ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ระบบรายงานพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ ด้วยโปรแกรมแมทแลป

Report System AC Electrical Energy using MATLAB

นาย กฤษณะ นวลสาย รหัส 47370036

นาย ภูชงค์ ภูวสรรเพ็ชญ์ รหัส 46370342

1 4233815

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ.../ 1 พ.ย. 51 /...
เลขทะเบียน...5100049
เลขเรียกหนังสือ... ปร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร ก.949

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ 2551

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2551

ใบรับรองโครงงานวิศวกรรม

หัวข้อโครงงาน	**ระบบรายงานพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ ด้วยโปรแกรมแม็ทแล็ป**
	Report System of AC Electrical Energy using MATLAB
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายกฤษณะ นวลสาย รหัส 47370036
	นายภุชงค์ ภูวสรรเพ็ชญ์ รหัส 46370342
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ แย้มเม่น
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2551

....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะกรรมการสอบโครงงาน

......................................**ประธานกรรมการ**

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ แย้มเม่น)

......................................**กรรมการ**

(อาจารย์ แสงชัย มังกรทอง)

......................................**กรรมการ**

(อาจารย์ เศรษฐา ตั้งค้าวานิช)

หัวข้อโครงงาน	ระบบรายงานพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับด้วยโปรแกรมแม็ทแล็ป
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายกฤษณะ นวลสาย รหัส 47370036
	นายภุชงค์ ภูวสรรเพ็ชญ์ รหัส 46370342
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ แย้มเม่น
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2551

....

บทคัดย่อ

ปัจจุบันนี้การใช้ระบบรายงานวัดพลังงานไฟฟ้ามีทั้งแบบที่ใช้หลักการเหนี่ยวนำไฟฟ้าและแบบที่ใช้ตัวควบคุมพลังงานไฟฟ้า ซึ่งยังไม่เป็นที่รู้จักกันมากนัก โดยการใช้งานสามารถอำนวยความสะดวกในการคำนวณหาค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบแบบอัตโนมัติ

ด้วยเหตุนี้ทำให้ทางผู้จัดทำสนใจที่จะศึกษาพัฒนาระบบรายงานพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับด้วยโปรแกรมแม็ทแล็ป ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นส่วนของการวัดค่าพลังงานไฟฟ้า ส่วนที่สองคือส่วนของคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่ควบคุมการทำงาน โดยเก็บข้อมูลแรงดันและกระแสลงบนคอมพิวเตอร์ และทำการส่งข้อมูลไปยังโมดูลของแม็ทแล็ป ส่วนสุดท้ายคือส่วนของแสดงผลรายงานความต่างศักย์ กระแส และพลังงานไฟฟ้าในรูปแบบกราฟในโปรแกรมแม็ทแล็ป

จากผลการทดลองพบว่าการวัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้า เช่นความต่างศักย์และค่ากระแสไฟฟ้าแบบเวลาจริงสามารถวัดได้อย่างถูกต้องเมื่อใช้ระบบรายงานพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับด้วยโปรแกรมแม็ทแล็ปโดยเทียบกับเครื่องมัลติมิเตอร์ ดังนั้นจากผลการทดลองนี้ทำให้มีทางเลือกในการวัดค่าพลังงานไฟฟ้าด้วยการใช้โปรแกรมแม็ทแล็ปซึ่งมีประสิทธิภาพในการจัดเก็บและรายงานผลข้อมูลที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

Project Title	Report System of AC Electrical Energy using MATLAB
Name	Mr.Kritsana Nualsai ID. 47370036
	Mr.Poochong Poowasanphet ID. 46370342
Project Advisor	Assistant Professor Dr.Suchart Yammen, Ph.D
Major	Computer Engineer
Department	Electrical and Computer Engineer
Academic Year	2008

....

ABSTRACT

In this present, using system the measurement electrical energy report has both of the formats that uses the principle Electrical Induction and Electrical Energy Controller, which still don't be that know a lot of, by the usability can offer the convenience in the calculation seeks electrical energy value that uses in the automatic system

With this reason, make the working group takes an interest for study the development of Report System of AC Electrical Energy using MATLAB Program which can distribute 3 parts follows as; First part is the measurement value of electrical energy. Second part is the part of controller about perform control the work by collected pressure data and current on the computer and do sending data to the Module of MATLAB and last part is the part of result report. It shows voltage, electric current and Electrical Energy result in graph format of MATLAB program.

From the result finding that, the measurement parameter of electronic value such as voltage and electric current in Real time format, which it can measure correctly when apply Report System of AC Electrical Energy using MATLAB Program by compare with Multimeters, Thus from experiment of this result provides the choice in the measurement Electrical Energy value with using MATLAB Program which have collected the data and result report of the data that effective more.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจเสร็จลุล่วงได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ และความร่วมมือจากหลายๆ บุคคลด้วยกัน บุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงเพราะเป็นบุคคลสำคัญที่ทำให้ปริญญานิพนธ์นี้เสร็จลงได้ก็คือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ แย้มเม่น อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ที่ให้แนะนำต่อการทำโครงงานนี้อยู่เสมอ ขอขอบคุณ อาจารย์เศรษฐา ตั้งค้าวานิช และอาจารย์แสงชัย มังกรทอง ที่คอยให้คำแนะนำและช่วยเหลือในหลายๆ เรื่อง ขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้ยืมอุปกรณ์และคอยกำลังใจในการทำงาน

สุดท้ายนี้ ต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่งของข้าพเจ้า ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้จัดทำมาเป็นอย่างดีพร้อมทั้งให้โอกาสและคอยสนับสนุนในเรื่องการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้คอยกำลังใจในทุกๆ ด้าน

นายกฤษณะ นวลสาย

นายภุชงค์ ภูวสรรเพ็ชญ์

มหาวิทยาลัยนเรศวร

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ก.
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ข.
กิตติกรรมประกาศ		ค.
สารบัญ		ง.
สารบัญตาราง		ฉ.
สารบัญรูป		ช.
บทที่ 1 บทนำ		
1.1	ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2	วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์	1
1.3	ขอบเขตของปริญญานิพนธ์	1
1.4	วิธีการดำเนินงาน	1
1.5	ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงงาน	2
1.6	งบประมาณ	2
1.7	ตารางเวลาแผนงานในการทำโครงงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง		
2.1	พลังงานไฟฟ้า	4
2.2	ความหมายของกำลังไฟฟ้าและเพาเวอร์แฟคเตอร์	4
2.3	ตัวต้านทานในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	7
2.4	การวัดแรงดันและกระแสสลับ	8
2.5	ตัวกรองดิจิตอล	9
2.6	ออสซิลโลสโคป	10
2.7	มัลติมิเตอร์	11
2.8	ไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD2	12
2.9	พอร์ตอนุกรม RS232	14
2.10	A/D	19
2.11	MATLAB GUI	23

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย **หน้า**

3.1 การออกแบบระบบรายงานพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ 24

3.2 ผลการทดสอบแบบระบบรายงานพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ 31

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองจากการออกแบบระบบรายงานพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ ... 36

บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป

5.1 บทวิจารณ์และสรุป 47

5.2 ปัญหาอุปสรรคและแนวทางแก้ไข 48

5.3 ข้อจำกัดของระบบ 48

5.4 แนวทางการพัฒนาต่อ 48

เอกสารอ้างอิง 49

ภาคผนวก 50

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.7 ตารางเวลาแผนงานในการทำโครงงาน 2

4.1 ผลการวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ได้รับจากวงจร... 36

4.2 ผลการวัดข้อมูลดิจิตอลจากคอนโทรลเลอร์หลังได้รับข้อมูลอนาล็อกของวงจร............ 37

4.3 ผลการวัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าหลังการประมวลผลด้วยโปรแกรมแม็ทแล็ปที่ แรงดันไฟฟ้า 55 โวลต์... 38

4.4 ผลการวัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าหลังการประมวลผลด้วยโปรแกรมแม็ทแล็ปที่ แรงดันไฟฟ้าที่ 110 โวลต์ 40

4.5 ผลการวัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าหลังการประมวลผลด้วยโปรแกรมแม็ทแล็ปที่ แรงดันไฟฟ้าที่ 165 โวลต์ 42

4.6 ผลการวัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าหลังการประมวลผลด้วยโปรแกรมแม็ทแล็ปที่ แรงดันไฟฟ้าที่ 220 โวลต์ 44

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	กราฟความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าและเวลา	4
2.2	กำลังไฟฟ้ากระแสสลับในโหลดชนิดความต้านทาน	6
2.3.	กำลังไฟฟ้ากระแสสลับในโหลดทั่วๆ ไป	6
2.4	การต่อตัวต้านทานกับแหล่งจ่ายกระแสสลับ	7
2.5	กราฟกระแสและความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทาน	8
2.6	กราฟความสัมพันธ์แรงดันกระแสสลับ	8
2.7	การกรองสัญญาณ	9
2.8	การประมาณค่าสำหรับวงจรกรองต่ำผ่าน	10
2.9	เครื่องวัดและจอภาพออสซิลโลสโคป	10
2.10	การวัดออสซิลโลสโคป	11
2.11	ดิจิตอลมัลติมิเตอร์และอนาล็อกมัลติมิเตอร์	12
2.12	พอร์ตอนุกรมของ PC DB9	15
2.13	ตัวผู้เมื่อมองจากด้านหลัง	15
2.14	การเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกผ่าน DB9	16
2.15	ระดับสัญญาณของ RS232C และระดับสัญญาณของ TTL	17
2.16	การสื่อสารแบบซิงโครนัส	18
2.17	การสื่อสารแบบอะซิงโครนัส	18
2.18	Counting Converter	20
2.19	กราฟแสดงความสัมพันธ์	21
2.20	binary search	22
2.21	กราฟ binary search	23
3.1	การออกแบบระบบรายงานพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ	24
3.2	โครงสร้างอุปกรณ์	24
3.3	วงจรส่วนวัดพลังงานของระบบรายงานพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ	25
3.4	วงจรส่วนคอนโทรลเลอร์	26
3.5	แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมในส่วนคอนโทรลเลอร์	27
3.6	แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมแม็ทแล็ป	28
3.7	แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมในส่วนโปรแกรม	29

3.8 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมในส่วนแม็ทแล็ป จียูไอ 30
3.9 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับรับ-ส่งค่าข้อมูล 32
3.10 ปุ่มควบคุม 34
3.11 ส่วนที่แสดงสถานะต่างๆ ขณะทำงานของโปรแกรมแม็ทแล็ป 34
3.12 ส่วนรูปแบบกราฟของผลการรายงานการวัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้า หลังการประมวลผลด้วยโปรแกรมแม็ทแล็ป 35
3.13 ส่วนการรายงานด้วยตัวเลข 35
4.1 ตัวอย่างส่วนแสดงตัวเลขในโปรแกรมแม็ทแล็ปที่แรงดันไฟฟ้า 55 โวลต์ 37
4.2 ตัวอย่างส่วนแสดงตัวเลขในโปรแกรมแม็ทแล็ปที่แรงดันไฟฟ้า 110 โวลต์ 39
4.3 ตัวอย่างส่วนแสดงตัวเลขในโปรแกรมแม็ทแล็ปที่แรงดันไฟฟ้า 165 โวลต์ 41
4.4 ตัวอย่างส่วนแสดงตัวเลขในโปรแกรมแม็ทแล็ปที่แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ 43
4.5 ตัวอย่างส่วนแสดงกราฟในโปรแกรมแม็ทแล็ปที่แรงดันไฟฟ้า 55 โวลต์ 46

บทที่1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

เนื่องจากในปัจจุบันอัตราการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยนับว่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้มาตรฐานการให้บริการของการไฟฟ้าแก่ผู้ใช้บริการเช่น เขตนิคมอุสาหกรรมซึ่งมีความต้องการการใช้ไฟฟ้าที่สูงกว่าเขตที่อยู่อาศัยในชุมชนทั่วไปรวมถึงต้องการมาตรฐานของไฟฟ้าที่สูงกว่าด้วย

มาตรฐานในที่นี้มีความหมายถึงคุณภาพของไฟฟ้าซึ่งเป็นเครื่องชี้วัดว่าในพื้นที่นั้นมีความคงที่เที่ยงตรงอัตราไฟตกไฟเกินหรือไฟดับมีน้อยที่สุด การที่จะแก้ปัญหาเหล่านี้ได้ต้องมีการเก็บข้อมูลและต้องทราบอย่างรวดเร็วเพื่อให้สามารถหาแนวทางในการควบคุมและป้องกันการเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าตกหรือไฟเกิน

เครื่องมือวัดคุณภาพไฟฟ้าเป็นเครื่องมือที่ใช้วัดค่าคุณสมบัติทางไฟฟ้า การทำงานคือเก็บค่าคุณสมบัติทางไฟฟ้า โดยค่าที่ได้จะถูกเก็บไว้เป็นไฟล์ เครื่องมือชนิดนี้สามารถส่งข้อมูลออกมาผ่านทางคอมพิวเตอร์ได้ ด้วยเหตุผลนี้จึงได้มีการพัฒนาระบบนี้ขึ้นมาเพื่อรับข้อมูลของเครื่องมือผ่านระบบคอมพิวเตอร์มาเก็บไว้เป็นข้อมูล เพื่อสามารถนำข้อมูลนี้มาใช้ประโยชน์ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1.2.1 ช่วยให้ทราบถึงพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้จริงได้

1.2.2 สะดวกในการเรียกดูข้อมูล

1.2.3 เก็บสถิติของข้อมูลไฟฟ้าของอุปกรณ์ต่างๆที่เราต้องการทราบได้

1.2.4 ลดค่าใช้จ่ายในการซื้ออุปกรณ์ราคาแพงเพื่อศึกษา

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1.3.1 สามารถใช้เครื่องมือเพื่อวัดค่าพลังงานไฟฟ้าและสามารถแสดงผลบนคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรมแม็ทแล็ปได้

1.3.2 สามารถเก็บข้อมูลจากการวัดได้

1.4 วิธีการดำเนินงาน

1.4.1 ค้นคว้าหาข้อมูลที่จะใช้ในการทำงาน

1.4.2 นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาความต้องการของระบบ

1.4.3 ออกแบบระบบงานและจัดหาเครื่องมือที่เหมาะสมกับงาน

1.4.4 พัฒนาโปรแกรม

1.4.5 นำโปรแกรมมาทดลองใช้กับข้อมูลจริง

1.4.6 หาข้อผิดพลาดเพื่อปรับปรุงแก้ไขให้ถูกต้อง

1.4.7 จัดทำเอกสารประกอบ

1.4.8 สรุปผลและนำเสนอโครงงาน

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงงาน

1.5.1 เข้าใจระบบการทำงานของตัวอุปกรณ์แต่ละส่วน

1.5.2 รู้จักประยุกต์ใช้งานระบบไมโครคอนโทรลเลอร์

1.6 งบประมาณ

งบประมาณที่ใช้ในการจัดทำโครงงาน ทั้งสิ้นประมาณ 3,000 บาท

1.7 ตารางเวลาแผนงานในการทำโครงงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	เดือน พ.ศ. 2551								
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.
1.8.1 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	→	→							
1.8.2 ศึกษาวงจรอิเล็คทรอนิคส์พื้นฐานเบื้องต้น	→	→							
1.8.3 ค้นคว้าวงจรอิเล็คทรอนิคส์เพิ่มเติม		→	→						
1.8.4 ศึกษาตัวบอร์คไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับใช้งาน		→	→						
1.8.5 ศึกษาตัวโปรแกรมและการเขียนโปรแกรมที่จะนำไปใช้กับบอร์คไมโครคอนโทรลเลอร์		→	→	→					
1.8.6 ออกแบบอุปกรณ์				→	→	→			

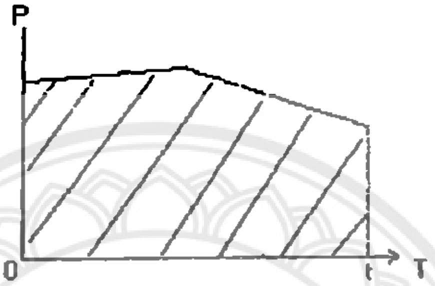
ขั้นตอนการดำเนินงาน	เดือน พ.ศ. 2551								
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.
1.8.7 สร้างอุปกรณ์ 1.8.8 บันทึกผลของการทดสอบหลายๆ ครั้งเพื่อนำมาเปรียบเทียบกัน					→	→	→	→	
1.8.9 วิเคราะห์ผลการทดสอบแบบต่างๆ 1.8.10 สรุปผลที่ได้และปรับปรุงแก้ไขในส่วนที่บกพร่องอยู่ให้ดีขึ้น						→	→	→	→

บทที่2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 พลังงานไฟฟ้า

พลังงานไฟฟ้านั้นจะเป็นผลคูณของกำลังไฟฟ้ากับเวลาจึงทำให้สามารถหาพลังงานไฟฟ้าออกมาได้โดยจากกราฟความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าและเวลาดังนี้



รูปที่2.1 กราฟความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าและเวลา

พลังงานไฟฟ้านั้นสามารถหาได้จากสมการ 2.1 คือ

$$w = \int_0^T P dt \tag{2.1}$$

พื้นที่ใต้กราฟ = (ค่าเฉลี่ย) x (ความหนาของกราฟ)

จะได้ว่า $w = V \times I \times T \quad ; \quad P = V \times I$ (2.2)

เพราะฉะนั้น $W = P \times T$ (2.3)

2.2 ความหมายของกำลังไฟฟ้าและเพาเวอร์แฟคเตอร์

ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงกำลังไฟฟ้า (Power; P) ที่ใช้ไปในความต้านทานที่โหลด (Resistant; R) จะมีค่าเป็น

$$P = VI = I^2R = \frac{V^2}{R} \tag{2.4}$$

เมื่อโวลต์เตจ (Voltage; V) เป็นแรงดันตกคร่อมโหลด ส่วนกระแสไฟฟ้า (Current; I) ที่ไหลผ่านโหลดในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ ดังนั้นในขณะที่แรงดันตกคร่อมโหลดเท่ากับ v(t) และกระแสไฟฟ้าในโหลดเท่ากับ i(t) จะเป็นกำลังงานไฟฟ้าแต่ละขณะซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการดังนี้

$$p(t) = v(t)i(t) \tag{2.5}$$

สมมติว่าแรงดันตกคร่อมโหลดเป็นแรงดันฟ้าสลับรูปไซน์ที่มีสมการเป็น

$$v = V_m \sin \omega t \tag{2.6}$$

ถ้าโหลดที่มีความต้านทานเป็น R กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลด I จะเขียนได้เป็น

$$\frac{V_m}{R} \sin \omega t = I_m \sin \omega t \tag{2.7}$$

เพราะฉะนั้น p จะเขียนได้เป็น

$$p = V_m I_m \sin^2 \omega t \tag{2.8}$$

สมการข้างบนนี้ได้เขียนรูปแสดงไว้ในรูปที่ 2 เช่นเดียวกับคำจำกัดความของค่าประสิทธิผล ค่าเฉลี่ยของ p ในหนึ่งช่วงเวลาครบรอบซึ่งก็คือ กำลังไฟฟ้าโดยเฉลี่ย p จะมีค่าเป็น

$$P = \left(\frac{V_m}{\omega L}\right) = VI = I^2 R = \frac{V^2}{R} \tag{2.9}$$

โดยให้ V_{rms} (Voltage Root mean Square)และ I_{rms} (Current Root mean Square) เป็นค่าประสิทธิผลของ V และ I ตามลำดับ สมการนี้รูปแบบเดียวกับสมการไฟฟ้ากระแสตรง P ในสมการนี้เรียกว่ากำลังไฟฟ้ากระแสสลับ ถ้าโหลดเป็นตัวรีแอคตีฟ (Reactiveelement) เช่น อินดัคแตนซ์ L เป็นต้น

$$i = \left(\frac{V_m}{\omega L}\right)\sin\left(\omega t \left(-\frac{\pi}{2}\right)\right) = I_m \sin\left(\omega t \left(-\frac{\pi}{2}\right)\right) \tag{2.10}$$

