บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่อง การออกแบบไฟสำรองข้อมูลคอมพิวเตอร์ขนาด 500 โวลต์แอมป์ โดยใช้ซุปเปอร์คาปาซิเตอร์เป็นแหล่งจ่ายพลังงานในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับดังนี้

1. ผลการศึกษาการเก็บพลังงานและปล่อยพลังงานของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์
2. ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์
3. ผลการวิเคราะห์ใช้ซุปเปอร์คาปาซิเตอร์เป็นแหล่งจ่ายไฟสำรอง
4. ผลการวิเคราะห์การใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายไฟสำรอง
5. ผลการวิเคราะห์การใช้ซุปเปอร์คาปาซิเตอร์กับแบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายไฟสำรอง

ผลการศึกษาการเก็บพลังงานและปล่อยพลังงานของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์

จากการทดลองเก็บประจุและปล่อยประจุของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ เพื่อหาประสิทธิภาพของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ จากการวิเคราะห์กระแส แรงดัน พลังงานที่สะสมที่สะสมช่วงเก็บพลังงานและช่วงปล่อยพลังงานของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ผู้ วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ตามลำดับขั้นตอนดังนี้

ผลการวิเคราะห์กระแส แรงดัน พลังงาน

เป็นการวิเคราะห์เพื่อหาประสิทธิภาพของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ ช่วงเก็บประจุ โดยป้อนแหล่งจ่ายแรงดันคงที่และปล่อยประจุ (จ่ายพลังงาน) ให้อิเล็กทรอนิกส์โหลด

ผลการทดลองเก็บประจุของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์

ครั้งที่ 1 ป้อนแหล่งจ่ายที่ 16.2V 10A อิเล็กทรอนิกส์โหลด 10A

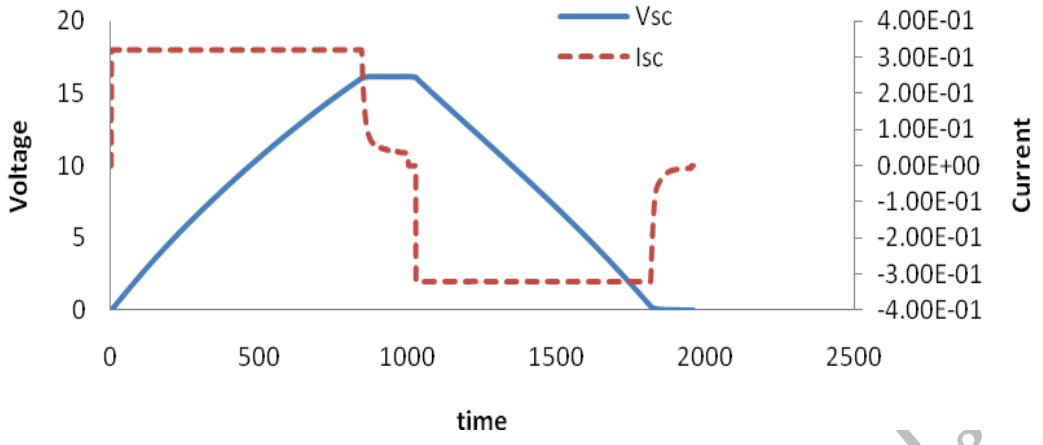
ตารางที่ 4.1 ข้อมูลการเก็บประจุของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์วันที่ 4 ธันวาคม 2558 เวลา11.08 นาฬิกา

V_w (V)	V_f (V)	V_{min} (V)	I_d (A)	ESR (Ω)	t_{charge} (sec)	t_d (sec)	W_s (Joule)	W_d (Joule)	η (%)
16.18	0.30	0.028	2.81	0.096	999	926	24750.62	13838.4	95.20

