มิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้า

ENERGY METER

นางสาวภคพัฐ ตุนันทารักษ์

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

มิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้า

ENERGY METER

นางสาวภคณัฐ สุนันทารักษ์

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา ฟิสิกส์ประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ENERGY METER

Miss. PAKANUT SUNANTARAKS

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIRMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE

IN APPLIED PHYSICS

FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2013

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ มิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้า

ENERGY METER

ชื่อนักศึกษา นางสาวภคณัฐ สุนันทารักษ์

ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา ฟิสิกส์

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์วิชิต ศิริโชติ

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ ประยุกต์ ประจำปีการศึกษา 2556

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
อ.ธนภรณ์ ลีลาวัฒนานนท์	
อ.กาจปัญญา สุวรรณสุโข	
อ.ภูมินทร์ จินดาจิธาวัฒน์	
รศ.วิชิต ศิริโชติ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	1
1.4 แนวทางการดำเนินการวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 พลังงานไฟฟ้า	3
2.2 กำลังไฟฟ้า	4
2.3 เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า	6
2.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า	7
2.4.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ADE 7763	7
2.4.2 PIC 16F886	11
2.4.3 หม้อแปลงกระแส (Current Transform, CT)	12
2.4.4 LM 2575	13
2.4.5 IC DS1307	14
2.4.6 24LC512	16
2.4.7 MAX232	17
2.4.8 LCD	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย

3.1 สร้างและออกแบบวงจร 19

3.1.1 ส่วนวัดค่าพลังงานไฟฟ้า 19

3.1.1.1 วงจรแบ่งแรงดัน (Voltage divider circuit) 20

3.1.1.2 หม้อแปลงกระแส (Current transform) 20

3.1.1.3 ADE 7763 21

3.1.2 ส่วนเก็บข้อมูลค่าพลังงาน 22

3.1.2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F886 22

3.1.2.2 DS 1307 24

3.1.2.3 24LC512 25

3.1.2.4 MAX232 25

3.1.3 ส่วนแสดงผล (LCD display) 26

3.2 ขั้นตอนการทดลองและบันทึกค่า 26

บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 ผลการทดลองวัดค่ากำลังไฟฟ้าจากเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดต่างๆ 27

4.2 สรุปผลการทดลอง 41

บทที่ 5 สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง 42

5.2 ปัญหาที่พบและข้อเสนอแนะ 43

5.3 แนวทางในการพัฒนา 44

เอกสารอ้างอิง 45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1.1 แนวทางการดำเนินงาน 2

2.1 การเก็บค่าเวลาและรีจิสเตอร์ควบคุมในหน่วยความจำแรมภายใน IC DS1307 15

2.2 แสดงชื่อขาและหน้าที่การใช้งานแต่ละขา 18

4.1 ผลการวัดค่าความต่างศักย์ของหลอดไฟฟ้า 29

4.2 ผลการวัดค่ากระแสของหลอดไฟฟ้า 1 ดวง 30

4.3 ผลการวัดค่ากระแสของหลอดไฟฟ้า 2 ดวง 31

4.4 ผลการวัดค่ากระแสของหลอดไฟฟ้า 3 ดวง 32

4.5 ผลการวัดค่ากระแสของหลอดไฟฟ้า 4 ดวง 33

4.6 ผลการวัดค่ากระแสของหลอดไฟฟ้า 5 ดวง 34

4.7 ผลการวัดค่ากำลังของหลอดไฟฟ้า 1 ดวง 35

4.8 ผลการวัดค่ากำลังของหลอดไฟฟ้า 2 ดวง 36

4.9 ผลการวัดค่ากำลังของหลอดไฟฟ้า 3 ดวง 37

4.10 ผลการวัดค่ากำลังของหลอดไฟฟ้า 4 ดวง 38

4.11 ผลการวัดค่ากำลังของหลอดไฟฟ้า 5 ดวง 39

4.12 ผลการวัดค่ากำลังไฟฟ้ารวมในหนึ่งชั่วโมงของหลอดไฟฟ้าทั้ง 5 ดวง 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับเวลา 3
2.2 กำลังงานไฟฟ้ากระแสสลับในโหลดอินดัคทีฟ 5
2.3 แสดงหลักการคิดค่าพาวเวอร์แฟคเตอร์ 6
2.4 บล็อกไดอะแกรม 6
2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ADE7763 7
2.6 แสดงโครงสร้างของ ADE7763 8
2.7 Function block diagram 9
2.8 สัญญาณช่องที่ 1 10
2.9 สัญญาณช่องที่ 2 10
2.10 PIC 16F886 11
2.11 ลักษณะขดลวดที่เป็นส่วนประกอบของหม้อแปลงกระแส 12
2.12 LM 2575 13
2.13 IC DS1307 14
2.14 24LC512 16
2.15 MAX232 17
2.16 แสดงวงจรภายในของ MAX232 17
2.17 โมดูลแอลซีดีแบบอักษร 18
3.1 แผนผังแสดงอุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าพลังงานไฟฟ้า 19
3.2 วงจรแบ่งแรงดัน 20
3.3 หม้อแปลงกระแส (current transformer) 20
3.4 power IC chip เบอร์ ADE7763 21
3.5 แผนผังแสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลค่าพลังงาน 22
3.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F886 22
3.7 แผนผังแสดงการทำงานของ PIC16F886 23
3.8 DS1307 24
3.9 การเชื่อมต่อ DS1307 เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยระบบบัสแบบ I^2C 24
3.10 24LC512 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.11	MAX232	25
3.12	ค่าพลังงานไฟฟ้าต่างๆ ที่แสดงบนแอลซีดี	26
4.1	Energy meter	27
4.2	เครื่องใช้ไฟฟ้าต่อกับเครื่อง energy meter	27
4.3	ค่าที่ได้จากเครื่อง energy meter	28
4.4	ค่าที่วัดได้จาก Clamp Meter	28
4.5	โหลดที่ใช้วัดค่าพลังงานไฟฟ้า	28
4.6	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์กับจำนวนครั้ง ของ Clamp Meter และ Energy meter	29
4.7	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับจำนวนครั้ง ของ Clamp Meter และ Energy meter ที่ใช้วัดหลอดไฟฟ้า 1 ดวง (100 W)	30
4.8	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับจำนวนครั้ง ของ Clamp Meter และ Energy meter ที่ใช้วัดหลอดไฟฟ้า 2 ดวง (200 W)	31
4.9	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับจำนวนครั้ง ของ Clamp Meter และ Energy meter ที่ใช้วัดหลอดไฟฟ้า 3 ดวง (300 W)	32
4.10	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับจำนวนครั้ง ของ Clamp Meter และ Energy meter ที่ใช้วัดหลอดไฟฟ้า 4 ดวง (400 W)	33
4.11	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับจำนวนครั้ง ของ Clamp Meter และ Energy meter ที่ใช้วัดหลอดไฟฟ้า 5 ดวง (500 W)	34
4.12	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับจำนวนครั้ง ของ Clamp Meter และ Energy meter ที่ใช้วัดหลอดไฟฟ้า 1 ดวง (100 W)	35
4.13	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับจำนวนครั้ง ของ Clamp Meter และ Energy meter ที่ใช้วัดหลอดไฟฟ้า 2 ดวง (200 W)	36
4.14	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับจำนวนครั้ง ของ Clamp Meter และ Energy meter ที่ใช้วัดหลอดไฟฟ้า 3 ดวง (300 W)	37
4.15	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับจำนวนครั้ง ของ Clamp Meter และ Energy meter ที่ใช้วัดหลอดไฟฟ้า 4 ดวง (400 W)	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับจำนวนครั้ง ของ Clamp Meter และ Energy meter ที่ใช้วัดหลอดไฟฟ้า 5 ดวง (500 W) 39

4.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ารวมในหนึ่งชั่วโมงกับจำนวนหลอดไฟฟ้าของ Clamp meter และ Energy meter ที่ใช้วัดหลอดไฟฟ้าทั้ง 5 ดวง 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

ปัจจุบันไฟฟ้าเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดปัจจัยหนึ่งสำหรับการดำรงชีวิตประจำวัน ไม่ว่าจะในด้านเศรษฐกิจ อุตสาหกรรมและเกษตรกรรมก็ต้องใช้ไฟฟ้าทั้งสิ้น การขยายตัวประชากรและการขยายตัวของเศรษฐกิจได้ดำเนินอยู่ตลอดเวลา จึงมีอัตราการเพิ่มของปริมาณการใช้ไฟฟ้าทุกๆ ปี แต่สิ่งที่โลกกำลังประสบอยู่ตอนนี้คือวิกฤตของพลังงาน

พลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานที่ใช้แล้วหมดไป ดังนั้นเราจึงต้องทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์ที่สุด ดังนั้นหากเราทราบได้ว่าในแต่ละวันเราใช้ไฟฟ้าไปมากน้อยเพียงใดก็จะช่วยทำให้เราประหยัดการใช้ไฟฟ้าได้

ดังนั้นผู้จัดทำจึงเล็งเห็นประโยชน์ของมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้า และได้ศึกษาทดลองพร้อมทั้งสร้างเครื่องวัดกำลังไฟฟ้าขึ้นมาให้วัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปได้อย่างถูกต้องแม่นยำ โดยใช้ชิพวัดพลังงานไฟฟ้าเบอร์ ADE7763 เพื่อวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า และไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC เบอร์ 16F886 คำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไป จากนั้นจะส่งผ่านข้อมูลเพื่อไปแสดงผลบนหน้าจอแอลซีดีแสดงผลเป็นตัวหนังสือ

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

รายงานชิ้นนี้เป็นการนำเอาความรู้ในเรื่องวงจรอิเล็กทรอนิคส์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ และคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้เข้าด้วยกัน เพื่อศึกษาและทดลองนำมาออกแบบเครื่องวัดกำลังไฟฟ้า (Watt Meter) ให้สามารถวัดกำลังไฟฟ้าที่ใช้ไปได้อย่างถูกต้องแม่นยำและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในอนาคตได้

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษาการทำงานของชิพวัดพลังงานไฟฟ้าเบอร์ ADE7763
2. สามารถวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าเพื่อนำมาค่ากำลังไฟฟ้า
3. สามารถหาค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ด้วยโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์
4. สามารถแสงผลข้อมูลบนจอหน้าจอแอลซีดีแสดงผลเป็นตัวหนังสือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 แนวทางการดำเนินงานวิจัย

โครงงานมีระยะเวลาในการจัดทำทั้งสิ้น 6 เดือน โดยเริ่มตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2557 ซึ่งมีการดำเนินการดังนี้

จากแนวทางการดำเนินงานข้างต้น สามารถแสดงระยะเวลาดำเนินงานได้ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 แนวทางการดำเนินงาน

แผนการดำเนินงาน	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1. ศึกษารวบรวมข้อมูล								
2. เตรียมอุปกรณ์								
3. ทำการทดลอง								
4. แก้ไขข้อผิดพลาด								
5. บันทึกและสรุปผล								

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

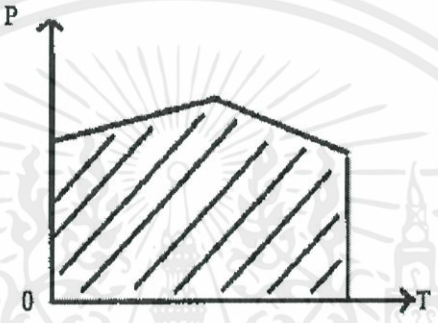
1. สามารถอ่านค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ไปได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ
2. สามารถแสดงค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ไปได้บนจอหน้าจอแอลซีดีแสดงผลเป็นตัวหนังสือ
3. สามารถเป็นต้นแบบและเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 พลังงานไฟฟ้า

พลังงานไฟฟ้า คือ ผลคูณของกำลังไฟฟ้ากับเวลา โดยจากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและเวลาจะสามารถหาค่าพลังงานไฟฟ้าได้จากพื้นที่ใต้กราฟ



รูปที่ 2.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับเวลา

ซึ่งจะสอดคล้องกับสมการ

$$w = \int_0^T P\,dt$$

$$= \text{พื้นที่ใต้กราฟของกำลังไฟฟ้า}$$

จะได้ว่า $w = V \cdot I \cdot T \quad ; \quad P = V \cdot I$

เพราะฉะนั้น $w = P \cdot T$

จาก $T = \frac{1}{f}$ เมื่อ f เป็นความถี่จะได้ว่า $w = \frac{v \cdot 1}{f}$

Energy Meter (wh) = Power (P) x Timer (T)

$$= \frac{Power\ (P) \cdot Timer\ (T)}{1000}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 กำลังไฟฟ้า

กำลังไฟฟ้า (Electrical Power) เป็นกำลังไฟฟ้าที่ใช้ไปในการทำให้เกิดพลังงานในรูปต่างๆ เช่น พลังงานความร้อน พลังงานแสงสว่าง พลังงานกล มีหน่วยเป็นวัตต์ (watt) ซึ่งกำลังไฟฟ้าจะมีรูปแบบการคิดที่แตกต่างตามลักษณะของกระแสไฟฟ้า

ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง กำลังไฟฟ้าที่ใช้ไปในโหลด R จะมีค่าเป็น

$$P = I^2 \cdot R = \frac{V^2}{R} \qquad \text{(วัตต์)}$$

โดยที่ V คือ แรงดันตกคร่อมโหลด และ I คือกระแสที่ไหลผ่านโหลด

ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ ขณะที่แรงดันตกคร่อมโหลดเท่ากับ V(t) และกระแสที่ไหลผ่านโหลดจะมีค่าเป็น I(t) กำลังไฟฟ้าที่ใช้ไปในโหลด R จะมีค่าเป็น

$$P(t) = I(t) \cdot V(t) \qquad \text{(วัตต์)}$$

สมมติว่าแรงดันตกคร่อมโหลดเป็นแรงดันไฟฟ้าสลับรูปไซน์ ที่มีสมการเป็น

$$v = V_m sin\omega t \qquad \text{(โวลต์)}$$

ถ้าโหลดมีความต้านทานเป็น R และกระแสที่ไหลผ่านโหลด I จะมีค่าเป็น

$$\left(\frac{V_m}{R}\right) sin\omega t = I_m sin\omega t \qquad \text{(แอมแปร์)}$$