ความสัมพันธ์แสดงไว้ในรูปที่ 2.3 และกรณีนี้ กำลังเฉลี่ย P จะมีค่าเป็นดังนี้

$$P = VI \sin\theta \tag{2.11}$$

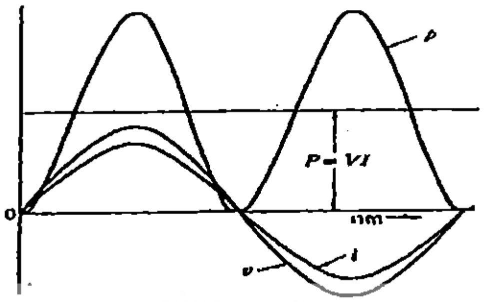
โดยอาศัยความสัมพันธ์ที่ว่า

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

(2.12)

ซึ่งค่า เพาเวอร์แฟคเตอร์เท่ากับ

$$P.F. = \cos\theta \tag{2.13}$$

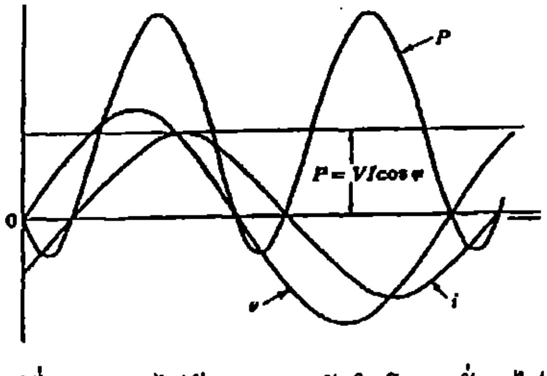


รูปที่2.2 กำลังไฟฟ้ากระแสสลับในโหลดชนิดความต้านทาน

เราจะหาต่อไปได้ว่า

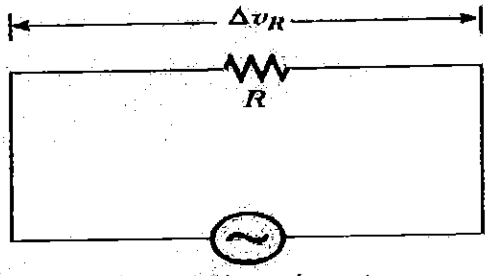
$$P = I^2R = \frac{V^2}{R} \tag{2.14}$$

ที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่า โดยทั่วไปกำลังเฉลี่ยในกรณีของไฟฟ้ากระแสสลับแสดงโดยผลคูณแรงดันประสิทธิผลคร่อมโหลดกับกระแสไฟฟ้าประสิทธิผลที่ไหลผ่านโหลดกับค่า $\cos\varphi$ ของมุมระหว่างเฟสของแรงดันกับกระแสไฟฟ้า กำลังเฉลี่ยนี้จะมีค่าเท่ากับกำลังที่ใช้ไปในความต้านทานของโหลดกำลังนี้จึงเรียกว่ากำลังประสิทธิผล จะพบว่าส่วนกำลังแต่ละขณะซึ่งมีค่าเท่ากับ $P = VI\cos\varphi$ เป็นกำลังถ่ายเทไปมาระหว่างต้นกำเนิดกำลังกับรีแอคแตนซ์ของโหลดไม่มีการสิ้นเปลืองไป เรียกว่ากำลังรีแอคตีฟ ส่วนค่า VI เรียกว่ากำลังที่ ปรากฏและค่าของ $P = VI\cos\varphi$ เรียกว่า เพาเวอร์แฟคเตอร์



รูปที่2.3 กำลังไฟฟ้ากระแสสลับในโหลดทั่วๆ ไป

2.3 ตัวต้านทานในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ



รูปที่2.4 การต่อตัวต้านทานกับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ

ในกรณีนี้ตัวต้านทานถูกต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ แรงเคลื่อนไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับจะเปลี่ยนแปลงตามเวลาและอยู่ในรูปคลื่นไซน์

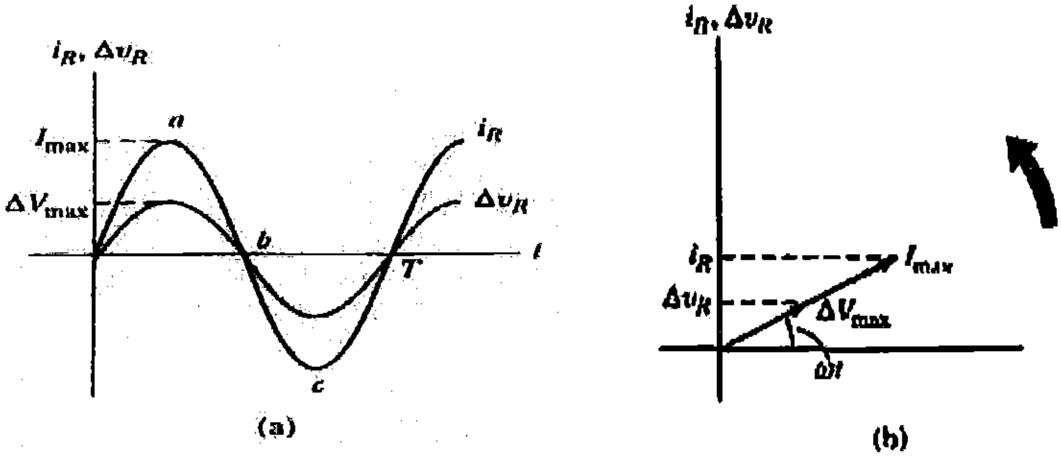
$$\Delta v = \Delta V_{max} \sin \omega t \tag{2.15}$$

โดยที่ ω คือความถี่เชิงมุมคือ

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T} \tag{2.16}$$

เมื่อมีตัวต้านทานต่อกับแหล่งจ่ายก็เกิดศักย์ไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทาน และสามารถคำนวณกระแสไฟฟ้าได้ตามกฎของโอห์ม กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานคือ

$$i_R = \frac{\Delta v}{R} = \frac{\Delta V_{max}}{R} \sin \omega t = I_{max} \sin \omega t \tag{2.17}$$



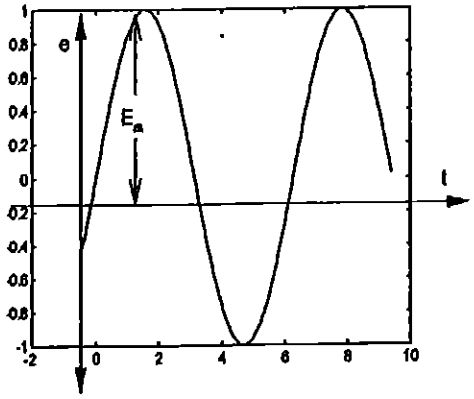
รูปที่2.5(a) กราฟกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทาน (b) มุมเฟสระหว่างกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์

เนื่องจากกระแสไฟฟ้าและศักย์เปลี่ยนตามเวลา ดังนั้นจึงนิยมใช้ค่ารากที่สองของค่ายกกำลังสองเฉลี่ย (ค่า rms)

$$I_{rms} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} = 0.707\, I_{max} \qquad (2.18)$$

2.4 การวัดแรงดันและไฟฟ้ากระแส

ไฟฟ้ากระแสสลับ[2] จะมีการเปลี่ยนแปลงทั้งขนาดและทิศทาง ตามเวลา แต่มีคาบที่เป็นค่าคงที่ ซึ่งจะแสดงดังรูปที่ 2.6



รูปที่2.6 กราฟความสัมพันธ์แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ

สัญญาณ sinusoid มาตรฐานพบบ่อยในแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ มีสมการทางคณิตศาสตร์ดังนี้ $E_m$sin wt เมื่อให้ e เป็น instantaneous value, E_m เป็น maximum value ซึ่งเป็นความถี่ของสัญญาณ และ t ให้เป็นตัวแปรเวลา

2.4.1 การบ่งชี้ขนาดของสัญญาณ (sinusoid)

- แรงดัน peak-to-peak (E_{p-p}) เป็นค่าแรงดันจากยอดด้านบวก เมื่อเทียบกับยอดด้านลบของรูปคลื่น และมีค่าเป็น 2 เท่าของค่า maximum ($E_{p-p}= 2E_m$)
- แรงดันเฉลี่ย (E_{avg}) หมายถึงพื้นที่ใต้เส้นโค้งในหนึ่งหน่วยเวลา กรณีที่สัญญาณมีความสมมาตรในด้านบวกและด้านลบ ค่าแรงดันเฉลี่ยจะเป็นศูนย์
- ค่าประสิทธิผล (root mean square;E_{rms}) คือค่าของไฟฟ้ากระแสสลับ ที่มีผลของพลังงานเท่าไฟฟ้ากระแสตรง

2.5 ตัวกรองดิจิตอล (Digital Filter)

ตัวกรองดิจิตอลคือการประมวลผลสัญญาณในโดเมนเวลาเพื่อดัดแปลงผลตอบสนองทางความถี่ในทางขนาด และ/หรือ เฟส

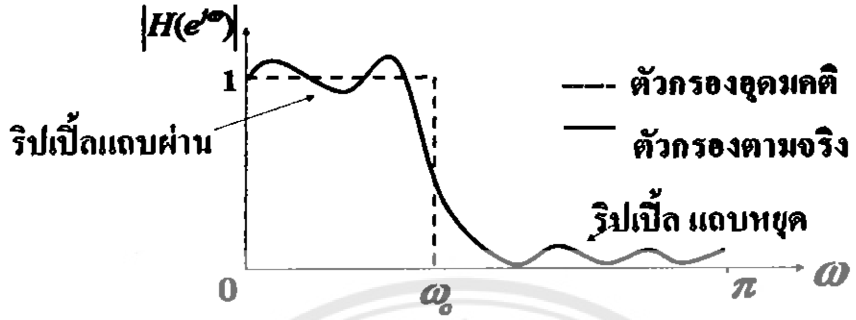
รูปที่ 2.7 การกรองสัญญาณ

ตัวกรองดิจิตอลอาจจะแสดงในรูปสมการความแตกต่าง

$$y(n) = -a(1)y(n-1) + b(0)x(n) + b(1)x(n-1) \quad (2.19)$$

ซึ่งเป็นสมการความแตกต่างอันดับที่หนึ่ง หรืออยู่ในรูปฟังก์ชันถ่ายโอน (Transfer function)

$$H(z) = \frac{B(z)}{A(z)} = \frac{\Sigma_{k=0}^{q} b(k)z^{-k}}{1 + \Sigma_{k=1}^{p} a(k)z^{-k}} \qquad (2.20)$$



รูปที่2.8 การประมาณค่าสำหรับวงจรกรองต่ำผ่าน

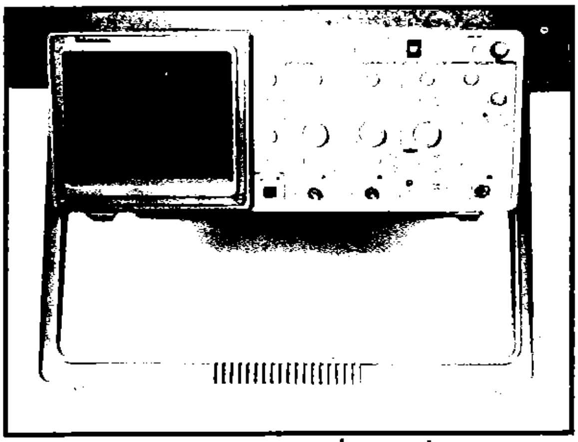
สิ่งที่สำคัญในการออกแบบวงจรกรองดิจิตอล คือ

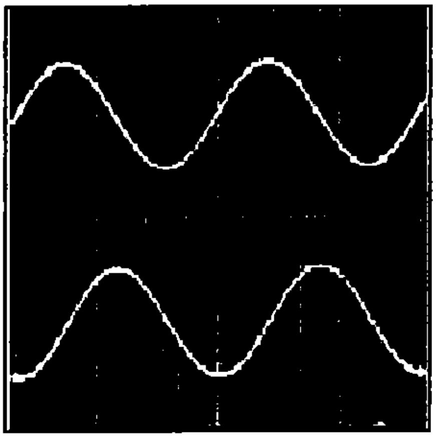
1. ริปเปิ้ล ทั้งแถบผ่านและแถบหยุด
2. ความชันระหว่างแถบ

ตัวกรองดิจิตอลมีสองแบบ คือ FIR และ IIR เราสร้างตัวกรองดิจิตอลได้จากทั้งฟังก์ชันถ่ายโอน หรือจากสมการความแตกต่าง หรือในทางกลับกันเราสามารถหาฟังก์ชันถ่ายโอน และผลตอบสนองความถี่จากตัวกรองดิจิตอลได้

2.6 ออสซิลโลสโคป

สามารถบอกถึงรูปร่าง ลักษณะ ความถี่ และขนาดของสัญญาณไฟฟ้า ในเวลาต่างๆ ซึ่งเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่องานด้านอิเล็กทรอนิกส์มาก





รูปที่2.9 เครื่องวัดและจอภาพออสซิลโลสโคป

2.6.1 วิธีอ่านค่าจากออสซิลโลสโคป

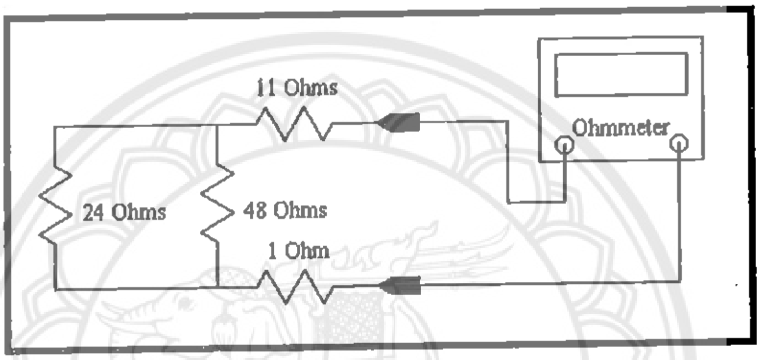
การวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ

Vp - p = จำนวนช่อง*ความไวในแนวตั้ง*การลดทอนของสายต่อวัด

$$V_{rms} = \frac{V_{p\text{-}p}}{2\sqrt{2}} = \frac{V_p}{\sqrt{2}} \tag{2.18}$$

2.6.2 การวัดค่าความต้านทาน

ให้ใช้โอห์มมิเตอร์วัดคร่อมตัวต้านทานที่จะทำการวัด



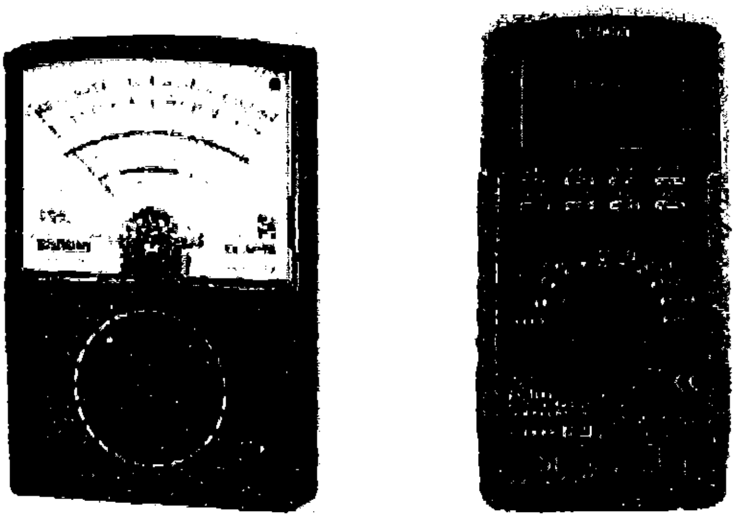
รูปที่ 2.10 การวัดออสซิลโลสโคป

2.7 มัลติมิเตอร์

เป็นมิเตอร์ที่รวมโวลท์มิเตอร์ แอมป์มิเตอร์ และโอห์มมิเตอร์ไว้ด้วยกันในเครื่องเดียว โดยผู้ใช้จะเลือกว่าต้องการใช้งานแบบใด

อนาล็อกมัลติมิเตอร์แสดงผลเป็นแบบเข็มชี้ ส่วนประกอบหลักคือขดลวดเคลื่อนที่ราคาถูก และสามารถสังเกตความเปลี่ยนแปลงของปริมาณที่วัดได้ แต่มีความเที่ยงตรงน้อยกว่า

ดิจิตอลมัลติมิเตอร์แสดงผลเป็นตัวเลข มีความเที่ยงตรงสูง อ่านค่าได้ง่าย ข้อเสียคือราคาแพง และไม่สามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงได้



รูปที่2.11 ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ (รูปทางด้านซ้าย) และอนาล็อกมัลติมิเตอร์ (รูปทางด้านขวา)

2.8 ไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD2

2.8.1 คุณสมบัติทางเทคนิคที่สำคัญของ P89C51RD2

- เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51[1] ซึ่งมีหน่วยความจำภายในเป็นแบบแฟลช มีคุณสมบัติทางเทคนิคที่โดดเด่นดังนี้

- เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ 8 บิต ที่เข้ากันได้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 พื้นฐาน
- หน่วยความจำโปรแกรมภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นแบบแฟลช ลบและเขียนใหม่ได้ถึงหมื่นครั้ง ขนาดของหน่วยความจำโปรแกรมสูงถึง 64 กิโลไบต์
- หน่วยความจำข้อมูลแรมภายในมีขนาด 1 กิโลไบต์
- ความถี่สัญญาณนาฬิกาสูงสุด 40 MHz
- ขาพอร์ต 8 บิต 4 พอร์ต แบบกึ่งสองทิศทาง เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต
- มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบ Full Duplex
- ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ขนาด 16 บิต 3 ตัว
- มีรีจิสเตอร์ตัวชี้ตำแหน่งข้อมูลหรือ DPTR 2 ตัว
- สามารถรองรับแหล่งกำเนินอินเตอร์รัปต์ได้ 8 ประเภท
- กำหนดนัยสำคัญของการตอบสนองอินเตอร์รัปต์ได้ 4 ระดับ

