดสิน ต้องได้คะแนนไม่ต่ำกว่า 80 คะแนน จึงจะเข้ารอบต่อไป (ไปดูสถานที่จริง)

**ดูผลงานสถานที่จริง**

เข้าเยี่ยมอาคารที่ส่งผลงานเข้าประกวด สำหรับอาคารที่ผ่านเกณฑ์ด้านเอกสารในลำดับต้นๆ 1-3 โดยคณะกรรมการจะพิจารณาจากการสัมภาษณ์ผู้บริหารสูงสุดของสาขา คณะทำงานฯ พนักงาน และดูหลักฐานการดำเนินการสอดคล้องกับเอกสารหรือไม่

**ภาพ 7.5** การตรวจเยี่ยมสาขาที่ส่งเข้าประกวด MEA Awards 2016

**ภาพ 7.6** ผลงานที่ผ่านมาของรางวัล MEA ระดับที่ 1

เทคโนโลยีของอุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้า สามารถนำไปสร้างหม้อแปลงไฟฟ้าประหยัดพลังงานได้ แต่ราคาจะสูงกว่าหม้อแปลงไฟฟ้าทั่วไป ผลที่ได้มาหลายด้าน เพราะหน่วยงานกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงานให้ความสนใจ อุปกรณ์ประหยัดพลังงานที่เป็นเทคโนโลยีใหม่ ๆ ผู้นำจากประเทศสมาชิกองค์การสหประชาชาติจำนวน 193 ประเทศ จะลงมติรับรอง เป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน หรือ Sustainable Development Goals ในการประชุมสมัชชาใหญ่แห่งสหประชาชาติ (United Nations General Assembly - UNGA) วันศุกร์ที่ 25 กันยายน 2558 ที่ผ่านมา โดยจะใช้เป็นวาระแห่งการพัฒนาของโลกในอีก 15 ปีข้างหน้า (2016-2030) มี 17 เป้าหมาย

**เป้าหมายที่ 7 สร้างหลักประกันว่าทุกคนเข้าถึงพลังงานสมัยใหม่ในราคาที่สามารถซื้อหาได้ เชื่อถือได้ และยั่งยืน**

7.1 สร้างหลักประกันว่ามีการเข้าถึงการบริการพลังงานสมัยใหม่ในราคาที่สามารถซื้อหาได้ และเชื่อถือได้ ภายในปี 2573

7.2 เพิ่มสัดส่วนของพลังงานทดแทนในการผสมผสานการใช้พลังงานของโลก ภายในปี 2573

7.3 เพิ่มอัตราการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของโลกให้เพิ่มขึ้น 2 เท่า ภายในปี 2573

7.4 ยกระดับความร่วมมือระหว่างประเทศในการอำนวยความสะดวกในการเข้าถึงการวิจัยและเทคโนโลยีพลังงานที่สะอาด โดยรวมถึงพลังงานทดแทน ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน และเทคโนโลยีเชื้อเพลิงฟอสซิลชั้นสูงและสะอาด และสนับสนุนการลงทุนในโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานและเทคโนโลยีพลังงานที่สะอาด ภายในปี 2573

7.5 ขยายโครงสร้างพื้นฐานและพัฒนาเทคโนโลยีสำหรับการจัดส่งบริการพลังงานที่เป็นสมัยใหม่และยั่งยืนให้โดยถ้วนหน้าในประเทศกำลังพัฒนา เฉพาะอย่างยิ่งในประเทศพัฒนาน้อยที่สุดและรัฐกำลังพัฒนาที่เป็นเกาะขนาดเล็ก ภายในปี 2573

สำหรับการอุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้าต้นแบบ ทางผู้วิจัยเห็นว่าในอนาคต ปัญหาด้านพลังงานเป็นปัญหาใหญ่ และเป็นค่าใช้จ่ายที่แน่นอนเกิดขึ้นทุกเดือน หากผู้ประกอบการไม่ให้ความสำคัญการก้าวทันกับการเปลี่ยนแปลงของอุตสาหกรรมและพร้อมก้าวสู่ยุคของ “ ประเทศไทย 4.0 ”

