อภินันทนาการ

สำนักหอสมุด

เครื่องตรวจวัดและบันทึกค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้งาน

A CURRENT USAGE MONITORING AND STORAGE APPARATUS

นางสาวกุลนิษฐ์ นาราษฎร์ รหัส 55360840

นายตันติกร กล่ำป้อง รหัส 55363940

นายกฤษฎ์ณภัทร คงกลิ่น รหัส 55364367

17194444

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร

วันลงทะเบียน 10 ต.ค. 2560

เลขทะเบียน

เลขเรียกหนังสือ

CD-STL

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2558

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	เครื่องตรวจวัดและบันทึกค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้งาน
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวกุลนิษฐ์ นารายภูร์ รหัส 55360840
	นายตันติกร กล่ำป้อง รหัส 55363940
	นายกฤษฎ์ณภัทร คงกลิ่น รหัส 55364367
ที่ปรึกษาโครงงาน	ดร. สราวุฒิ วัฒนวงค์พิทักษ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2558

....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

....ที่ปรึกษาโครงงาน
(ดร.สราวุฒิ วัฒนวงค์พิทักษ์)

....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มุฑิตา สงฆ์จันทร์)

....กรรมการ
(ดร.จิรวดี ผลประเสริฐ)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	เครื่องตรวจวัดและบันทึกค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้งาน
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวกุลนิษฐ์ นาราษฎร์ รหัส 55360840
	นายตันติกร กล่ำป้อง รหัส 55363940
	นายกฤษฎ์ณภัทร คงกลิ่น รหัส 55364367
ที่ปรึกษาโครงงาน	ดร. สราวุฒิ วัฒนวงค์พิทักษ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2558

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้นำเสนอเครื่องตรวจวัดและบันทึกค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้งาน ซึ่งสามารถใช้วัดกับระบบไฟฟ้าทั้งหนึ่งเฟสและสามเฟส สามารถวัดและแสดงผลปริมาณกระแสได้ตั้งแต่ 0.5 ถึง 50 แอมแปร์ ผ่านทางหน้าจอแสดงผลขนาด 20 ตัวอักษร 4 แถว และหน้าเว็บไซต์และสามารถแจ้งเตือนการทำงานได้ 3 สถานะ ได้แก่ สถานะปกติ สถานะระวัง และสถานะอันตรายผ่านทางหลอดแอลอีดี 3 สีได้แก่ สีเขียว สีน้ำเงิน และสีแดง จากการทดสอบการทำงานพบว่าเครื่องสามารถแสดงผลและแจ้งเตือนได้อย่างถูกต้อง โดยมีความคลาดเคลื่อนในการวัดปริมาณกระแสสูงสุด 2.58 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังสามารถบันทึกค่ากระแสไฟฟ้าจากหน้าเว็บไซต์จัดเก็บเป็นแฟ้มข้อมูลแบบตาราง และนำค่ากระแสที่บันทึกได้มาใช้ในการคำนวณหาค่าพลังงานไฟฟ้าได้

Project title	A Current Usage Monitoring and Storage Apparatus		
Name	Miss.Kunlanit	Narat	ID. 55360840
	Mr.Tantikorn	Klampong	ID. 55363940
	Mr.Gidnapat	Khongklin	ID. 55364367
Project advisor	Sarawut Wattanawongpitak, Ph.D.		
Major	Electrical Engineering		
Department	Electrical and Computer Engineering		
Academic year	2015		

Abstract

This thesis presents a current usage monitoring and storage apparatus. It can measure the quantity of current from 0.5 to 50 amperes of single-phase and three-phase system. The measured current can be displayed on the 20×4 LCD and on the website. It can also make the alarm with three status: normal, warning, and dangerous through three colors of LED which are green, blue, and red, respectively. The testing results show that their functions of the apparatus can operate correctly. The highest measurement error is 2.58 percentages approximately. Moreover the currents can be recorded from the website and used for roughly calculating the electric energy.

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ .... ก

บทคัดย่อภาษาไทย .... ข

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .... ค

กิตติกรรมประกาศ .... ง

สารบัญ .... จ

สารบัญตาราง .... ช

สารบัญรูป .... ซ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1

1.3 ขอบเขตของโครงงาน 1

1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน 2

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 2

1.6 งบประมาณ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 ระบบไฟฟ้า 4

2.2 โหลดเซ็นเตอร์และแผงจ่ายไฟฟ้าสำหรับที่อยู่อาศัย 5

2.3 ตัวรับรู้กระแส 7

2.4 แผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ 8

2.5 หลอดแอลอีดี 9

2.6 จอแสดงผล 10

2.7 ออดไฟฟ้า 11

บทที่ 3 12

3.1 ขั้นตอนการทำงานเครื่องตรวจวัดและบันทึกค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้งาน 12

3.2 การออกแบบโครงสร้างของแบบจำลอง 13

3.3 วงจรควบคุมการทำงานสำหรับแบบจำลอง 16

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4 การตั้งค่าพิกัดกระแส 22

3.5 การแสดงผลปริมาณกระแสไฟฟ้าผ่านหน้าเว็บไซต์ 25

3.6 การออกแบบแผงวงจรจำลองการใช้ไฟฟ้า 29

บทที่ 4 ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผล 30

4.1 การทดสอบวัดค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวรับรู้กระแสเทียบกับแอมมิเตอร์ 30

4.2 การทดสอบการแสดงผลผ่านหน้าเว็บไซต์ 33

4.3 การทดสอบการแสดงผลของจอแสดงผลและหลอดแอลอีดี 35

4.4 การทดสอบการแสดงผลของออดไฟฟ้า 40

4.5 การทดสอบกับระบบไฟฟ้าจริง 41

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 45

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 45

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข 46

5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อไป 46

เอกสารอ้างอิง 47

ภาคผนวก ก 48

ภาคผนวก ข 51

ภาคผนวก ค 53

ภาคผนวก ง 56

ภาคผนวก จ 58

ภาคผนวก ฉ 62

ภาคผนวก ช 64

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน 66

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 อธิบายส่วนประกอบภายนอกของแบบจำลอง 14
3.2 อธิบายส่วนประกอบภายในของแบบจำลอง 15
4.1 การทดสอบความถูกต้องของตัวรับรู้กระแสที่ระดับกระแส 0.5 แอมแปร์ 31
4.2 การทดสอบความถูกต้องของตัวรับรู้กระแสที่ระดับกระแส 3.5 แอมแปร์ 32
4.3 การทดสอบการทำงานของจอแสดงผลและหลอดแอลอีดี 38
4.4 การทดสอบการทำงานของจอแสดงผลและหลอดแอลอีดี (ต่อ)...39
4.5 สถานะการแจ้งเตือนของออดไฟฟ้า 40
4.6 การทดสอบการทำงานของออดไฟฟ้า...40
4.7 การกำหนดค่าตัวประกอบที่เหมาะสมของระบบไฟฟ้าไทย 43

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 โหลดเซ็นเตอร์แบบเมนลักส์ 5

2.2 โหลดเซ็นเตอร์แบบเบรกเกอร์หลัก 6

2.3 แผงจ่ายไฟฟ้าสำหรับที่อยู่อาศัย 6

2.4 การวัดกระแสโดยใช้ตัวรับรู้กระแสแบบฮอลล์ 7

2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATmega2560 8

2.6 หน่วยประมวลผลกลางของ ATmega2560 ขนาด 100 ขา 9

2.7 รูปร่างและส่วนประกอบของไดโอดเปล่งแสง 10

2.8 การทำงานของจอแสดงผลแอลซีดี 10

2.9 โครงสร้างและการทำงานของออดไฟฟ้า 11

3.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำงาน 12

3.2 โครงสร้างของแบบจำลอง 13

3.3 แบบจำลองแสดงส่วนประกอบภายนอกตัวเครื่อง 14

3.4 แบบจำลองแสดงส่วนประกอบภายในตัวเครื่อง 15

3.5 ตัวรับรู้กระแสรุ่น SCT-013 16

3.6 การเชื่อมต่อระหว่างแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์กับตัวรับรู้กระแส 17

3.7 หลอดแอลอีดีรุ่น KY-016 18

3.8 การเชื่อมต่อระหว่างแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์กับหลอดแอลอีดี 18

3.9 จอแอลซีดีขนาด 20 ตัวอักษร 4 แถว 19

3.10 การเชื่อมต่อระหว่างแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์กับจอแสดงผล 19

3.11 ออดไฟฟ้า 20

3.12 การเชื่อมต่อระหว่างแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์กับออดไฟฟ้า 20

3.13 โมดูลเชื่อมต่อระบบอินเตอร์เน็ต 21

3.14 การเชื่อมต่อระหว่างแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์กับโมดูลเชื่อมต่อระบบอินเตอร์เน็ต 22

3.15 หน้าเริ่มต้นของจอแสดงผล 22

3.16 หน้าจอแสดงการเลือกตั้งค่าพิกัดกระแส 23

3.17 หน้าจอสำหรับป้อนตัวเลขหลักสิบ 23

3.18 หน้าจอสำหรับป้อนตัวเลขหลักหน่วย 24

3.19 หน้าจอแสดงพิกัดกระแสที่ป้อนให้ตัวรับรู้กระแสตัวที่ 1 24

3.20 หน้าเริ่มต้นเว็บไซต์ 25

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.21 การเข้าสู่ระบบ 25

3.22 การลงชื่อเข้าใช้ 26

3.23 การเลือกช่องที่สร้าง 26

3.24 การแสดงปริมาณกระแสไฟฟ้าในรูปแบบกราฟ 27

3.25 การเลือกคำสั่งส่งออกข้อมูล 27

3.26 การเลือกไฟล์ที่จะบันทึก 28

3.27 ตัวอย่างไฟล์ที่บันทึก 28

3.28 แผงวงจรจำลองการใช้ไฟฟ้า 29

3.29 การคล้องตัวรับรู้กระแสกับแผงวงจรจำลองการใช้ไฟฟ้า 29

4.1 การคล้องตัวรับรู้กระแสสำหรับทดสอบหัวข้อ 4.1 31

4.2 กราฟแสดงค่าที่ระดับกระแส 0.5 แอมแปร์ ของตัวรับรู้กระแสตัวที่ 1 33

4.3 กราฟแสดงค่าที่ระดับกระแส 0.5 แอมแปร์ ของตัวรับรู้กระแสตัวที่ 2 33

4.4 กราฟแสดงค่าที่ระดับกระแส 0.5 แอมแปร์ ของตัวรับรู้กระแสตัวที่ 3 34

4.5 กราฟแสดงค่าที่ระดับกระแส 3.5 แอมแปร์ ของตัวรับรู้กระแสตัวที่ 1 34

4.6 กราฟแสดงค่าที่ระดับกระแส 3.5 แอมแปร์ ของตัวรับรู้กระแสตัวที่ 2 34

4.7 กราฟแสดงค่าที่ระดับกระแส 3.5 แอมแปร์ ของตัวรับรู้กระแสตัวที่ 3 35

4.8 การคล้องตัวรับรู้กระแสสำหรับทดสอบหัวข้อ 4.3 36

4.9 การแสดงผลของจอแสดงผลและหลอดแอลอีดีในระดับที่ 1 37

4.10 การแสดงผลของจอแสดงผลและหลอดแอลอีดีในระดับที่ 2 37

4.11 การแสดงผลของจอแสดงผลและหลอดแอลอีดีในระดับที่ 3 37

4.12 การจัดวางตัวรับรู้กระแสกับระบบไฟฟ้าจริง 41

4.13 ตัวอย่างค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าที่บันทึก 42

4.14 ตัวอย่างค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าที่บันทึก (ต่อ) 42

4.15 มาตรวัดไฟก่อนทำการวัด 44

4.16 มาตรวัดไฟหลังทำการวัด 44

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

เนื่องจากในปัจจุบันผู้ใช้ไฟฟ้าส่วนใหญ่มีพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าที่ไม่ได้คำนึงถึงปริมาณกระแสไฟฟ้าสูงสุดที่อุปกรณ์ป้องกันจะรับได้ อุปกรณ์ป้องกันจึงตัดวงจรทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้าไม่สามารถใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่อง และสำหรับในระบบสามเฟสเมื่อเกิดภาวะความไม่สมดุลของกระแส จะส่งผลให้เกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า จึงเป็นเหตุให้มีการสร้างแบบจำลองขึ้นเพื่อช่วยอำนวยความสะดวกในการวัดและตรวจดูค่าปริมาณกระแสไฟฟ้า โดยแบบจำลองนี้สามารถวัดและแสดงปริมาณกระแสไฟฟ้าผ่านทางหน้าจอแสดงผลและทางหน้าเว็บไซต์ และสามารถแจ้งเตือนสถานะของปริมาณกระแสไฟฟ้าในขณะนั้นว่าอยู่ในสถานะปกติ สถานะระวัง หรือสถานะอันตราย นอกจากนี้ยังสามารถบันทึกค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ทำการวัดได้ ซึ่งค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าที่บันทึกสามารถใช้ในการคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าเพื่อประเมินว่าผู้ใช้ไฟฟ้าควรปรับพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าอย่างไรให้ประหยัดค่าใช้จ่าย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

สร้างแบบจำลองที่มีความสามารถในการตรวจวัดปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้งาน มีความสามารถในการตั้งค่าพิกัดกระแส มีการแจ้งเตือนสถานะและแสดงระดับปริมาณกระแสไฟฟ้า ผ่านหน้าจอแสดงผล หลอดแอลอีดีและออดไฟฟ้า นอกจากนี้ยังสามารถตรวจดูการใช้ปริมาณกระแสไฟฟ้าผ่านทางหน้าเว็บไซต์และสามารถบันทึกค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้งานได้

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1) สร้างแบบจำลองที่สามารถวัดกระแสได้ตั้งแต่ 0.5 ถึง 50 แอมแปร์
2) สร้างแบบจำลองให้สามารถตั้งค่าพิกัดกระแสได้ตั้งแต่ 0 ถึง 50 แอมแปร์
3) ใช้สำหรับวัดไฟกระแสสลับในระบบไฟฟ้าหนึ่งเฟสและสามเฟส
4) แสดงผลค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าผ่านทางหน้าเว็บไซต์ www.thingspeak.com

1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน

รายละเอียด	ปี 2558					ปี 2559			
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์และการทำงานของตัวรับรู้กระแส	■	■							
2. ศึกษาและเขียนโปรแกรมควบคุมการแจ้งเตือนในรูปแบบต่าง ๆ		■	■						
3. ศึกษาและเขียนโปรแกรมแสดงปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าผ่านระบบอินเทอร์เน็ต				■	■	■			
4. ออกแบบและสร้างแบบจำลอง						■	■		
5. ทดสอบและแก้ไขการทำงานของแบบจำลอง							■	■	
6.สรุปผลการทดลองและจัดทำรูปเล่ม								■	■

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถนำเครื่องตรวจวัดและบันทึกค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้งานไปติดตั้งยังสถานประกอบการหรือที่พักอาศัยได้ เพื่อใช้เป็นเครื่องตรวจวัดปริมาณกระแสไฟฟ้า พร้อมแสดงการแจ้งเตือนสถานะการใช้กระแสไฟฟ้าภายในสถานที่นั้น รวมถึงการแสดงปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าผ่านทางหน้าเว็บไซต์

1.6 งบประมาณ

1) ค่าอุปกรณ์สำหรับสร้างแบบจำลอง	3,000 บาท
2) ค่าอุปกรณ์ในการสร้างแผงวงจรจำลองการใช้ไฟฟ้า	800 บาท
3) ค่าถ่ายเอกสารและเข้าเล่มปริญญานิพนธ์	900 บาท
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น (สี่พันเจ็ดร้อยบาทถ้วน)	4,700 บาท

หมายเหตุ : ถัวเฉลี่ยทุกรายการ

มหาวิทยาลัยนเรศวร

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

เครื่องตรวจวัดและบันทึกค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้งานได้ถูกออกแบบเพื่อใช้เป็นเครื่องมือที่คอยตรวจวัดปริมาณกระแสไฟฟ้าและแจ้งเตือนสถานะการใช้ปริมาณกระแส ดังนั้นในการออกแบบจึงควรมีความเข้าใจในคุณสมบัติและหลักการทำงาน

2.1 ระบบไฟฟ้า

ระบบไฟฟ้า หมายถึงลักษณะการส่งจ่ายกระแสไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดไปยังผู้ใช้ไฟฟ้า ตามประเภทการใช้งาน โดยส่งจากสถานีไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้าแรงสูง สถานีไฟฟ้าย่อย หม้อแปลงแรงดันไฟฟ้า ไปยังบ้านพักอาศัย สำนักงาน หรือโรงงานอุตสาหกรรม

สำหรับกระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าสู่บ้านเรือนทั่วไปนั้นใช้หลักการไหลแบบเดียวกัน คือ เริ่มจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ณ โรงงานผลิตไฟฟ้า ผ่านกระแสไฟฟ้าแรงดันสูงมาตามสายไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วยเส้นลวดอลูมิเนียมจำนวนมากมาจนกระทั่งถึงสถานีไฟฟ้าย่อย ซึ่งมีหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้าให้สูงขึ้นหรือต่ำลงได้ตามความต้องการใช้งาน ทั้งนี้เนื่องจากการส่งกระแสไฟฟ้าได้ผ่านมาตามสายไฟฟ้าในระยะทางไกลจะทำให้มีการสูญเสียแรงดันไฟฟ้าส่วนหนึ่ง เมื่อส่งไฟฟ้ามาถึงพื้นที่ที่ต้องการใช้ไฟฟ้าก็จะต้องมีการลดแรงดันไฟฟ้าลงระดับหนึ่งเพื่อลดความอันตราย เมื่อแปลงแรงดันไฟฟ้าให้พอเหมาะแล้วก็จะส่งตามสายไฟฟ้ามายังหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้าที่ติดอยู่ตามเสาไฟฟ้าในแหล่งชุมชน เพื่อแปลงแรงดันไฟฟ้าอีกครั้งก่อนส่งผ่านเข้าสู่อาคารบ้านเรือน เมื่อมีการใช้ไฟฟ้าจากกิจกรรมต่าง ๆ ในอาคารบ้านเรือนก็จะไหลกลับไปตามสายไฟฟ้าอีกเส้นหนึ่งสู่แหล่งกำเนิดอีกครั้ง ซึ่งเท่ากับว่าเป็นการครบวงจรการไหลของกระแสไฟฟ้า

ระบบไฟฟ้าที่การไฟฟ้าส่งจ่ายไปยังบ้านเรือนทั่วไปเรียกว่า ระบบไฟฟ้าแรงดันต่ำ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ระบบ ได้แก่

1) ระบบไฟฟ้า 1 เฟส คือระบบไฟฟ้าที่มีสายไฟฟ้าจำนวน 2 เส้น เส้นที่มีไฟเรียกว่าสายไฟสายเฟส หรือสายไลน์ เขียนแทนด้วยตัวอักษร L (Line) เส้นที่ไม่มีไฟเรียกว่าสายนิวทรอล หรือสายศูนย์ เขียนแทนด้วยตัวอักษร N (Neutral) ทดสอบได้โดยใช้ไขควงวัดไฟ เมื่อใช้ไขควงวัดไฟแตะสายเฟสหลอดไฟเรืองแสงที่อยู่ภายในไขควงจะติด สำหรับสายนิวทรอล หรือสายศูนย์จะไม่ติด แรงดันไฟฟ้าที่ใช้มีขนาด 220 โวลต์ ใช้สำหรับที่พักอาศัยทั่วไปที่มีการใช้ปริมาณกระแสไฟฟ้าไม่มาก

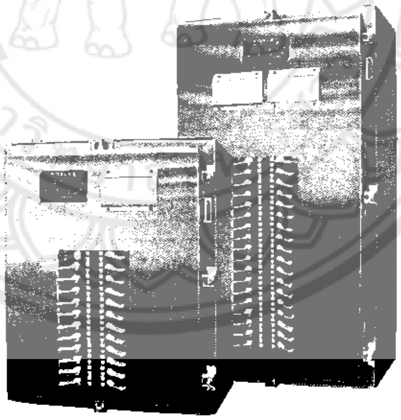
2) ระบบไฟฟ้า 3 เฟส คือระบบไฟฟ้าที่มีสายไฟฟ้าจำนวน 3 เส้น และสายนิวทรอล 1 เส้น จึงมีสายรวม 4 เส้น ระบบไฟฟ้า 3 เฟส สามารถต่อใช้งานเป็นระบบไฟฟ้า 1 เฟสได้ โดยการต่อจาก

เฟสใดเฟสหนึ่งกับสายนิวทรอลอีกเส้นหนึ่ง แรงดันไฟฟ้าระหว่างสายเฟสเส้นใดเส้นหนึ่งกับสายนิวทรอลมีค่า 220 โวลต์ และแรงดันไฟฟ้าระหว่างสายเฟสด้วยกันมีค่า 380 โวลต์ ระบบนี้จึงเรียกว่าระบบไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย 220/380 โวลต์ ระบบนี้มีข้อดีคือสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้มากกว่าระบบ 1 เฟส ถึง 3 เท่า จึงเหมาะกับสถานที่ที่ต้องการใช้กระแสไฟฟ้าในปริมาณมาก เช่น อาคารพาณิชย์ โรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็ก เป็นต้น

2.2 โหลดเซ็นเตอร์และแผงจ่ายไฟฟ้าสำหรับที่อยู่อาศัย

โหลดเซ็นเตอร์ (Load center) ส่วนใหญ่เป็นกล่องเหล็ก มีหลายแถวเหมาะสำหรับควบคุมระบบไฟฟ้าในอาคารขนาดกลางและใหญ่ หรือโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ระบบไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย โหลดเซ็นเตอร์แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