ดังนั้นค่ากำลังไฟฟ้าจะเขียนได้เป็น

$$P = V_m I_m sin^2 \omega t \qquad \text{(วัตต์)}$$

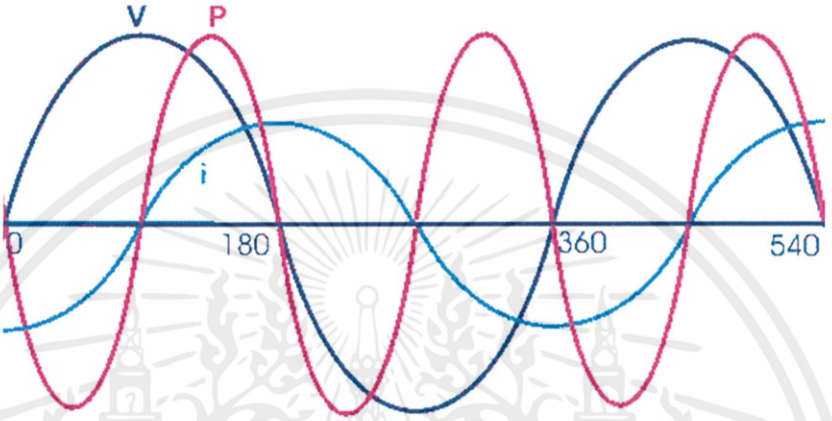
สำหรับคำจำกัดความของค่าสัมประสิทธิ์ผลค่าเฉลี่ยของ P ในช่วงเวลาครบรอบซึ่งก็คือกำลังไฟฟ้าโดยเฉลี่ย P จะมีค่าเป็น

$$P = VI = I^2 R = \frac{V^2}{R} \qquad \text{(วัตต์)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยให้ V และ I เป็นค่าสัมประสิทธิ์ผลของ v และ i สมการนี้มีรูปแบบเดียวกันกับสมการกระแสตรง P ในสมการนี้เรียกว่ากำลังไฟฟ้ากระแสสลับ ถ้าโหลดเป็นตัวรีแอคทีฟ (Reactive element) เช่น อินดัคแทนซ์ L เป็นต้น

$$i = \left(\frac{V_m}{\omega L}\right)\sin(\omega t(-\frac{\pi}{2})) = I_m \sin(\omega t(-\frac{\pi}{2})) \qquad \text{(วัตต์)}$$



รูปที่ 2.2 กำลังงานไฟฟ้ากระแสสลับในโหลดอินดัคทีฟ

สำหรับความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้ากระแสสลับกับโหลดทั่วไป และกรณีกำลังเฉลี่ย P จะมีค่าเป็น

$$P = VI\cos\varphi$$

โดยอาศัยความสัมพันธ์ $\cos\varphi = \frac{R}{\sqrt{R^2+X^2}}$

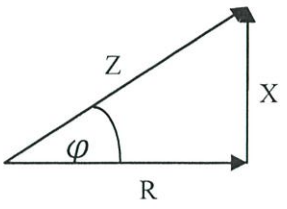
ซึ่งจะหาต่อไปได้ว่า

$$P = I^2 \cdot R = \frac{V^2}{R}$$

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่าโดยทั่วไปกำลังเฉลี่ยในกรณีของไฟฟ้ากระแสสลับแสดงได้ว่าเป็นผลคูณระหว่างแรงดันประสิทธิผลคร่อมโหลดกับกระแสประสิทธิผลที่ไหลผ่านโหลดกับค่า cos ของมุมเฟสของแรงดันกับกระแส ซึ่งกำลังเฉลี่ยนี้จะมีค่าเท่ากับกำลังที่ใช้ไปในความต้านทานของโหลดจึงเรียกว่า กำลังประสิทธิผล ส่วนกำลังแต่ละขณะซึ่งมีค่าเท่ากับ $P = VI\cos\varphi$ อันเป็นกำลังถ่ายเทไปมาระหว่างต้นกำเนิดกำลังกับรีแอคแทนซ์ของโหลดโดยไม่มีการสิ้นเปลืองไป เรียกว่า กำลังรีแอคทีฟ ค่าของ IV เรียกว่า กำลังที่ปรากฏและค่าของ $\cos\varphi$ เรียกว่า ค่าพาวเวอร์แฟคเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{POWER FACTOR} = cos\varphi = \frac{R}{Z}$$



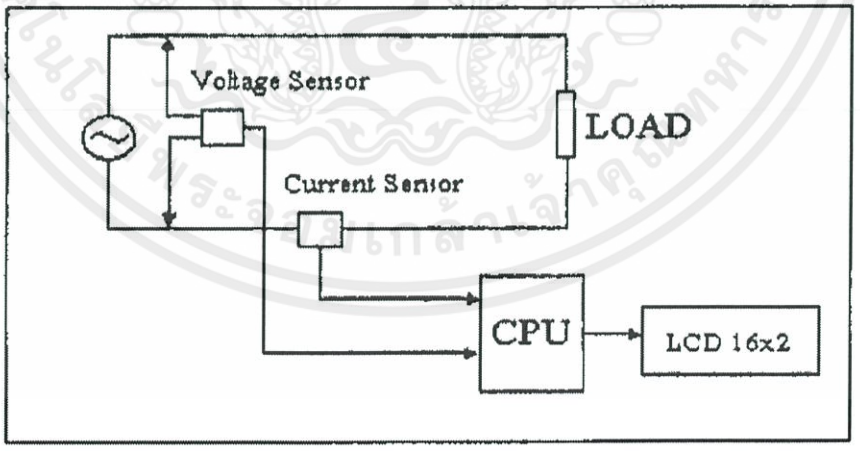
รูปที่ 2.3 แสดงหลักการคิดค่าพาวเวอร์แฟคเตอร์

2.3 เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า

เนื่องจากเครื่องวัดกำลังเป็นเครื่องวัดแบบรวมยอด ใช้สำหรับวัดพลังงานไฟฟ้าที่ป้อนให้กับวงจรหนึ่งในเวลาที่กำหนดให้ช่วงหนึ่ง เครื่องวัดแบบนี้จึงไม่สามารถที่จะบอกค่ากำลังของไฟฟ้าโดยตรงได้ เพราะการบวกรวมยอดของกำลังไฟฟ้านี้เป็นการรวมยอดปริมาณทั้งหมด ซึ่งในการสร้างเครื่องวัดกำลังไฟฟ้าสามารถแบ่งการดำเนินการและการออกแบบได้ดังนี้

1. การตรวจจับสัญญาณกระแสไฟฟ้า
2. การแปลงสัญญาณอนาลอกให้เป็นสัญญาณดิจิตอล (A/D)
3. ชุดควบคุมและแสดงผลโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F886

ซึ่งทั้งสามส่วนได้ถูกนำมาเขียนรวมในบล็อกไดอะแกรม (Block Diagram) เพื่อง่ายต่อความเข้าใจ



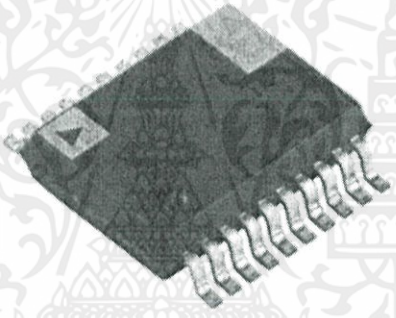
รูปที่ 2.4 บล็อกไดอะแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปจะสามารถอธิบายการทำงานของเครื่องวัดกำลังไฟฟ้าได้ว่า เมื่อนำโหลดมาต่อในวงจรจะมีกระแสไหลผ่านโหลด จะทำให้ตัวตรวจจับแรงดันและกระแสไฟฟ้าทำงานพร้อมกัน ซึ่งสัญญาณที่ตรวจจับได้นั้นเป็นสัญญาณอนาลอก และสัญญาณจะถูกแปลงเป็นดิจิตอล หลังจากนั้นสัญญาณจะเข้ามาอยู่ในตัวคอนโทรลเลอร์ ซึ่งคอนโทรลเลอร์จะประมวลผลและแสดงผลออกทางหน้าจอแอลซีดีแสดงผลเป็นตัวหนังสือ

2.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้า

2.4.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ADE7763



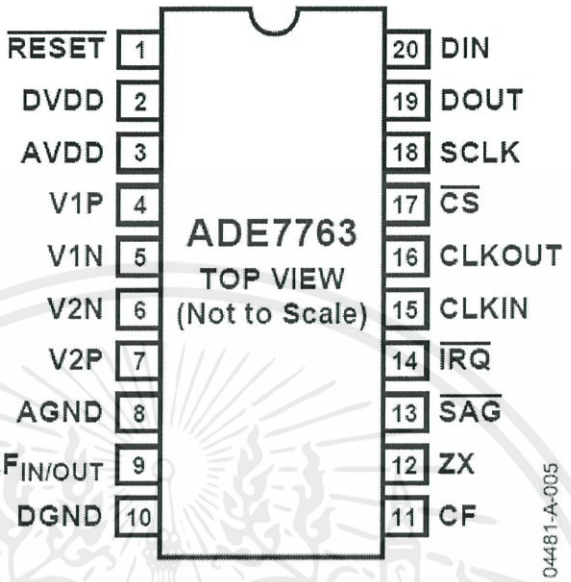
รูปที่ 2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ADE7763

ADE7763 เป็น Power IC chip ซึ่ง IC ตัวนี้มีความสามารถในการวัด การคำนวณค่าทางไฟฟ้าออกมาได้หลากหลาย และมีความแม่นยำสูง มีความสามารถในการวัดแรงดัน กระแส รวมไปถึงค่ากำลังไฟฟ้าต่างๆ เช่น กำลังไฟฟ้าจริง (Active Power) และกำลังไฟฟ้าปรากฏ (Apparent Power) โดยเอาท์พุตที่ได้นั้นจะแสดงผลออกมาเป็นค่าดิจิตอล ซึ่งการวัดพลังงานไฟฟ้านี้จะเหมาะสมกับการวัดพลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าตามบ้านเรือน นอกจากนี้ยังสามารถวัดค่ากำลังไฟฟ้าสะสมในหนึ่งชั่วโมงได้อีกด้วย

ADE7763 มีส่วนที่ใช้ติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก แบบอนุกรม (SPI : Serial Peripheral Interface) เพื่อใช้ในการติดต่อระหว่าง Power IC กับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติ

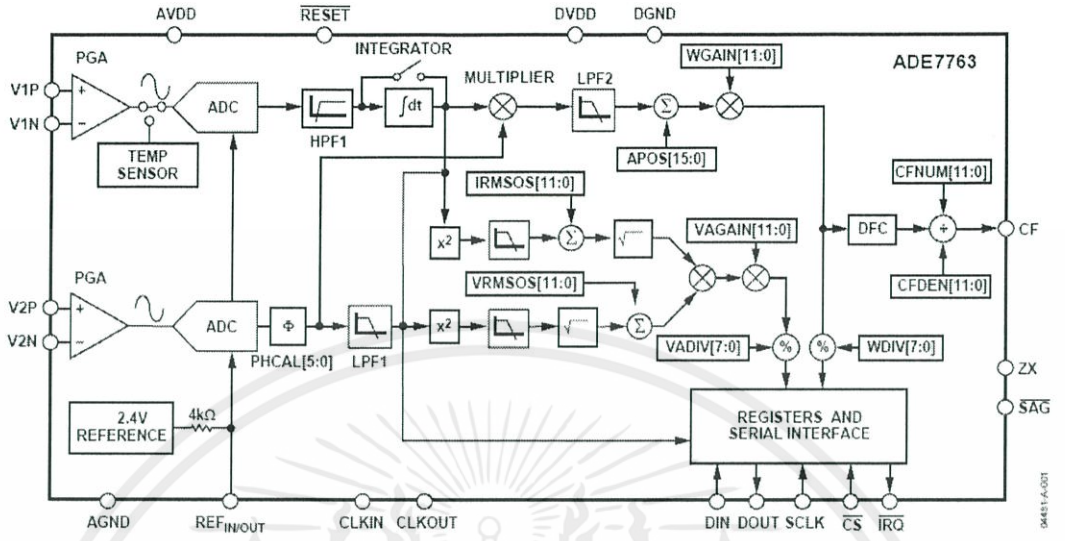


รูปที่ 2.6 แสดงโครงสร้างของ ADE7763

- มีความแม่นยำสูง
- มีความผิดพลาดน้อยกว่า 0.1% Dynamic Range 1000 ถึง 1 ที่ 25° C
- จ่ายพลังงานออกมาในรูปความถี่ที่ F1 และ F2
- ที่ output มีความถี่ CF สูง
- Logic output REVP จะให้ข้อมูลกำลังไฟฟ้า
- อัตราการขยายกระแสไฟฟ้าจะใช้ตัวต้านทานแบบ shunt และ burden
- มีความแม่นยำสูงในกระบวนการ ADCs และ DSPs
- On-chip ที่ประมาณ 2.4 V ± 8% ที่ external overdrive
- ใช้แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า 5 V, ใช้กำลังไฟน้อย (ประมาณ 25 mW)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Block Diagram



