# เครื่องควบคุมการแบ่งภาคโหลดในระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดจิ๋ว โดยใช้ไตรแอก

**Diversion Load Controller in Pico Hydro Power Plant By Using Triac**

I 50808b1 e.2
ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
รับที่รับ 14 ก.ค. 2551
เลขทะเบียน 2100057
เลขเรียกหนังสือ
มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปร.
ว375ค.
2550

นางสาวรัตนา ตังมณี รหัส 47361654
นางสาวจิราวรรณ จิโนเป็ง รหัส 47363791
นางสาวสุทธิดา กระต่ายทอง รหัส 47364153

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2550

# ใบรับรองโครงงานวิศวกรรม

**หัวข้อโครงงาน** เครื่องควบคุมการแบ่งภาคโหลดในระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดจิ๋ว โดยใช้ไตรแอก

| | | | |
|---|---|---|---|
| **ผู้ดำเนินโครงงาน** | นางสาวรัตนา | ตังมณี | รหัส 47361654 |
| | นางสาวจิราวรรณ | จิโนเป็ง | รหัส 47363791 |
| | นางสาวสุทธิดา | กระต่ายทอง | รหัส 47364153 |
| **อาจารย์ที่ปรึกษา** | อาจารย์ปิยดนัย | ภาชนะพรรณ์ | |
| **สาขาวิชา** | วิศวกรรมไฟฟ้า | | |
| **ภาควิชา** | วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ | | |
| **ปีการศึกษา** | 2550 | | |

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะกรรมการสอบโครงงานวิศวกรรม

.....ประธานกรรมการ

(อาจารย์ปิยดนัย ภาชนะพรรณ์)

.....กรรมการ

(ดร.สมพร เรืองสินชัยวานิช)

.....กรรมการ

(ดร. แคทรียา สุวรรณศรี)

| | | | |
|---|---|---|---|
| **หัวข้อโครงงาน** | เครื่องควบคุมการแบ่งภาคโหลดในระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดจิ๋วโดยใช้ไตรแอก | | |
| **ผู้ดำเนินโครงงาน** | นางสาวรัตนา | ตังมณี | รหัส 47361654 |
| | นางสาวจิราวรรณ | จิโนเปิ้ง | รหัส 47363791 |
| | นางสาวสุทธิดา | กระต่ายทอง | รหัส 47364153 |
| **อาจารย์ที่ปรึกษา** | อาจารย์ปิยดนัย | ภาชนะพรรณ์ | |
| **สาขาวิชา** | วิศวกรรมไฟฟ้า | | |
| **ภาควิชา** | วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ | | |
| **ปีการศึกษา** | 2550 | | |


## บทคัดย่อ

ในหน่วยการผลิตไฟฟ้าขนาดจิ๋ว (Pico Hydro Power Plant) กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จะขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของมวลน้ำ ส่วนกำลังไฟฟ้าด้านออกนั้นขึ้นอยู่อยู่กับโหลดซึ่งหากมีค่าไม่เท่ากันกับกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จะส่งผลต่อระบบ อาทิเช่น หากโหลดภาระน้อยเกินไปค่าแรงดันที่ขั้วของมอเตอร์ที่นำมาใช้เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะเพิ่มมากกว่าพิกัดที่มาก ส่งผลให้อุปกรณ์ทางไฟฟ้าเกิดการเสียหายได้ ดังนั้นเพื่อควบคุมให้แรงดันมีความสม่ำเสมอ ระบบจำเป็นต้องมีอุปกรณ์มาควบคุมกำลังไฟฟ้าด้านออกและด้านเข้าให้มีค่าใกล้เคียงกัน

โครงงานนี้จะทำการสร้างอุปกรณ์ที่มีชื่อว่า เครื่องควบคุมการแบ่งภาคโหลดในระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดจิ๋วโดยใช้ไตรแอก โดยอุปกรณ์ดังกล่าวจะต่อขนานกับโหลดหลัก ถ้าหากกำลังไฟฟ้าที่ผลิตออกมามีค่ามากกว่ากำลังไฟฟ้าที่ถูกใช้ อุปกรณ์จะแบ่งกำลังไปทางโหลดของอุปกรณ์ ทำให้ผลรวมของกำลังไฟฟ้าที่ใช้กับกำลังไฟฟ้าที่ผลิตมีค่าใกล้เคียงกัน

เครื่องควบคุมการแบ่งภาคโหลดในระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดจิ๋วโดยใช้ไตรแอก จะถูกควบคุมด้วยชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งใช้ภาษาเบสิกในการเขียนโปรแกรม โดยชุดไมโครคอนโทรลเลอร์นี้จะทำหน้าที่สร้างสัญญาณพัลส์เข้าสู่วงจรขับ

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Project Title** | Diversion Load Controller in Pico Hydro Power Plant By using Triac | | |
| **Name** | Miss. Rattana | Tungmanee | ID. 47361654 |
| | Miss. Jirawan | Jinopeng | ID. 47363791 |
| | Miss. Suttida | Krataitong | ID. 47364153 |
| **Project Advisor** | Piyadanai | Pachanapan. | |
| **Major** | Electrical Engineering. | | |
| **Department** | Electrical and Computer Engineering. | | |
| **Acadamic Year** | 2007 | | |


## ABSTRACT

In Pico Hydro Power Plant, the power produced by this system is depended on mass flow rate of water. The output power is depended on load. However, if the produced power is not closed to output power, there are some effects to the system. For example, if the produced power is much higher than the output power, the terminal voltage of induction generator will be much higher than the rated voltage which results in damage of electrical equipment. By reason, this system is necessary to have a diversion load controller to control the equality of produced and out power.

This project studies and develops the diversion load controller in pico hydro power plant by using triac, which shunts the main consuming load. If the produced power is more than the out power, this diversion load controller in pico hydro power plant by using triac will operate to consume a power in order to made the summation of out power equal to the produced power.

The diversion load controller in pico hydro power plant by using triac is controlled by microcontroller. PIC Basic language is applied for programming. The microcontroller sends out pulse to the circuit for driving load.

# กิตติกรรมประกาศ

โครงงานฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่ายโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ขอขอบพระคุณ อาจารย์ปิยคนัย ภาชนะพรรณ์ ในฐานะอาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้ให้แนวคิดและข้อแนะนำที่มีคุณค่าและมีประโยชน์ต่อการทำโครงงานอย่างมาก ตลอดจนเสียสละเวลา ในการตรวจแก้ไข ข้อบกพร่องต่างๆในการทำโครงงานนี้ และขอขอบคุณ คุณประกาศิต รอดฉาย ที่มีส่วนร่วมในการให้คำแนะนำและช่วยเหลือในหลายๆด้านจนโครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นอกจากนี้คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ ผู้มีอุปการคุณทุกท่านเป็นอย่างสูง ที่มีส่วนร่วมในการให้ข้อมูลและช่วยเหลือในหลายๆ ด้านจนโครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ดี

ท้ายสุดนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และ คณาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอน ให้ความรู้ ให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษาที่มีคุณค่า แก่คณะผู้วิจัยด้วยดีเสมอมา

คณะผู้จัดทำโครงงาน

นางสาวรัตนา ตังมณี

นางสาวจิราวรรณ จิโนเป็ง

นางสาวสุทธิดา กระต่ายทอง

# สารบัญ

หน้า


บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญตาราง ..... ฉ

สารบัญรูป ..... ช

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครง ..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน ..... 1

1.3 ขอบข่ายของโครงงาน ..... 2

1.4 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน ..... 3

1.5 ผลลัพธ์ที่คาดว่าจะได้รับ ..... 3

1.6 งบประมาณของโครงงาน ..... 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการทำงาน

2.1 หลักการทำงานของไตรแอก ..... 4

2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ..... 13

2.3 ทฤษฎีวงจรแบ่งแรงดัน ..... 22

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน

3.1 การศึกษาการทำงาน ..... 24

3.2 การออกแบบชิ้นงานและการสร้างชิ้นงาน ..... 24

3.3 การทดสอบชิ้นงาน ..... 30

# สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 วิธีการทดสอบและการทดสอบ

4.1 การทดสอบสัญญาณ Zero Crossing ..... 31

4.2 การทดสอบสัญญาณควบคุม ..... 33

4.3 การทดสอบสัญญาณควบคุมโดยทำการต่อโหลด ..... 35

บทที่ 5 บทสรุป ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล ..... 41

5.2 ปัญหา ข้อเสนอแนะ ..... 42

เอกสารอ้างอิง ..... 43

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก โปรแกรมการควบคุมการทำงานของวงจรไตรแอกด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ .... 45

ภาคผนวก ข โปรแกรมส่งข้อมูลการแปลงค่าอนาลอกเป็นค่าดิจิตอลผ่านพอร์ตอนุกรมแสดงผลออกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ ..... 48

ภาคผนวก ค รูปวงจรภายในของชุดวงจรไตรแอก (ET-OPTO AC DIMMER) ..... 50

ภาคผนวก ง รูปการต่อวงจรของเครื่องควบคุมการแบ่งภาคโหลด ..... 52

ภาคผนวก จ รูปวงจรแผ่นปริ๊นท์ของวงจรเรียงกระแส ..... 54

ประวัติผู้เขียนโครงงาน ..... 56

# สารบัญตาราง


ตารางที่ หน้า

1.1 การกำหนดระยะเวลาการดำเนินงานโครงงาน ..... 3

2.1 แสดงคุณสมบัติที่สำคัญของไตรแอกที่นิยมใช้ ..... 6

2.2 แสดงชื่อขา ตำแหน่งขา ชนิดขา และรายละเอียดการทำงานของ ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 ..... 17

3.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าอนาล็อกทูดิจิตอล ..... 28

4.1 แสดงผลการทดสอบโดยต่อโหลดขนาด 100 วัตต์เข้ากับเครื่องควบคุมวงจรไตรแอกด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์ ..... 40

# สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

1.1 องค์ประกอบของและขั้นตอนการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยเรียงตามลำดับ ..... 2
2.1 สัญลักษณ์ไตรแอกและการใช้งานพื้นฐาน ..... 4
2.2 กราฟคุณลักษณะของไตรแอก ..... 5
2.3 การเปลี่ยนแปลงค่ากำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่โหลด โดยกำหนดโหลดได้จากตำแหน่งเวลาของการทริกที่ขาเกตให้แก่ไตรแอก ..... 7
2.4 การใช้งาน ET- OPTO AC DIMMER ..... 8
2.5โครงสร้างบอร์ด ET- OPTO AC DIMMER ..... 9
2.6 รูปพอร์ต บอร์ด ET- OPTO AC DIMMER ..... 9
2.7 จุดต่อสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ..... 10
2.8 ขั้วต่อแรงดันเอาต์พุตกระแสตรง 5 โวลต์ ..... 10
2.9 จัมเปอร์สำหรับเลือกแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง ..... 10
2.10 ขั้วต่อสัญญาณควบคุมไฟฟ้า ..... 11
2.11 จัมเปอร์สำหรับเลือกรูปแบบของสัญญาณ Zero Crossing ..... 11
2.12 ก แสดงสัญญาณที่มุมศูนย์องศาของสัญญาณเป็นลอจิก 1 (Up) ..... 11
2.12 ข แสดงสัญญาณที่มุมศูนย์องศาของสัญญาณเป็นลอจิก 0 (Dw) ..... 11
2.12 การต่อสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ..... 12
2.13 การต่อแบบใช้ไฟเลี้ยงจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ..... 12
2.14 แผนผังโปรแกรมการควบคุมกระแสสลับ ..... 13
2.15 แสดงชิพที่สามารถทำการโปรแกรมได้แค่ครั้งเดียว ..... 14
2.16 ชิปที่สามารถโปรแกรมได้หลาย ๆ ครั้ง ..... 15
2.17 แสดงไดอะแกรมของ PIC16F877 ..... 15
2.18 ขาต่าง ๆ ของไมโครคอนโทรเลอร์ PIC 16F877 ..... 17
2.19 วงจรความต้านทานต่อกันแบบอนุกรม ..... 22
2.20 วงจรความต้านทานสมมูล ..... 23

3.1 single line diagram..... 25
3.2 บล็อกไดอะแกรมการการออกแบบชิ้นงาน..... 25
3.3 วงจรเครื่องควบคุมวงจรไตรแอกด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์..... 26
3.4 แผนผังลำดับการทำงานของระบบการควบคุมวงจรไตรแอกด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์..... 29
4.1 แสดงการทดสอบสัญญาณ Zero Crossing..... 31
4.2 กราฟแสดงสัญญาณ Zero Crossing ที่ออกจากวงจรไตรแอก..... 32
4.3 กราฟแสดงสัญญาณ Zero Crossing ที่ออกจากวงจรไตรแอกเทียบกับกราฟแรงดัน..... 33
4.4 กราฟแรงดันกระแสตรงที่จ่ายให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่แรงดันแหล่งจ่าย 230 โวลต์..... 34
4.5 กราฟแรงดันกระแสตรงที่จ่ายให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่แรงดันแหล่งจ่าย 250 โวลต์..... 34
4.6 แสดงการทดสอบสัญญาณควบคุมโดยทำการต่อโหลด..... 35
4.7 กราฟแสดงสัญญาณเอาต์พุตเทียบสัญญาณอ้างอิงที่บอร์ดไตรแอกผลิตขึ้นกรณีแรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่ายน้อยกว่า 220 โวลต์..... 36
4.8 กราฟแสดงสัญญาณแรงดันที่ตกคร่อมโหลดกรณีแรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่ายน้อยกว่า 220 โวลต์..36
4.9 กราฟแสดงสัญญาณเอาต์พุตเทียบกับสัญญาณอ้างอิงที่บอร์ดไตรแอกผลิตขึ้นกรณีแรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่าย 220-240 โวลต์..... 37
4.10 กราฟแสดงสัญญาณแรงดันที่ตกคร่อมโหลดโดยผ่านหม้อแปลงลดระดับแรงดัน ขนาด 220/6 โวลต์ กรณีแรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่าย 220 - 240 โวลต์..... 38
4.11 กราฟแสดงสัญญาณสัญญาณควบคุมที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ผลิตขึ้น กับสัญญาณอ้างอิงที่บอร์ดไตรแอกผลิตขึ้น กรณีแรงดันไฟฟ้า มากกว่า 240 โวลต์ขึ้นไป..... 39
4.12 กราฟแสดงสัญญาณแรงดันที่ตกคร่อมโหลดโดยผ่านหม้อแปลงเพื่อลดระดับแรงดันขนาด 220 / 6 โวลต์ กรณีแรงดันไฟฟ้ามากกว่า 240 โวลต์ขึ้นไป..... 39

# บทที่ 1

# บทนำ

## 1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในระบบการผลิตไฟฟ้ากำลังโดยทั่วไปจะพบว่า กำลังไฟฟ้าขาเข้าจะเท่ากับพลังงานทางกล ($p = \tau\omega$) ส่วนพลังงานขาออกจะเท่ากับ $p = vi\cos\theta$ ซึ่งเห็นว่ากำลังทางส่วนกำลังทางกลขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของน้ำ แต่เนื่องจากในระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดจิ๋ว (Pico Hydro Power Plant) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังน้ำ ซึ่งระบบมีขนาดเล็กมาก สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้ไม่เกิน 2 กิโลวัตต์ และใช้แหล่งน้ำจากน้ำตกเป็นพลังงานในการขับเคลื่อนเครื่องกังหันปั่นไฟ วิธีการก็คือ จะทำการผันน้ำจากน้ำตกส่วนหนึ่ง ไปเก็บไว้ในถาดน้ำขนาดเล็กที่ติดตั้งไว้ในที่สูง จากนั้นก็ปล่อยน้ำลงมา เมื่อน้ำถูกปล่อยลงมาที่ต่ำจะมีแรงดันก็ใช้แรงดันนี้ไปปั่นกังหันเป็นไฟที่อยู่ในที่ต่ำ ไม่จำเป็นที่จะต้องทำใกล้กับบริเวณน้ำตกก็ได้ แต่ขอให้มีแหล่งน้ำและแรงดันน้ำพอที่จะปั่นไฟได้ ทั้งนี้ทั้งนั้นในการทำระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดจิ๋ว (Pico Hydro Power Plant) ก็ยังมีปัญหาเกิดขึ้น คือ ระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดจิ๋วจะไม่มีตัวควบคุมอัตราการไหลของน้ำ ส่งผลให้กำลังไฟฟ้าขาเข้าไม่สามารถควบคุมได้ ส่วนกำลังไฟฟ้าด้านเอาท์พุตนั้นถูกใช้ไม่เท่ากันกับกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ แรงดันที่ด้านเอาท์พุตของเครื่องจักรกลจะไม่คงที่ อาทิเช่น หากโหลดภาระน้อยเกินไปต่อค่าแรงดันที่เพิ่มมากกว่าค่าพิกัดมาก ส่งผลให้อุปกรณ์ทางไฟฟ้าเกิดความเสียหายได้ ดังนั้นเพื่อควบคุมแรงดันมีความสม่ำเสมอ ระบบจึงจำเป็นต้องมีอุปกรณ์เพื่อควบคุมกำลังไฟฟ้าขาออก ให้มีค่าใกล้เคียงกับกำลังไฟฟ้าขาเข้า

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อสามารถสร้าง เครื่องควบคุมการแบ่งภาคโหลดในระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดจิ๋ว โดยใช้ไตรแอก ในการควบคุมหน่วยควบคุมหน่วยผลิตไฟฟ้าขนาดจิ๋ว (ไม่เกิน 2 kW) ได้

2. สามารถนำความรู้ที่เรียนมาประยุกต์ใช้งานได้จริงกับงานระบบพลังงานทดแทน เช่น หน่วยผลิตกระแสไฟฟ้าจากกังหันลมพลังงานน้ำ

## 1.3 ขอบข่ายโครงงาน

จากความต้องการดังกล่าวนั้น เราต้องนำเรื่องพลังงาน (Power) และแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ที่โหลดใช้ มาทำการวิเคราะห์เพื่อการออกแบบระบบพลังงานทดแทน โดยอุปกรณ์ไฟฟ้านี้จะต้องประกอบไปด้วยองค์ประกอบต่างๆดังนี้

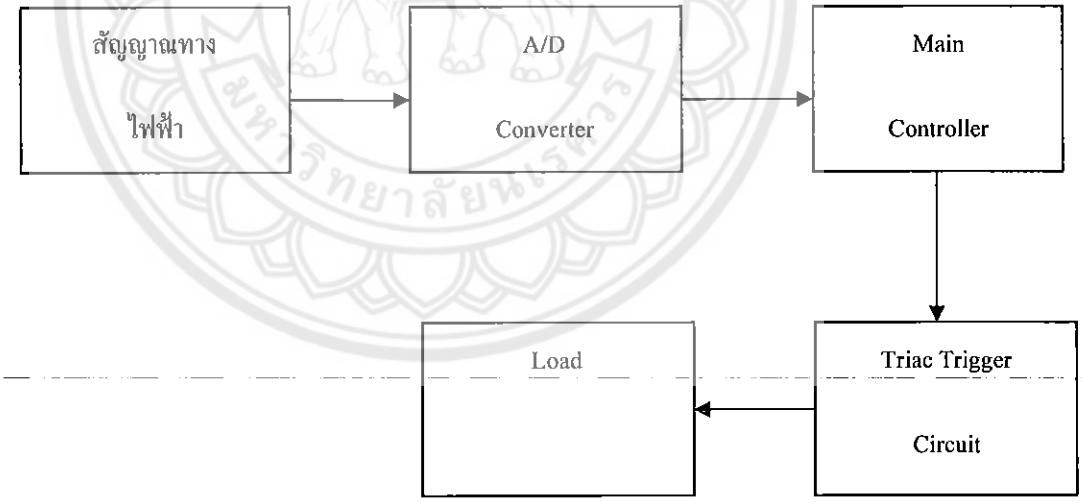
1. ส่วนแปลงสัญญาณ (Transducer) ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแล้วจ่ายให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์

2. วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล (A/D Converter) ทำหน้าที่แปลงสัญญาณทางไฟฟ้าหรือแรงดันกระแสตรงที่ได้จากส่วนแปลงสัญญาณเพื่อนำไปประมวลผล