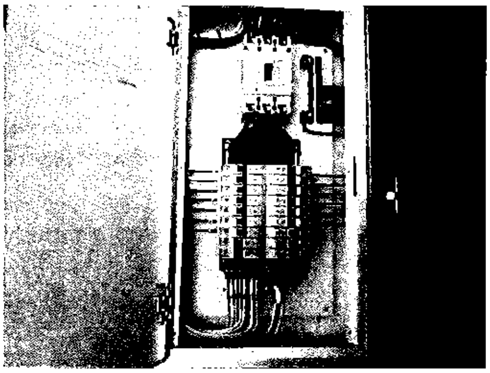
1) เมนลักส์ (Main lugs) จะมีห่วง (Lug) ต่อสายซึ่งใช้ต่อกับสายเมนทั้ง 3 เฟส และขั้วปลายสายไฟ (Terminal) สำหรับต่อสายนิวทรอล โดยไม่มีเซอร์กิตเบรกเกอร์หลัก (Main circuit breaker) การจ่ายกระแสไฟฟ้าของโหลดเซ็นเตอร์ชนิดนี้จะจ่ายผ่านบัสบาร์(Busbar)ไปยังเบรกเกอร์ขนาดเล็ก (Miniature circuit breaker) ซึ่งจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความสามารถในการทนกระแสของบัสบาร์ การเลือกใช้งานให้พิจารณาจากจำนวนวงจรย่อยที่ต้องการ โดยกระแสใช้งานทั้งหมดไม่ควรเกิน 80 เปอร์เซ็นต์ของพิกัดโหลดเซ็นเตอร์



รูปที่ 2.1 โหลดเซ็นเตอร์แบบเมนลักส์

ที่มา: www.ban-engineering.com

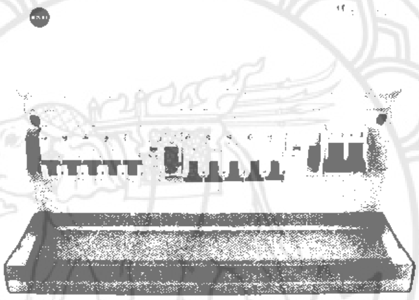
2) เบรกเกอร์หลัก (Main breaker) คล้ายกับแบบเมนลักส์ แต่จะมีเซอร์กิตเบรกเกอร์หลักแบบ 3 ขั้ว ชนิด MCCB (Molded Case Circuit Breaker) ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมหลักในการจ่ายกระแสผ่านบัสบาร์ไปยังเบรกเกอร์ขนาดเล็กโดยพิกัดการทนกระแสสูงสุดของเซอร์กิตเบรกเกอร์หลักต้องไม่เกินพิกัดการทนกระแสของบัสบาร์



รูปที่ 2.2 โหลดเซ็นเตอร์แบบเบรกเกอร์หลัก

ที่มา: www.ban-engineering.com

แผงจ่ายไฟฟ้าสำหรับที่อยู่อาศัย (Consumer unit) เป็นแผงไฟฟ้าสำเร็จรูปนิยมใช้ในบ้านเรือนหรือสำนักงานขนาดเล็กที่ใช้กับระบบไฟฟ้า 1 เฟส แรงดันไฟ 220 โวลต์ ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แผงจ่ายไฟฟ้าสำหรับที่อยู่อาศัย

ที่มา: www.cdn.toolstation.com

แผงจ่ายไฟฟ้าสำหรับที่อยู่อาศัย ประกอบด้วย เบรกเกอร์หลักจำนวน 2 ขั้ว และเบรกเกอร์ย่อยจำนวน 1 ขั้ว เสียบต่ออยู่กับบัสบาร์ มีขั้วต่อสายนิวทรอลและขั้วต่อสายดิน แผงจ่ายไฟฟ้าสำหรับที่อยู่อาศัยที่นิยมใช้ทั่วไปมีจำนวนวงจรย่อยตั้งแต่ 4 ถึง 16 วงจรย่อย

วิธีการเลือกใช้โหลดเซ็นเตอร์และแผงจ่ายไฟฟ้าสำหรับที่อยู่อาศัย

1) เลือกตามประเภทการใช้ไฟฟ้า

- หากใช้ไฟระบบ 3 เฟส 4 สาย หรือ 3 เฟส 3 สาย จะใช้โหลดเซ็นเตอร์
- หากใช้ไฟระบบ 1 เฟส 2 สาย จะใช้แผงจ่ายไฟฟ้าสำหรับที่อยู่อาศัย

2) เลือกใช้ตามจำนวนวงจรย่อย

3) เลือกใช้ตามเบรกเกอร์หลักที่กำหนดโดยวิศวกรไฟฟ้าหรือตามมาตรฐานที่การไฟฟ้ากำหนดไว้

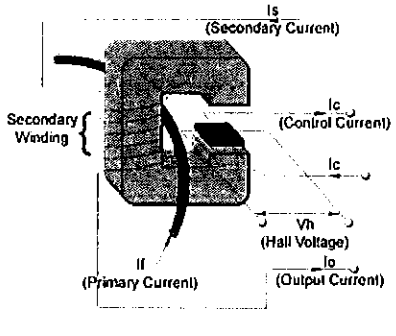
2.3 ตัวรับรู้กระแส

ตัวรับรู้กระแส (Current sensor) เป็นอุปกรณ์ที่สามารถทำให้การตรวจวัดกระแสมีความง่ายขึ้น ไม่ยุ่งยากและซับซ้อน โดยมีหลักการคือ เมื่อมีกระแสไหลผ่านในสายไฟหรือในวงจรจะส่งผลให้แรงดันลดลง กระแสที่ไหลผ่านก็จะสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นมาเหนี่ยวนำ การไหลผ่านของกระแสจึงส่งผลอย่างมากต่อการออกแบบตัวตรวจวัดกระแสไฟฟ้า

การตรวจวัดกระแสไฟฟ้าถูกแบ่งออกเป็นสองวิธี คือ ตรวจวัดโดยตรงและตรวจวัดโดยอ้อม ซึ่งในการตรวจวัดโดยตรงจะเป็นไปตามกฎของโอห์ม (Ohm's law) จะกระทำได้โดยทำการวัดแรงดันที่ลดลงร่วมกับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านไปยังอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในวงจร ในขณะที่การตรวจวัดโดยอ้อมจะยึดตามกฎของฟาราเดย์ (Faraday's law) และกฎของแอมแปร์ (Ampere's law) โดยจะวัดจากกระแสที่ไหลผ่านขดลวดสนามแม่เหล็กที่อยู่ล้อมรอบตัวนำ กระแสที่ไหลผ่านจะส่งผลให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นและทำให้ได้สัดส่วนของกระแสกับแรงดันที่เหมาะสมสำหรับการวัด

หลักการทำงานของตัวรับรู้กระแสแบบฮอลล์ (Hall effect sensor)

หลักการทำงานของตัวรับรู้กระแสแบบฮอลล์ คือแผ่นตัวนำที่มีกระแสไหลผ่านเมื่อมีเส้นแรงแม่เหล็กมากระทำในทิศทางตั้งฉากกับแผ่นตัวนำ จะทำให้เกิดสนามไฟฟ้าหรือแรงดันเรียกว่าแรงดันฮอลล์ (Hall voltage) ขึ้นที่ตัวนำในทิศทางตั้งฉากกับกระแสและเส้นแรงแม่เหล็ก เมื่อจ่ายกระแสคงที่ให้แผ่นตัวนำจะทำให้กระแสไหลผ่านแผ่นตัวนำอย่างคงที่ โดยอิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่จากขั้วลบไปขั้วบวก เมื่อมีเส้นแรงแม่เหล็กมากระทำกับแผ่นตัวนำในทิศทางตั้งฉากจะทำให้ประจุพาหะของตัวนำเบี่ยงเบนไปด้านบนของตัวนำ ประจุพาหะอิเล็กตรอนมีประจุเป็นประจุลบทำให้ด้านบนของแผ่นตัวนำมีขั้วไฟฟ้าเป็นลบ ส่วนด้านล่างของแผ่นตัวนำจะมีขั้วตรงข้ามกับด้านบนนั่นคือมีประจุบวก เมื่อวัดความต่างศักย์ระหว่างด้านบนกับด้านล่างทำให้ได้แรงดันไฟฟ้าออกมาเป็นแรงดันลบ โดยขนาดของแรงดันที่วัดได้จะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กที่มากระทำ หากความเข้มสนามแม่เหล็กมากก็จะทำให้เกิดแรงดันมาก และถ้าความเข้มสนามแม่เหล็กน้อยแรงดันก็จะน้อย

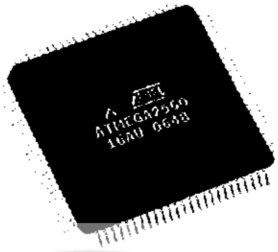


รูปที่ 2.4 การวัดกระแสโดยใช้ตัวรับรู้กระแสแบบฮอลล์

ที่มา: www.glyn.com.au

2.4 แผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

แผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้จัดอยู่ในตระกูลเอวีอาร์ (AVR) มีขนาดขา 100 ขา เป็นแผงวงจรรุ่นใหญ่ในตระกูลของแผงวงจรอาดูโน่ (Arduino) ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATmega2560 ดังรูปที่ 2.5

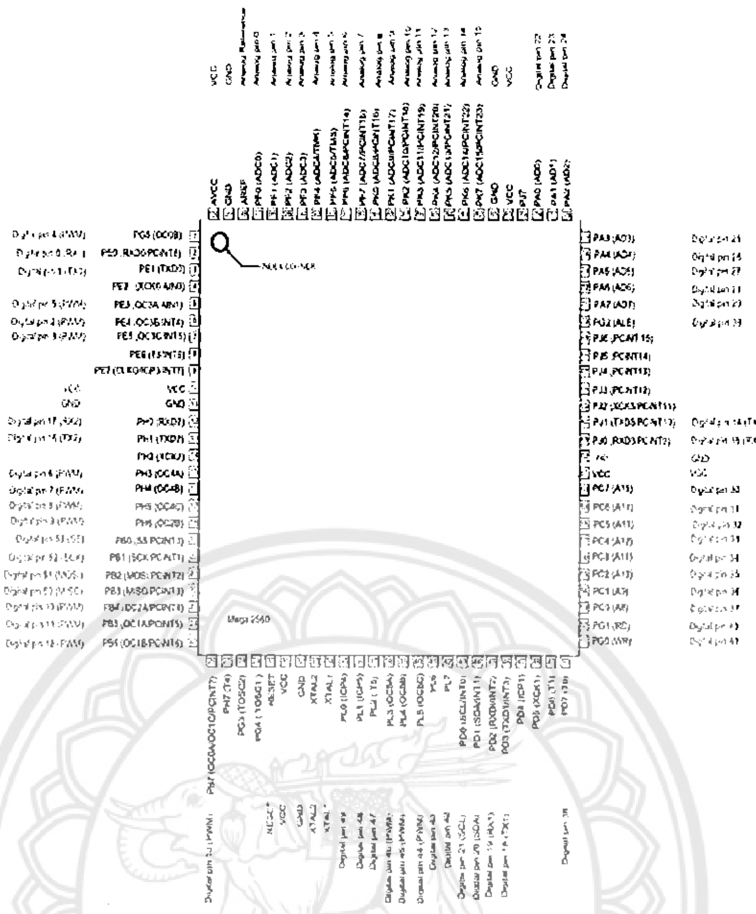


รูปที่ 2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATmega2560

ที่มา: www.arduino-micro.lnwshop.com

2.4.1 ลักษณะเฉพาะของแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ **ATmega2560**

1) ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์	ATmega2560
2) แรงดันไฟฟ้า	5 โวลต์
3) รองรับการจ่ายแรงดันไฟฟ้า (ที่แนะนำ)	7-12 โวลต์
4) รองรับการจ่ายแรงดันไฟฟ้า (ที่จำกัด)	6-20 โวลต์
5) พอร์ตดิจิตอลอินพุต เอาต์พุต	54 (มี 14 พอร์ต เป็นพีดับเบิลยูเอ็ม)
6) พอร์ตอนาล็อกอินพุต	16
7) กระแสไฟที่จ่ายได้ในแต่ละพอร์ต	40 มิลลิแอมแปร์
8) กระแสไฟที่จ่ายได้ในพอร์ต 3.3 โวลต์	50 มิลลิแอมแปร์
9) พื้นที่โปรแกรมภายใน	256 กิโลไบต์
10) พื้นที่แรม	8 กิโลไบต์
11) พื้นที่หน่วยความจำถาวร (EEPROM)	4 กิโลไบต์
12) ความถี่คริสตัล	16 เมกะเฮิรตซ์



รูปที่ 2.6 หน่วยประมวลผลกลางของ ATmega2560 ขนาด 100 ขา

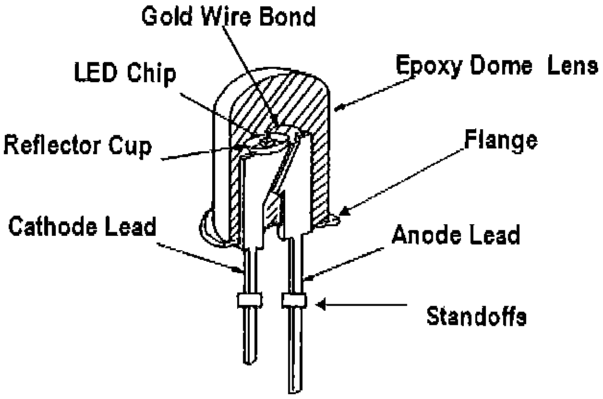
ที่มา: www.arduino.cc

2.5 หลอดแอลอีดี

หลอดแอลอีดีหรือไดโอดเปล่งแสง เป็นไดโอดชนิดพิเศษที่ทำมาจากสารกึ่งตัวนำ เมื่อมีการป้อนไบอัสตรงจะทำให้ไดโอดส่องแสงสว่างออกมา แสงที่ออกมาจะมีหลายช่วงคลื่นแล้วแต่ชนิดของสารที่ทำ เช่น แสงสีแดง แสงสีเขียว แสงสีน้ำเงิน หรือแสงที่ตามองไม่เห็น

หลักการทำงานของหลอดแอลอีดี

หลอดแอลอีดี โครงสร้างประกอบไปด้วยสารกึ่งตัวนำสองชนิด คือ สารกึ่งตัวนำชนิดพี (P-type) และสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (N-type) ประกบเข้าด้วยกัน มีผิวข้างหนึ่งเรียบคล้ายกระจก เมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงผ่านตัวแอลอีดี โดยจ่ายไฟบวกให้ขาแอโนด (Anode) จ่ายไฟลบให้ขาแคโทด (Cathode) ทำให้อิเล็กตรอนที่สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นมีพลังงานสูงขึ้นจนสามารถวิ่งข้ามรอยต่อจากสารชนิดเอ็นไปรวมกันกับโฮล (Hole) ในสารชนิดพี การที่อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ผ่านรอยต่อพี-เอ็น (P-N junction) ทำให้เกิดกระแสไหล เป็นผลให้ระดับพลังงานของอิเล็กตรอนเปลี่ยนไปและคายพลังงานออกมาในรูปคลื่นแสง

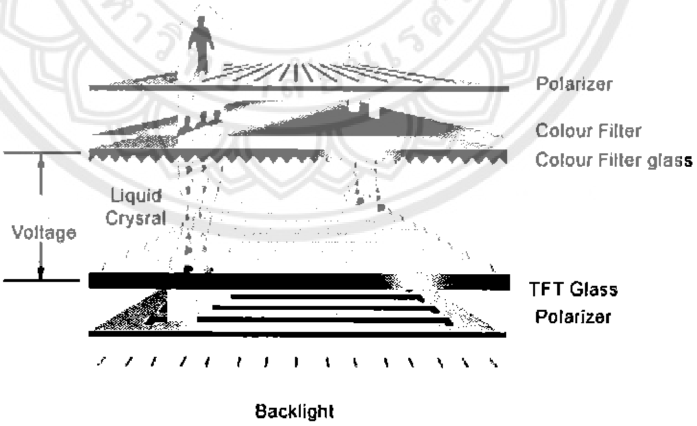


รูปที่ 2.7 รูปร่างและส่วนประกอบของไดโอดเปล่งแสง

ที่มา: www.topicstock.pantip.com

2.6 จอแสดงผล

จอแสดงผลแอลซีดี (Liquid Crystal Display, LCD) ทำมาจากผลึกคริสตัลเหลว ด้านหลังจอจะมีไฟส่องสว่างหรือที่เรียกว่าแบล็คไลท์ (Black light) เมื่อมีการปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าไปกระตุ้นที่ผลึก ผลึกจะโปร่งแสงทำให้แสงที่มาจากไฟแบล็คไลท์แสดงขึ้นมาบนหน้าจอ ส่วนอื่นที่โดนผลึกปิดกั้นไว้จะมีสีที่แตกต่างกันตามสีของผลึกคริสตัล เช่น สีเขียวหรือสีฟ้า ทำให้เมื่อมองไปที่จอจะพบกับตัวหนังสือสีขาวพร้อมกับพื้นหลังสีต่างๆ แสดงดังรูปที่ 2.8



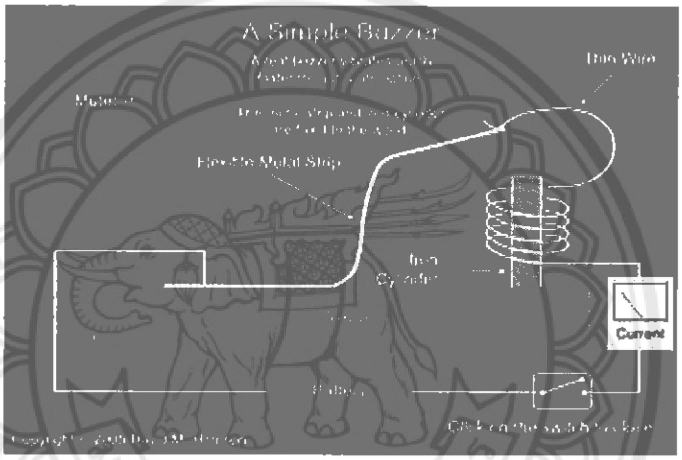
รูปที่ 2.8 การทำงานของจอแสดงผลแอลซีดี

ที่มา: www.spyderthai.com

2.7 ออดไฟฟ้า

ออดไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่นำผลของแม่เหล็กไฟฟ้ามาดึงดูดให้แกนอาเมเจอร์ (Armature) เคลื่อนที่มาเคาะกับกระดิ่งทำให้เกิดเสียงดังได้ โครงสร้างภายในประกอบด้วยแท่งเหล็กรูปตัวยู (U-shaped) พันขดลวดรอบ ๆ แท่งเหล็ก

การใช้งานต้องต่อออดไฟฟ้าอนุกรมกับสวิตช์ปุ่มกดและแหล่งจ่ายไฟฟ้า เมื่อเริ่มทำการกดสวิตช์กระแสไฟฟ้าจะผ่านหน้าสัมผัสและขดลวด ทำให้เกิดการดึงดูดแกนอาเมเจอร์ให้เคลื่อนที่มาเคาะกระดิ่งทำให้เกิดเสียงดัง ในขณะที่แกนอาเมเจอร์ยังเคลื่อนที่ก็จะตัดวงจรไฟฟ้าออกไปด้วย ดังนั้นเมื่อก้านอาเมเจอร์เคาะกระดิ่งแล้วจะดีดไปตำแหน่งเดิมทันทีและต่อวงจรไฟฟ้าอีกครั้ง เมื่อปล่อยมือจากสวิตช์ปุ่มกดกระบวนการที่เกิดขึ้นจะหยุดลง ดังรูปที่ 2.9



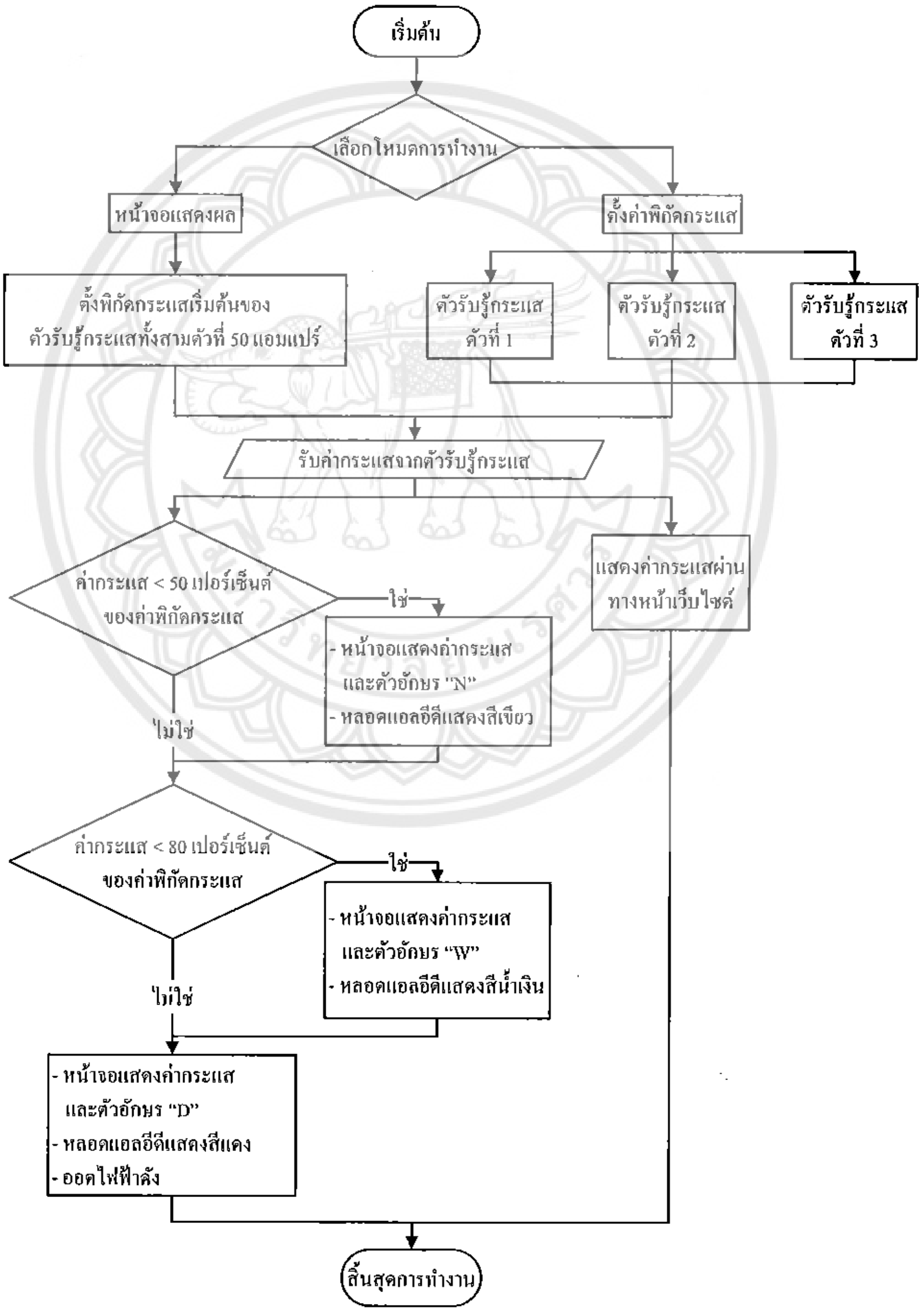
รูปที่ 2.9 โครงสร้างและการทำงานของออดไฟฟ้า

