สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก

บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญตาราง ..... ช

สารบัญรูป ..... ซ

บทที่

1. บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 3

1.3 ข้อตกลงเบื้องต้น 3

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

2. ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

2.1 บทนำ 5

2.2 การผสมผสานพลังงาน 5

2.3 การจัดสรรพลังงานสำหรับสถานีอัดประจุไฟฟ้า 8

2.4 สรุป 13

3. สถานีอัดประจุไฟฟ้าและแหล่งพลังงานแบบไฮบริด 14

3.1 บทนำ 14

3.2 ยานยนต์ไฟฟ้าและสถานีอัดประจุไฟฟ้า 14

3.2.1 ยานยนต์ไฟฟ้า 14

3.2.2 สถานีอัดประจุไฟฟ้า 20

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3 ระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 27

3.3.1 การต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 30

3.3.2 วงจรแปลงผันแบบบัคก์และการตามรอยกำลังไฟฟ้าสูงสุด 31

3.4 ระบบเซลล์เชื้อเพลิง 32

3.4.1 วงจรแปลงผันแบบบูสต์ 34

3.5 ระบบกักเก็บพลังงาน 35

3.6 สรุป 36

4. การออกแบบและทดสอบอุปกรณ์ควบคู่ของสถานีอัดประจุไฟฟ้าแบบเร็ว โหมดกระแสตรงที่ใช้พลังงานแบบผสมผสาน 37

4.1 บทนำ 37

4.2 การออกแบบระบบของสถานีอัดประจุไฟฟ้าแบบเร็วโหมดกระแสตรงที่ใช้พลังงานแบบผสมผสาน 37

4.2.1 การออกแบบการติดตั้งแหล่งพลังงนจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 38

4.2.2 การออกแบบและการติดตั้งเทคโนโลยีเซลล์เชื้อเพลิง 48

4.2.3 ระบบกักเก็บพลังงานแบบแบตเตอรี่ 59

4.2.4 ชุด on board charger 60

4.2.5 ผู้อัดประจุแบบปรับค่าได้ 61

4.2.6 อุปกรณ์ในระบบการจัดการพลังงานสำหรับสถานีอัดประจุไฟฟ้าแบบเร็ว โหมดกระแสตรงที่ใช้พลังงานแบบผสมผสาน 63

4.3 สรุป 66

5. ระบบการจัดการพลังงานและแพลตฟอร์มสำหรับสถานีอัดประจุไฟฟ้าแบบเร็วในโหมดกระแสตรงที่ใช้พลังงานแบบผสมสาน 68

5.1 บทนำ 68

5.2 ศึกษาและทดสอบการทำงานร่วมกันของระบบพลังงานภายในสถานีอัดประจุไฟฟ้า 68

5.3 การออกแบบระบบการจัดการพลังงานแบบผสมผสานสำหรับสถานีอัดประจุแบบเร็วโหมดกระแสตรง 93

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.4 ผลการทดสอบระบบการจัดการพลังงานสำหรับสถานีอัดประจุไฟฟ้าแบบเร็วในโหมดกระแสตรงที่ใช้พลังงานแบบผสมผสาน 102
5.5 ระบบสื่อสารและแสดงข้อมูลด้าน IoT 109
5.6 สรุป 110
6. สรุปและข้อเสนอแนะ 111
6.1 สรุป 111
6.2 ข้อเสนอแนะ 112
รายงานอ้างอิง 113
ภาคผนวก ก. โค้ดของวงจรแปลงผันแบบบูสต์และระบบควบคุม 116
ภาคผนวก ข บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างการศึกษา 123
ประวัติผู้เขียน 140

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

3.1 การเปรียบเทียบลักษณะเฉพาะของแบตเตอรี่ที่นำมาใช้กับยานยนต์ไฟฟ้า 19
4.1 ข้อมูลจำเพาะของระบบกักเก็บพลังงาน 40
4.2 ข้อมูลจำเพาะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้า 41
4.3 ข้อมูลจำเพาะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้า
ที่พิจารณาค่าสะท้อนของแสง 20% 41
4.4 ข้อมูลจำเพาะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้า
ที่มีการต่อแบบ 3 series box 2 parallel string 43
4.5 ข้อมูลจำเพาะของเซลล์เชื้อเพลิง 49
4.6 พารามิเตอร์สำหรับการออกแบบของวงจรแปลงผันแบบบูสต์ 53
4.7 พิกัดของอุปกรณ์แปลงผันแบบบูสต์ 54
4.8 ข้อมูลเพาะของแบตเตอรี่ชนิดตัวเก็บประจุไฟฟ้าไฟฟ้า (Sirius capacitor module)
และแบตเตอรี่ลิเทียมไททาเนต (LTO) 60
4.9 พิกัดของโซลิคสเตตรีเลย์ 66