3. ส่วนของหน่วยประมวลผล (Main Controller) ทำหน้าที่รับค่าดิจิตอลที่ได้จากการแปลงสัญญาณอนาลือกเป็นค่าดิจิตอล แล้วประมวลผลส่งเป็นสัญญาณเอาท์พุตออกมา

4. หน่วยควบคุมการไหลของกระแส (Trigger Circuit) นำสัญญาณเอาท์พุตที่ได้จากหน่วยประมวลผลไปควบคุมการไหลของกระแสเพื่อควบคุมกำลังไฟฟ้าที่จะจ่ายให้แก่โหลด

โดยส่วนประกอบทั้งหมดนี้จะต้องทำงานเรียงลำดับกันไปและจะต้องทำงานที่สอดคล้องกันด้วยเพื่อความถูกต้องแม่นยำของข้อมูลที่ได้มาดังรูปที่ 1.1




**รูปที่ 1.1** องค์ประกอบของและขั้นตอนการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยเรียงตามลำดับ

## 1.4 แผนการดำเนินงานโครงงาน

**ตารางที่ 1.1** การกำหนดระยะเวลาการดำเนินงานโครงงาน

| กิจกรรม | ปี 2550 | ปี 2551 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ธ.ค. | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค. |
| ศึกษาค้นคว้าข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์ | ◄ | ► | | | | |
| ศึกษาค้นคว้าข้อมูล A/D Converter | | ◄ | ► | | | |
| ออกแบบและเขียนโปรแกรม | | | ◄ | ► | | |
| ทดสอบเพื่อบันทึกผลและแก้ไขข้อผิดพลาดของระบบ | | | | ◄ | ► | |
| สรุปผลการทดลองและทำรูปเล่มโครงงาน | | | | | ◄ | ► |

## 1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถสร้างเครื่องควบคุมการแบ่งภาคโหลดในระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดจิ๋วโดยใช้ไตรแอก และนำไปใช้ได้
2. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมโดยใช้โปรแกรม PIC Basic Pro
3. สามารถควบคุมกำลังไฟฟ้าที่โหลดต้องการได้

## 1.6 งบประมาณที่ใช้

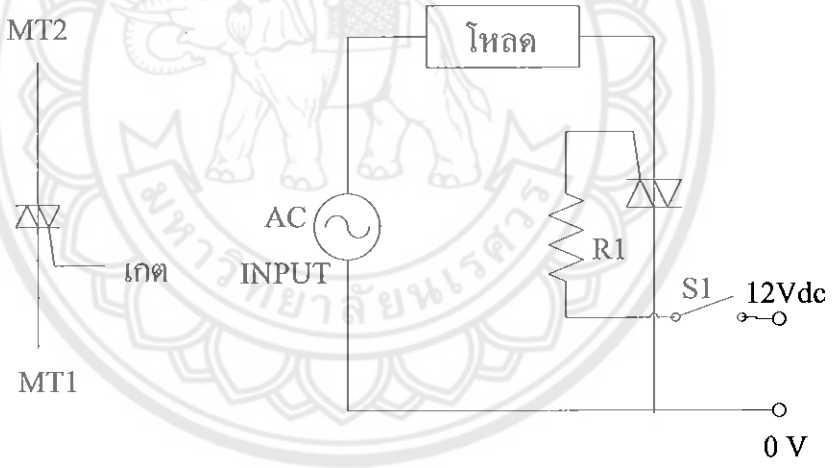
ค่าวัสดุและอุปกรณ์ 3000 บาท (สามพันบาทถ้วน)

# บทที่ 2
# ทฤษฎีพื้นฐานและหลักการทำงาน

ทฤษฎีพื้นฐานของชุดควบคุมการแบ่งภาคโหลดในระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดจิ๋วโดยใช้ไตรแอก จะต้องใช้ความรู้ด้านไฟฟ้า หลักการทำงานของไตรแอก ไมโครคอนโทรลเลอร์และการเขียนคำสั่งควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ มาใช้ในการสร้างเครื่องให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

## 2.1 ทฤษฎีพื้นฐานของไตรแอก

ลักษณะโครงสร้างของไตรแอกนี้เหมือนกับการนำเอาเอสซีอาร์ 2 ตัวมาต่อขนานกันในลักษณะกลับขั้ว ส่วนขาเกตต่อร่วมเข้าด้วยกันดังรูปที่ 2.1 ดังนั้นไตรแอกจะทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมระบบไฟได้ทั้งแบบไฟตรงและไฟสลับ นั้นคือความสามารถในการนำกระแสได้ทั้งสองทิศทางโดยการทริกที่เกตนั้นก็สามารถกระทำได้ทั้งสองทิศทางเช่นกัน




**รูปที่ 2.1** สัญลักษณ์ของไตรแอกและการใช้งานพื้นฐาน

ในรูปที่ 2.1 แสดงถึงสัญลักษณ์และการใช้งานแบบพื้นฐานของไตรแอก โดยทำหน้าที่คล้ายกับสวิตช์ของแหล่งจ่ายไฟสลับ โหลดจะถูกต่ออยู่ที่ขั้วด้านหนึ่งของไตรแอก ส่วนสวิตช์ S1 ใช้ป้อนสัญญาณทริกให้เกต ต่อไปจะขอกล่าวถึงคุณสมบัติพื้นฐานเป็นข้อของไตรแอกซึ่งมีดังนี้

1. โดยปกติ ถ้าไม่มีสัญญาณทริกที่เกต ไตรแอกจะไม่ทำงานโดยจะมีลักษณะเหมือนกับสวิตช์ที่ถูกเปิดวงจร

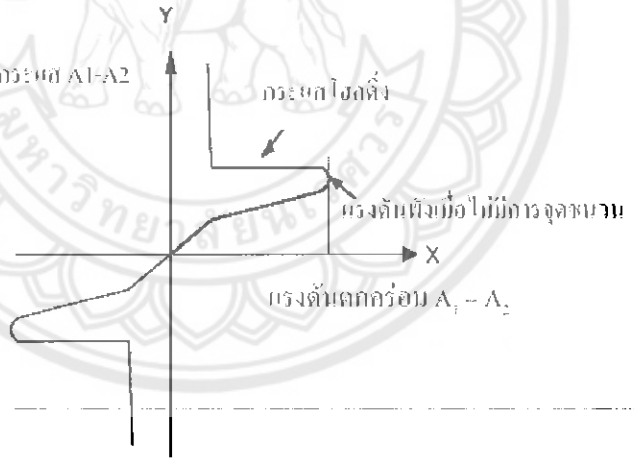
2. ถ้าในกรณีที่ MT2 และ MT1 ถูกป้อนด้วยแรงดันบวกและลบตามลำดับ ไตรแอกจะถูกกระตุ้นให้ทำงานได้โดยการป้อนสัญญาณพัลส์เพียงสั้นๆที่เกตของมันไตรแอกใช้เวลาเพียง2-3x$10^{-6}$

วินาทีเท่านั้นในการทำเริ่มทำงาน ในขณะที่ไตรแอกทำงานนั้น จะมีแรงดันตกคร่อมตัวมัน มีค่าประมาณ 1 หรือ 2 โวลต์ เท่านั้น และก็เช่นกันคือเมื่อไตรแอกเริ่มทำงานแล้ว ก็จะสามารถคงสภาพการทำงานอยู่เช่นนั้นต่อไปเรื่อย ๆ ตราบเท่าที่ยังมีกระแสไหลผ่านตัวมันอย่างต่อเนื่อง

3. หลังจากที่ไตรแอกคงสภาพการทำงานอยู่นั้น ทางเดียวที่จะหยุดการทำงานลงได้ ก็โดยการลดปริมาณกระแสที่ไหลผ่านตัวมันลง ให้มีค่าต่ำกว่ากระแสโฮลดิ้งของมัน ในกรณีที่ใช้ไตรแอกในการจ่ายกระแส AC การหยุดทำงานจะเกิดขึ้นอย่างอัตโนมัติ เมื่อแรงดันของไฟสลับเข้าใกล้จุดตัดศูนย์ที่เกิดขึ้น ทุก ๆ ครึ่งคลื่น นั่นคือกระแสจะลดลงเป็นศูนย์ เรียกว่าจุดตัดศูนย์ หรือ Zero Crossing

4. ไตรแอกถูกกระตุ้นให้ทำงานได้ ทั้งสัญญาณแบบบวกและลบที่ป้อนให้แก่ขาเกต โดยไม่คำนึงถึงขั้วที่ต่ออยู่ที่ MT1 และ MT2 ดังนั้น การทำงานของไตรแอกนี้จะมีอยู่4 โหมดเมื่อเปรียบเทียบกับขั้วแรงดันที่ป้อนให้แก่ขาต่าง ๆ ของมัน ข้อแตกต่างกันเล็กน้อยของการทำงานในโหมดต่าง ๆ คือในกรณีของโหมดที่ขั้วแรงดันที่ให้แก่ขา MT2 และเกตเหมือนกัน (ทั้งบวกและลบ) จะทำให้มีค่าความไวที่เกตสูงขึ้น

5. ไตรแอกสามารถทนการกระชากของกระแสได้สูง เช่นโดยปกติสำหรับไตรแอกที่ทนกระแสปกติได้ 10 แอมแปร์ (rms) สามารถทนการกระชากของกระแสในช่วงหนึ่ง คาบเวลาของไฟ 60เฮิรตซ์ได้สูงถึง 100 แอมแปร์ เป็นต้น




**รูปที่ 2.2** กราฟแสดงคุณลักษณะของไตรแอก

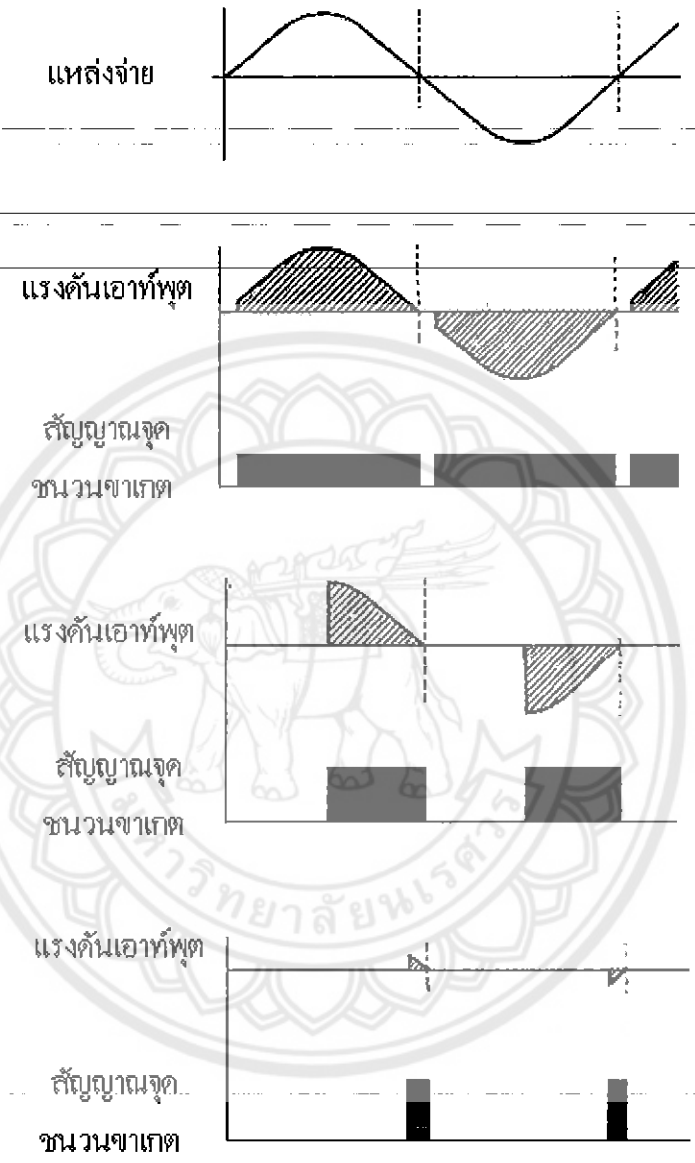
จากรูปที่ 2.2 แสดงลักษณะสมบัติของไตรแอก จะแสดงความสัมพันธ์ของกระแสที่ไหลระหว่าง A2 – A1 และแรงดันที่ตกคร่อมทั้งบวกและลบ ในขณะที่ให้แรงดันคร่อม A2 – A1 มีค่าเป็นบวกเทียบกับ A1 และถ้ายังไม่มีการจุดชนวนแล้ว จะมีค่าแรงดันระหว่าง A2 – A1 ค่าๆ หนึ่งทำให้มันนำกระแสเองได้ แรงดันนี้คือแรงดันพัง เหมือนกับเอสซีอาร์ แต่ถ้าให้ A2 –A1 มีค่าน้อยกว่าแรงดันพังทลาย แล้วการทำการจุดชนวนที่ขาเกต ซึ่งกระแสจะมีค่าเป็นบวกหรือลบก็ได้ ไตรแอกจะนำกระแสทันที กราฟความสัมพันธ์และข้อจำกัดต่างๆ จะเหมือนกันกับเอสซีอาร์ ในทำนอง

เดียวกันถ้าให้แรงดันที่ A1 มีค่าเป็นบวก ถ้าเพิ่มแรงดันนี้มีค่ามากขึ้นจนถึงค่าแรงดันพังทลายก็จะทำให้ไทรแอกนำกระแสเองได้ และถ้าหากว่าไม่มีการจำกัดกระแสในตัวไทรแอกแล้ว ไทรแอกจะเกิดการเสียหายได้ ในขณะที่ไทรแอกนำกระแส ถ้าลดค่ากระแสแอโนดลงจนถึงค่ากระแสต่ำสุดที่ยังคงทำให้ไทรแอกนำกระแสได้ ค่ากระแสต่ำสุดนี้เรียกว่า กระแสโฮลดิ้ง ก็จะทำให้ไทรแอกหยุดนำกระแส

**ตารางที่ 2.1** แสดงคุณสมบัติที่สำคัญของไทรแอกที่นิยมใช้

| เบอร์ | PIV | กระแส | $V_{GT}$ (สูงสุด) | $I_{GT}$ (สูงสุด) | $I_H$ (สูงสุด) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | อาร์เอ็มเอส | | | |
| C206D | 400 V | 3 A | 2 V | 5 mA | 30 mA |
| 2N6073 | 400 V | 4 A | 2.5 V | 30 mA | 70 mA |
| C226D | 400 V | 8 A | 2.5 V | 50 mA | 60 mA |
| SC146D | 400 V | 10 A | 2.5 V | 50 mA | 75 mA |
| TIC246D | 400 V | 15 A | 2.5 V | 50 mA | 50 mA |

จากตารางที่ 2.1 เป็นการแสดงค่าคุณสมบัติที่สำคัญของไทรแอกที่นิยมใช้ และจากตัวอย่างของการใช้งานไทรแอกที่กล่าวมาตั้งแต่ต้นนี้ เป็นการใช้งานในลักษณะเป็นสวิตช์ เปิด / ปิด การจ่ายไฟให้แก่โหลดต่าง ๆ แต่ความจริงแล้วการใช้งานสามารถขยายออกไปได้อีกมาก เช่น ใช้เป็นวงจรหรี่ความสว่างของหลอดไฟ หรือเป็นวงจรควบคุมความเร็วของมอเตอร์ เป็นต้นซึ่งก็ล้วนแล้วแต่เป็นการใช้งานควบคุมกำลังไฟ ที่จะจ่ายให้แก่โหลดในระบบที่เรียกว่า เฟสทริกเกอร์ หลักการของวงจรที่มีลักษณะเป็นเฟสทริกเกอร์นี้ ใช้ไทรแอกเป็นตัวควบคุมกำลังไฟที่จ่ายให้แก่โหลด โดยที่แทนจะทริกขาเกตด้วยสัญญาณไฟตรงนั้นตรง ๆ ก็ทริกโดยมีการหน่วงของเฟสด้วยวงจรอีกส่วนหนึ่งดังรูปที่ 2.3

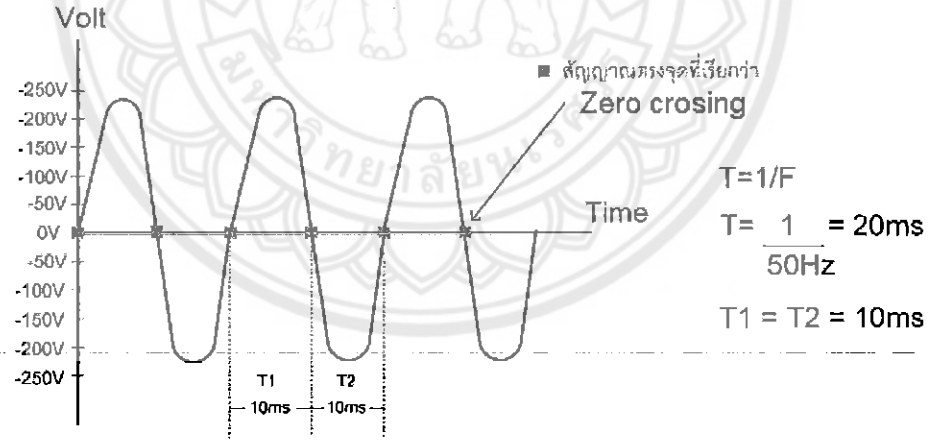



**รูปที่ 2.3** การเปลี่ยนแปลงค่ากำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่โหลด โดยกำหนดโหลดได้จากตำแหน่งเวลาของการทริกที่ขาเกตให้แก่ไตรแอก

จากรูปที่ 2.3 การหน่วงเฟสมีผลดังนี้ คือ ถ้าไตรแอกถูกจุดชนวนที่ตำแหน่งเฟส 10 องศา หลังจากที่ทุกๆครึ่งรูปคลื่นเริ่มเข้ามา กำลังไฟฟ้าเกือบทั้งหมดก็จะถูกป้อนให้แก่โหลด แต่ถ้าการทริกที่ตำแหน่งเฟส 90 องศา หลังจากทุกๆครึ่งคลื่นเริ่มเข้ามา จะทำให้กำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่โหลดนั้นลดลงเหลือเพียงครึ่งหนึ่งของกำลังทั้งหมด และถ้าไปทริกที่ตำแหน่งเฟส 170 องศา หลังจากที่ทุกๆครึ่งรูปคลื่นเข้ามาแล้ว จะมีเพียงกำลังไฟฟ้าส่วนน้อยเท่านั้นที่ป้อนให้แก่โหลด

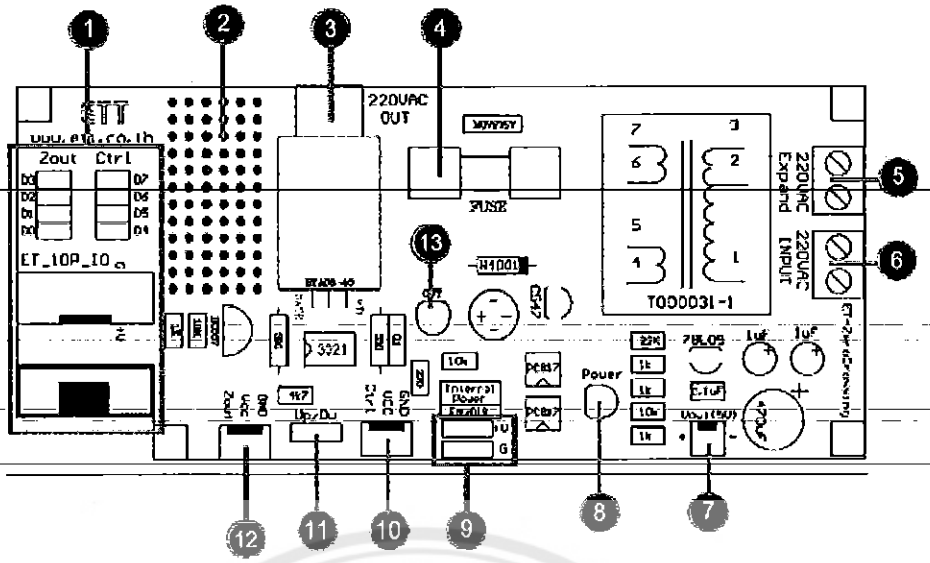
**2.1.1 ชุดวงจรไตรแอก (ET-OPTO AC DIMMER)**

ปัจจุบันเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆล้วนแล้วแต่ใช้แหล่งกำเนิดไฟฟ้าจากไฟฟ้ากระแสสลับแทบทั้งสิ้น เช่น หลอดไฟ พัดลม กระทะไฟฟ้า และอื่นๆ เป็นต้น โดยความต้องการของการควบคุมไฟฟ้านั้น นอกจากการเปิด-ปิดแล้ว ยังมีเครื่องใช้ไฟฟ้าบางประเภทที่มีความต้องการที่จะทำงานในระดับแรงดันต่างๆ เช่น หลอดไฟแบบไส้ พัดลม มอเตอร์ไฟฟ้า เครื่องทำความร้อน เป็นต้น ET-OPTO AC DIMMER เป็นผลิตภัณฑ์ที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อจุดประสงค์ในการควบคุมระบบไฟฟ้ากระแสสลับ ให้สามารถมีระดับแรงดันเอาต์พุตต่างๆ ตามที่เราต้องการ โดยอาศัยหลักการในการควบคุมเฟสของสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ซึ่งเป็นสัญญาณไซน์เวฟ (มุมเฟส 360 องศา) ขนาดความถี่ 50Hz การควบคุมเฟสจะอาศัยหลักการทำงานของไตรแอก (Triac) โดยการควบคุมการจุดชนวนเกตของไตรแอกซึ่งการจุดชนวนเกตที่มุมเฟสต่างๆของไตรแอกจะมีผลต่อค่าระดับแรงดันเอาต์พุตกระแสสลับ โดยเราจะใช้สัญญาณจากจุดที่เรียกว่า Zero-Crossing เป็นจุดอ้างอิงในการกระตุ้นเฟสของสัญญาณจากรูปสัญญาณ Zero-Crossing จะเกิดขึ้นทุกๆ 10 ms ดังนั้นการควบคุมเฟสของสัญญาณสามารถทำได้โดยอาศัยวิธีการหน่วงเวลาภายใน 0 ถึง 10 ms แล้วส่งพัลส์ไปกระตุ้นขาเกตของไตรแอก ซึ่งขนาดของสัญญาณพัลส์ที่ไปกระตุ้นควรมีความกว้างอย่างน้อย 10 uSec โดยการจุดชนวนเกตภายในเวลา 0 ถึง 10ms จะมีผลต่อระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่เอาต์พุต ซึ่งมีสัดส่วนแปรผันกันโดยตรงกับค่าเวลาดังกล่าว




**รูปที่ 2.4** การใช้งาน ET- OPTO AC DIMMER

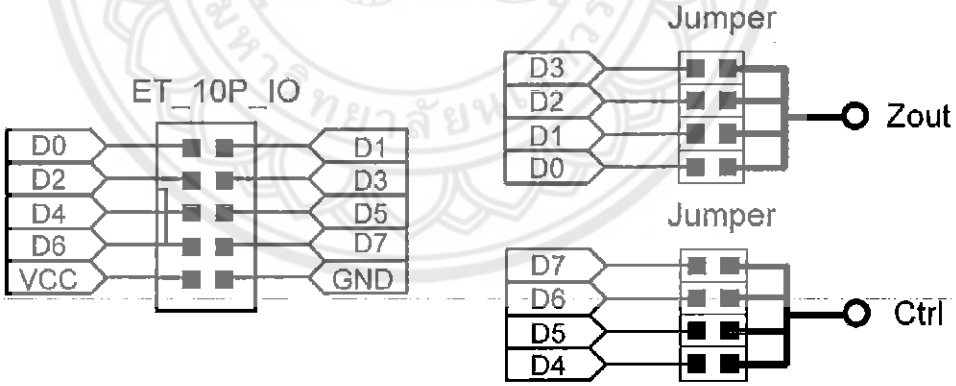
จากรูปที่ 2.4 สัญญาณ Zero-Crossing จะเกิดขึ้นทุกๆ 10 ms ดังนั้นการควบคุมเฟสของสัญญาณสามารถทำได้โดยอาศัยวิธีการหน่วงเวลาภายใน 0 ถึง 10 ms แล้วส่งพัลส์ไปกระตุ้นขาเกตของไตรแอก ซึ่งขนาดของสัญญาณพัลส์ที่ไปกระตุ้นควรมีความกว้างอย่างน้อย 10 uSec โดยการจุดชนวนเกตภายในเวลา 0 ถึง 10ms จะมีผลต่อระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่เอาต์พุต ซึ่งมีสัดส่วนแปรผันกันโดยตรงกับค่าเวลาดังกล่าว




**รูปที่ 2.5** โครงสร้างบอร์ด ET- OPTO AC DIMMER

จากรูปที่ 2.5 สามารถอธิบายโครงสร้างบอร์ดเรียงตามหมายเลขต่างๆ ได้ดังนี้

1. พอร์ต ET_10P_IO เป็นคอนเนกเตอร์สำหรับเชื่อมต่อระหว่าง สัญญาณของอุปกรณ์ภายนอกกับสัญญาณภายในของบอร์ด ET-OPTO AC DIMMER โดยสัญญาณภายในบอร์ด ก็คือ Zout, Ctrl, VCC และ GND ดังรูปที่ 2.6

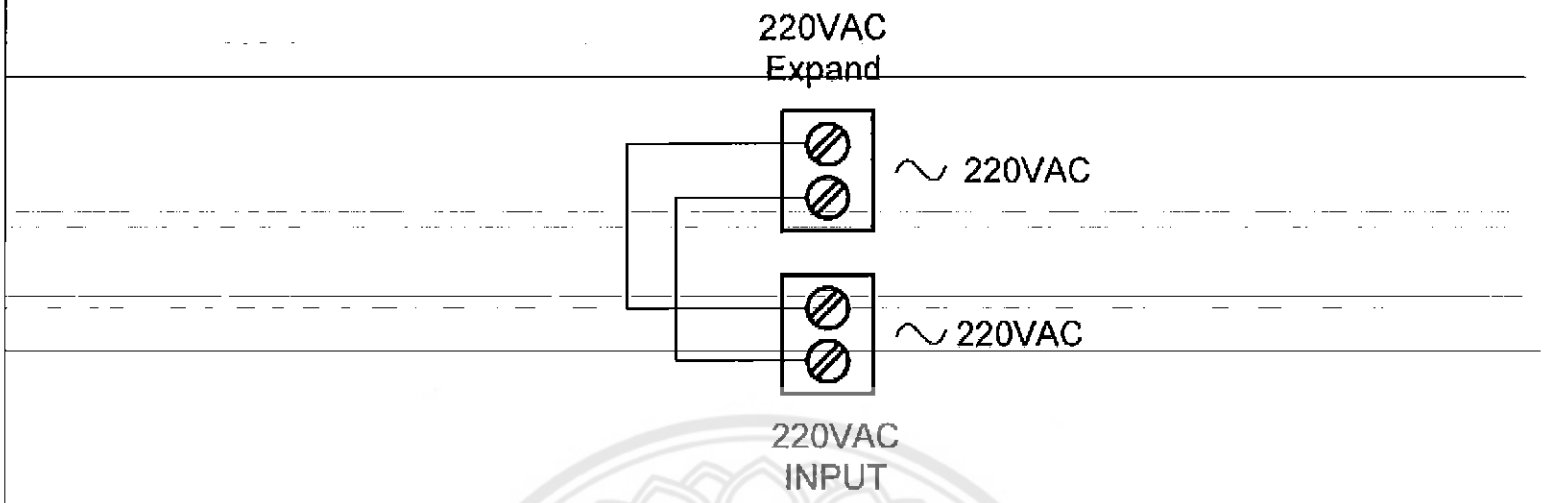



**รูปที่ 2.6** รูปพอร์ต บอร์ด ET- OPTO AC DIMMER

โดย Zero Crossing Output (Zout) คือ สัญญาณใช้อ้างอิงที่มุมเฟส 0 องศา ของสัญญาณไซน์ 50Hz Control (Ctrl) เป็นขาสัญญาณควบคุมการเปิด-ปิด ไฟเอาท์พุตกระแสสลับ 220 โวลต์

2. พื้นที่เอนกประสงค์สำหรับต่อวงจรเพิ่มเติม
3. ขั้วต่อไฟเอาต์พุตกระแสสลับ 220 โวลต์
4. ฟิวส์ (FUSE) สำหรับป้องกันไฟฟ้าลัดวงจร
5. 220VAC Expand เป็นจุดต่อขยายของสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ สำหรับ

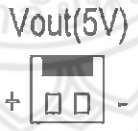
นำไปต่อพ่วงกับอุปกรณ์ภายนอกที่ต้องการโดยไฟฟ้าที่จุดนี้จะต่อขนานมาจากขั้วต่อสัญญาณอินพุตกระแสสลับ 220 โวลต์ ดังรูปที่ 2.7




**รูปที่ 2.7** จุดต่อสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์

6. 220VAC INPUT เป็นจุดต่อสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ เข้ามายังบอร์ดซึ่งสัญญาณนี้จะเชื่อมต่อขนานกับขั้วต่อ 220VAC Expand สำหรับนำไปต่อพ่วงกับอุปกรณ์อื่นๆ ที่ต้องการ

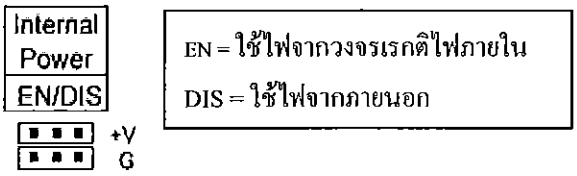
7. Vout (5โวลต์) เป็นขั้วต่อแรงดันเอาต์พุตกระแสตรง 5 โวลต์ ที่ได้มาจากวงจรเรกติไฟเออร์ ภายในบอร์ดดังรูปที่ 2.8 โดยสามารถต่อเลี้ยงอุปกรณ์ภายนอกได้ เช่น ไมโครคอนโทรเลอร์ เป็นต้น




**รูปที่ 2.8** ขั้วต่อแรงดันเอาต์พุตกระแสตรง 5 โวลต์

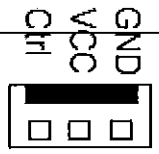
8. Power คือ หลอดไฟแสดงผล LED สำหรับแสดงสถานะของไฟฟ้าภายในบอร์ด

9. Internal Power EN/DIS คือ จัมเปอร์สำหรับเลือกใช้แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง 5 โวลต์ และ GND ดังรูปที่ 2.9




**รูปที่ 2.9** จัมเปอร์สำหรับเลือกแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง

10. Ctrl คือ ขั้วต่อสัญญาณควบคุมไฟฟ้าที่จุด 220VAC OUT ทำงานที่ลอจิก "0" (Active 0) ดังรูปที่ 2.10

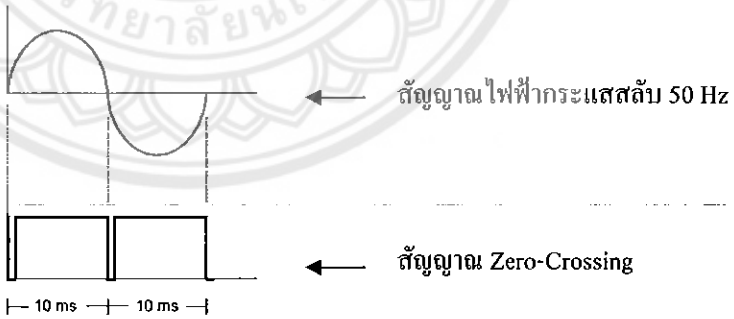



Ctrl = 0 ไตรแอกนำกระแส
Ctrl = 1 ไตรแอกไม่นำกระแส

**รูปที่ 2.10** ขั้วต่อสัญญาณควบคุมไฟฟ้า

11. Up/Dw คือ จัมเปอร์สำหรับเลือกรูปแบบของสัญญาณ Zero-Crossing มี 2 รูปแบบ ดังรูปที่ 2.11

**รูปที่ 2.11 ก** แสดงสัญญาณที่มุมศูนย์องศาของสัญญาณเป็นลอจิก 1 (Up)




**รูปที่ 2.11 ข** แสดงสัญญาณที่มุมศูนย์องศาของสัญญาณเป็นลอจิก 0 (Dw)

12. ขั้วต่อสัญญาณเอาต์พุต Zero-Crossing โดยจะมีรูปแบบสัญญาณตามข้อ 11

13. LED OUT เป็นหลอดไฟ LED ที่แสดงสถานะการทำงานของวงจรควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ โดยจะแบ่งได้ 2 สถานะ ดังนี้

LED ติดสว่าง = มีลอจิกไปทริก หรือ จุดชนวนการทำงานของ TRIAC

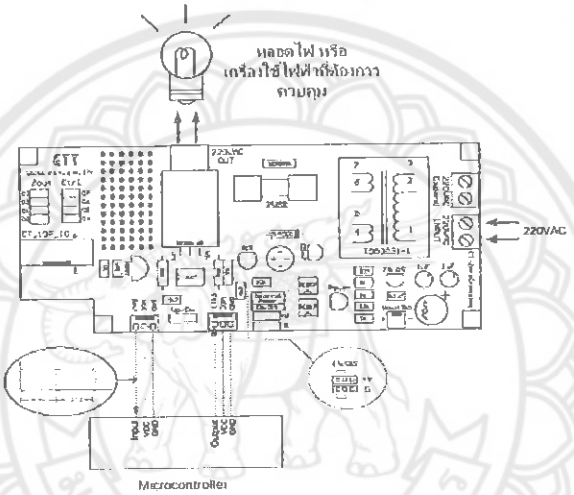
LED ดับ = ไม่มีลอจิกไปทริก หรือ จุดชนวนการทำงานของ TRIAC

สำหรับการต่อใช้งาน ET-AC Dimmer จำเป็นจะต้องมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงาน เช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยจะมีสัญญาณที่ต้องเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรเลอร์อยู่ 3 ส่วน ดังนี้

1) สัญญาณ Zero-Crossing (Zout)

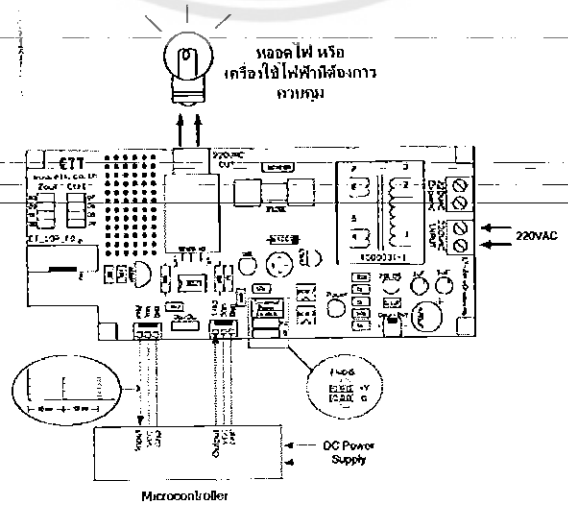
2) สัญญาณกระตุ้นขาเกต (Gate) ของไตรแอค (Crtl)

3) แหล่งจ่ายไฟ (VCC, GND) ซึ่งสามารถใช้แหล่งจ่ายไฟจากภายในบอร์ด ET-AC Dimmer หรือ จากบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ภายนอกเองก็ได้ โดยการเลือกจัมพ์เปอร์ (Internal-Power) การต่อแบบใช้ไฟเลี้ยงจากบอร์ด ET-AC Dimmer ให้เลือกจัมพ์เปอร์ Internal Power มาที่ตำ-แหน่ง EN ดังรูปที่ 2.12



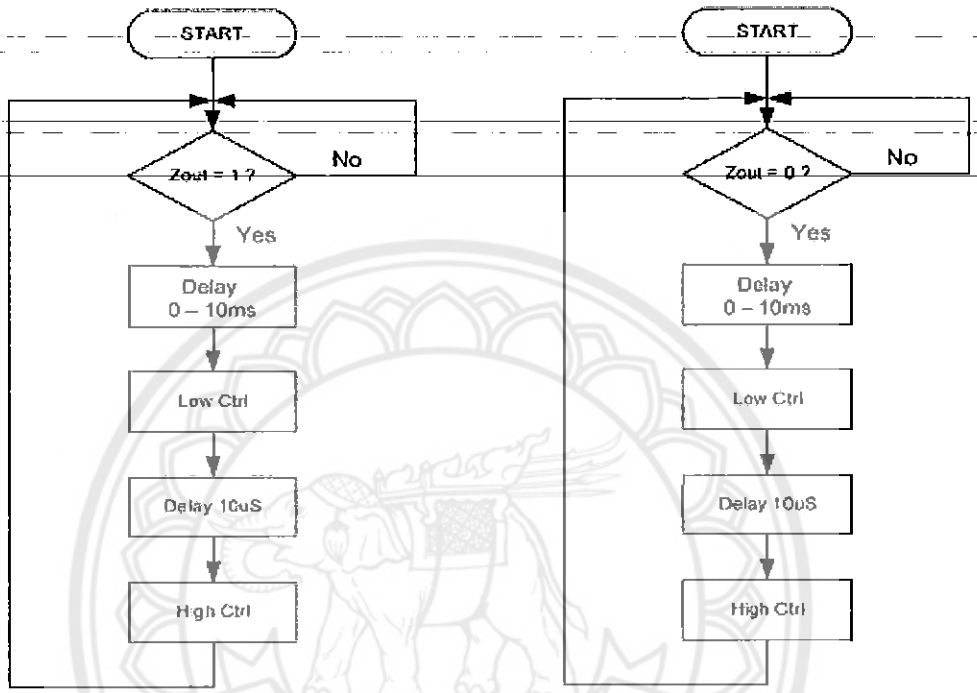

**รูปที่ 2.12** การต่อสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์

การต่อแบบใช้ไฟเลี้ยงจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์กรณีที่ไมโครคอนโทรเลอร์มีแหล่งจ่าย ไฟอยู่แล้ว ให้เลือกจัมพ์เปอร์ Internal Power มาที่ตำแหน่ง DIS ดังรูปที่ 2.13




**รูปที่ 2.13** การต่อแบบใช้ไฟเลี้ยงจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

รูปแบบการเขียนโปรแกรมควบคุมไฟกระแสสลับแบบง่ายๆ สามารถแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบ ดังต่อไปนี้ คือ กรณีเลือกจัมเปอร์ Up/Dw เป็น Up และกรณีเลือกจัมเปอร์ Up/Dw เป็น Dw ดังรูปที่ 2.14




**รูปที่ 2.14** แผนผังโปรแกรมการควบคุมกระแสสลับ

จากรูปที่ 2.14 ค่าหน่วงเวลา (0 – 10ms) จะมีผลต่อระดับแรงดันซึ่งแปลผันในช่วง 0 ถึง 220 โวลต์ และจะต้องหน่วงเวลาให้คงที่ทุก ๆ รอบของการเกิด Zero Crossing ดังแผนผังโปรแกรมด้านบน

## 2.2 ไมโครคอนโทรเลอร์

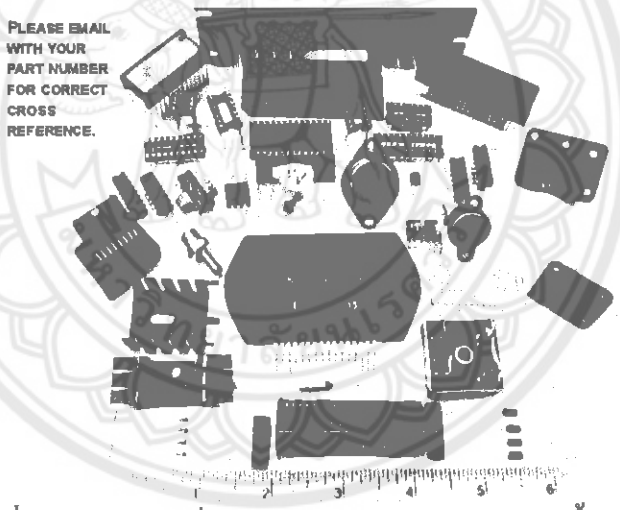
เป็นอุปกรณ์ไอซี (IC: Integrated Circuit) ที่สามารถเขียนโปรแกรมการทำงานได้ซับซ้อน สามารถรับข้อมูลในรูปสัญญาณดิจิตอลเข้าไปทำการประมวลผลแล้วส่งผลลัพธ์ข้อมูลดิจิตอลออกมาเพื่อนำไปใช้งานตามที่ต้องการได้ ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็น ไมโครโพรเซสเซอร์ชนิดหนึ่ง เช่น เดียวกับหน่วยประมวลผลกลาง (CPU: Central Processing Unit) ที่ใช้ในคอมพิวเตอร์ แต่ได้รับการพัฒนารวมวงจรที่จำเป็น เช่น หน่วยความจำ ส่วนอินพุต และเอาท์พุต บางส่วนเข้าไปในตัวไอซีตัวเดียวกัน และเพิ่มวงจรบางอย่างเข้าไปเพื่อให้มีความสามารถเหมาะสมกับการใช้ในงานควบคุม เช่น วงจรตั้งเวลา วงจรการสื่อสารอนุกรม และวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล เป็นต้น