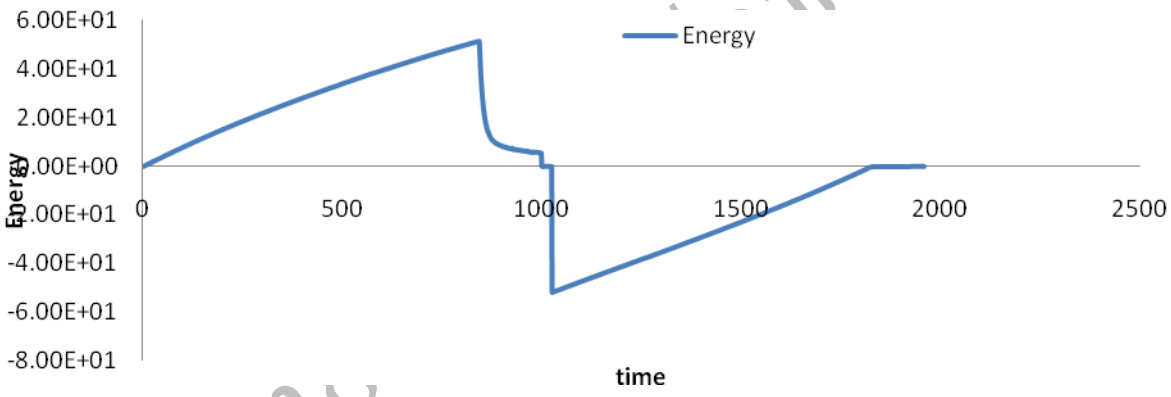
จากผลการวิเคราะห์ แรงดันภายในของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์เริ่มต้น 0.013V เริ่มเก็บประจุที่ระดับแรงดัน 0.03V จนถึงแรงดันเต็มพิกัด 16.18V และ ใช้เวลาในการเก็บประจุ 999 วินาที แรงดันเฉลี่ย 9.95V กระแสสูงสุดที่ 9.99A ใช้พลังงานในการเก็บประจุ 24750.62J และเมื่อปิดสวิตช์ (off) ซุปเปอร์คาปาซิเตอร์จะปล่อยประจุด้วยตัวมันเอง (Self-discharge) ช่วง 10 วินาที แรงดันลดลงเหลือ 16.14V กระแส 0.01A และเมื่อเปิดสวิตช์ (on) ซุปเปอร์คาปาซิเตอร์จะปล่อยประจุ ให้กับอิเล็กทรอนิกส์โหลด แรงดันลดลงจาก 16.10V ถึง 0.028V แรงดันเฉลี่ย 7.44V หลังจากปลดโหลดออกใน 5 วินาที จะได้แรงดัน (V_f) เท่ากับ 0.03V กระแสลดลงจาก 9.98A เหลือ 0.22A และใช้เวลาปล่อยประจุ 926 วินาที ใช้พลังงานในการปล่อยประจุ 13838.4J และมีพลังงานสูญเสียจากความ

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

ต้านทานภายใน (ESR) 702.43J ประสิทธิภาพกาทำงาน 95.20% และเขียนกราฟได้ตามภาพที่ 4.1 และ 4.2



ภาพที่ 4.1 แรงดัน - กระแสช่วงเก็บประจุและปล่อยประจุ แหล่งจ่ายที่ 16.2V 10A



ภาพที่ 4.2 พลังงานช่วงเก็บประจุและปล่อยประจุ แหล่งจ่ายที่ 16.2V 10A

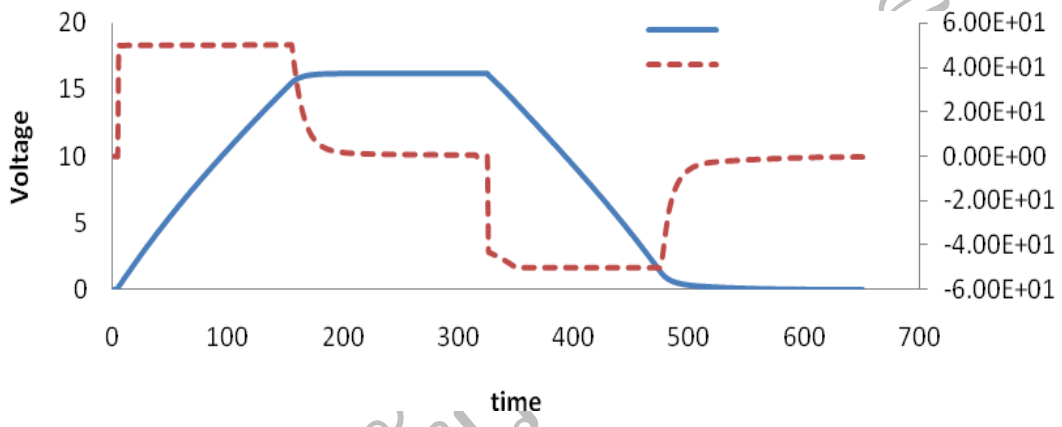
จากภาพที่ 4.1 พบว่าแรงดันไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นแบบทรานเซียน และกระแสจะเกิดขึ้นเป็นค่าคงที่บวก (+) หมายถึงเป็นตัวรับพลังงาน และช่วงปล่อยประจุแรงดันจะลดลงแบบทรานเซียน กระแสจะเป็นลบ (-) ค่าคงที่ ซึ่งหมายถึงการจ่ายพลังงาน ในส่วนของพลังงาน ดังภาพที่ 4.2 จะมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงแบบกระแสกล่าวคือ ช่วงครึ่งบวก (+) เป็นตัวรับพลังงานเสมือนเป็นโหลด ส่วนช่วงครึ่งลบ (-) เป็นตัวจ่ายพลังงานเสมือนเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้า

