

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

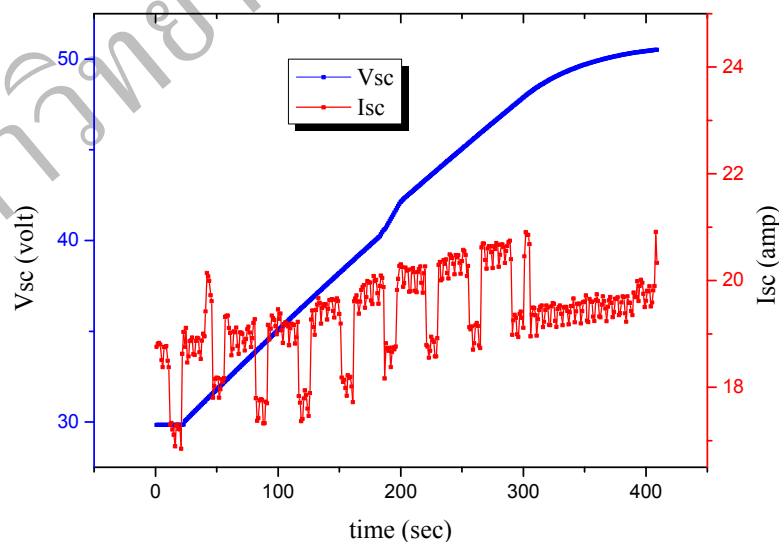
การวิจัยเรื่อง ยานพาหนะไฟฟ้าขับเคลื่อนด้วยซูเปอร์คาปาซิเตอร์ กรณีศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนกับสถานประกอบการมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อสร้างเครื่องอัดประจุไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงสำหรับพาหนะไฟฟ้า 2) เพื่อหาประสิทธิภาพของซูเปอร์คาปาซิเตอร์สำหรับการขับเคลื่อนยานพาหนะไฟฟ้าและ 3) เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมในการใช้ซูเปอร์คาปาซิเตอร์สำหรับยานพาหนะไฟฟ้าในการพัฒนายานพาหนะไฟฟ้าโดยใช้ซูเปอร์คาปาซิเตอร์เป็นแหล่งจ่ายพลังงานช่วงชะลอเบรกและช่วงเบรกและวิเคราะห์ข้อมูลจุดคุ้มทุนของค่าใช้จ่ายได้ตามลำดับดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์เครื่องอัดประจุไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงสำหรับยานพาหนะไฟฟ้า
2. ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของซูเปอร์คาปาซิเตอร์สำหรับการขับเคลื่อนยานพาหนะไฟฟ้า
3. ผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมในการใช้ซูเปอร์คาปาซิเตอร์สำหรับยานพาหนะไฟฟ้า

4.1 ผลการวิเคราะห์เครื่องอัดประจุไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงสำหรับยานพาหนะไฟฟ้า

การวิเคราะห์การอัดประจุไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง ด้วยเทคนิคสวิตซ์ชิงความถี่สูง ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามลำดับขั้นตอนดังนี้

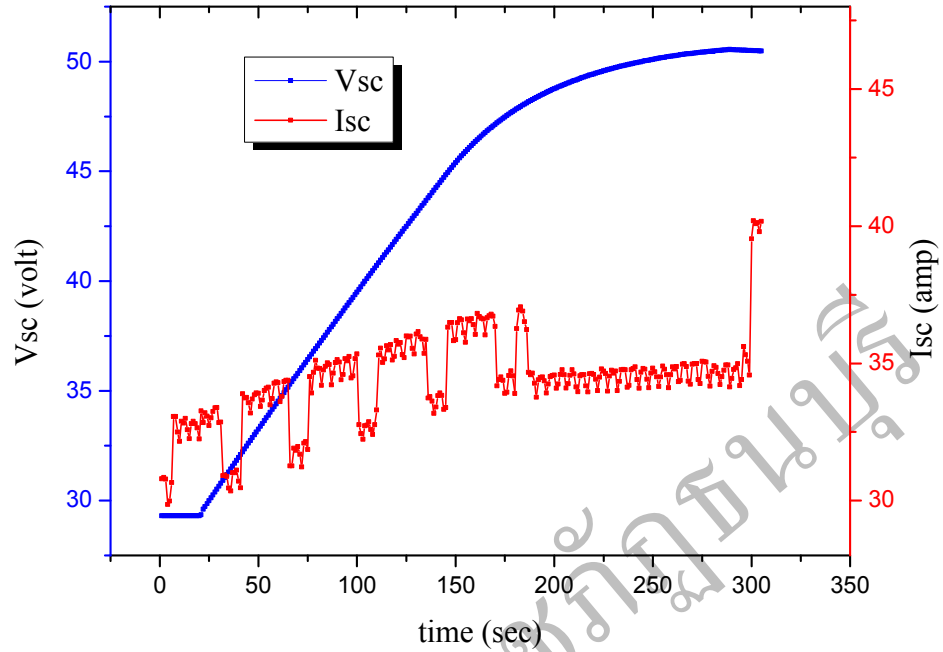
1. ผลการทดลองอัดประจุที่แรงดันไฟฟ้าคงที่ 50 V กระแส 20 A



ภาพที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงของแรงดันและกระแสชาร์จที่ 50V, 20A