รูปที่ 2.7 Function block diagram

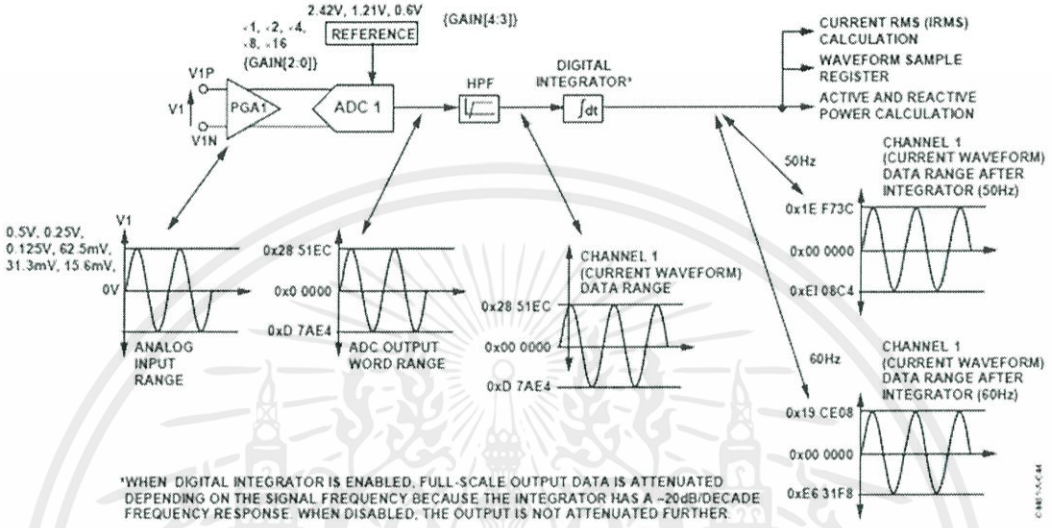
การทำงานภายในของ ADE7763

ADE7763 มีอินพุตออกสองทาง คือ ทางที่หนึ่งเป็นอินพุตสำหรับวัดค่ากระแสไฟฟ้า (Current Channel) และอีกทาง คืออินพุตของแรงดันไฟฟ้า (Voltage Channel) ซึ่งทั้งสอง Channel นี้ รับค่าแรงดันไฟฟ้าได้มากที่สุดไม่เกิน ±0.5 Vrms หลังจากนั้นสัญญาณจะผ่านเข้ามาที่ตัวขยายสัญญาณ (Amplifier) ต่อมา สัญญาณที่วัดได้ ก็จะผ่านตัวแปลงสัญญาณจากอนาล็อกเป็นดิจิตอล (A/D) จากนั้นผ่านเข้าสู่ตัวกรองความถี่สูง (High Pass Filter) เพื่อตัดสัญญาณรบกวนต่างๆ ออก และเมื่อสัญญาณผ่านวงจรอินทิเกรเตอร์ (Integrator) ทั้งสอง Channel สัญญาณจะแบ่งออกเป็นสองส่วน โดยส่วนที่หนึ่งจะนำไปคูณกับแรงดันไฟฟ้า ผลที่ได้จะเป็นกำลังไฟฟ้าจริง มีหน่วยเป็นวัตต์ และนำค่าที่ได้เก็บไว้ในรีจิสเตอร์ ซึ่งจะสะสมค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ดังนั้นค่าในรีจิสเตอร์ จึงเป็นค่าพลังงานไฟฟ้าจริง (Active Energy) ส่วนสัญญาณที่สอง นั้นจะนำมาคำนวณ เป็นค่ารากของกำลังสองเฉลี่ย (rms) ก่อนที่จะนำมาคูณกับแรงดันไฟฟ้า (rms) เพื่อให้ได้กำลังไฟฟ้าปรากฏ มีหน่วยเป็น VA (Volt-Amp) และนำค่าที่ได้เก็บไว้ในรีจิสเตอร์ ซึ่งจะสะสมค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ดังนั้นค่าในรีจิสเตอร์ จึงเป็นค่าพลังงานไฟฟ้าปรากฏ (Apparent Energy)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณช่องที่ 1 (Channel 1)

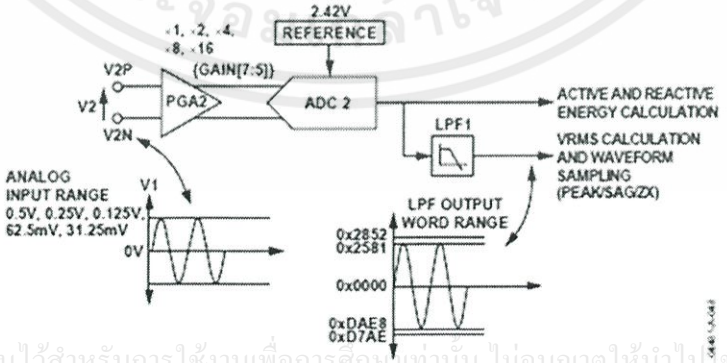
สัญญาณอินพุตช่องที่ 1 มีค่าไม่เกิน ±0.5 โวลต์ สัญญาณที่ได้จะผ่านกระบวนการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล และผ่านสัญญาณกรองความถี่เพื่อตัดสัญญาณรบกวน จากนั้นจะมีการนำค่าที่ได้ไปคำนวณและเก็บบันทึกไว้



รูปที่ 2.8 สัญญาณช่องที่ 1

สัญญาณช่องที่ 2 (Channel 2)

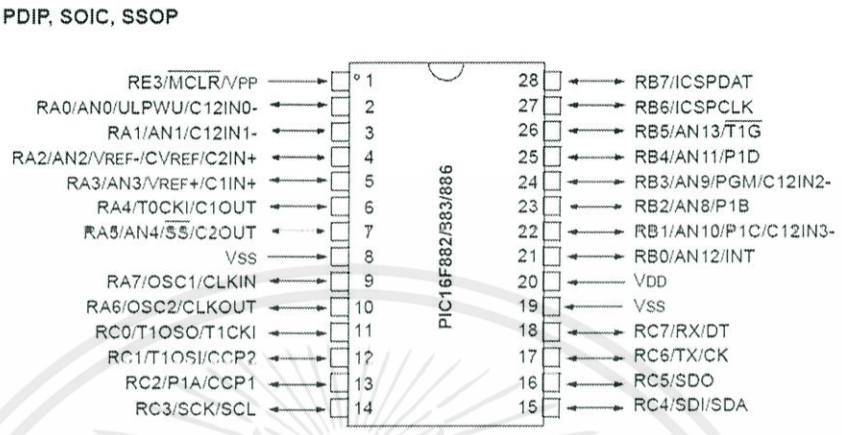
เป็นสัญญาณแรงดันซึ่งต่อเข้าทางด้านช่องสัญญาณที่ 2 ของวงจรสำเร็จรูป ADE 7763 โดยแรงดันไฟฟ้าที่ใช้งานมีค่าสูงสุดไม่เกิน ±0.5 โวลต์ ค่าอินพุตที่ได้จะผ่านตัวขยายสัญญาณ ผ่านกระบวนการ แปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล เหมือนช่องสัญญาณที่ 1 และตัวกรองสัญญาณความถี่ต่ำ เอาท์พุตที่ได้จะถูกบันทึกและนำไปใช้คำนวณเพื่อหาค่ากำลังไฟฟ้าต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.9 สัญญาณช่องที่ 2

2.4.2 PIC 16F886



รูปที่ 2.10 PIC 16F886

PIC16F886 นั้นจะรวมวงจรหลายอย่างไว้ในชิพตัวเดียว ได้แก่ หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) หน่วยความจำโปรแกรม, หน่วยความจำข้อมูล, Timer, Feedback Control, CCP, ADC (analog to digital convertor) จึงไม่ต้องต่ออุปกรณ์ใดๆ เพิ่มเติม ทำให้สามารถลดขนาดอุปกรณ์ต่างๆ ลงได้ ทำให้บอร์ดมีขนาดเล็กลง สามารถปรับเปลี่ยนการทำงานได้ด้วยการเขียนโปรแกรม

คุณสมบัติ

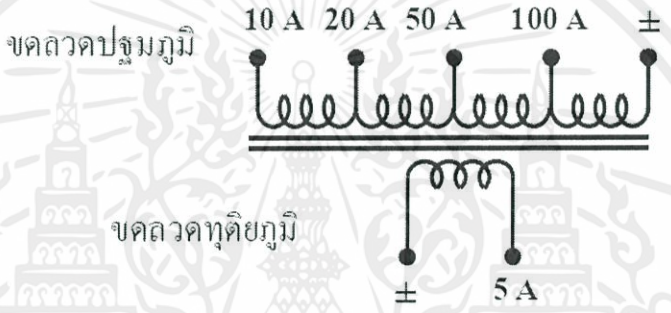
- ซอฟต์แวร์จะทำงานในช่วงความถี่ระหว่าง 8 MHz ถึง 31 kHz
- มีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด ±1%
- มีหน่วยความจำแบบแฟลชทนทานสูง สามารถลบและเขียนได้ถึง 100,000 ครั้ง หรือ 1,000,000 ครั้งแบบ EEPROM และมีอายุการทำงานมากกว่า 40 ปี
- ทำงานในแรงดันไฟ 2.0 - 5.5 โวลต์
- มีหมดการทำงาน Power-Saving Sleep
- สามารถควบคุม Brown-out Reset (BOR) ด้วยตัวเลือกในซอฟต์แวร์
- มีโหมด two-speed start-up
- สามารถตรวจสอบ crystal fail ได้ด้วย critical application
- มี clock mode switching ในระหว่างกระบวนการ power saving

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 หม้อแปลงกระแส (Current Transformer, CT)

หลักการทำงานของหม้อแปลงกระแส (Current transform, CT) คือใช้สำหรับการลดกระแสไฟฟ้าของแหล่งจ่ายที่มีกระแสสูง (High current) เพื่อให้เหมาะสมกับย่านการวัดของแอมมิเตอร์ และวัตต์มิเตอร์

โดยโครงสร้างของหม้อแปลงกระแสนี้จะประกอบไปด้วยขดลวด 2 ชุด คือขดลวดปฐมภูมิซึ่งพันด้วยลวดเส้นใหญ่จำนวนรอบน้อย และขดลวดทุติยภูมิที่พันด้วยลวดเส้นเล็กจำนวนรอบมากกว่า ดังรูป



รูปที่ 2.11 ลักษณะขดลวดที่เป็นส่วนประกอบของหม้อแปลงกระแส

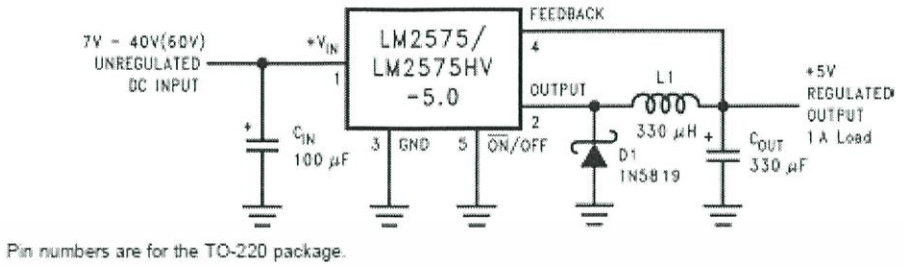
หลักการทำงาน ขดลวดปฐมภูมิต่ออนุกรมกับโหลดของวงจร ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นทางด้านขดลวดปฐมภูมิ ไปเหนี่ยวนำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นทางด้านขดลวดทุติยภูมิ ทำให้เข็มชี้ของมิเตอร์เกิดการเบนออกจากปกติ ค่าที่อ่านได้ทางด้านขดลวดทุติยภูมิสามารถนำไปคำนวณหาค่ากระแสหรือกำลังที่ไหลผ่านขดลวดปฐมภูมิได้ โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าในขดลวดทั้งสอง ซึ่งการใช้งานหม้อแปลงกระแสมีเหตุผลหลักๆ 2 ประการ คือ

1. เพื่อป้องกันอันตรายจากการต่อแอมมิเตอร์ หรือขดลวดกระแสของเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า โดยตรงกับสายไฟฟ้าแรงสูง

2. แปลงกระแสไฟฟ้าในระบบให้ต่ำลง เพื่อให้เหมาะสมกับย่านการวัดของแอมมิเตอร์และวัตต์มิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 LM 2575



รูปที่ 2.12 LM 2575

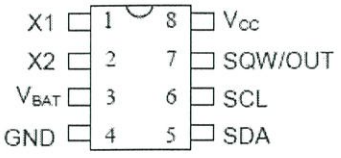
คุณสมบัติ

- แต่ละรุ่นสามารถปรับ output ให้เป็น 3.3V, 5V, 12V และ 15V
- กระแสเอาท์พุต 1 A
- ช่วงความกว้างของความต่างศักย์อินพุต คือ 40V ถึง 60V สำหรับ HV Version
- ใช้เพียง 4 external component
- ความถี่ภายในคงที่ 52 kHz
- สามารถปิด TTL , โหมด standbyใช้พลังงานต่ำ
- มีประสิทธิภาพสูง
- มี Standard Inductorsและใช้งานได้ง่าย
- มี thermal shutdown และ Current Limit protection
- ผ่านการทดสอบ P+ Product Enhancement

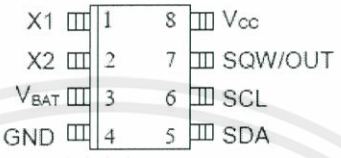
หลักการทำงานของ LM2575 คือเป็นวงจรแปลงค่าแรงดันไฟฟ้าให้ต่ำลง หรือ Step Down Voltage Regulator ที่ถูกพัฒนาให้มีขนาดที่เล็กลงประมาณ 1.4x2.4x1.1 cm. ซึ่งมีข้อดีคือ สามารถใช้งานได้กับค่าแรงดันไฟฟ้านำเข้า (Input Voltage) ได้สูงโดยไม่ต้องมีตัวระบายความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.5 IC DS1307



DS1307 8-Pin DIP (300 mil)



DS1307Z 8-Pin SOIC (150 mil)

รูปที่ 2.13 IC DS1307

คุณสมบัติ

- เป็น real time clock ที่สามารถนับได้ตั้งแต่วินาที , นาที , ชั่วโมง , วัน , เดือน , ปี
- สามารถเก็บข้อมูลใน RAM ถึง 56 ไบต์
- 2-wire serial interface
- สัญญาณเอาท์พุตที่ได้เป็นแบบ squarewave
- มีระบบ power-fail อัตโนมัติ
- ใช้พลังงานน้อยกว่า 500 nA in battery backup mode with oscillator running
- ใช้งานได้ในช่วงอุณหภูมิ -40°C ถึง +85°C
- สามารถใช้ใน 8-pin DIP หรือ SOIC
- ผ่านการทดสอบจาก Recognized by Underwriters Laboratory

IC DS1307 จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับวันเวลาทั้งหมดได้แก่ วินาที, นาที, ชั่วโมง, วันในสัปดาห์, วันที่, เดือนและปี ค.ศ. โดย IC DS1307 จำเป็นต้องต่อแบตเตอรี่ไว้ตลอดเวลาเพื่อเป็นไฟเลี้ยงวงจรภายในให้ทำงานต่อไป IC DS1307 สามารถกำเนิดสัญญาณพัลส์ที่ขา 7 (SQW/Out) ส่งออกมาตลอดเวลาในกรณีที่มีการ enable วงจรกำหนดสัญญาณพัลส์ที่รีจิสเตอร์ควบคุมค่าความถี่สัญญาณนี้สามารถเลือกได้ 4 ค่าคือ 1 Hz, 4.096 kHz, 8.192 kHz, 32.768 kHz พร้อมกันนั้นจะมีการเก็บค่าของเวลาไว้ในหน่วยความจำแรมภายในซึ่งมีขนาดรวม 64 ไบต์แต่จัดให้เก็บข้อมูลเวลาและรีจีสเตอร์ควบคุมจำนวน 8 ไบต์และเป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปสำหรับผู้ใช้งานอีก 56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้นำไฟล์นี้ไปเผยแพร่ต่อ ไม่ว่าจะเป็นการเผยแพร่ฟรีหรือคิดค่าใช้จ่าย