ไมโครคอนโทรลเลอร์มีหลายยี่ห้อ หลายตระกูล และหลายเบอร์ด้วยกัน ซึ่งแต่ละเบอร์ก็จะมีโครงสร้างภายในและความสามารถในการทำงานที่แตกต่างกัน ไมโครคอนโทรเลอร์ที่นิยมใช้งานคือ MCS51, PIC และ AVR เป็นต้น

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC สามารถแบ่งออกตามชนิดของ PROGRAM MEMORY ได้สามแบบ คือ

1. OTP (One Time Programmable)
2. EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory)
3. EEPROM /Flash(Electronically Erasable Programmable Read Only Memory)

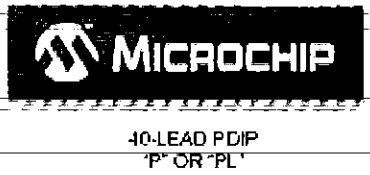
1. OTP เป็นชิพที่สามารถทำการลงโปรแกรมได้เพียงแค่ครั้งเดียวเท่านั้นดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.15 หลังจากชิพได้ถูกโปรแกรมไปแล้วจะไม่สามารถโปรแกรมเข้าไปใหม่ได้อีก ดังนั้นชิพประเภทนี้จะนิยมใช้หลังจากได้พัฒนาโปรแกรมจนกระทั่งแก้ไขจุดบกพร่องต่างๆในโปรแกรมแล้ว จะมีตัวอักษร C แสดงในไมโครคอนโทรลเลอร์ เช่น 16F84 และ 16C74 ดังรูปที่ 2.15 เป็นต้น




**รูปที่ 2.15** แสดงชิพที่สามารถทำการโปรแกรมได้แค่ครั้งเดียว

2. EPROM เป็นชิพที่สามารถเขียนโปรแกรมเข้าไปแล้ว โปรแกรมเขียนทับใหม่ด้วยการลบโปรแกรมเดิมโดยให้แสงอัลตร้าไวโอเล็ต ส่องผ่านเข้าไปยังชิพ ประมาณ 5-10 วินาที ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.7 ดังนั้นที่ด้านบนของชิพจะมีกรอบกระจกเพื่อให้แสงอัลตร้าไวโอเล็ต สามารถส่องผ่านเข้าไปในตัวชิพได้ แต่ก็มีจำนวนครั้งในการลบโปรแกรม เมื่อลบโปรแกรมด้วยแสงอัลตร้าไวโอเล็ต มากๆ จะเกิดอาการด้านทำให้ไม่สามารถโปรแกรมได้อีก จะมีตัวอักษร JW แสดงบนตัวไมโครคอนโทรลเลอร์

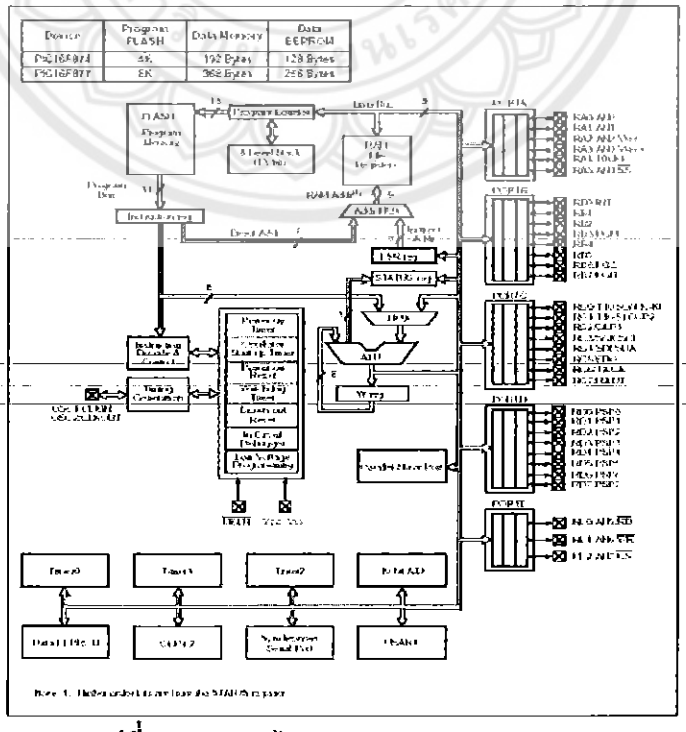
3. EEPROM /Flash เป็น chip ที่ออกมาไม่กี่ปีนี้เอง ส่วนของ program memory สามารถอ่านหรือเขียนด้วยสัญญาณทางไฟฟ้า ใช้เวลาในการลบข้อมูลไม่กี่วินาที และสามารถลบและเขียนใหม่ได้หลายพันครั้ง ทำให้เป็นที่นิยมที่สุดใน 3 ประเภท มีตัวอักษร F เป็นตัวบอกดังรูปที่2.16 เช่น 16F84, 16F877




**รูปที่ 2.16** ชิปที่สามารถโปรแกรมได้หลาย ๆ ครั้ง

### 2.2.1 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F877

จากรูปที่ 2.17 แผนผังโครงสร้างของ PIC16F877 จะมี ที่สำคัญ ๆ คือ W ซึ่งเป็นRegister ที่ใช้ทำงานเป็น Input ให้กับ ALU และเป็นตัวเก็บผลลัพธ์จากการทำงานของ AUL, STATUS เป็น Register ที่ใช้เก็บสถานการณ์ทำงานของคำสั่ง ว่าเมื่อคำสั่งทำงานเสร็จแล้วเกิดอะไรขึ้นบ้าง ซึ่งมีประโยชน์ในการเขียนโปรแกรมแบบมีเงื่อนไข PC หรือ Program Counter เป็น Register อีกตัวที่มีความสำคัญ เนื่องจากการใช้สำหรับเป็นตัวชี้ว่า คำสั่งที่จะนำมาประมวลผลนั้นอยู่ที่ตำแหน่งใดในหน่วยความจำดังรูปที่ 2.17



**รูปที่ 2.17** แสดงไดอะแกรมของ PIC 16F877

**2.2.2 คุณสมบัติของ PIC 16F877**

2.2.2.1 มีคำสั่งให้ใช้งาน 35 คำสั่ง

2.2.2.2 คำสั่งหนึ่ง ๆ ใช้เวลาทำงาน 1 ถึง 2 Cycle

2.2.2.3 ทำงานได้สูงสุดที่ 20 MHz (PIC16F87-20/P ไม่ใช่ PIC16F877-40/p)

2.2.2.4 ทำงานแบบ Pipe-line (มี 2 ท่อ) ทำให้เวลา ณ หนึ่งทำงานได้ 2 อย่าง พร้อมกัน

2.2.2.5 หน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบ Flash มีขนาด 8 K Word (1 word=14 บิต)

2.22.6 มีแรมขนาดความจุ 364 ไบต์

2.2.2.7 มี EEPROM ขนาด 256 ไบต์

2.2.2.8 ตอบสนองกับอินเตอร์รัปต์ได้ทั้งหมด 14 แหล่ง

2.2.2.9 มี Stack ให้ใช้ได้สูงสุด 8 ระดับ

2.2.2.10 มีระบบ Power ON Reset, Power Up Timer, Oscillator Start-Up Timer

2.2.2.11 Watchdog Timer

2.2.2.12 มีระบบ Code Production

2.2.2.13 มีโหมดประหยัดเงิน

2.2.2.14 สัญญาณนาฬิกามีหลายโหมดให้เลือกใช้งาน คือ อาจจะใช้ XTAL หรือ วงจรRC ก็ได้

2.2.2.15 สามารถโปรแกรมด้วยไฟ +5 VDC ได้

2.2.2.16 ใช้โปรแกรมแบบ In-Circuit Serial Programming

2.2.2.17 ทำงานที่ไฟเลี้ยง 2 VDC ถึง 5.5 VDC

2.2.2.18 Current Sink และ Current Source อยู่ที่ 25 mA

2.2.2.19 มี Timer/Counter 3ตัว

2.2.2.20 มีโมดูล Capture/Compare/PWM อีก 2 ชุด(มีระบบ PWM ควบคุม DC Motor ได้)

2.2.2.21 มี A-TO-D Converter แบบ 10 บิต จำนวน 8 ช่องนำเข้า ในตัวเอง

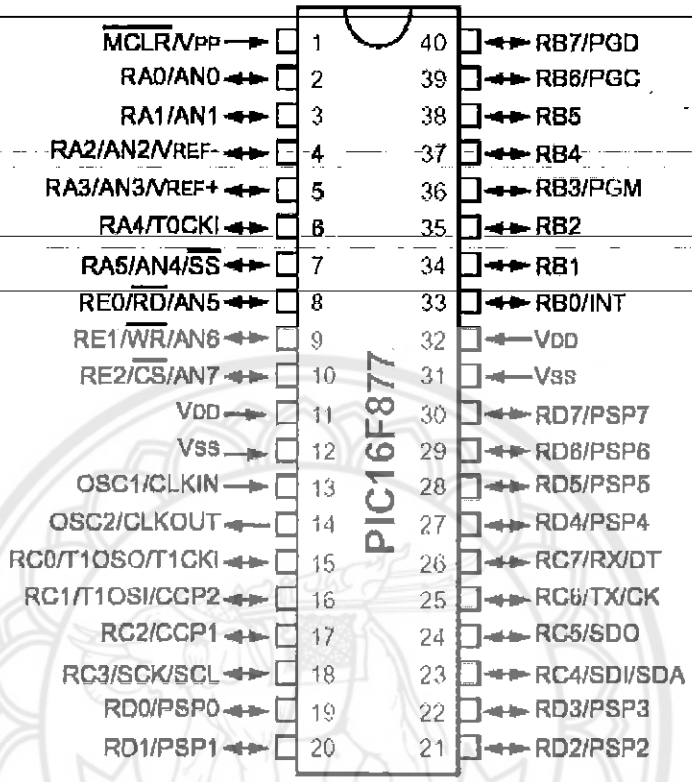
2.2.2.22 มีระบบ USART สำหรับการต่อ การสื่อสารแบบ RS232

2.2.2.23 มีระบบตรวจไฟเลี้ยง (Brown-out Reset)

2.2.2.24 มี I/O พอร์ตทั้งหมด 5 พอร์ต (แต่ละพอร์ตมีจำนวนบิตไม่เท่ากัน)

### 2.2.3 การจัดขาของ ไมโครคอนโทรเลอร์ PIC 16F877

แสดงชื่อขาชนิดขาและการเรียงลำดับขาของ ไมโครคอนโทรเลอร์ PIC 16F877 ดังรูปที่ 2.18




**รูปที่ 2.18** ขาต่าง ๆ ของไมโครคอนโทรเลอร์ PIC 16F877

**ตารางที่ 2.2** แสดงชื่อขาชนิดขา และรายละเอียดการทำงานของไมโครคอนโทรเลอร์ PIC16F877

| ชื่อขา | ตำแหน่งขา | ชนิดของขา | รายระเอียดการทำงาน |
|---|---|---|---|
| OSC1/CLKN | 13 | อินพุต | - ขาต่อคริสตอล/รับสัญญาณนาฬิกาจากภายนอก |
| OSC2/CLKOUT | 14 | เอาท์พุต | - ขาต่อคริสตอล/ในโหมดRCเป็นขาเอาท์พุต สัญญาณนาฬิกาความถี่ 1/4 เท่าของสัญญาณที่ขา OSC1 |
| $MCLR/V_{PP}$ | 1 | อินพุต/ เอาท์พุต | - ขารับสัญญาณรีเซต ทำงานที่ลอจิก "0" - ขารับแรงดันโปรแกรม |
| RA0/AN0 | 2 | อินพุต/ เอาท์พุต | - ขาพอร์ต RA0 - อินพุตวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล ช่อง 0 |

**ตารางที่ 2.2(ต่อ)** แสดงชื่อขาชนิดขา และรายละเอียดการทำงานของไมโครคอนโทรเลอร์

PIC 16F877

| ชื่อขา | ตำแหน่งขา | ชนิดของขา | รายระเอียดการทำงาน |
|---|---|---|---|
| RA1/AN1 | 3 | อินพุต/เอาท์พุต | - ขาพอร์ต RA1<br>- อินพุตวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล ช่อง 1 |
| RA2/AN2/VREF- | 4 | อินพุต/เอาท์พุต | - ขาพอร์ต RA2<br>- อินพุตวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล ช่อง 2<br>- อินพุตแรงดันอ้างอิงลบของวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล |
| RA3/AN3/YREF+ | 5 | อินพุต/เอาท์พุต | - ขาพอร์ต RA3<br>- อินพุตวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล ช่อง 3<br>-อินพุตแรงดันอ้างอิงบวกของวงจรแปลงสัญญาณ อนาลอกเป็นดิจิตอล |
| RA4/T0CKI | 6 | อินพุต/เอาท์พุต | - ขาพอร์ต RA4<br>- อินพุตสัญญาณนาฬิกาของไทม์เมอร์ 0 |
| RA5/AN4/SS | 7 | อินพุต/เอาท์พุต | - ขาพอร์ต RA5<br>- อินพุตวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล ช่อง 4<br>ขาสัญญาณ Slave Select ใช้ในการสื่อสารข้อมูลอนุกรมแบบซิงโครนัส |
| RB0/INT | 33 | อินพุต/เอาท์พุต | - ขาพอร์ต RB0<br>- อินพุตรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอก |
| RB1 | 34 | อินพุต/เอาท์พุต | - ขาพอร์ต RB1 |
| RB2 | 35 | อินพุต/เอาท์พุต | - ขาพอร์ต RB2 |
| RB3/PGM | 36 | อินพุต/เอาท์พุต | - ขาพอร์ต RB3<br>- อินพุตรับแรงดันโปรแกรมต่ำถ้าเอ็นอินาเบิ้ล |

**ตารางที่ 2.2(ต่อ)** แสดงชื่อขาชนิดขา และรายละเอียดการทำงานของไมโครคอนโทรเลอร์

PIC16F877

| ชื่อขา | ตำแหน่งขา | ชนิดของขา | รายระเอียดการทำงาน |
|---|---|---|---|
| RB4 | 37 | อินพุต/<br>เอาท์พุต | - ขาพอร์ต RB4 |
| RB5 | 38 | อินพุต/<br>เอาท์พุต | - ขาพอร์ต RB5 |
| RB6/PGC | 39 | อินพุต/ | - ขาพอร์ต RB6 |
| | | เอาท์พุต | - ขาสัญญาณนาฬิกาของการดีบักในวงจร |
| RB7/PGD | 40 | อินพุต/<br>เอาท์พุต | - ขาพอร์ต RB7<br>- ขาสัญญาณนาฬิกาของการดีบักในวงจร |
| RC0/T1OSI/<br>T1CKI | 15 | อินพุต/<br>เอาท์พุต | - ขาพอร์ต RC0<br>- เอาท์พุตวงจรออสซิเลเตอร์ของไทม์เมอร์ 1<br>- อินพุตสัญญาณนาฬิกาของไทม์เมอร์ 1 |
| RC1/T1OSI/<br>CCP2 | 16 | อินพุต/<br>เอาท์พุต | - ขาพอร์ต RC1<br>- อินพุตสัญญาณนาฬิกาของไทม์เมอร์ 1<br>-อินพุตวงจรแคปเจอร์/เอาท์พุตวงจรเปรียบเทียบ/<br>เอาท์พุตวงจรPWMสำหรับโมดู CCP2 |
| RC2/CPP1 | 17 | อินพุต/<br>เอาท์พุต | - ขาพอร์ต RC2<br>-อินพุตวงจรแคปเจอร์/เอาท์พุตวงจรเปรียบเทียบ/<br>เอาท์พุตวงจรPWMสำหรับโมดู CCP1 |
| RC3/SCK/SCL | 18 | อินพุต/ | - ขาพอร์ต RC3 |
| | | เอาท์พุต | -ขาสัญญาณนาฬิกาวงจรSPI และระบบบัส $I^2C$ |
| RC4/SDI/SDA | | อินพุต/ | - ขาพอร์ต RC4 |
| | 23 | เอาท์พุต | - ขาเข้าข้อมูลอินพุตวงจร SPI |
| | | | -ขาเข้าข้อมูลอนุกรมของระบบบัส $I^2C$ เอาท์พุต |
| RC5/SDO | 24 | อินพุต/<br>เอาท์พุต | - ขาพอร์ต RC5<br>- ขาเข้าข้อมูลอินพุตวงจร SPI |
| RC6/TX/CK | 25 | อินพุต/<br>เอาท์พุต | - ขาพอร์ต RC6<br>-ขาอินพุตวงจรUSART สำหรับเชื่อมต่อพอร์ตอนุกรม |

**ตารางที่ 2.2(ต่อ)** แสดงชื่อขาชนิดขา และรายละเอียดการทำงานของไมโครคอนโทรเลอร์

PIC16F877

| ชื่อขา | ตำแหน่งขา | ชนิดของขา | รายระเอียดการทำงาน |
|---|---|---|---|
| RC7/RX/DT | 26 | อินพุต/เอาท์พุต | - ขาพอร์ต RC7<br>- ขาอินพุตวงจรUSART สำหรับเชื่อมต่อพอร์ตอนุกรม |
| RD0/PSP0 | 19 | อินพุต/เอาท์พุต | - ขาพอร์ต RD0<br>- ขาขยายพอร์ตแบบขนานบิต 0 |
| RD1/ PSP1 | 20 | อินพุต/เอาท์พุต | - ขาพอร์ต RD1<br>- ขาขยายพอร์ตแบบขนานบิต 1 |
| RD2/ PSP2 | 21 | อินพุต/เอาท์พุต | - ขาพอร์ต RD2<br>- ขาขยายพอร์ตแบบขนานบิต 2 |
| RD3/ PSP3 | 22 | อินพุต/เอาท์พุต | - ขาพอร์ต RD3<br>- ขาขยายพอร์ตแบบขนานบิต 3 |
| RD4/ PSP4 | 27 | อินพุต/เอาท์พุต | - ขาพอร์ต RD4<br>- ขาขยายพอร์ตแบบขนานบิต 4 |
| RD5/ PSP5 | 28 | อินพุต/เอาท์พุต | - ขาพอร์ต RD5<br>- ขาขยายพอร์ตแบบขนานบิต 5 |
| RD6/ PSP6 | 29 | อินพุต/เอาท์พุต | - ขาพอร์ต RD6<br>- ขาขยายพอร์ตแบบขนานบิต 6 |
| RD7/ PSP7 | 30 | อินพุต/เอาท์พุต | - ขาพอร์ต RD6<br>- ขาขยายพอร์ตแบบขนานบิต 6 |
| RE0/RD/AN5 | 8 | อินพุต/เอาท์พุต | - ขาพอร์ต RE0<br>-อินพุตวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลช่อง 5<br>- ขาสัญญาณ RD ส่วนขยายพอร์ตแบบขนาน |
| RE1/WR/AN6 | 9 | อินพุต/เอาท์พุต | - ขาพอร์ต RE1<br>-อินพุตวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลช่อง 6<br>- ขาสัญญาณ WR ส่วนขยายพอร์ตแบบขนาน |

**ตารางที่ 2.2(ต่อ)** แสดงชื่อขาชนิดขา และรายละเอียดการทำงานของไมโครคอนโทรเลอร์ PIC16F877

| ชื่อขา | ตำแหน่งขา | ชนิดของขา | รายระเอียดการทำงาน |
|---|---|---|---|
| RE2/CS/AN7 | 10 | อินพุต/เอาท์พุต | - ขาพอร์ต RE2<br>-อินพุตวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล ช่อง 7<br>- ขาสัญญาณ CSn ส่วนขยายพอร์ตแบบขนาน |
| $V_{DD}$ | 11,32 | อินพุต | -ขาต่อไฟเลี้ยงใช้ได้ตั้งแต่ +2 V ถึง +5.5 V |
| $V_{SS}$ | 12,31 | อินพุต | -ขาต่อกราวด์ |