ที่มา: www.mwit.ac.th

บทที่ 3
การออกแบบและขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง

หลังจากศึกษาหลักการทำงานของแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วจึงเริ่มกำหนดขั้นตอนการดำเนินงานด้วยการเขียนแผนภาพแสดงขั้นตอนการทำงาน และทำการออกแบบโครงสร้างของแบบจำลองเครื่องตรวจวัดและบันทึกค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้งาน

3.1 ขั้นตอนการทำงานเครื่องตรวจวัดและบันทึกค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้งาน

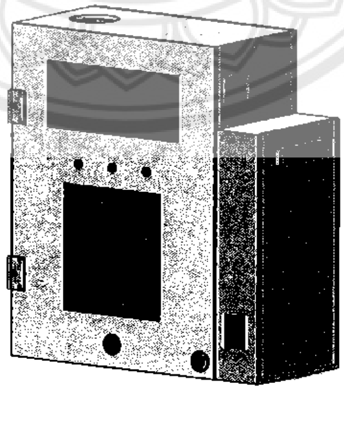


รูปที่ 3.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำงาน

จากรูปที่ 3.1 เป็นแผนผังขั้นตอนการทำงานสำหรับโครงงานนี้โดยจะแบ่งการทำงานเป็นสองโหมด คือ โหมดของการตั้งค่าพิกัดกระแสและโหมดหน้าจอแสดงผล โดยในโหมดของการตั้งค่าพิกัดกระแสนั้นจะแบ่งเป็นการตั้งค่าพิกัดกระแสให้ตัวรับรู้กระแสแต่ละตัว ส่วนโหมดหน้าจอแสดงผลนั้นค่าพิกัดกระแสของตัวรับรู้กระแสทั้ง 3 ตัวจะใช้ค่าเริ่มต้นที่ 50 แอมแปร์ เมื่อเลือกโหมดการทำงานแล้วจากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับค่ากระแสจากตัวรับรู้กระแสเพื่อนำมาแสดงผลทางหน้าเว็บไซต์และนำมาเปรียบเทียบกับพิกัดกระแสที่ตั้งไว้ว่ามีค่าน้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์หรือไม่ ถ้าน้อยกว่าจอแสดงผลจะแสดงค่ากระแสและตัวอักษรตัว “N” หลอดแอลอีดีแสดงสีเขียว แต่ถ้าไม่น้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ก็จะนำไปเปรียบเทียบต่อว่ามีค่าน้อยกว่า 80 เปอร์เซ็นต์หรือไม่ ถ้าน้อยกว่าจอแสดงผลจะแสดงค่ากระแสและตัวอักษรตัว “W” หลอดแอลอีดีแสดงสีน้ำเงิน แต่ถ้าไม่น้อยกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ จอแสดงผลจะแสดงค่ากระแสและตัวอักษรตัว “D” หลอดแอลอีดีแสดงสีแดง และออดไฟฟ้าจะดัง

3.2 การออกแบบโครงสร้างของแบบจำลอง

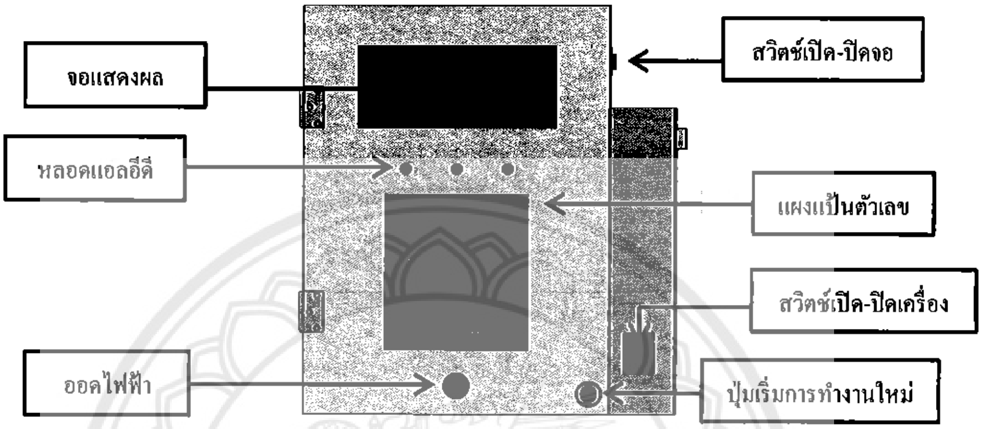
การออกแบบและสร้างแบบจำลองเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยให้สามารถจำลองระบบการทำงานของอุปกรณ์ในแต่ละส่วนและจำลองการทำงานเสมือนจริงได้โดยง่าย ส่วนประกอบของเครื่องจะมีทั้งส่วนประกอบภายนอกตัวเครื่องและส่วนประกอบภายในตัวเครื่อง โดยตัวเครื่องจะมีลักษณะเป็นกล่องสี่เหลี่ยมขนาด 18×23×8 ลูกบาศก์เซนติเมตร และมีกล่องสี่เหลี่ยมที่อยู่ติดกับตัวเครื่องขนาด 4×17×8 ลูกบาศก์เซนติเมตร สำหรับใส่แบตเตอรี่ มีบานพับเปิดปิดสามารถมองเห็นอุปกรณ์ภายในได้ ตัวเครื่องทำจากวัสดุที่แข็งแรง ติดตั้งและใช้งานได้สะดวก ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 โครงสร้างของแบบจำลอง

3.2.1 ส่วนประกอบภายนอก

ส่วนประกอบภายนอกตัวเครื่อง เป็นส่วนที่มีไว้สำหรับตั้งค่าพิกัดกระแสที่ต้องการ สำหรับตรวจดูสถานะและการแจ้งเตือนค่าปริมาณกระแสในระดับต่าง ๆ โดยตัวเครื่องจะประกอบไปด้วย จอแสดงผล สวิตช์เปิด-ปิดหน้าจอ สวิตช์เปิด-ปิดเครื่อง หลอดแอลอีดีสามหลอด แผงแป้นตัวเลข ออดไฟฟ้า ปุ่มเริ่มการทำงานใหม่ ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แบบจำลองแสดงส่วนประกอบภายนอกตัวเครื่อง

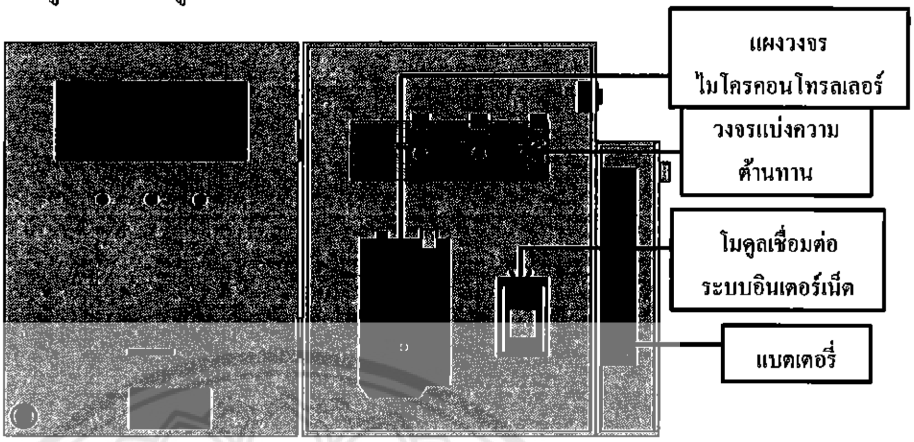
จากการออกแบบสามารถอธิบายส่วนประกอบจากรูปที่ 3.3 ได้ตามตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 อธิบายส่วนประกอบภายนอกของแบบจำลอง

อุปกรณ์	หน้าที่
จอแสดงผล	แสดงผลค่ากระแสที่วัดได้และแสดงสถานะของปริมาณกระแส
หลอดแอลอีดี	แสดงผลออกมาเป็นแสงสว่าง
แผงแป้นตัวเลข	ใช้เลือกโหมดการทำงานและป้อนค่าพิกัดกระแส
ออดไฟฟ้า	ส่งเสียงเตือนเมื่อค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้มีค่ามากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ของพิกัดกระแสที่ตั้ง
ตัวรับรู้กระแส	สำหรับวัดค่ากระแสไฟฟ้าจากสายเฟส
สวิตช์เปิด-ปิดจอ	สำหรับเปิดจอเมื่อต้องการใช้งานและปิดเจอเมื่อไม่ต้องการใช้งาน
ปุ่มเริ่มการทำงานใหม่	สำหรับเริ่มการทำงานใหม่
สวิตช์เปิด-ปิดเครื่อง	สำหรับเปิดเครื่องเมื่อต้องการใช้งานและปิดเครื่องเมื่อไม่ต้องการใช้งาน

3.2.2 ส่วนประกอบภายใน

ส่วนประกอบภายในตัวเครื่องจะประกอบไปด้วยส่วนของระบบควบคุมและแหล่งจ่ายไฟ โดยจะมีอุปกรณ์ติดตั้งอยู่ภายใน ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แบบจำลองแสดงส่วนประกอบภายในตัวเครื่อง

จากการออกแบบสามารถอธิบายส่วนประกอบจากรูปที่ 3.4 ได้ตามตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 อธิบายส่วนประกอบภายในของแบบจำลอง

อุปกรณ์	หน้าที่
แผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์	ควบคุมการทำงานและประมวลผลคำสั่ง
วงจรแบ่งความต้านทาน	เปลี่ยนสัญญาณกระแสให้เป็นสัญญาณแรงดัน และยกระดับของสัญญาณแรงดันให้สามารถใช้งานร่วมกับแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ได้
โมดูลเชื่อมต่อระบบอินเตอร์เน็ต	ใช้สำหรับส่งค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้จากตัวรับรู้กระแสไปหน้าเว็บไซต์
แบตเตอรี่	เป็นแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง 5 โวลต์

3.3 วงจรควบคุมการทำงานสำหรับแบบจำลอง

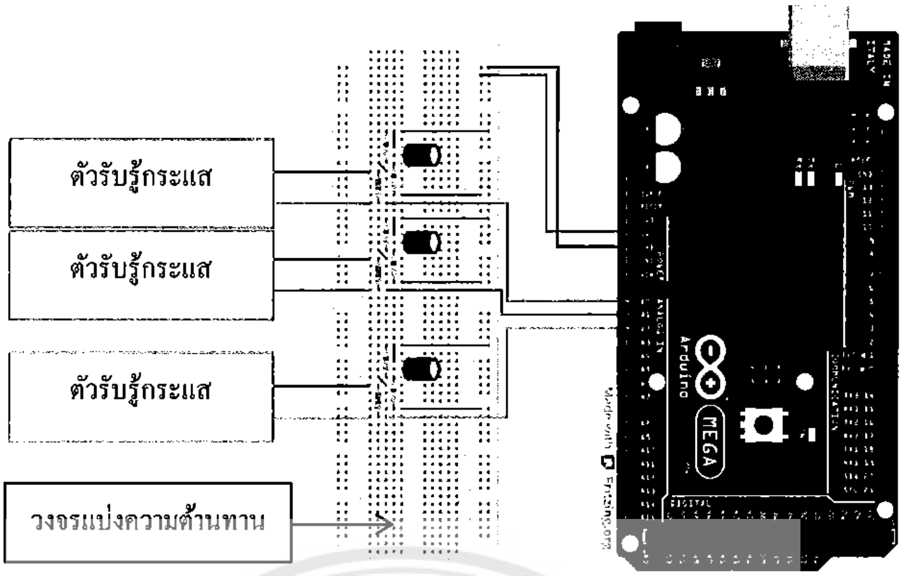
การทำงานของเครื่องตรวจวัดและบันทึกค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้งานพร้อมระบบการตรวจดูสถานะของกระแสไฟฟ้าและบันทึกผลปริมาณกระแสไฟฟ้าผ่านทางหน้าเว็บไซต์ เมื่อเริ่มการทำงานตัวรับรู้กระแสจะเป็นตัวรับค่ากระแส แล้วนำค่าไปประมวลผลที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ หลังจากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ จะส่งคำสั่งไปยังหน้าจอแสดงผล หลอดแอลอีดี และออดไฟฟ้า เพื่อแสดงการแจ้งเตือนในรูปแบบต่าง ๆ รวมทั้งแสดงผลปริมาณกระแสไฟฟ้าผ่านทางหน้าเว็บไซต์ โดยวงจรควบคุมการทำงานจะมีการเชื่อมต่อแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนี้

3.3.1 การเชื่อมต่อแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์กับตัวรับรู้กระแส

ตัวรับรู้กระแสที่ใช้สำหรับโครงงานนี้ เป็นตัวรับรู้กระแสแบบฮอลล์ รุ่น SCT-013 ใช้งานด้วยวิธีการคล้องกับสายเฟสที่ต้องการวัดกระแสไฟฟ้า ใช้สำหรับวัดไฟกระแสสลับ มีกระแสขาเข้าอยู่ที่ 0 ถึง 100 แอมแปร์ ดังรูปที่ 3.5

รูปที่ 3.5 ตัวรับรู้กระแสรุ่น SCT-013

ที่มา: www.arduithai.com

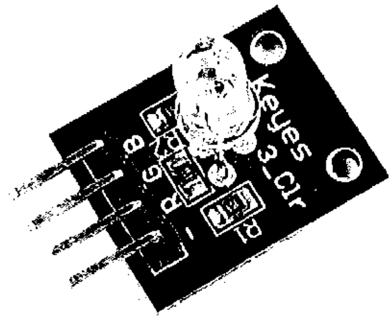


รูปที่ 3.6 การเชื่อมต่อระหว่างแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์กับตัวรับรู้กระแส

จากรูปที่ 3.6 เป็นการเชื่อมต่อระหว่างแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์กับตัวรับรู้กระแสจำนวนสามตัวกับขา A0 A1 A2 เพื่อรับค่ากระแสจากตัวรับรู้กระแสส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยตัวรับรู้กระแสทั้งสามตัวรับแรงดัน 5 โวลต์ และใช้กราวด์ร่วมกันที่ขา GND แต่เนื่องจากตัวรับรู้กระแสที่ใช้ให้สัญญาณออกมาในรูปของกระแส ทำให้ไม่สามารถนำไปเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้โดยตรง เพราะตามปกติไมโครคอนโทรลเลอร์จะไม่รับสัญญาณอื่นนอกจากสัญญาณแรงดัน จึงต้องแปลงสัญญาณกระแสให้เป็นสัญญาณแรงดันก่อน โดยต่อเบอร์เดน (Burden) เข้ากับตัวรับรู้กระแส แล้วให้ไมโครคอนโทรลเลอร์วัดแรงดันที่ตกคร่อมเบอร์เดน แต่สัญญาณหลังเบอร์เดนยังคงเป็นสัญญาณไฟกระแสสลับอยู่ จึงต้องยกระดับสัญญาณด้วยวงจรแบ่งความต้านทาน (R divider) เพื่อให้เป็นสัญญาณไฟกระแสตรง

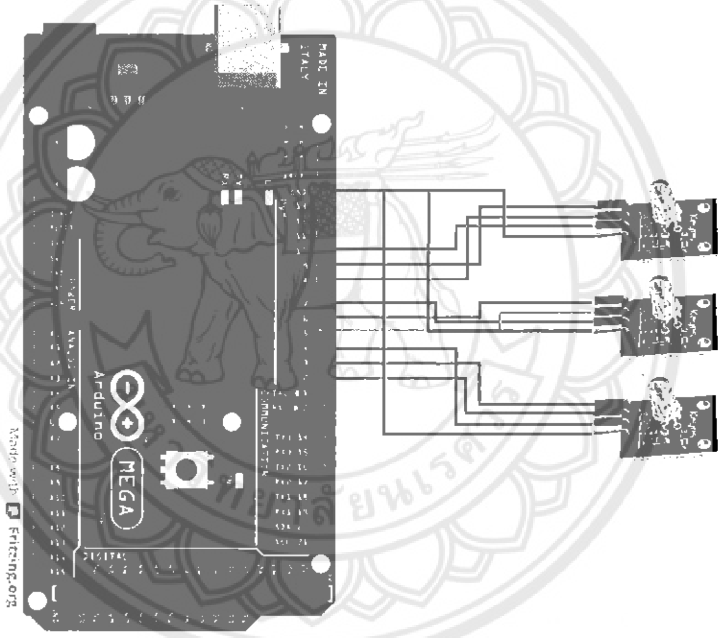
3.3.2 การเชื่อมต่อแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์กับหลอดแอลอีดี

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการเชื่อมต่อแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์กับหลอดแอลอีดี เพื่อเปล่งแสงแจ้งเตือนการใช้ปริมาณกระแสไฟฟ้าในสถานะต่าง ๆ ได้แก่ สถานะปกติ สถานะระวัง และสถานะอันตราย โดยหลอดแอลอีดีที่ใช้สำหรับโครงงานนี้จะใช้รุ่น KY-016 เป็นหลอดแอลอีดีแบบ RGB (Red Green Blue) ใช้ไฟ 5 โวลต์ สามารถแสดงได้ทั้งสีแดง สีเขียวและสีน้ำเงิน ซึ่งเป็นแม่สีแสง เมื่อผสมกันจะสามารถทำให้เกิดเป็นสีต่าง ๆ ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 หลอดแอลอีดีรุ่น KY-016

ที่มา: www.arduinoall.com



รูปที่ 3.8 การเชื่อมต่อระหว่างแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์กับหลอดแอลอีดี

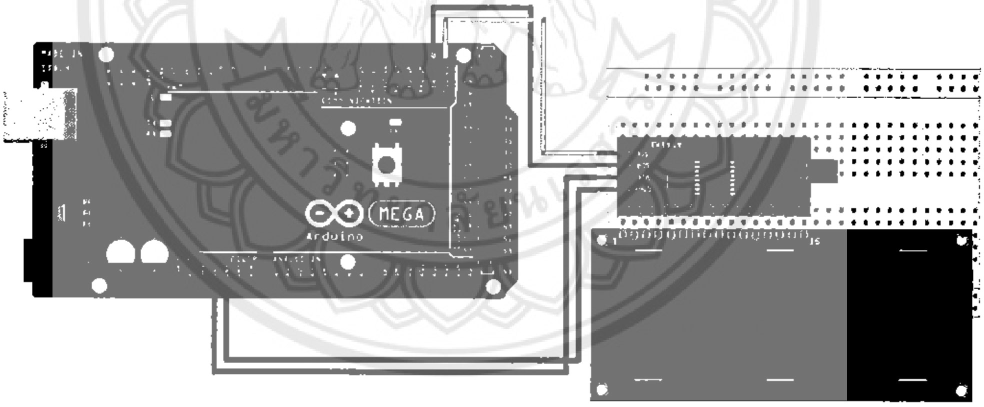
จากรูปที่ 3.8 เป็นการเชื่อมต่อแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์กับหลอดแอลอีดีจำนวนสามหลอด โดยแต่ละหลอดจะมีขาสี่ขาสำหรับเชื่อมต่อกับแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์คือ ขา R B G และขา GND โดยหลอดแอลอีดีหลอดแรกจะเชื่อมขา R กับขาหมายเลข 4 ขา B กับขาหมายเลข 3 ขา G กับขาหมายเลข 2 หลอดแอลอีดีหลอดที่สองจะเชื่อมขา R กับขาหมายเลข 7 ขา B กับขาหมายเลข 6 ขา G กับขาหมายเลข 5 ส่วนหลอดแอลอีดีหลอดที่สามจะเชื่อมขา R กับขาหมายเลข 10 ขา B กับขาหมายเลข 9 ขา G กับขาหมายเลข 8 และทั้งสามหลอดจะใช้ขา GND ร่วมกัน

3.3.3 การเชื่อมต่อแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์กับจอแสดงผล

ในขั้นตอนนี้จะแสดงการเชื่อมต่อระหว่างแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์กับจอแสดงผล เพื่อแสดงผลออกมาเป็นตัวเลขและตัวอักษร โดยจะใช้จอขนาด 20 ตัวอักษร 4 แถว มีพื้นหลังเป็นแบบแบล็คไลท์ สามารถนำมาเชื่อมต่อโดยใช้สายไฟเพียง 2 เส้น ช่วยให้ใช้งานได้ง่ายและสะดวก ดังรูปที่ 3.9

รูปที่ 3.9 จอแอลซีดีขนาด 20 ตัวอักษร 4 แถว

ที่มา: www.arduinoall.com



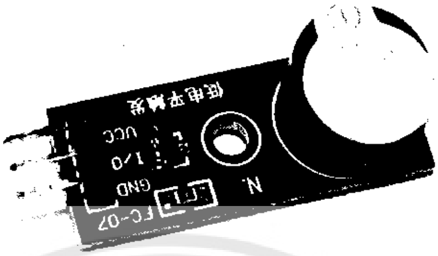
รูปที่ 3.10 การเชื่อมต่อระหว่างแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์กับจอแสดงผล