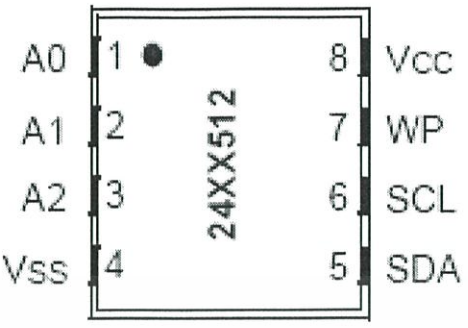
ไบต์ถ้าใช้ VBAT เท่ากับ 3 โวลต์ แล้วไฟเลี้ยงมีค่าต่ำกว่า VBAT IC DS1307 จะเข้าสู่โหมดสำรองข้อมูลกระแสต่ำทันทีจะไม่มีการกำหนดสัญญาณพัลส์ออกมาแต่วงจรสร้างฐานเวลายังคงทำงานต่อไปเมื่อมีไฟเลี้ยงปรากฏขึ้นอีกครั้ง IC DS1307 จึงมีค่าของเวลาที่เป็นจริงวงจรสื่อสารอนุกรมภายใน IC DS1307 เป็นช่องทางการสื่อสารระหว่าง IC DS1307 กับอุปกรณ์มาสเตอร์ในระบบ I^2C Bus ผู้ใช้สามารถเข้าถึงหน่วยความจำที่ใช้เก็บค่าเวลา และหน่วยความจำที่ใช้งานทั่วไปได้โดยรายละเอียดการเก็บค่าเวลาและรีจิสเตอร์ควบคุมในหน่วยความจำแรมภายใน IC DS1307 เป็นไปตามตาราง

ตารางที่ 2.1 การเก็บค่าเวลาและรีจีสเตอร์ควบคุมในหน่วยความจำแรมภายใน IC DS1307

ค่าของข้อมูล	ADDR	BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0
00 – 59	00H	CH	ข้อมูลวินาที (หลักสิบ)			ข้อมูลวินาที (หลักหน่วย)			
00 – 59	01H	X	ข้อมูลนาที (หลักสิบ)			ข้อมูลนาที (หลักหน่วย)			
01 – 12 00 - 23	02H	X	12 ชม. ("1")	ชม. (หลักสิบ)	ข้อมูลชม. (หลักสิบ)	ข้อมูลชั่วโมง (หลักหน่วย)			
			24 ชม.	AM / PM					
1 – 7	03H	X	X	X	X	X	ข้อมูลวันในสัปดาห์		
01 – 28 / 29 01 – 30 / 31	04H	X	X	ข้อมูลวันที่ (หลักสิบ)		ข้อมูลวันที่ (หลักหน่วย)			
01 – 12	05H	X	X	X	ข้อมูลเดือน (หลักสิบ)	ข้อมูลเดือน (หลักหน่วย)			
00 - 99	06H	ข้อมูลปี (หลักสิบ)				ข้อมูลปี (หลักหน่วย)			
	07H	OUT	X	X	SQWE	X	X	RS1	RS0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.6 24LC512



รูปที่ 2.14 24LC512

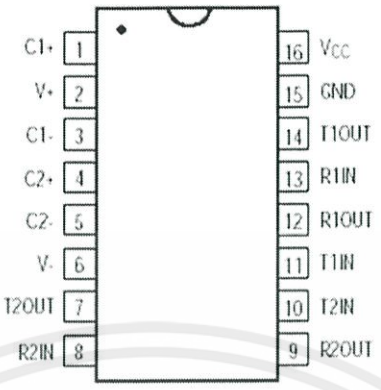
คุณสมบัติ

- เป็นชนิด CMOS ใช้พลังงานต่ำ
- 2-wire serial interface bus
- สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่นได้ 8 ตัว
- Self-timed erase/write cycle
- มี 128 ไบต์ สำหรับการเขียนเพื่อใช้งาน
- สามารถเขียนมากที่สุดใน 1 ช่วงเวลา 5 ms
- มีฮาร์ดแวร์ป้องกันการเขียนสำหรับอาร์เรย์ทั้งหมด
- มี Schmitt Trigger inputs สำหรับสิ่งรบกวน
- สามารถเขียนและลบได้ 1,000,000
- ป้องกัน Electrostatic discharge ได้มากถึง 4000 โวลต์
- สามารถเก็บข้อมูลได้มากกว่า 200 ปี
- 14-lead TSSOP package

24LC512 เป็น EEPROM ทำหน้าที่บันทึกข้อมูลค่ากระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า ตามคำสั่งของ MCU และตามเวลาที่ได้ตั้งไว้ เช่น ทุกวินาที หรือทุก 1 ชั่วโมง เราสามารถกำหนดได้ไม่จำกัด และสามารถถ่ายข้อมูลที่เก็บค่าไว้ไปยังคอมพิวเตอร์เครื่องอื่นๆ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.7 MAX232

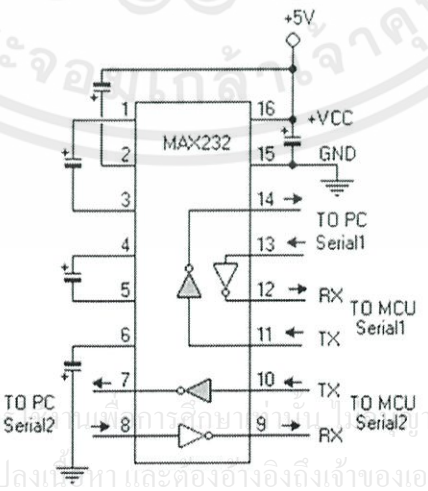


รูปที่ 2.15 MAX232

คุณสมบัติ

- ระดับแรงดันเอาท์พุตสามารถเข้าได้กับระดับอินพุตของวงจร K-MOS, N-MOS and TTL
- มี Supply voltage : 5 โวลต์
- ใช้กระแสอินพุตต่ำ : 0.1μA , 1 μA ที่ 25 °C
- กระแสเอาท์พุต 24 mA
- Latching current ไม่น้อยกว่า 450 mA ที่ 25 °C

MAX232 , ICL232 เป็นไอซีที่แปลงระดับสัญญาณของ RS-232 (±10 ถึง ±20 โวลต์) มาเป็นระดับ TTL (0-5 โวลต์) และในทำนองเดียวกันก็แปลงระดับสัญญาณ TTL ไปเป็นระดับสัญญาณ RS-232 โดยมีรูปแบบของวงจรภายในเป็นดังต่อไปนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.16 แสดงวงจรภายในของ MAX232

2.4.8 LCD

ปัจจุบันนี้อุปกรณ์แสดงผลที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ มีอยู่หลายชนิด ตัวอย่างเช่น 7-Segment, LED ชนิดดวง และ LED เป็นต้น โดยในงานวิจัยนี้ได้ใช้หน้าจอแอลซีดีที่แสดงผลแบบตัวอักษร เพราะว่ามีการจำหน่ายแพร่หลายและนิยมใช้ค่อนข้างมาก

รูปที่ 2.17 โมดูลแอลซีดีแบบอักษร

การติดต่อกับโมดูลแอลซีดี สามารถติดต่อได้สองแบบ คือ แบบ 4 bit และแบบ 8 bit ในงานวิจัยนี้ใช้งานในโหมด 4 bit

สำหรับโมดูลแอลซีดีที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้มีโมดูลแบบแอลซีดีที่แสดงผลเป็นตัวอักษร 1 บรรทัด (LCD 16x1) เนื่องจากราคาถูก หาง่าย และเป็นโมดูลแอลซีดีที่มีโครงสร้างเป็นมาตรฐาน แอลซีดีมีขาต่อใช้งานทั้งหมด 14 ขา มีการจัดขาดังในรูป สำหรับรายละเอียดการทำงานของแต่ละขามีดังนี้

ตารางที่ 2.2 แสดงชื่อขาและหน้าที่การใช้งานแต่ละขา

ขาที่	ชื่อขา	หน้าที่ใช้งาน
1	GND	ต่อกับกราวด์ของวงจร
2	$+V_{DO}$	ต่อกับไฟเลี้ยง +5 โวลต์
3	V_O	เป็นขาสำหรับป้อนแรงดันเพื่อปรับความสว่างของหน้าจอแอลซีดี
4	Rs	เป็นขาเลือกการติดต่อกับรีจิสเตอร์คำสั่งหรือรีจิสเตอร์ข้อมูล 0 : จะติดต่อกับรีจิสเตอร์คำสั่ง 1 : จะติดต่อกับรีจิสเตอร์ข้อมูลเพื่อนำข้อมูลไปแสดงผล
5	R/W	เป็นขาเลือกการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับโมดูลแอลซีดี
6	E	เป็นขาสำหรับป้อนสัญญาณพัลส์เอ็นเอเบิลให้โมดูลแอลซีดี
7 - 14	D0 - D7	เป็นขาข้อมูล 8 บิต โดยใช้ขา 7 คือ D0 ไล่ไปจนถึงขา 14 คือ D7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

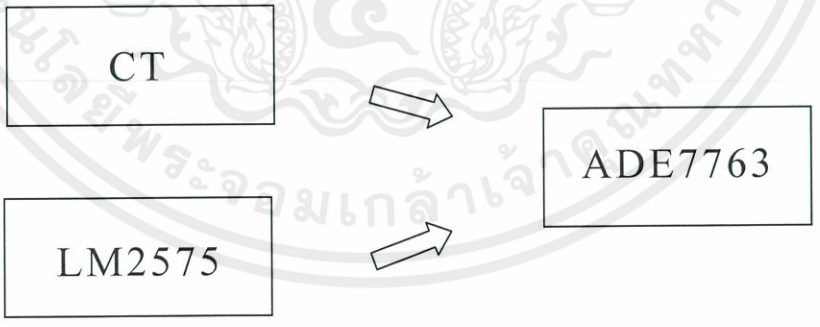
บทที่ 3
การดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ การสร้างและออแบบวงจรของมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้ากับขั้นตอนการทดลองเพื่อใช้ศึกษาผลลัพธ์ค่าพลังงานที่ได้จากมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าว่ามีค่าแม่นยำมากน้อยเพียงได้เมื่อเทียบกับค่าที่ได้จากมิเตอร์มาตรฐาน

3.1 สร้างและออกแบบวงจร

ทางผู้จัดทำได้ออกแบบและสร้างมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้านี้ โดยหัวใจหลักของงานนี้คือการวัดค่ากระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์ กำลังไฟฟ้าแล้วแสดงผลค่าพลังงานไฟฟ้าพร้อมกับเวลาที่ใช้งาน ผู้จัดทำจึงเลือกใช้ ADE 7763 ซึ่งใช้วัดค่าพลังงานไฟฟ้าต่างๆ และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F886g เพื่อเขียนโปรแกรมในการรวบรวมผลของค่าพลังงานต่างๆ เวลาที่ใช้งานแล้วแสดงผล โดยผู้จัดทำได้แบ่งวงจรออกเป็น 3 ส่วน ประกอบด้วยส่วนวัดค่าพลังงานไฟฟ้า ส่วนเก็บข้อมูลค่าพลังงาน และส่วนการแสดงผลค่าของพลังงานไฟฟ้า

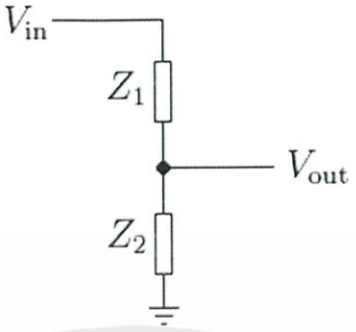
3.1.1 ส่วนวัดค่าพลังงานไฟฟ้า



รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงอุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าพลังงานไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1.1 วงจรแบ่งแรงดัน (Voltage divider circuit)



รูปที่ 3.2 วงจรแบ่งแรงดัน

วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าเป็นวงจรที่ทำหน้าที่แบ่งแรงดันไฟฟ้าออกเป็นระดับต่าง ๆ ตามความต้องการ วงจรมีลักษณะเป็นวงจรแบบอนุกรม แล้วนำค่าความต่างศักย์ที่ผ่านวงจรแบ่งแรงดันต่อเข้ากับ Voltage channel ของ ADE 7763 เพื่อลดค่าความต่างศักย์ไม่ให้เกินค่าอินพุตของ ADE 7763 คือ ±0.5 Vrms

3.1.1.2 หม้อแปลงกระแส (Current transformer)

รูปที่ 3.3 หม้อแปลงกระแส (current transformer)

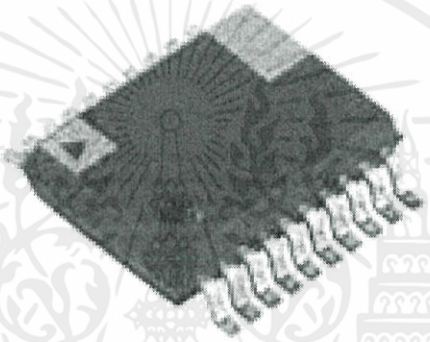
เนื่องจาก ADE 7763 ไม่สามารถรับค่าแรงดันไฟฟ้าอินพุตได้เกิน ±0.5 Vrms จึงจำเป็นต้องลดค่าแรงดันไฟฟ้าให้มีค่าเหมาะสมกับการวัดโดยใช้ Current Transformer โครงสร้างของ Current Transformer จะประกอบด้วยขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิ ขดลวดปฐมภูมิต่ออนุกรมกับโหลด ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นทางด้านขดลวดปฐมภูมิ ไปเหนี่ยวนำให้เกิดแรงเคลื่อนแม่เหล็กไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นทางด้านขดลวดทุติยภูมิ ค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จะเป็นสัดส่วนของ ratio current transformer แล้วนำค่าที่ได้นี้ต่อกับช่องของ Current Channel และ Voltage Channel

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของ ADE7763 ซึ่งช่องทั้งสองจะรับสัญญาณกระแสอินพุตและความต่างศักย์อินพุตที่ได้แล้วนำไปคำนวณในไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อหาค่าพลังงานทางไฟฟ้าต่อไป