ครั้งที่ 2 ป้อนแหล่งจ่ายที่ 16.2V 50A อิเล็กทรอนิกส์โหลด 50A

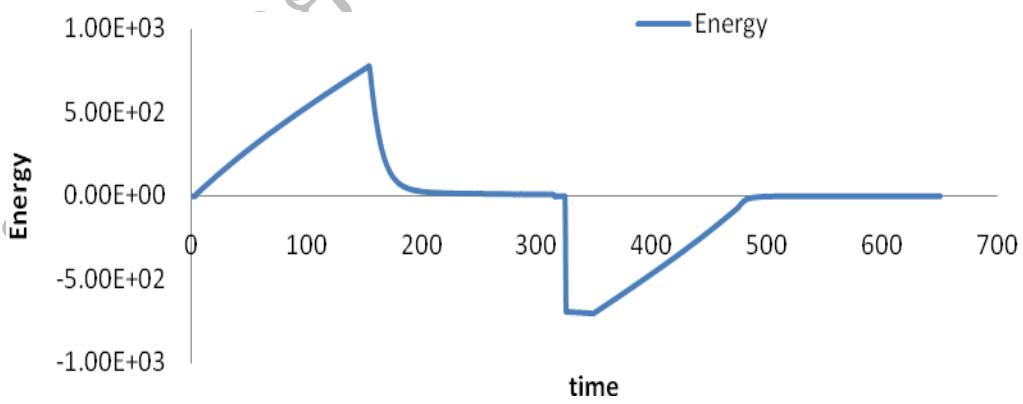
ตารางที่ 4.2 ข้อมูลการเก็บประจุของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์วันที่ 4 ธันวาคม 2558 เวลา12.38 นาฬิกา

V_w (V)	V_f (V)	V_{min} (V)	I_d (A)	ESR (Ω)	t_{charge} (sec)	t_d (sec)	W_s (Joule)	W_d (Joule)	η (%)
16.19	0.32	0.025	13.4	0.022	315	317	24750.62	17682.03	93.38

จากผลการวิเคราะห์ แรงดันภายในของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์เริ่มต้น 0.016V เริ่มเก็บประจุที่ระดับแรงดัน 0.05V จนถึงแรงดันเต็มพิกัด 16.19V และ ใช้เวลาในการเก็บประจุ 315 วินาที แรงดันเฉลี่ย12.22V กระแสสูงสุดที่ 50.3A ใช้พลังงานในการเก็บประจุ 37332.10J และเมื่อปิดสวิตช์ (off) ซุปเปอร์คาปาซิเตอร์จะปล่อยประจุด้วยตัวมันเอง (Self-discharge) ช่วง 10 วินาที แรงดันลดลงเหลือ 16.18V กระแส 0.01A และเมื่อเปิดสวิตช์ (on) ซุปเปอร์คาปาซิเตอร์จะปล่อยประจุ ให้กับอิเล็กทรอนิกส์โหลด แรงดันลดลงจาก 16.06V ถึง 0.025V แรงดันเฉลี่ย 8.41V หลังจากปลดโหลดออกใน 5 วินาที จะได้แรงดัน (V_f) เท่ากับ 0.032V กระแสลดลงจาก 43.1A เหลือ 0.24A และใช้เวลาปล่อยประจุ 317 วินาที ใช้พลังงานในการปล่อยประจุ 17682.03J และมีพลังงานสูญเสียจากความต้านทานภายใน (ESR) 1252J ประสิทธิภาพการทำงาน 93.38 % และเขียนกราฟได้ตามภาพที่ 4.3 และ 4.4



ภาพที่ 4.3 แรงดัน - กระแสช่วงเก็บประจุและปล่อยประจุ แหล่งจ่ายที่ 16.2V 50A



ภาพที่ 4.4 พลังงานช่วงเก็บประจุและปล่อยประจุ แหล่งจ่ายที่ 16.2V 50A

จากภาพที่ 4.3 พบว่าแรงดันไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นแบบทรานเซียน และกระแสจะเกิดขึ้นเป็นค่าคงที่บวก (+) หมายถึงเป็นตัวรับพลังงาน และช่วงปล่อยประจุแรงดันจะลดลงแบบทรานเซียน กระแสจะเป็นลบ (-) ค่าคงที่ ซึ่งหมายถึงการจ่ายพลังงาน ในส่วนของพลังงาน ดังภาพที่ 4.4 จะมี

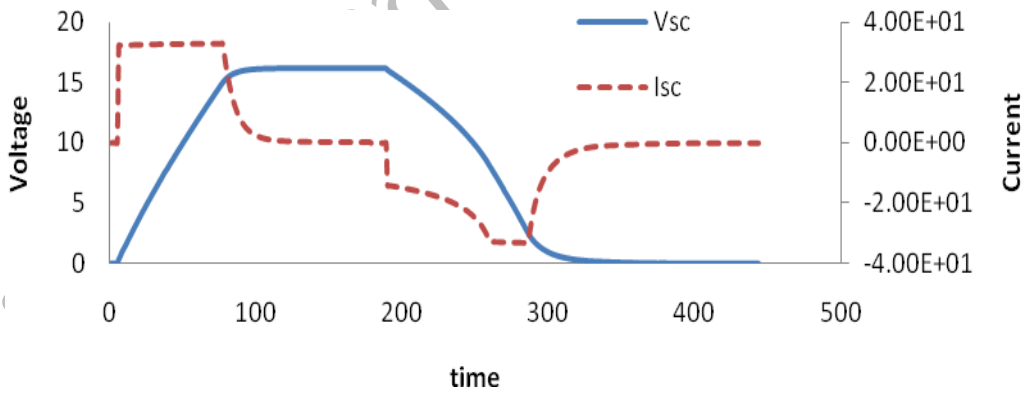
ลักษณะการเปลี่ยนแปลงแบบกระแสกล่าวคือ ช่วงครึ่งบวก (+) เป็นตัวรับพลังงานเสมือนเป็นโหลด ส่วนช่วงครึ่งลบ (-) เป็นตัวจ่ายพลังงานเสมือนเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้า