จากภาพที่ 4.1 พบว่าแรงดันไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นแบบทรานเซียน โดยมีแรงดันเริ่มต้นที่ 29.83V เมื่อชาร์จประจุจนเต็มมีระดับแรงดันที่ 50.51V ส่วนกระแสชาร์จที่ 20.33 A มีลักษณะเป็นพัลส์สี่เหลี่ยมโดยใช้เวลาในการชาร์จทั้งสิ้น 409 วินาที หรือ 6 นาที 50 วินาที

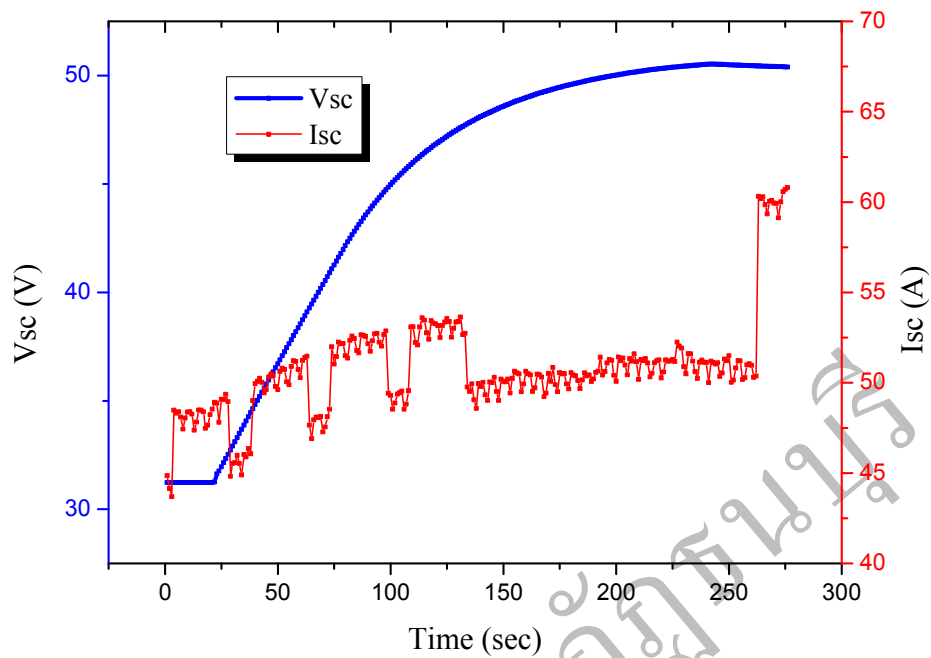
2. ผลการทดลองอัดประจุที่แรงดันไฟฟ้าคงที่ 50 V กระแส 40 A



ภาพที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงของแรงดันและกระแสชาร์จที่ 50V, 40 A

จากภาพที่ 4.2 พบว่าแรงดันไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นแบบทรานเซียน โดยมีแรงดันเริ่มต้นที่ 29.30V เมื่อชาร์จประจุจนเต็มมีระดับแรงดันที่ 50.47V ส่วนกระแสชาร์จที่ 40.17A มีลักษณะเป็นพัลส์สี่เหลี่ยม โดยใช้เวลาในการชาร์จทั้งสิ้น 305 วินาที หรือ 5 นาที 5 วินาที

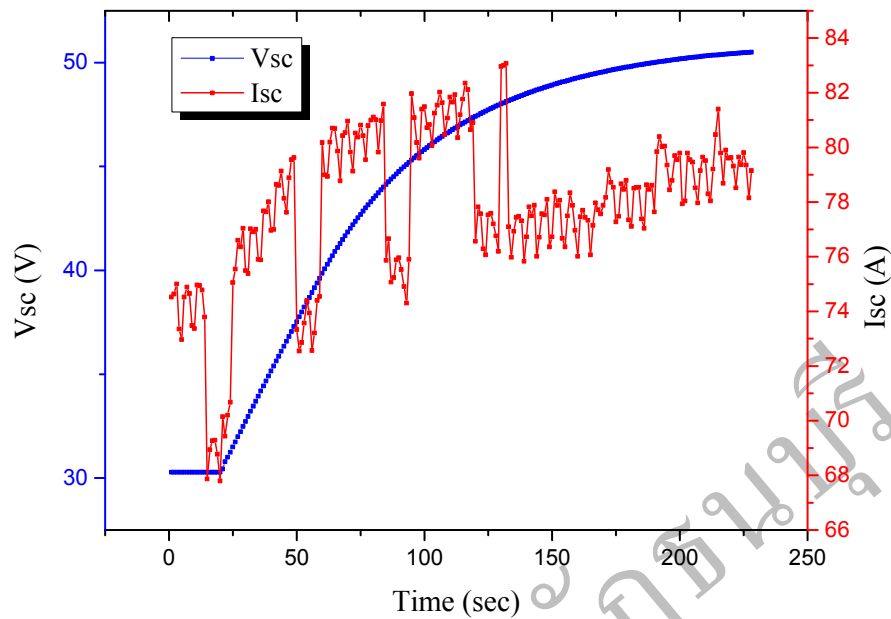
3. ทดลองอัดประจุที่แรงดันไฟฟ้าคงที่ 50V กระแส 60 A



ภาพที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงของแรงดันและกระแสชาร์จที่ 50V, 60 A

จากภาพที่ 4.3 พบว่าแรงดันไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นแบบทรานเซียน โดยมีแรงดันเริ่มต้นที่ 29.30V เมื่อชาร์จประจุจนเต็มมีระดับแรงดันที่ 50.39V ส่วนกระแสชาร์จที่ 60.80A มีลักษณะเป็นพัลส์สี่เหลี่ยม โดยใช้เวลาในการชาร์จทั้งสิ้น 276 วินาที หรือ 4 นาที 36 วินาที