2.8.2 หน้าที่แต่ละขาของไมโครคอนโทรลเลอร์

VCC ต่อไฟเลี้ยง +5V

GND ต่อกราวด์

P0.0 – P0.7 - ใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุต ถ้าต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่ง

เป็นอินพุต สามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ทำให้มีสถานะลอย (float) ค่าอินพุตอิมพีแดนซ์สูงสามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้

- ใช้ในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์ต่ำของหน่วยความจำภายนอก(A0-A7) และขาข้อมูล (D0-D7) โดยจะใช้การมัลติเพล็กซ์เข้าช่วย เพื่อสลับการทำงานให้เป็นได้ทั้งขาติดต่อแอดเดรสและขาข้อมูลในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก

P1.0 – P1.7 - ใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป เฉพาะขา P1.5 ถึง P1.7 สามารถขับกระแสไฟฟ้าได้สูงถึง 16 mA ต่อขาหน้าที่ของแต่ละขาของไมโครคอนโทรลเลอร์

T2 (P1.0) - ขาอินพุตสำหรับนับค่าของไทเมอร์ 2 ขาเอาต์พุตสัญญาณนาฬิกาโปรแกรมได้

T2EX(P1.1) - ขาอินพุตสำหรับควบคุมการทำงานของไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 2

ECI (P1.2) - ขาอินพุตสัญญาณนาฬิกาจากภายนอกสำหรับโมดูล PCA

CEX0(P1.3) - ขาอินพุตเอาต์พุตภายนอกของวงจรตรวจจับ และเปรียบเทียบสัญญาณสำหรับ PCA โมดูล 0

CEX1(P1.4) - ขาอินพุตเอาต์พุตภายนอกของวงจรตรวจจับ และเปรียบเทียบสัญญาณสำหรับ PCA โมดูล 1

CEX2(P1.5) - ขาอินพุตเอาต์พุตภายนอกของวงจรตรวจจับ และเปรียบเทียบสัญญาณสำหรับ PCA โมดูล 2

CEX3(P1.6) - ขาอินพุตเอาต์พุตภายนอกของวงจรตรวจจับ และเปรียบเทียบสัญญาณสำหรับ PCA โมดูล 3

CEX4(P1.7) - ขาอินพุตเอาต์พุตภายนอกของวงจรตรวจจับ และเปรียบเทียบสัญญาณสำหรับ PCA โมดูล 4

P2.0 – P2.7 - ใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ใช้ต่อกับขาแอดเดรสไบต์สูงของหน่วยความจำภายนอก (A8-A15)

P3.0 – P3.7 - ใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไปใช้งานเป็นขาพอร์ตที่พิเศษ ดังต่อไปนี้

RxD (P3.0) - ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม

TxD (P3.1) - ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับส่งข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม

INT0(P3.2) - ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 0

INT1(P3.3) - ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 1

T0 (P3.4) - ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณไทเมอร์จากภายนอกช่อง 0

T1 (P3.5) - ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณไทเมอร์จากภายนอกช่อง 1

WR (P3.6)	- ใช้เป็นสัญญาณในกรณีใช้เชื่อมต่อหน่วยความจำข้อมูลภายนอก
RD (P3.7)	- ใช้เป็นสัญญาณในกรณีใช้เชื่อมต่อหน่วยความจำข้อมูลภายนอก
RESET	- ใช้ในการรีเซตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยในการป้อนสัญญาณลอจิก "1" อย่างน้อยเป็นเวลา 2 แมชชีนไซเคิล โดยที่วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกายังคงทำงานต่อเนื่องไปอย่างเป็นปกติ
ALE	- Address Latch Enable ออกมาทุกๆ แมชชีนไซเคิล อย่างไรก็ตามสามารถดิสเอเบิลสัญญาณพัลส์นี้ได้โดยการเซตบิต 0 ของรีจิสเตอร์ AUXR
PSEN	- Program Store Enable ใช้ในการส่งสัญญาณเพื่อร้องขอติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก ในการอ่าน – เขียนข้อมูลในหน่วยความจำด้วยกระบวนการ ISP
EA / Vpp	- External Access enable/Programming voltage input ใช้สำหรับเลือกการติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมจากภายนอก หรือภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ "0" เลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก "1" เลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำภายใน
XTAL1	- ขาอินพุตรับสัญญาณจากวงจรขยายออสซิลเตอร์ (ขา XTAL2) และจากภายนอก
XTAL2	- ขาเอาท์พุตรับสัญญาณจากวงจรขยายออสซิลเตอร์ภายในไมโครคอลโทรลเลอร์

2.9 พอร์ตอนุกรม RS232

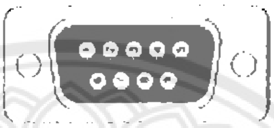
การสื่อสารแบบอนุกรม นับว่ามีความสำคัญ ต่อการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์มาก เพราะสามารถใช้แป้นพิมพ์และจอภาพของ PC เป็นอินพุตและเอาต์พุตในการติดต่อหรือควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยสัญญาณอย่างน้อยเพียง 3 เส้นเท่านั้น คือ

- สายส่งสัญญาณ TX
- สายรับสัญญาณ RX
- และสาย GND

โดยปกติพอร์ตอนุกรม RS-232C จะสามารถต่อสายได้ยาว 50 ฟุตโดยประมาณ ขึ้นอยู่กับชนิดของสายสัญญาณ ระยะทาง และ ปริมาณสัญญาณรบกวน

รูปที่2.12 พอร์ตอนุกรมของ PC DB9 ตัวผู้ (Male) พอร์ตอนุกรมของอุปกรณ์ภายนอก DB9 ตัวเมีย (Female)

แสดงการจัดขาของคอนเน็กเตอร์อนุกรมแบบ DB9 และหน้าที่การใช้งานต่างๆ



รูปที่2.13 DB9 ตัวผู้ เมื่อมองจากด้านหลัง

Pin	Description	Type
1	Data Carrier Detect (DCD)	Input
2	Received Data (RXD)	Input
3	Transmitted Data (TXD)	Output
4	Data Terminal Ready (DTR)	Output
5	Signal Ground (GND)	Input
6	Data Set Ready (DSR)	Input
7	Request To Send (RTS)	Output
8	Clear to Send (CTS)	Input
9	Ring Indicator (RI)	Input

2.9.1 การเชื่อมต่ออุปกรณ์อุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์ด้วยสาย DB9

รูปที่2.14 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกผ่าน DB9 แบบ Null modem และการต่ออุปกรณ์ภายนอกผ่าน DB9 แบบ 3 เส้น

2.9.2 การทำงานของขาสัญญาณ DB9

TXD เป็นขาที่ใช้ส่งข้อมูล

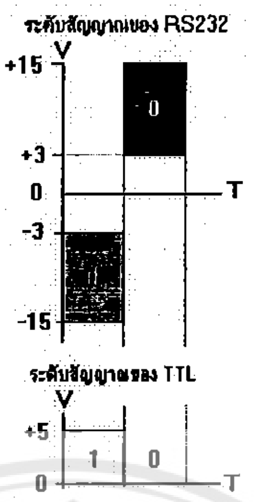
RXD เป็นขาที่ใช้รับข้อมูล

DTR แสดงสภาวะพอร์ตว่าเปิดใช้งาน DSR ตรวจสอบว่าพอร์ตที่ติดต่อด้วยเปิดอยู่หรือไม่เมื่อเปิดพอร์ตอนุกรมขา DTR จะ ON เพื่อให้อุปกรณ์ได้รับทราบว่าต้องการติดต่อด้วย ในขณะเดียวกันก็จะตรวจสอบขา DSR ว่าอุปกรณ์พร้อมหรือไม่

RTS แสดงสภาวะพอร์ตว่าต้องการส่งข้อมูล CTS ตรวจสอบว่าพอร์ตที่ติดต่ออยู่นั้นต้องการส่งข้อมูลหรือไม่

เมื่อต้องการส่งข้อมูลขา RTS จะ ON และจะส่งข้อมูลออกที่ขา TXD เมื่อส่งเสร็จก็จะ OFF ในขณะเดียวกันก็จะตรวจสอบขา CTS ว่าอุปกรณ์ต้องการที่จะส่งข้อมูลหรือไม่ GND ขา ground

2.9.3 ระดับสัญญาณของ RS232



รูปที่2.15 ระดับสัญญาณของ RS232C และระดับสัญญาณของ TTL

สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นในสายนำสัญญาณ มักจะมีแรงดันเป็นบวก เมื่อเทียบกับกราวน์เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวนนี้ จึงออกแบบแรงดัน ของลอจิก "1" เป็นลบ คืออยู่

ในช่วง - 3V ถึง -15V

ในช่วง +3V ถึง +15V

และเหตุที่ ระดับสัญญาณ ของ RS232 อยู่ในช่วง +15V ถึง -15V ก็เพื่อให้ต่อสายสัญญาณไปได้ไกลขึ้น ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องมีวงจรเปลี่ยนระดับแรงดันของ RS232 มาเป็นระดับแรงดันของ TTL

2.9.4 อัตราการส่งข้อมูล (Baud rate)

คือความเร็วของการรับ-ส่งข้อมูล เป็นจำนวนบิทต่อวินาทีเช่น 300 1,200 2,400 4,800 9,600 14,400 19,200 38,400 56,000 เป็นต้น

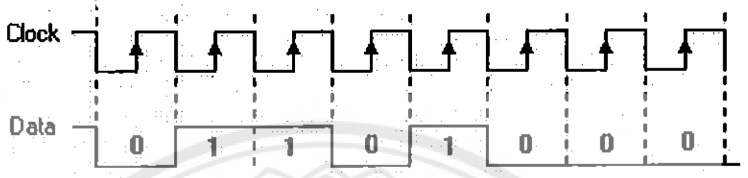
การเลือกอัตราการส่งข้อมูลขึ้นอยู่กับ ชนิดของสายสัญญาณ ระยะทาง และปริมาณสัญญาณรบกวน

2.9.5 รูปแบบการสื่อสารแบบอนุกรม

มีอยู่ 2 แบบ คือ แบบซิงโครนัส (Synchronous) และแบบอะซิงโครนัส(Asynchronous)

1. การสื่อสารแบบซิงโครนัส (Synchronous)

การรับส่งข้อมูลจะมีสัญญาณนาฬิกาซึ่งเป็นตัวกำหนด จังหวะเวลาการส่งข้อมูลร่วมอยู่ด้วย อีกเส้นหนึ่งใช้คู่กับสัญญาณข้อมูล ตัวอย่างเช่น การส่งสัญญาณจากคีย์บอร์ด



รูปที่ 2.16 การสื่อสารแบบซิงโครนัส (Synchronous)

2. การสื่อสารแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous)

การรับส่งข้อมูลโดยที่ไม่จำเป็นต้องมีสัญญาณนาฬิการ่วมด้วย แต่จะใช้ให้ตัวส่งและตัวรับมีอัตราส่งข้อมูลที่เท่ากัน

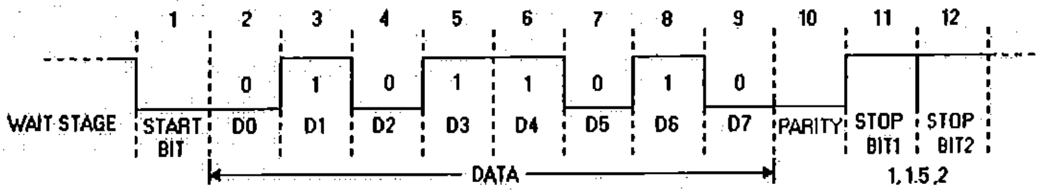
รูปแบบข้อมูลแบบอะซิงโครนัส ประกอบด้วย 4 ส่วนคือ

1 **บิตเริ่มต้น (Start bit) มีขนาด 1 บิต**

2 **บิตข้อมูล (Data) มีขนาด 5 6 7 หรือ 8 บิต**

3 **บิตตรวจสอบพาริตี้ (Parity bit) มีขนาด 1 บิตหรือไม่มี**

4 **บิตหยุด (Stop bit) มีขนาด 1 1.5 2 บิต**



รูปที่2.17 การสื่อสารแบบอะซิงโครนัส (Synchronous)

เมื่อไม่มีการส่งข้อมูลขา data จะมีสถานะเป็นลอจิก "1" หรือ สถานะหยุดรอ (Waiting stage) เมื่อเริ่มต้นส่งข้อมูลจะให้ขา data เป็นลอจิก "0" เป็นจำนวน 1 บิต เรียกว่าบิตเริ่มต้น (Start bit) จากนั้นก็จะเริ่มต้นส่งข้อมูล โดยส่งบิตต่ำไปก่อน (LSB) แล้วตามด้วยพาริตี้บิต (จะมีหรือไม่ก็ได้

ขึ้นอยู่กับการติดตั้งค่าของทั้งสองฝ่าย) สุดท้ายตามด้วยโลจิก "1" อย่างน้อย 1 บิต (มีขนาด 1 1.5 หรือ 2 บิต) เพื่อแสดงว่าสิ้นสุดข้อมูล

2.9.6 การรับและส่งข้อมูลแบบอนุกรม

แบ่งออกเป็นลักษณะการใช้งานได้ 3 แบบคือ

1. แบบซิมเพลกซ์ (Simplex) เป็นการส่งหรือรับข้อมูลแบบทิศทางเดียวเท่านั้น
2. แบบฮาล์ฟดูเพลกซ์ (Half Duplex) เป็นการส่งและรับข้อมูลแบบสลับกันคือเมื่อด้านหนึ่งส่งอีกด้านหนึ่งเป็นฝ่ายรับสลับกัน ไม่สามารถรับ-ส่งในเวลาเดียวกันได้
3. แบบฟลูดูเพลกซ์ (Full Duplex) สามารถรับ-ส่งข้อมูลในเวลาเดียวกันได้

2.10 A/D

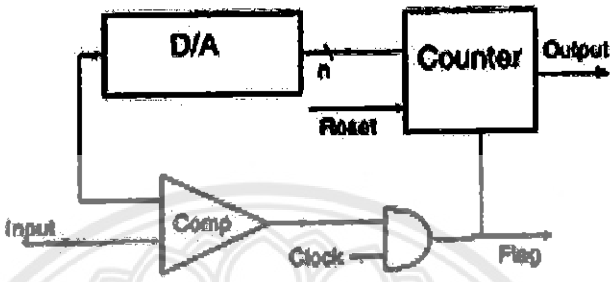
สัญญาณที่ใช้ในอุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์มี 2 ชนิด คือ สัญญาณอนาล็อกและสัญญาณดิจิตอล สัญญาณอนาล็อกจะใช้ในอุปกรณ์ทั่วๆ ไป และใช้ในการควบคุมแบบเก่าในปัจจุบันมีไมโครโปรเซสเซอร์ และไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ามาช่วยในการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ มากมายซึ่งทำให้การควบคุมนั้นทำได้ง่ายและรวดเร็วยิ่งขึ้น แต่ในการควบคุมนั้นเราจำเป็นต้องใช้สัญญาณดิจิตอลในการติดต่อกับไมโครโปรเซสเซอร์ หรือไมโครคอนโทรลเลอร์

การศึกษานี้ใช้สัญญาณอนาล็อกในการควบคุม ดังนั้นจึงต้องมีการเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล แล้วจึงนำสัญญาณนั้นเข้ามาสู่ไมโครโปรเซสเซอร์หรือไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อใช้ควบคุมระบบต่อไป

ข้อเสียของสัญญาณอนาล็อกนั้นก็ควบคุมได้ยาก เนื่องจากในสภาพแวดล้อมมีสัญญาณรบกวนอยู่มาก และการที่จะทำให้การควบคุมแบบอนาล็อก มีความสามารถควบคุมเท่ากับการควบคุมแบบดิจิตอลนั้น ทำได้ยากเนื่องจากวงจรควบคุมแบบ อนาล็อกจะต้องมีความซับซ้อนสูง อย่างไรก็ตามสัญญาณดิจิตอลก็ไม่สามารถทดแทนความละเอียดของสัญญาณอนาล็อกได้อย่างสมบูรณ์ แต่ทำให้การควบคุมนั้นทำให้ง่ายและสะดวกยิ่งขึ้น

2.10.1 Counting Converter

Counting Converter เป็นวิธีที่ง่ายที่สุดของการแปลงสัญญาณอนาล็อก เป็นสัญญาณดิจิตอลโดยใช้อัลกอริทึมในการนับค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แล้วนำผลที่ได้จากการนับนั้นไปเปรียบเทียบกับค่าที่ต้องการที่ตั้งไว้ ซึ่งลักษณะการทำงานเป็นดังรูป

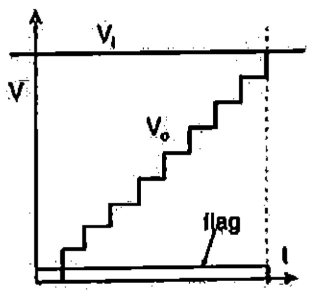


รูปที่2.18 Counting Converter

จากวงจร Counter เป็นอุปกรณ์นับค่าที่เพิ่มขึ้นทีละหนึ่ง แล้วส่งค่าที่ได้ให้ D/A มีขา Resct รับสัญญาณ Reset เมื่อต้องการให้เริ่มนับใหม่

D/A เมื่อรับค่าที่นับเพิ่มขึ้นทีละหนึ่งจากตัวนับก็แปลงค่าให้เป็นสัญญาณอนาล็อกที่มีค่าความต่างศักย์ค่าๆ หนึ่ง แล้วส่งต่อเข้าไปที่อุปกรณ์ตัวเปรียบเทียบ (Comparator)

Comparator จะเป็นอุปกรณ์ตัวเปรียบเทียบค่าความต่างศักย์ของอินพุตและค่าจากที่ตัวนับ ถ้าหากทั้งสองสัญญาณมีค่าเท่ากันส่งค่าความต่างศักย์ 0 โวลต์ออกมา (ลอจิก 0) ถ้าไม่เท่ากันก็จะส่งความต่างศักย์ที่ไม่ใช่ 0 โวลต์ออกมา (ลอจิก 1) ซึ่งค่าความต่างศักย์ที่ออกมา จะนำมาเข้าลอจิกเกต "และ" กับสัญญาณนาฬิกาจะได้ค่าลอจิกออกมา ถ้าผลลัพธ์ออกมาเป็นสัญญาณนาฬิกาแสดงว่ายังไม่ได้ผลลัพธ์เท่าที่ต้องการ สัญญาณนาฬิกาก็จะไปทำให้ตัวนับนับเพิ่มขึ้นต่อไป และเมื่อได้ค่าผลลัพธ์ดิจิตอลที่ต้องการแล้ว ค่าที่ได้จากตัวเปรียบเทียบจะให้ค่าความต่างศักย์เป็น 0 (ลอจิก 0) ซึ่งเมื่อนำมาเข้าลอจิกเกต "และ" กับสัญญาณนาฬิกาแล้ว ก็จะให้ลอจิก 0 ซึ่งทำให้ตัวนับไม่นับเพิ่มอีก ก็จะได้ค่าดิจิตอลจากตัวนับที่ต้องการจากคำอธิบายข้างต้นจะได้กราฟของ V_o ดังนี้