# บทที่ 8

# แผนการนำไปใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์

ผลจากการทดลองติดตั้งใช้งานจริง พิสูจน์ให้เห็นว่าในการนำอุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้าไปใช้งานในอาคารมินิบิ๊กซี สาขาบางกระดี่ สามารถลดค่าไฟฟ้าได้ถึง 10.5% ของค่าไฟฟ้าประจำเดือนเป็นธุรกิจค้าปลีกขนาดเล็กที่แฝงเข้าไปในชุมชน เป็นร้านสะดวกซื้อ ซึ่งอาคารขนาดนี้การขอใช้ไฟฟ้าจะไม่มีหม้อแปลงไฟฟ้าเป็นของตัวเอง ดังนั้นการรับแรงดันไฟฟ้าจากการไฟฟ้าโดยตรงจะเป็นแบบภาพรวม มีโอกาสที่แรงดันไฟฟ้าได้รับเกินจาก 220 โวลต์ ดังนั้นแรงดันไฟฟ้าส่วนเกินหากมากก็จะส่งผลถึงการสิ้นเปลืองพลังงาน ส่งผลให้อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในอาคารเกินจากการออกแบบในสภาวะทำงานปรกติและทำให้อุปกรณ์ทำงานได้สั้นลง และในทางกลับกัน ถ้าอาคารนั้นได้รับแรงดันต่ำกว่าก็จะส่งผลให้เครื่องจักรและอุปกรณ์ทำงานไม่เต็มประสิทธิภาพเช่นกัน มีความร้อนสะสมในระบบ หลังจากติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้า เป็นการทำงานควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับโหลดตามที่โหลดต้องการจริง ๆ อย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่อง

## 8.1 แนวคิดในการนำไปใช้ประโยชน์

เหมาะสำหรับผู้ประกอบการรายย่อยหรือ SME ที่ประกอบธุรกิจในชานเมืองหรือพื้นที่ มีการเจริญเติบโตอย่างเร็ว ทำให้การควบคุมการจ่ายระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าไม่ทัน หากรองบประมาณของการไฟฟ้าจะทำให้เสียค่าใช้จ่ายที่เป็นต้นทุนหลักประจำเดือน เป็นการเพิ่มในส่วนที่ไม่จำเป็น หากมองเห็นความสำคัญก็สามารถหาอุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้าติดตั้ง ก็จะช่วยแบ่งเบาภาระ รวมช่วยลดปัญหาให้กับเจ้าหน้าที่ของการไฟฟ้า ที่สามารถไปช่วยพื้นที่อื่น ๆ ที่รอการช่วยเหลือ

**8.1.1 กลุ่มเป้าหมาย (Value Position)** กลุ่มลูกค้าผู้ผลิตและจำหน่ายหม้อแปลงไฟฟ้าในประเทศไทยมีจำนวนไม่มาก แต่มีความต้องการของตลาดมีเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ที่เกิดจากต้องการ การพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ ที่มีการใช้ทรัพยากรทางธรรมชาติที่สิ้นเปลืองมากขึ้นทุกวัน หรือกลุ่มธุรกิจขนาดเล็ก SME

**8.1.2 ลักษณะของตลาดกลุ่มเป้าหมาย** ส่วนการแบ่งกลุ่มการตลาด สามารถพิจารณาจากกลุ่มเป้าหมาย

8.1.2.1 กลุ่มเป้าหมายหลัก เราเจาะกลุ่มลูกค้าที่มีผลกระทบโดยตรงที่ไม่สามารถหลีเลี่ยงที่รับแรงดันไฟฟ้าจากการไฟฟ้าสูงกว่าที่กำหนดที่ไม่มีหม้อแปลงเป็นของตัวเอง ซึ่งกลุ่มนี้จะเดือดร้อนมากกว่า หากรอการแก้ไขการปรับปรุงระบบการจ่ายไฟฟ้าคงต้องรองบประมาณ

8.1.2.2 กลุ่มเป้าหมายรอง ผู้ผลิตรายใหญ่ ที่ต้องมีความรับผิดชอบต่อภาพรวมของประเทศ หากกลุ่มนี้ มีการผลิตหม้อแปลงไฟฟ้าที่ควบคุมแรงดันไฟฟ้า ด้านจ่ายให้ได้ตามความต้องการของโหลด แต่ต้นทุนที่เกิดขึ้นจะตกไปที่ผู้ซื้อหม้อแปลงหรือไปลงเป็นต้นทุนของผู้ใช้ไฟฟ้าในกลุ่มเป้าหมายรองเกิดขึ้นได้ยาก หากเป็นไปได้จะมีมูลค่าที่สูงมาก รวมถึงการพัฒนาส่วนที่ถึงเวลาเปลี่ยนหม้อแปลงใหม่ ให้เป็นแบบใหม่ รุ่นใหม่

