สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	**1**
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ขอบเขตของการวิจัย	2
คำนิยามศัพท์เฉพาะ	3
ทฤษฎีหรือกรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย	3
ประโยชน์ที่ได้รับ	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	**5**
ตัวเก็บประจุยิ่งยวด	5
แบตเตอรี่	25
วงจรภาคจ่ายไฟกระแสตรง	28
วงจรเปรียบเทียบแรงดัน	32
วงจรคอนเวอร์เตอร์	38
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	39
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	**45**
แบบแผนงานวิจัย	45
การออกแบบวงจรไฟสำรองข้อมูลคอมพิวเตอร์	45
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	52
วิธีการดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล	55
การวิเคราะห์ข้อมูล	57
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	**59**
ผลการศึกษาการเก็บพลังงานและปล่อยพลังงานของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์	59
ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์	63
ผลการวิเคราะห์ใช้ซุปเปอร์คาปาซิเตอร์เป็นแหล่งจ่ายไฟสำรอง	64
ผลการวิเคราะห์การใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายไฟสำรอง	66
ผลการวิเคราะห์การใช้ซุปเปอร์คาปาซิเตอร์กับแบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายไฟสำรอง	67

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	**71**
สรุปผล	71
อภิปรายผล	72
ข้อเสนอแนะ	73
บรรณานุกรม	75
ภาคผนวก ก	79
คุณสมบัติของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์	
ภาคผนวก ข	83
คุณสมบัติของเครื่องสำรองไฟฟ้า	
ภาคผนวก ค	87
คุณสมบัติของแบตเตอรี่	
ภาคผนวก ง	89
วงจรชาร์จดิสชาร์จซุปเปอร์คาปาซิเตอร์	
ภาคผนวก จ	91
สภาวะที่ออฟแอมป์ทำงานปกติแรงดัน 9 V	
ภาคผนวก ฉ	93
บันทึกข้อมูลการทดลองจาก Datalogger meter	

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ตารางที่ 2.1 ข้อมูลตัวเก็บประจุยิ่งยวดและบริษัทผู้ผลิต 7
2.2 ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบอิเล็กโทรไลต์แบบน้ำกับสารอินทรีย์ 10
2.3 ตารางที่ 2.3 ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกของวัสดุแต่ละชนิด 12
2.4 ตารางที่ 2.4 ความคงทนของวัตถุแต่ละชนิด 12
4.1 ตารางที่ 4.1 ข้อมูลการเก็บประจุของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์วันที่ 4 ธันวาคม 2558 เวลา11.08 นาฬิกา 59
4.2 ตารางที่ 4.2 ข้อมูลการเก็บประจุของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์วันที่ 4 ธันวาคม 2558 เวลา12.38 นาฬิกา 60
4.3 ตารางที่ 4.3 ข้อมูลการเก็บประจุของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์วันที่ 4 ธันวาคม 2558 เวลา13.36 นาฬิกา 62
4.4 ตารางที่ 4.4 ข้อมูลการเก็บ ปล่อยประจุของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์10 มีนาคม 2559 เวลา8.37 นาฬิกา 64
4.5 ตารางที่ 4.5 ข้อมูลการเก็บ ปล่อยประจุของแบตเตอรี่ 16 มีนาคม 2559 เวลา 8.37 นาฬิกา 66
4.6 ตารางที่ 4.6 ข้อมูลการเก็บ ปล่อยประจุของแบตเตอรี่ 8 เมษาคม 2559 เวลา 8.37 นาฬิกา 67
4.7 ตารางที่ 4.7 ข้อมูลการเก็บ ปล่อยประจุของแบตเตอรี่ 8 เมษายน 2559 เวลา 9.30 นาฬิกา 69
4.8 ตารางที่ 4.8 ข้อมูลการเก็บ ปล่อยประจุของแบตเตอรี่ 8 เมษายน 2559 เวลา 9.30 นาฬิกา 70

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	กรอบแนวคิดของการวิจัย	4
2.1	ตัวเก็บประจุยิ่งยวด	5
2.2	เปรียบเทียบความแตกต่างของอุปกรณ์เก็บสะสมพลังงานไฟฟ้า	6
2.3	โครงสร้างตัวเก็บประจุแบบธรรมดา	8
2.4	เปรียบเทียบโครงสร้างตัวเก็บประจุแต่ละชนิด	8
2.5	เซลล์ตัวเก็บประจุไฟฟ้าที่มีการเรียงตัวของประจุแบบสองชั้น	8
2.6	โครงสร้างตัวเก็บประจุยิ่งยวด	9
2.7	พลังงานที่สะสมในตัวเก็บประจุยิ่งยวด	13
2.8	เปรียบเทียบความจุและความต้านทานช่วงอุณหภูมิ -40 °C ถึง +65 °C	14
2.9	วงจรสมมูลตัวเก็บประจุยิ่งยวด	15
2.10	วงจรของตัวเก็บประจุยิ่งยวด	15
2.11	ช่วงการเก็บประจุ/ปล่อยประจุ	16
2.12	การทดลองปล่อยประจุด้วยกระแสคงที่	16
2.13	การต่อตัวต้านทานในการปรับสมดุลแรงดัน	18
2.14	การต่อซีเนอร์ไดโอดในการปรับสมดุลแรงดัน	19
2.15	อุณหภูมิและแรงดันมีผลต่ออายุการใช้งานของตัวเก็บประจุยิ่งยวด	19
2.16	ความจุกับวัฏจักรการนำกลับมาใช้งาน	20
2.17	ตัวเก็บประจุต่ออนุกรม	20
2.18	ตัวเก็บประจุต่ออนุกรม n ตัว	21
2.19	วงจรตัวเก็บประจุต่อขนาน	22
2.20	ตัวเก็บประจุต่อขนาน n ตัว	22
2.21	วงจร RC ในภาวะชั่วครู่	23
2.22	แทนที่ตัวเก็บประจุโดยการเปิดวงจร	24
2.23	วงจร RC ไม่มีแหล่งกำเนิดพลังงาน	24
2.24	คุณลักษณะของตัวเก็บประจุ	25
2.25	แบตเตอรี่แบบลีดเอซิด	26
2.26	วงจรเรียงกระแสเบื้องต้น	28
2.27	วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่น	29
2.28	วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นใช้หม้อแปลงมีแท็ปกลาง	30
2.29	แรงดันไฟสลับวัดออกมาได้ที่ตำแหน่ง V1, V2 เทียบกับแท็ปกลาง (CT)	31
2.30	วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์	32