ที่มา: www.arduinoecia.com

จากรูปที่ 3.10 เป็นการเชื่อมต่อแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์กับจอแสดงผล โดยจอแสดงผลใช้สายสัญญาณ 2 เส้นคือ SDA และ SCL โดยจะเชื่อมกับขาหมายเลข 20 และ 21 ของแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ตามลำดับ และรับแรงดันขนาด 5 โวลต์ มาจากขา Vcc

3.3.4 การเชื่อมต่อแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์กับออดไฟฟ้า

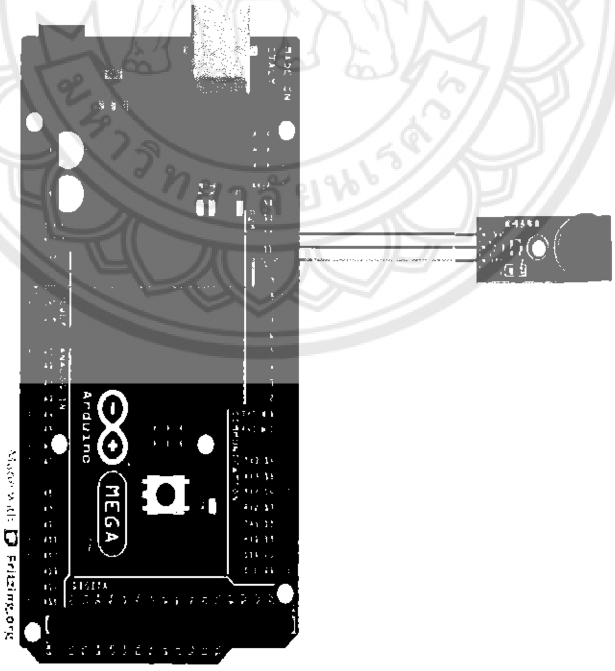
ออดไฟฟ้าที่เลือกใช้สำหรับโครงงานนี้เป็นแบบแอคทิฟ (Active) คือเมื่อจ่ายไฟเข้าที่ขาอินพุต/เอาท์พุต แล้วจะเกิดเสียง ใช้ไฟเลี้ยง 3.3-5 โวลต์ และมีทรานซิสเตอร์เบอร์ 9012 ช่วยขยายสัญญาณให้มีความดังเป็นพิเศษ ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 ออดไฟฟ้า

ที่มา: www.arduinoall.com

สำหรับโครงงานนี้เลือกใช้ออดไฟฟ้าเพื่อส่งเสียงแจ้งเตือน ในกรณีที่เครื่องตรวจวัดปริมาณกระแสไฟฟ้ามีการตรวจวัดค่ากระแสได้ในปริมาณที่มากเกิน 80 เปอร์เซ็นต์ของค่าพิกัดกระแสที่ตั้งไว้ ออดไฟฟ้าจะส่งเสียงเตือนเป็นจังหวะที่เท่ากัน



รูปที่ 3.12 การเชื่อมต่อระหว่างแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์กับออดไฟฟ้า

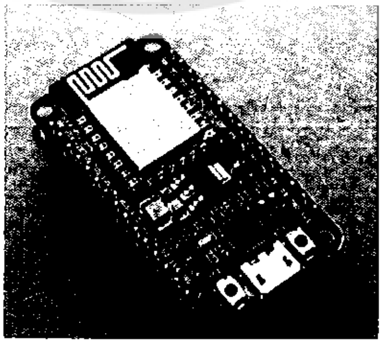
จากรูปที่ 3.12 เป็นการเชื่อมต่อแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์กับออดไฟฟ้าโดยจะต่อขาอินพุต/เอาท์พุต ของออดไฟฟ้าเข้ากับขา 11 ของแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ และออดไฟฟ้าจะรับไฟมาจากขา Vcc เพื่อทำให้เกิดเสียงเตือน

3.3.5 การเชื่อมต่อแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์กับโมดูลเชื่อมต่อระบบอินเตอร์เน็ต

การแสดงผลปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าผ่านทางหน้าเว็บไซต์เป็นอีกความสามารถหนึ่งสำหรับเครื่องตรวจวัดและบันทึกค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้งาน เพื่อความสะดวกแก่ผู้ใช้ด้วยการตรวจดูผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์หรือเครื่องมือสื่อสารแบบพกพา โดยไม่ต้องมาดูที่หน้าจอแสดงผลของแบบจำลอง

โมดูลเชื่อมต่อระบบอินเตอร์เน็ตที่ใช้สำหรับโครงงานนี้คือ NodeMCU Development Kit V2 โมดูลนี้ปรับปรุงจาก NodeMCU แบบเดิม โดยมีข้อมูลทางเทคนิคดังนี้

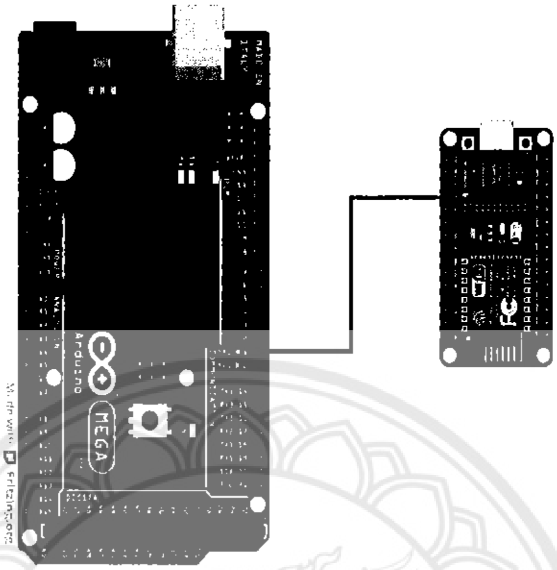
1) ใช้โมดูล ESP8266-12E ที่ภายในมีไมโครคอนโทรลเลอร์ 32 บิต หน่วยความจำแบบแฟลช ความจุ 4 เมกะไบต์และโมดูล WiFi ในตัว
2) มีชิพ CP2102 สำหรับแปลงสัญญาณพอร์ต USB (Universal Serial Bus) เป็น UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) เพื่อเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์สำหรับโปรแกรมเฟิร์มแวร์ (Firmware)
3) ใช้ไฟเลี้ยงภายนอก 5 โวลต์ มีวงจรควบคุมแรงดันไฟเลี้ยงสำหรับอุปกรณ์ 3.3 โวลต์ ใช้กระแสไฟฟ้าสูงสุด 800 มิลลิแอมแปร์
4) มีขาพอร์ต SPI สำหรับติดต่อกับ SD การ์ด
5) มีอินพุต/เอาต์พุตดิจิตอล รวม 16 ขา
6) มีอินพุตอนาล็อก 1 ช่อง รับแรงดันไฟกระแสตรง 0 โวลต์ถึง 1 โวลต์ เข้าสู่วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล ความละเอียด 10 บิต



รูปที่ 3.13 โมดูลเชื่อมต่อระบบอินเตอร์เน็ต

ที่มา: www.satorshop.com

สำหรับการเชื่อมต่อแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์กับโมดูลเชื่อมต่อระบบอินเตอร์เน็ต นั้น ใช้ขา Rx ที่เป็นขารับสัญญาณของ NodeMCU กับขา Tx0 ที่เป็นขาส่งสัญญาณของแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 การเชื่อมต่อระหว่างแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์กับโมดูลเชื่อมต่อระบบอินเตอร์เน็ต

3.4 การตั้งค่าพิกัดกระแส

จากความสามารถของเครื่องตรวจวัดและบันทึกค่าปริมาณกระแสไฟฟ้า นอกจากจะสามารถตรวจสอบสถานะของกระแสได้แล้วนั้น ยังสามารถทำการตั้งค่าพิกัดกระแสให้กับตัวรับรู้กระแสแต่ละตัวได้ เพื่อเพิ่มความหลากหลายในการใช้งานและเพื่อจำกัดปริมาณกระแสที่ไหลในแต่ละสายให้เป็นไปตามที่ผู้ใช้ต้องการ โดยผู้ใช้สามารถตั้งค่าพิกัดกระแสได้ตั้งแต่ 0 ถึง 50 แอมแปร์ และเครื่องจะทำการบันทึกค่าที่ตั้งไว้เพื่อนำไปประมวลผลในส่วนอื่น ๆ ต่อไป

วิธีการตั้งค่าพิกัดกระแสสามารถทำได้ดังนี้

1) เมื่อกดสวิตช์เปิด-ปิดเครื่อง หน้าจอแสดงผลจะปรากฏดังรูปที่ 3.15

รูปที่ 3.15 หน้าเริ่มต้นของจอแสดงผล

จากรูปที่ 3.15 สามารถอธิบายได้ดังนี้

บรรทัดที่ 1 หน้าจอแสดงผลปรากฏ “[1] DISPLAY” ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้แสดงผลสถานะของปริมาณกระแสไฟฟ้าที่วัดได้ในขณะนั้น

บรรทัดที่ 2 หน้าจอแสดงผลปรากฏคำว่า “[2] SET UP” ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้สำหรับตั้งค่าพิกัดกระแสที่ต้องการ

2) กดหมายเลข 2 ในแผงแป้นตัวเลขเพื่อเลือกการตั้งค่าพิกัดกระแส หน้าจอแสดงผลจะแสดงดังรูปที่ 3.16

รูปที่ 3.16 หน้าจอแสดงการเลือกตั้งค่าพิกัดกระแส

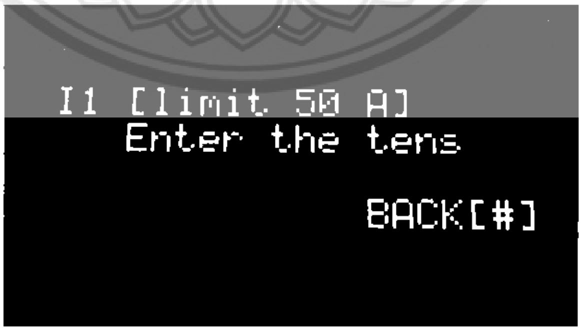
จากรูปที่ 3.16 สามารถอธิบายได้ดังนี้

บรรทัดที่ 1 สำหรับเลือกตั้งค่าพิกัดกระแสให้ตัวรับรู้กระแสตัวที่ 1 (I1)

บรรทัดที่ 2 สำหรับเลือกตั้งค่าพิกัดกระแสให้ตัวรับรู้กระแสตัวที่ 2 (I2)

บรรทัดที่ 3 สำหรับเลือกตั้งค่าพิกัดกระแสให้ตัวรับรู้กระแสตัวที่ 3 (I3)

3) กดหมายเลข 1 ในแผงแป้นตัวเลขสำหรับทำการตั้งค่าพิกัดกระแสให้กับตัวรับรู้กระแสตัวที่ 1 เมื่อกดแล้วจอแสดงผลจะปรากฏดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 หน้าจอสำหรับป้อนตัวเลขหลักสิบ

จากรูปที่ 3.17 สามารถอธิบายได้ดังนี้

บรรทัดที่ 1 I1 [limit 50 A] หมายถึง ผู้ใช้สามารถตั้งค่าพิกัดกระแสให้ตัวรับรู้กระแสตัวที่ตั้งแต่ 0 ถึง 50 แอมแปร์

บรรทัดที่ 2 Enter the tens หมายถึง ให้ผู้ใช้ป้อนตัวเลขหลักสิบ

บรรทัดที่ 3 BACK[#] หมายถึง การกลับไปยังหน้าต่างก่อนหน้าด้วยการกด #

เมื่อทำการป้อนตัวเลขหลักสิบแล้วหน้าจอแสดงผลจะปรากฏดังรูปที่ 3.18 เพื่อให้ป้อนตัวเลขหลักหน่วย

รูปที่ 3.18 หน้าจอสำหรับป้อนตัวเลขหลักหน่วย

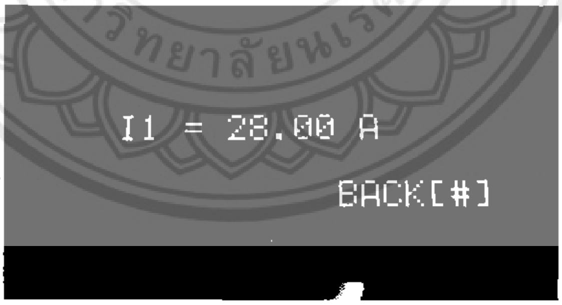
จากรูปที่ 3.18 สามารถอธิบายได้ดังนี้

บรรทัดที่ 1 I1 [limit 50 A] หมายถึง ผู้ใช้สามารถตั้งค่าพิกัดกระแสให้ตัวรับรู้กระแสตัวที่ 1 ตั้งแต่ 0 ถึง 50 แอมแปร์

บรรทัดที่ 2 Enter digit หมายถึง ให้ผู้ใช้ป้อนตัวเลขหลักหน่วย

บรรทัดที่ 3 BACK[#] หมายถึง การกลับไปยังหน้าต่างก่อนหน้าด้วยการกด #

เมื่อผู้ใช้ป้อนตัวเลขครบทั้งหลักสิบและหลักหน่วยแล้ว หน้าจอแสดงผลจะปรากฏดังรูปที่ 3.19 เพื่อแสดงให้ผู้ใช้เห็นค่าพิกัดกระแสที่ป้อนให้กับตัวรับรู้กระแสตัวที่ 1



รูปที่ 3.19 หน้าจอแสดงพิกัดกระแสที่ป้อนให้ตัวรับรู้กระแสตัวที่ 1

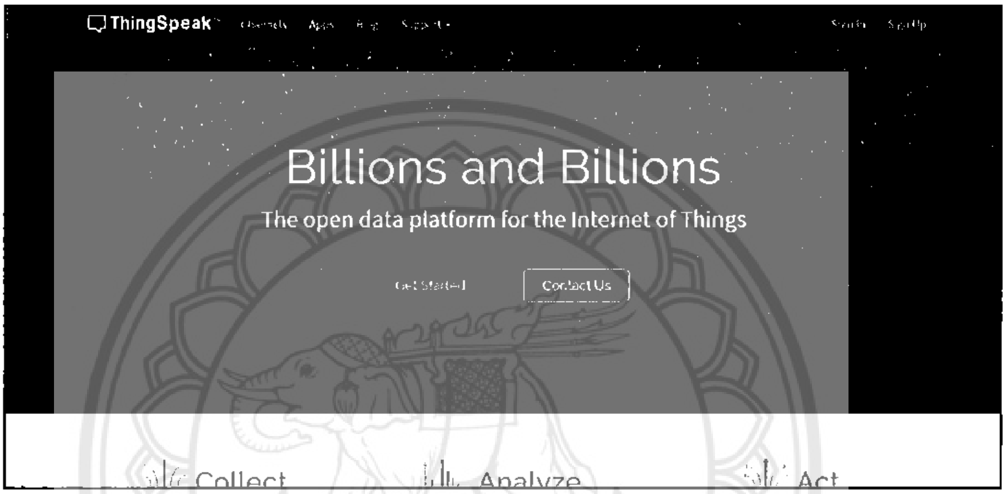
เมื่อทำการตั้งค่าพิกัดกระแสให้ตัวรับรู้กระแสตัวที่ 1 เสร็จแล้วให้ผู้ใช้กด # เพื่อกลับไปยังหน้าจอแสดงผลดังรูปที่ 3.16 ก่อนที่จะทำการตั้งค่าพิกัดกระแสให้ตัวรับรู้กระแสตัวที่ 2 และตัวที่ 3 ต่อไป ซึ่งการตั้งค่าพิกัดกระแสให้กับตัวรับรู้กระแสวัดตัวที่ 2 และตัวที่ 3 จะทำเหมือนกับการตั้งค่าพิกัดกระแสให้ตัวรับรู้กระแสตัวที่ 1

10 ต.ค. 2560 สำนักหอ...

3.5 การแสดงผลปริมาณกระแสไฟฟ้าผ่านหน้าเว็บไซต์

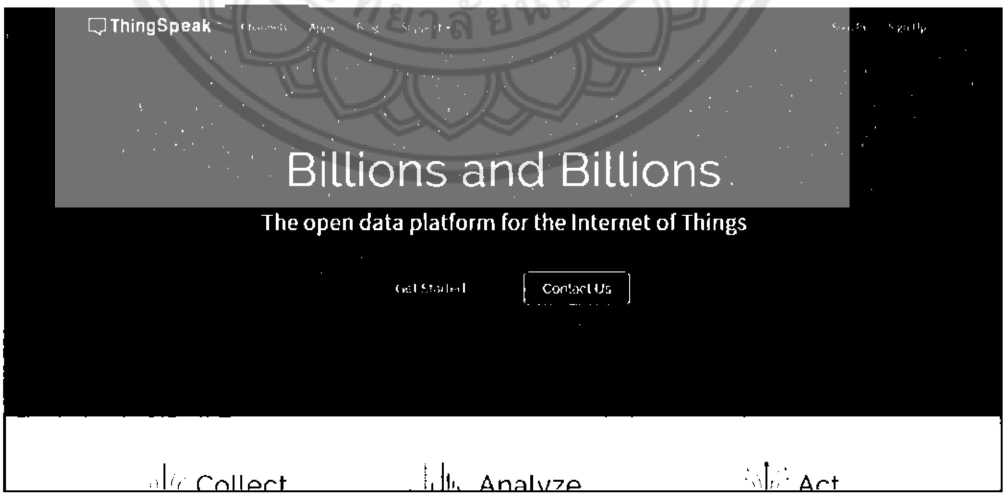
การตรวจดูปริมาณกระแสไฟฟ้าผ่านหน้าเว็บไซต์เป็นอีกความสามารถหนึ่งของเครื่องตรวจวัดและบันทึกค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้งาน เพื่อความสะดวกสำหรับผู้ใช้ที่ต้องการทราบปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลาโดยไม่จำเป็นต้องมาดูที่หน้าจอแสดงผลของเครื่องแต่เปลี่ยนเป็นดูผ่านหน้าเว็บไซต์แทน และนอกจากนี้หากต้องการบันทึกค่ากระแสในแต่ละช่วงเวลาก็สามารถทำได้เช่นเดียวกัน ดังขั้นตอนที่จะแสดงต่อไปนี้

1) เข้าไปยัง www.thingspeak.com จะปรากฏดังรูปที่ 3.20



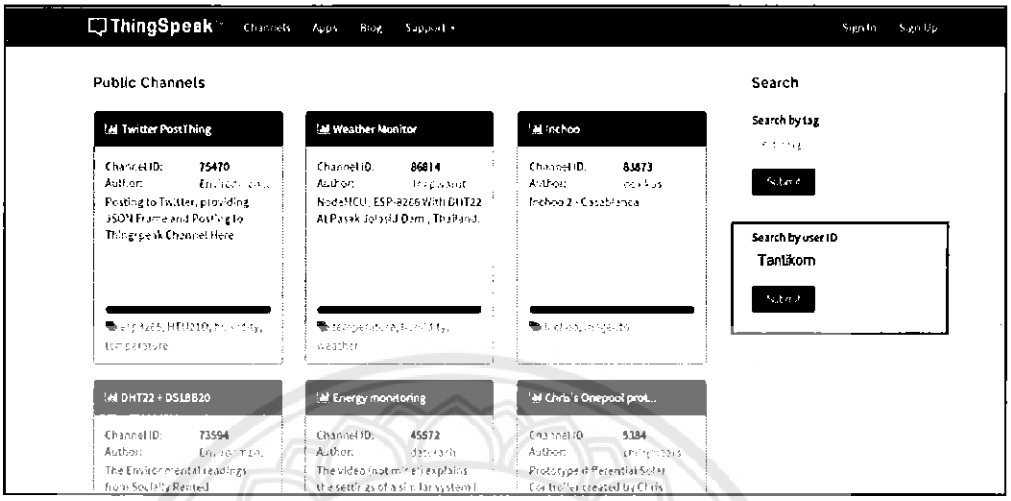
รูปที่ 3.20 หน้าเริ่มต้นเว็บไซต์

2) ให้ผู้ใช้คลิกคำว่า “Channels” ดังรูปที่ 3.21 เพื่อเข้าสู่การแสดงผลปริมาณกระแสไฟฟ้า



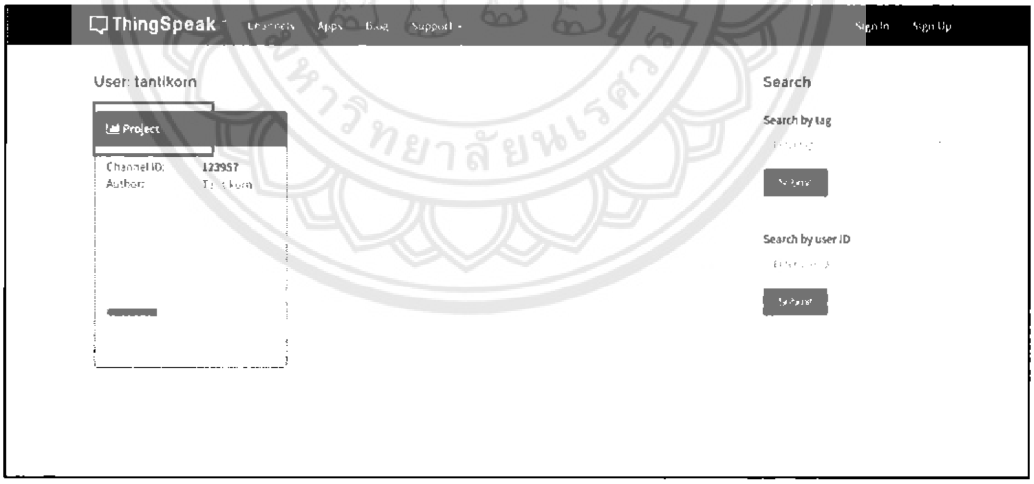
รูปที่ 3.21 การเข้าสู่ระบบ

3) หน้าต่างการลงชื่อเข้าใช้ระบบจะปรากฏขึ้น เพื่อให้ผู้ใช้ทำการลงชื่อเข้าใช้ก่อนใช้งาน ให้พิมพ์คำว่า Tantikorn ลงในช่อง Search by user ID แล้วกด Submit ดังแสดงในรูปที่ 3.22

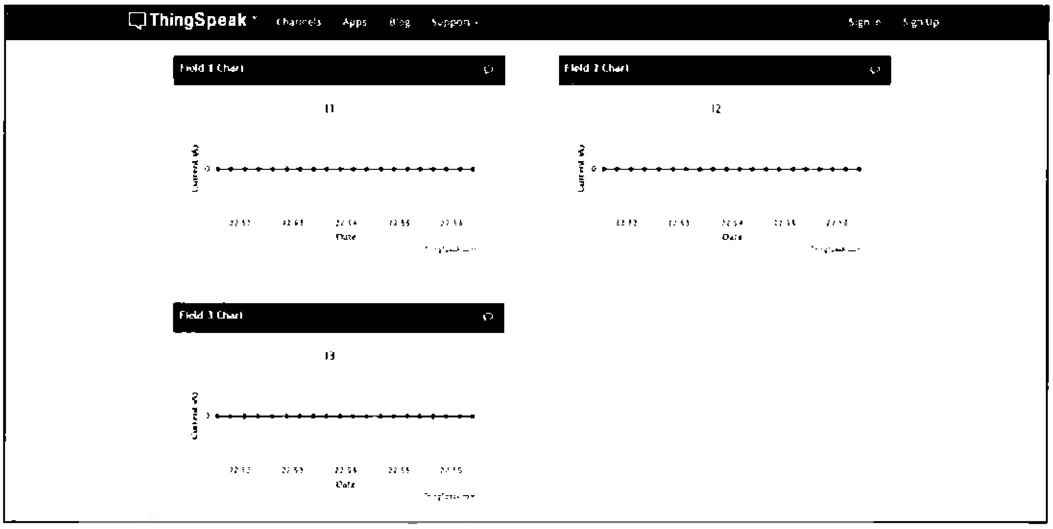


รูปที่ 3.22 การลงชื่อเข้าใช้

4) ให้ผู้ใช้คลิกเลือก "Project" เพื่อเข้าสู่หน้าเว็บไซต์ที่ใช้แสดงค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าที่วัดได้จากตัวรับรู้กระแส แสดงดังรูปที่ 3.23 หลังจากนั้นจะปรากฏหน้าต่างที่แสดงค่าปริมาณการกระแสไฟฟ้าในรูปแบบกราฟ ดังรูปที่ 3.24



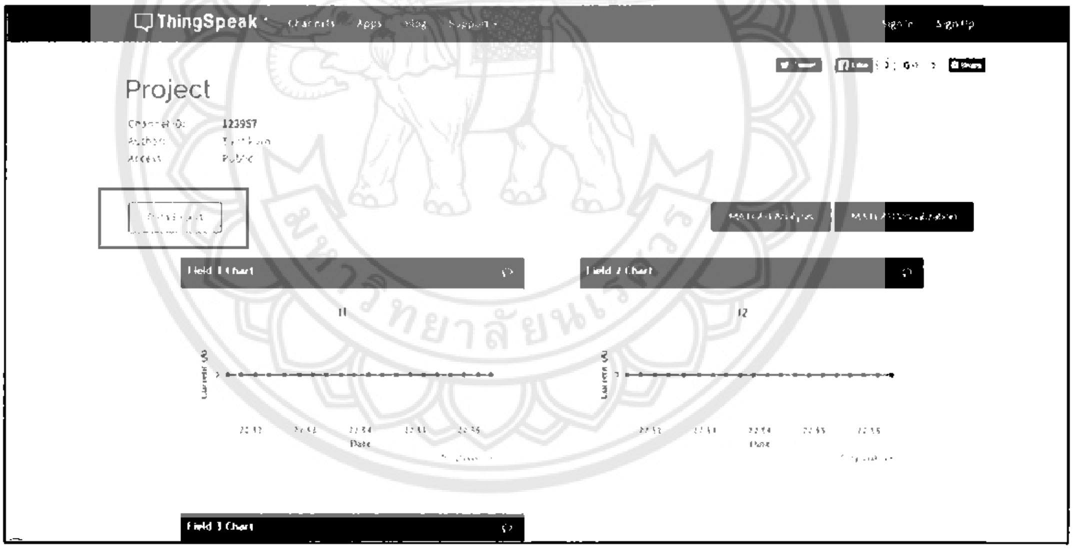
รูปที่ 3.23 การเลือกช่องที่สร้าง



รูปที่ 3.24 การแสดงปริมาณกระแสไฟฟ้าในรูปแบบกราฟ

นอกจากการแสดงค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าออกมาในรูปแบบกราฟแล้ว ผู้ใช้ยังสามารถเก็บบันทึกค่ากระแสไฟฟ้าได้อีกด้วย ดังขั้นตอนต่อไปนี้

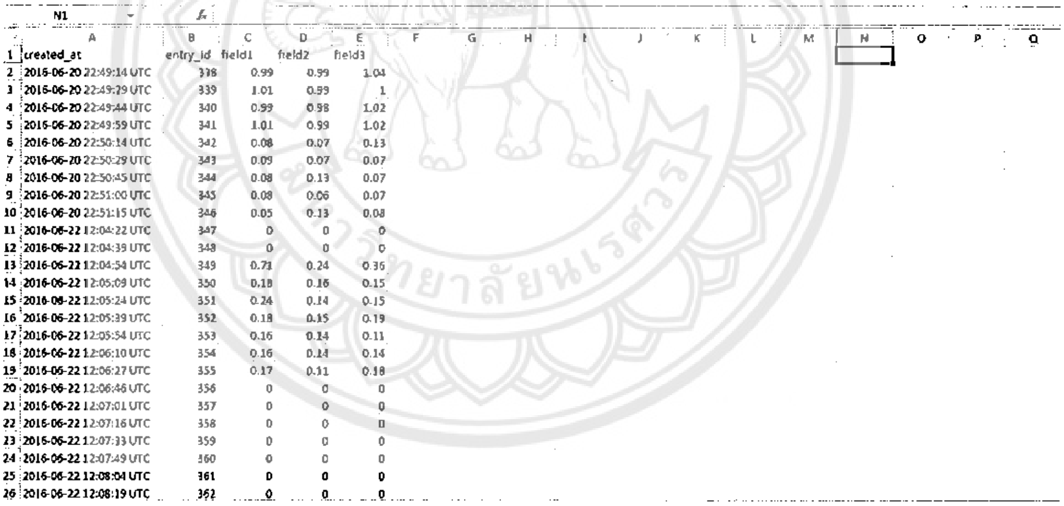
1) คลิกปุ่ม Data export ดังรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.25 การเลือกคำสั่งส่งออกข้อมูล

2) เมื่อคลิกแล้วจะปรากฏดังรูปที่ 3.26 โดยสามารถเลือกไฟล์และประเภทของไฟล์ที่จะเก็บบันทึกได้ ในที่นี้จะเลือกเป็นไฟล์ CSV เมื่อกดเลือกแล้วคอมพิวเตอร์จะทำการดาวน์โหลดไฟล์เก็บบันทึกไว้ในตัวเครื่อง ตัวอย่างดังรูปที่ 3.27

รูปที่ 3.26 การเลือกไฟล์ที่จะบันทึก

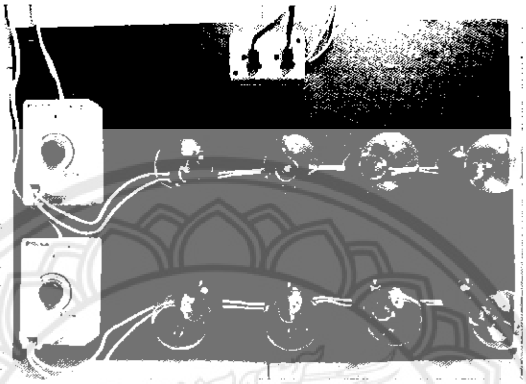


	A	B	C	D	E
1	created_at	entry_id	field1	field2	field3
2	2016-06-20 22:49:14 UTC	338	0.99	0.99	1.04
3	2016-06-20 22:49:29 UTC	339	1.01	0.99	1
4	2016-06-20 22:49:44 UTC	340	0.99	0.98	1.02
5	2016-06-20 22:49:59 UTC	341	1.01	0.99	1.02
6	2016-06-20 22:50:14 UTC	342	0.08	0.07	0.13
7	2016-06-20 22:50:29 UTC	343	0.09	0.07	0.07
8	2016-06-20 22:50:45 UTC	344	0.08	0.13	0.07
9	2016-06-20 22:51:00 UTC	345	0.08	0.06	0.07
10	2016-06-20 22:51:15 UTC	346	0.05	0.13	0.08
11	2016-08-22 12:04:22 UTC	347	0	0	0
12	2016-06-22 12:04:39 UTC	348	0	0	0
13	2016-06-22 12:04:54 UTC	349	0.71	0.24	0.36
14	2016-06-22 12:05:09 UTC	350	0.18	0.16	0.15
15	2016-08-22 12:05:24 UTC	351	0.24	0.14	0.15
16	2016-06-22 12:05:39 UTC	352	0.18	0.15	0.19
17	2016-06-22 12:05:54 UTC	353	0.16	0.14	0.11
18	2016-06-22 12:06:10 UTC	354	0.16	0.14	0.14
19	2016-06-22 12:06:27 UTC	355	0.17	0.11	0.18
20	2016-06-22 12:06:46 UTC	356	0	0	0
21	2016-06-22 12:07:01 UTC	357	0	0	0
22	2016-06-22 12:07:16 UTC	358	0	0	0
23	2016-06-22 12:07:33 UTC	359	0	0	0
24	2016-06-22 12:07:49 UTC	360	0	0	0
25	2016-06-22 12:08:04 UTC	361	0	0	0
26	2016-06-22 12:08:19 UTC	362	0	0	0

รูปที่ 3.27 ตัวอย่างไฟล์ที่บันทึก

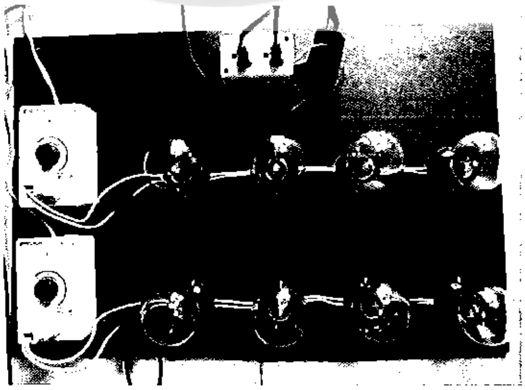
3.6 การออกแบบแผงวงจรจำลองการใช้ไฟฟ้า

โครงงานนี้จะทำการทดสอบกับแผงวงจรจำลองการใช้ไฟฟ้า ที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อจำลองเหตุการณ์ให้เห็นภาพ เพื่อความสะดวกในการทดสอบและเพื่อความปลอดภัยในการทดสอบ โดยแผงวงจรจำลองการใช้ไฟฟ้านั้นทำมาจากแผ่นไม้อัดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ติดตั้งหลอดไฟประเภทหลอดไส้ สำหรับใช้เป็นโหลดของวงจร หลอดละ 100 วัตต์ จำนวน 8 หลอด สวิตช์สำหรับหรี่ไฟ 2 ตัว และเต้าเสียบ แสดงดังรูปที่ 3.28



รูปที่ 3.28 แผงวงจรจำลองการใช้ไฟฟ้า

จากรูปที่ 3.28 จะเห็นว่าได้แบ่งวงจรออกเป็นสองกลุ่ม แต่ละกลุ่มจะมีหลอดไฟ 4 หลอด และสวิตช์สำหรับหรี่ไฟ 1 ตัว ใช้ตัวรับรู้กระแสคล้องสายไฟกลุ่มละ 1 ตัว และตัวรับรู้กระแสอีกหนึ่งตัวที่เหลือจะใช้สำหรับคล้องสายไฟก่อนเข้าเต้าเสียบ โดยแผงวงจรจำลองการใช้ไฟฟ้าจะให้ค่าปริมาณกระแสรวมสูงสุด 3.54 แอมแปร์ โดยในแต่ละกลุ่มจะให้ค่าปริมาณกระแสไม่เกิน 1.80 แอมแปร์ สามารถปรับความสว่างของหลอดไฟให้สว่างขึ้นหรือมืดลงได้ด้วยการหมุนสวิตช์หรี่ไฟ เมื่อหมุนให้หลอดไฟสว่างขึ้นปริมาณกระแสจะเพิ่มขึ้นและเมื่อหมุนให้หลอดไฟมืดลงปริมาณกระแสก็จะลดลงเช่นเดียวกัน ดังรูปที่ 3.29



รูปที่ 3.29 การคล้องตัวรับรู้กระแสกับแผงวงจรจำลองการใช้ไฟฟ้า

บทที่ 4
ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผล

ในบทนี้จะเป็นเนื้อหาในการทดสอบอุปกรณ์และวิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดสอบ เพื่อหาค่าเฉลี่ยและเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของการทดสอบกับอุปกรณ์แต่ละส่วน สำหรับการทดสอบนี้จะใช้ร่วมกับแผงวงจรจำลองการใช้ไฟฟ้าที่ได้กล่าวไปในหัวข้อที่ 3.6 โดยจะทำการทดสอบดังหัวข้อต่อไปนี้

4.1 การทดสอบวัดค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวรับรู้กระแสเทียบกับแอมมิเตอร์
4.2 การทดสอบการแสดงผลผ่านหน้าเว็บไซต์
4.3 การทดสอบการแสดงผลของจอแสดงผลและหลอดแอลอีดี
4.4 การทดสอบการแสดงผลของออดไฟฟ้า
4.5 การทดสอบกับระบบไฟฟ้าจริง

โครงงานนี้ได้แบ่งปริมาณกระแสไฟฟ้าที่วัดไว้สามระดับ โดยการกำหนดระดับแต่ละระดับนั้นจะทำการวัดเทียบเปอร์เซ็นต์กับค่าพิกัดกระแสที่ตั้ง ซึ่งแต่ละระดับจะวัดในปริมาณที่ต่างกันออกไป สามารถแบ่งได้ดังต่อไปนี้

ระดับที่ 1 คือ เมื่อปริมาณกระแสไฟฟ้าที่วัดได้มีค่าน้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของพิกัดกระแสที่ตั้ง จอแสดงผลจะปรากฏตัวอักษร N ย่อมาจากคำว่า Normal และหลอดแอลอีดีจะเปล่งแสงสีเขียว บ่งบอกถึงสถานะปกติ

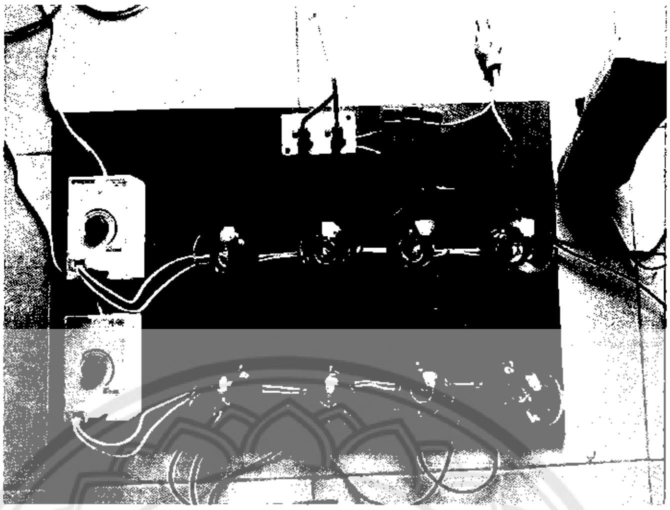
ระดับที่ 2 คือ เมื่อปริมาณกระแสไฟฟ้าที่วัดได้มีค่าอยู่ระหว่าง 50 ถึง 80 เปอร์เซ็นต์ของพิกัดกระแสที่ตั้ง จอแสดงผลจะปรากฏตัวอักษร W ย่อมาจากคำว่า Warning และหลอดแอลอีดีจะเปล่งแสงสีน้ำเงิน บ่งบอกถึงสถานะระวัง

ระดับที่ 3 คือ เมื่อปริมาณกระแสไฟฟ้าที่วัดได้มีค่ามากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ของพิกัดกระแสที่ตั้ง จอแสดงผลจะปรากฏตัวอักษร D ย่อมาจากคำว่า Dangerous หลอดแอลอีดีจะเปล่งแสงสีแดง และออดไฟฟ้าจะส่งเสียงเตือนเป็นจังหวะ บ่งบอกถึงสถานะอันตราย

4.1 การทดสอบวัดค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวรับรู้กระแสเทียบกับแอมมิเตอร์

การทดสอบนี้มีจุดประสงค์เพื่อวัดค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวรับรู้กระแสทั้งสามตัวเปรียบเทียบกับค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้จากแอมมิเตอร์ (Ammeter) รุ่น U1232A เพื่อทดสอบว่าตัวรับรู้กระแสสามารถทำงานได้จริงหรือไม่และเพื่อหาค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของตัวรับรู้กระแสเทียบกับแอมมิเตอร์โดยการทดสอบจะยังไม่ผ่านการตั้งค่าพิกัดกระแสและจะทำการทดสอบกับระดับกระแส 2 ระดับ คือ ที่ระดับ 0.5 และ 3.5 แอมแปร์ โดยจะทำการทดสอบจำนวน

10 ครั้ง ให้ตัวรับรู้กระแสทั้ง 3 ตัว วัดกระแสไฟฟ้าก่อนเข้าเต้าเสียบ ขณะเดียวกันก็จะใช้แอมมิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้าควบคู่ไปกับตัวรับรู้กระแสด้วย ดังรูปที่ 4.1 เมื่อทำการทดสอบจะได้ผลดังตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การคล้องตัวรับรู้กระแสสำหรับทดสอบหัวข้อ 4.1

ตารางที่ 4.1 การทดสอบความถูกต้องของตัวรับรู้กระแสที่ระดับกระแส 0.5 แอมแปร์

ครั้งที่	ปริมาณกระแสที่วัด (A)			
	แอมมิเตอร์	ตัวรับรู้กระแสตัวที่ 1	ตัวรับรู้กระแสตัวที่ 2	ตัวรับรู้กระแสตัวที่ 3
1	0.504	0.493	0.519	0.497
2	0.503	0.499	0.517	0.496
3	0.506	0.491	0.515	0.491
4	0.507	0.494	0.510	0.490
5	0.499	0.499	0.513	0.490
6	0.502	0.487	0.518	0.498
7	0.503	0.497	0.515	0.491
8	0.501	0.492	0.520	0.496
9	0.500	0.490	0.514	0.495
10	0.501	0.487	0.511	0.493
เฉลี่ย	0.502	0.492	0.515	0.493
เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (%)		1.99	2.58	1.79

ตารางที่ 4.2 การทดสอบความถูกต้องของตัวรับรู้กระแสที่ระดับกระแส 3.5 แอมแปร์

ครั้งที่	ปริมาณกระแสที่วัด (A)			
	แอมมิเตอร์	ตัวรับรู้กระแสตัวที่ 1	ตัวรับรู้กระแสตัวที่ 2	ตัวรับรู้กระแสตัวที่ 3
1	3.500	3.497	3.532	3.496
2	3.499	3.494	3.511	3.494
3	3.500	3.493	3.527	3.494
4	3.500	3.489	3.511	3.486
5	3.500	3.491	3.516	3.482
6	3.500	3.490	3.522	3.480
7	3.500	3.483	3.524	3.497
8	3.501	3.493	3.529	3.491
9	3.500	3.478	3.523	3.487
10	3.501	3.474	3.513	3.494
เฉลี่ย	3.500	3.488	3.520	3.490
เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (%)		0.34	0.56	0.28

จากตารางที่ 4.1 และ 4.2 นำค่ากระแสที่วัดได้จากตัวรับรู้กระแสมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเทียบกับแอมมิเตอร์ จากสูตรการหาค่าความคลาดเคลื่อน

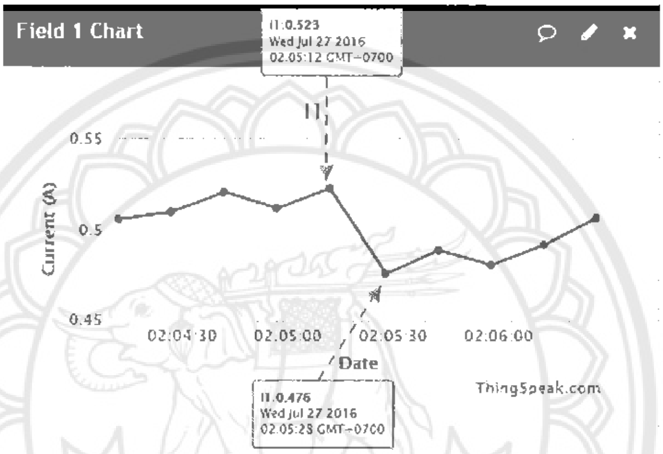
$$\text{ค่าความคลาดเคลื่อน} = \frac{\left|\text{ค่าที่ได้จากแอมมิเตอร์} - \text{ค่าที่ได้จากตัวรับรู้กระแส}\right|}{\text{ค่าที่ได้จากแอมมิเตอร์}} \times 100$$

จากทั้งสองตาราง เมื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของตัวรับรู้กระแสเทียบกับแอมมิเตอร์แล้วพบว่า ตัวรับรู้กระแสตัวที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนมากกว่าตัวที่ 1 และตัวที่ 3 ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าตัวรู้กระแสตัวที่ 2 มีประสิทธิภาพการทำงานต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับตัวที่ 1 และตัวที่ 3 ส่วนตัวรับรู้กระแสตัวที่ 3 นั้นมีประสิทธิภาพการทำงานดีที่สุดเมื่อเทียบกับตัวที่ 1 และตัวที่ 2