4. ทดลองอัดประจุที่แรงดันไฟฟ้าคงที่ 50 V กระแส 80 A



ภาพที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงของแรงดันและกระแสที่ 50V, 80 A

จากภาพที่ 4.4 พบว่าแรงดันไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นแบบทรานเซียน โดยมีแรงดันเริ่มต้นที่ 30.29V เมื่อชาร์จประจุจนเต็มมีระดับแรงดันที่ 50.50V ส่วนกระแสชาร์จที่ 79.15A มีลักษณะเป็นพัลส์สี่เหลี่ยม โดยใช้เวลาในการชาร์จทั้งสิ้น 228 วินาที หรือ 3 นาที 48 วินาที

4.2 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของซูเปอร์คาปาซิเตอร์สำหรับการขับเคลื่อนยานพาหนะไฟฟ้า

ผลการวิเคราะห์ใช้ซูเปอร์คาปาซิเตอร์เป็นแหล่งจ่ายพลังงานแทนแบตเตอรี่ในการขับเคลื่อนยานพาหนะไฟฟ้า โดยการวิ่งทดสอบไป กลับ ระหว่างอาคารเรียนรวม 4 และอาคารหอสมุด มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี สมุทรปราการ ซึ่งมีระยะทาง 505 เมตรต่อเที่ยว และระยะทางไป กลับ รวม 1010 เมตรแสดงดังภาพที่ 4.5

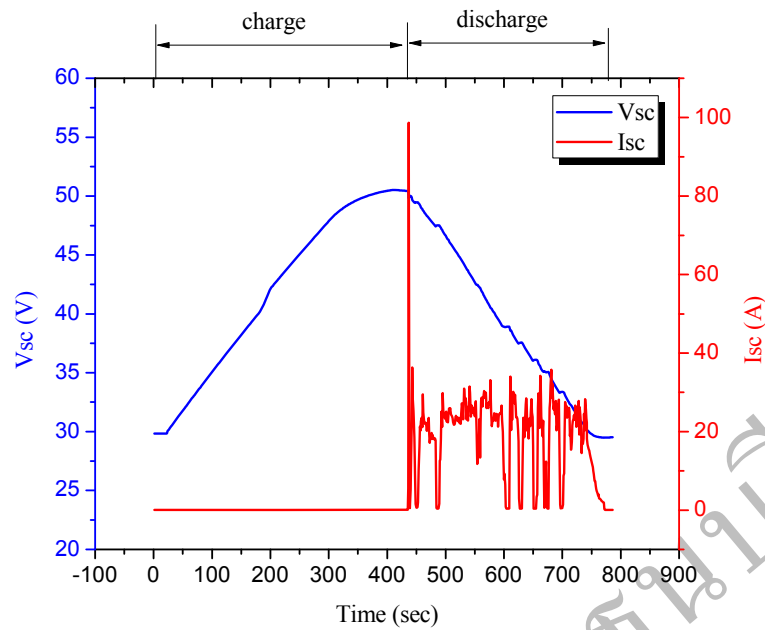


ภาพที่ 4.5 แผนผังการทดลองวิ่งของยานพาหนะไฟฟ้ารวมระยะทาง 505 กิโลเมตร

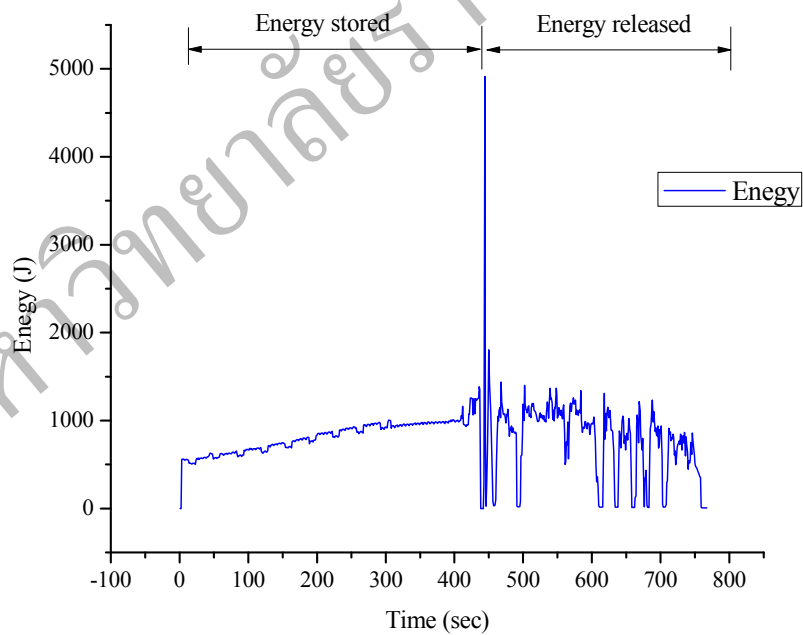
ผลการวิเคราะห์ยานพาหนะไฟฟ้าโดยการใช้พลังงานจากซูเปอร์คาปาซิเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้าของยานพาหนะไฟฟ้า มีดังต่อไปนี้