## 8.2 ต้นทุนและระยะคืนทุนในการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้า

หลังจากที่ทำการติดตั้งการใช้งานจริงในอาคารมินิบิ๊กซี สาขาบางกระดี่ ถนนพระราม 2 ได้จัดเก็บบันทึกข้อมูลเปรียบเทียบก่อนและหลังการติดตั้ง 3 เดือน พบว่าบิลค่าไฟฟ้าลดลง และคืนทุนได้ภายในระยะเวลาไม่เกิน 3 ปี มีรายละเอียดในบทที่ 7 การสรุปผล

## 8.3 แผนการพัฒนาอย่างยั่งยืน

ในการประกอบธุรกิจสำหรับยุคปัจจุบัน ไม่จำเป็นที่ต้องมีการลงทุนที่สูงเนื่องจาก สินค้าที่จัดจำหน่ายเป็นสินค้าที่สามารถจ้างบริษัทอื่นผลิตได้ โดยที่บริษัทเจ้าของสินค้าเก็บความลับที่สำคัญไว้ในขั้นตอนของการโปรแกรมให้ใช้งานซึ่งเป็นหัวใจหลักของสินค้า และยังลิขสิทธิ์ที่อยู่กับผลิตภัณฑ์นั้นตลอดไป วิธีการดังกล่าวนี้จะใช้การบริหารห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain Management) เป็นกลไกสำคัญ เมื่อองค์กรมีความต้องการที่สูงขึ้น สามารถขยายฝ่ายวิศวกรรมพลังงาน และฝ่ายบริการให้รองรับการเติบโตของธุรกิจ เริ่มต้นของการบริการใช้ที่ตั้งบริษัทเป็นส่วนในการบริการและสามารถให้พนักงานเข้าไปบริการถึงที่ตั้งลูกค้าเป็นการทำงานแบบ On site service โดยมีข้อกำหนดว่าต้องบริการภายใน 24 ชั่วโมงของวันทำการ การทำธุรกิจลักษณะนี้ต้องเน้นเรื่องคุณภาพของสินค้าที่มีประสิทธิภาพ พร้อมกับการบริการที่รวดเร็ว การแนะนำงานด้านวิศวกรรม ทำให้ลูกค้าเกิดความประทับใจ เมื่อมีปัญหาเราจัดทีมปรึกษาให้การแนะนำทันที

# เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2558. **สถานการณ์พลังงานโลก.** กรุงเทพฯ.

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 2558. **ศูนย์ควบคุมระบบกำลังผลิตไฟฟ้าแห่งชาติ**. กรุงเทพมฯ.

สำนักงานนโยบายและแผนพัฒนา (สนพ.) 2558. **การเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโลโลยีต่างๆ.** กรุงเทพฯ.

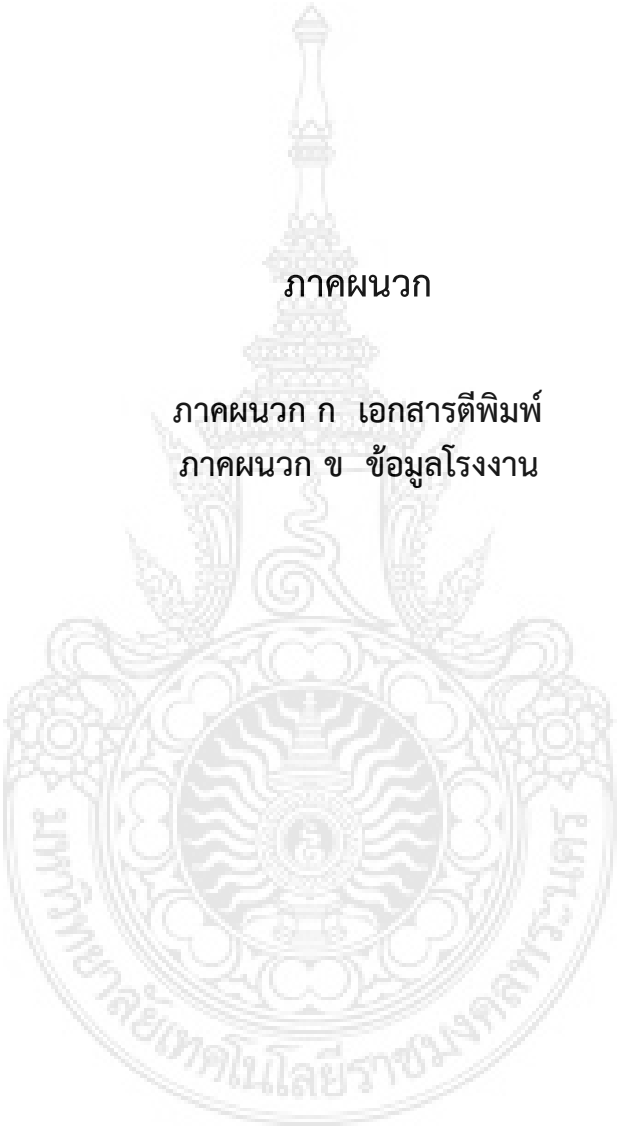
กระทรวงพาณิชย์. 2554. **ส่วนแบ่งการตลาดอุตสาหกรรมหม้อแปลงไฟฟ้า ระบบจำหน่าย.** กรุงเทพฯ.