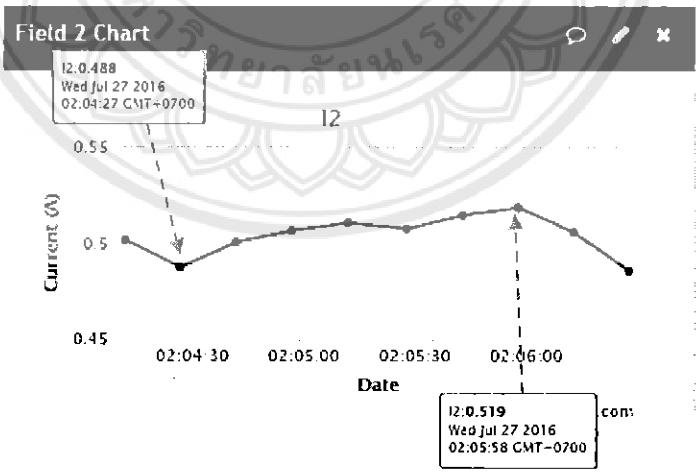
4.2 การทดสอบการแสดงผลผ่านหน้าเว็บไซต์

จากตารางที่ 4.1 และ 4.2 เมื่อทำการเปรียบเทียบค่ากระแสจากตัวรับรู้กระแสทั้งสามตัวกับแอมมิเตอร์แล้ว โมดูลเชื่อมต่อระบบอินเตอร์เน็ตจะทำการดึงค่าที่วัดได้จากตัวรับรู้กระแสไปแสดงผลผ่านทางหน้าเว็บไซต์ www.thingspeak.com เพื่อให้ผู้ใช้สามารถตรวจดูการใช้ปริมาณกระแสไฟฟ้าได้ทุกเวลาที่ต้องการ และในส่วนของการแสดงผลนั้นจะแสดงออกมาในรูปแบบของกราฟ

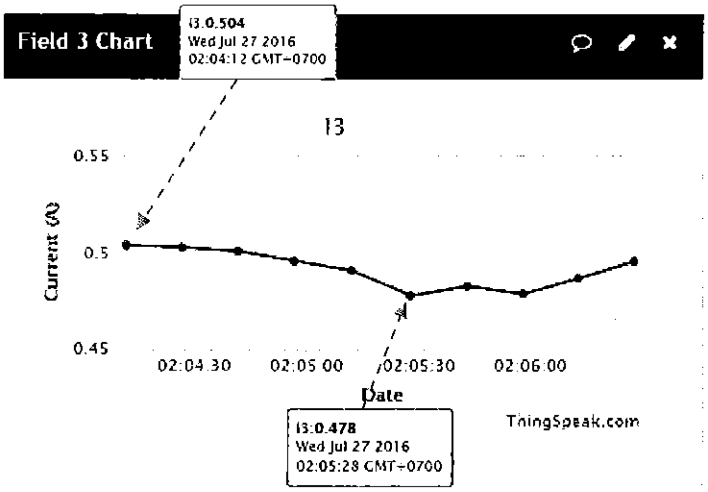
สำหรับการทดสอบนั้นได้ทำการวัดที่ระดับกระแส 0.5 แอมแปร์ ได้ผลดังรูปที่ 4.2, 4.3, 4.4 และที่ระดับกระแส 3.5 แอมแปร์ ได้ผลดังรูปที่ 4.5, 4.6, 4.7



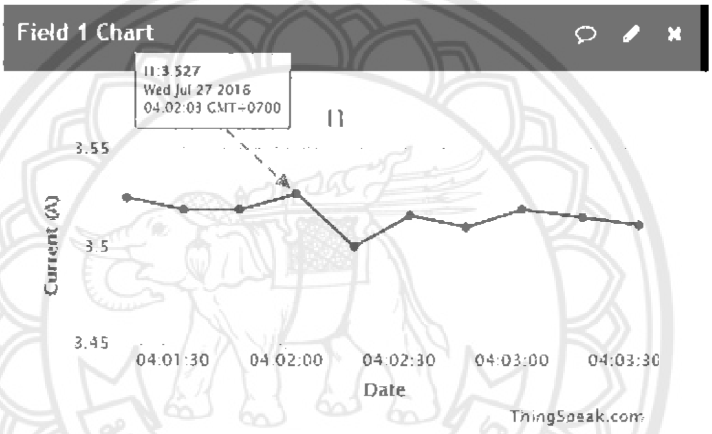
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงค่าที่ระดับกระแส 0.5 แอมแปร์ ของตัวรับรู้กระแสตัวที่ 1



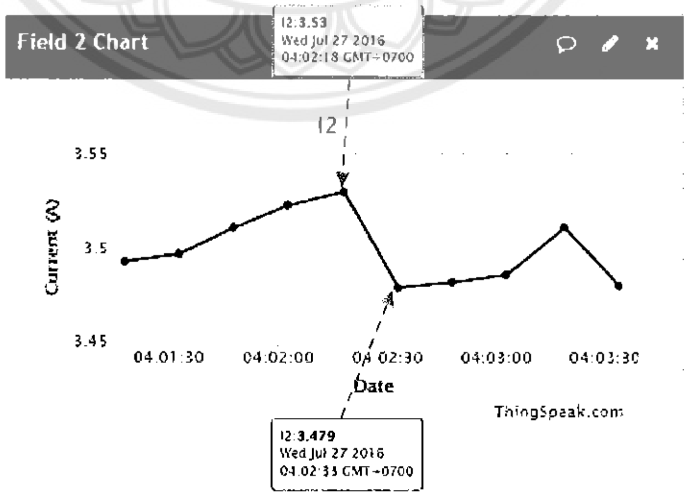
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงค่าที่ระดับกระแส 0.5 แอมแปร์ ของตัวรับรู้กระแสตัวที่ 2



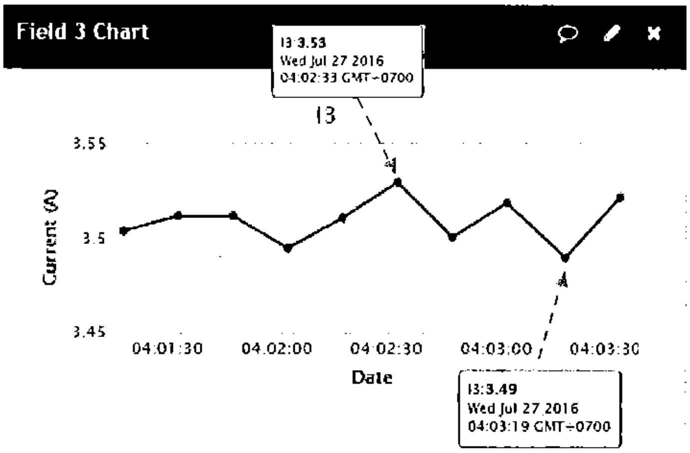
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงค่าที่ระดับกระแส 0.5 แอมแปร์ ของตัวรับรู้กระแส**ตัวที่** 3



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงค่าที่ระดับกระแส 3.5 แอมแปร์ ของตัวรับรู้กระแส**ตัวที่** 1



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงค่าที่ระดับกระแส 3.5 แอมแปร์ ของตัวรับรู้กระแสตัวที่ 2



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงค่าที่ระดับกระแส 3.5 แอมแปร์ ของตัวรับรู้กระแสตัวที่ 3

จากรูปที่ 4.2, 4.3 และ4.4 สามารถอธิบายได้ว่าค่าปริมาณกระแสที่แสดงบนกราฟเป็นไปตามตารางที่ 4.1 และจากรูปที่ 4.5, 4.6 และ4.7 สามารถอธิบายได้ว่าค่าปริมาณกระแสที่แสดงบนกราฟเป็นไปตามตารางที่ 4.2

4.3 การทดสอบการแสดงผลของจอแสดงผลและหลอดแอลอีดี

เนื่องจากการทำงานในส่วนการแสดงผลและแจ้งเตือนของเครื่องตรวจวัดและบันทึกค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้งาน จะแสดงผลและแจ้งเตือนผ่านจอแสดงผลและหลอดแอลอีดี ซึ่งทั้งสองสิ่งนี้จะทำงานควบคู่กันไปในเวลาเดียวกัน จึงส่งผลให้ค่ากระแสไฟฟ้าที่วัด การแสดงผลและการแจ้งเตือนมีผลการทดสอบไปในทิศทางเดียวกัน โดยการทดสอบมีรายละเอียดดังนี้

1) การทดสอบการแสดงผลของจอแสดงผล

การทดสอบนี้มีไว้เพื่อตรวจสอบความถูกต้องจอแสดงผล ว่าสามารถแสดงผลได้ตรงกับระดับปริมาณกระแสไฟฟ้าทั้งสามระดับที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นหรือไม่ โดยในระดับที่ 1 จอแสดงผลจะแสดงค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าที่วัดได้ แสดงพิกัดกระแสที่ตั้งให้กับตัวรับรู้กระแสตัวที่ 1 และแสดงตัวอักษรย่อ N ในระดับที่ 2 จอแสดงผลจะแสดงค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าที่วัดได้ แสดงพิกัดกระแสที่ตั้งให้กับตัวรับรู้กระแสตัวที่ 2 และแสดงตัวอักษรย่อ W และในระดับที่ 3 จอแสดงผลจะแสดงค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าที่วัดได้ แสดงพิกัดกระแสที่ตั้งให้กับตัวรับรู้กระแสตัวที่ 3 และแสดงตัวอักษรย่อ D

2) การทดสอบการแสดงผลของหลอดแอลอีดี

การทดสอบนี้มีไว้สำหรับตรวจสอบการทำงานของหลอดแอลอีดีว่า สามารถเปล่งแสงได้ตรงกับระดับปริมาณกระแสไฟฟ้าทั้งสามระดับที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นหรือไม่ โดยในระดับที่ 1 หลอดแอลอีดีจะเปล่งแสงสีเขียว ระดับที่ 2 หลอดแอลอีดีจะเปล่งแสงสีน้ำเงินและระดับที่ 3 หลอดแอลอีดีจะเปล่งแสงสีแดง

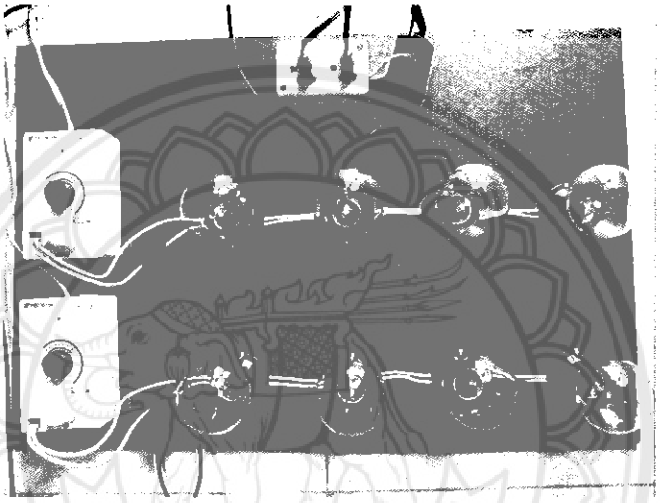
โดยในการทดสอบการแสดงผลของจอแสดงผลและหลอดแอลอีดีได้ทำการตั้งพิกัดกระแสให้ตัวรับรู้กระแสทั้งสามตัว ดังนี้

ตัวรับรู้กระแสตัวที่ 1 ตั้งพิกัดกระแสไว้ที่ 2 แอมแปร์

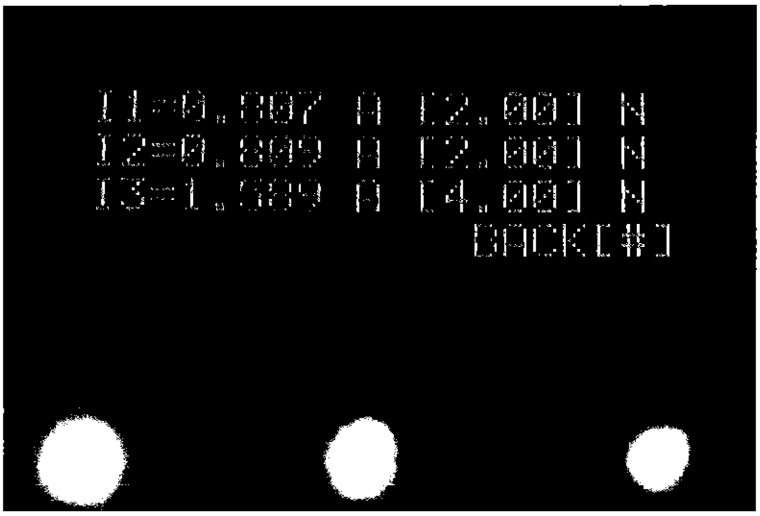
ตัวรับรู้กระแสตัวที่ 2 ตั้งพิกัดกระแสไว้ที่ 2 แอมแปร์

ตัวรับรู้กระแสตัวที่ 3 ตั้งพิกัดกระแสไว้ที่ 4 แอมแปร์

ในการทดสอบจะใช้ตัวรับรู้กระแสตัวที่ 1 สำหรับวัดกระแสไลน์ที่ 1 และตัวรับรู้กระแสตัวที่ 2 สำหรับวัดกระแสไลน์ที่ 2 ตามลำดับ ส่วนตัวรับรู้กระแสตัวที่ 3 ใช้สำหรับวัดกระแสก่อนเข้าเต้าเสียบ ดังรูปที่ 4.8 และผลที่ได้จากการทดสอบจะแสดงดังรูปที่ 4.9, 4.10, 4.11 และตารางที่ 4.3

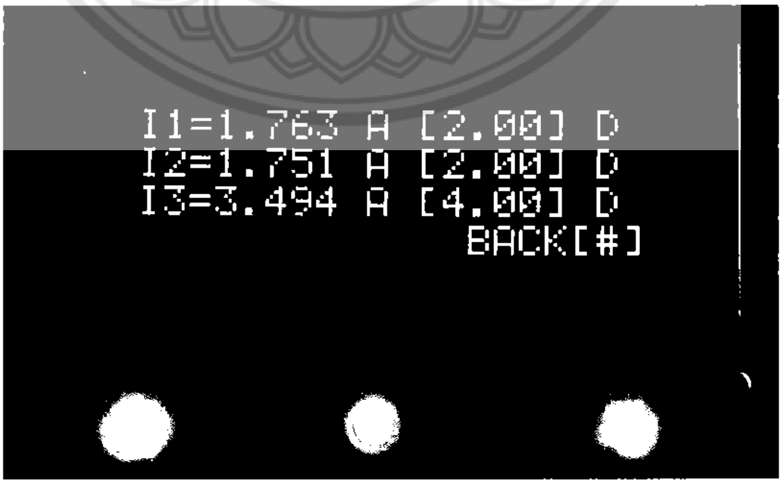


รูปที่ 4.8 การคล้องตัวรับรู้กระแสสำหรับทดสอบหัวข้อ 4.3



รูปที่ 4.9 การแสดงผลของจอแสดงผลและหลอดแอลอีดีในระดับที่ 1

รูปที่ 4.10 การแสดงผลของจอแสดงผลและหลอดแอลอีดีในระดับที่ 2



รูปที่ 4.11 การแสดงผลของจอแสดงผลและหลอดแอลอีดีในระดับที่ 3

ตารางที่ 4.3 การทดสอบการทำงานของจอแสดงผลและหลอดแอลอีดี

ระดับปริมาณกระแสเปลี่ยนจากระดับที่ 1 เป็นระดับที่ 2										
ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
กระแสจากตัวรับรู้กระแสตัวที่ 1 (A) ที่พิกัดกระแส 2 A	1.014	1.010	1.012	1.016	1.010	1.008	1.019	1.006	1.010	1.012
เปอร์เซ็นต์เทียบพิกัดกระแส (%)	50.70	50.50	50.60	50.80	50.50	50.40	50.95	50.30	50.50	50.60
จอแสดงผล	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W
หลอดแอลอีดี	น้ำเงิน	น้ำเงิน	น้ำเงิน	น้ำเงิน	น้ำเงิน	น้ำเงิน	น้ำเงิน	น้ำเงิน	น้ำเงิน	น้ำเงิน
กระแสจากตัวรับรู้กระแสตัวที่ 2 (A) ที่พิกัดกระแส 2 A	1.017	1.014	1.012	1.016	1.010	1.018	1.016	1.020	1.013	1.011
เปอร์เซ็นต์เทียบพิกัดกระแส (%)	50.85	50.70	50.60	50.80	50.50	50.90	50.80	51.00	50.65	50.55
จอแสดงผล	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W
หลอดแอลอีดี	น้ำเงิน	น้ำเงิน	น้ำเงิน	น้ำเงิน	น้ำเงิน	น้ำเงิน	น้ำเงิน	น้ำเงิน	น้ำเงิน	น้ำเงิน
กระแสจากตัวรับรู้กระแสตัวที่ 3 (A) ที่พิกัดกระแส 4 A	2.010	2.017	2.009	2.012	2.010	2.006	2.016	2.014	2.007	2.018
เปอร์เซ็นต์เทียบพิกัดกระแส (%)	50.25	50.42	50.22	50.30	50.25	50.15	50.40	50.35	50.17	50.45
จอแสดงผล	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W
หลอดแอลอีดี	น้ำเงิน	น้ำเงิน	น้ำเงิน	น้ำเงิน	น้ำเงิน	น้ำเงิน	น้ำเงิน	น้ำเงิน	น้ำเงิน	น้ำเงิน

จากตารางที่ 4.3 ค่ากระแสเฉลี่ยจากตัวรับรู้กระแสตัวที่ 1, 2 และ3 มีค่า 1.011, 1.014 และ 2.011 แอมแปร์ตามลำดับและเปอร์เซ็นต์เทียบพิกัดกระแสเฉลี่ยของตัวรับรู้กระแสตัวที่ 1, 2 และ3 มีค่า 50.55, 50.70 และ50.27 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ พบว่าปริมาณกระแสที่เปลี่ยนจากระดับที่ 1 เป็นระดับที่ 2 ตัวรับรู้กระแสตัวที่ 3 จะมีเปอร์เซ็นต์เทียบพิกัดกระแสเฉลี่ยที่น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเปอร์เซ็นต์เทียบพิกัดกระแสเฉลี่ยของตัวรับรู้กระแสตัวที่ 1 และตัวที่ 2 ซึ่งมีความสอดคล้องกับผลการทดสอบจากตารางที่ 4.1 และ 4.2 ที่ตัวรับรู้กระแสตัวที่ 3 มีความคลาดเคลื่อนที่น้อยกว่าตัวที่ 1 และตัวที่ 2

ตารางที่ 4.4 การทดสอบการทำงานของจอแสดงผลและหลอดแอลอีดี (ต่อ)

ระดับปริมาณกระแสเปลี่ยนจากระดับที่ 2 เป็นระดับที่ 3										
ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
กระแสจากตัวรับรู้กระแสตัวที่ 1 (A) ที่พิกัดกระแส 2 A	1.611	1.616	1.612	1.611	1.619	1.619	1.613	1.609	1.611	1.609
เปอร์เซ็นต์เทียบพิกัดกระแส (%)	80.55	80.80	80.60	80.55	80.95	80.95	80.65	80.45	80.55	80.45
จอแสดงผล	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
หลอดแอลอีดี	แดง	แดง	แดง	แดง	แดง	แดง	แดง	แดง	แดง	แดง
กระแสจากตัวรับรู้กระแสตัวที่ 2 (A) ที่พิกัดกระแส 2 A	1.617	1.619	1.621	1.620	1.616	1.614	1.617	1.616	1.619	1.615
เปอร์เซ็นต์เทียบพิกัดกระแส (%)	80.85	80.95	81.05	81.00	80.80	80.70	80.85	80.80	80.95	80.75
จอแสดงผล	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
หลอดแอลอีดี	แดง	แดง	แดง	แดง	แดง	แดง	แดง	แดง	แดง	แดง
กระแสจากตัวรับรู้กระแสตัวที่ 3 (A) ที่พิกัดกระแส 4 A	3.215	3.221	3.232	3.223	3.224	3.215	3.225	3.222	3.224	3.215
เปอร์เซ็นต์เทียบพิกัดกระแส (%)	80.37	80.52	80.80	80.57	80.60	80.37	80.62	80.55	80.60	80.37
จอแสดงผล	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
หลอดแอลอีดี	แดง	แดง	แดง	แดง	แดง	แดง	แดง	แดง	แดง	แดง

จากตาราง 4.4 ค่ากระแสเฉลี่ยจากตัวรับรู้กระแสตัวที่ 1, 2 และ3 มีค่า 1.613, 1.617 และ 3.221 แอมแปร์ตามลำดับและเปอร์เซ็นต์เทียบพิกัดกระแสเฉลี่ยของตัวรับรู้กระแสตัวที่ 1,2 และ3 มีค่า 80.65, 80.85 และ80.52 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ พบว่าปริมาณกระแสที่เปลี่ยนจากระดับที่ 1 เป็นระดับที่ 2 ตัวรับรู้กระแสตัวที่ 3 จะมีเปอร์เซ็นต์เทียบพิกัดกระแสเฉลี่ยที่น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเปอร์เซ็นต์เทียบพิกัดกระแสเฉลี่ยของตัวรับรู้กระแสตัวที่ 1 และตัวที่ 2 ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองจากตารางที่ 4.1 และ 4.2 ที่ตัวรับรู้กระแสตัวที่ 3 มีความคลาดเคลื่อนที่น้อยกว่าตัวที่ 1 และตัวที่ 2

4.4 การทดสอบการแสดงผลของออดไฟฟ้า

สำหรับการทดสอบออดไฟฟ้าจะทำการทดสอบกับระดับปริมาณกระแสไฟฟ้าจากระดับที่ 2 เปลี่ยนเป็นระดับที่ 3 เมื่อมีปริมาณกระแสไฟฟ้ามากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ของพิกัดกระแสที่ตั้ง ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 4.5 และ 4.6

ตารางที่ 4.5 สถานะการแจ้งเตือนของออดไฟฟ้า

ระดับปริมาณกระแสไฟฟ้า	สถานะของออดไฟฟ้า
ระดับที่ 1	ไม่ดัง
ระดับที่ 2	ไม่ดัง
ระดับที่ 3	ดัง