1. ผลการวิเคราะห์ชาร์จที่แรงดันคงที่ 50.52V กระแส 20.33A

เมื่ออัดประจุ (ชาร์จ) จนเต็มที่พักักแรงดัน 50.52V กระแส 20.33A ใช้เวลาอัดประจุ 447 วินาที (7 นาที 27 วินาที) การชาร์จใช้พลังงานเฉลี่ย 822.47W พลังงานสูงสุด 1384.03W พลังงานต่ำสุด 502.65W จากนั้นทำการทดลองวิ่งจริงตามเส้นทางที่กำหนดโดยน้ำหนักบรรทุกทุก 3 คน รวมน้ำหนักทั้งหมด (290kg+60kg+65kg+65kg) เท่ากับ 480 kg ใช้เวลา 315 วินาที (5 นาที 15 นาที) วัดระยะทางที่วิ่งได้ 1010 เมตร การขับเคลื่อนใช้พลังงานเฉลี่ย 798.29W พลังงานสูงสุด 4914.15W พลังงานต่ำสุด 12.91W และผลตอบสนองของกระแส แรงดัน แสดงดังภาพที่ 4.6 และพลังงานช่วงการประจุและช่วงการปล่อยประจุ แสดงดังภาพที่ 4.7 โดยวงจรภายในซูเปอร์คาปาซิเตอร์จะตัดการจ่ายพลังงานเมื่อแรงดันต่ำสุด 30.10V



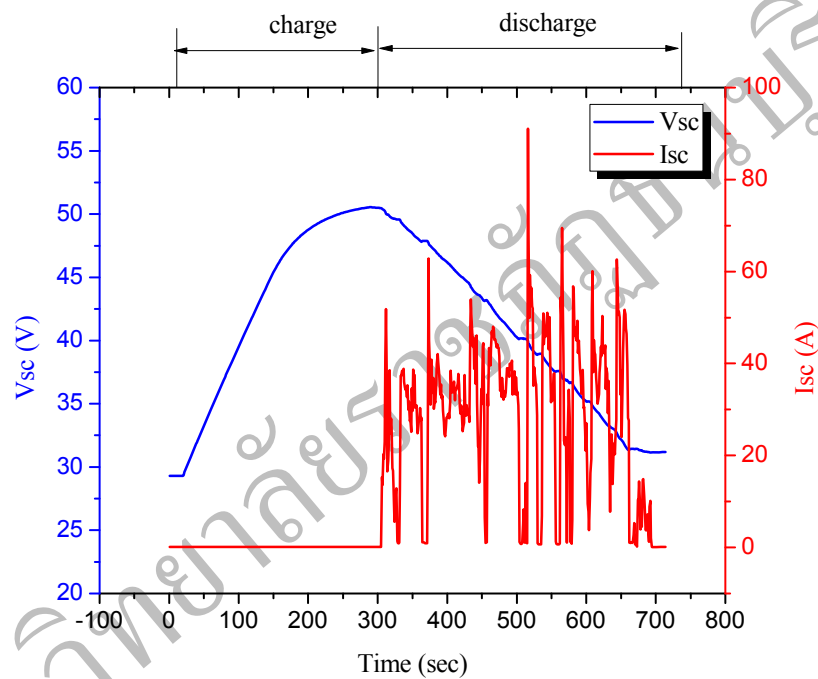
ภาพที่ 4.6 ชาร์จที่แรงดัน 50.52V กระแส 20.33A ทดลองวิ่งที่น้ำหนักรวม 480 kg



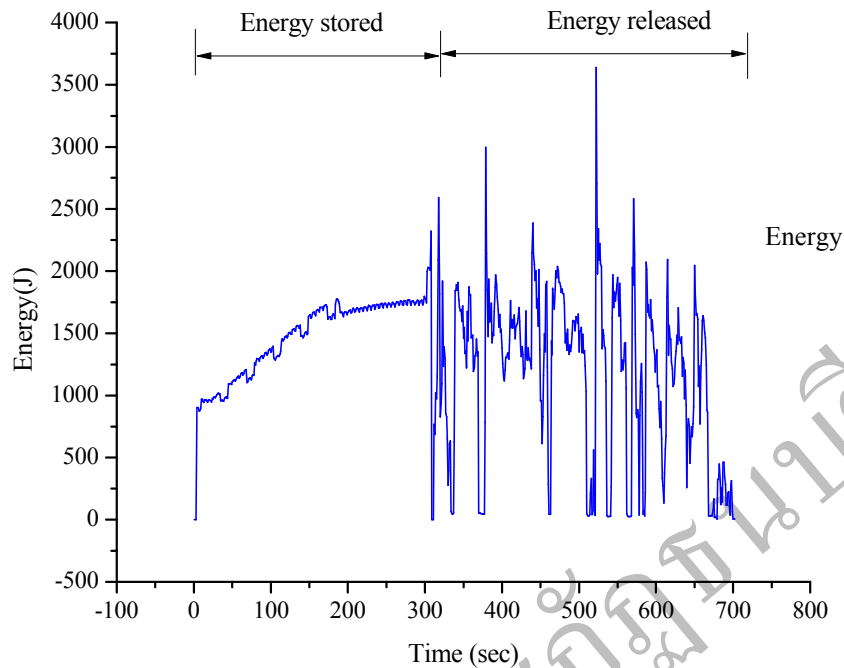
ภาพที่ 4.7 พลังงานช่วงชาร์จ 50.52V กระแส 20.33A ทดลองวิ่งที่น้ำหนักรวม 480 kg