### 2.2.4 หน้าที่ของพอร์ตต่าง ๆ ที่ใช้งาน

#### 2.2.4.1 PORT A ใช้ในการแปลงสัญญาณอนาล็อกทูดิจิตอล

PORT A มีขนาด 6 บิต ซึ่งเป็นพอร์ตได้ทั้ง อินพุตและเอาท์พุต โดยเลือกแบบใดแบบหนึ่ง สามารถเลือกได้จากรีจิสเตอร์ที่มีชื่อว่า TRIA A ซึ่งถ้า TRIA A บิตถูกเซตเป็น "1" PORT A ที่มีหมายเลขบิตเดียวกันนั้นก็ทำงานเป็นเอาท์พุต ส่วนถ้า TRIA A บิตจะถูกเซตเป็น "0" PORT A ที่มีหมายเลขเดียวกันนั้นก็จะทำงานเป็นเอาท์พุต (พอร์ตจะอยู่ในสถานะเอาท์พุตแลทช์) การอ่านค่าจาก PORT A รีจิสเตอร์ คือการอ่านค่าสถานะของขา PORT A ในขณะนั้น ส่วนการเขียนค่าไปยัง PORT A คือการเขียนไปยังแลทช์ของพอร์ต ลักษณะการเขียวเป็นแบบ Read-Modify-Write-Opcration ซึ่งหมายความว่า ในการเขียนไปยังพอร์ตจะเริ่มด้วยการอ่านค่าพอร์ตนั้นมาก่อนแล้วทำหารเปลี่ยนแปลงค่าจากนั้นก็ทำการเขียนกลับไปยังพอร์ตแลทช์อีกครั้งหนึ่ง ขา RA4 จะถูกเชื่อมหลายทางกับ Timer 0 โมดูลสัญญาณนาฬิกาอินพุต ซึ่งจะเรียกรวม ๆ ว่า RA/TOCKI จะเป็นอินพุตแบบสมิตทริกเกอร์ (Schmitt Trigger) และเอาท์พุตแบบเปิดพอร์ต RA ทั้งหมด จะมีระดับอินพุต TTL และมีเอาท์พุตแบบตัวขับ CMOS แบบเต็ม ส่วน PORT A ขาอื่น ๆ จะถูกเชื่องจากขาอนาล็อกอินพุตและแรงดันอ้างอิง A/D อินพุต ซึ่งการกำหนดการทำงานของแต่ละขาสามารถเลือกได้โดย ยกเลิกหรือเซตบิตคอนโทรล ใน ADCON1 รีจิสเตอร์

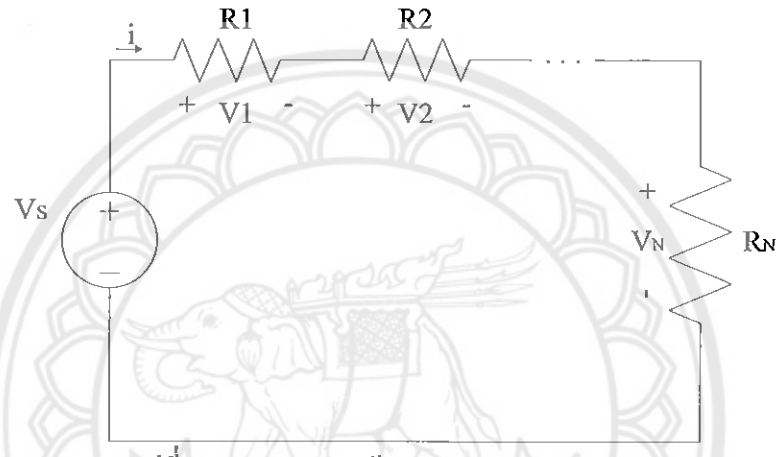
#### 2.2.4.2 PORT B ของ PIC16F877 ใช้ในการจุดฉนวนไตรแอก

PORT B เป็นลักษณะพอร์ตแบบสองทิศทาง ซึ่งรีจิสเตอร์ที่เป็นตัวกำหนดค่าว่าพอร์ตใดจะเป็นอินพุตหรือเอาท์พุต จะถูกกำหนดโดย TRISB รีจิสเตอร์ถ้า TRISB บิตใดเป็น "1" PORT B ที่บิตนั้นจะทำหน้าที่เป็นอินพุต ถ้ายกเลิก TRISB บิตใดเป็น "0" PORT B ที่บิตนั้นก็จะทำงานเป็นเอาท์พุตขาสามขาของ PORT B จะเชื่อมต่อหลายทางกับฟังก์ชั่น

การโปรแกรมด้านแรงดันต่ำ (Low Voltage Programming Function) ซึ่งได้แก่ RB3/PGM, RB6/PGC และ RB7/PGD

## 2.3 วงจรแบ่งแรงดัน (Voltage Divider)

โดยทั่วไปแล้ว วงจรความต้านทานหรือวงจรกระแสตรงอาจจะประกอบด้วยต้นแรงดันและต้านทานอย่างละหลาย ๆ ตัวต่อเข้าด้วยกันแบบอนุกรมเรียกการต่อตัวต้านทานในลักษณะนี้ว่าการต่อแบบอนุกรมดังรูปที่ 2.19




**รูปที่ 2.19** วงจรความต้านทานต่อกันแบบอนุกรม

แสดงการกำหนดทิศทางการไหลของกระแส I และแรงดัน $V_1$, $V_2$, ..., $V_N$ ซึ่งไม่รู้ค่าตกคร่อมความต้านทาน $R_1$, $R_2$,..., $R_N$ ที่รู้ค่าจำนวน N ตัว

จากกฎของโอห์ม สามารถเขียนเป็นสมการของแรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว จากความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวในวงจรรูปที่ 2.19 ได้ดังนี้

$$V_N = IR_N \tag{2.1}$$

ต่อจากนั้นพิจารณาวงเปิดของวงจร ในรูปที่ 2.19 โดยใช้กฎแรงดันของเคอร์ชอฟฟ์ (KVL) สามารถเขียนสมการของแรงดันรวมได้ดังนี้

$$V_S = V_1 + V_2 + \ldots + V_N \tag{2.2}$$

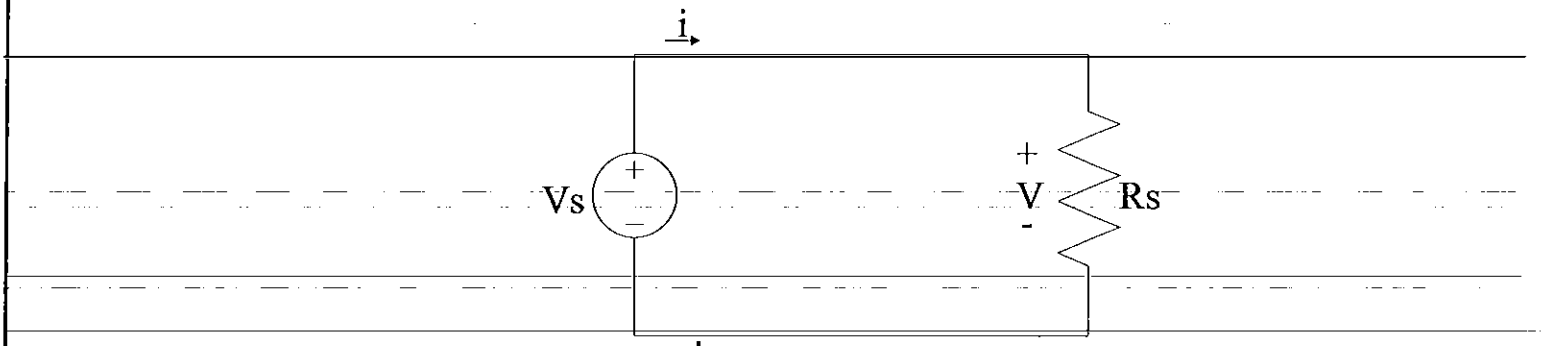
และจาก

$$R = \sum_{k=1}^{N} R_K \tag{2.3}$$

เมื่อ

$$I = \frac{V_s}{R} \tag{2.4}$$

ซึ่งสามารถเขียนความสัมพันธ์ในสมการ (2.4) เป็นวงจรความต้านทานอย่างง่าย ดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.20




**รูปที่ 2.20** วงจรความต้านทานสมมูล

จากรูปที่ 2.20 จะพบว่าแรงดัน $V_s$ ถูกแบ่งออกเป็นแรงดันตกคร่อมความต้านทาน $V_k$ สำหรับ k = 1,2,3,...,N ซึ่งมีอัตราส่วน $\frac{V_i}{V_k} = \frac{R_i}{R_k}$ เมื่อ i = {1,2,3,...,N} และ $i \neq k$ จึงมีการเรียกวงจรความต้านทานแบบอนุกรมในอีกแบบหนึ่งว่า วงจรแบ่งแรงดัน (Voltage Divider)

# บทที่ 3

# วิธีการดำเนินงาน

การออกแบบและการสร้าง เครื่องควบคุมการแบ่งภาคโหลดในระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดจิ๋วโดยใช้ไตรแอก สำหรับการควบคุมกำลังไฟฟ้าของโหลดให้ได้เท่ากับแหล่งกำเนิดไฟฟ้า (Generator) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของโหลด มีวิธีการดำเนินงานทั้งสิ้น 4 ส่วนหลัก ๆ ดังนี้คือ การศึกษาการทำงาน การออกแบบวงจรและชุดควบคุมวงจร การสร้างอุปกรณ์ชิ้นงาน การทดสอบประสิทธิภาพชิ้นงาน

## 3.1 การศึกษาการทำงาน

การศึกษาการทำงานแบ่งออกเป็น 3 ส่วนที่สำคัญ คือ การศึกษาหลักการควบคุมกำลังไฟฟ้าด้วยการเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้า การศึกษาหลักการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ว่าสามารถใช้ควบคุมการเพิ่มหรือการลดกำลังไฟฟ้าได้อย่างไร และการศึกษาการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา PIC BASIC PRO

## 3.2 การออกแบบชิ้นงานและการสร้างชิ้นงาน

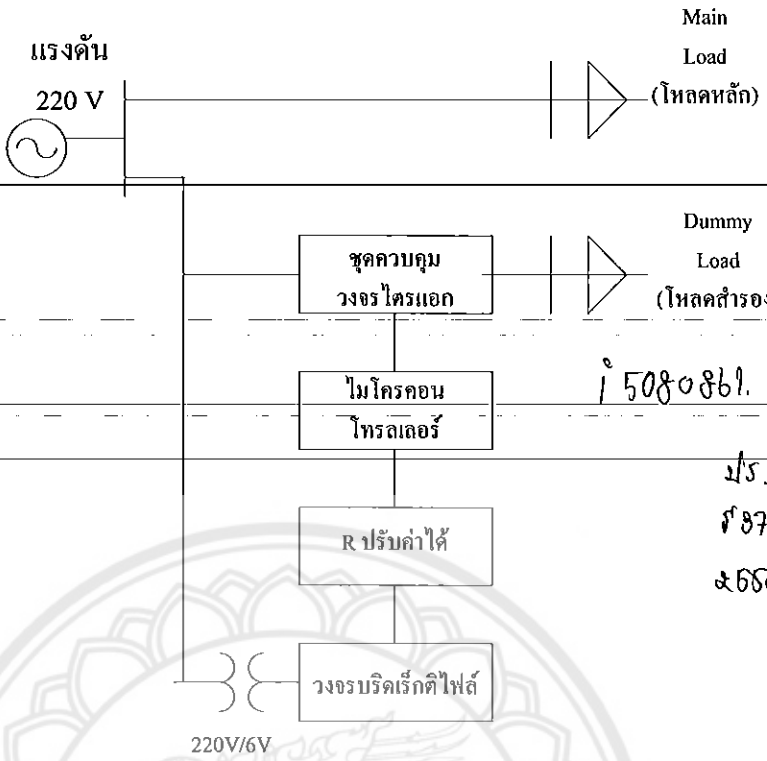
ในการออกแบบและการสร้างเครื่องควบคุมวงจรไตรแอกด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อควบคุมกำลังไฟฟ้าของโหลด ได้มีแบ่งการออกแบบชิ้นงานและการสร้างชิ้นงานเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ ส่วน ฮาร์ดแวร์ (Hardware) และ ซอฟแวร์ (Software)

### 3.2.1 การออกแบบและการสร้างชิ้นงานในส่วนของฮาร์ดแวร์

ในส่วนของฮาร์ดแวร์ จากเดิมที่ระบบผลิตไฟฟ้ากำลังขนาดเล็ก (Pico Power Plant) ไม่มีส่วนควบคุมอัตราการไหลของน้ำส่งผลให้กำลังไฟฟ้าด้านเข้าไม่สามารถควบคุมได้ส่วนกำลังไฟฟ้าด้านเอาต์พุตนั้นถูกใช้ไม่เท่ากันกับไฟฟ้าที่ผลิตได้ แรงดันที่ด้านเอาต์พุตจะไม่คงที่ อาทิเช่นหากโหลดน้อยเกินไป ค่าแรงดันจะเพิ่มมากกว่าค่าพิกัดมาก ส่งผลให้อุปกรณ์ทางไฟฟ้าเกิดการเสียหายได้ ดังนั้นเพื่อควบคุมให้แรงดันมีความสม่ำเสมอ ระบบจำเป็นต้องมีมาควบคุมกำลังไฟฟ้าด้านออกและด้านเข้า ให้มีค่าใกล้เคียงกัน

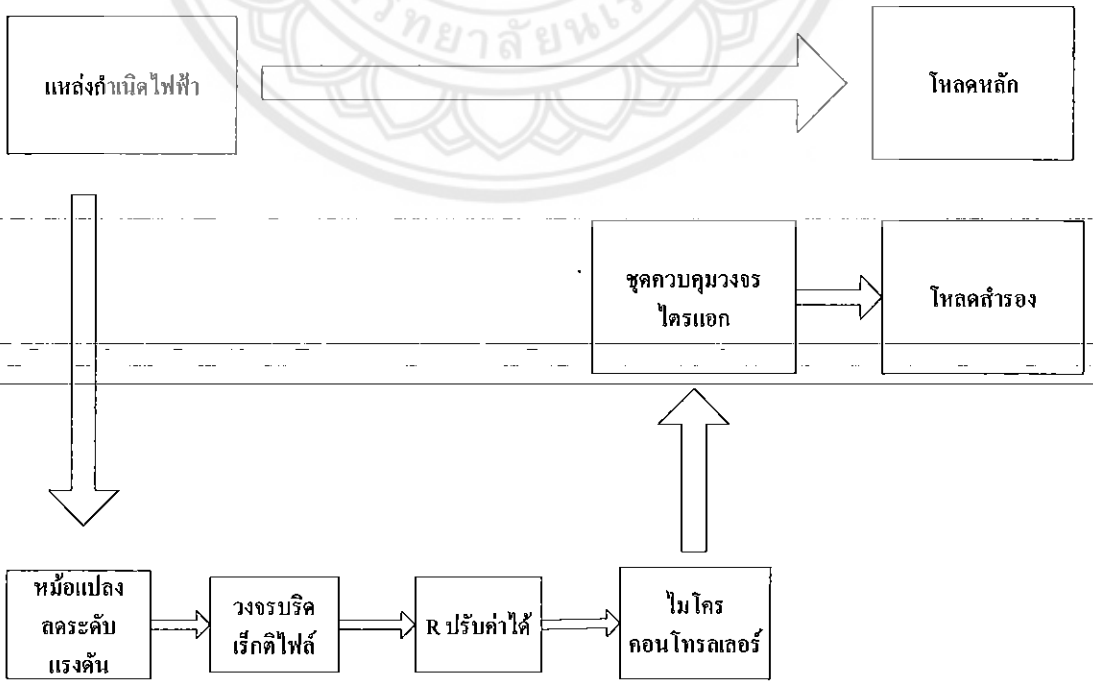
ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ 9100007





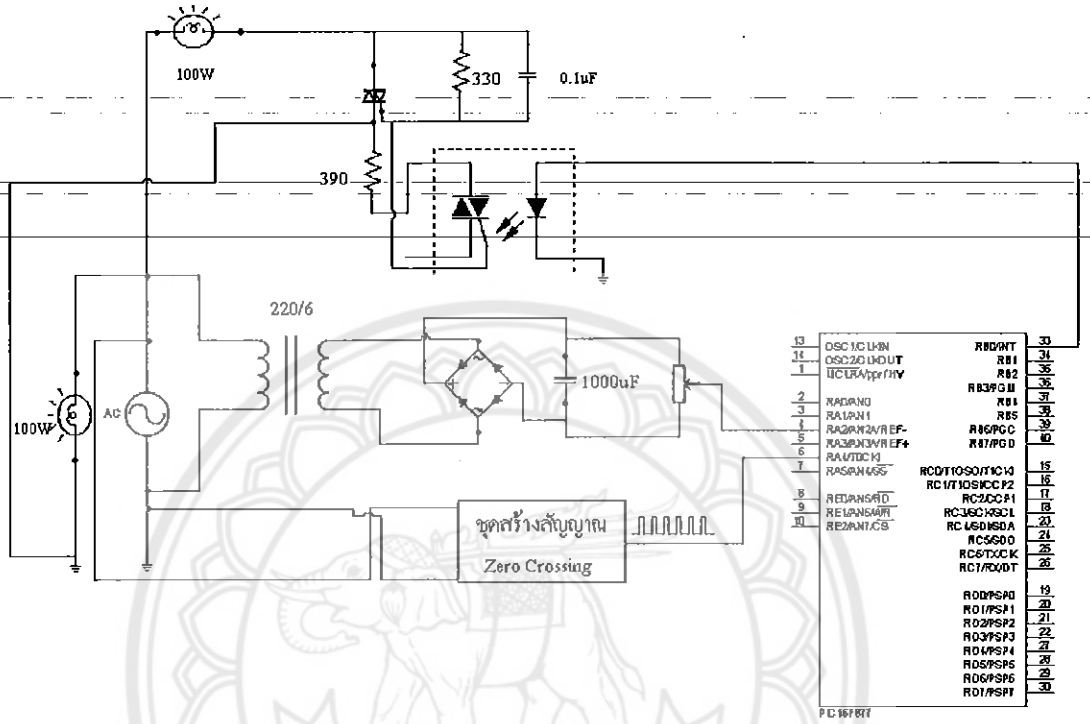

**รูปที่3.1** single line diagram

จากรูปที่ 3.1 เป็นการเขียนวงจรในรูปของ single line diagram เพื่อแสดงลักษณะการทำงานของเครื่องควบคุมโหลดสำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดจิ๋วโดยใช้ไตรแอก




**รูปที่3.2** บล็อกไดอะแกรมการการออกแบบชิ้นงาน

จากรูปที่ 3.2 เป็นการออกแบบชิ้นงานในการสร้างวงจรเครื่องควบคุมโหลดสำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดจิ๋วโดยใช้ไตรแอก โดยการเขียนเป็นบล็อกไดอะแกรมเพื่อให้ง่ายต่อการออกแบบชิ้นงาน




**รูปที่ 3.3** วงจรเครื่องควบคุมวงจรไตรแอกด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

จากรูปที่ 3.3 แสดงวงจรต่างๆในการสร้างเครื่องควบคุมวงจรไตรแอกด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังนี้

1. แหล่งกำเนิด ทำหน้าที่ผลิตกำลังไฟฟ้าเพื่อจ่ายให้แก่โหลดหลักและเพื่อจ่ายให้กับวงจร

2. หม้อแปลงลดระดับแรงดันเพื่อจ่ายเข้าวงจรแปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรง

3. วงจรเรียงกระแสทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นกระแสตรงเพื่อจ่ายเป็นแรงดันอ้างอิงให้ไมโครคอนโทรลเลอร์

4. วงจรสร้างสัญญาณอ้างอิง เป็นวงจรผลิตสัญญาณอ้างอิงให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อตัดสินใจในการสร้างเอาท์พุต