ตารางที่ 4.6 การทดสอบการทำงานของออดไฟฟ้า

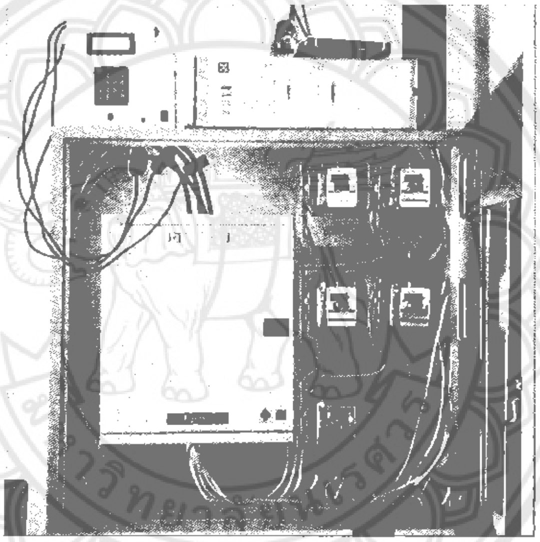
ระดับปริมาณกระแสเปลี่ยนจากระดับที่ 2 เป็นระดับที่ 3										
ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
กระแสจากตัวรับรู้กระแสตัวที่ 1 (A) ที่พิกัดกระแส 2 A	1.611	1.616	1.612	1.611	1.619	1.619	1.613	1.609	1.611	1.609
เปอร์เซ็นต์เทียบพิกัดกระแส (%)	80.55	80.80	80.60	80.55	80.95	80.95	80.65	80.45	80.55	80.45
ออดไฟฟ้า	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง
กระแสจากตัวรับรู้กระแสตัวที่ 2 (A) ที่พิกัดกระแส 2 A	1.617	1.619	1.621	1.620	1.616	1.614	1.617	1.616	1.619	1.615
เปอร์เซ็นต์เทียบพิกัดกระแส (%)	80.85	80.95	81.05	81.00	80.80	80.70	80.85	80.80	80.95	80.75
ออดไฟฟ้า	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง
กระแสจากตัวรับรู้กระแสตัวที่ 3 (A) ที่พิกัดกระแส 4 A	3.215	3.221	3.232	3.223	3.224	3.215	3.225	3.222	3.224	3.215
เปอร์เซ็นต์เทียบพิกัดกระแส (%)	80.37	80.52	80.80	80.57	80.60	80.37	80.62	80.55	80.60	80.37
ออดไฟฟ้า	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง

จากตารางที่ 4.5 พบว่าออดไฟฟ้าจะดังเมื่อค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าอยู่ในระดับที่ 3

จากตารางที่ 4.6 ออดไฟฟ้าจะดังเมื่อค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าเฉลี่ยของตัวรับรู้กระแสตัวที่ 1 มีค่าประมาณ 1.613 แอมแปร์ หรือเมื่อค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าเฉลี่ยของตัวรับรู้กระแสตัวที่ 2 มีค่าประมาณ 1.617 แอมแปร์ หรือค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าเฉลี่ยของตัวรับรู้กระแสตัวที่ 3 มีค่าประมาณ 3.221 แอมแปร์

4.5 การทดสอบกับระบบไฟฟ้าจริง

ในการทดสอบนี้จะนำแบบจำลองไปใช้ร่วมกับระบบไฟฟ้าสามเฟสของหอพัก ซึ่งมีจำนวนสาย 4 สาย คือ สายเฟสจำนวน 3 สาย สายนิวทรอลจำนวน 1 สายและมีแรงดันไฟฟ้าแต่ละเฟสเท่ากับ 220 โวลต์ โดยจะทำการคล้องตัวรับรู้กระแสทั้ง 3 ตัวกับสายเฟสแต่ละสาย ดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 การจัดวางตัวรับรู้กระแสกับระบบไฟฟ้าจริง

เมื่อทำการคล้องดังรูปที่ 4.12 แล้ว ให้ทำการเปิดหน้าเว็บไซต์ www.thingspeak.com และทำตามขั้นตอนที่กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3.5 เพื่อตรวจดูปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้งานผ่านหน้าเว็บไซต์ เมื่อเปิดดูแล้วให้บันทึกข้อมูลปริมาณกระแส เพื่อที่จะนำข้อมูลนั้นมาทำการคำนวณค่าไฟ ตัวอย่างข้อมูลที่บันทึกเป็นไฟล์ตาราง แสดงดังรูปที่ 4.13

F1 | f_x

	A	B	C	D	E	F
1	2016-06-28 14:22:18 UTC	478	0.17	1.57	0.17	
2	2016-06-28 14:22:33 UTC	479	1.58	1.64	0.08	
3	2016-06-28 14:22:48 UTC	480	1.57	1.58	0.1	
4	2016-06-28 14:23:03 UTC	481	1.55	1.61	0.83	
5	2016-06-28 14:23:18 UTC	482	1.57	1.54	0.72	
6	2016-06-28 14:23:33 UTC	483	1.56	1.54	0.82	
7	2016-06-28 14:23:48 UTC	484	1.55	1.56	0.83	
8	2016-06-28 14:24:03 UTC	485	1.53	1.56	0.75	
9	2016-06-28 14:24:18 UTC	486	1.54	1.53	0.72	
10	2016-06-28 14:24:34 UTC	487	1.55	1.58	0.79	
11	2016-06-28 14:24:49 UTC	488	1.54	1.57	0.79	
12	2016-06-28 14:25:04 UTC	489	1.54	1.56	0.76	
13	2016-06-28 14:25:19 UTC	490	1.53	1.77	0.88	
14	2016-06-28 14:25:34 UTC	491	1.53	1.76	0.88	
15	2016-06-28 14:25:49 UTC	492	1.54	1.75	0.87	
16	2016-06-28 14:26:04 UTC	493	1.54	1.77	0.91	
17	2016-06-28 14:26:19 UTC	494	1.53	1.74	0.87	
18	2016-06-28 14:26:34 UTC	495	1.53	1.76	0.9	
19	2016-06-28 14:26:58 UTC	496	1.55	1.74	0.87	
20	2016-06-28 14:27:25 UTC	497	1.55	1.74	0.87	
21	2016-06-28 14:27:41 UTC	498	1.55	1.74	0.87	
22	2016-06-28 14:27:56 UTC	499	1.55	1.74	0.87	
23	2016-06-28 14:28:20 UTC	500	1.55	1.74	0.87	
24	2016-06-28 14:28:39 UTC	501	1.55	1.74	0.87	

รูปที่ 4.13 ตัวอย่างค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าที่บันทึก

จากรูปที่ 4.13 สามารถอธิบายได้ว่า ในการวัดกระแสแต่ละครั้งจะมีการบอกเวลาพร้อมกับจำนวนครั้งที่ทำการวัดและค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าที่วัดได้จากตัวรับรู้กระแสแต่ละตัว เมื่อสิ้นสุดการวัดปริมาณกระแสไฟฟ้าแล้วจะได้ค่าสุดท้ายดังรูปที่ 4.14

F2806 | f_x

	A	B	C	D	E	F
2806	2016-06-29 02:19:44 UTC	3283	0.66	0.7	0.79	
2807	2016-06-29 02:20:00 UTC	3284	0.66	0.69	0.78	
2808	2016-06-29 02:20:15 UTC	3285	0.67	0.68	0.74	
2809	2016-06-29 02:20:30 UTC	3286	0.67	0.69	0.77	
2810	2016-06-29 02:20:45 UTC	3287	0.67	0.69	0.76	
2811	2016-06-29 02:21:00 UTC	3288	0.65	0.71	0.8	
2812	2016-06-29 02:21:15 UTC	3289	0.64	0.72	0.77	
2813	2016-06-29 02:21:35 UTC	3290	0.65	0.78	0.53	
2814	2016-06-29 02:21:51 UTC	3291	0.67	0.78	0.61	
2815						
2816	กระแสไฟฟ้าเฉลี่ย		1.038	1.686	2.055	
2817	รวม				4.779	
2818	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย = กระแสไฟฟ้าเฉลี่ย x แรงดันไฟฟ้า x ตัวประกอบกำลัง = 4.779x220x0.875					
2819				=	920.041	วัตต์
2820				=	0.920	กิโลวัตต์
2821	หน่วยไฟฟ้า = กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย x เวลา (12 ชั่วโมง)				11.04049	หน่วย

รูปที่ 4.14 ตัวอย่างค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าที่บันทึก (ต่อ)

จากรูปที่ 4.14 สามารถอธิบายได้ว่า การวัดกระแสไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้าจริงสำหรับโครงงานนี้จะทำการวัดทั้งหมด 2814 ครั้ง ใช้เวลาทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง เมื่อนำค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้จากตัวรับรู้กระแสแต่ละตัวมาคิดหาค่าเฉลี่ยจะได้ค่าดังต่อไปนี้

ตัวรับรู้กระแสตัวที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.037 แอมแปร์

ตัวรับรู้กระแสตัวที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.686 แอมแปร์

ตัวรับรู้กระแสตัวที่ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.055 แอมแปร์

ดังนั้นจากตัวรับรู้กระแสทั้ง 3 ตัว ได้ค่ากระแสเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.778 แอมแปร์ นำค่าเฉลี่ยที่ได้มาหากำลังไฟฟ้าจากสูตร

$$P=VI\cos\theta \tag{4.1}$$

โดยที่ P คือ กำลังไฟฟ้า (วัตต์)

V คือ แรงดันเฟส (โวลต์)

I คือ กระแสเฟส (แอมแปร์)

$\cos\theta$ คือ ตัวประกอบกำลัง

สำหรับค่าตัวประกอบกำลังในโครงงานนี้เท่ากับ 0.875 สามารถอ้างอิงได้จากตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 การกำหนดค่าตัวประกอบที่เหมาะสมของระบบไฟฟ้าไทย

ปี	ผู้ใช้ไฟฟ้า (ขายปลีก)	การไฟฟ้าจำหน่าย (ขายส่ง)
2545 เกณฑ์ P.F.	0.875	0.875
2548 เกณฑ์ P.F.	0.85*	0.9

หมายเหตุ * คืออัตราเดียวกับที่กำหนดในปัจจุบัน

ทำการแทนค่าลงในสูตรจะได้

P = (220)(4.778)(0.875)

P = 919.765 วัตต์ หรือ 0.919 กิโลวัตต์

หลังจากได้ค่ากำลังไฟฟ้าแล้ว ต่อไปจะเข้าสู่ขั้นตอนการคิดค่าไฟ จากสูตร

หน่วยไฟ = กิโลวัตต์ × ชั่วโมง

แทนค่าลงในสูตรจะได้

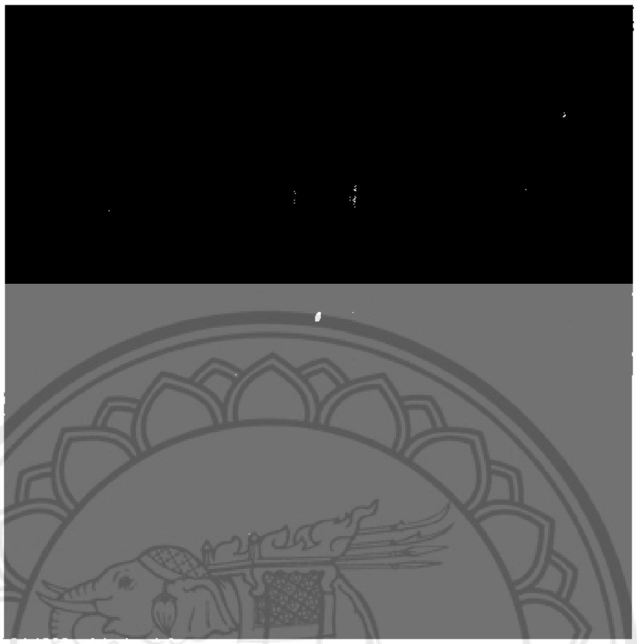
หน่วยไฟ = 0.919 × 12

หน่วยไฟ = 11.037 หน่วย

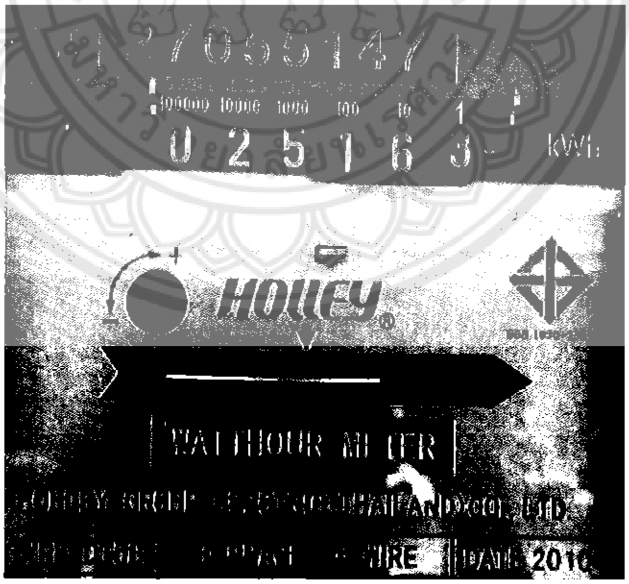
เนื่องจากหอพักมีการคิดค่าไฟฟ้า 6 บาทต่อหนึ่งหน่วย ดังนั้น ในช่วงเวลา 12 ชั่วโมงที่ทำการทดสอบจะเสียค่าไฟฟ้าประมาณ 66 บาท

จากค่าหน่วยไฟที่ทำการคำนวณ คือ 11.037 หน่วย นำมาเปรียบเทียบกับมาตรวัดไฟของการไฟฟ้าในช่วงเวลาก่อนทำการวัดและหลังทำการวัด ดังรูปที่ 4.14 และ 4.15 โดยค่าที่อ่านได้จาก

มาตรวัดไฟก่อนทำการวัดเท่ากับ 25153.2 หน่วย หลังทำการวัดเท่ากับ 25163.1 หน่วย ดังนั้นค่าที่ได้จากมาตรวัดไฟ คือ 9.9 หน่วย จากการทดสอบพบว่าค่าหน่วยไฟที่ได้จากการคำนวณมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากมาตรวัดไฟของการไฟฟ้า จึงสรุปได้ว่า การคำนวณค่าไฟจากค่าที่บันทึกได้นั้น สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการประมาณค่าไฟในแต่ละช่วงเวลาได้



รูปที่ 4.15 มาตรวัดไฟก่อนทำการวัด



รูปที่ 4.16 มาตรวัดไฟหลังทำการวัด

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการออกแบบเครื่องตรวจวัดและบันทึกค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้งาน การทดสอบการทำงานและการแสดงผล สามารถทำการสรุปผลได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

โครงงานนี้ได้ออกแบบเพื่อให้สามารถวัดค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าด้วยการใช้ตัวรับรู้กระแส รุ่น SCT-013 จำนวนสามตัว และนำค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าที่วัดได้จากตัวรับรู้กระแสทั้งสามตัวมาแสดงผลผ่านทางจอแสดงผล หน้าเว็บไซต์ และทำการแจ้งเตือนผ่านหลอดแอลอีดี ออดไฟฟ้า โดยจะแบ่งการแจ้งเตือนปริมาณกระแสไฟฟ้าได้ดังนี้

ระดับที่ 1 คือ เมื่อปริมาณกระแสไฟฟ้าที่วัดได้มีค่าน้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของพิกัดกระแสที่ตั้ง จอแสดงผลจะปรากฏตัวอักษร N ย่อมาจากคำว่า Normal และหลอดแอลอีดีจะเปล่งแสงสีเขียว บ่งบอกถึงสถานะปกติ

ระดับที่ 2 คือ เมื่อปริมาณกระแสไฟฟ้าที่วัดได้มีค่าอยู่ระหว่าง 50 ถึง 80 เปอร์เซ็นต์ของพิกัดกระแสที่ตั้ง จอแสดงผลจะปรากฏตัวอักษร W ย่อมาจากคำว่า Warning และหลอดแอลอีดีจะเปล่งแสงสีน้ำเงิน บ่งบอกถึงสถานะระวัง

ระดับที่ 3 คือ เมื่อปริมาณกระแสไฟฟ้าที่วัดได้มีค่ามากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ของพิกัดกระแสที่ตั้ง จอแสดงผลจะปรากฏตัวอักษร D ย่อมาจากคำว่า Dangerous หลอดแอลอีดีจะเปล่งแสงสีแดงและออดไฟฟ้าจะส่งเสียงเตือนเป็นจังหวะ บ่งบอกถึงสถานะอันตราย

นอกจากความสามารถในการตรวจวัดและแสดงผลค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้งานแล้ว ยังสามารถตั้งค่าพิกัดกระแสให้กับตัวรับรู้กระแสทั้งสามตัวได้ โดยค่าที่ตั้งไว้อยู่ระหว่าง 0 ถึง 50 แอมแปร์ ในการทดสอบนั้นจะทำการทดสอบร่วมกับแผงวงจรจำลองการใช้ไฟฟ้า ซึ่งเป็นแผงวงจรจำลองลักษณะการใช้ไฟเสมือนจริง โดยการทดสอบสำหรับโครงงานนี้จะทดสอบเพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของตัวรับรู้กระแส และทดสอบความถูกต้องในการแสดงผลของจอแสดงผลและหน้าเว็บไซต์ ทดสอบการแจ้งเตือนของหลอดแอลอีดีและออดไฟฟ้า ผลที่ได้จากการทดสอบ คือ ตัวรับรู้กระแสมีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสูงสุดที่ 2.58 เปอร์เซ็นต์ ส่วนจอแสดงผล หน้าเว็บไซต์ หลอดแอลอีดีและออดไฟฟ้า ผลทดสอบที่ได้มีความถูกต้องตามการทำงานที่ได้ตั้งไว้

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

1) ตัวรับรู้กระแส SCT-013 มีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนจากการวัดไม่เกิน 3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งส่งผลให้ค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากการวัดมีความคลาดเคลื่อนตามไปด้วย ดังนั้นสามารถแก้ไขได้ด้วยการเปลี่ยนตัวรับรู้กระแสไปใช้รุ่นอื่น หรือใช้ตัวรับรู้กระแสที่มีช่วงความกว้างของกระแสเหมาะสมกับปริมาณกระแสที่ต้องการวัด
2) ตัวรับรู้กระแสรุ่น SCT-013 มีความตอบสนองไวต่อการสัมผัสหรือถูกแตะต้อง อาจส่งผลให้การทำงานของอุปกรณ์คลาดเคลื่อนได้ และอาจทำให้ค่ากระแสที่วัดออกมานั้นเกิดการแกว่งและค่าไม่คงที่ ดังนั้นผู้ใช้ควรหลีกเลี่ยงการสัมผัสอุปกรณ์หรือเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ ถ้าหากจำเป็นควรทำด้วยความระมัดระวัง

5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อไป

1) สามารถเพิ่มการแจ้งเตือนด้วยการส่งข้อความไปยังโทรศัพท์มือถือของผู้ใช้งาน โดยจะทำการส่งข้อความเมื่อค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าอยู่ในระดับที่ 3 หรือสถานะอันตรายเท่านั้น เพราะการส่งข้อความเมื่อปริมาณกระแสไฟฟ้าอยู่ในระดับที่ 1 และระดับที่ 2 จะทำให้ผู้ใช้เกิดความรำคาญ เนื่องจากทั้งสองระดับนี้มีโอกาสเกิดขึ้นได้บ่อยกว่าระดับที่ 3
2) พัฒนาโปรแกรมเพื่อให้ผู้ใช้สามารถตั้งค่าพิกัดกระแสให้กับตัวรับรู้กระแสทั้งสามตัวผ่านทางหน้าเว็บไซต์ได้
3) สามารถปรับเปลี่ยนการตั้งค่าเปอร์เซ็นต์เทียบพิกัดกระแสให้มีความเหมาะสมกับลักษณะการใช้งานกระแสไฟฟ้า

เอกสารอ้างอิง

[1] thaieasyelec, "ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ Current Sensor (เซ็นเซอร์วัดกระแส)", สืบค้นเมื่อวันที่ 3 กันยายน 2558 จาก http://www.thaieasyelec.com/

[2] IOXhop, "การใช้งานจอ Character LCD กับ Arduino แบบละเอียด", สืบค้นเมื่อวันที่ 3 กันยายน 2558 จาก http://www.ioxhop.com

[3] mwit, "ออดไฟฟ้า BUZZER", สืบค้นเมื่อวันที่ 10 กันยายน 2558 จาก http://www.mwit.ac.th/

[4] เบญจวรรณ เลิศวิจิตรจรัส, "หลอดไฟ LED (Light Emitting Diode)", สืบค้นเมื่อวันที่ 10 กันยายน 2558 จาก http://library.cmu.ac.th/

[5] openenergymonitor, "How to build an Arduino energy monitor - measuring mains voltage and current", สืบค้นเมื่อวันที่ 1ธันวาคม 2558 จาก https://openenergymonitor.org

[6] thaieasyelec, "Arduino Mega 2560", สืบค้นเมื่อวันที่ 24 พฤษภาคม 2559 จาก http://www.thaieasyelec.com/products/development-boards/arduino-mega-2560-detail

[7] inex, "ข้อมูลทางเทคนิคของ NodeMCU V2", สืบค้นเมื่อวันที่ 27 พฤษภาคม 2559 จาก http://inex.co.th

[8] Surawit Serksir, "ระบบไฟฟ้าสามเฟส", สืบค้นเมื่อวันที่ 3 มิถุนายน 2559 จาก https://wiki.stjohn.ac.th