ครั้งที่ 3 ป้อนแหล่งจ่ายที่ 16.2V 100A อิเล็กทรอนิกส์โหลด 100A

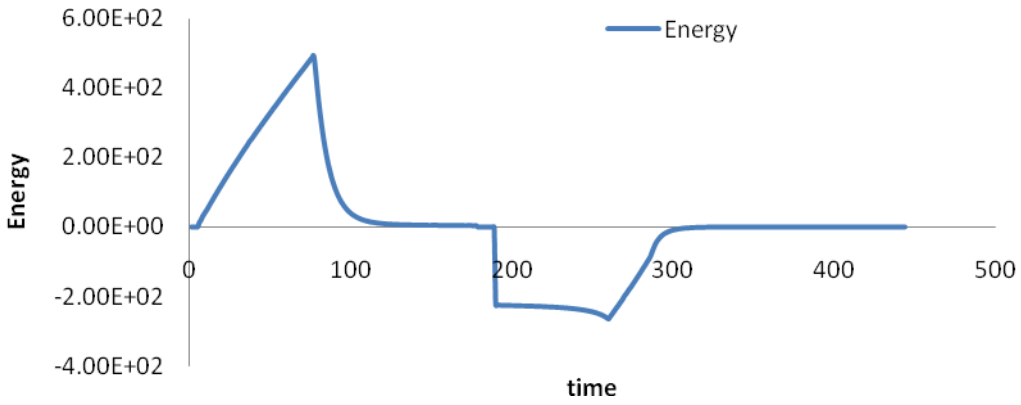
ตารางที่ 4.3 ข้อมูลการเก็บประจุของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์วันที่ 4 ธันวาคม 2558 เวลา13.36 นาฬิกา

V_w (V)	V_f (V)	V_{min} (V)	I_d (A)	ESR (Ω)	t_{charge} (sec)	t_d (sec)	W_s (Joule)	W_d (Joule)	η (%)
16.19	0.35	0.025	85.12	0.0017	172	218	38564.1	6027.03	91.97

จากผลการวิเคราะห์ แรงดันภายในของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์เริ่มต้น 0.03V เริ่มเก็บประจุที่ระดับแรงดัน 0.38V จนถึงแรงดันเต็มพิกัด 16.19V และ ใช้เวลาในการเก็บประจุ 178 วินาที แรงดันเฉลี่ย12.42V กระแสสูงสุดที่ 100.5A ใช้พลังงานในการเก็บประจุ 38564.1J และเมื่อปิดสวิตช์ (off) ซุปเปอร์คาปาซิเตอร์จะปล่อยประจุด้วยตัวมันเอง (Self-discharge) ช่วง 10 วินาที แรงดันลดลงเหลือ 16.18V กระแส 0.01A และเมื่อเปิดสวิตช์ (on) ซุปเปอร์คาปาซิเตอร์จะปล่อยประจุ ให้กับอิเล็กทรอนิกส์โหลด แรงดันลดลงจาก 16.03V ถึง 0.79V แรงดันเฉลี่ย 4.91V หลังจากปลดโหลดออกใน 5 วินาที จะได้แรงดัน (V_f) เท่ากับ 0.035V กระแสลดลงจาก 100.1A เหลือ 0.14A และใช้เวลาปล่อยประจุ 218 วินาที ใช้พลังงานในการปล่อยประจุ 6027.03J และมีพลังงานสูญเสียจากความต้านทานภายใน (ESR) 537.04J ประสิทธิภาพการทำงาน 91.97 % และเขียนกราฟได้ตามภาพที่ 4.5 และ 4.6



ภาพที่ 4.5 แรงดัน - กระแสช่วงเก็บประจุและปล่อยประจุ แหล่งจ่ายที่ 16.2V 100A



ภาพที่ 4.6 พลังงานช่วงเก็บประจุและปล่อยประจุ แหล่งจ่ายที่ 16.2V 100A

จากภาพที่ 4.5 เมื่อเพิ่มกระแสเก็บประจุทำให้เวลาที่ใช้จะเร็วขึ้น แรงดันไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นแบบทรานเซียน และกระแสจะเกิดขึ้นเป็นค่าคงที่บวก (+) หมายถึงเป็นตัวรับพลังงาน และช่วงปล่อยประจุแรงดันจะลดลงแบบทรานเซียน กระแสจะเป็นลบ (-) ค่าคงที่ ซึ่งหมายถึงการจ่ายพลังงาน ในส่วนของพลังงาน ดังภาพที่ 4.6 จะมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงแบบกระแสกล่าวคือ ช่วงครึ่งบวก (+) เป็นตัวรับพลังงานเสมือนเป็นโหลด ส่วนช่วงครึ่งลบ (-) เป็นตัวจ่ายพลังงานเสมือนเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้า

ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์

ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ที่แรงดันไฟฟ้าเก็บประจุคงที่ 16.2V กระแส 10A พบว่าที่กระแสเก็บประจุต่ำจะได้ประสิทธิภาพสูงถึง 95.20% และเมื่อเพิ่มกระแสในการเก็บประจุเป็น 50A 100A จะได้ประสิทธิภาพลดต่ำลงเป็น 93.38% และ 91.97% แสดงดังภาพที่ 4.7 โดยการหาค่าประสิทธิภาพของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ สามารถหาได้ดังนี้

ที่แรงดัน 16.2V กระแส 10A หาค่าประสิทธิภาพของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ (η) ได้ดังนี้

ประสิทธิภาพของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ $(\eta) = \frac{W_c}{W_t} = \frac{W_c}{W_c + W_R}$

ความต้านทานภายใน (ESR) $= \frac{V_f - V_{min}}{I_d}$

$= \frac{0.30 - 0.028}{2.81} = 0.096\,\Omega$

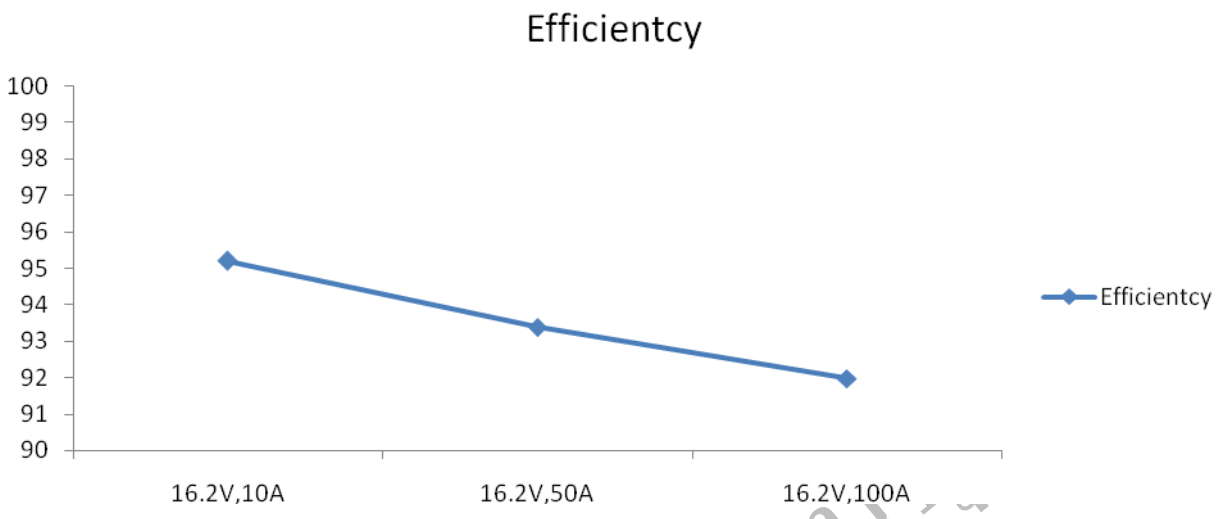
พลังงานสูญเสียที่เกิดจาก ESR : $W_R = I^2 \times R \times t$

$= 2.81^2 \times 0.096 \times 926 = 701.9$ J

ประสิทธิภาพของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ $(\eta) = \frac{W_c}{W_c + W_R}$

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

$$= \frac{13838.4}{13838.4+701.9} = 95.20\ \%$$



ภาพที่ 4.7 ประสิทธิภาพของซุปเปอร์คาปซิเตอร์

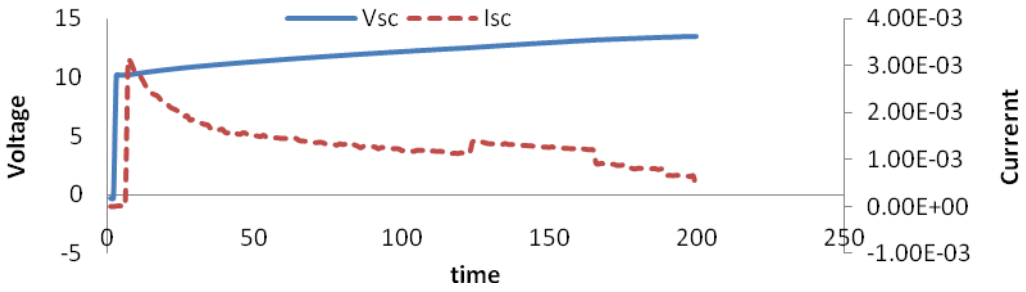
ผลการวิเคราะห์ใช้ซุปเปอร์คาปาซิเตอร์เป็นแหล่งจ่ายไฟสำรอง

ผลการวิเคราะห์ใช้ซุปเปอร์คาปาซิเตอร์เป็นแหล่งจ่ายไฟสำรองนำข้อมูลที่ได้จากการบันทึกด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล (Data logger) มาเขียนกราฟ แรงดัน และกระแสโดยซุปเปอร์คาปาซิเตอร์มีแรงดันภายในเริ่มต้น 10.23V จนถึง 13.54V ดังตารางที่ 4.4 ใช้เวลาเก็บประจุ 198 วินาที ภาพที่ 4.8 และพลังงาน ดังภาพที่ 4.9 และเมื่อไฟดับซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ปล่อยพลังงานให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่แรงดันเริ่มแรก 13.49V ลดลงเหลือ 10.03V ภาพที่ 4.10 และภาพที่ 4.11 วงจรจะตัดระบบจ่ายพลังงานออกทำให้คอมพิวเตอร์หยุดทำงาน ใช้เวลา 40 วินาที