2. ผลการวิเคราะห์ชาร์จที่แรงดันคงที่ 50.53V กระแส 39.53A

เมื่ออัดประจุ (ชาร์จ) จนเต็มที่พักักัดแรงดัน 50.53V กระแส 39.53A ใช้เวลาอัดประจุ 310 วินาที (5 นาที 10 วินาที) การชาร์จใช้พลังงานเฉลี่ย 1459.30W พลังงานสูงสุด 1777.04W พลังงานต่ำสุด 874.95W จากนั้นทำการทดลองวิ่งจริงตามเส้นทางที่กำหนดโดยน้ำหนักบรรทุก 2 คน รวมน้ำหนักทั้งหมด (290kg+60kg+65kg) เท่ากับ 415 kg ใช้เวลา 388 วินาที (6 นาที 28 วินาที) วัดระยะทางที่วิ่งได้ 1100 เมตร การขับเคลื่อนใช้พลังงานเฉลี่ย 896.92W พลังงานสูงสุด 1174.06W พลังงานต่ำสุด 64.02W และผลตอบสนองของกระแส แรงดัน แสดงดังภาพที่ 4.8 และพลังงานช่วงการประจุ และช่วงการปล่อยประจุ แสดงดังภาพที่ 4.9 โดยวงจรภายในซูเปอร์คาปาซิเตอร์จะตัดการจ่ายพลังงานเมื่อแรงดันต่ำสุด 31.14V



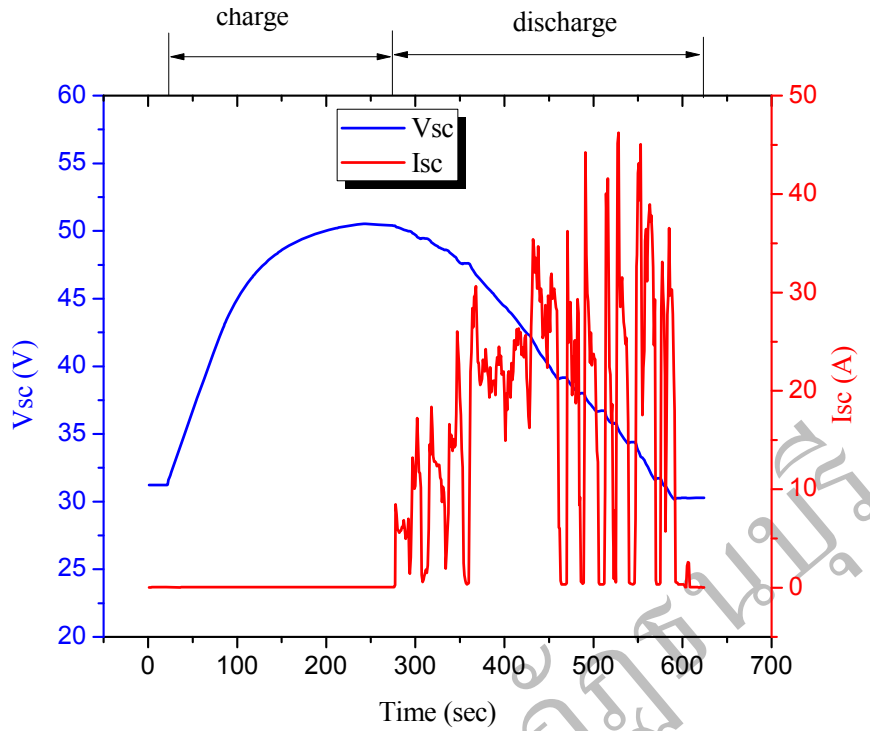
ภาพที่ 4.8 ชาร์จที่แรงดัน 50.53V กระแส 39.53A ทดลองวิ่งน้ำหนักรวม 415 kg



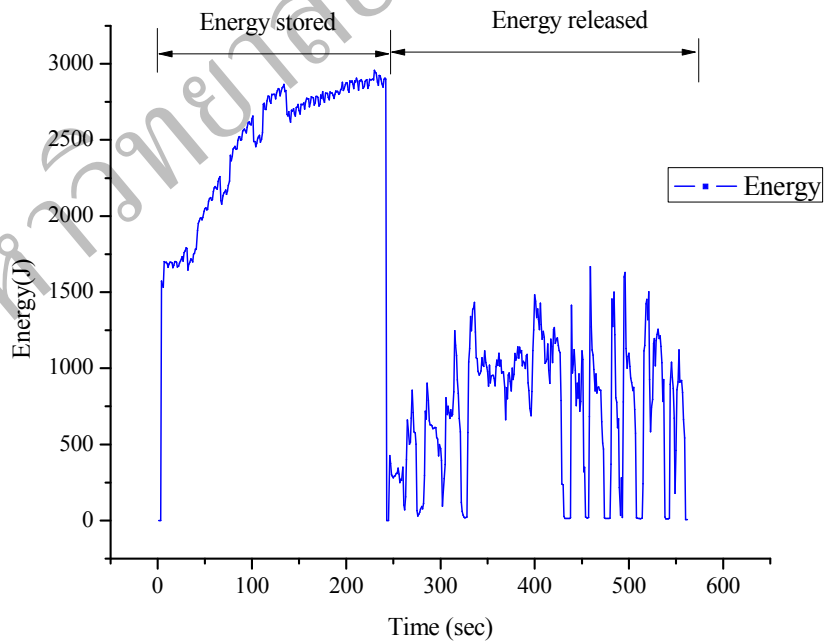
ภาพที่ 4.9 พลังงานช่วงชาร์จ 50.53V กระแส 39.53A ทดลองวิ่งที่น้ำหนัก 415 kg