5.ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่ประมวลผลอินพุตแรงดันกระแสตรงเพื่อส่งเอาท์พุตเป็นสัญญาณควบคุม

6. วงจรไตรแอกทำหน้าที่เหมือนสวิตช์ปิดเปิดเพื่อจ่ายกำลังไฟฟ้าให้โหลดสำรอง ซึ่งจะควบคุมด้วยสัญญาณควบคุมที่ผลิตโดยไมโครคอนโทรลเลอร์

7. โหลดสำรอง ทำหน้าที่รับกำลังไฟฟ้าที่ถูกแบ่งมาจากโหลดหลักที่แหล่งกำเนิดจ่ายอยู่

วิธีการทำงานของวงจร เมื่อนำไฟจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Supply) 220 โวลต์ จ่ายเข้าหม้อแปลงลดระดับแรงดันไฟฟ้าลงมาจาก 220 โวลต์ เป็น 6 โวลต์แล้วเข้าวงจรเรียงกระแสเข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่พอร์ต RA2 วงจรสร้างสัญญาณอ้างอิงก็จะส่งสัญญาณอ้างอิง (Zero Crossing) เข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่พอร์ต RA4 เพื่อทำการเปรียบเทียบสัญญาณเอาท์พุตกับสัญญาณอ้างอิง ก่อนส่งพัลส์ไปกระตุ้นขาเกตของไตรแอกเพื่อควบคุมกำลังไฟฟ้าของโหลดต่อไป

### 3.2.2 การออกแบบโปรแกรมในส่วนซอฟแวร์

ในการออกแบบการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับเครื่องควบคุมวงจรไตรแอกควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ประกอบด้วย วงจรการทำงานพื้นฐานดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.2 โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับไฟตรง 5 โวลต์ จากวงจรเรียงกระแส ผ่านตัวต้านทานปรับค่าได้ลดระดับแรงดันลงมาเหลือ 4 โวลต์ เพื่อส่งสัญญาณอินพุตเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F877 จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล โดยหาได้จากสมการที่ 3.1 และ 3.2

$$\text{ค่าดิจิตอล} = \frac{\text{ค่าดิจิตอลสูงสุด} \times \text{แรงดันกระแสตรงที่เข้ามา}}{\text{แรงดันกระแสตรงสูงสุด}} \qquad (3.1)$$

และการสร้างสัญญาณพัลส์ทุกๆ 10% ของ Duty Cycle พิจารณาได้จาก

$$\text{ผลต่างระหว่างช่วงดิวตี้ไซเคิล} = \frac{\text{ค่าดิจิตอล} - \text{ค่าดิจิตอลต่ำสุดที่ใช้ในการประมวลผล}}{\text{จำนวนช่วงดิวตี้ไซเคิลที่}} \qquad (3.2)$$

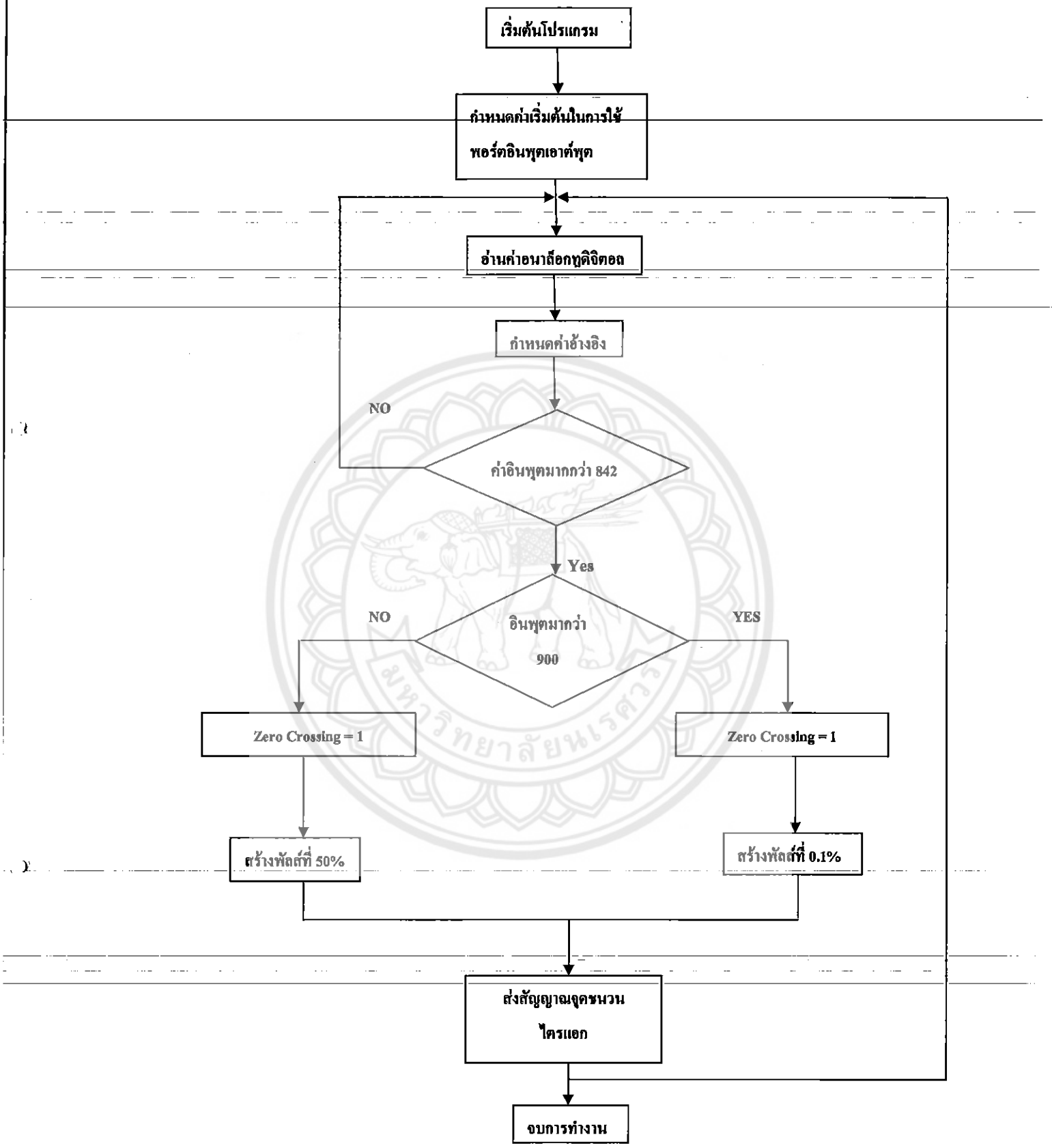
**ตารางที่ 3.1** แสดงการเปรียบเทียบอนาล็อกทูดิจิตอล

| แรงดันไฟฟ้าที่ออกจากแหล่งจ่าย (V) | DC | ADC |
|---|---|---|
| 200 | 3.60 | 801 |
| 210 | 3.81 | 815 |
| 220 | 4.10 | 842 |
| 230 | 4.47 | 875 |
| 240 | 4.75 | 913 |
| 250 | 5.10 | 964 |
| 260 | 5.35 | 990 |

ตาราง ADC เปรียบเทียบกับแรงดันอินพุต (V) ใช้ในการเปรียบเทียบอนาล็อกทูดิจิตอลเพื่อนำสัดส่วนในตารางนี้ไปเขียนโปรแกรมเพื่อสร้างสัญญาณจุดชนวนไตรแอก

**3.2.3 แผนผังลำดับการทำงาน**

แผนผังลำดับการทำงานของระบบการควบคุมวงจรไตรแอกด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ดังรูปที่ 3.4 นี้ จะทำหน้าที่กำหนดค่าส่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งสัญญาณพัลส์ไปจุดชนวนไตรแอกตามเงื่อนไขที่กำหนด กล่าวคือ กำหนดให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เริ่มจุดชนวนไตรแอกที่ระดับแรงดันจากแหล่งจ่ายเกิน 220 โวลต์ ขึ้นไป โดยแหล่งจ่ายไฟจะจ่ายผ่านวงจรเรียงกระแสเพื่อปรับระดับแรงดันให้เป็นแรงดันไฟฟ้าตรง เพื่อนำไปจ่ายให้แก่ขาของ RA2 ที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะแปลงค่าเป็นเลขดิจิตอล แล้วประมวลผลเพื่อส่งสัญญาณไปจุดชนวนไตรแอก โดยการส่งสัญญาณนั้นจะเทียบกับสัญญาณอ้างอิงที่มาจากบอร์ดไตรแอกผ่านเข้าขา RA4 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ จากนั้นจึงส่งสัญญาณเอาท์พุตไปจุดชนวนไตรแอก ทั้งนี้เพื่อควบคุมให้ไตรแอกสามารถจุดชนวนได้ตรงเฟส




**รูปที่ 3.4** แผนผังลำดับการทำงานของระบบการควบคุมวงจรไตรแอกด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

### 3.3 การทดสอบชิ้นงาน

การทดสอบชิ้นงานเป็นการทดสอบการทำงานของเครื่องควบคุมวงจรไตรแอกควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งแบ่งการทดสอบออกเป็น 3 กรณี คือ การทดสอบหาช่วงของระดับแรงดันกระแสตรงที่จ่ายให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อหาระดับแรงดันอ้างอิงที่ทำให้ไตรแอกเริ่มทำงานแล้วทดลองจ่ายไฟที่ระดับแรงดันที่มากกว่าแรงดันอ้างอิง เพื่อทดสอบการจุดชนวนของไตรแอก

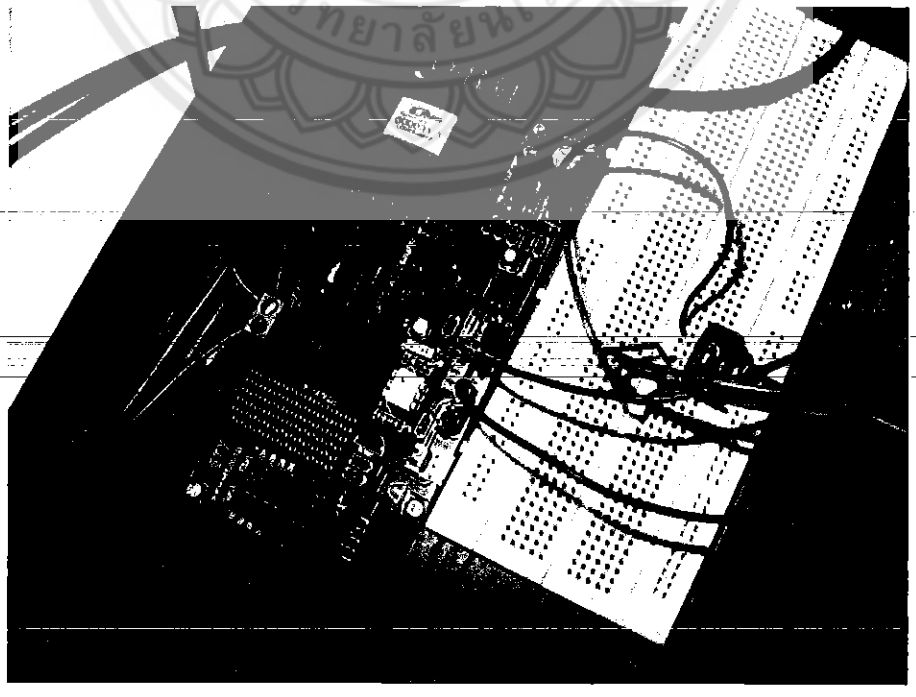
# บทที่ 4

# วิธีการทดสอบและผลการทดสอบ

ในบทนี้ จะกล่าวถึงวิธีการทดสอบและผลการทดสอบของเครื่องควบคุมการแบ่งภาคโหลดในระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดจิ๋วโดยใช้ไตรแอก ซึ่งแบ่งการทดสอบออกเป็น 3 กรณี คือ การทดสอบสัญญาณ Zero Crossing การทดสอบหาช่วงของระดับแรงดันกระแสตรงที่จ่ายให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อหาระดับแรงดันอ้างอิงที่ทำให้ไตรแอกเริ่มทำงานแล้วปรับให้ระดับช่วงแรงดันกระแสตรงกับระดับแรงดันที่มาจากแหล่งจ่ายตรงกันด้วยตัวต้านทานปรับค่าได้แล้วทำการตั้งระดับแรงดันกระแสตรงที่ทำให้เครื่องควบคุมการแบ่งภาคโหลดในระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดจิ๋วโดยใช้ไตรแอกเริ่มทำงาน การทดสอบสัญญาณควบคุมเครื่องควบคุมการแบ่งภาคโหลดในระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดจิ๋วโดยใช้ไตรแอกโดยทำการต่อโหลดสำรอง

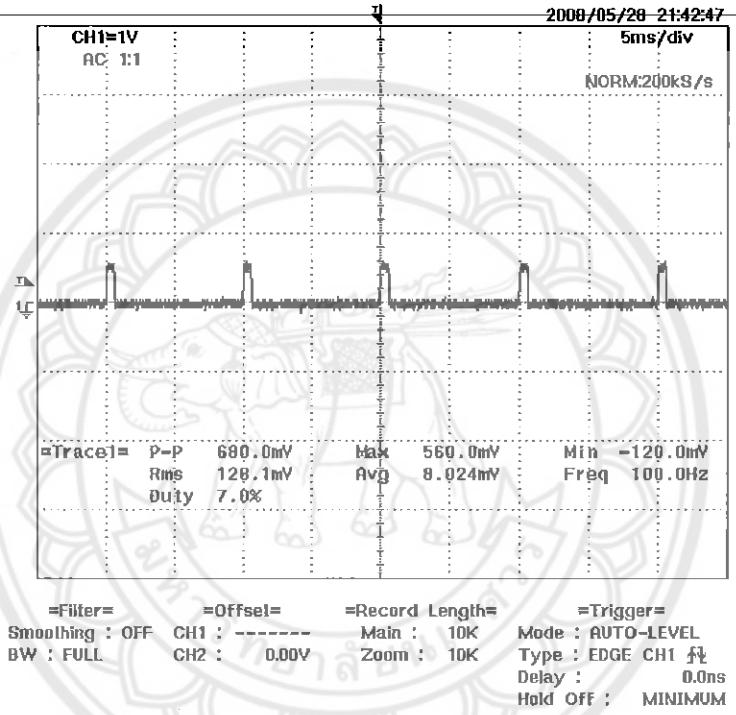
## 4.1 การทดสอบสัญญาณจาก Zero Crossing

เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของสัญญาณจาก Zero Crossing ก่อนที่จะจ่ายเข้าบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์โดยสัญญาณ Zero Crossing เป็นสัญญาณอ้างอิงในการสร้างสัญญาณไปจุดชนวนไตรแอก ที่ความถี่ตรงกันกับแหล่งจ่ายเพื่อให้แรงดันเอาต์พุตมีเฟสที่ตรงกันกับแรงดันจากแหล่งจ่ายดังรูปที่ 4.1

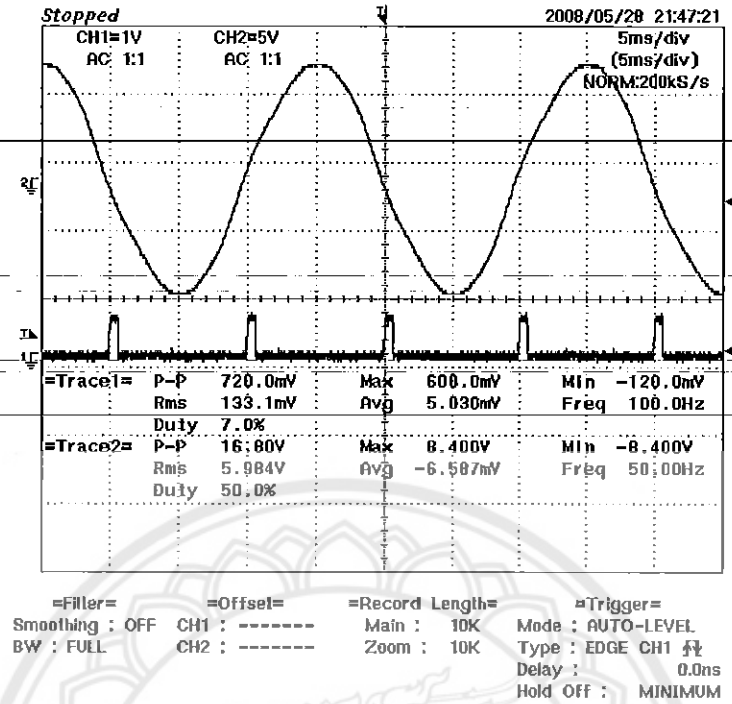


**รูปที่ 4.1** แสดงการทดสอบสัญญาณ Zero Crossing

การทดสอบสัญญาณควบคุมเริ่มต้นโดยการนำเอา AC Supply จ่ายแรงดันไฟฟ้าเข้าทางขา Zero Crossing ของบอร์ดไตรแอก ที่ระดับแรงดัน 220 โวลต์ และใช้เครื่องออสซิลโลสโคปตรวจสอบกราฟแรงดันกระแสตรงได้รูปกราฟสัญญาณดังรูปที่ 4.2 และรูปที่ 4.3 ทดสอบที่ระดับแรงดันกระแสสลับ 220 โวลต์ และการตรวจสอบสัญญาณจาก Zero Crossing ที่บอร์ดไตรแอกผลิตขึ้น



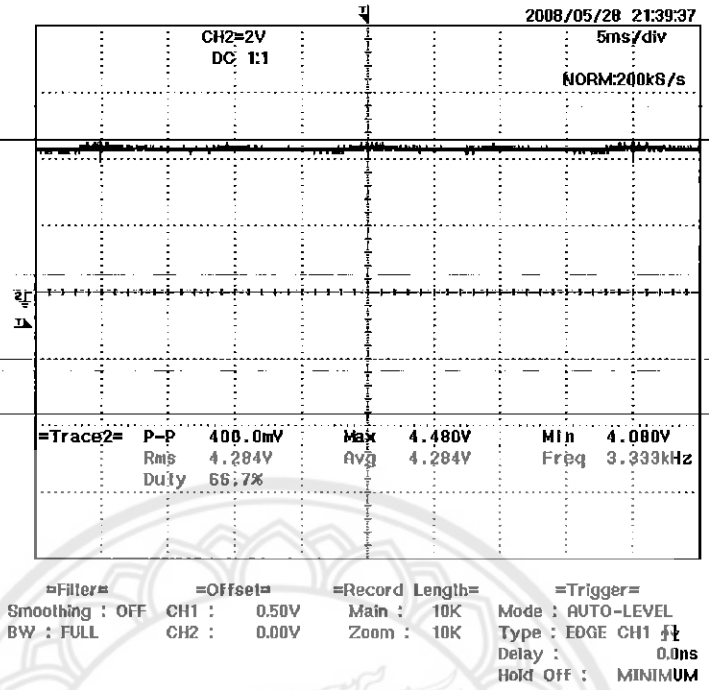

**รูปที่ 4.2** กราฟแสดงสัญญาณ Zero Crossing ที่ออกจากวงจรไตรแอก ที่แรงดันแหล่งจ่าย 220 โวลต์



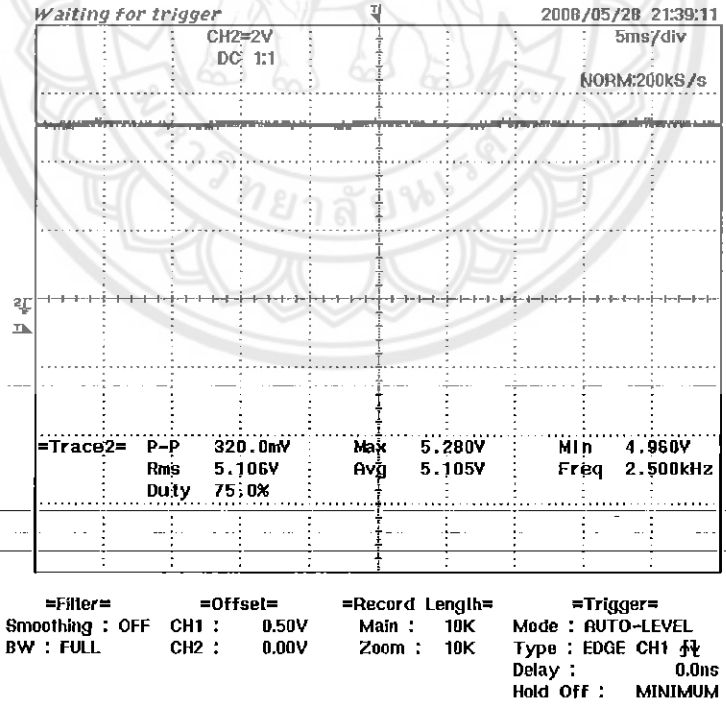

**รูปที่ 4.3** กราฟแสดงสัญญาณ Zero Crossing ที่ออกจากวงจรไตรแอกเทียบกับกราฟแรงดันแหล่งจ่ายที่ผ่านหม้อแปลง 220/6 โวลต์

## 4.2 การทดสอบสัญญาณควบคุม

ในบทนี้ จะกล่าวถึงวิธีการทดสอบและผลการทดสอบของเครื่องควบคุมการแบ่งภาคโหลดในระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดจิ๋วโดยใช้ไตรแอก เพื่อตรวจสอบความถูกต้องการทำงานของการทดสอบสัญญาณควบคุม เริ่มต้นโดยการนำแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ลงมาเหลือ 6 โวลต์ แล้วเข้าวงจรเรียงกระแส เพื่อให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงและใช้ตัวต้านทานปรับค่าแบ่งแรงดัน ลงมาให้เหลือ 4.1 โวลต์ เพื่อที่จะนำเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์แปลงค่าอนาล็อกเป็นค่าดิจิตอล (A/D Converter) โดยแรงดันกระแสตรงที่ป้อนเข้าไปนี้จะต้องคำนึงถึงว่าเมื่อแรงดันเข้าไปแล้วจะต้องไม่ทำให้ค่าสูงสุดของสัญญาณที่รับเข้ามานั้นเกินกว่าค่าแรงดันอ้างอิงของ A/D Converter และจะต้องไม่น้อยเกินไปที่จะทำให้ค่าต่ำสุดของสัญญาณที่รับเข้าเข้ามานั้นต่ำกว่าค่าแรงดันอ้างอิงด้านต่ำของ A/D Converter ใช้เครื่องออสซิลโลสโคปตรวจสอบกราฟแรงดันกระแสตรงได้รูปกราฟสัญญาณดังรูปที่ 4.4 และรูปที่ 4.5 โดยทดสอบที่ระดับแรงดันกระแสสลับ 230, 250 โวลต์



