สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(6)
รายการตาราง	(9)
รายการภาพประกอบ	(10)
บทที่	
1. บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย	1
1.2 การตรวจเอกสาร	2
1.3 วัตถุประสงค์	4
1.4 ขอบเขตงานวิจัย	5
1.5 วิธีการดำเนินการวิจัย	5
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
2. ทฤษฎีและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 ทฤษฎีและเทคนิคการตรวจวัดค่าพลังงานไฟฟ้าจริงและปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้	8
2.1.1 การใช้ผลคูณแอนาล็อก	8
2.1.1.1 การใช้วงจรรวมผลคูณแอนาล็อก	8
2.1.1.2 การใช้โอเปอร์เรชันแนล ทรานส์คอนดัคแตนซ์	9
2.1.2 การใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ตรวจวัดกำลังไฟฟ้าจริง	10
2.1.3 การใช้เทคนิคของอุปกรณ์โซลิดสเตทและการคำนวณ	10
2.1.3.1 ค่าออฟเซต (Off set value)	11
2.1.3.2 ค่าตัวประกอบกำลัง (Power factor)	12
2.1.3.3 สัญญาณของแรงดันและกระแสที่ไม่เป็นสัญญาณซายน์นูซอยด์	13
2.1.3.4 การแปลงค่าตรรกะเป็นความถี่ (Digital-to-frequency converter)	14
2.2 องค์ประกอบมาตรวัดกิโลวัตต์-ชั่วโมง	14
2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์	17
2.4 วงจรแสดงผลแบบผลึกเหลว (LCD)	18
2.5 วงจรฐานเวลานาฬิกาจริง (Real time clock ,RTC)	18
2.5.1 DS1307 ไอซีสร้างฐานเวลาจริง	19

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5.2 การจัดการของไอซี DS1307	19
2.6 ระบบการสื่อสารข้อมูล	19
2.7 การกล้ำสัญญาณและโมเด็ม	20
2.8 ชนิดของการกล้ำสัญญาณ	21
2.9 ระบบการรับส่งข้อมูล	24
2.10 การเชื่อมโยง (Interface)	24
2.11 การสื่อสารโดยใช้ระบบสายไฟฟ้า (Power line communication,PLC)	25
2.12 สรุปท้ายบท	28
3. การออกแบบส่วนตรวจวัดค่าพลังงานไฟฟ้า	29
3.1 การทำงานของมาตรวัดกิโลวัตต์-ชั่วโมง	29
3.1.1 สัญญาณกระแส (Current signal)	32
3.1.2 สัญญาณแรงดัน (Voltage signal)	34
3.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์	35
3.3 การเชื่อมต่อ PIC16F877 กับโมดูล LCD แบบอักขระ	36
3.3.2 ตัวควบคุม (Controller)	36
3.3.3 ตัวขับ (Driver)	36
3.4 โปรแกรมนับสัญญาณพัลส์	37
3.5 การสร้างฐานเวลาจริง(Real time clock)	38
3.6 การผสมสัญญาณผ่านทางสายไฟฟ้า	39
3.6.1 FSK MODULATOR	39
3.6.2 FSK DEMODULATOR	40
3.7 ส่วนประมวลผลพลังงานไฟฟ้า (Host computer)	44
3.8 สรุปท้ายบท	45
4. การทดสอบและผลการทดสอบมาตรวัดพลังงานไฟฟ้า	46
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณกระแสและสัญญาณแรงดัน	46
4.2 การวัดค่าพลังงานไฟฟ้า	52
4.2.1 วัดค่าโหลดต้านทาน	52

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2.2 วัดค่าโหลดเหนี่ยวนำ	53
4.2.3 วัดค่าโหลดสวิตชิง	54
4.3 การพาห์ผ่านสายส่งกำลัง (Power line carrier)	55
4.3.1 ภาคส่งสัญญาณ	55
4.3.2 ภาครับสัญญาณ	56
4.4 ผลการทดสอบการวัดพลังงานไฟฟ้า โดยส่งผ่านสายไฟฟ้า	57
4.5 สรุปท้ายบท	58
5. สรุปและวิเคราะห์ผลการทดสอบ	59
5.1 สรุปขั้นตอนของการวิจัย	59
5.2 สรุปผลการทดลอง	59
5.3 ปัญหาและแนวทางแก้ไข	60
5.4 แนวทางในการพัฒนาต่อไปในอนาคต	60
บรรณานุกรม	61
ภาคผนวก	62
ประวัติผู้เขียน	86

รายการตาราง

ตาราง		หน้า
2-1	เปรียบเทียบอัตราขยายของกระแสโหลด กับช่องสัญญาณกระแส	16
2-2	เปรียบเทียบจุดเด่นจุดด้อยของมาตรฐานการสื่อสารแบบ PLC	26
3-1	อัตราขยายในการออกแบบสัญญาณกระแส (Programmable Gain Amplifier)	33
4-1	ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและความถี่ CF โดยการป้อนค่าแรงดันคงที่ 200 mV	49
4-2	ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและความถี่ CF โดยการป้อนค่าแรงดันคงที่ 200 mV	50