ในการต่อวงจรระหว่าง Current transformer กับ ADE 7763 เอาท์พุตจาก Current transformer จะต้องต่อตัวต้านทานเพิ่ม 4 ตัว เพื่อเป็นการแบ่งแรงดันไม่ให้เกิน ±0.5 Vrms และต้องคล้องสายไฟ 220 VAC เพื่อส่งกระแสไปยัง ADE 7763

3.1.1.3 ADE7763



รูปที่ 3.4 power IC chip เบอร์ ADE7763

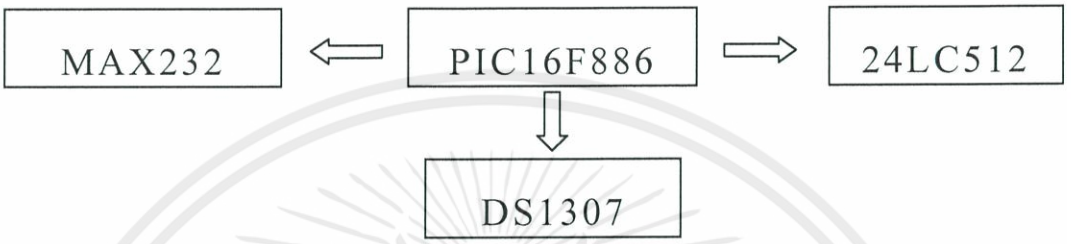
ทางผู้จัดทำได้เลือกใช้ Power IC chip เบอร์ ADE7763 เพราะ IC ตัวนี้สามารถวัดและคำนวณค่าทางไฟฟ้าออกมาได้หลากหลาย มีความแม่นยำสูง สามารถวัดแรงดัน กระแสรวมและค่ากำลังไฟฟ้าต่างๆ โดยเอาท์พุตที่ได้นั้นจะเป็นค่าดิจิตอล ภายใน ADE7763 มีวงจรแปลงสัญญาณ Analog to Digital Convector (A/D) ทำให้ง่ายต่อการออกแบบวงจรและไม่ต้องต่อวงจรอื่นๆ เพิ่มเติมอีก เมื่อเราใส่ค่าอินพุตให้กับ ADE7763 ตัว IC นี้ก็จะคำนวณค่าพลังงานต่างๆ ตามที่เราต้องการออกมาทันที ผู้จัดทำจึงใช้ ADE7763 เป็นตัวหลักในการออกแบบวงจร

แต่ ADE 7763 ก็มีข้อจำกัดตรงที่ในส่วนช่องรับสัญญาณขาเข้า (Current Input and Voltage Input) จะรับแรงดันไฟฟ้ามากที่สุดไม่เกิน ±0.5 Vrms เมื่อรับสัญญาณขาเข้ามาแล้วก็จะผ่านส่วนขยายสัญญาณ และผ่านกระบวนการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลเพื่อแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบดิจิตอล แล้วส่งผ่านวงจรกรองความถี่สูงเพื่อตัดสัญญาณรบกวนออก แล้วจึงส่งค่าเอาท์พุตที่ได้ไปยังไมโครคอนโทรเลอร์เพื่อคำนวณค่าพลังงานต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

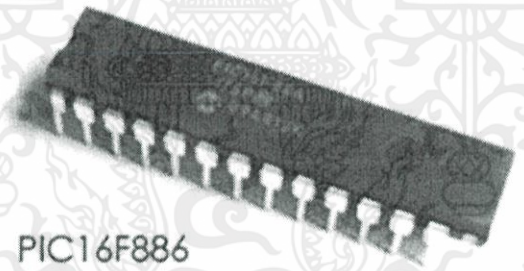
ในการต่อวงจรช่องแรงดันไฟฟ้าอินพุตจะมีการต่อตัวต้านทานเพิ่ม 4 ตัวเพื่อเป็นการลดแรงดันไม่ให้เกิน ±0.5 Vrms ส่วนช่องกระแสไฟฟ้าอินพุตจะเชื่อมต่อกับ Current transformer เพื่อตรวจวัดกระแสที่ไหลผ่านไปยังโหลด

3.1.2 ส่วนเก็บข้อมูลค่าพลังงาน



รูปที่ 3.5 แผนผังแสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลค่าพลังงาน

3.1.2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F886

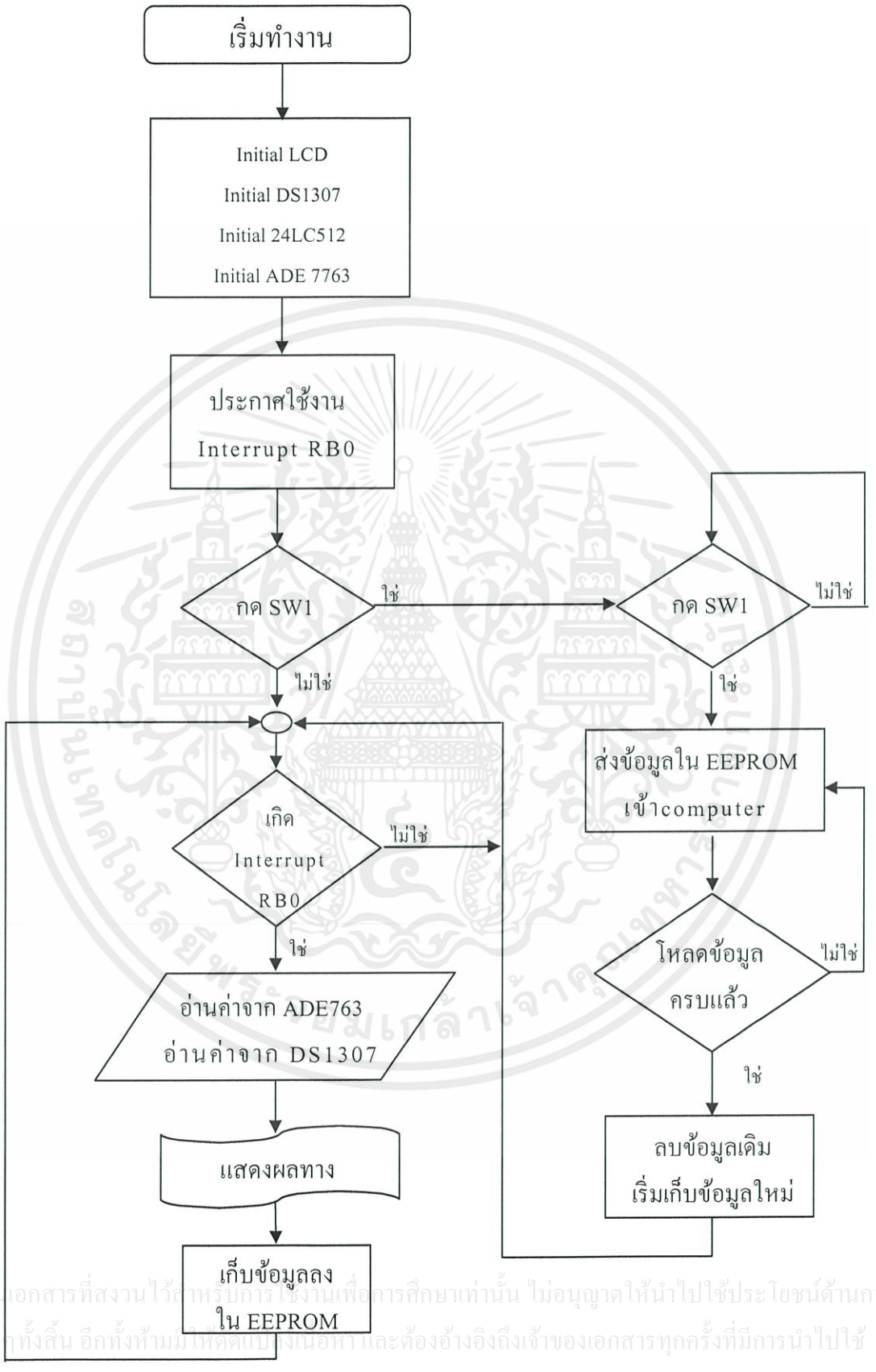


รูปที่ 3.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F886

ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F886 จะมีหน้าที่ดังนี้คือ เชื่อมต่อกับหน้าจอแอลซีดีแสดงผลเป็นตัวหนังสือ, อ่านค่ากระแสและแรงดันจาก ADE7763, อ่านค่าเวลาจาก DS1307, อ่านและเขียนข้อมูลลงใน EEPROM เบอร์ 24LC512 และส่งเข้ามูลเข้าคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

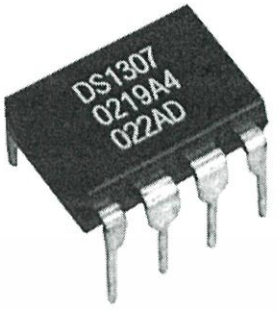
ขั้นตอนการทำงานของ PIC16F886



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.7 แผนผังแสดงการทำงานของ PIC 16F886

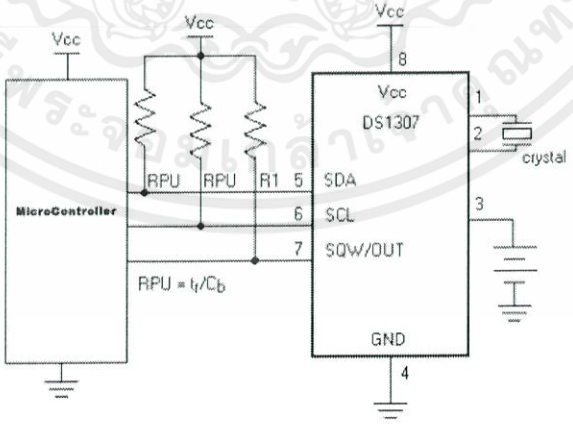
3.1.2.2 DS1307



รูปที่ 3.8 DS1307

ในการบันทึกข้อมูลจะต้องมีการสร้างฐานเวลาจริง ผู้จัดทำจึงเลือกใช้ DS1307 ที่เป็น Real Time Clock โดย DS1307 จะมีบัสรับส่งข้อมูลแบบ I^2C ซึ่งเป็นแบบ 2 wire สามารถสื่อสารได้ 2 ทิศทาง (bi-direction bus) ฐานเวลาของ DS1307 นั้นสามารถเก็บข้อมูล วินาที, นาที, ชั่วโมง, วัน, วันที่, เดือน และปี ได้ ระบบเวลาสามารถทำงานโหมดรูปแบบ 24 ชั่วโมง หรือ 12 ชั่วโมง AM/PM ก็ได้ ภายในมีระบบตรวจจับแหล่งจ่ายไฟ โดยถ้าแหล่งจ่ายไฟหลักถูกตัดไป DS1307 สามารถสวิตซ์ไปใช้ไฟจากแบตเตอรี่และทำงานต่อไป โดยที่ยังสามารถรักษาข้อมูลไว้ได้ ผู้จัดทำจึงเลือกใช้ DS1307 ในการอ่านค่าเวลาเพื่อนำไปอ้างอิงกับเวลาที่เครื่องเปิดใช้งาน

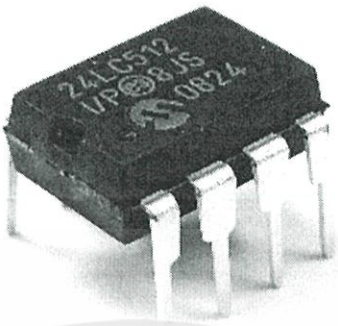
ในการต่อวงจร เราต่อ DS1307 เชื่อมกับไมโครคอนโทรเลอร์ ด้วยระบบบัส I^2C จะต้องต่อตัวต้านทาน Pull up ดังแสดงในรูปที่



รูปที่ 3.9 การเชื่อมต่อ DS1307 เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยระบบบัสแบบ I^2C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

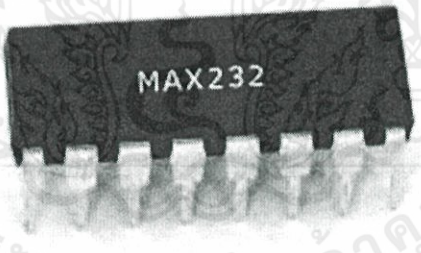
3.1.2.3 24LC512



รูปที่ 3.10 24LC512

24LC512 เป็น CMOS Serial EEPROM ใช้เป็นตัวเก็บข้อมูลต่างๆ ที่ได้จาก EEPROM เพื่อบันทึกค่าพลังงานที่ได้ เพื่อให้เราสามารถดึงข้อมูลในช่วงที่เราต้องการออกมาใช้ได้อย่างสะดวกยิ่งขึ้น โดยจะต่อ 24LC512 เชื่อมกับไมโครคอนโทรเลอร์ PIC16F886

3.1.2.4 MAX232



รูปที่ 3.11 MAX232

ในการเชื่อมต่อเพื่อส่งข้อมูลจากมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าเข้าคอมพิวเตอร์จะต้องมีการแปลงแรงดันก่อนโดยใช้ MAX232 เพื่อทำหน้าที่แปลงแรงดันจาก TTL เป็น RS232 เพื่อนำไปเชื่อมต่อกับพอร์ตสื่อสารแบบอนุกรมของคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้โหลดข้อมูลจาก PIC16F886

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 ส่วนแสดงผล (LCD display)

แอลซีดีจะเชื่อมต่อกับวงจรเพื่อแสดงค่าเวลาที่ใช้งาน ค่ากระแสไฟฟ้า ค่าความต่างศักย์ พลังงานที่ใช้ต่อหนึ่งหน่วยวินาที (w/s) พลังงานรวมที่ใช้เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง (kw/h) โดยมีการแสดงค่าเป็นแบบ real time ทุกๆ วินาที