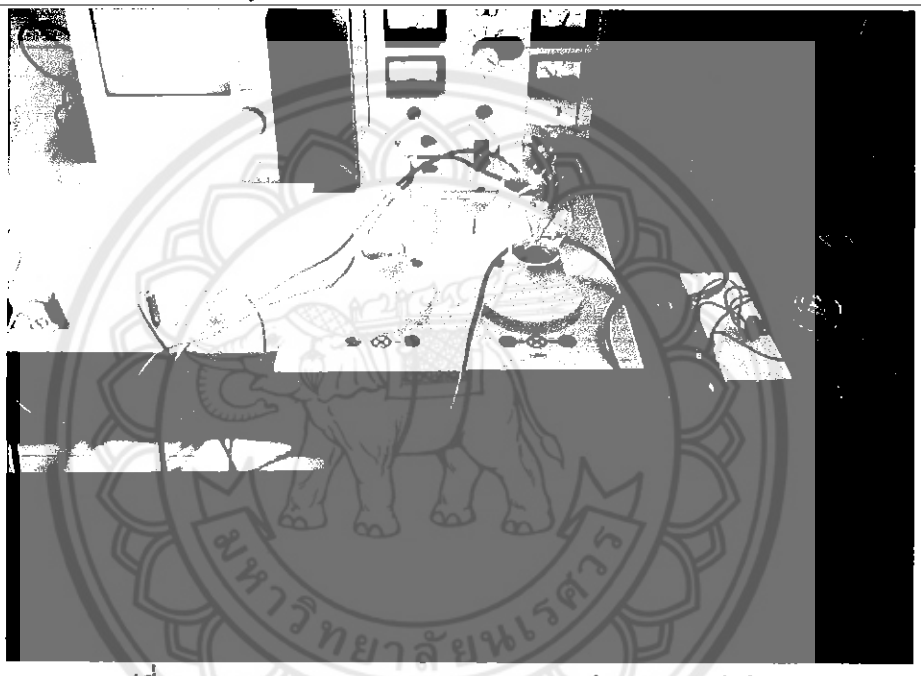

**รูปที่ 4.4** กราฟแรงดันกระแสตรงที่จ่ายให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่แรงดันแหล่งจ่าย 230 โวลต์




**รูปที่ 4.5** กราฟแรงดันกระแสตรงที่จ่ายให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่แรงดันแหล่งจ่าย 250 โวลต์

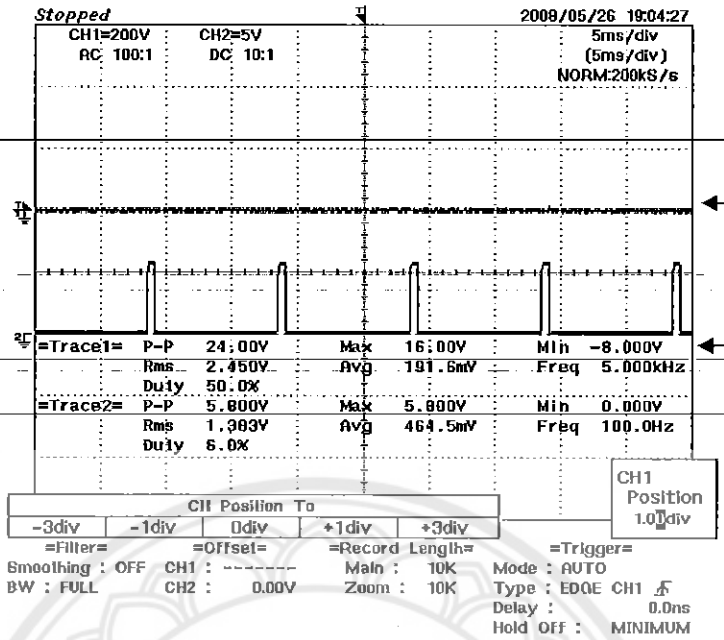
## 4.3 การทดสอบสัญญาณควบคุมโดยทำการต่อโหลด

จากรูปที่ 4.6 เป็นการทดสอบระดับแรงดันไฟฟ้าของแหล่งกำเนิดไฟฟ้า ที่ต่อกับโหลดหลัก (หลอดไฟขนาด 100 W) โดยได้ทำการต่อเครื่องควบคุมการแบ่งภาคโหลดในระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดจิ๋วโดยใช้ไตรแอก แล้วทำการเพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับไปที่ 220 โวลต์ จะพบว่าไตรแอกเริ่มทำงาน และเมื่อเพิ่มระดับแรงดันมากขึ้นไตรแอกจะทำงานต่อเนื่องเพื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับโหลดสำรอง ขณะที่เพิ่มระดับแรงดันนั้น จะพบว่าหลอดไฟจากโหลดสำรองค่อย ๆ สว่างเพิ่มขึ้นเมื่อระดับแรงดันสูงขึ้น

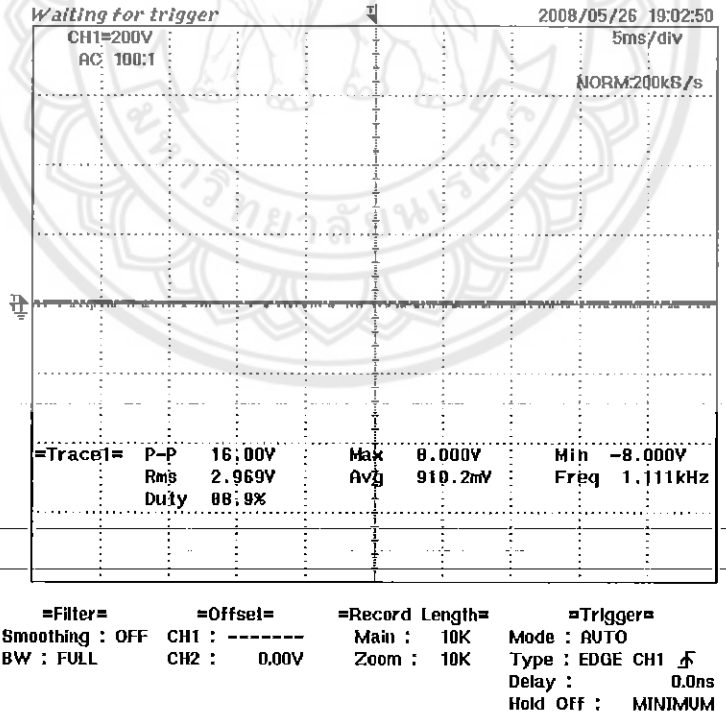


**รูปที่ 4.6** แสดงการทดสอบสัญญาณควบคุมโดยทำการต่อโหลด

การทดสอบด้วยการต่อโหลดกับเครื่องควบคุมการแบ่งภาคโหลดในระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดจิ๋วโดยใช้ไตรแอก ได้กำหนดให้โหลดที่ 100 W คือ โหลดเต็มที่ (Full Load) เริ่มต้นโดยจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้กับวงจรไตรแอก แล้วสังเกตความสว่างของหลอดไฟ และเก็บข้อมูลโดยการวัดกำลังไฟฟ้าของโหลดที่ต่อกับเครื่องควบคุมการแบ่งภาคโหลดในระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดจิ๋วโดยใช้ไตรแอก ด้วยวัตต์มิเตอร์และใช้เครื่อง ออสซิลโลสโคป ตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมหลอดไฟโหลดสำรองที่ต่อกับเครื่องควบคุมการแบ่งภาคโหลดในระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดจิ๋วโดยใช้ไตรแอก ได้ผลการทดสอบกราฟที่แสดงดังรูปที่ 4.7, 4.8, 4.9, 4.10, 4.11 และ4.12 ตามลำดับ

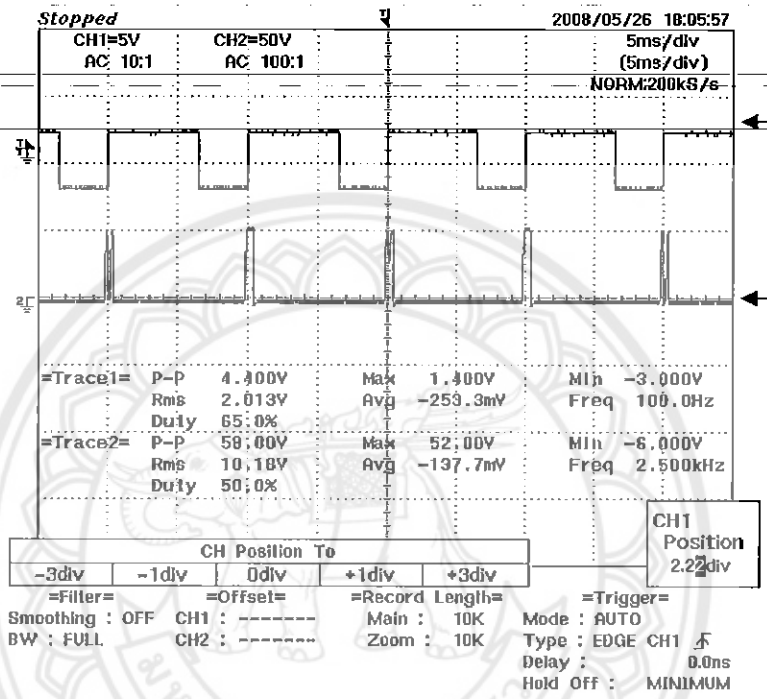



**รูปที่ 4.7** กราฟแสดงสัญญาณเอาต์พุตเทียบสัญญาณอ้างอิงที่บอร์ดไดรแอกผลิตขึ้นกรณีแรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่ายน้อยกว่า 220 โวลต์

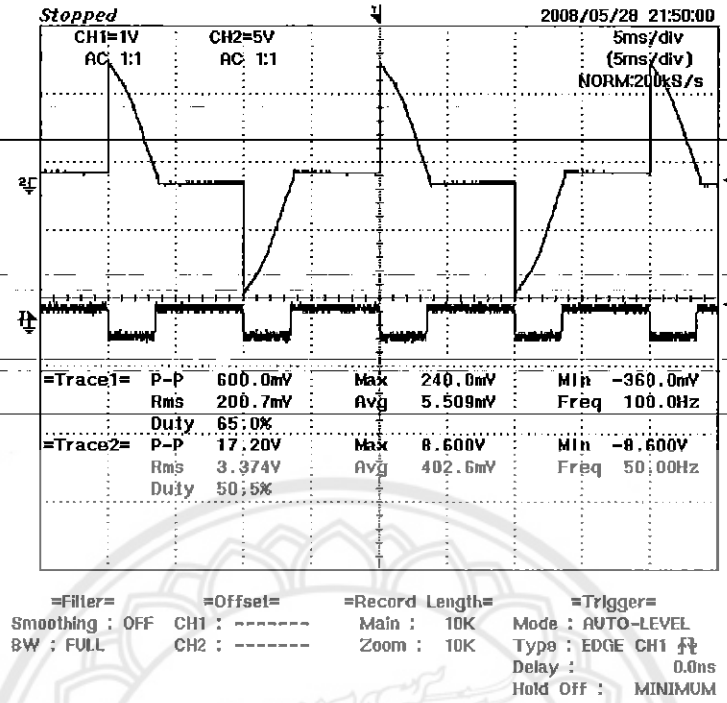



**รูปที่ 4.8** กราฟแสดงสัญญาณแรงดันที่ตกคร่อมโหลดกรณีแรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่ายน้อยกว่า 220 โวลต์

จากรูปที่ 4.7 จะเห็นว่าไมโครคอนโทรลเลอร์จะยังไม่ผลิตสัญญาณควบคุม ดังนั้นแรงดันที่ตกคร่อมโหลดสำรองที่ต่อเข้ากับเครื่องควบคุมการแบ่งภาคโหลดในระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดจิ๋วโดยใช้ไตรแอก ที่แรงดันจากแหล่งจ่าย 200 โวลต์ แรงดันที่ตกคร่อมโหลดมีค่าเป็นศูนย์เนื่องจากไตรแอกไม่ทำงานดังรูปที่ 4.8

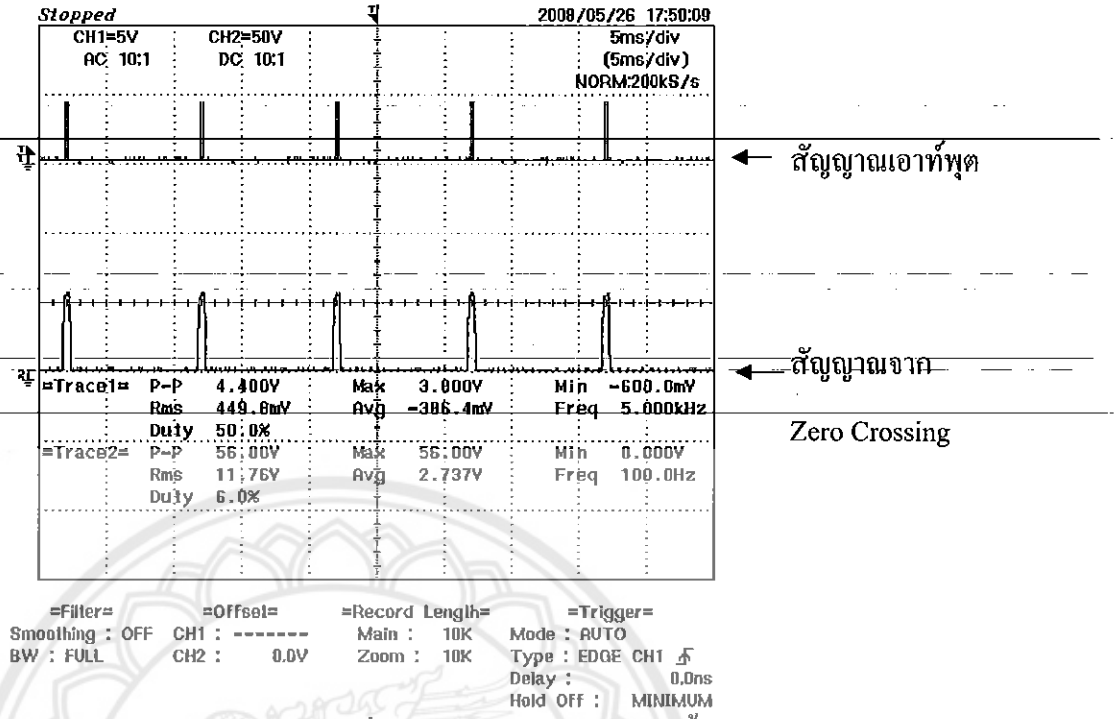



**รูปที่ 4.9** กราฟแสดงสัญญาณเอาต์พุตเทียบกับสัญญาณอ้างอิงที่บอร์ดไตรแอกผลิตขึ้นกรณีแรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่าย 220-240 โวลต์

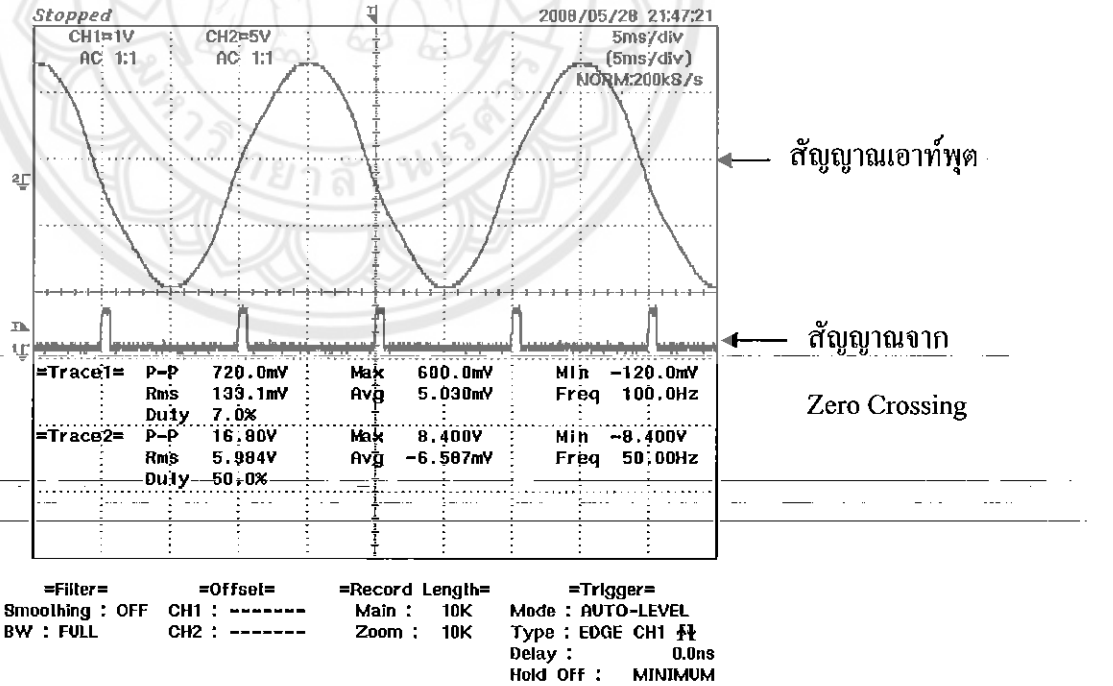



**รูปที่ 4.10** กราฟแสดงสัญญาณแรงดันที่ตกคร่อมโหลดโดยผ่านหม้อแปลงลดระดับแรงดัน ขนาด 220/6 โวลต์ กรณีแรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่าย 220 - 240 โวลต์

จากรูปที่ 4.9 จะเห็นว่าสัญญาณควบคุมที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ผลิตขึ้น จะหน่วงเวลาไป 50% จากสัญญาณอ้างอิงที่บอร์ดไตรแอกผลิตขึ้นส่งผลให้แรงดันที่ตกคร่อมโหลดสำรองที่ต่อเข้ากับเครื่องควบคุมการแบ่งภาคโหลดในระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดจิ๋วโดยใช้ไตรแอก ที่แรงดันจากแหล่งจ่าย 230 โวลต์ มีค่าเท่ากับ 118 โวลต์ ดังรูปที่ 4.10