3. ผลการวิเคราะห์ชาร์จที่แรงดันคงที่ 50.50V กระแส 57.41A

เมื่ออัดประจุ (ชาร์จ) จนเต็มทีพิกัดแรงดัน 50.50V กระแส 57.41A ใช้เวลาอัดประจุ 238 วินาที (3 นาที 58 วินาที) การชาร์จใช้พลังงานเฉลี่ย 2484.53W พลังงานสูงสุด 2956.45W พลังงานต่ำสุด 1531.77W จากนั้นทำการทดลองวิ่งจริงตามเส้นทางที่กำหนดโดยน้ำหนักบรรทุกทุก 2 คน รวมน้ำหนักทั้งหมด (290kg+60kg+65kg+65kg) เท่ากับ 480 kg ใช้เวลา 313 วินาที (5 นาที 12 นาที) วัดระยะทางที่วิ่งได้ 990 เมตร การขับเคลื่อนใช้พลังงานเฉลี่ย 743.39W พลังงานสูงสุด 1667.78W พลังงานต่ำสุด 10.99W และผลตอบสนองของกระแส แรงดัน แสดงดังภาพที่ 4.10 และพลังงานช่วงการประจุและช่วงการปล่อยประจุ แสดงดังภาพที่ 4.11 โดยวงจรภายในซูเปอร์คาปาซิเตอร์จะตัดการจ่ายพลังงานเมื่อแรงดันต่ำสุด 30.15V



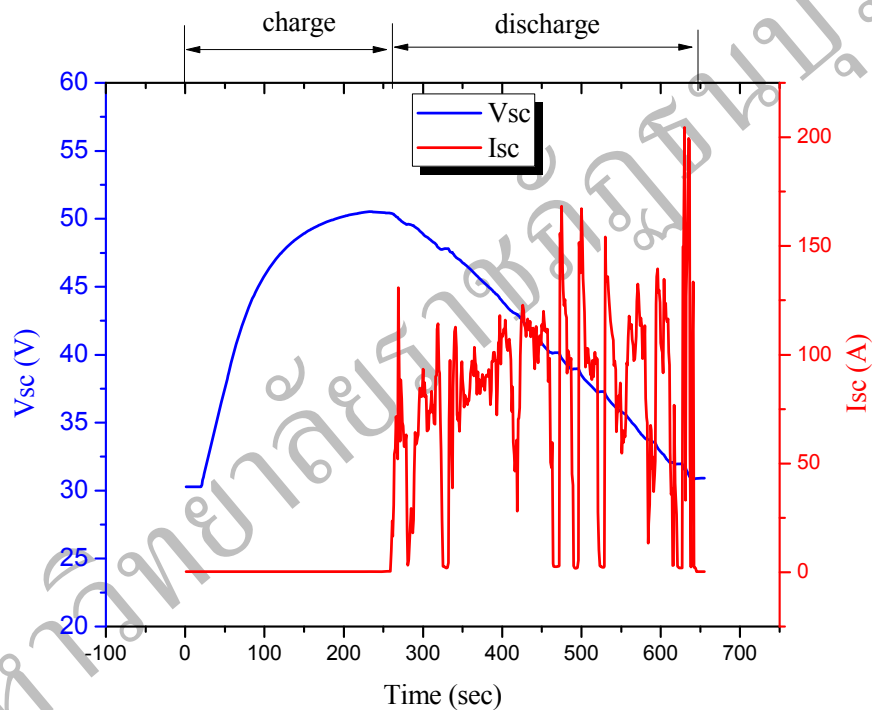
ภาพที่ 4.10 ชาร์จที่ แรงดัน 50.50V กระแส 57.41A ทดลองวิ่งที่น้ำหนักรวม 480 kg



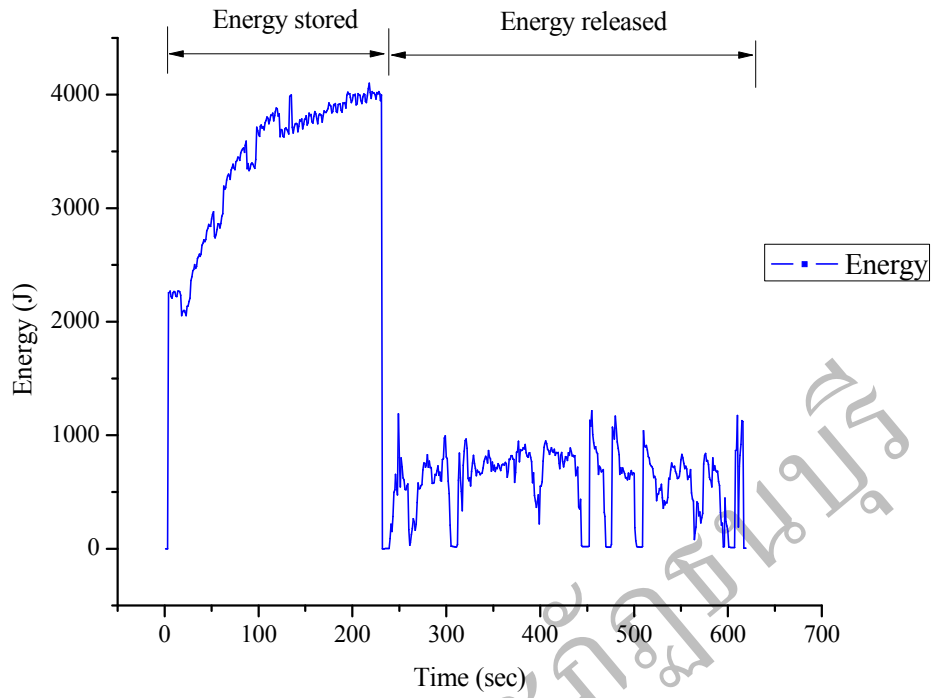
ภาพที่ 4.11 พลังงานช่วงชาร์จ 50.50V กระแส 57.41Aทดลองวิ่งที่น้ำหนักรวม 480 kg