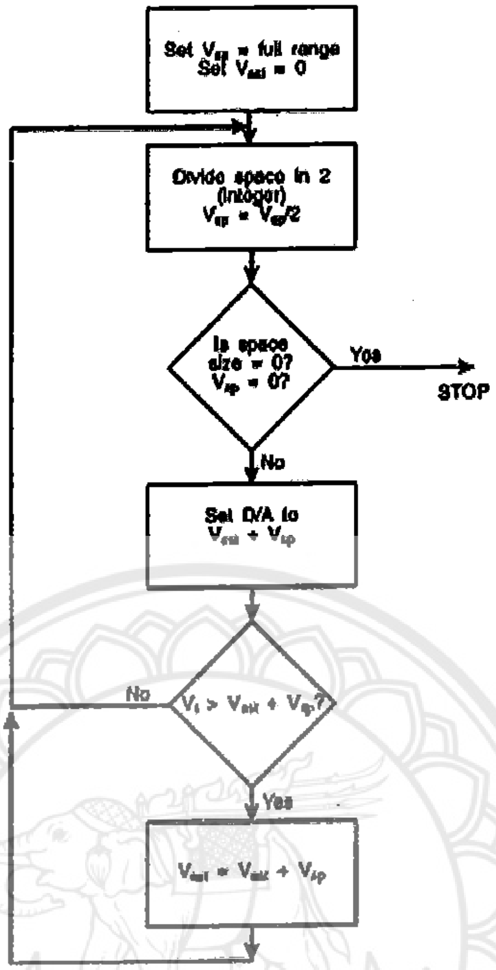
รูปที่2.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์

ข้อเสียของวิธีนี้คือการนับต้องเริ่มนับที่ 0 เสมอ และนับเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ทำให้ช้า เอาท์พุตที่ได้จะมี delay จึงไม่ค่อยนิยมใช้เท่าที่ควร จึงได้เปลี่ยนตัวนับเป็นแบบนับลงได้ด้วย ซึ่งจะอ้างอิงระดับจากระดับเก่า ทำให้ไม่จำเป็นต้องนับ 0 ใหม่ เมื่อมีการเปลี่ยนอินพุตใหม่ แต่ให้อ้างอิงกับผลลัพธ์เดิม ทำให้ได้ผลลัพธ์เร็วขึ้น

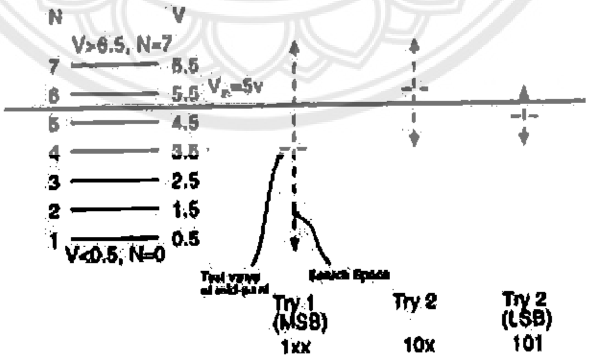
2.10.2 SuccessiveApproximation

ใช้หลักการของ "binary search" ในการหาคำตอบ โดยนำค่าผลลัพธ์มาเปรียบเทียบกับค่ากึ่งกลางของช่วง เพื่อให้ทราบว่าค่านั้นๆ มากกว่าหรือน้อยกว่า โดยจะปรับช่วงให้แคบลงมาเรื่อยๆ แล้วเปรียบเทียบผลลัพธ์กับค่ากึ่งกลางของช่วงไปเรื่อยๆ จนได้ผลลัพธ์ที่ต้องการ เช่นเลขที่เป็นคำตอบคือ 3 จากช่วงของคำตอบที่ 0-7 ครั้งแรกเอาค่า (0+7)/2 = 4 มาเปรียบเทียบ ได้ผลว่าคำตอบที่ต้องการอยู่ในช่วงที่น้อยกว่า 4 ครั้งที่ 2 ก็เลือกค่า (0+4)/2 = 2 มาเปรียบเทียบ ได้ผลว่าคำตอบที่ต้องการอยู่ในช่วงที่มากกว่า 2 แต่น้อยกว่า 4 ครั้งที่ 3 ก็เลือกค่า (2+4)/2 = 3 มาเปรียบเทียบได้ผลว่าคำตอบที่ต้องการ

จากหลักการที่กล่าวมาอาจเขียน Flow chart ได้ดังรูปที่2.20 ข้อดีของวิธีนี้คือเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบ n รอบ แน่นอน (สำหรับ n bit converter ซึ่งอ้างอิงได้ 2^n ระดับ และระดับ V_{in} ที่คงที่) ซึ่งใช้เวลาน้อยกว่าแบบ "Counting Algorithm" แต่มีข้อเสีย คือถ้า V_{in} เปลี่ยนทันทีทันใด ขณะที่กำลังทำ binary search อยู่นั้นคำตอบที่ได้จะผิดพลาดตัวอย่างเช่น เปลี่ยน V_{in} จาก 5 Volt เป็น 2 Volt



รูปที่2.20 binary search



รูปที่2.21 binary search

ช่วงของ V_{in} คือ 1-7 ใช้ n = 3 (เพราะว่า $2^3 = 8$)

ครั้งแรก ใช้ 4 เปรียบเทียบกับ V_{in} (ซึ่งเท่ากับ 5 โวลต์) พบว่า อยู่ในช่วง lower ได้ 1xx

ครั้งที่ 2 ใช้ 2 เปรียบเทียบกับ V_{in} (ซึ่งเท่ากับ 5 โวลต์) พบว่า อยู่ในช่วง upper ได้ 10x

ครั้งที่ 3 ใช้ 3 เปรียบเทียบกับ V_{in} (ซึ่งเท่ากับ 5 โวลต์) พบว่า ผลลัพธ์ที่ได้จะผิดพลาดได้ 100

2.11 MATLAB GUI

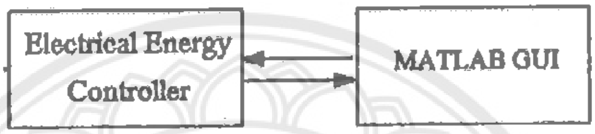
โดยปกติเราใช้โปรแกรมแม็ทแล็ปสำหรับการคำนวณที่ซับซ้อนต่างๆ หรืออาจจะใช้คำสั่งพล็อตกราฟผลข้อมูลได้ โดยการพิมพ์คำสั่งบนหน้าต่าง command window ซึ่งผู้ใช้จำเป็นต้องมีความรู้เกี่ยวกับคำสั่งของโปรแกรมแม็ทแล็ปจึงจะทำงานได้ นอกจากนั้น โปรแกรมแม็ทแล็ปยังมีหน้าที่ในส่วนของ Graphical User Interface (GUI) ซึ่งเป็นรูปแบบกราฟิก เช่น Pushbutton Radiobutton Editable text Static text Frame ที่ผู้ใช้สามารถใช้งานในการติดต่อสั่งการโปรแกรมต่างๆ ได้ นอกจากนี้หน้าที่ของกราฟฟิกต่างๆ ของโปรแกรมแม็ทแล็ปก็ถูกนำมาใช้ในโครงงานนี้เพื่อแสดงผลข้อมูลที่ได้จากการคำนวณของโปรแกรมในรูปแบบที่สะดวกต่อการพิจารณา

แม็ทแล็ป จียูไอนี้ช่วยอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้มากขึ้น ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องมีความรู้ในคำสั่งของโปรแกรมแม็ทแล็ปมากนัก แต่ก็ยังสามารถใช้งานโปรแกรมได้ นอกจากนี้ผู้ที่มีความรู้ดีอยู่แล้วก็จะทำให้ใช้งานได้รวดเร็วและสะดวกขึ้นอีก ดังนั้นแม็ทแล็ป จียูไอจึงเปรียบเสมือนสิ่งดึงดูดใจและทำให้โปรแกรมน่าใช้มากขึ้น

บทที่3
การดำเนินงานวิจัย

3.1 การออกแบบระบบรายงานพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ

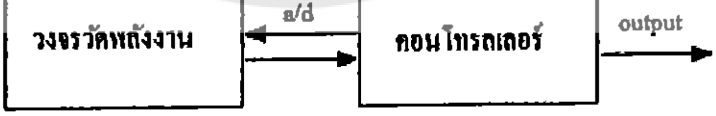
ระบบรายงานพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ เป็นระบบที่ใช้รายงานผลพลังงานไฟฟ้าแสดงผลเป็นรายงานบนโปรแกรมแม็ทแล็ป ซึ่งการออกแบบระบบแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนของอุปกรณ์และส่วนของโปรแกรม ส่วนโครงสร้างการทำงานโดยรวมของระบบเป็นไปดังรูปที่3.1



รูปที่3.1 โครงสร้างโดยรวมของระบบ

3.1.1 การออกแบบระบบรายงานพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับส่วนของอุปกรณ์

โครงสร้างของอุปกรณ์แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนวงจรวัดพลังงานซึ่งจะรับค่าพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับเป็นข้อมูลแบบอนาล็อก ส่วนที่สองคือคอนโทรลเลอร์ซึ่งจะรับข้อมูลอนาล็อกจากวงจรวัดพลังงานเพื่อแปลงเป็นข้อมูลเอาต์พุตแบบดิจิตอลและส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์ผ่านซีเรียลพอร์ต (ดังรูปที่3.2)

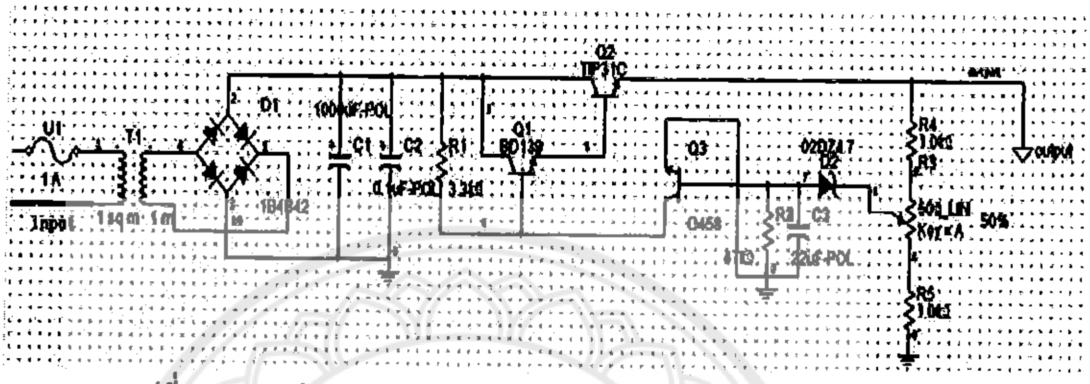


รูปที่3.2 โครงสร้างอุปกรณ์

1. วงจรส่วนวัดพลังงาน

ส่วนวัดพลังงานจะวัดค่าพลังงานโดยจะป้อนสัญญาณอินพุตที่เป็นความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้า ซึ่งจะต้องมีค่าความต่างศักย์ของสัญญาณอนาล็อกอินพุตไม่เกิน 220 โวลต์ ค่าแรงดันไฟฟ้านั้นจะมากน้อยขึ้นอยู่กับการใช้พลังงานไฟฟ้า

โครงสร้างหลักของวงจรคือทำการแปลงกระแสไฟฟ้าจากไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงแล้วทำการลดความต่างศักย์แบบเป็นสัดส่วน เช่นถ้าความต่างศักย์ 220 โวลต์ จะทำการลดให้เป็น 3 โวลต์ ดังนั้นถ้าความต่างศักย์เท่ากับ 110 โวลต์ จึงได้ความต่างศักย์เป็น 1.5 โวลต์ เนื่องจากคอนโทรลเลอร์มีขีดจำกัดของการใช้งาน โดยรับค่าอินพุตเป็นไฟฟ้ากระแสตรงความต่างศักย์ไม่เกิน 3 โวลต์

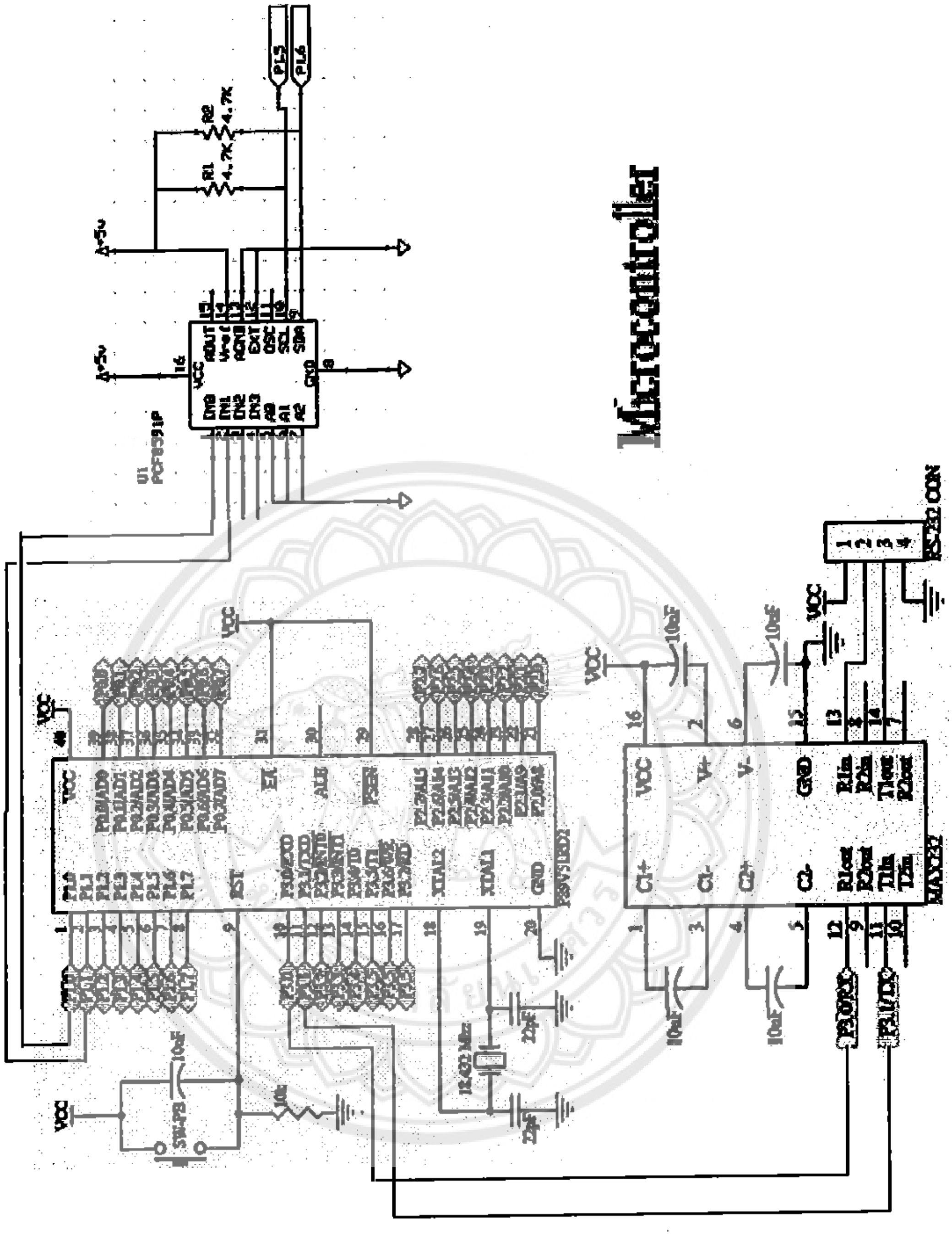


รูปที่3.3 วงจรส่วนวัดพลังงานของระบบรายงานพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ

2. คอนโทรลเลอร์

ส่วนคอนโทรลเลอร์ (ดังรูปที่3.4) ของระบบรายงานพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับโดยในที่นี้ใช้ P89C51RD2 เป็นตัวคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของระบบรายงานพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งจะทำการต่อกับสัญญาณเอาต์พุตของวงจารวัดพลังงานผ่าน A/D เข้ากับตัว P89C51RD2 ผ่านทางขา INT0 เพื่อนำค่าผลรวมที่ได้ส่งต่อไปยังโปรแกรมแม็ทแล็ป และแสดงผลออกเป็นค่าพลังงานที่วัดได้

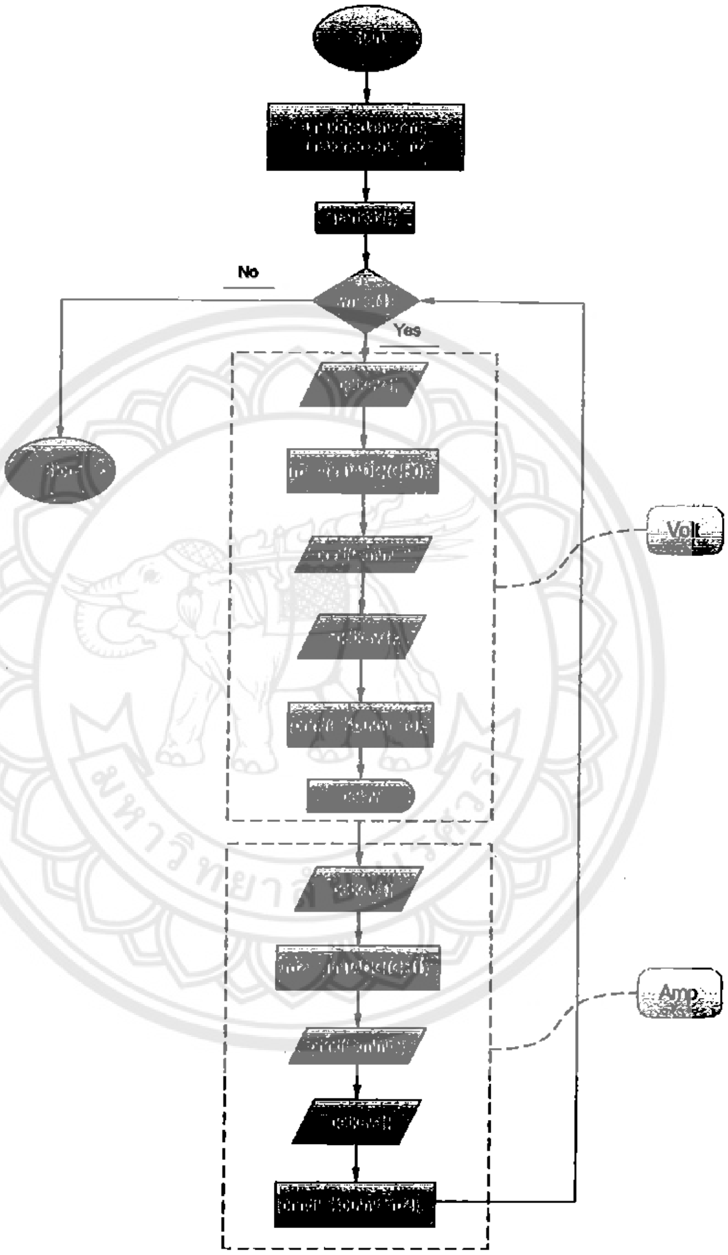
โดยตัว P89C51RD2 จะทำการต่อกับ A/D ซึ่งตัวรับค่าที่ได้เพื่อแปลงเป็นค่าดิจิตอลส่งไปยังพอร์ท P1.5 และ P1.6 ของ P89C51RD2 โดยในการทำงานของตัว ระบบรายงานพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ นั้นจะมีการส่งผ่านข้อมูลไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยจะทำการส่งข้อมูลผ่านทางขา Tx และ Rx จะส่งข้อมูลออกไปทางซีเรียลพอร์ต (RS 232)