**รูปที่ 4.11** กราฟแสดงสัญญาณสัญญาณควบคุมที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ผลิตขึ้น กับสัญญาณอ้างอิงที่บอร์ดไดรแอกผลิตขึ้น กรณีแรงดันไฟฟ้า มากกว่า 240 โวลต์ขึ้นไป




**รูปที่ 4.12** กราฟแสดงสัญญาณแรงดันที่ตกคร่อมโหลดโดยผ่านหม้อแปลงเพื่อลดระดับแรงดัน ขนาด 220 / 6 โวลต์ กรณีแรงดันไฟฟ้ามากกว่า 240 โวลต์ขึ้นไป

จากรูปที่ 4.11 จะเห็นว่าสัญญาณควบคุมที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ผลิตขึ้น จะหน่วงเวลาเพียง 0.1% จากสัญญาณอ้างอิงที่บอร์ดไตรแอกผลิตขึ้นส่งผลให้แรงดันที่ตกคร่อมโหลดสำรองที่ต่อเข้ากับเครื่องควบคุมการแบ่งภาคโหลดในระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดจิ๋วโดยใช้ไตรแอก ที่แรงดันจากแหล่งจ่าย 250 โวลต์ มีค่าเท่ากับ 210 โวลต์ ดังรูปที่ 4.12

**ตารางที่4.1** แสดงผลการทดสอบโดยต่อโหลดขนาด 100 วัตต์เข้ากับเครื่องควบคุมการแบ่งภาคโหลดในระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดจิ๋วโดยใช้ไตรแอก

| **ช่วงของแรงดัน (V)** | **แรงดันแหล่งจ่าย (V)** | **หลอดไฟขนาด 100 วัตต์(W)** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **แรงดัน (V)** | **กระแส (A)** | **Power Factor** | **กำลังไฟฟ้าจริง (W)** | **กำลังไฟฟ้าปรากฏ (VA)** | **กำลังไฟฟ้าเสมือน (VAR)** |
| น้อยกว่า/เท่ากับ 220 | 200 | - | - | - | - | - | - |
| มากกว่า 220 ถึง240 | 230 | 130 | 0.26 | 0.46 | 24 | 55 | 50 |
| มากกว่า 240 | 250 | 252 | 0.31 | 0.53 | 62 | 113 | 101 |

จากตารางที่ 4.1 จะพบว่าเมื่อทดลองจ่ายกระแสไฟให้กับโหลดหลักจนระดับแรงดันเกิน 220 โวลต์จะพบว่าเครื่องควบคุมการแบ่งภาคโหลดในระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดจิ๋วโดยใช้ไตรแอก จ่ายกระแสไฟให้กับโหลดสำรอง และจากการควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์เมื่อเพิ่มแรงดันจากแหล่งจ่ายจนถึงค่าที่ต่ำกว่า 240 โวลต์ ลักษณะของกราฟจะมีลักษณะดังรูปที่ 4.7 และกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่โหลดจะถูกแบ่งจ่ายให้โหลดสำรอง โดยระดับแรงดันจะต่ำกว่าแรงดันจากแหล่งจ่ายประมาณ 50% และเมื่อทดลองเพิ่มแรงดันจากแหล่งจ่ายจนมากกว่า 240 โวลต์ จะได้ลักษณะกราฟดังรูปที่ 4.8 และกำลังไฟที่จ่ายให้แก่โหลดสำรองจะเป็นกำลังที่ถูกแบ่งมาจากโหลดหลัก 100% สังเกตได้จากแรงดันที่เท่ากับแหล่งจ่ายพอดี

# บทที่ 5

# สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะเป็นการสรุปผลที่ได้จากการทดสอบโครงงาน เครื่องควบคุมการแบ่งภาคโหลดในระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดจิ๋วโดยใช้ไตรแอก ซึ่งสามารถควบคุมการทำงาน จุดชนวนที่มุมต่างๆได้ โดยการอ้างอิงกับสัญญาณ Zero Crossing และสามารถควบคุมให้จุดชนวนที่ระดับแรงดันต่างๆได้ ด้วยการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F877 เป็นตัวควบคุมการสร้างสัญญาณที่ระดับแรงดันต่างๆ ดังนั้นการสร้างเครื่องควบคุมการแบ่งภาคโหลดในระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดจิ๋วโดยใช้ไตรแอก จึงสามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหากรณีที่เกิดขึ้นกับระบบผลิตกำลังไฟฟ้าขนาดเล็ก (Pico Hydro Power Plant) เนื่องจากสามารถควบกำลังขาเข้าให้เท่ากับกำลังขาออกได้ ซึ่งข้อดีของการใช้วงจรไตรแอกคือไตรแอกสามารถนำกระแสได้ทั้งทางบวก และ ทางลบ ดังนั้นจึงสะดวกต่อการนำไปประยุกต์และใช้งาน

## 5.1 สรุปผล

จากผลการทดลองสรุปได้ว่าเมื่อมีการใช้โหลดไม่สม่ำเสมอหรือแหล่งกำเนิดผลิตกำลังไฟฟ้าได้ไม่คงที่จะส่งผลให้แหล่งกำเนิดไฟฟ้านั้นมีแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมอุปกรณ์สูง ซึ่งอาจเป็นอันตรายกับแหล่งกำเนิดเองด้วย ดังนั้นเมื่อมีแรงดันตกคร่อมไฟฟ้าที่สูงกว่าแรงดันที่ตัวอุปกรณ์จะทนได้ เครื่องควบคุมการแบ่งภาคโหลดในระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดจิ๋วโดยใช้ไตรแอก จะทำงานเพื่อที่จะเพิ่มโหลดที่เหลือจากโหลดหลักให้ได้เท่าหรือใกล้เคียงกับแหล่งกำเนิดฟ้า และทำให้เกิดการรักษาแรงดันไฟฟ้าให้อยู่ในระดับที่ใช้งานกับอุปกรณ์ทางไฟฟ้าได้ โดยการเพิ่มโหลดของเครื่องควบคุมวงจรไตรแอกด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ และสามารถควบคุมกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่โหลดสำรองได้ ดังนั้นจึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับหน่วยผลิตไฟฟ้าขนาดจิ๋วในการควบคุมการจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับโหลดทั่วได้สะดวกและปลอดภัย

## 5.2 ปัญหา ข้อเสนอแนะ

- ปัญหา คือ ไตรแอกจะทำงานที่ 4.1 โวลต์ขึ้นไป แต่เมื่อแปลงเป็นค่าดิจิตอลแล้ว ค่าที่ได้ระหว่าง 4.1 ถึง 5 โวลต์ จะมีค่าใกล้เคียงกันมาก เนื่องจากผลจากแรงดันกระแสตรงกระเพื่อม สามารถแก้ปัญหาได้โดยเพิ่มช่วงการแปลงค่า อนาลอกเป็นดิจิตอลให้มากขึ้น หรือกำจัดการกระเพื่อมของแรงดันกระแสตรงที่จ่ายให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์โดยต่อกับตัวกรองแรงดันได้

# เอกสารอ้างอิง

[1] รศ.ดร. วีระเชษฐ์ ขันเงิน และ วุฒิพล ธาราธีรเศรษฐ์. อิเล็กทรอนิกส์กำลัง. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด วีเจ พริ้นติ้ง. 2549

[2] ผศ. ธีรวัฒน์ ประกอบผล. คู่มือการเขียนโปรแกรม ภาษา C พิมพ์ครั้งที่ 1.กรุงเทพฯ : บริษัทซัคเซส มีเดีย จำกัด. 2550

[3] ทีมงานสมาร์ทเลิร์นนิ่ง. PIC Microcontroller Learning-By-Doing ด้วยภาษา C. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนสามัญเลิร์นนิ่ง. 2550

[4] สมบูรณ์ เนียมกล่ำ. เรียนรู้และการประยุกต์ใช้งาน PIC Microcontroller. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : เอดิสันเพรสโปรดักส์. 2547

# ภาคผนวก

# ภาคผนวก ก
# โปรแกรมการควบคุมการแบ่งภาคโหลดในระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดจิ๋วโดยใช้ไตรแอก

```
DEFINE OSC 10
DEFINE ADC_BITS 10
DEFINE ADC_CLOCK 10
DEFINE ADC_SAMPLESUS 5

RESULT VAR WORD
REF VAR WORD
X VAR PORTA.4
S VAR PORTB.0
ADCON1=00000000
ADCON1.7=1
TRISA=%11111111
TRISB=%00000000

MAIN:
  ADCIN 2, RESULT
  REF=842
      IF RESULT<=REF THEN GOTO MAIN

      IF RESULT>=REF AND (RESULT<=900) THEN
      IF(X=1) THEN
      HIGH S
      PAUSEUS 6500
      LOW S
      GOTO MAIN
      ENDIF
      ENDIF
```

```
IF RESULT>=REF AND (RESULT>900)THEN
IF(X=1) THEN
HIGH S
PAUSEUS 10
LOW S
GOTO MAIN
ENDIF
ENDIF
GOTO MAIN

END
```

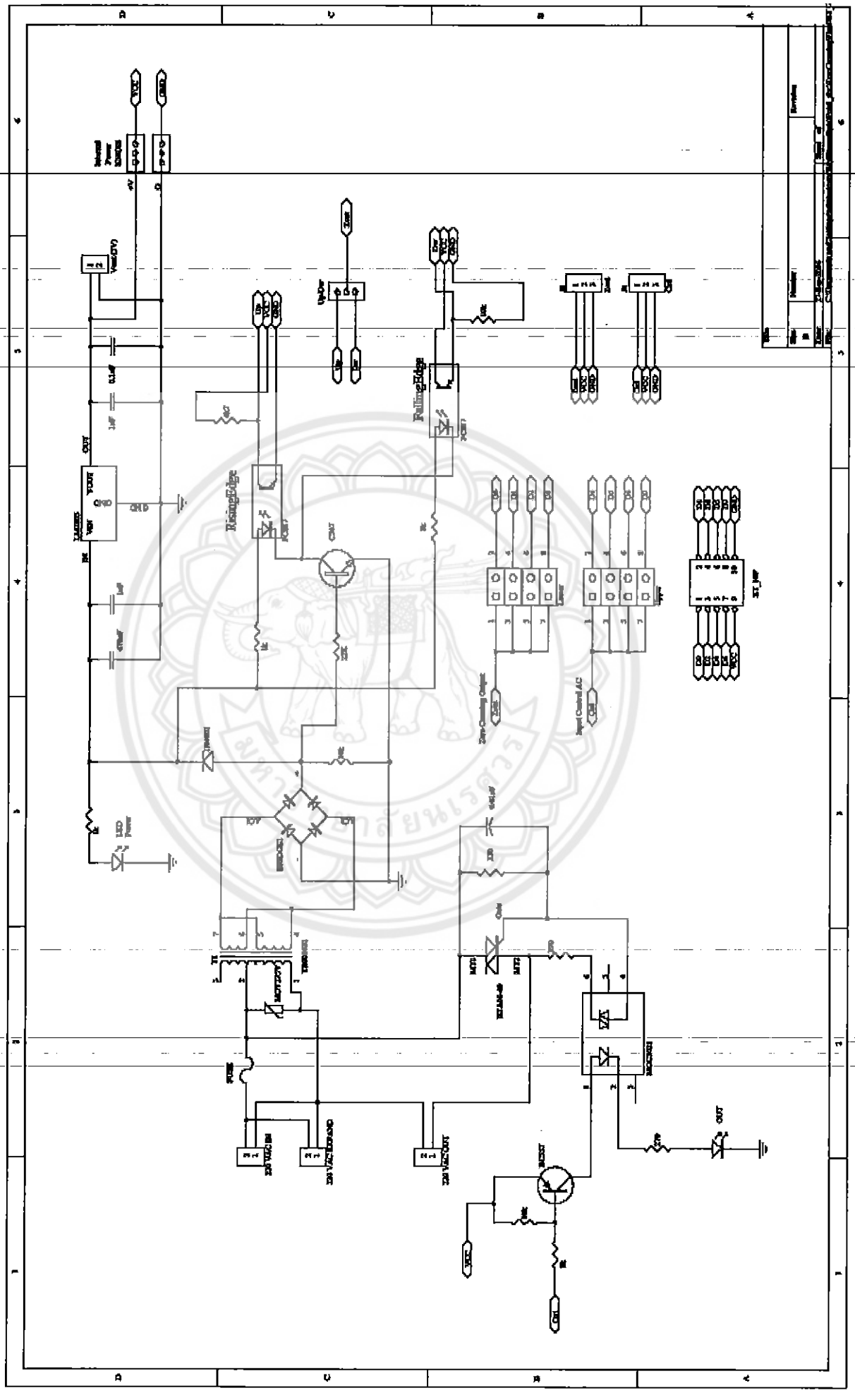
# ภาคผนวก ข

# โปรแกรมส่งข้อมูลการแปลงค่าอนาลอกเป็นค่าดิจิตอลผ่านพอร์ตอนุกรมแสดงผลออกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์

```
#include<16f877.h>
#device PIC16f877*=16ADC=10
#use delay(clock=10000000)
#fuses xt,NOWDT,NOPROTECT,NOBROWNOUT,NOPUT,NOWRT,NOLVP
#use rs232 (baud=9600,xmit=PIN_C6,RCV=PIN_C7)
#include <math.h>
void main()
{float value;
setup_adc_ports(ALL_ANALOG);
setup_adc(ADC_CLOCK_INTERNAL);
while (1){
     delay_ms(100);
    set_adc_channel(2);
    value = read_adc();

    printf("a=%f\n\r",value);
     delay_ms(100);



}

}
```

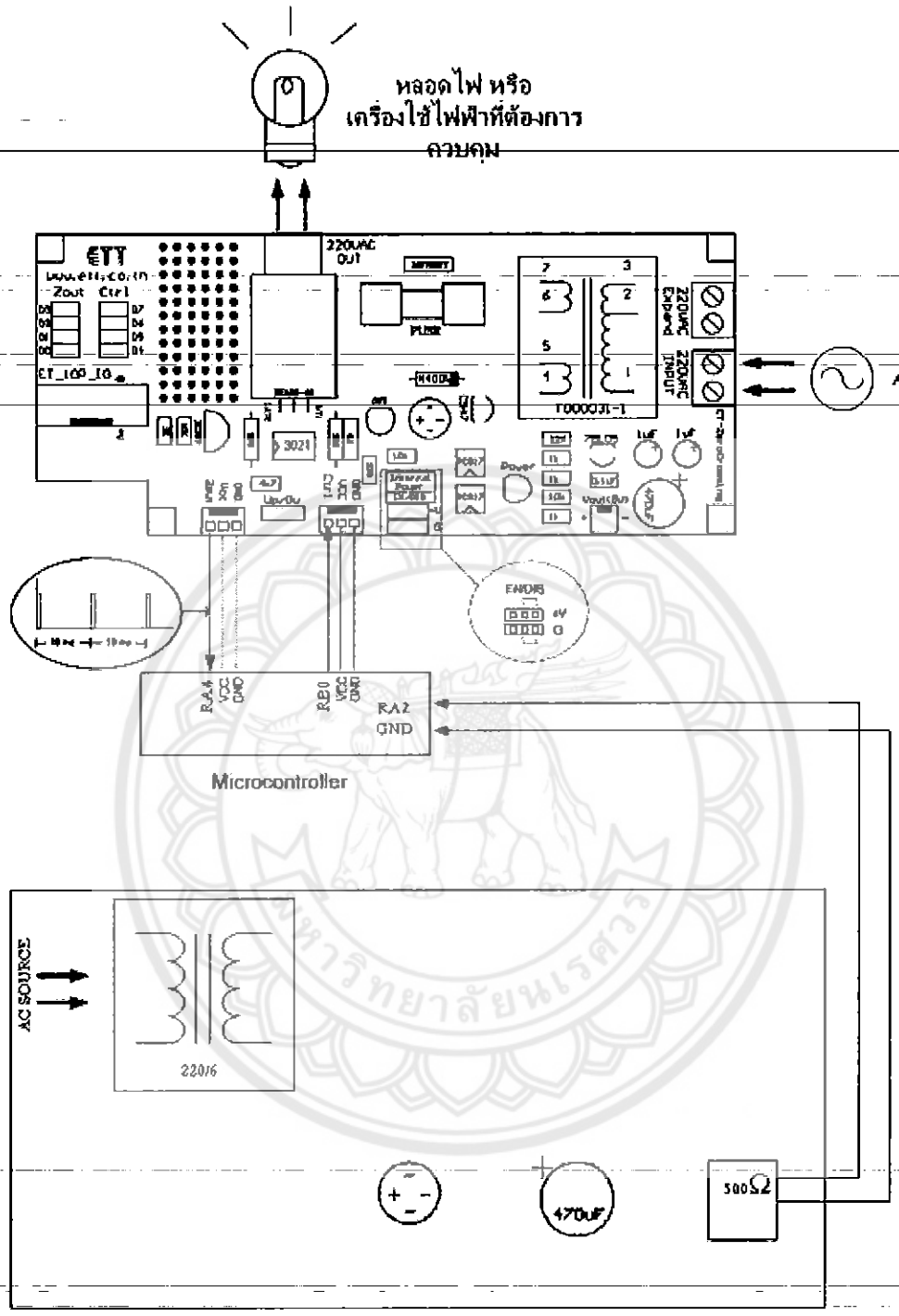
# ภาคผนวก ค

# รูปวงจรภายในของชุดวงจรไตรแอก (ET-OPTO AC DIMMER)

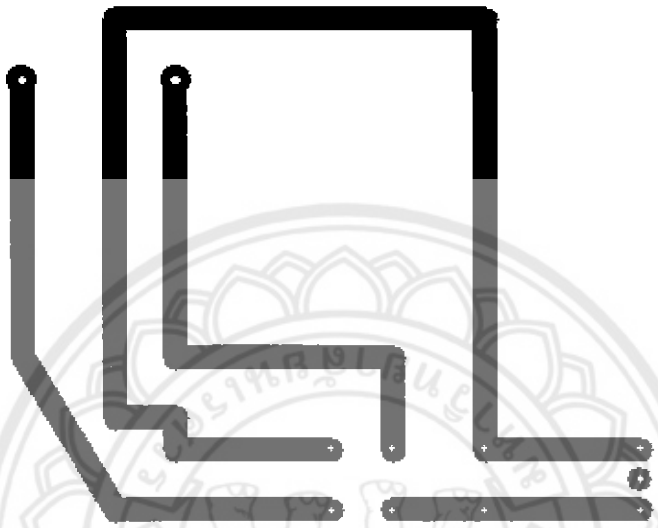


# ภาคผนวก ง

# รูปการต่อวงจรของเครื่องควบคุมการแบ่งภาคโหลด


หลอดไฟ หรือ
เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการ
ควบคุม
220VAC
OUT
AC SOURCE
Microcontroller
RA4
RB0
RA2
GND
AC SOURCE
220/6
470uF
500Ω

# ภาคผนวก จ รูปวงจรแผ่นปริ๊นท์ของวงจรเรียงกระแส



# ประวัติผู้เขียนโครงงาน

ชื่อ นางสาวรัตนา ตังมณี

ภูมิลำเนา 113 ม.6 ต.หนองอ้อ อ.ศรีสัชนาลัย จ.สุโขทัย 64130

ประวัติการศึกษา

จบระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนเมืองเชลียง

ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: **rattana_jiab@hotmail.com**

ชื่อ นางสาวจิราวรรณ จิโนเป็ง

ภูมิลำเนา 80 ม.11 ต.เหมืองจี้ อ.เมือง จ.ลำพูน 51000

ประวัติการศึกษา

จบระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนบ้านแป้นพิทยาคม

ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: **jirawan.j@hotmail.com**

ชื่อ นางสาวสุทธิดา กระต่ายทอง

ภูมิลำเนา 1/8 ม.4 ต.พรานกระต่าย อ.พรานกระต่าย จ.กำแพงเพชร 62110

ประวัติการศึกษา

จบระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนกำแพงเพชรพิทยาคม

ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: **suttida-_-bow@hotmail.com**