รูปที่ 3.12 ค่าพลังงานไฟฟ้าต่างๆ ที่แสดงบนแอลซีดี

3.2 ขั้นตอนการทดลองและบันทึกค่า

สามารถแบ่งขั้นตอนการทดลองได้เป็นวิธีการ โดยย่อดังต่อไปนี้

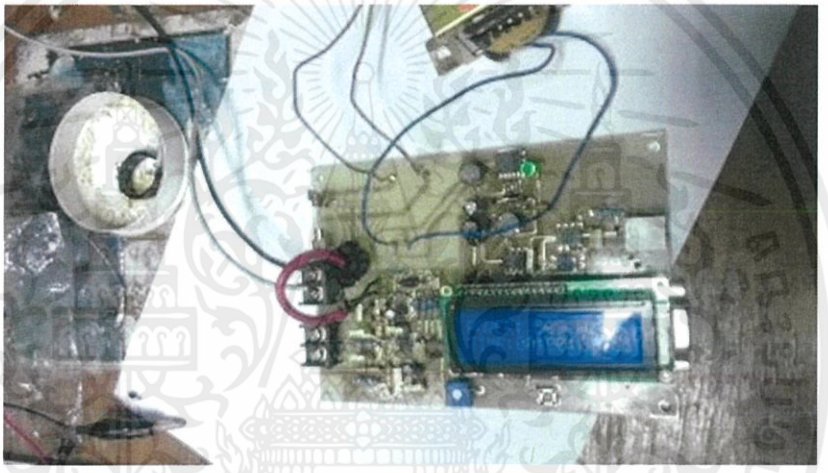
1. นำเครื่อง energy meter ที่ออกแบบต่อเข้ากับโหลดเพื่อทำการเก็บข้อมูล ซึ่งในที่นี้ใช้เป็นหลอดไฟฟ้าขนาด 100 w จำนวน 1, 2, 3, 4 และ 5 ดวง
2. ทำการเก็บค่าแรงดันไฟฟ้า จำนวน 10 ครั้ง
3. ทำการเก็บค่ากระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าของหลอดไฟฟ้า 1-5 ดวงจำนวน 5 ครั้ง
4. จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดเข้าสู่คอมพิวเตอร์ เพื่อเก็บและบันทึกค่า
5. ใช้ Clamp Meter เป็นมิเตอร์อ้างอิง บันทึกค่าแรงดันไฟฟ้าของหลอดไฟจำนวน 10 ครั้ง เพื่อทำการเปรียบเทียบข้อมูลที่วัดได้จากเครื่อง energy meter
6. ใช้ Clamp Meter บันทึกค่าพลังงานไฟฟ้าของหลอดไฟ 1-5 ดวง จำนวน 5 ครั้ง
7. นำข้อมูลของค่าพลังงานที่วัดได้จากเครื่อง energy meter กับ Clamp Meter มาเปรียบเทียบกัน แล้วเขียนกราฟเพื่อดูแนวโน้มของ Clamp Meter กับเครื่อง energy meter ว่ามีแนวโน้มเหมือนกันหรือไม่ และคำนวณหาค่า % ความคลาดเคลื่อนจากการวัดทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 ผลการทดลองวัดค่ากำลังไฟฟ้าจากเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดต่างๆ

ในการวัดผลทดลองของค่ากระแสไฟฟ้าจากเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดต่างๆ เมื่อนำมาต่อกับเครื่องใช้ไฟฟ้าเข้ากับโหลด บอร์ดคอนโทรลเลอร์จะนำค่ามาคำนวณแล้วแสดงผลค่ากำลังไฟฟ้าบนแอลซีดี



รูปที่ 4.1 Energy meter

รูปที่ 4.2 เครื่องใช้ไฟฟ้าต่อกับเครื่อง energy meter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.3 ค่าที่ได้จากเครื่อง energy meter

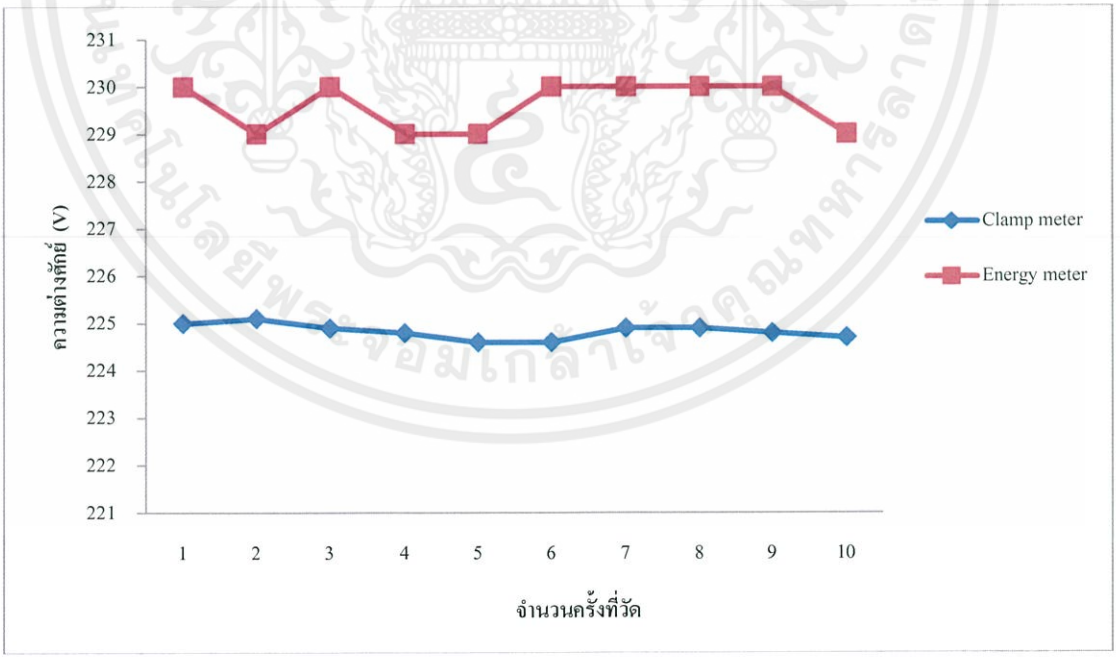
รูปที่ 4.4 ค่าที่วัดได้จาก Clamp Meter

รูปที่ 4.5 โหลดที่ใช้วัดค่าพลังงานไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการวัดค่าความต่างศักย์ของหลอดไฟฟ้า

ครั้งที่	Clamp meter (V)	Energy meter (V)
1	225	230
2	225.1	229
3	224.9	230
4	224.8	229
5	224.6	229
6	224.6	230
7	224.9	230
8	224.9	230
9	224.8	230
10	224.7	229
เฉลี่ย	224.83	229.6
Error	2.12 %	

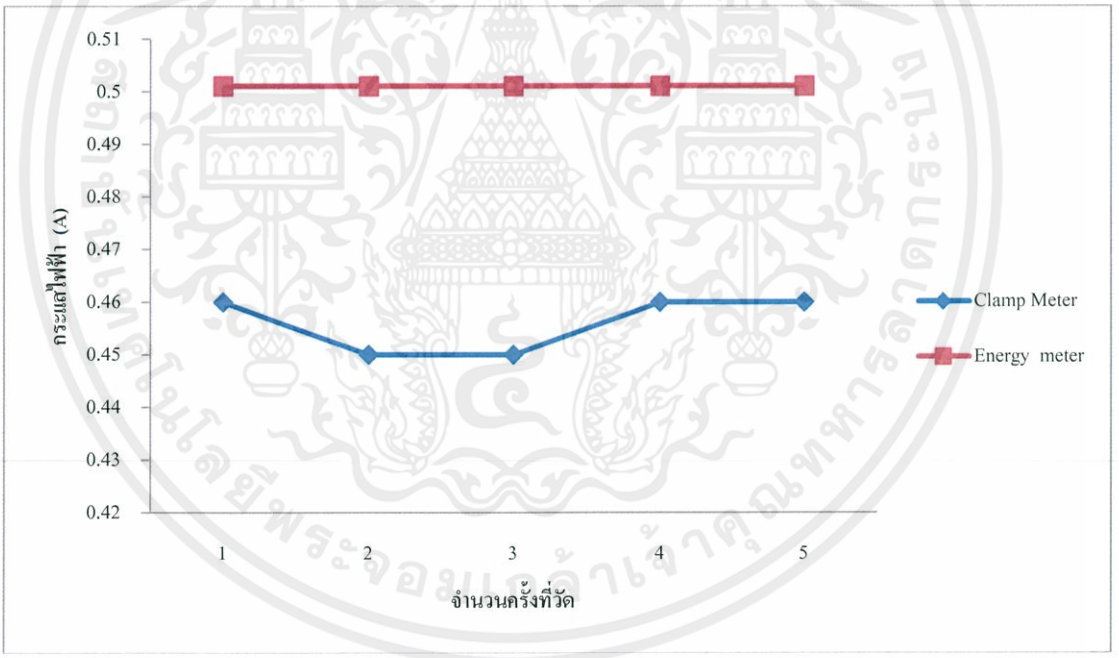


รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์กับจำนวนครั้ง ของ Clamp Meter และ Energy meter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลการวัดค่ากระแสของหลอดไฟฟ้า 1 ดวง

หลอดไฟฟ้า 1 ดวง (100 W)		
ครั้งที่	Clamp meter (A)	Energy meter (A)
1	0.46	0.501
2	0.45	0.501
3	0.45	0.501
4	0.46	0.501
5	0.46	0.501
เฉลี่ย	0.456	0.501
Error	9.87 %	

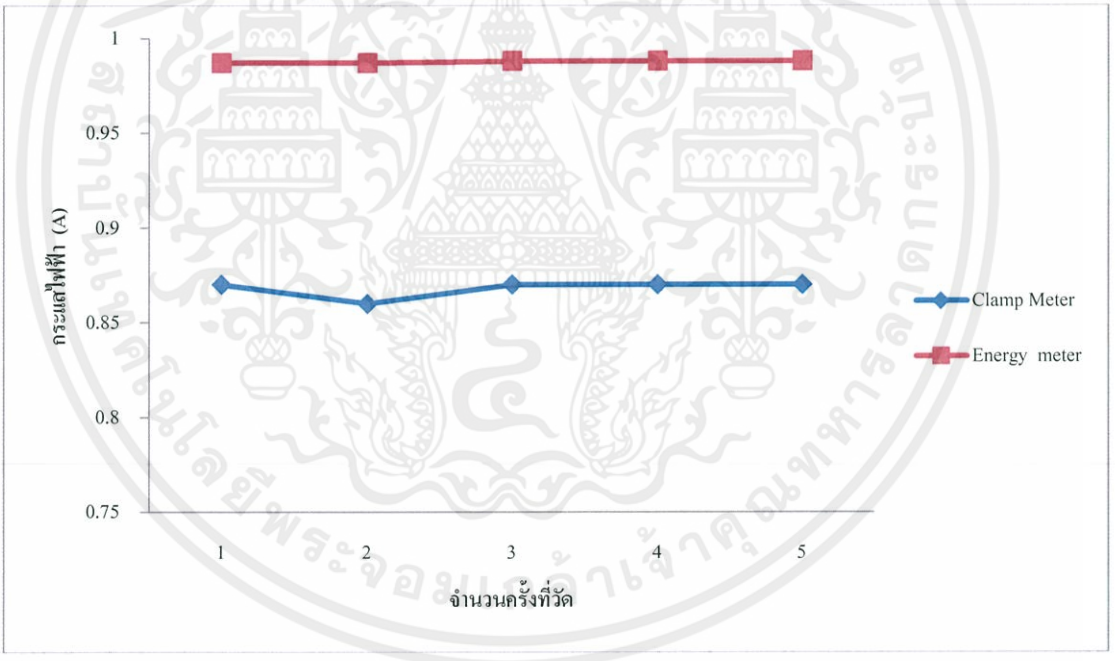


รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับจำนวนครั้ง ของ Clamp Meter และ Energy meter ที่ใช้วัดหลอดไฟฟ้า 1 ดวง (100 W)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลการวัดค่ากระแสของหลอดไฟฟ้า 2 ดวง

หลอดไฟฟ้า 2 ดวง (200 W)		
ครั้งที่	Clamp meter (A)	Energy meter (A)
1	0.87	0.987
2	0.86	0.987
3	0.87	0.988
4	0.87	0.988
5	0.87	0.988
เฉลี่ย	0.868	0.9876
Error	13.78 %	

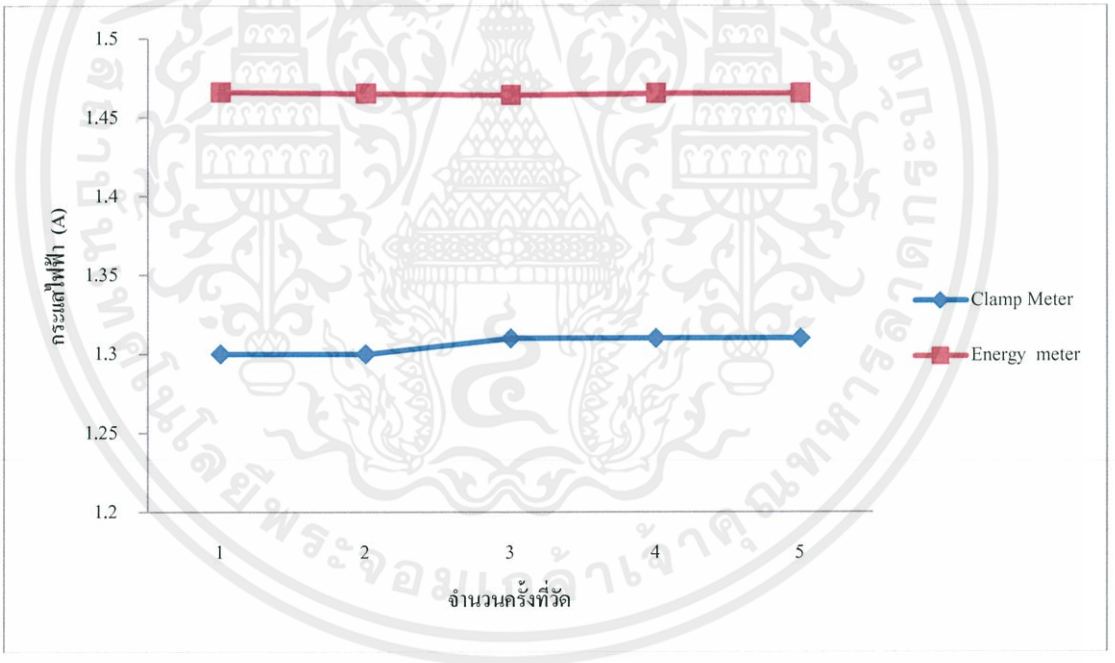


รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับจำนวนครั้ง ของ Clamp Meter และ Energy meter ที่ใช้วัดหลอดไฟฟ้า 2 ดวง (200 W)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ผลการวัดค่ากระแสของหลอดไฟฟ้า 3 ดวง