รูปที่3.4 วงจรส่วนคอนโทรลเลอร์

ส่วนของคอนโทรลเลอร์จะทำงานดังรูปที่3.5 โดยจะนำข้อมูลที่ได้รับและส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์ผ่านซีเรียลพอร์ต จากนั้นส่วนของซอฟแวร์ในการรับข้อมูลคือโปรแกรมแม็ทแล็ปโดยต้องทำการเขียนให้โปรแกรมให้คอนโทรลเลอร์เพื่อให้ทำงานในลักษณะที่ต้องการได้

โปรแกรมที่ใช้ในส่วนนี้คือภาษาซี จะเป็นตัวกำหนดให้คอนโทรลเลอร์รับข้อมูลอนาล็อกเข้ามาแปลงเป็นข้อมูลดิจิตอลแล้วส่งไปยังคอมพิวเตอร์ผ่านซีเรียลพอร์ต



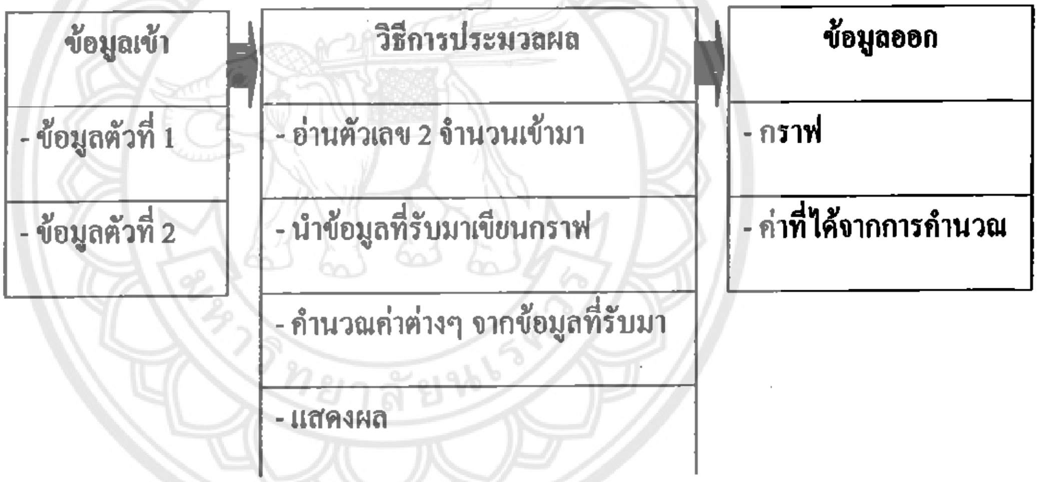
รูปที่3.5 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมในส่วนคอนโทรลเลอร์

3.1.2 การออกแบบระบบรายงานพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับส่วนของโปรแกรม

1. การวิเคราะห์ปัญหา

ต้องการสร้างโปรแกรมที่มีการอ่านค่าจากไมโครคอนโทรลเลอร์จำนวน 2 ตัว เพื่อนำมาเขียนกราฟ และคำนวณหาค่าประสิทธิผลของความต่างศักย์ ค่าประสิทธิผลของกระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้า ตัวประกอบกำลัง กำลังไฟฟ้าเสมือน กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย ค่าความถี่ความต่างศักย์

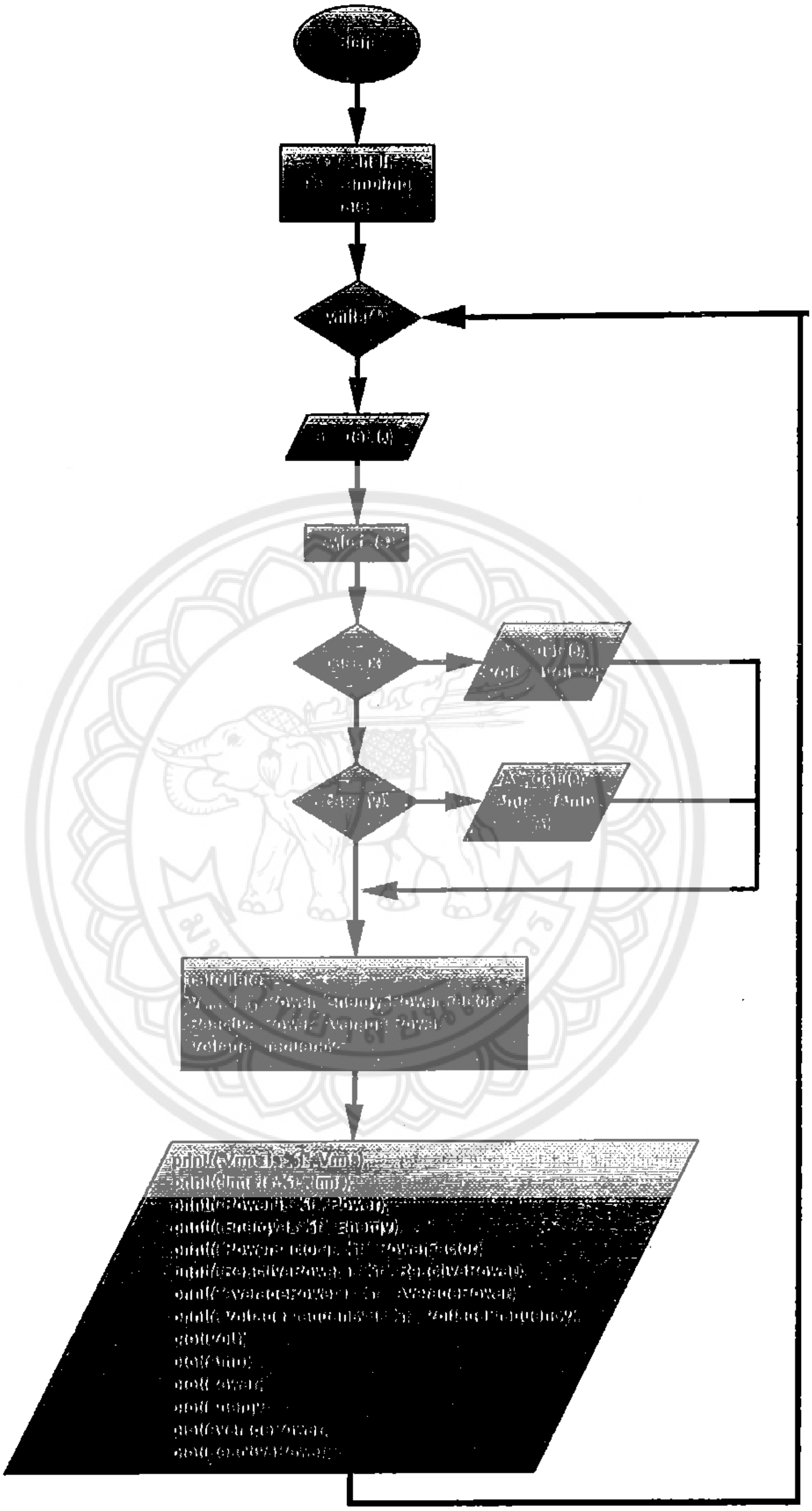
ดังนั้นเราสามารถแจกแจงได้ว่า ข้อมูลสำหรับปัญหานี้คือ รับตัวเลข 2 จำนวน ผลลัพธ์ของปัญหาคือ กราฟ ค่าประสิทธิผลของความต่างศักย์ ค่าประสิทธิผลของกระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้า ตัวประกอบกำลัง กำลังไฟฟ้าเสมือน กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย ค่าความถี่ความต่างศักย์และวิธีการประมวลผลได้แก่ การอ่านค่าตัวเลขทั้งสองเข้ามา ทำการวิเคราะห์ข้อมูล คำนวณค่าต่างๆ จากข้อมูลที่รับมา และแสดงผลออกมาให้เห็นผ่านโปรแกรมแม็ทแล็ปซึ่งจะแสดงหลักการทำงานของโปรแกรมดังรูปที่3.6



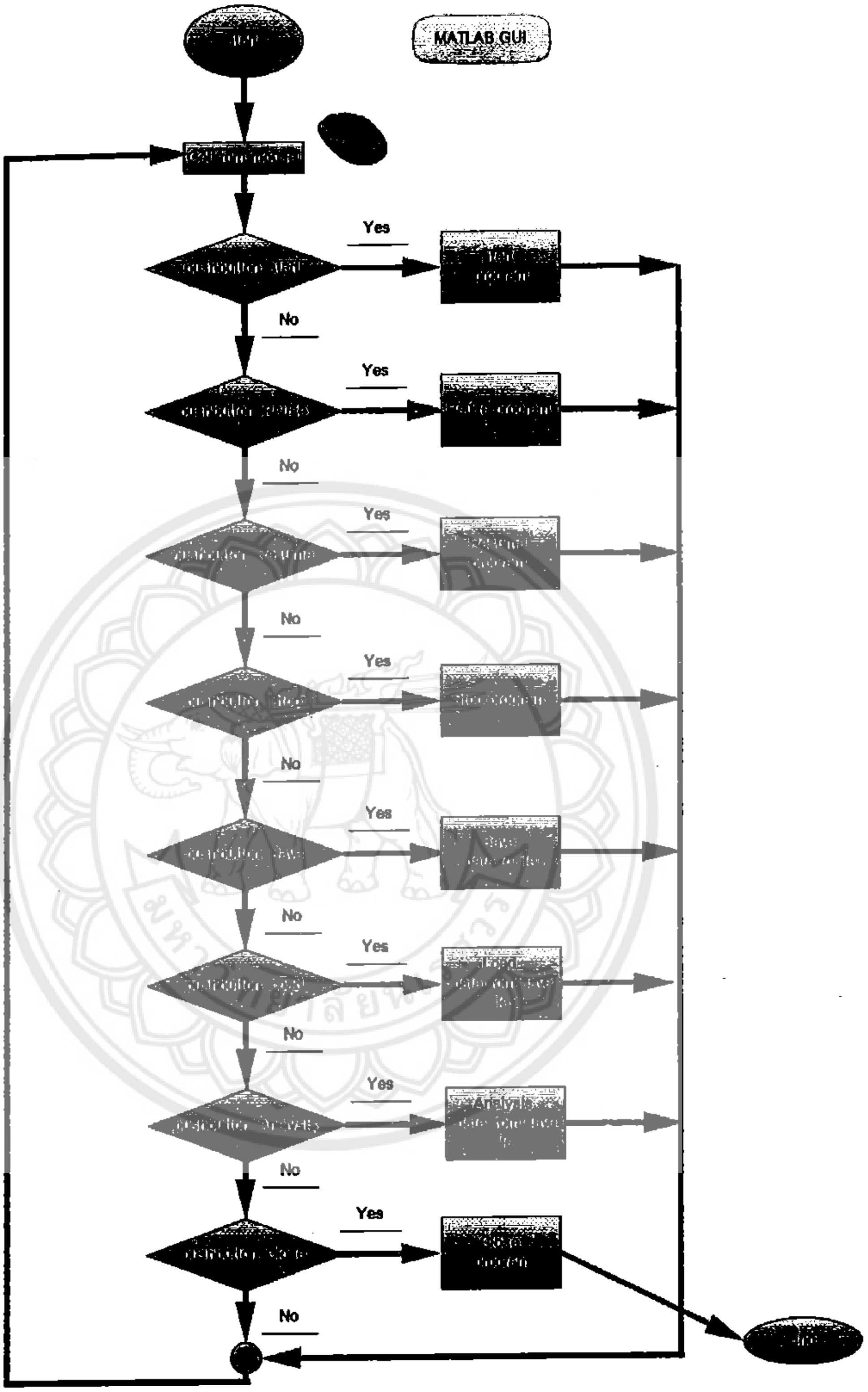
รูปที่3.6 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมแม็ทแล็ป

2. การออกแบบโปรแกรม

หลังจากขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหาแล้ว สามารถเขียนเป็นเป็นแผนภูมิที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของโปรแกรมแม็ทแล็ป และโปรแกรมแม็ทแล็ป จียูไอได้ดังรูปที่3.7 – รูปที่3.8



รูปที่3.7 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมในส่วนโปรแกรม



รูปที่3.8 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมในส่วนแม็ทแล็ป จียูไอ

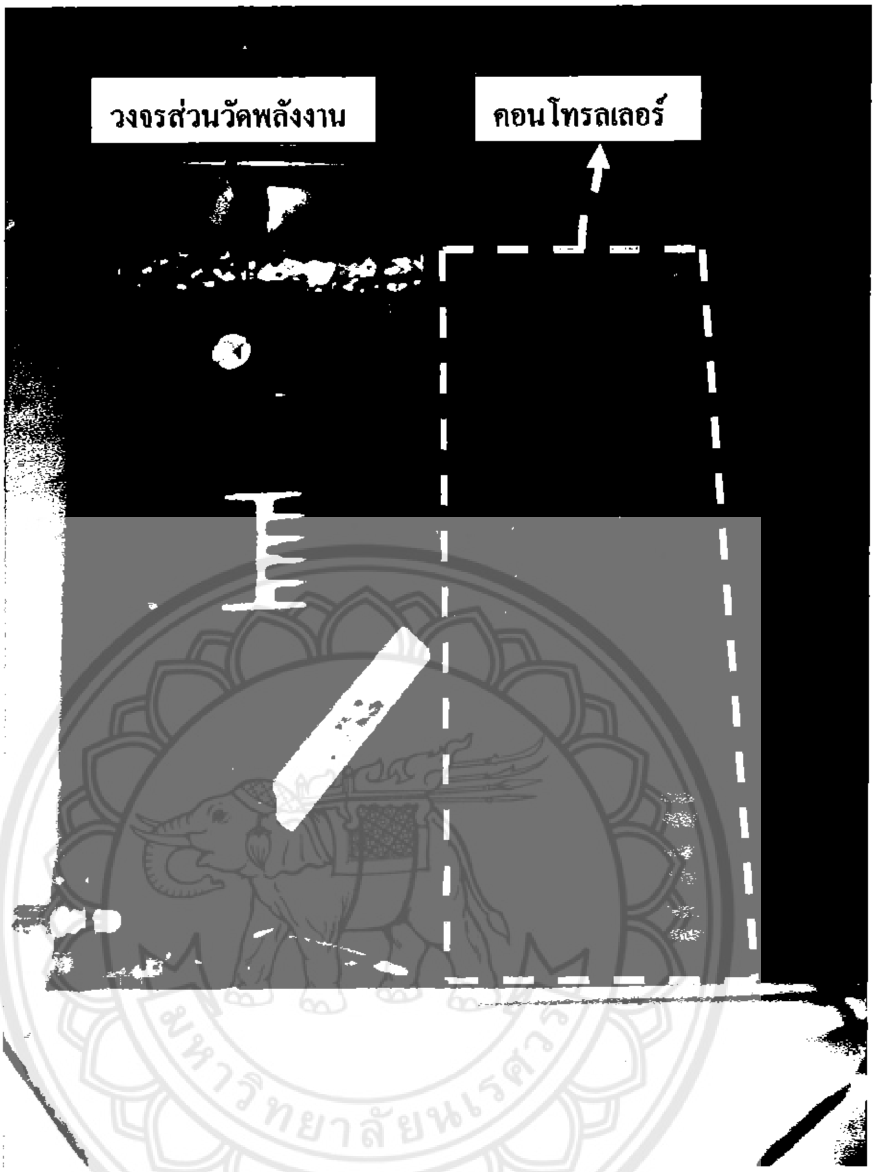
3.2 ผลการทดสอบแบบระบบรายงานพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ

จากการออกแบบระบบรายงานพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งผลที่ได้จากการทดสอบระบบจะแบ่งเป็นสองส่วนคือส่วนของอุปกรณ์ที่ใช้วัดพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับและส่วนของโปรแกรมที่ใช้ประมวลผลข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์

3.2.1 ผลการทดสอบระบบรายงานพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับส่วนของอุปกรณ์

จากการออกแบบวงจรจะแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนวงจรวัดพลังงาน ซึ่งจะรับค่าพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับเป็นข้อมูลแบบอนาล็อก และส่วนของคอนโทรลเลอร์ซึ่งจะรับข้อมูลอนาล็อกจากวงจรวัดพลังงานเพื่อแปลงเป็นข้อมูลแบบดิจิตอลและส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์ผ่านซีเรียลพอร์ต

ผลทดสอบระบบวงจรวัดพลังงานซึ่งมีเอาต์พุตอยู่ 2 ส่วน คือส่วนแรกเอาต์พุตที่แสดงค่าของความต่างศักย์ที่ได้รับโดยตรงจากการลดความต่างศักย์กระแสไฟฟ้ากระแสสลับ และส่วนของกระแสที่ทำการต่อกับตัวต้านทานไว้ โดยค่าจะนำเอาต์พุตทั้งสองนี้ส่งไปยังส่วนที่สอง ซึ่งส่วนที่สองคือส่วนของคอนโทรลเลอร์ซึ่งจะรับเอาต์พุตจากวงจรวัดพลังงานเข้ามาทาง A/D ซึ่งแปลงข้อมูลจากอนาล็อกเป็นข้อมูลดิจิตอล แล้วส่งข้อมูลทั้งสองเข้าไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทางพอร์ต P1.5 และ P1.6 ตามลำดับ ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์จะประมวลผลส่งข้อมูลไปยัง RS232 ทางพอร์ต Rx และ Tx เพื่อส่งข้อมูลที่ได้ไปยังคอมพิวเตอร์ผ่านซีเรียลพอร์ตต่อไป