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

1.1 อัตราการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ของภาคกาคการทำงานต่างๆ 1
1.2 การเพิ่มขึ้นของสถานีอัดประจุไฟฟ้า 2
2.1 ความผันผวนของความเข้มแสงตามสภาพภูมิอากาศ 6
2.2 ระบบที่ใช้แบตเตอรี่หลายขนาด 6
2.3 ระบบที่มีการใช้เซลล์แสงอาทิตย์ เทคโนโลยีเซลล์เชื้อเพลิง
และระบบกักเก็บพลังงานร่วมกัน 7
2.4 แรงดันไฟฟ้าที่บัสบาร์ 7
2.5 แผนภาพการจัดการพลังงานของ Nizam and FX Rian 9
2.6 สถานีอัดประจุที่ใช้แหล่งพลังงานจากระบบโครงข่ายไฟฟ้า
ร่วมกับระบบพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ 9
2.7 สถานีอัดประจุที่ใช้แหล่งพลังงานจากระบบพลังงานแสงอาทิตย์
ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงาน 10
2.8 แผนภาพการจัดการพลังงานของ Biya et al 10
2.9 ผลลัพธ์การพลังงานของ Biya et al 11
2.10 แผนภาพการจัดการพลังงานของ Zhang et al 11
3.1 โครงสร้างของยานยนต์ไฟฟ้าไฮบริด 15
3.2 โครงสร้างยานยนต์ไฟฟ้าปลั๊กอินไฮบริด 15
3.3 โครงสร้างยานยนต์ไฟฟ้าพลังงานแบตเตอรี่ 16
3.4 โครงสร้างยานยนต์ไฟฟ้าพลังงานเชื้อเพลิง 16
3.5 ลักษณะเฉพาะของแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออนแต่ละชนิด 18
3.6 แนวโน้วการเพิ่มขึ้นของสถานีอัดประจุไฟฟ้า 20
3.7 หัวจ่ายที่รองรับการอัดประจุแบบช้าด้วยไฟฟ้ากระแสสลับ 21
3.8 หัวจ่ายที่รองรับการอัดประจุแบบปกติด้วยไฟฟ้ากระแสสลับ 21
3.9 หัวจ่ายที่รองรับการอัดประจุแบบเร็ว 21
3.10 รูปแบบการอัดประจุไฟฟ้าโหมด 1 22
3.11 รูปแบบการอัดประจุไฟฟ้าโหมด 2 23
3.12 รูปแบบการอัดประจุไฟฟ้าโหมด 3 23
3.13 รูปแบบการอัดประจุไฟฟ้าโหมด 4 24

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.14 ความแตกต่างของรูปแบบการอัดประจุทั้ง 4 โหมด 24
3.15 สถานีอัดประจุไฟฟ้าโดยใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบโครงข่ายไฟฟ้า ติดตั้งที่ปั๊มบางจากสาขาชะอำปาร์ค จังหวัดเพชรบุรี 25
3.16 สถานีอัดประจุไฟฟ้าของบริษัทวอลโว่พระนคร สาขาวิภาวดี 26
3.17 สถานีอัดประจุไฟฟ้าโดยใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบโครงข่ายไฟฟ้า ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงาน 27
3.18 วงจรสมมูลของเซลล์แสงอาทิตย์ 28
3.19 คุณลักษณะของกระแสและแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์ 29
3.20 การต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอนุกรม 30
3.21 การต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบขนาน 31
3.22 วงจรแปลงผันแรงดันแบบบัคก์ 32
3.23 การทำงานของเซลล์เชื้อเพลิง 33
3.24 วงจรแปลงผันแรงดันแบบบูสต์ 34
4.1 องค์ประกอบของสถานีอัดประจุไฟฟ้าภายในวิทยานิพนธ์ 38
4.2 ยานยนต์ไฟฟ้าและแบตเตอรี่ที่ติดตั้งภายในยานยนต์ไฟฟ้า 39
4.3 การต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้า 3 series box 2 parallel string 42
4.4 สถานีอัดปะจุไฟฟ้าแบบเร็วในโหมดกระแสตรง ภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 43
4.5 ผลการติดตั้งระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้าที่ได้ออกแบบ ที่สถานีอัดประจุไฟฟ้า 44
4.6 กำลังไฟฟ้าที่ระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้าผลิตได้แบบรายวัน ผ่านการจำลองในด้วยโปรแกรม PVSYST 45
4.7 แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์สองหน้าผลิตได้ ผ่านการจำลองในด้วยโปรแกรม PVSYST 45
4.8 โซล่าชาร์เจอร์ พิกัด 3 kW 60 A 46
4.9 ผลการทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 3 series box 2 parallel string 47
4.10 เซลล์เชื้อเพลิงจากบริษัท Horizon พิกัดกำลังไฟฟ้า 200 W 49
4.11 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ของเซลล์เชื้อเพลิง 50
4.12 การทดสอบระบบเซลล์เชื้อเพลิง 51
4.13 ผลการทดสอบการทำงานของ fuel cell 52