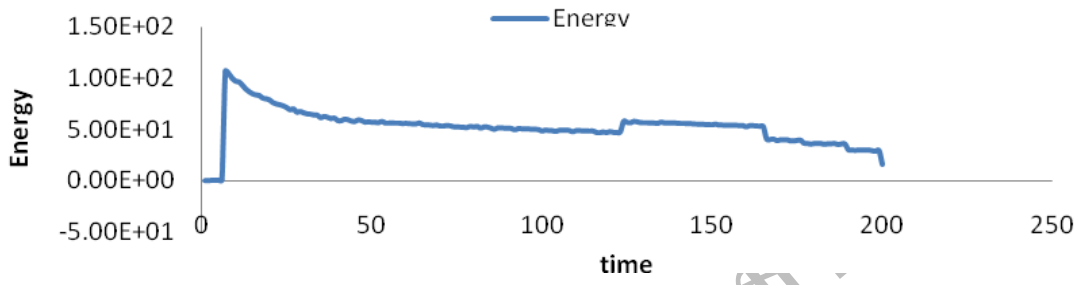
ตารางที่ 4.4 ข้อมูลการเก็บ ปล่อยประจุของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์10 มีนาคม 2559 เวลา8.37 นาฬิกา

Charge				Discharge			
Time (sec)		Volt (V)		Time (sec)		Volt (V)	
Initial	Finally	Initial	Finally	Initial	Finally	Initial	Finally
3	200	10.23	13.54	256	296	13.49	10.03