รูปที่3.9 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับรับ-ส่งค่าข้อมูล

3.2.2 ผลการทดสอบระบบรายงานพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับส่วนของโปรแกรม

วิธีการทดสอบในส่วนของโปรแกรมหลังจากได้ค่าข้อมูลดิจิตอลจากคอนโทรลเลอร์ที่ผ่านเข้ามาในคอมพิวเตอร์จะสามารถทำได้ดังนี้คือ

1. เมื่อเริ่มการทำงานของโปรแกรมให้กดปุ่มควบคุมกด "Start" (ดังรูปที่3.9) ทำให้ส่วนแสดงสถานการณ์ทำงาน (ดังรูปที่3.10) จะแสดงคำว่า "Running" หมายถึงขณะโปรแกรมทำงาน

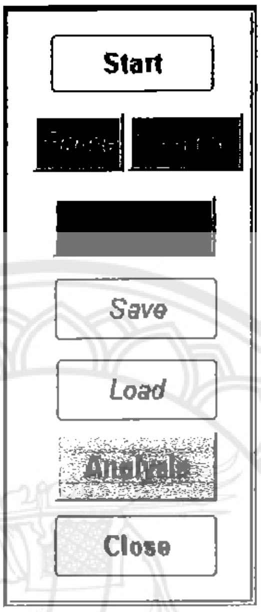
2. เมื่อสังเกตจากกราฟ (รูปที่3.11) แสดงข้อมูลแบบเวลาจริงของค่าต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าที่ครบ 100 รอบ จึงกดปุ่ม "Pause" ที่ปุ่มควบคุม ส่วนแสดงสถานการณ์ทำงานจะขึ้นว่า "PauseOn" หมายถึงหยุดชั่วคราว

3. หลังจากนั้นกดที่ปุ่ม "Save" " ที่ปุ่มควบคุม จากนั้นโปรแกรมจะบันทึกค่าข้อมูลแบบเวลาจริงของค่าต่างศักย์และกระแสไฟฟ้า เมื่อบันทึกเสร็จจะเห็นส่วนแสดงสถานการณ์ทำงานจะขึ้นว่า "Save Complete" หมายถึงบันทึกผล

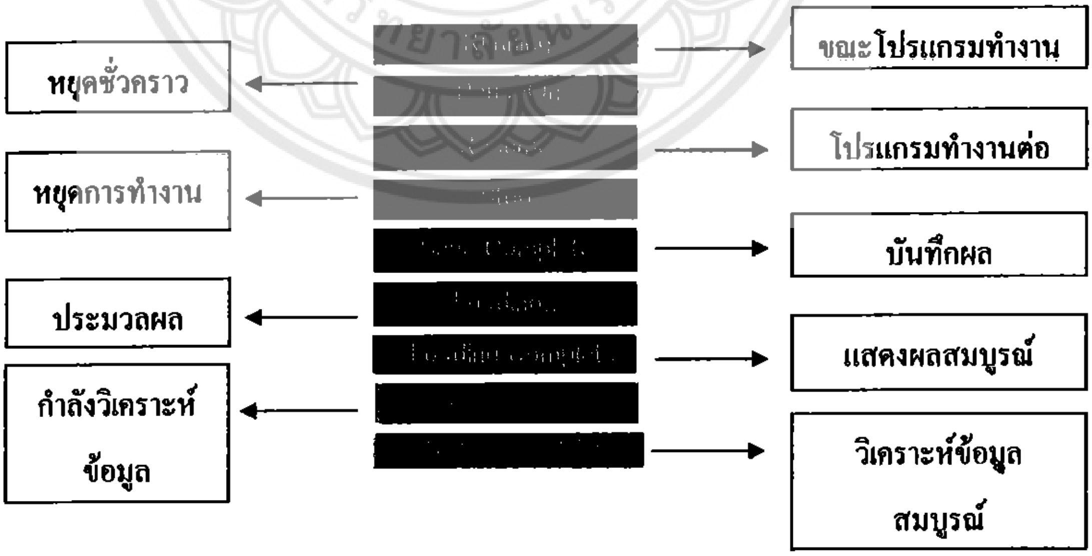
4. จากนั้นกด "Load" ที่ปุ่มควบคุม ส่วนแสดงสถานการณ์ทำงานจะขึ้นว่า "Loading" หมายถึงประมวลผล พบได้ว่าการรายงานผลรูปแบบกราฟจะแสดงกราฟดังนี้คือข้อมูลแบบเวลาจริงของค่าต่างศักย์และกระแสไฟฟ้า ค่าความต่างศักย์ ค่ากระแสไฟฟ้า ค่ากำลังไฟฟ้า และค่าพลังงานไฟฟ้า ในส่วนการรายงานผลด้วยตัวเลขจะแสดงข้อมูลของค่าความต่างศักย์ ค่ากระแสไฟฟ้า ค่ากำลังไฟฟ้า ค่าประสิทธิผลของความต่างศักย์มูลและค่าประสิทธิผลของกระแสไฟฟ้า เมื่อได้ค่าทั้งหมดข้างต้นจากการรายงานผลทั้ง 2 รูปแบบแล้ว ส่วนแสดงสถานการณ์ทำงานจะขึ้นว่า "Loading Complete" หมายถึงแสดงผลสมบูรณ์

5. จากนั้นกด "Analysis" ที่ปุ่มควบคุม ส่วนแสดงสถานการณ์ทำงานจะขึ้นว่า "Analysing..." หมายถึงกำลังวิเคราะห์ข้อมูล โปรแกรมแม็ทแล็ปส่วนแสดงผลรูปแบบกราฟจะแสดงข้อมูลค่ากำลังไฟฟ้าเสมือนเพิ่มขึ้นมา พร้อมทั้งกราฟของค่าความต่างศักย์และค่ากระแสไฟฟ้าที่ผ่านการวิเคราะห์ข้อมูลมาแล้ว ส่วนแสดงผลตัวเลขจะแสดงค่าตัวประกอบกำลัง กำลังไฟฟ้าเสมือน กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย และความถี่ไฟฟ้า

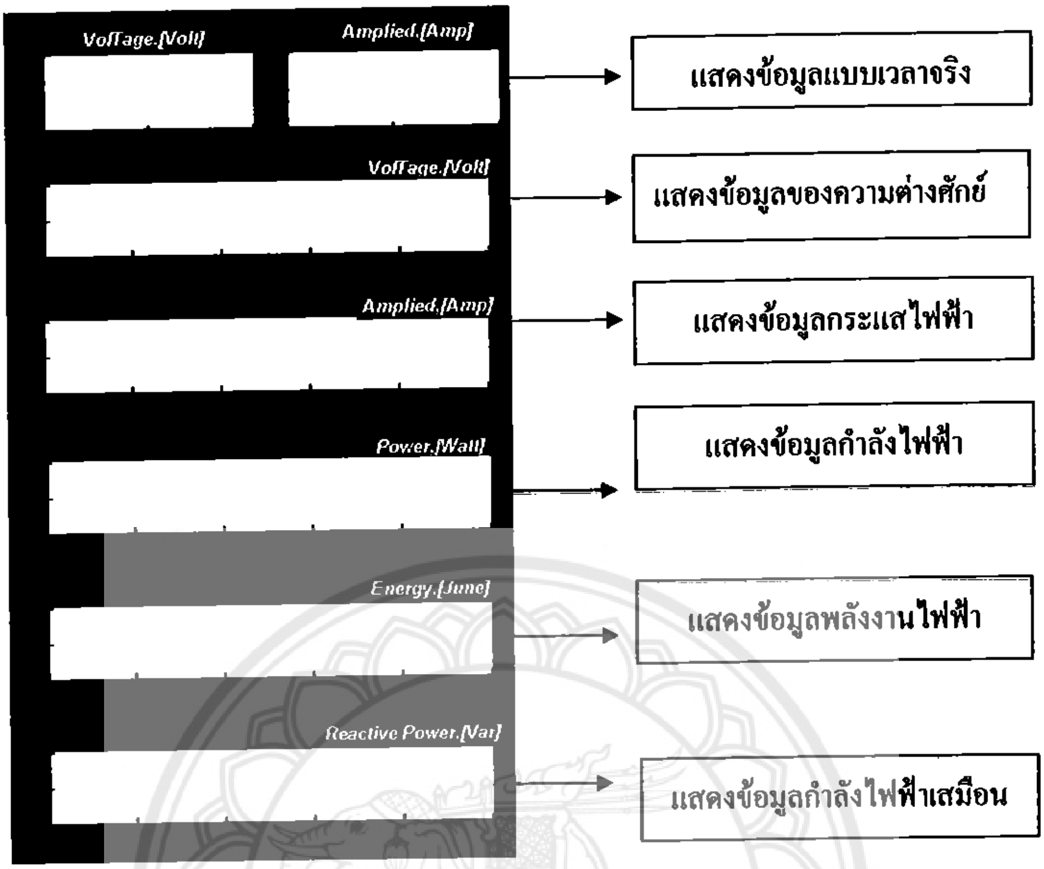
6. เมื่อจะเริ่มเปลี่ยนการสังเกตแบบสุ่ม รอบที่ 200 ให้เริ่มกด "resume" ที่ปุ่มควบคุมก่อน ส่วนแสดงสถานการณ์ทำงานจะแสดงคำว่า "resume" ต่อจากนั้นทำตามวิธีทำที่ 2 ถึง 5 ใหม่อีกรอบแล้วบันทึกผล จากนั้นเปลี่ยนรอบการสุ่มไปเรื่อยๆ จนถึงรอบที่ 1000



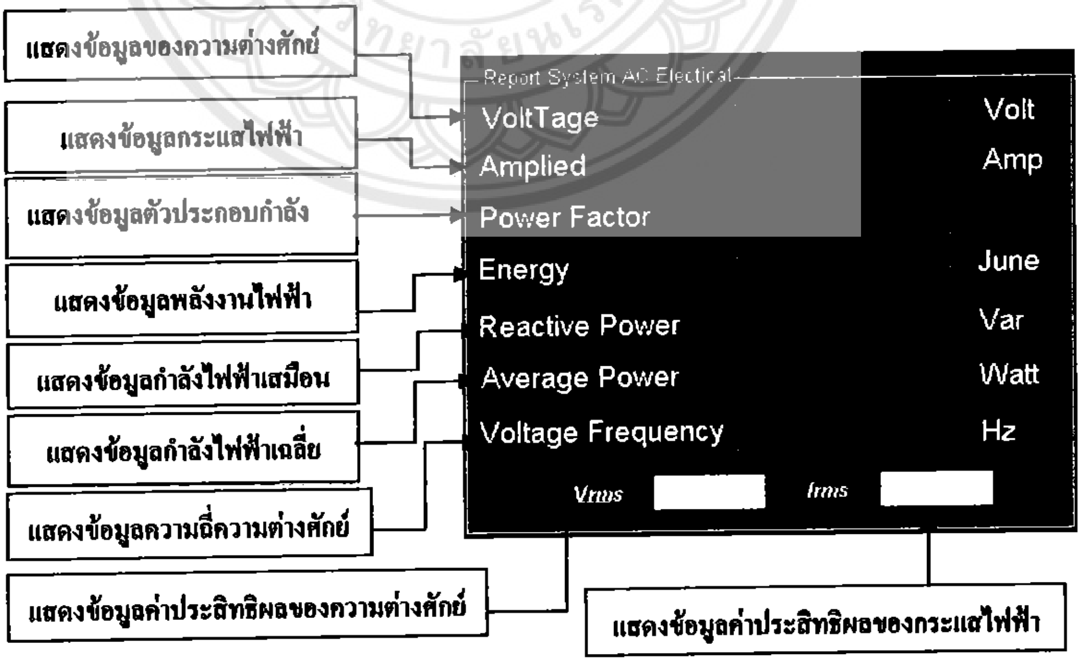
รูปที่3.10 ปุ่มควบคุม



รูปที่3.11 ส่วนที่แสดงสถานะต่างๆ ขณะทำงานของโปรแกรมแม็ทแล็ป



รูปที่3.12 ส่วนรูปแบบกราฟของผลการรายงานการวัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าหลังการประมวลผลด้วยโปรแกรมแม็ทแล็ป



รูปที่3.13 ส่วนการรายงานด้วยตัวเลข

บทที่4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองจากการออกแบบระบบรายงานพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ

ผลการทดลองที่ได้จากการออกแบบระบบรายงานพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับจะแบ่งได้เป็น 2 ส่วนคือส่วนของอุปกรณ์และส่วนของโปรแกรม โดยผลที่ได้จากการอุปกรณ์จะเป็นข้อมูลเพื่อนำไปประมวลผลต่อไปในส่วนของโปรแกรม จากนั้นจะนำข้อมูลที่ได้รับมาจากส่วนของอุปกรณ์นั้นจะนำมาใช้ประมวลผลค่าความต่างศักย์ กระแส และพลังงานไฟฟ้าในรูปแบบกราฟในโปรแกรมแม็ทแล็ป

4.1.1 ผลการทดลองจากการออกระบบรายงานพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับในส่วนของอุปกรณ์

จากการออกแบบอุปกรณ์วัดกระแสไฟฟ้านั้นจะต้องรับค่าอินพุตจากไฟฟ้ากระแสสลับเข้ามาในวงจรแล้วเปลี่ยนให้เป็นกระแสตรง โดยการทดลองนี้ได้ใช้ค่าอินพุตเป็นค่าความต่างศักย์ดังนี้คือ 55 110 165 และ220 โวลต์ จากนั้นจึงทำการลดค่าแรงดันเป็นสัดส่วนที่สดคลง ความต่างศักย์ที่ได้รับจากวงจรดังนี้คือ 0.75 1.50 2.25 และ3.00โวลต์ ตามลำดับ สามารถสรุปได้ตามตารางที่ 4.1

ตารางที่4.1 ผลการวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ได้รับจากวงจร

ค่าความต่างศักย์ที่ได้จากพาวเวอร์ซัพพาย (หน่วยเป็นโวลต์)	ค่าความต่างศักย์ที่ได้รับจากวงจร (หน่วยเป็นโวลต์)
55	0.75
110	1.50
165	2.25
220	3.00

จากนั้นนำค่าที่ได้รับจากวงจรวัดพลังงานไฟฟ้าซึ่งเป็นข้อมูลแบบอนาล็อก มาเมื่อผ่านคอนโทรลเลอร์แล้วจะได้เป็นข้อมูลดิจิตอลดังตารางที่4.2 คือ 64 128 192 และ255

ตารางที่4.2 ผลการวัดข้อมูลดิจิตอลจากคอนโทรลเลอร์หลังได้รับข้อมูลอนาล็อกของวงจร

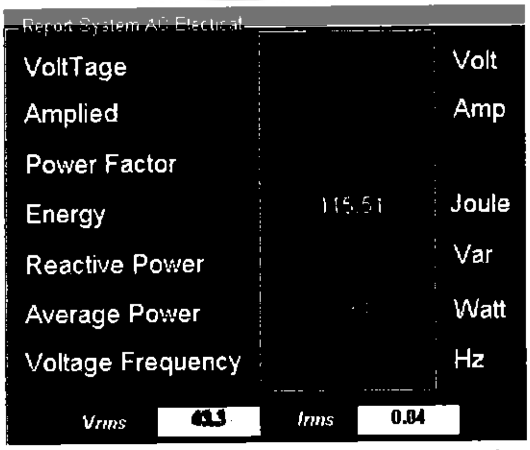
ข้อมูลอนาล็อก (หน่วยเป็นโวลต์)	ข้อมูลดิจิตอล
0.75	64
1.50	128
2.25	192
3.00	255

4.1.2 ผลการทดลองจากการออกระบบรายงานพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับใน**ส่วนของโปรแกรม**

หลังจากนำค่าข้อมูลดิจิตอลที่ผ่านคอนโทรลเลอร์มาแล้วจึงได้นำค่าไปประมวลผลด้วยโปรแกรมแม็ทแล็ป โดยการทดลองนี้จะศึกษาโดยใช้ค่าแรงดันไฟฟ้าแตกต่างกัน 4 ตัวอย่างคือ 55 110 165 220 โวลต์ ซึ่งผลการทดลองที่ได้จากโปรแกรมจะถูกแสดงใน 2 รูปแบบ คือ รูปแบบของกราฟและรูปแบบของตัวเลขโดยผลที่ได้รับจากการประมวลผลทางโปรแกรมมีดังนี้

1. **ผลรายงานรูปแบบของตัวเลข** เมื่อการวัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าหลังการประมวลผลด้วยโปรแกรมแม็ทแล็ปที่แรงดันไฟฟ้า 55 โวลต์

จากการทดลองเมื่อใช้แรงดันไฟฟ้า 55 โวลต์ จากการสุ่มตัวอย่างที่ 100 รอบ หลังประมวลผลด้วยโปรแกรมแม็ทแล็ปจะพบการแสดงส่วนของตัวเลขได้ตามรูปที่4.1 นอกจากนี้มีการสรุปผลในส่วนของตัวเลขตามตารางที่4.3



รูปที่4.1 ตัวอย่างส่วนแสดงตัวเลขในโปรแกรมแม็ทแล็ปที่แรงดันไฟฟ้า 55 โวลต์

ตารางที่4.3 ผลการวัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าหลังการประมวลผลด้วยโปรแกรมแม็ทแล็ปที่แรงดันไฟฟ้า 55 โวลต์

Sampling	V_{rms}	I_{rms}	Power Factor	Energy (Joule)	Reactive Power (Var)	Average Power (Watt)	Frequency (Hz)
100	43.30	0.04	0.28	115.51	-1.66	0.48	50.03
200	43.30	0.04	0.28	302.33	-1.66	0.48	50.03
300	43.30	0.04	0.28	438.00	-1.66	0.48	50.03
400	43.30	0.04	0.28	585.90	-1.66	0.48	50.03
500	43.30	0.04	0.28	718.15	-1.66	0.48	50.03
600	43.30	0.04	0.28	852.67	-1.66	0.48	50.03
700	43.30	0.04	0.28	991.08	-1.66	0.48	50.03
800	43.30	0.04	0.28	1125.90	-1.66	0.48	50.03
900	43.30	0.04	0.28	1269.10	-1.66	0.48	50.03
1000	43.30	0.04	0.28	1415.06	-1.66	0.48	50.03

จากตารางที่4.3 พบว่าหลังนำค่าความต่างศักย์ 55 โวลต์ มาประมวลผลด้วยโปรแกรมแม็ทแล็ปจากผลการรายงานพบได้ว่าการสุ่มค่า 100 รอบ 200 รอบ จนถึง 1000 รอบ จะได้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ได้นั้นมีค่าเท่าเดิม คือ ค่าประสิทธิผลของความต่างศักย์ ค่าประสิทธิผลของกระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ตัวประกอบกำลัง กำลังไฟฟ้าเสมือน กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย ค่าความถี่ความต่างศักย์ จะได้ค่าคือ 43.30 โวลต์ 0.04 แอมป์ 0.28 -1.66 วาร์ 0.48 วัตต์และ 50.03 เฮิร์ตตามลำดับ ซึ่งสามารถตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ เช่นกำลังไฟฟ้าเสมือนและกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยได้อย่างความถูกต้องเมื่อทดสอบด้วยสูตรสมการดังตัวอย่างที่ 1