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ		หน้า
1-1	มิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้า	1
1-2	แผนผังเครื่องตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าแบบรวมศูนย์โดยผ่านทางเครือข่ายไฟฟ้	2
1-3	โครงสร้างของระบบเครื่องมือวัดพลังงานไฟฟ้า	3
2-1	เทคนิคการใช้ วงจรรวมผลคูณแอนาล็อก	9
2-2	คุณลักษณะของโอเปอร์เรชันแนล ทรานส์คอนดัคแตนซ์ แอมปลิไฟเออร์	10
2-3	แผนผังการทำงานของส่วนตรวจวัดกำลังไฟฟ้าจริงและค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์	10
2-4	ภาพแสดงหลักการทำงานของส่วนตรวจวัดกำลังไฟฟ้า	11
2-5	แสดงถึงผลของ ค่าออฟเซต และการกำจัด ค่าออฟเซต	12
2-6	ผลของค่าตัวประกอบกำลัง	13
2-7	รูปคลื่นของสัญญาณที่ได้จากวงจรค่าตรรกะเป็นความถี่	14
2-8	องค์ประกอบมาตรวัดกิโลวัตต์-ชั่วโมง	15
2-9	การแกว่งของค่าความถี่ด้านออกช่วงความถี่สูง (F_{out})	17
2-10	แสดงการส่งข้อมูลผ่านโมเด็ม	21
2-11(ก)	การกล้ำสัญญาณชนิดเปลี่ยนขนาดของคลื่นนำ	22
2-11(ข)	การกล้ำสัญญาณชนิดเปลี่ยนความถี่ของคลื่นนำ	23
3-1	แผนผังเครื่องตรวจวัดค่าพลังงานไฟฟ้า	30
3-2	ส่วนตรวจวัดค่าพลังงานไฟฟ้าโดยใช้วงจรรวมเบอร์ ADE 7755	31
3-3	การวางขาและขนาด ADE 7755	32
3-4	สัญญาณกระแส ช่องสัญญาณ V1(Current channel)	32
3-5	รูปแบบวงจรสัญญาณกระแส	33
3-6	สัญญาณแรงดัน ช่องสัญญาณ V2(Voltage channel)	34
3-7	การประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการตรวจวัดพลังงานไฟฟ้า	34
3-8	การต่อโมดูล LCD เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F877 ขนาด 8 บิต	36
3-9	แผนภูมิการแปลงผลพลังงานจากสัญญาณพัลส์	37
3-10	แสดงวงจร FSK มอดูเลเตอร์	39

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
3-11	แสดงวงจร FSK ดีมอดูเลเตอร์	40
3-12	ตัวส่งสัญญาณ เอฟ เอส เค แบบ ไบนารี่	43
3-13	เครื่องตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าโดยผ่านทางเครือข่ายไฟฟ้า	44
4-1	แกนเฟอร์ไรท์	46
4-2	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันใช้ค่าความต้านทาน 5 โอห์ม	47
4-3	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันใช้ค่าความต้านทาน 10 โอห์ม	47
4-4	ส่วนตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าโดยใช้วงจรรวมเบอร์ ADE 7755	48
4-5	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและความถี่ CF ป้อนค่าแรงดัน 100 mV.	49
4-6	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและความถี่ CF ป้อนค่าแรงดัน 200 mV.	50
4-7	เครื่องต้นแบบมาตรวัดพลังงานไฟฟ้า	51
4-8	เครื่องต้นแบบมาตรวัดพลังงานไฟฟ้าขณะจ่ายโหลด	51
4-9	สัญญาณด้านออกของวงจรตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าโดยป้อนโหลดต้านทาน	52
4-10	สัญญาณด้านออกของวงจรตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าโดยป้อน โหลดเหนี่ยวนำ	53
4-11	สัญญาณด้านออกของวงจรตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าโดยป้อนโหลด สวิตชิง	54
4-12	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโหลดกับจำนวนพัลส์	55
4-13	แสดงสัญญาณที่ได้จากวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นความถี่ ที่ลอจิก “1”	55
4-14	แสดงสัญญาณที่ได้จากวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นความถี่ ที่ลอจิก “0”	56
4-15	แสดงสัญญาณที่ภาค FM DEMODULATOR ระยะ 5 เมตร	56
4-16	แสดงสัญญาณที่ภาค FM DEMODULATOR ระยะ 10 เมตร	57
4-17	ผลการทดสอบการส่งข้อมูลผ่านสายส่งไฟฟ้าระยะทาง 10 เมตร	57
4-18	ผลการทดสอบการส่งข้อมูลผ่านสายส่งไฟฟ้าระยะทาง 30 เมตร	58