4. ผลการวิเคราะห์ชาร์จที่แรงดันคงที่ 50.49V กระแส 79.15A

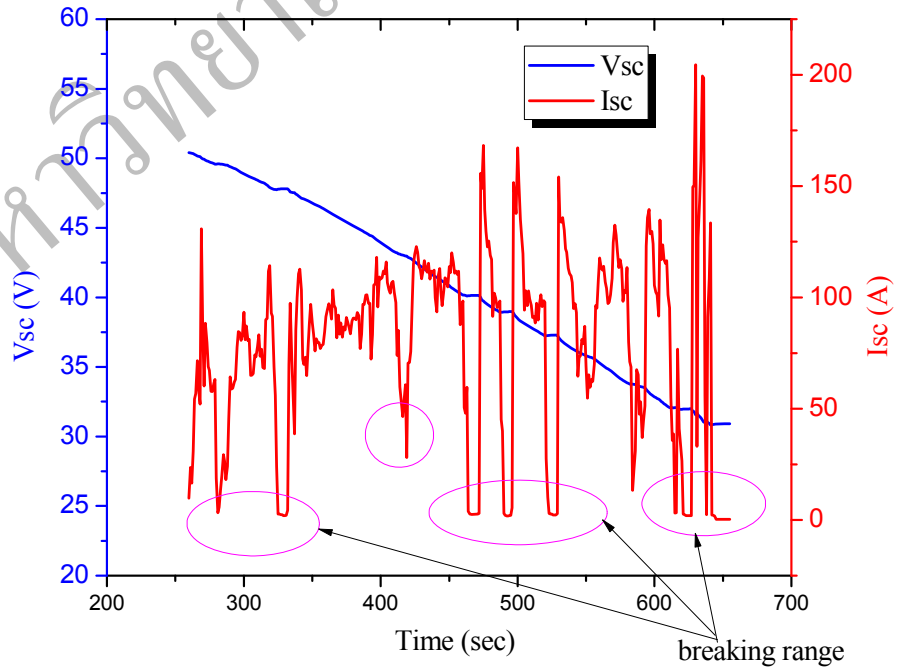
เมื่ออัดประจุ (ชาร์จ) จนเต็มที่พักักัดแรงดัน 50.49V กระแส 79.15A ใช้เวลาอัดประจุ 222 วินาที (3 นาที 42 วินาที) การชาร์จใช้พลังงานเฉลี่ย 3428.44W พลังงานสูงสุด 4100.26W พลังงานต่ำสุด 2052.51W จากนั้นทำการทดลองวิ่งจริงตามเส้นทางที่กำหนดโดยน้ำหนักบรรทุกทุก 2 คน รวมน้ำหนักทั้งหมด (290kg+60kg+55kg) เท่ากับ 405 kg ใช้เวลา 381 วินาที (6 นาที 21 วินาที) วัดระยะทางที่วิ่งได้ 1150 เมตร การขับเคลื่อนใช้พลังงานเฉลี่ย 591.78W พลังงานสูงสุด 1216.17W พลังงานต่ำสุด 3.69W และผลตอบสนองของกระแส แรงดัน แสดงดังภาพที่ 4.12 และพลังงานช่วงการประจุ และช่วงการปล่อยประจุ แสดงดังภาพที่ 4.13 โดยวงจรภายในซูเปอร์คาปาซิเตอร์จะตัดการจ่ายพลังงานเมื่อแรงดันต่ำสุด 30.82V