ตัวอย่างที่1

Reactive Power $= V_{rms}.I_{rms}.\sin\theta$

$= 43.30*0.04*(-0.96)$

$= -1.66$ *Var.*

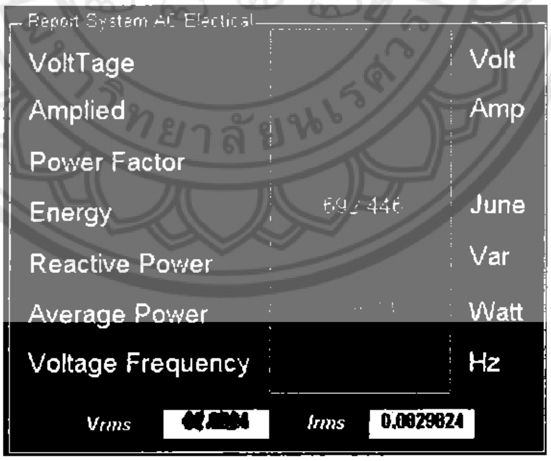
Average Power $= V_{rms}.I_{rms}.\cos\theta$

$= 43.30*0.04*0.28$

$= 0.48$ *Watt.*

จากตัวอย่างที่1 จะพบว่าเมื่อพิสูจน์การหาค่ากำลังไฟฟ้าเสมือนและกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยจากสูตรการคำนวณ พบว่าค่าที่ได้จากการคำนวณตามสูตรตรงกับค่ากำลังไฟฟ้าเสมือนและกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ได้จากหลังการประมวลผลด้วยโปรแกรมแม็ทแล็ปดังสรุปตามตารางที่4.3

ค่าพลังงานเมื่อสุ่มค่า 100 รอบ มีค่าเท่ากับ 115.51 จูล โดยเมื่อมีการสุ่มจำนวนรอบมากขึ้นจนถึง 1000 รอบ มีค่าเท่ากับ 1415.06 จูล



รูปที่4.2 ตัวอย่างส่วนแสดงตัวเลขในโปรแกรมแม็ทแล็ปที่แรงดันไฟฟ้า 110 โวลต์

ตารางที่4.4 ผลการวัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าหลังการประมวลผลด้วยโปรแกรมแม็ทแล็ปที่แรงดันไฟฟ้าที่ 110 โวลต์

Sampling	V_{rms}	I_{rms}	Power Factor	Energy (Joule)	Reactive Power (Var)	Average Power (Watt)	Frequency (Hz)
100	82.95	0.08	0.98	608.52	-1.12	6.50	49.91
200	82.95	0.08	0.98	1219.68	-1.12	6.50	49.91
300	82.95	0.08	0.98	1865.72	-1.12	6.50	49.91
400	82.95	0.08	0.98	2486.73	-1.12	6.50	49.91
500	82.95	0.08	0.98	3101.79	-1.12	6.50	49.91
600	82.95	0.08	0.98	3727.31	-1.12	6.50	49.91
700	82.95	0.08	0.98	4371.05	-1.12	6.50	49.91
800	82.95	0.08	0.98	4967.92	-1.12	6.50	49.91
900	82.95	0.08	0.98	5599.47	-1.12	6.50	49.91
1000	82.95	0.08	0.98	6214.11	-1.12	6.50	49.91

จากตารางที่4.4 พบว่าหลังนำค่าความต่างศักย์ 110 โวลต์ มาประมวลผลด้วยโปรแกรมแม็ทแล็ปจากผลการรายงานพบได้ว่าการสุ่มค่า 100 รอบ 200 รอบ จนถึง 1000 รอบ จะได้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ได้นั้นมีค่าเท่าเดิม คือ ค่าประสิทธิผลของความต่างศักย์ ค่าประสิทธิผลของกระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ตัวประกอบกำลัง กำลังไฟฟ้าเสมือน กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย ค่าความถี่ความต่างศักย์ จะได้ค่าคือ 82.95 โวลต์ 0.08 แอมป์ 0.98 -1.12 วาร์6.50 วัตต์และ 49.91

เฮิร์ตตามลำดับ ซึ่งสามารถตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ เช่นกำลังไฟฟ้าเสมือนและกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยได้อย่างความถูกต้องเมื่อทดสอบด้วยสูตรสมการดังตัวอย่างที่ 2

ตัวอย่างที่ 2

Reactive Power $= V_{rms} \cdot I_{rms} \cdot \sin\theta$

$= 82.95*0.08*(-0.17)$

$= -1.12$ *Var.*

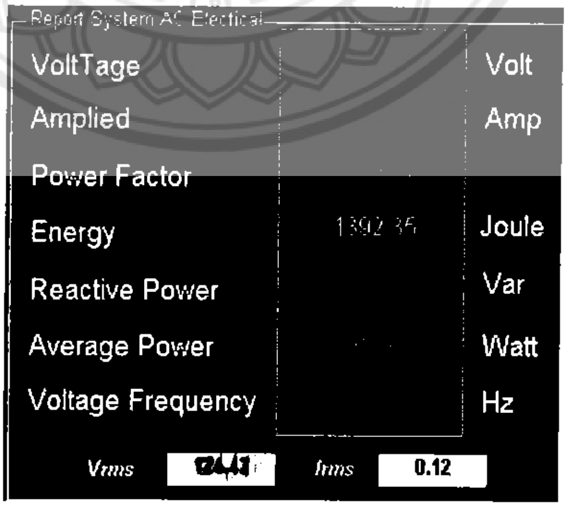
Average Power $= V_{rms} \cdot I_{rms} \cdot cos\theta$

$= 82.95*0.08*0.98$

$= 6.50$ *Watt.*

จากตัวอย่างที่2 จะพบว่าเมื่อพิสูจน์การหาค่ากำลังไฟฟ้าเสมือนและกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยจากสูตรการคำนวณ พบว่าค่าที่ได้จากการคำนวณตามสูตรตรงกับค่ากำลังไฟฟ้าเสมือนและกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ได้จากหลังการประมวลผลด้วยโปรแกรมแม็ทแล็ปดังสรุปตามตารางที่4.4

ค่าพลังงานเมื่อสุ่มค่า 100 รอบ มีค่าเท่ากับ 608.52 จูล โดยเมื่อมีการสุ่มจำนวนรอบมากขึ้นจนถึง 1000 รอบ มีค่าเท่ากับ 6214.11 จูล



รูปที่4.3 ตัวอย่างส่วนแสดงตัวเลขในโปรแกรมแม็ทแล็ปที่แรงดันไฟฟ้า 165 โวลต์

ตารางที่4.5 ผลการวัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าหลังการประมวลผลด้วยโปรแกรมแม็ทแล็ปที่แรงดันไฟฟ้าที่ 165 โวลต์

Sampling	V_{rms}	I_{rms}	Power Factor	Energy (Joule)	Reactive Power (Var)	Average Power (Watt)	Frequency (Hz)
100	124.43	0.12	0.96	1392.35	-4.18	14.33	49.54
200	124.43	0.12	0.96	2808.35	-4.18	14.33	49.54
300	124.43	0.12	0.96	4224.35	-4.18	14.33	49.54
400	124.43	0.12	0.96	5658.28	-4.18	14.33	49.54
500	124.43	0.12	0.96	7159.75	-4.18	14.33	49.54
600	124.43	0.12	0.96	8687.40	-4.18	14.33	49.54
700	124.43	0.12	0.96	10215.80	-4.18	14.33	49.54
800	124.43	0.12	0.96	11718.20	-4.18	14.33	49.54
900	124.43	0.12	0.96	13206.10	-4.18	14.33	49.54
1000	124.43	0.12	0.96	14719.70	-4.18	14.33	49.54

จากตารางที่4.5 พบว่าหลังนำค่าความต่างศักย์ 165 โวลต์ มาประมวลผลด้วยโปรแกรมแม็ทแล็ปจากผลการรายงานพบได้ว่าการสุ่มค่า 100 รอบ 200 รอบ จนถึง 1000 รอบ จะได้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ได้นั้นมีค่าเท่าเดิม คือ ค่าประสิทธิผลของความต่างศักย์ ค่าประสิทธิผลของกระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ตัวประกอบกำลัง กำลังไฟฟ้าเสมือน กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยค่าความถี่ความต่างศักย์ จะได้ค่าคือ 124.43 โวลต์ 0.12 แอมป์ 0.96 -4.18 วาร์14.33 วัตต์และ 49.54 เฮิร์ตตามลำดับ ซึ่งสามารถตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ เช่นกำลังไฟฟ้าเสมือนและกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยได้อย่างความถูกต้องเมื่อทดสอบด้วยสูตรสมการดังตัวอย่างที่ 3

ตัวอย่างที่ 3

Reactive Power $= V_{rms} . I_{rms} . \sin\theta$

$= 124.43*0.12*(-0.28)$

$= -4.18$ *Var.*

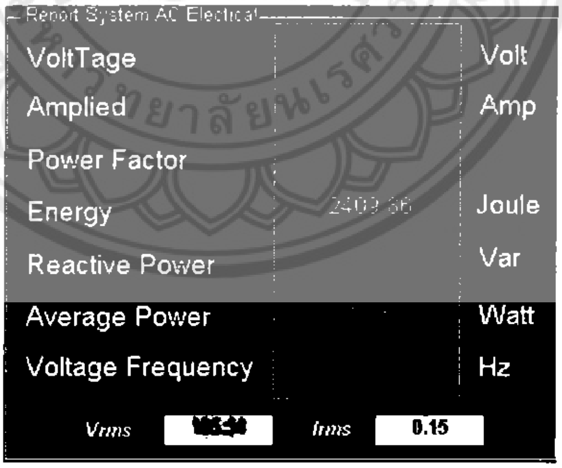
Average Power $= V_{rms} . I_{rms} . \cos\theta$

$= 124.43*0.12*0.96$

$= 14.33$ *Watt.*

จากตัวอย่างที่3 จะพบว่าเมื่อพิสูจน์การหาค่ากำลังไฟฟ้าเสมือนและกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยจากสูตรการคำนวณ พบว่าค่าที่ได้จากการคำนวณตามสูตรตรงกับค่ากำลังไฟฟ้าเสมือนและกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ได้จากหลังการประมวลผลด้วยโปรแกรมแม็ทแล็ปดังสรุปตามตารางที่4.5

ค่าพลังงานเมื่อสุ่มค่า 100 รอบ มีค่าเท่ากับ 1392.35จูล โดยเมื่อมีการสุ่มจำนวนรอบมากขึ้นจนถึง 1000 รอบ มีค่าเท่ากับ 14719.70 จูล



รูปที่4.4 ตัวอย่างส่วนแสดงตัวเลขในโปรแกรมแม็ทแล็ปที่แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์

ตารางที่4.6 แสดงผลการวัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าหลังการประมวลผลด้วยโปรแกรมแม็ทแล็ปที่แรงดันไฟฟ้าที่ 220 โวลต์

Sampling	V_{rms}	I_{rms}	Power Factor	Energy (Joule)	Reactive Power (Var)	Average Power (Watt)	Frequency (Hz)
100	155.54	0.15	0.66	2409.86	-17.50	15.40	49.97
200	155.54	0.15	0.66	4817.83	-17.50	15.40	49.97
300	155.54	0.15	0.66	7215.30	-17.50	15.40	49.97
400	155.54	0.15	0.66	9631.98	-17.50	15.40	49.97
500	155.54	0.15	0.66	12025.70	-17.50	15.40	49.97
600	155.54	0.15	0.66	14425.00	-17.50	15.40	49.97
700	155.54	0.15	0.66	16828.50	-17.50	15.40	49.97
800	155.54	0.15	0.66	19230.10	-17.50	15.40	49.97
900	155.54	0.15	0.66	21679.40	-17.50	15.40	49.97
1000	155.54	0.15	0.66	24032.60	-17.50	15.40	49.97

จากตารางที่4.6 พบว่าหลังนำค่าความต่างศักย์ 165 โวลต์ มาประมวลผลด้วยโปรแกรมแม็ทแล็ปจากผลการรายงานพบได้ว่าการสุ่มค่า 100 รอบ 200 รอบ จนถึง 1000 รอบ จะได้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ได้นั้นมีค่าเท่าเดิม คือ ค่าประสิทธิผลของความต่างศักย์ ค่าประสิทธิผลของกระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ตัวประกอบกำลัง กำลังไฟฟ้าเสมือน กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย ค่าความถี่ความต่างศักย์ จะได้ค่าคือ 155.54 โวลต์ 0.15 แอมป์ 0.66 -17.50 วาร์15.40 วัตต์และ 49.97

เฮิร์ตตามลำดับ ซึ่งสามารถตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ เช่นกำลังไฟฟ้าเสมือนและกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยได้อย่างความถูกต้องเมื่อทดสอบด้วยสูตรสมการดังตัวอย่างที่ 4

ตัวอย่างที่ 4

Reactive Power $= V_{rms} \cdot I_{rms} \cdot \sin\theta$

$= 155.54*0.15*(-0.75)$

$= -17.50$ *Var.*

Average Power $= V_{rms} \cdot I_{rms} \cdot \cos\theta$

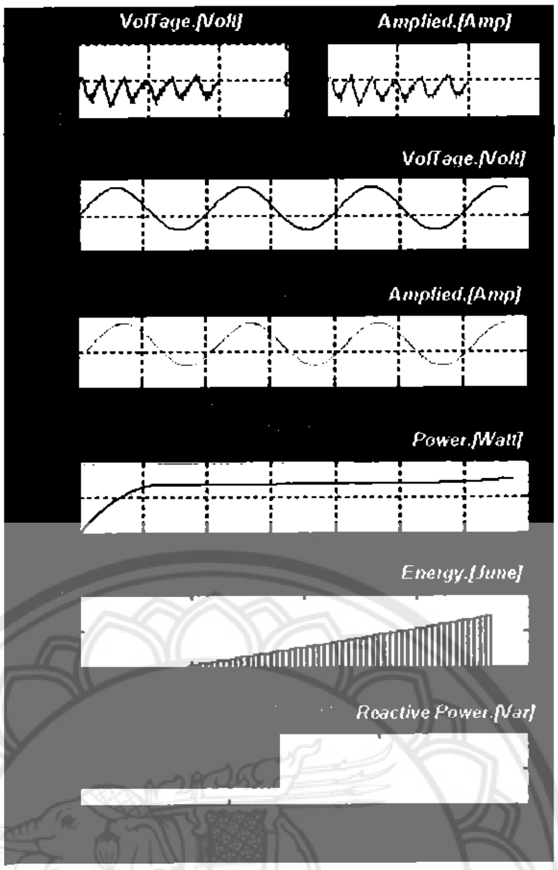
$= 155.54*0.15*0.66$

$= 15.40$ *Watt.*

จากตัวอย่างที่ 4 จะพบว่าเมื่อพิสูจน์การหาค่ากำลังไฟฟ้าเสมือนและกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยจากสูตรการคำนวณ พบว่าค่าที่ได้จากการคำนวณตามสูตรตรงกับค่ากำลังไฟฟ้าเสมือนและกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ได้จากหลังการประมวลผลด้วยโปรแกรมแม็ทแล็ปดังสรุปตามตารางที่4.6

ค่าพลังงานเมื่อสุ่มค่า 100 รอบ มีค่าเท่ากับ 2409.86 จูล โดยเมื่อมีการสุ่มจำนวนรอบมากขึ้นจนถึง 1000 รอบ มีค่าเท่ากับ 24032.60 จูล

2. ผลการทดลองในรูปแบบของกราฟ จะแสดงการสรุปผลรายงานข้อมูลแบบกราฟตามรูปที่ 4.5



รูปที่4.5 ตัวอย่างส่วนแสดงกราฟในโปรแกรมแม็ทแล็ปที่แรงดันไฟฟ้า 55 โวลต์

จากการทดลองเมื่อใช้แรงดันไฟฟ้า 55 โวลต์ จากการสุ่มตัวอย่างที่ 100 รอบ หลังประมวลผลด้วยโปรแกรมแม็ทแล็ปจะพบการแสดงส่วนของกราฟได้ตามรูปที่4.5 กราฟในส่วนของค่าความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าหลังการวิเคราะห์แล้วกราฟจะเป็นรูปซายน์ส่วนกราฟอื่นๆ จะเป็นดังรูปที่4.5

บทที่5

บทสรุป

5.1 บทสรุป

จากการศึกษาผู้ศึกษาได้นำเอาค่าสัญญาณอินพุตจากไฟฟ้ากระแสสลับที่เป็นโวลต์เตจความต่างศักย์ที่แตกต่างกันคือ 55 110 165 และ220 โวลต์ เข้ามาในวงจรเพื่อลดความต่างศักย์จะได้ผลดังตารางที่4.1 คือความต่างศักย์ในวงจรที่วัดได้คือ 0.75 1.50 2.25 และ 3.00 โวลต์ตามลำดับซึ่งข้อมูลนี้เป็นแบบอนาล็อก จากนั้นจึงนำข้อมูลนี้ไปผ่านคอนโทรลเลอร์แล้วจะได้เป็นข้อมูลดิจิตอลดังตารางที่4.2 เพื่อนำข้อมูลดิจิตอลที่ได้ไปประมวลผลด้วยโปรแกรมแม็ทแล็ป ผลที่ได้จากโปรแกรมนี้จะถูกแสดงใน2 รูปแบบคือ รูปแบบกราฟและรูปแบบตัวเลข

ผลสรุปการรายงานในรูปแบบกราฟพบว่า ค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าหลังการประมวลผลด้วยโปรแกรมแม็ทแล็ปนั้นสามารถวัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้า เช่นค่าความต่างศักย์และค่ากระแสไฟฟ้า เช่นจากการทดลองเมื่อใช้แรงดันไฟฟ้า 55 โวลต์ โดยการสุ่มตัวอย่างที่ 100 รอบ หลังประมวลผลด้วยโปรแกรมแม็ทแล็ปจะพบว่าการแสดงของกราฟในส่วนของค่าความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าหลังการวิเคราะห์แล้วกราฟจะเป็นรูปซายน์ ออกมาได้อย่างถูกต้องเมื่อเทียบกับเครื่องออสซิลโลสโคป ส่วนกราฟอื่นๆ จะเป็นดังรูปที่4.5