หลอดไฟฟ้า 3 ดวง (300 W)		
ครั้งที่	Clamp meter (A)	Energy meter (A)
1	1.30	1.466
2	1.30	1.465
3	1.31	1.464
4	1.31	1.465
5	1.31	1.465
เฉลี่ย	1.306	1.465
Error	12.17 %	

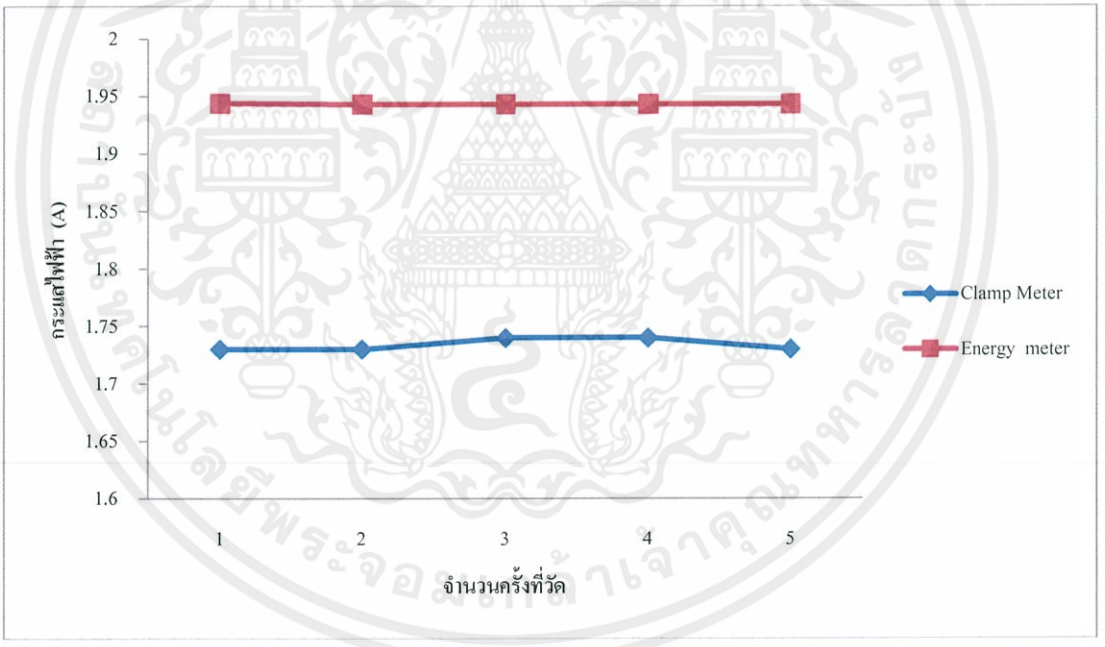


รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับจำนวนครั้ง ของ Clamp Meter และ Energy meter ที่ใช้วัดหลอดไฟฟ้า 3 ดวง (300 W)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ผลการวัดค่ากระแสของหลอดไฟฟ้า 4 ดวง

หลอดไฟฟ้า 4 ดวง (400 W)		
ครั้งที่	Clamp meter (A)	Energy meter (A)
1	1.73	1.944
2	1.73	1.943
3	1.74	1.943
4	1.74	1.943
5	1.73	1.943
เฉลี่ย	1.734	1.9432
Error	12.06 %	

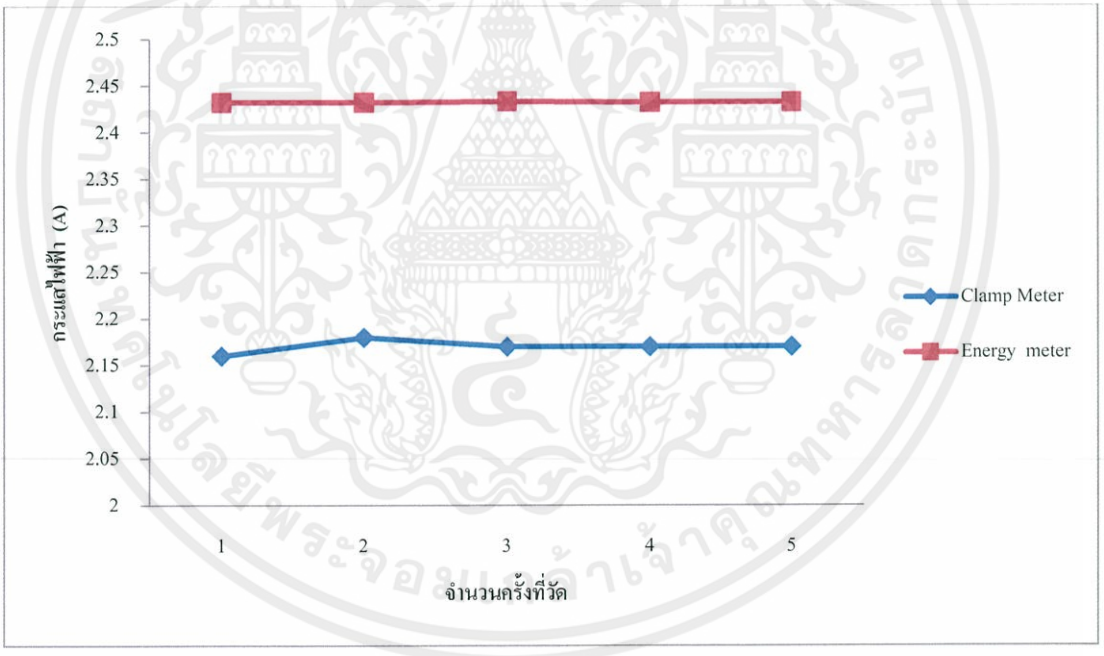


รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับจำนวนครั้ง ของ Clamp Meter และ Energy meter ที่ใช้วัดหลอดไฟฟ้า 4 ดวง (400 W)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ผลการวัดค่ากระแสของหลอดไฟฟ้า 5 ดวง

หลอดไฟฟ้า 5 ดวง (500 W)		
ครั้งที่	Clamp meter (A)	Energy meter (A)
1	2.16	2.432
2	2.18	2.432
3	2.17	2.433
4	2.17	2.432
5	2.17	2.432
เฉลี่ย	2.17	2.4322
Error	12.08 %	



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับจำนวนครั้ง ของ Clamp Meter และ Energy meter ที่ใช้วัดหลอดไฟฟ้า 5 ดวง (500 W)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ผลการวัดค่ากำลังของหลอดไฟฟ้า 1 ดวง

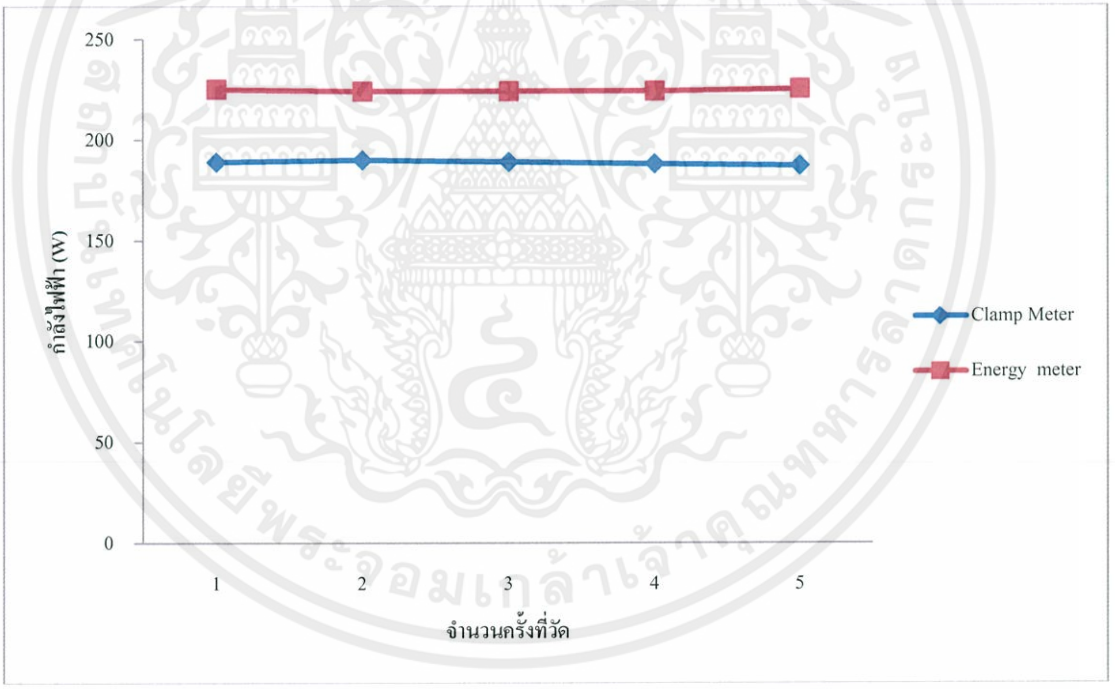
หลอดไฟฟ้า 1 ดวง (100 W)		
ครั้งที่	Clamp meter (w)	Energy meter (w)
1	96	115
2	99	115
3	95	114
4	96	115
5	95	115
เฉลี่ย	96.2	114.8
Error	19.33 %	

รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับจำนวนครั้ง ของเครื่อง Clamp Meter และ Energy meter ที่ใช้วัดหลอดไฟฟ้า 1 ดวง (100 W)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ผลการวัดค่ากำลังของหลอดไฟฟ้า 2 ดวง

หลอดไฟฟ้า 2 ดวง (200 W)		
ครั้งที่	Clamp meter (w)	Energy meter (w)
1	189	225
2	190	224
3	189	224
4	188	224
5	187	225
เฉลี่ย	188.6	224.4
Error	18.98 %	

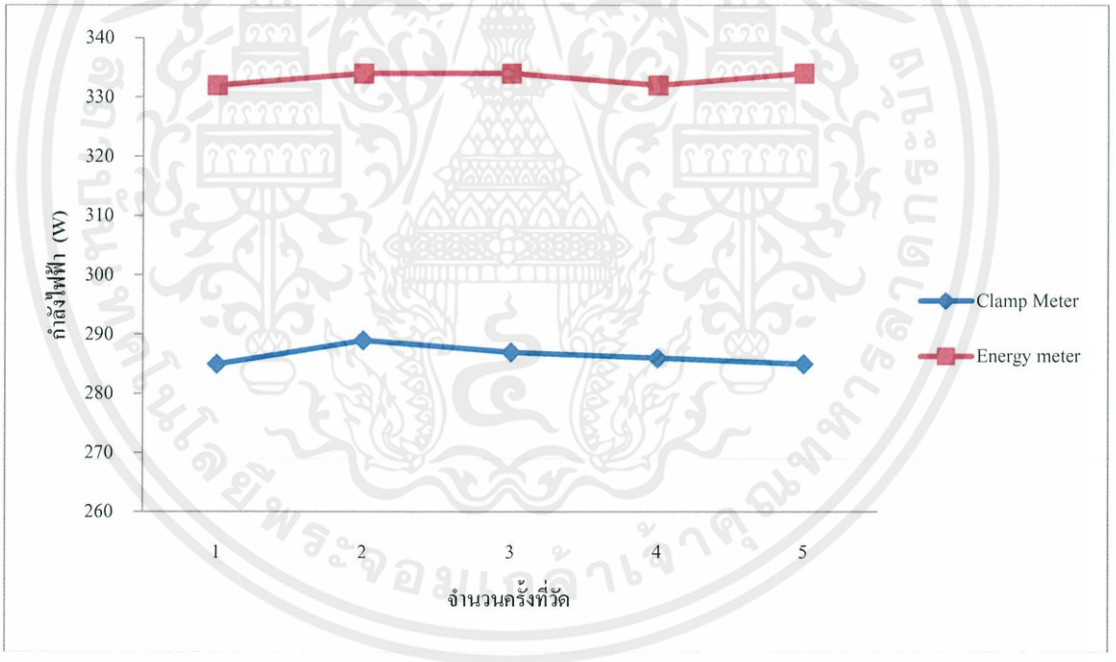


รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับจำนวนครั้ง ของ Clamp Meter และ Energy meter ที่ใช้วัดหลอดไฟฟ้า 2 ดวง (200 W)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ผลการวัดค่ากำลังของหลอดไฟฟ้า 3 ดวง

หลอดไฟฟ้า 3 ดวง (300 W)		
ครั้งที่	Clamp meter (w)	Energy meter (w)
1	285	332
2	289	334
3	287	334
4	286	332
5	285	334
เฉลี่ย	286.4	333.2
Error	16.34 %	

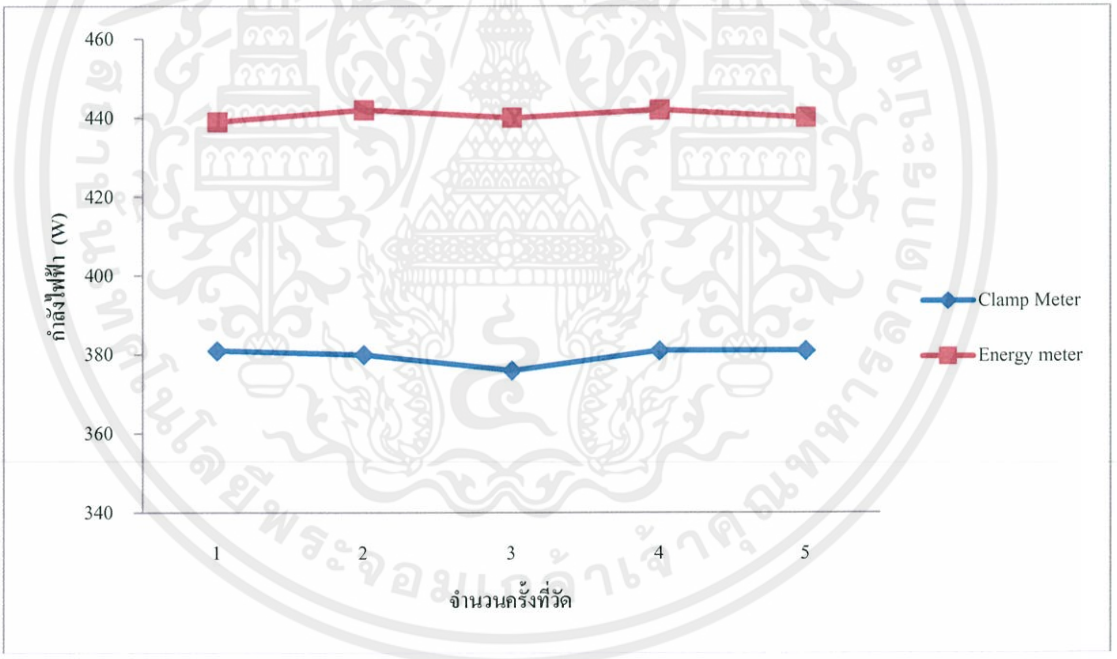


รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับจำนวนครั้ง ของ Clamp Meter และ Energy meter ที่ใช้วัดหลอดไฟฟ้า 3 ดวง (300 W)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 ผลการวัดค่ากำลังของหลอดไฟฟ้า 4 ดวง