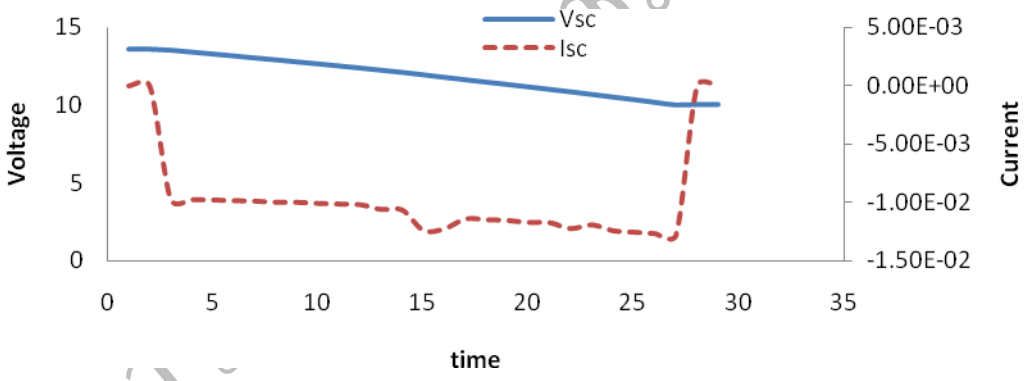
มหาวิทยาลัยราชภัฏ



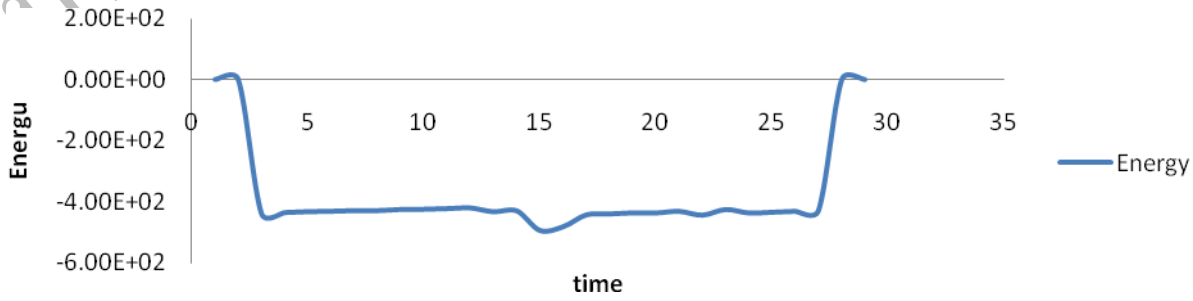
ภาพที่ 4.8 แรงดัน - กระแสช่วงเก็บประจุ



ภาพที่ 4.9 พลังงานช่วงเก็บประจุ



ภาพที่ 4.10 แรงดัน - กระแสช่วงเก็บประจุ



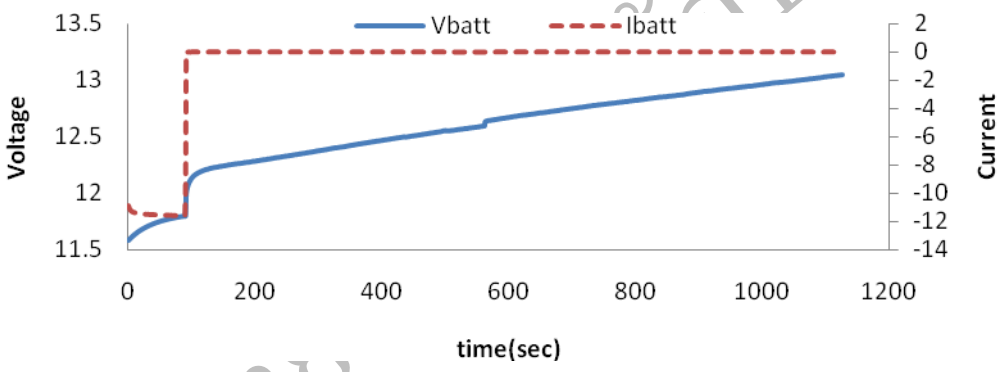
ภาพที่ 4.11 พลังงานช่วงปล่อยประจุ

ผลการวิเคราะห์การใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายไฟสำรอง

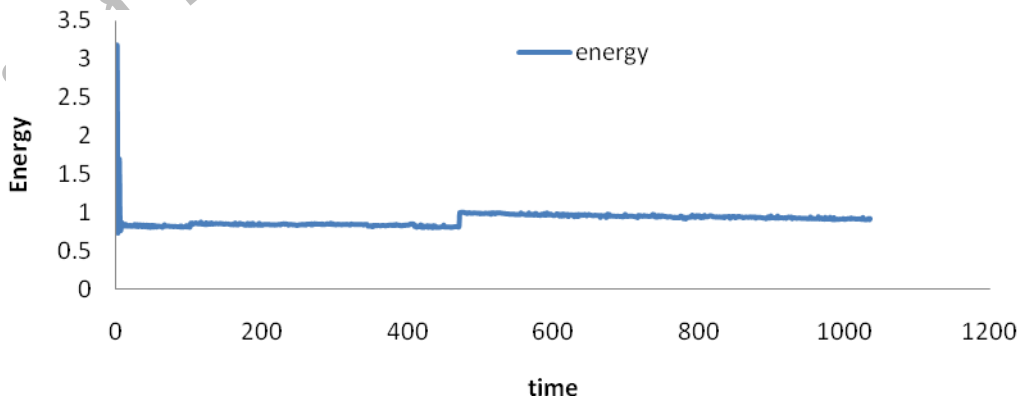
ผลการวิเคราะห์การใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายไฟสำรองนำข้อมูลที่ได้จากการบันทึกด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล (Data logger) มาเขียนกราฟ แรงดัน และกระแสโดยแบตเตอรี่มีแรงดันภายในเริ่มต้น 11.98 จนถึง 13.05V ใช้เวลาเก็บประจุ 1126 วินาที ภาพที่ 4.12 และพลังงาน ดังภาพที่ 4.13 และเมื่อไฟดับแบตเตอรี่ปล่อยพลังงานให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่แรงดันเริ่มแรก 12.08V ลดลงเหลือ 10.03V ภาพที่ 4.14 และภาพที่ 4.15 วงจรจะตัดระบบจ่ายพลังงานออกทำให้คอมพิวเตอร์หยุดทำงาน ใช้เวลา 49 วินาที

ตารางที่ 4.5 ข้อมูลการเก็บ ปล่อยประจุของแบตเตอรี่ 16 มีนาคม 2559 เวลา 8.37 นาฬิกา

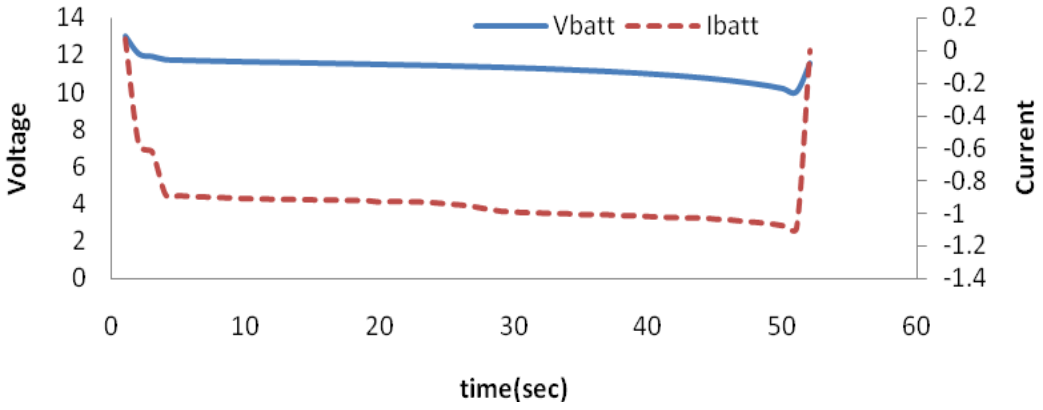
Charge				Discharge			
Time (sec)		Volt (V)		Time (sec)		Volt (V)	
Initial	Finally	Initial	Finally	Initial	Finally	Initial	Finally
1	1126	11	13.05	1127	1176	12.08	10.03