ภาคผนวก ก

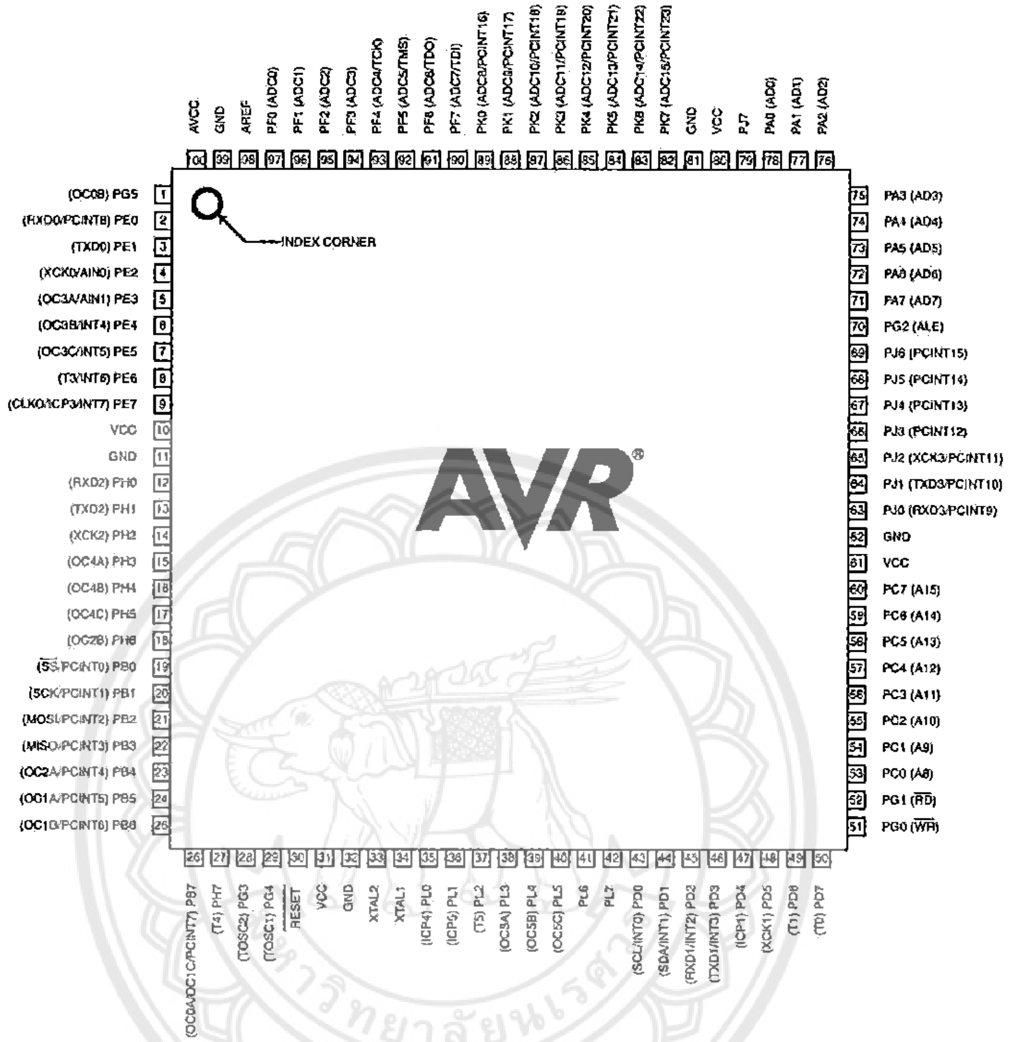
รายละเอียดข้อมูลของ ATmega2560

Features

- High Performance, Low Power Atmel® AVR® 8-Bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
  - 135 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
  - 32 × 8 General Purpose Working Registers
  - Fully Static Operation
  - Up to 16 MIPS Throughput at 16MHz
  - On-Chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory Segments
  - 64K/128K/256KBytes of In-System Self-Programmable Flash
  - 4Kbytes EEPROM
  - 8Kbytes Internal SRAM
  - Write/Erase Cycles:10,000 Flash/100,000 EEPROM
  - Data retention: 20 years at 85°C/ 100 years at 25°C
  - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
    - In-System Programming by On-chip Boot Program
    - True Read-While-Write Operation
  - Programming Lock for Software Security
    - Endurance: Up to 64Kbytes Optional External Memory Space
- Atmel® QTouch® library support
  - Capacitive touch buttons, sliders and wheels
  - QTouch and QMatrix acquisition
  - Up to 64 sense channels
- JTAG (IEEE® std. 1149.1 compliant) Interface
  - Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard
  - Extensive On-chip Debug Support
  - Programming of Flash, EEPROM, Fuses, and Lock Bits through the JTAG Interface
- Peripheral Features
  - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescaler and Compare Mode
  - Four 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare- and Capture Mode
  - Real Time Counter with Separate Oscillator
  - Four 8-bit PWM Channels
  - Six/Twelve PWM Channels with Programmable Resolution from 2 to 16 Bits (ATmega1281/2561, ATmega640/1280/2560)
  - Output Compare Modulator
  - 8/16-channel, 10-bit ADC (ATmega1281/2561, ATmega640/1280/2560)
  - Two/Four Programmable Serial USART (ATmega1281/2561, ATmega640/1280/2560)
  - Master/Slave SPI Serial Interface
  - Byte Oriented 2-wire Serial Interface
  - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
  - On-chip Analog Comparator
  - Interrupt and Wake-up on Pin Change
- Special Microcontroller Features
  - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
  - Internal Calibrated Oscillator
  - External and Internal Interrupt Sources
  - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby, and Extended Standby
- I/O and Packages
  - 54/86 Programmable I/O Lines (ATmega1281/2561, ATmega640/1280/2560)
  - 64-pad QFN/MLF, 64-lead TQFP (ATmega1281/2561)
  - 100-lead TQFP, 100-ball CBGA (ATmega640/1280/2560)
  - RoHS/Fully Green
- Temperature Range:
  - -40°C to 85°C Industrial
- Ultra-Low Power Consumption
  - Active Mode: 1MHz, 1.8V: 500µA
  - Power-down Mode: 0.1µA at 1.8V
- Speed Grade:
  - ATmega640V/ATmega1280V/ATmega1281V:
    - 0 - 4MHz @ 1.8V - 5.5V, 0 - 8MHz @ 2.7V - 5.5V
  - ATmega2560V/ATmega2561V:
    - 0 - 2MHz @ 1.8V - 5.5V, 0 - 8MHz @ 2.7V - 5.5V
  - ATmega640/ATmega1280/ATmega1281:
    - 0 - 8MHz @ 2.7V - 5.5V, 0 - 16MHz @ 4.5V - 5.5V
  - ATmega2560/ATmega2561:
    - 0 - 16MHz @ 4.5V - 5.5V

1. Pin Configurations

Figure 1-1. TQFP-pinout ATmega640/1280/2560



ภาคผนวก ข

ตัวรับรู้กระแส SCT-013

SPECIFICATION

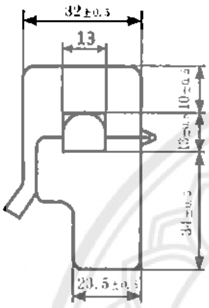
Customer Title : XiDi Technology

Product Name: Splilt-core current transformer

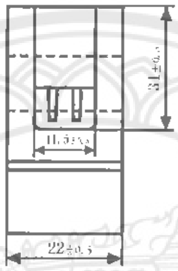
Manufacture Model : SCT-013-000

Charateristics: open size:13mm×13mm
1m leading wire
Core material:Ferrite
Fire resistance property:in accordance with UL 94-V0
Dielectric strength: 1000V AC/1min 5mA
(between shell and output)

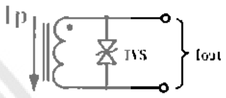
Outline size diagram:(in mm)



Front View



Side View



TVS: Transient voltage Suppressor

Current output type

Schematic Diagram

Typical table of technical parameters:

input current	output voltage	non linearity	build in sampling resistance (RL)
0-100A	0-50mV	±3%	Ω
turn ratio	resistance grade	work temperature	dielectric strength(between shell and output)
100A:0.05A	Grade B	25℃~+70℃	1000V AC/1min 5mA

ภาคผนวก ค

รายละเอียดข้อมูลของจอแสดงผล

Pin Functions

Signal	No. of Lines	I/O	Device Interfaced with	Function
RS	1	I	MPU	Selects registers. 0: Instruction register (for write) Busy flag: address counter (for read) 1: Data register (for write and read)
R/$\overline{W}$	1	I	MPU	Selects read or write. 0: Write 1: Read
E	1	I	MPU	Starts data read/write.
DB4 to DB7	4	I/O	MPU	Four high order bidirectional tristate data bus pins. Used for data transfer and receive between the MPU and the HD44780U. DB7 can be used as a busy flag.
DB0 to DB3	4	I/O	MPU	Four low order bidirectional tristate data bus pins. Used for data transfer and receive between the MPU and the HD44780U. These pins are not used during 4-bit operation.
CL1	1	O	Extension driver	Clock to latch serial data D sent to the extension driver
CL2	1	O	Extension driver	Clock to shift serial data D
M	1	O	Extension driver	Switch signal for converting the liquid crystal drive waveform to AC
D	1	O	Extension driver	Character pattern data corresponding to each segment signal
COM1 to COM16	16	O	LCD	Common signals that are not used are changed to non-selection waveforms. COM9 to COM16 are non-selection waveforms at 1/8 duty factor and COM12 to COM16 are non-selection waveforms at 1/11 duty factor.
SEG1 to SEG40	40	O	LCD	Segment signals
V1 to V5	5	—	Power supply	Power supply for LCD drive V_{cc} –V5 = 11 V (max)
V_{cc}, GND	2	—	Power supply	V_{cc}: 2.7V to 5.5V, GND: 0V
OSC1, OSC2	2	—	Oscillation resistor clock	When crystal oscillation is performed, a resistor must be connected externally. When the pin input is an external clock, it must be input to OSC1.

Function Description

Registers

The HD44780U has two 8-bit registers, an instruction register (IR) and a data register (DR).

The IR stores instruction codes, such as display clear and cursor shift, and address information for display data RAM (DDRAM) and character generator RAM (CGRAM). The IR can only be written from the MPU.

The DR temporarily stores data to be written into DDRAM or CGRAM and temporarily stores data to be read from DDRAM or CGRAM. Data written into the DR from the MPU is automatically written into DDRAM or CGRAM by an internal operation. The DR is also used for data storage when reading data from DDRAM or CGRAM. When address information is written into the IR, data is read and then stored into the DR from DDRAM or CGRAM by an internal operation. Data transfer between the MPU is then completed when the MPU reads the DR. After the read, data in DDRAM or CGRAM at the next address is sent to the DR for the next read from the MPU. By the register selector (RS) signal, these two registers can be selected (Table 1).

Busy Flag (BF)

When the busy flag is 1, the HD44780U is in the internal operation mode, and the next instruction will not be accepted. When RS = 0 and R/$\overline{W}$ = 1 (Table 1), the busy flag is output to DB7. The next instruction must be written after ensuring that the busy flag is 0.

Address Counter (AC)

The address counter (AC) assigns addresses to both DDRAM and CGRAM. When an address of an instruction is written into the IR, the address information is sent from the IR to the AC. Selection of either DDRAM or CGRAM is also determined concurrently by the instruction.

After writing into (reading from) DDRAM or CGRAM, the AC is automatically incremented by 1 (decremented by 1). The AC contents are then output to DB0 to DB6 when RS = 0 and R/$\overline{W}$ = 1 (Table 1).

Table 1 Register Selection

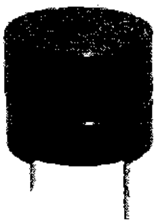
RS	R/$\overline{W}$	Operation
0	0	IR write as an internal operation (display clear, etc.)
0	1	Read busy flag (DB7) and address counter (DB0 to DB6)
1	0	DR write as an internal operation (DR to DDRAM or CGRAM)
1	1	DR read as an internal operation (DDRAM or CGRAM to DR)

ภาคผนวก ง

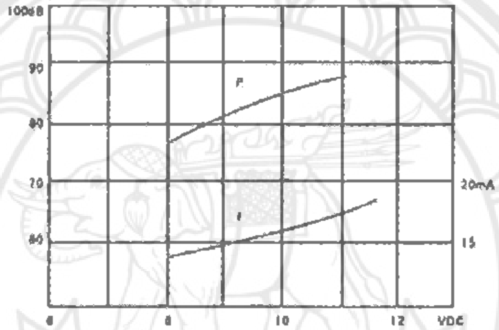
รายละเอียดข้อมูลของออดไฟฟ้า

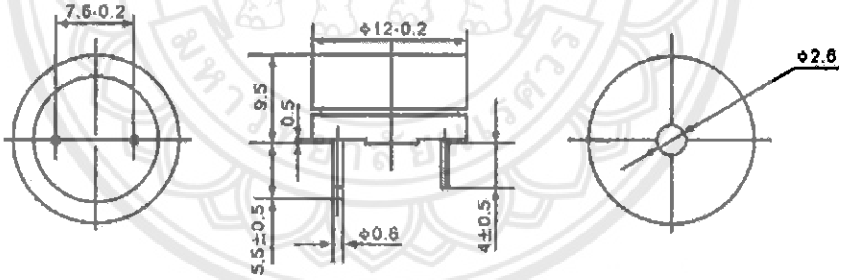
LTE12

Active Buzzer



SPECIFICATIONS:				
Type	Unit	LTE12-03	LTE12-05	LTE12-12
Rated Voltage	V	3	5	12
Operating Voltage	V	2-5	4-8	8-15
*Rated Current(MAX)	mA	30	30	30
*Min Sound Output at 10cm	dB	80	85	85
*Resonant Frequency	Hz	2300±300		
Operating Temperature	°C	-20 ~ +70		
Storage temperature	°C	-30 ~ +105		



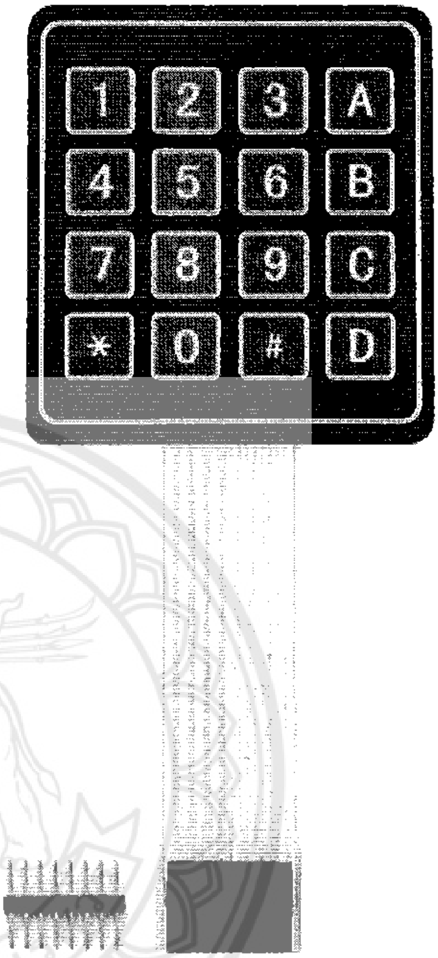


ภาคผนวก จ

รายละเอียดข้อมูลของแผงแป้นตัวเลข

4x4 Matrix Membrane Keypad (#27899)

This 16-button keypad provides a useful human interface component for microcontroller projects. Convenient adhesive backing provides a simple way to mount the keypad in a variety of applications.



Features

- Ultra-thin design
- Adhesive backing
- Excellent price/performance ratio
- Easy interface to any microcontroller
- Example programs provided for the BASIC Stamp 2 and Propeller P8X32A microcontrollers

Key Specifications

- Maximum Rating: 24 VDC, 30 mA
- Interface: 8-pin access to 4x4 matrix
- Operating temperature: 32 to 122 °F (0 to 50°C)
- Dimensions:
  Keypad, 2.7 x 3.0 in (6.9 x 7.6 cm)
  Cable: 0.78 x 3.5 in (2.0 x 8.8 cm)

Application Ideas

- Security systems
- Menu selection
- Data entry for embedded systems

How It Works

Matrix keypads use a combination of four rows and four columns to provide button states to the host device, typically a microcontroller. Underneath each key is a pushbutton, with one end connected to one row, and the other end connected to one column. These connections are shown in Figure 1.

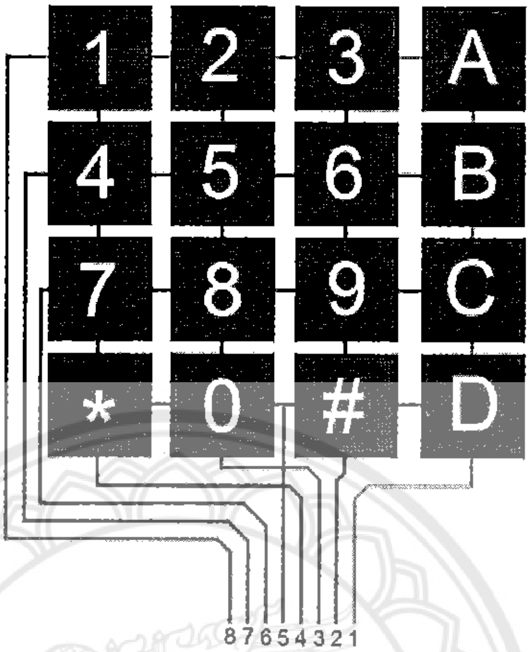


Figure 1: Matrix Keypad Connections

In order for the microcontroller to determine which button is pressed, it first needs to pull each of the four columns (pins 1-4) either low or high one at a time, and then poll the states of the four rows (pins 5-8). Depending on the states of the columns, the microcontroller can tell which button is pressed.

For example, say your program pulls all four columns low and then pulls the first row high. It then reads the input states of each column, and reads pin 1 high. This means that a contact has been made between column 4 and row 1, so button 'A' has been pressed.

Connection Diagrams

Figure 2

For use with the BASIC Stamp example program listed below.

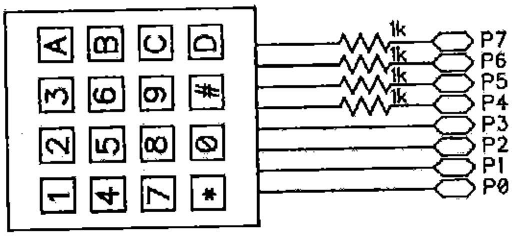
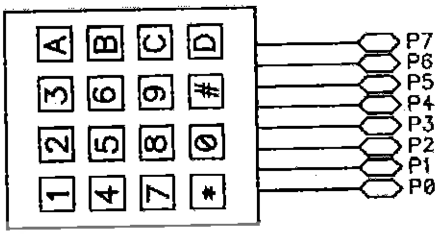


Figure 3

For use with the Propeller P8X32A example program listed below.



ภาคผนวก ฉ

รายละเอียดข้อมูลของโมดูลเชื่อมต่อระบบอินเตอร์เน็ต

The NodeMcu is an open-source firmware and development kit that helps you to Prototype your IOT product within a few Lua script lines.

Features:

- Open-source
- Interactive
- Programmable
- Low cost
- Simple
- Smart
- WI-FI enabled

Arduino-like hardware IO

Advanced API for hardware IO, which can dramatically reduce the redundant work for configuring and manipulating hardware.
Code like arduino, but interactively in Lua script.

Nodejs style network API

Event-driven API for network applicaitons, which faciliates developers writing code running on a 5mm*5mm sized MCU in Nodejs style.
Greatly speed up your IOT application developing process.

Specification:

The Development Kit based on ESP8266, integates GPIO, PWM, IIC, 1-Wire and ADC all in one board.
Power your developement in the fastest way combinating with NodeMCU Firmware!

- USB-TTL included, plug&play
- 10 GPIO, every GPIO can be PWM, I2C, 1-wire
- FCC CERTIFIED WI-FI module (Coming soon)
- PCB antenna

ภาคผนวก ช

รายละเอียดข้อมูลของมัลติมิเตอร์ รุ่น U1232A

AC specifications

Table 5-2 AC specifications

Function	Range	Resolution	Accuracy		Burden voltage
			45 Hz to 600 Hz	600 Hz to 1 kHz	*(where applicable)*
Voltage	600 mV	0.1 mV	1.0% + 3	2.0% + 3	-
	6 V	0.001 V	1.0% + 3	2.0% + 3	-
	60 V	0.01 V	1.0% + 3	2.0% + 3	-
	600 V	0.1 V	1.0% + 3	2.0% + 3	-
	600 V (VZ_{LOW})[3]	0.1 V	2.0% + 3	4.0% + 3	-

Notes for true rms AC voltage specifications:

1 Overload protection: 600 Vrms. For millivolt measurements, 600 Vrms for short circuits with <0.3 A current.
2 Input impedance: 10 MΩ (nominal) in parallel with <100 pF.
3 VZ_{LOW} input impedance: 3 kΩ (nominal).

Current[1]	60 µA[2]	0.01 µA	1.5% + 3	-	<2.5 V
	600 µA[2]	0.1 µA	1.5% + 3	-	<2.5 V
	6 A[3][5]	0.001 A	1.5% + 3	-	<0.2 V
	10 A[3][4]	0.01 A	1.5% + 3	-	<0.4 V

Notes for AC current specifications:

1 AC current measurement not available for U1231A model.
2 Overload protection for 60 µA to 600 µA range: 600 Vrms for short circuits with <0.3 A current.
3 Overload protection for 6 A to 10 A range: 11 A/1000 V; 10 × 38 mm fast-acting fuse.
4 Specification for 10 A range: 10 A continuous. Add 0.3% to the specified accuracy when measuring signals >10 A to 20 A for 30 seconds maximum. After measuring currents >10 A, cool down the multimeter for twice the duration of the measured time before proceeding with low current measurements.
5 AC current range of 0.6 mA to 300 mA is not measureable on the U1232A and U1233A models.

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

ชื่อ นางสาวกุลนิษฐ์ นารายฎร์

ภูมิลำเนา 91 หมู่ 7 ต.สักหลง อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนศรีจันทร์ วิทยาคม รัชมังคลาภิเษก
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: kunlanitn55@email.nu.ac.th

ชื่อ นายตันติกร กล่ำป้อง

ภูมิลำเนา 31/1 หมู่ 3 ต.คลองมะพลับ อ.ศรีนคร จ.สุโขทัย

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนสวรรค์อนันต์วิทยา
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: tantikornk55@email.nu.ac.th

ชื่อ นายกฤษฎ์ณภัทร คงกลิ่น

ภูมิลำเนา 106/1 หมู่ 9 ต.บ้านกร่าง อ.เมือง จ.พิษณุโลก

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนผดุงราษฎร์
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: gidnapatk55@email.nu.ac.th