http://th.wikipedia.org/wiki/**กฎของโอห์ม/วิศวกรรมไฟฟ้า**

# ภาคผนวก

ภาคผนวก ก เอกสารตีพิมพ์

ภาคผนวก ข ข้อมูลโรงงาน



สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย
THE FEDERATION OF THAI INDUSTRIES

THE FEDERATION OF THAI INDUSTRIES AND RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA NAKHON

Certificate of presentation

This is to certify that

Pornchai sawatdiwong and Prin Boonkanit

Participated and presented the research paper titled:

The Voltage Optimization for Excess Electricity

In the 5 th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2016

Held at Bangkok International Trade & Exhibition Centre

October 4th, 2016

Ms. Panrat Phechpakdee
Senior Director of The Industrial Environmental Institute, The Federation of Thai Industries

Asst.prof.Saharat Wongsisa
Vice-President for Planning and Infrastructure, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

Natworapol Rachsirwatcharabul, Ph.D
Associate Dean for Planning, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

**ภาพ ก-1** เกียรติบัตร การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรมนวัตกรรมและการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ประจำปี พ.ศ.2559

**ภาพ ก-2** หน้าปกเอกสารตีพิมพ์ การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรมนวัตกรรม และการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ประจำปี พ.ศ.2559

# ประวัติการศึกษาและการทำงาน

**ชื่อ นามสกุล** นายพรชัย สวัสดิวงศ์

**วัน เดือน ปีเกิด** 15 มีนาคม 2508

**ภูมิลำเนา** เลขที่ 18 ซอยนารถสุนทร 4 ถนนสุขุมวิทซอย 17 ตำบลปากน้ำ อำเภอเมือง สมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ

**ประวัติการศึกษา**

| วุฒิการศึกษา | ชื่อสถาบัน | ปีที่สำเร็จการศึกษา |
|---|---|---|
| ประกาศนียบัตรวิชาชีพ | วิทยาลัยเทคโนโลยีจรัสพิชากร | 2529 |
| ปริญญาตรี | มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี | 2557 |

**ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน**

กรรมการผู้จัดการบริษัท แอทเทค เอ็นจิเนียริ่ง แอนด์ เซอร์วิส จำกัด. เลขที่ 64/167 ถนนสุขุมวิท ซอย17 (นารถสุนทร 16) ตำบลปากน้ำ อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ

ผู้จัดการเขตฝ่าย Engineering and Store Set up บริษัท บิ๊กซี ซูเปอร์เซ็นเตอร์ จำกัด มหาชน ระยะเวลา 20 ปี

ผู้จัดการฝ่ายซ่อมบำรุง บริษัท Bangkok Container Industry Co,.ltd. นิคมอุตสาหกรรมบางปู ระยะเวลา 12 ปี

**ผลงานดีเด่นและผลงานทางวิชาการ (ถ้ามี)**

ส่งอาคารเข้าประกวด MEA (Energy saving building awards) ประเภทของการไฟฟ้านครหลวง ร้านสะดวกซื้อจำนวน 6 สาขา ปี 2016 ระดับที่ 2 ได้รับรางวัล ตราสัญลักษณ์ ดีเด่นพิเศษ

การชระชุมทางวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรมนวัตกรรมและการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ประจำปี 2559