ผลสรุปการรายงานในรูปแบบตัวเลขนั้นพบว่าค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าหลังการประมวลผลด้วยโปรแกรมแม็ทแล็ปนั้นสามารถวัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้า เช่นความต่างศักย์และค่ากระแสไฟฟ้าแบบเวลาจริงได้อย่างถูกต้องเมื่อเทียบกับเครื่องมัลติมิเตอร์ โดยสรุปผลดังตารางที่ 4.3-4.6 ซึ่งเมื่อนำค่าความต่างศักย์ที่แตกต่างกันทั้ง 4 ค่า คือ 55 110 165 220 มาประมวลผลด้วยโปรแกรมแม็ทแล็ปแล้วพบได้ว่าการสุ่มค่า 100 รอบ 200 รอบ จนถึง 1000 รอบ จะสังเกตได้ว่าค่าความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าที่ได้นั้นมีค่าเท่าเดิม นอกจากนี้การรายงานผลหลังใช้โปรแกรมแม็ทแล็ปยังรายงานผลค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าอื่นๆได้อย่างอัตโนมัติทันที ค่าประสิทธิผลของความต่างศักย์ ค่าประสิทธิผลของกระแสไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ตัวประกอบกำลัง กำลังไฟฟ้าเสมือน กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย ค่าความถี่ความต่างศักย์ เป็นต้น ซึ่งค่าที่ได้นี้มีความถูกต้องโดยตรวจสอบตัวอย่างที่ 1–4 จะแสดงวิธีการคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าเสมือนและกำลังไฟฟ้าเฉลี่ย จะสังเกตได้ว่าค่าที่ได้จากการคำนวณตามสูตรนั้นตรงกับค่าตามตารางที่ได้หลังการประมวลผลด้วยแม็ทแล็ป ทำให้เห็นได้ว่าการใช้โปรแกรมนี้จึงทำให้ผู้ใช้งานไม่ต้องเสียเวลาในการคำนวณค่าพารามิเตอร์ไฟฟ้าต่างๆ จากสูตร ทำให้สามารถอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้งานได้

เป็นอย่างดี และได้รับข้อมูลที่มีประสิทธิภาพอีกด้วย จากเหตุผลข้างต้นจึงทำให้โปรแกรมแม็ทแล็ป นี้เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการใช้งานเพื่อวัดค่าพลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพอีกวิธีหนึ่งด้วย

5.2 ปัญหาอุปสรรคและแนวทางแก้ไข

1. ปัญหาพื้นฐานทางอิเล็กทรอนิคส์ เช่นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์บางชิ้นมีการชำรุดอยู่ก่อนที่จะนำมาใช้งาน เช่นพวกไอซีเบอร์ต่างๆ หรือตัวทรานซิสเตอร์ เป็นต้น หรืออาจทำให้เกิดการชำรุดขณะทำการทดลองและต่อวงจร อีกทั้งไม่ได้ตรวจเช็คอุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์ก่อนที่จะนำมาใช้งาน
2. ควรตรวจสอบเวอร์ชั่นของแม็ทแล็ปก่อนการใช้งานโปรแกรม และแก้ไขโค้ดโปรแกรมให้สามารถใช้งานได้ดีที่สุด

5.3 ข้อจำกัดของระบบ

เนื่องจากโปรแกรมแม็ทแล็ปเป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับการคำนวณทางคณิตศาสตร์และกราฟิกที่ซับซ้อน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีความเร็วสูง คอมพิวเตอร์พีซีที่เหมาะสมกับโปรแกรมแม็ทแล็ป

5.4 แนวทางการพัฒนาต่อ

1. ในเรื่องของฮาร์ดแวร์สามารถพัฒนาให้เล็กลงได้โดยออกแบบวงจร
2. พัฒนาแม็ทแล็ป จียูไอให้ใช้งานได้ง่ายขึ้นและแสดงผลได้ละเอียดขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล และนคร ภักดีชาติ, **ไมโครคอนโทรลเลอร์ MSC – 51 ด้วยโปรแกรมภาษา C ฉบับ P89V51RD2.** กรุงเทพมหานคร : อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์. 2549.

[2] ศุภชัย สุรินทร์วงศ์, **เทคโนโลยีไฟฟ้ากระแสสลับ.** กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี [ไทย-ญี่ปุ่น], 2536

[3] สมยศ จุฌณะปิยะ, **"การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MSC–51"** คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2546.

[4] Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, **Digital Image Processing.** 2nd edition., Boston : Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc. 1993.

[5] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods and Steven L. Eddins, **Digital Image Processing using MATLAB.** New jersey : Prentice-Hall, Inc. 1990.

[6] Alasdair McAndrew, **Induction to Digital Image Processing with MATLAB.** Victoria University. Thomson Course Technology, 2004.

[7] "The Mathworks." [online]. Available : http://www.mathworks.com/

[8] Miller B., "DNL–Matlab Training Sessions." [online]. Available :http://dnl.ucsf.edu/matlab/

ภาคผนวก

1. โปรแกรมควบคุม controller

```
#include <reg51.h>
#include <stdio.h>
#include <intrins.h>
#include <string.h>
#define CH0 0x41
#define CH1 0x42
#define CH2 0x43
#define CH3 0x44

// ********** 3B port I2C **********//
sbit XXSDA          = P1^6;
sbit XXSCL          = P1^5;      // I2C BUS

//******** Basic Function ********//
void dmsec(unsigned int count) {     // mSec Delay
  unsigned int i;                    // for Keil CA51
  while (count) {
    i = 13220; while (i>0) i--;      //x1*** (Speed x1)=i=111
    count--;
  }
}

/********** 3B-Port I2C **********/
void ipdel (void) {                  // I2C delay
  _nop_ ();
  _nop_ ();
  _nop_ ();
  _nop_ ();
```

```
    _nop_ ();
    _nop_ ();
    _nop_ ();
    _nop_ ();
}

void xxchigh (void) {            // I2C clock high
    XXSCL = 1;
    ipdel ();
}

void xxclow (void) {             // I2C clock low
    XXSCL = 0;
    ipdel ();
}

void xxstart (void) {            // start condition
    XXSDA = 1;
    XXSCL = 1;
    XXSDA = 0;
    ipdel ();
    XXSCL = 0;
    XXSDA = 1;
}

void xxstop (void) {             // stop condition
    XXSDA = 0;
    XXSCL = 1;
    ipdel ();
    XXSDA = 1;
}
```

```
bit xxwrbyte (unsigned dat) {        // write one byte
    unsigned char i;                 // return 0 = ok
    bit outbit;                      // return 1 = error
    for (i=1;i<=8;i++) {
        outbit = dat & 0x80;
        XXSDA = outbit;
        dat = dat << 1;
        xxchigh ();
        xxclow ();
    }
    XXSDA = 1;
    xxchigh ();
    outbit = XXSDA;
    xxclow ();
    return (outbit);
}

unsigned char xxrdbyte () {          // read one byte
    unsigned char i,dat;             // return 0xff = error
    bit inbit;
    dat = 0;
    for (i=1;i<=8;i++) {
        xxchigh ();
        inbit = XXSDA;
        dat = dat << 1;
        dat = dat | inbit;
        xxclow ();
    }

    XXSDA = 1;
    xxchigh ();
    inbit = XXSDA;
```

```
    xxclow ();
    if (~inbit) dat = 0xff;
    return (dat);
 }

/************* A/D **************/
unsigned char ADC(unsigned char channel){
        unsigned char temp;
        xxstart();
        xxwrbyte(0x90); // pcf8591 address 0
        xxwrbyte(0x40|channel);
        xxstop();
        xxstart();
        xxwrbyte(0x91);
        temp = xxrdbyte();
        xxstop();
        return(temp);
}

void start232 (void) {          // speed x 1
   SCON = 0x52;                 // set RS232 parameter
   TMOD |= 0x20;
   TH1 = -3; PCON |= 0x80;     // 38400 at x2
   TR1  = 1;
        RI = 0;
}

void main()
{
        unsigned char rd;
        unsigned char rd2;
        start232();
```

```
        while(1)
        {
                rd = (int)ADC(CH0);
                rd2 = (int)ADC(CH1);
                _getkey ();
                printf("xn\n\r");
                _getkey ();
                printf("%bu\n\r",rd);
                rd2 = (int)ADC(CH1);
                _getkey ();
                printf("zn\n\r");
                _getkey ();
                printf("%bu\n\r",rd2);

        };
}
```

2. โปรแกรมประมวลผลทาง MATLAB

```
function varargout = test01(varargin)
% Poochong 11/9/08
% TEST01 M-file for test01.fig
% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                   'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
                   'gui_OpeningFcn', @test01_OpeningFcn, ...
                   'gui_OutputFcn',  @test01_OutputFcn, ...
                   'gui_LayoutFcn',  [] , ...
                   'gui_Callback',   []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT

% --- Executes just before test01 is made visible.
function test01_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)

handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% --- Outputs from this function are returned to the command line.
```

```
function varargout = test01_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)

varargout{1} = handles.output;

% --- Executes on button press in pushbutton1.
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
   set(handles.text91,'string','Running');
   s = serial('COM1','BaudRate',38400); %ตั้งค่า port com1 BaudRate 38400
   fopen(s);
% ==========================================================
   bb = 0; cc = 0; dd = 0; gg = 0; vv1 = 0; vv2 = 0; pp = 1; rr = 0;
   nx = []; nz = []; xn = []; zn = []; ll = [];jj=0;
% ==========================================================
% Pause & Resume function ============
   global fighandle;
   fighandle = gcf;
   axhandle = gca;
   set(handles.pushbutton1,'UserData',1);
   while (get(handles.pushbutton1,'UserData') ==1)
     jj = jj+1;
     vv = [mod(jj, 101)];
     if (vv == 0)
       pp = pp + 1;
       rr = rr + 100;
     end;
% switch case ==============================================
     fprintf(s,'o')
     a = fscanf(s,'%s');
     switch (a)
% VOLT=====================================================
       case 'xn'
         fprintf(s,'o')
```

```
            Volt = fscanf(s,'%d');
            vv1 = Volt*0.011764705882352941176470588235294;
% transform DC 3V to AC 220V ========================
            vv1 = vv1 * 73.333333333333333333333333333333;
% ================================================
            nx = [nx jj];
            xn = [xn vv1];
            axes(handles.axes13);
            plot(nx,xn,'-m.');
            grid on
            axis([rr pp*100 0 220]);
% AMP =============================================
         case 'zn'
            fprintf(s,'o')
            Amp = fscanf(s,'%d');
            vv2 = Volt*0.011764705882352941176470588235294;
            vv2 = vv2/1000;
            vv2 = vv2 * 73.333333333333333333333333333333;
            nz = [nz jj+1];
            zn = [zn vv2];
            axes(handles.axes15);
            plot(nz,zn,'-g.');
            grid on
            axis([rr pp*100 0 0.3]);
      end
% powerf===p(watt)= E (volt ) x I (amp )============
      ee = [mod(jj,2)];
      if (ee==0)
         bb = vv1;
         cc = vv2;
         dd = (bb*cc);
         gg = [gg dd];
```

```
% Energy ================
        yy = sum(gg);
        ll = [ll yy];
    end
% Share data ========================================
    handles.current_data1 = xn; % Volt
    handles.current_data2 = zn; % Amp
    handles.current_data3 = gg; % Power
    handles.current_data4 = ll;
    handles.current_data6 = s;  % serial port
% ================================================
    guidata(hObject,handles)
  end
  guidata(hObject, handles);
  fclose(s);
  delete(s)
  set(hObject,'String','Start') ;

% --- Executes on button press in pushbutton2.
function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
  set(handles.text91,'string','Save...');
% Save data to file ================================
  xn = handles.current_data1; % Volt
  zn = handles.current_data2; % Amp
  gg = handles.current_data3; % Power
  ll = handles.current_data4;
% ================================================
  save('datatest01.mat', 'xn' , 'zn' , 'gg' , 'll' )
  set(handles.text91,'string','Save Complete');

% --- Executes on button press in pushbutton3.
function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
% Load & Plot data from file ========================
    % Load & Plot data from file ===========================
    set(handles.text91,'string','Loading...');
    load dataAC.mat;Ts = 666*10^(-6);
    volt = mean(xn);
    amp = mean(zn);
    energy = sum(gg);
    Vmax = max(xn);
    Imax = max(zn);
    Vrms = Vmax * 0.707;
    Irms = Imax * 0.707;
    set(handles.Volt,'string',volt);
    set(handles.Amp,'string',amp);
    set(handles.Energy,'string',energy);
    set(handles.Vrms,'string',Vrms);
    set(handles.Irms,'string',Irms);
    % ==============================================
% Volt ===============
    A = length(xn);
    a = 0: 1: A-1;
    x1 = xn;
    b = ones(1,10)/10;          % 10 point averaging filter
    yy = filtfilt(b,1,x1);      % Noncausal filtering
    x = a*Ts;
    axes(handles.axes1);
    plot(x,yy,'-m');
    xlabel('Time, [sec]');
    grid on
% Amp ================
    B = length(zn);
    b = 0: 1: B-1;
    x2 = zn;
```

```
b1 = ones(1,10)/10;          % 10 point averaging filter
yy1 = filtfilt(b1,1,x2);      % Noncausal filtering
y = b*Ts;
axes(handles.axes2);
plot(y,yy1,'-g');
xlabel('Time, [sec]');
grid on
% power ==============
C = length(gg);
c = 0: 1: C-1;
x3 = gg;
b3 = ones(1,10)/10;          % 10 point averaging filter
yy2 = filtfilt(b3,1,x3);      % Noncausal filtering
z = c*Ts*2;
axes(handles.axes3);
plot(z,yy2,'-k');
xlabel('Time, [sec]');
grid on
% Energy ============
D = length(ll);
d = 0: 1: D-1;
w = d*Ts*2;
axes(handles.axes4);
bar(w,ll,'y');
xlabel('Time, [sec]');
% ==================
set(handles.text91,'string','Loading Complete');

% --- Executes on button press in pushbutton4.
function pushbutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)
close; % Close program
% --- Executes on button press in ClearAll.
```

```
function ClearAll_Callback(hObject, eventdata, handles)
set(handles.text91,'string','Select Graph');
cla; % Select graph for clear

% --- Executes on button press in PauseOn.
function PauseOn_Callback(hObject, eventdata, handles)
set(handles.text91,'string','PauseOn');
global fighandle
uiwait(fighandle)   % Pause program

% --- Executes on button press in Resume.
function Resume_Callback(hObject, eventdata, handles)
set(handles.text91,'string','Resume');
global fighandle
uiresume(fighandle) % Resume program

% --- Executes on button press in Stop.
function Stop_Callback(hObject, eventdata, handles)
set(handles.pushbutton1,'UserData',0);  %Stop program in while loop
guidata(hObject, handles);

% --- Executes on button press in analysis.
function analysis_Callback(hObject, eventdata, handles)
set(handles.text91,'string','Analysing...');
load dataAC.mat;Ts = 666*10^(-6);
% ==========================================================
  % Volt =================================
a = xn';
ZZ = length(a);
zz = 0: 1: ZZ-1;
ta1 = zz*Ts;
c3 = a(:,1); % Data at intersection 1
```

```
tdata = (1:ZZ)';
X = [ones(size(tdata)) cos((2*pi/50)*(tdata-5))];
s_coeffs = X\c3;
axes(handles.axes1);
tfit = (1:1:ZZ)';
yfit = [ones(size(tfit)) cos((2*pi/30)*(tfit-10))]*s_coeffs;
plot(ta1,yfit,'-m')
xlabel('Time, [sec]');
grid on
  % ====================================================
% Amp ================================================
a2 = zn';
B = length(a2);
b = 0: 1: B-1;
ta2 = b*Ts;
c2 = a2(:,1); % Data at intersection 1
tdata1 = (1:B)';
X1 = [ones(size(tdata1)) cos((2*pi/50)*(tdata1-5))];
s_coeffs1 = X1\c2;
axes(handles.axes2);
tfit1 = (1:1:B)';
yfit1 = [ones(size(tfit1)) cos((2*pi/30)*(tfit-12))]*s_coeffs1;
plot(ta2,yfit1,'-g')
xlabel('Time, [sec]');
grid on
% Frequency & reactive powerf =========================
% reactive powerf ====================================
  % Find the angle.==========================
Vmax = max(yfit);    % Maximum voltage
Vmin = min(yfit);  % Minimum voltage
Amax = max(yfit1);    % Maximum amp
Amin = min(yfit1);   % Minimum amp
```

```
% ==========================================
N = length(yfit);
n = 0: 1: N-1;
K = length(yfit1);
k = 1: 1: K;
t = n*Ts;
t1 = k*Ts;
valmax = max(yfit);
valmin = min(yfit);
Ampmax = max(yfit1);
Ampmin = min(yfit1);
Ao = (((yfit1-Ampmin)*(Amax-Amin))/(Ampmax-Ampmin))+Amin;
Vo = (((yfit-valmin)*(Vmax-Vmin))/(valmax-valmin))+Vmin;
% ==========================================
tt = t(find(Vo==Vmin));
tt1 = t1(find(Ao==Amin));
  % Frequency ==============================
ttv = t(find(Vo==Vmax));
fout = 1/(ttv(2)-ttv(1));
  % ======================================
% Find the angle
kkk1 = (tt(2)-tt(1));
kkk2 = tt1(1)-tt(1);
r1 = kkk2/Ts; % หาว่า 1 คลื่นมีกี่จุด
angle_per_dot = 360/r1; % หาว่า 1 จุดองศา เท่าไหร่
r2 = kkk1/Ts;
% Convert it to degrees
angle_degrees = r2*angle_per_dot;
% ==========================================
   Vmax = max(xn);
   Imax = max(zn);
   Vrms = Vmax * 0.707;
```

```
    Irms = Imax * 0.707;
    PowerFactor = cos(angle_degrees);
    ReactivePower = (Vrms * Irms)* sin(angle_degrees);
    AveragePower = (Vrms * Irms) * cos(angle_degrees);
    set(handles.PowerF,'string',PowerFactor);
    set(handles.ReactiveP,'string',ReactivePower);
    set(handles.PowerA,'string',AveragePower);
    set(handles.Freq,'string',fout);
% Reactive powerf ======
    E = length(xn);
    e = 0: 100: E;
    v = e*Ts;
    axes(handles.axes5);
    bar(v,ReactivePower);
    xlabel('Time, [sec]');
set(handles.text91,'string','Analysis Complete');
```

ประวัติผู้เขียนโครงงาน

ชื่อ นายกฤษณะ นวลสาย

ภูมิลำเนา 96 ม.4 ถ.ลำปาง-แจ้หม่ ต.ทุ่งฝาย อ.เมือง จ. ลำปาง

ประวัติการศึกษา

- จบระมัธยมศึกษาจากโรงเรียน บุญวาทย์วิทยาลัย
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 5
  สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
  มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: niick_cpe@hotmail.com

ชื่อ นาย ภุชงค์ ภูวสรรเพ็ชญ์

ภูมิลำเนา 20/136 ถ.สระหลวง ต.ในเมือง อ.เมือง จ.พิจิตร

ประวัติการศึกษา

- จบระมัธยมศึกษาจากโรงเรียน พิจิตรพิทยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 6
  สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
  มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: dipitdown@hotmail.com