หลอดไฟฟ้า 4 ดวง (400 W)		
ครั้งที่	Clamp meter (w)	Energy meter (w)
1	381	439
2	380	442
3	376	440
4	381	442
5	381	440
เฉลี่ย	379.8	440.6
Error	16.01 %	

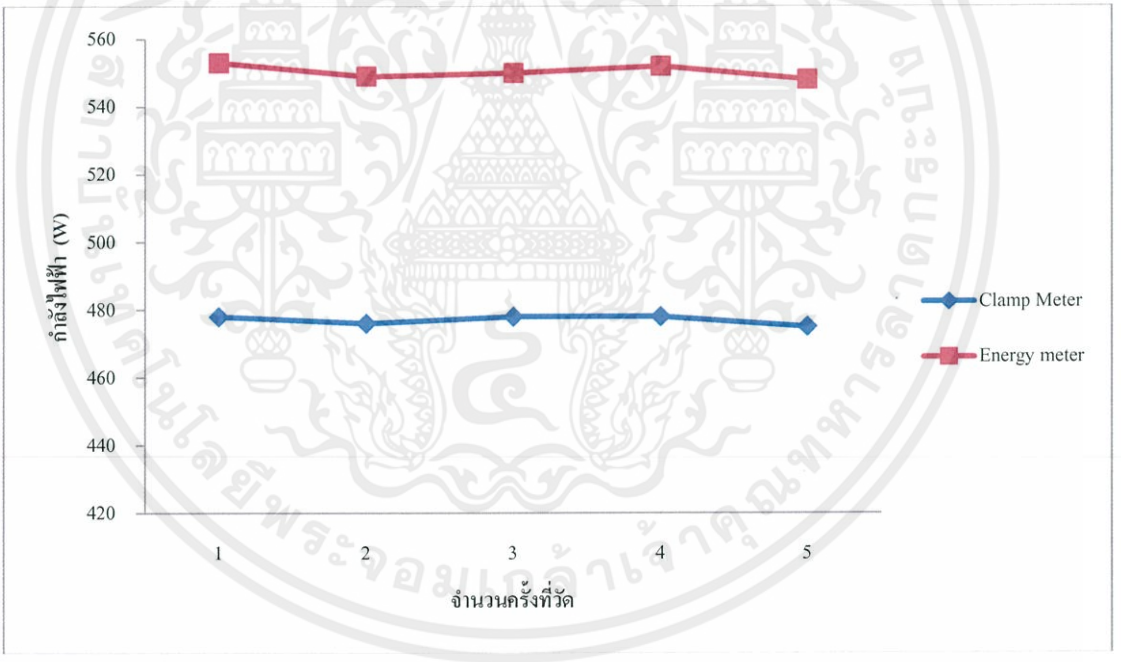


รูปที่ 4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับจำนวนครั้ง ของ Clamp Meter และ Energy meter ที่ใช้วัดหลอดไฟฟ้า 4 ดวง (400 W)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 ผลการวัดค่ากำลังของหลอดไฟฟ้า 5 ดวง

หลอดไฟฟ้า 5 ดวง (100 W)		
ครั้งที่	Clamp meter (w)	Energy meter (w)
1	478	553
2	476	549
3	478	550
4	478	552
5	475	548
เฉลี่ย	477	550.4
Error	15.39 %	



รูปที่ 4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับจำนวนครั้ง ของ Clamp Meter และ Energy meter ที่ใช้วัดหลอดไฟฟ้า 5 ดวง (500 W)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 ผลการวัดค่ากำลังไฟฟ้ารวมในหนึ่งชั่วโมงของหลอดไฟฟ้าทั้ง 5 ดวง

จำนวนหลอดไฟฟ้า	Clamp meter (kw/h)	Energy meter (kw/h)
1	346.3	413.2
2	678.9	807.8
3	1031.0	1199.5
4	1367.2	1586.1
5	1717.2	1981.4
เฉลี่ย	1028.12	1197.6
Error	16.48 %	

รูปที่ 4.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ารวมในหนึ่งชั่วโมงกับจำนวนหลอดไฟฟ้าของ Clamp meter และ Energy meter ที่ใช้วัดหลอดไฟฟ้าทั้ง 5 ดวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเมื่อนำมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้ามาต่อเข้ากับหลอดไฟขนาด 100 วัตต์จำนวน 1 – 5 ดวง เพื่อวัดและบันทึกค่ากำลังไฟฟ้าแล้วนำข้อมูลที่ได้เปรียบเทียบกับมิเตอร์อ้างอิงที่ใช้วัดค่าพลังงานไฟฟ้า จากนั้นนำข้อมูลของมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าและมิเตอร์ที่ใช้เป็นตัวอ้างอิงมาเขียนกราฟเพื่อจะได้วิเคราะห์และเปรียบเทียบกัน พบว่าค่าพลังงานไฟฟ้าที่วัดได้จากมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าและมิเตอร์อ้างอิงมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน และเมื่อหาค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าเทียบกับมิเตอร์อ้างอิง ค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากการทดลองจะมีค่าความผิดพลาดเมื่อเทียบกับค่าที่วัดได้จากมิเตอร์ประมาณ $\pm$ 15 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้เป็นการสรุปผลการทดลองที่ได้จากมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้า (Energy Meter) โดยมีบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวคำนวณเพื่อหาค่ากำลังไฟฟ้าของหลอดไฟฟ้าทั้ง 5 ดวง ซึ่งจะกล่าวถึงผลการทดลองและปัญหาในการดำเนินงาน

5.1 สรุปผลการทดลอง

Energy Meter ใช้สำหรับวัดค่าพลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ โดยได้มีการพัฒนามาจาก watt hour meter แบบเก่าซึ่งมีลักษณะเป็นจานหมุน ที่มีการทำงานโดยการอาศัยการเหนี่ยวนำไฟฟ้า ซึ่งมีขดลวดกระแสไฟฟ้าและขดลวดแรงดันไฟฟ้าเป็นส่วนประกอบ และแสดงผลออกมาโดยใช้แม่เหล็กในการเหนี่ยวนำ ทำให้เกิดกระแสไหลวนจนเกิดการหมุนของจานหมุน และมีชุดเฟืองไปขับเคลื่อนตัวเลขกลายเป็นค่าพลังงานที่ใช้จริงของเครื่องใช้ไฟฟ้านั้นๆ แต่พบว่ามิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้าแบบเก่านี้ไม่สะดวกต่อการอ่านค่าพลังงานที่ได้ไป รวมทั้งค่าตัวเลขที่ได้ก็ไม่สามารถอ่านค่าได้อย่างชัดเจน และเนื่องจากเป็นการอ่านค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้มีการใช้ไปตลอดทั้งตัวอาคารนั้นๆ ทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้าไม่สามารถทราบถึงค่าที่ใช้จริงของเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิดได้ ดังนั้นในการทดลองนี้จึงได้มีความพยายามในการออกแบบและพัฒนามิเตอร์สำหรับวัดค่าพลังงานทางไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพและเกิดความสะดวกแก่ผู้ใช้มากยิ่งขึ้น โดยได้พัฒนารูปแบบให้มีขนาดที่เล็กลงและยังสามารถใช้ในการแยกวัดค่าพลังงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าเพียงชนิดใดชนิดหนึ่ง หรือหลายชนิดได้พร้อมๆ กัน ตลอดจนพัฒนาให้มีการอ่านค่าผ่านหน้าจอแอลซีดีเพื่อสะดวกแก่การทราบค่าพลังงานที่ได้มีการใช้งานแบบไม่ต้องประมาณค่าในรูปแบบเข็มเหมือนแบบเก่า ซึ่งได้มีการออกแบบให้สามารถวัดค่าพลังงานไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟ้า และค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ใช้จริงต่อวินาที แสดงพลังงานที่ใช้รวมทั้งหมดในหน่วยกิโลวัตต์ต่อชั่วโมง หากมีการปิดเครื่องและเปิดขึ้นมาใหม่ระบบจะทำการเก็บข้อมูลต่อจากเดิม และยังสามารถแสดงระยะเวลารวมที่ได้มีการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าทั้งหมด ซึ่งค่าข้อมูลเหล่านี้จะมีการบันทึกค่าทั้งหมดในทุกๆ 5 นาที อีกทั้งยังสามารถบันทึกข้อมูลค่าพลังงานที่ได้ไว้ในคอมพิวเตอร์เพื่อการตรวจสอบหรือเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานย้อนหลังได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทางผู้จัดทำได้ออกแบบและสร้าง energy meter แบบ 1 เฟส โดยได้มีการใช้ ADE7763 เป็น power IC ship ที่มีค่าอินพุต 2 ช่อง (channel) คือ current channel และ voltage channel ซึ่งอินพุตทั้ง 2 ช่องจะรับค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุดไม่เกิน ± 0.5 โวลต์ เมื่อสัญญาณได้มีการ

ผ่านเข้าไปใน ADE7763 ภายในจะมีตัวขยายสัญญาณ ซึ่งสัญญาณที่ขยายแล้วนั้นจะผ่านวงจรตัวแปลง ADC เมื่อทำการแปลงสัญญาณแล้วก็จะเข้าสู่วงจรกรองความถี่สูงเพื่อตัดสัญญาณรบกวนต่างๆ ออกไป สัญญาณเอาท์พุตที่ได้จะถูกส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F886 เพื่อคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าที่วัดได้ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์นี้จะนำค่าเอาท์พุตที่ได้จาก ADE7763 ไปเก็บไว้ในหน่วยความจำ EEPROM เพื่อใช้ในการส่งข้อมูลต่อไปยังคอมพิวเตอร์ และไมโครคอนโทรลเลอร์นี้ยังใช้ในการอ่านค่าเวลาที่ได้มีการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ได้มาจาก DS1307 แล้วส่งเวลาพร้อมกับค่าที่บันทึกได้นั้นไปยังหน้าจอแอลซีดี จากนั้นจะมีการเก็บรวบรวมและบันทึกค่าข้อมูลส่งเข้าสู่คอมพิวเตอร์ต่อไป

จากการทดสอบโดยนำเครื่อง energy meter ไปต่อเข้ากับโหลด ซึ่งในที่นี้ใช้โหลดเป็นหลอดไฟฟ้าขนาด 100 watt ตั้งแต่ 1 ถึง 5 ดวง แล้วทำการวัดค่าพลังงานไฟฟ้าเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ซึ่งจากการทดลองนี้พบว่าเครื่อง energy meter สามารถแสดงค่าเวลา แรงดัน VRMS กระแส IRMS และพลังงานในหน่วย watt/s รวมถึงแสดงพลังงานรวมทั้งหมดที่ได้มีการใช้งานในหน่วย watt/hour และหากมีการปิดเครื่องแล้วเปิดเครื่องใหม่ก็ยังสามารถบันทึกค่าข้อมูลของพลังงานต่อเนื่องได้ ซึ่งจากค่าต่างๆ ที่มีการวัดได้รวมเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมงแล้วนั้นจะมีการส่งข้อมูลเข้าสู่คอมพิวเตอร์เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ผลการใช้พลังงานและการทำงานของ energy meter ต่อไป และเมื่อนำข้อมูลไปเขียนกราฟเพื่อเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าระหว่าง energy meter กับมิเตอร์อ้างอิงพบว่าค่าที่ได้จากกราฟนั้นมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน แต่มีระดับค่าพลังงานไฟฟ้าที่แตกต่างกันเล็กน้อยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดได้ประมาณ 15 %

5.2 ปัญหาที่พบและข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินงานในการสร้างมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าในงานวิจัยนี้พบว่ามีปัญหาบางประการที่ควรได้รับการปรับปรุงและแก้ไขต่อไป นั่นก็คือ

- ลายวงจรมีขนาดเล็กทำให้มีโอกาสเกิดการช็อตของวงจรได้ง่าย
- จากผลการทดลองเมื่อเทียบค่าพลังงานไฟฟ้ากับมิเตอร์อ้างอิงพบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนค่อนข้างมาก
- ไม่สามารถวัดกับโหลดบางชนิดได้ เนื่องจากโหลดที่ต้องการวัดค่าพลังงานไฟฟ้านั้นจะต้องเชื่อมต่อกับเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าด้วยปลั๊ก
- ในส่วนการทำ Print Circuit Board มีความยุ่งยากเนื่องจากบอร์ดเป็นแบบ Double side plate through hole จึงต้องติดลายวงจรทั้งสองด้านให้ตรงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 แนวทางในการพัฒนา

การพัฒนามิเตอร์วัดกำลังไฟฟ้ามีแนวทางดังนี้

- ออกแบบผลการทดลองเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในย่านการวัดให้สามารถวัดย่านที่สูงกว่าหรือต่ำกว่านี้ได้
- พัฒนาซอฟต์แวร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ให้คำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าให้มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยลง
- ออกแบบให้ Energy meter แสดงค่าพลังงานไฟฟ้าให้มีความละเอียดมากขึ้น
- พัฒนาให้มีการเก็บค่าแบบ real time ทุกๆ วินาที
- พัฒนาส่วนที่เชื่อมต่อกับโหลดที่จะวัดค่าพลังงานไฟฟ้าให้มีความสะดวกมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] ประดิษฐ์ เฟื่องฟู. 2553. มิเตอร์อัจฉริยะ (Smart Meter) และระบบ AMI. ไฟฟ้าสาร 17 : 57-65.

[2] สิทธิชัย โภไคยอุดม, พีรศักดิ์ วรสุนทโรสถ และโตะมิโอะ อิวะสะกิ. **วงจรอิเล็กทรอนิกส์**. กรุงเทพฯ : คุรุสภาลาดพร้าว, 2528.

[3] อภิรักษ์ นามแถ่ง. Digital Watt Hour Meter. Semiconductor, 384(2556):99-106

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้