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.14 วงจรแปลงผันแรงดันแบบบูสต์ 53
4.15 วงจรขับเกจโดยใช้ IC TLP250 55
4.16 องค์ประกอบภายในชุดวงจรแปลงผันแบบบูสต์ 56
4.17 วงจรแปลงผันแรงดันแบบบูสต์ 57
4.18 ผลการทำงานของระบบเซลล์เชื้อเพลิงร่วมกับวงจรแปลงผันแรงดันแบบบูสต์ 58
4.19 แบตเตอรี่ชนิดตัวเก็บประจุไฟฟ้าไฟฟ้า 59
4.20 แบตเตอรี่ลิเทียมไททาเนต (LTO) 59
4.21 on board charger 61
4.22 ตู้ชาร์จประจุแบบปรับค่าได้ 62
4.23 พฤติกรรมการทำงานของ VC 62
4.24 โมดูลวัด PZEM-017 พร้อมชันต์ 63
4.25 บอร์ดควบคุม STM32F103C6T6 64
4.26 โซลิคสเตตรีเลย์ 66
5.1 ไดอะแกรมการทดสอบกรณีที่ 1 69
5.2 พฤติกรรมของระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้าในกรณีที่ 1 70
5.3 ผลการทดสอบกรณีที่ 1 71
5.4 ไดอะแกรมการทดสอบกรณีที่ 2 72
5.5 พฤติกรรมของระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้าในกรณีที่ 2 73
5.6 ผลการทดสอบกรณีที่ 2 74
5.7 ไดอะแกรมการทดสอบกรณีที่ 3 75
5.8 พฤติกรรมของระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้าในกรณีที่ 3 76
5.9 ผลการทดสอบกรณีที่ 3 77
5.10 ไดอะแกรมการทดสอบการทำงานกรณีที่ 4 78
5.11 พฤติกรรมของระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้าในกรณีที่ 4 79
5.12 ผลการทดสอบกรณีที่ 4 80
5.13 ไดอะแกรมการทดสอบการทำงานกรณีที่ 5 81
5.14 พฤติกรรมของระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้าในกรณีที่ 5 82

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

5.15 ผลการทดสอบกรณีที่ 5 83
5.16 ไดอะแกรมการทดสอบการทำงานกรณีที่ 6 84
5.17 พฤติกรรมของระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้าในกรณีที่ 6 85
5.18 ผลการทดสอบกรณีที่ 6 86
5.19 ไดอะแกรมการทดสอบการทำงานกรณีที่ 7 87
5.20 พฤติกรรมของระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้าในกรณีที่ 7 88
5.21 ผลการทดสอบกรณีที่ 7 89
5.22 ไดอะแกรมการทดสอบการทำงานกรณีที่ 8 90
5.23 พฤติกรรมของระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้าในกรณีที่ 8 91
5.24 ผลการทดสอบกรณีที่ 8 92
5.25 ไดอะแกรมระบบการจัดการพลังงานแบบผสมผสาน 94
5.26 แผนผังการทำงานของระบบการจัดการพลังงานแบบผสมผสาน 95
5.27 การทำงานของ SSW ในโหมดที่ 1 96
5.28 การทำงานของ SSW ในโหมดที่ 2 97
5.29 การทำงานของ SSW ในโหมดที่ 3 98
5.30 การทำงานของ SSW ในโหมดที่ 4 99
5.31 การทำงานของ SSW ในโหมดที่ 5 100
5.32 การทำงานของ SSW ในโหมดที่ 6 101
5.33 ผลการทดสอบระบบการจัดการพลังงานสำหรับสถานีอัดประจุไฟฟ้าแบบเร็วในโหมดกระแสตรงที่ใช้พลังงานแบบผสมผสาน 103
5.34 สัดส่วนพลังงานที่ใช้ในช่วงเวลา 08:12 – 09:20 น. 104
5.35 สัดส่วนพลังงานที่ใช้ในช่วงเวลา 09:25 – 10:06 น. 105
5.36 สัดส่วนพลังงานที่ใช้ในช่วงเวลา 10:12 – 11:40 น. 105
5.37 สัดส่วนพลังงานที่ใช้ในช่วงเวลา 11:48 – 13:30 น. 106
5.38 สัดส่วนพลังงานที่ใช้ในช่วงเวลา 15:12 – 16:00 น. 107
5.39 สัดส่วนพลังงานที่ใช้ในช่วงเวลา 16:04 – 17:00 น. 107
5.40 สัดส่วนพลังงานที่ใช้ในช่วงเวลา 17:06 – 17:50 น. 108
5.41 สัดส่วนพลังงานที่ใช้ในช่วงเวลา 17:56 – 19:20 น. 109
5.42 แพลตฟอร์มสำหรับแสดงข้อมูลของสถานีอัดประจุไฟฟ้า 110