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
2.31	วงจรเปรียบเทียบแรงดัน	33
2.32	การนำทรานซิสเตอร์มาเป็นสวิตช์ในอุดมคติ	33
2.33	วงจรสวิตช์ทรานซิสเตอร์	34
2.34	คุณลักษณะสมบัติทางกระแสและแรงดันของทรานซิสเตอร์	34
2.35	วงจรสวิตช์ทรานซิสเตอร์	35
2.36	การสวิตช์ของทรานซิสเตอร์	36
2.37	สัญญาณพัลส์	37
2.38	วงจรสวิตช์ทรานซิสเตอร์ขณะปิดวงจร	37
2.39	วงจรสวิตช์ทรานซิสเตอร์ขณะเปิดวงจร	38
2.40	วงจรลดทอนแรงดัน	38
2.41	ระบบขับเคลื่อนรถยกรวมถึงระบบแบตเตอรี่สำรอง	39
2.42	Bidirectional boost converter	40
2.43	Bidirectional non inverting buck-boost converter	40
3.1	ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	46
3.2	การทำงานของวงจรชาร์จ ดิสชาร์จซุปเปอร์คาปาซิเตอร์	48
3.3	วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ชนิดไฟ 24VDC	49
3.4	วงจรเปรียบเทียบแรงดัน	49
3.5	วงจรลดทอนแรงดัน	50
3.6	แรงดันเอาต์พุต	51
3.7	กระแสเอาต์พุต	51
3.8	ขนาดของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์	52
3.9	แสดงการต่อซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ 500F 16V	53
3.10	แบตเตอรี่ MHB ขนาด 12V9Ah	53
3.11	แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง	53
3.12	ชุดสำรองไฟฟ้าขนาดพิกัด 850VA/325W 220V	54
3.13	อุปกรณ์เก็บข้อมูล AGILENT 34970a BENCHLINK DATA LOGGER	54
3.14	อิเล็กทรอนิกส์โหลด รุ่น KEYSIGH N3300A SYSTEM	55
3.15	วงจรที่ใช้ในการทดลองหาประสิทธิภาพของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์	56
3.16	วงจรที่ใช้ในการทดลองซุปเปอร์คาปาซิเตอร์	56
3.17	วงจรที่ใช้ในการทดลองแบตเตอรี่	57
3.18	วงจรที่ใช้ในการทดลองซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ต่อร่วมแบตเตอรี่	57

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.1	แรงดัน - กระแสช่วงเก็บประจุและปล่อยประจุ แหล่งจ่ายที่ 16.2V 10A	60
4.2	พลังงานช่วงเก็บประจุและปล่อยประจุ แหล่งจ่ายที่ 16.2V 10A	60
4.3	แรงดัน - กระแสช่วงเก็บประจุและปล่อยประจุ แหล่งจ่ายที่ 16.2V 50A	61
4.4	พลังงานช่วงเก็บประจุและปล่อยประจุ แหล่งจ่ายที่ 16.2V 50A	61
4.5	แรงดัน - กระแสช่วงเก็บประจุและปล่อยประจุ แหล่งจ่ายที่ 16.2V 100A	62
4.6	พลังงานช่วงเก็บประจุและปล่อยประจุ แหล่งจ่ายที่ 16.2V 100A	63
4.7	ประสิทธิภาพของซุปเปอร์คาปซิเตอร์	64
4.8	แรงดัน - กระแสช่วงเก็บประจุ	65
4.9	พลังงานช่วงเก็บประจุ	65
4.10	แรงดัน - กระแสช่วงเก็บประจุ	65
4.11	พลังงานช่วงปล่อยประจุ	65
4.12	แรงดัน - กระแสช่วงเก็บประจุแบตเตอรี่	66
4.13	พลังงานช่วงเก็บประจุของแบตเตอรี่	66
4.14	แรงดัน - กระแสช่วงปล่อยประจุแบตเตอรี่	67
4.15	พลังงานช่วงปล่อยประจุของแบตเตอรี่	67
4.16	แรงดัน กระแสช่วงเก็บประจุของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์กับแบตเตอรี่	68
4.17	พลังงานช่วงเก็บประจุของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์กับแบตเตอรี่	68
4.18	แรงดัน กระแสช่วงปล่อยประจุของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์กับแบตเตอรี่	68
4.19	พลังงานช่วงปล่อยประจุของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์กับแบตเตอรี่	69
4.20	เปรียบเทียบ แรงดันช่วงเก็บประจุของ SC & batt & SC+batt	69
4.21	เปรียบเทียบ แรงดันช่วงปล่อยประจุของ SC & batt & SC+batt	70

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี