

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(6)
รายการตาราง	(9)
รายการภาพประกอบ	(10)
สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ.....	(13)
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย	1
1.2 การตรวจเอกสาร	2
1.3 วัตถุประสงค์	4
1.4 ขอบเขตงานการวิจัย	5
1.5 วิธีการดำเนินการวิจัย	5
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 กำลังไฟฟ้า (Electrical Power)	6
2.2 หลักการทำงานของเครื่องวัดแบบ โซลิตสเตท	9
2.2.1 การทำงานของ IC ADE7755.....	10
2.2.2 การทำงานวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นความถี่ของ IC ADE7755....	13
2.3 สมาร์ทการ์ด	14
2.3.1 ชนิดของสมาร์ทการ์ด	15
2.3.1.1 สมาร์ทการ์ดแบบมีการสัมผัส (Contact Smart Card)	15
2.3.1.2 สมาร์ทการ์ดแบบไม่มีการสัมผัส (Contactless smart cards)	16
2.3.1.3 สมาร์ทการ์ดแบบผสม (Com-bi Card)	17
2.3.1.4 Hybrid Card	17
2.3.2 มาตรฐานของสมาร์ทการ์ด	18
2.3.3 เครื่องอ่านสมาร์ทการ์ด (Smart Card Reader)	19
2.3.3.1 สมาร์ทการ์ดรีดเดอร์ชนิดหน้าสัมผัส	19
2.3.3.2 สมาร์ทการ์ดรีดเดอร์ชนิด Contactless	20
	(6)

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.3.4 การเชื่อมต่อชิปสมาร์ทการ์ด	20
2.3.4.1 การสื่อสารกับชิปสมาร์ทการ์ดในระดับสัญญาณไฟฟ้า	20
2.3.4.2 การรีเซตชิปสมาร์ทการ์ด (Card Present)	21
2.3.4.3 โปรโตคอล I ² C (Inter-Integrated circuit)	22
2.3.5 บัตรสมาร์ทการ์ด SLE 4442	22
2.3.5.1 คุณลักษณะทั่วไปของบัตรสมาร์ทการ์ด SLE 4442	22
2.3.5.2 ชุดคำสั่งควบคุม SLE 4442	23
2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์	24
3. การออกแบบเครื่องวัดไฟฟ้าแบบชำระเงินล่วงหน้าชนิด 1 เฟส	26
3.1 วงจรรวมสำเร็จ ADE7755	29
3.2 ส่วนตรวจวัดพลังงานไฟฟ้า	30
3.3 แหล่งจ่ายไฟ (Power Supply)	32
3.4 สัญญาณกระแส (Current signal)	33
3.5 สัญญาณแรงดัน (Voltage Channel)	35
3.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์	36
3.7 การออกแบบสมาร์ทการ์ดรีดเดอร์ (Smart Card Reader)	36
3.7.1 การออกแบบสมาร์ทการ์ดรีดเดอร์	36
3.7.2 การพัฒนาโปรแกรม	37
3.7.2.1 โปรแกรมในส่วนการประมวลผลการใช้พลังงาน	37
3.7.2.2 โปรแกรมติดต่อสื่อสารกับบัตรสมาร์ทการ์ด	38
4. การทดสอบและผลการทดสอบ	43
4.1 การทดสอบการวัดสัญญาณกระแส	43
4.2 การวัดค่าพลังงานไฟฟ้า.....	45
4.2.1 การทดสอบวัดโหลดที่เป็นค่าความต้านทาน	48
4.2.2 วัดค่าโหลดเหนี่ยวนำ	48
4.2.3 วัดค่าโหลดสวิตชิง	49
4.3 โปรแกรมโหมดคำสั่งการอ่านและเขียนบัตรสมาร์ทการ์ด	50

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.3.1 ผลการทดสอบวงจรการอ่านและเขียนชิปการ์ด	50
4.3.2 ทดสอบการเขียนโปรแกรมป้อนค่าเงินเข้าสู่บัตรชิปการ์ด.....	52
4.3.3 การป้อนค่าเงินจากบัตรสมาร์ตการ์ดเข้าสู่เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า	54
4.3.4 ผลการทดสอบการตัดยอดเงินของเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า	55
4.3.5 ผลการทดสอบการอ่านค่าพลังงานรวมที่ใช้	57
4.3.6 ทดสอบเครื่องวัดไฟฟ้าแบบชำระเงินล่วงหน้ากับโหลดภายในบ้าน	57
5. สรุปผลการวิจัย อภิปรายและข้อเสนอแนะ	60
5.1 งานที่ได้ดำเนินการ	60
5.1.1 ส่วนตรวจวัดพลังงานไฟฟ้า	60
5.1.2 ส่วนประมวลผลค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้า	60
5.2 สรุปผลการทดสอบส่วนตรวจวัดพลังงานไฟฟ้า	61
5.3 สรุปผลการทดสอบโปรแกรม	61
5.4 ปัญหาและข้อเสนอแนะ	61
บรรณานุกรม	63
ภาคผนวก	64
ประวัติผู้เขียน	88

รายการตาราง

ตาราง		หน้า
4-1	ผลการทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันใช้ค่าความต้านทาน 5 โอห์ม	44
4-2	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและความถี่ CF	47

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1-1 มาตรวัดพลังงานแบบขดลวดเคลื่อนที่.....	2
1-2 Electricity monitoring device with prepayment enabling meter reading to be performed	3
1-3 Real-time charging electronic watt-hour meter.....	4
2-1 กำลังชั่วขณะ (Instantaneous power).....	7
2-2 แผนผังวงจร IC ADE7755	9
2-3 Real Power-to-Frequency Conversion	10
2-4 ผลของค่าออฟเซต และการกำจัด ค่าออฟเซต.....	11
2-5 ผลของค่าตัวประกอบกำลัง.....	12
2-6 สัญญาณที่ได้จากวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นความถี่.....	14
2-7 หน้าสัมผัสของสมาร์ทการ์ดแบบมีการสัมผัส (Contact Smart Card).....	15
2-8 ตำแหน่งหน้าสัมผัสของสมาร์ทการ์ด	15
2-9 สมาร์ทการ์ดแบบไม่มีการสัมผัส (Contactless Smart Card).....	16
2-10 โครงสร้างภายในของสมาร์ทการ์ดชนิด Com - Bi Card	17
2-11 โครงสร้างภายในของสมาร์ทการ์ดชนิด Hybrid Card	17
2-12 ขนาดและรูปร่างของบัตรสมาร์ทการ์ด.....	18
2-13 ตำแหน่งหน้าสัมผัสของสมาร์ทการ์ด.....	18
2-14 สัญญาณนาฬิกาและรูปแบบการส่งสัญญาณ.....	19
2-15 การสื่อสารกับชิปสมาร์ทการ์ดในระดับสัญญาณไฟฟ้า.....	20
2-16 การรีเซตชิปสมาร์ทการ์ด (Card Present).....	21
2-17 โปรโตคอล I ² C (Inter-Integrated circuit).....	22
2-18 บัตร SLE 4442.....	22
2-19 บล็อกไดอะแกรมแสดงโครงสร้างภายในของ SLE4442.....	23
3-1 โครงสร้างของเครื่องวัดไฟฟ้าแบบชำระเงินล่วงหน้าชนิด 1 เฟส.....	26
3-2 วงจรเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า.....	27
3-3 แผนภูมิสายงานการทำงานของมาตรวัด.....	28

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
3-4 การวางขา ADE7755.....	29
3-5 ขนาดหน่วยเป็นนิ้วและมิลลิเมตร.....	29
3-6 วงจรส่วนตรวจวัดพลังงาน.....	31
3-7 วงจรการคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้า.....	32
3-8 แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้วงจรรวมสำเร็จ ADE7755.....	33
3-9 แสดงส่วนของวงจรแหล่งจ่ายไฟ.....	33
3-10 ระดับสัญญาณสูงสุดของช่องสัญญาณ V1	34
3-11 Current transformer (CT)	34
3-12 การต่อวงจรตรวจจับสัญญาณกระแสที่ช่องสัญญาณ V1 (Channel 1).....	35
3-13 สัญญาณแรงดันช่อง V2 (Channel 2).....	35
3-14 การต่อวงจรช่องสัญญาณ 2 (Channel 2).....	35
3-15 วงจรตรวจวัดสัญญาณแรงดัน.....	36
3-16 ลักษณะของบอร์ด CP-PIC V3.0.....	36
3-17 แสดงขั้นตอนในการพัฒนาโปรแกรม.....	37
3-18 แผนภูมิสายงานการทำงาน Reset and Answer to Reset	38
3-19 แผนภูมิสายงานการทำงาน คำสั่ง Verify PIN.....	39
3-20 แผนภูมิสายงานการทำงาน Read Main Memory.....	40
3-21 แผนภูมิสายงานการทำงาน Read Protect Memory.....	41
3-22 แผนภูมิสายงานการทำงาน Update Main Memory.....	42
4-1 การทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดัน.....	43
4-2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันเมื่อใช้ ความต้านทาน 5 โอห์ม.....	44
4-3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันเมื่อใช้ ความต้านทาน 10 โอห์ม.....	45
4-4 วงจรมาตรวัดในส่วนตรวจวัดพลังงานไฟฟ้า.....	46
4-5 วงจรการทดสอบหาค่า CF.....	46

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
4-6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและความถี่ CF โดยป้อนค่าแรงดันคงที่ 100 mV	47
4-7 เอาท์พุทที่ขา CF เมื่อต่อโหลดความต้านทานขนาด 1,000 วัตต์.....	48
4-8 สัญญาณด้านออกของวงจรตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าโดยป้อน Inductance load และ Resistance load ขนาด 350 วัตต์.....	49
4-9 สัญญาณด้านออกของวงจรตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าโดยป้อนโหลดประเภท Switching power supply.....	49
4-10 การทดสอบการอ่านและเขียนชิปการ์ด.....	50
4-11 การตั้งค่าการเชื่อมต่อพอร์ต RS-232.....	51
4-12 ตั้งค่าคุณสมบัติพอร์ต COM3.....	51
4-13 ข้อมูลที่ได้จากการอ่านบัตรชิปการ์ด SLE4442.....	52
4-14 โปรแกรมป้อนค่าเงินเข้าสู่บัตรชิปการ์ด.....	53
4-15 โปรแกรมป้อนค่าเงินเข้าสู่บัตรชิปการ์ด	53
4-16 การป้อนค่าเงินเข้าสู่เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าผ่านบัตรสมาร์ทการ์ด	54
4-17 ยอดเงินในเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้ามีค่า 100 บาท.....	54
4-18 เมื่อเสียบชิปการ์ดเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าจะตรวจสอบข้อมูลภายในบัตร.....	55
4-19 เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าจะแสดงยอดเงินที่มีอยู่ภายในบัตรให้ผู้ใช้ไฟทราบ.....	55
4-20 เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าถ่ายโอนจำนวนเงินแล้วทำการบวกเพิ่มมูลค่าเงินจากที่มีอยู่เดิม.....	55
4-21 เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าตัดยอดเงินเมื่อสัญญาณที่ขา $F_{OUT} = 240$ pulse.....	56
4-22 เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าขณะตัดยอดเงิน.....	56
4-23 เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าขณะตัดยอดเงิน.....	56
4-24 แสดงค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้.....	57
4-25 เมื่อกดสวิตช์เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าจะแสดงจำนวนพลังงานไฟฟ้ารวมที่ใช้...	57
4-26 การทดสอบเครื่องวัดไฟฟ้าแบบชำระเงินล่วงหน้ากับโหลดภายในบ้าน.....	58
4-27 ผลการวัดของเครื่องวัดพลังงาน เมื่อเปรียบเทียบกับผลการวัดของมาตรฐาน Yokokawa CW 140	59

สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ

C_p	=	แกนเหล็กสำหรับขดลวดแรงดัน
W_p	=	ขดลวดชุดที่ต่อขนานกับภาระ (Load) เรียกว่าขดลวดแรงดัน (Potential coil)
C_c	=	แกนเหล็กสำหรับขดลวดกระแส
W_c	=	ขดลวดที่ต่ออนุกรมกับภาระ (Load) เรียกว่าขดลวดกระแส (Current coil)
V_p	=	ค่ายอดของแรงดัน
I_p	=	ค่ายอดของกระแส
I_b	=	กระแสเบส
ADC	=	analog to digital converter
E	=	energy
ISO	=	International Standard Organization
DES	=	(Data Encryption Standard
CLK	=	Clock
GRD	=	Ground
EPROM	=	Erasable Programmable Read Only Memory
IC	=	Integrated Circuit
I^2C	=	Inter-Integrated circuit
PSC Code	=	Programmable Security Code
imp/kWh	=	พัลส์ต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง
CT	=	Current transformer