ภาพที่ 4.12 ชาร์จที่แรงดัน 50.49V กระแส 79.15A ทดลองวิ่งที่น้ำหนัก 405 kg



ภาพที่ 4.13 พลังงานช่วงชาร์จ 50.49V กระแส 79.15A ทดลองวิ่งที่น้ำหนัก 405 kg



ภาพที่ 4.14 กระแส แรงดันช่วงเบรกและชะลอเบรก

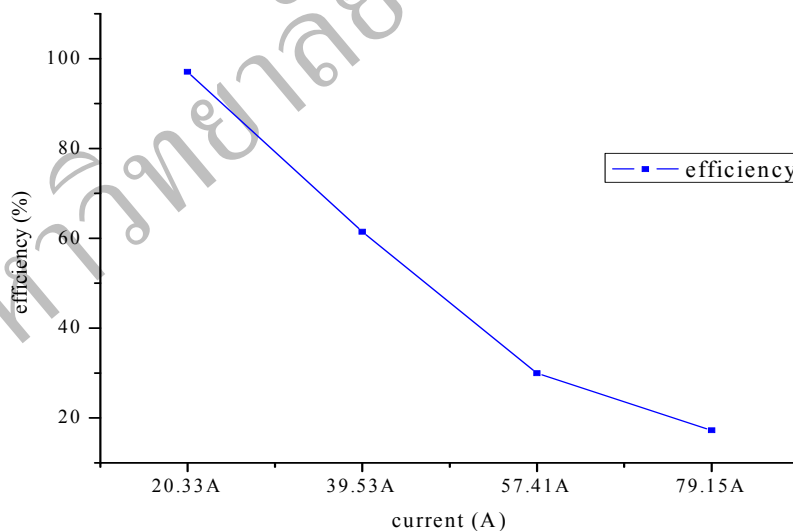
จากภาพที่ 4.14 เป็นผลจากการทดลองวิ่งเพื่อศึกษาการเก็บพลังงานของซูเปอร์คาปาซิเตอร์ช่วงเบรกและชะลอเบรก ซึ่งซูเปอร์คาปาซิเตอร์จะได้รับการประจุแรงดันไฟฟ้าจากไดชาร์จซึ่งทำให้ซูเปอร์คาปาซิเตอร์ได้รับการประจุช่วงเบรกและชะลอเบรก

ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของยานพาหนะไฟฟ้า

จากการติดตั้งซูเปอร์คาปาซิเตอร์เพื่อขับเคลื่อนยานพาหนะไฟฟ้าโดยทดสอบชาร์จที่กระแสค่าต่างๆ จากนั้นได้ทดลองวิ่งตามเส้นทางจริงทำให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด 97.06% ที่กระแสชาร์จ 20.33A และเมื่อเพิ่มกระแสชาร์จสูงขึ้นที่ 79.15A จะทำให้ประสิทธิภาพลดลงเป็น 17.26%

ตารางที่ 4.1 แสดงพลังงานที่ใช้ชาร์จและขับเคลื่อนยานพาหนะไฟฟ้าที่กระแสชาร์จต่างกัน

Charge current (A)	Time (sec)		Energy stored (Watt)	Energy released (Watt)	Efficiency (%)
	charge	discharge			
20.33A	447	315	798.29	822.47	97.06
39.53A	310	388	896.92	1459.30	61.46
57.41A	238	313	743.39	2484.53	29.92
79.15A	222	381	591.78	3428.44	17.26



ภาพที่ 4.15 ประสิทธิภาพของซูเปอร์คาปาซิเตอร์

จากภาพที่ 4.11 พบว่าที่กระแสชาร์จ 20.33A ซูเปอร์คาปาซิเตอร์จะมีประสิทธิภาพสูงสุด 97.06% และเมื่อเพิ่มกระแสชาร์จสูงขึ้น 79.15 จะทำให้ประสิทธิภาพลดต่ำลง 17.26%

4.3 ผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมในการใช้ซูเปอร์คาปาซิเตอร์สำหรับยานพาหนะไฟฟ้า

การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมในการใช้ซูเปอร์คาปาซิเตอร์แทนแบตเตอรี่สำหรับการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปรงถ่านของยานพาหนะไฟฟ้า ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามลำดับขั้นตอนดังนี้

$$\text{การหาจุดคุ้มทุน} \quad N = \frac{F}{P - V}$$

จุดคุ้มค่าและคุ้มทุนจากการใช้ซูเปอร์คาปาซิเตอร์แทนแบตเตอรี่ ดำเนินการจากจำนวนเงินที่ลงทุนสร้างเพื่อใช้ในงานวิจัยในครั้งนี้ ใช้เงินลงทุนซื้อวัสดุอุปกรณ์รวมจ้างทำเป็นจำนวนเงินโดยประมาณ 89,000 บาท มีอายุการใช้งาน 10 ปี คิดเป็นเงินลงทุน 8,900 บาทต่อปี ซึ่งถือเป็นเงินลงทุนและต้นทุนแปรผัน 1,000 บาท เมื่อนำไปเทียบกับแบตเตอรี่ยี่ห้อ TROJAN รุ่น T-1275 ขนาด 12V, 150A ราคา 7,800 บาทต่อลูก รวมทั้งหมด 6 ลูก เป็นเงิน 46,800 บาท มีอายุการใช้งาน 2 ปี คิดเป็นเงินลงทุน 23,400 บาทต่อปี และต้นทุนแปรผัน 1,000 บาท

$$\text{จุดคุ้มทุนใช้แบตเตอรี่} \quad N = \frac{F}{P - V}$$

$$F = N(P - V) = 1(8,900 - 1,000) = 7,900 \text{ บาท}$$

จุดคุ้มทุนกรณีที่ใช้ซูเปอร์คาปาซิเตอร์

$$F = N(P - V) = 1(23,400 - 1,000) = 22,400 \text{ บาท}$$

และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบจุดคุ้มทุนใช้แบตเตอรี่กับจุดคุ้มทุนใช้ซูเปอร์คาปาซิเตอร์จะทำให้จุดคุ้มทุนเป็นดังนี้

$$\text{จุดคุ้มทุน} = \text{เงินลงทุนซูเปอร์คาปาซิเตอร์/เงินลงทุนแบตเตอรี่}$$

$$= \frac{7900}{22400} = 0.3526 = 4 \text{ เดือน } 7 \text{ วัน หรือ } 127 \text{ วัน}$$

ดังนั้นจุดคุ้มทุนสำหรับการใช้ซูเปอร์คาปาซิเตอร์คือ 127 วัน จึงจะคุ้มทุนเมื่อเทียบกับการใช้แบตเตอรี่ทั่วไป