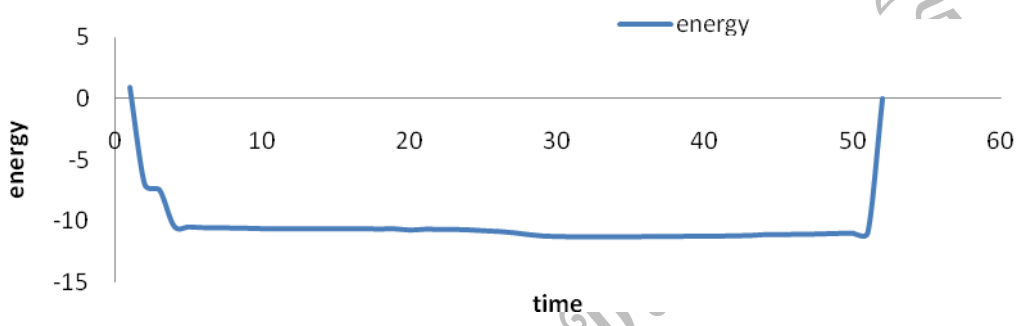
ภาพที่ 4.12 แรงดัน - กระแสช่วงเก็บประจุแบตเตอรี่



ภาพที่ 4.13 พลังงานช่วงเก็บประจุของแบตเตอรี่



ภาพที่ 4.14 แรงดัน - กระแสช่วงปล่อยประจุแบตเตอรี่



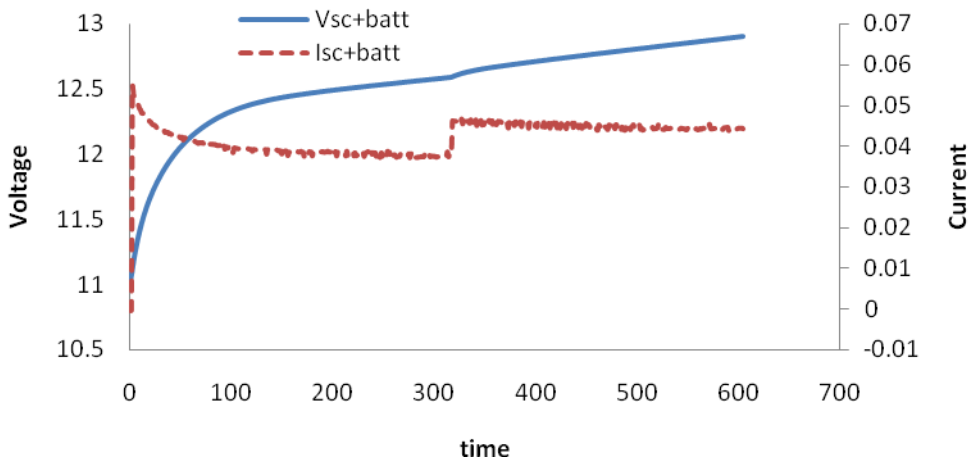
ภาพที่ 4.15 พลังงานช่วงปล่อยประจุของแบตเตอรี่

ผลการวิเคราะห์การใช้ซุปเปอร์คาปาซิเตอร์กับแบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายไฟสำรอง

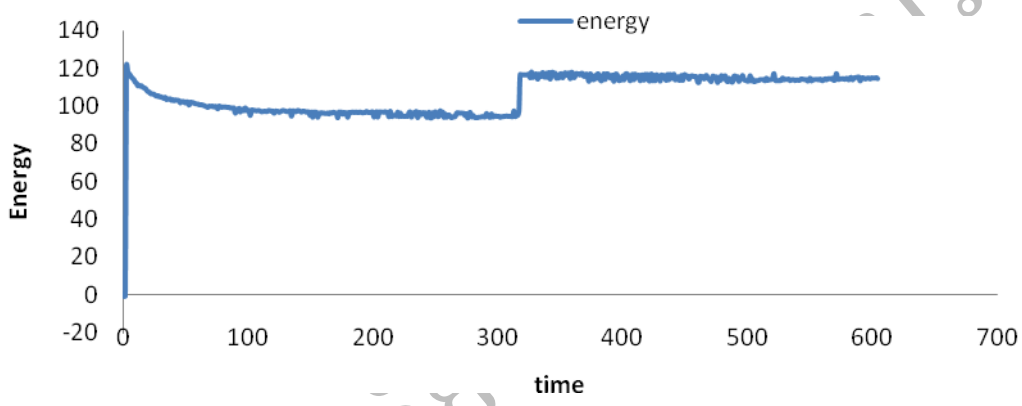
ผลการวิเคราะห์การใช้ซุปเปอร์คาปาซิเตอร์กับแบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายไฟสำรองนำข้อมูลที่ได้จากการบันทึกด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล (Data logger) มาเขียนกราฟ แรงดัน และกระแสโดยแหล่งจ่ายไฟสำรองมีแรงดันภายในเริ่มต้น 8.79 จนถึง 13.54V ใช้เวลาเก็บประจุ 230 วินาที ภาพที่ 4.16 และพลังงาน ดังภาพที่ 4.17 และเมื่อไฟดับแหล่งจ่ายไฟสำรองจะปล่อยพลังงานให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่แรงดันเริ่มแรก 13.54V ลดลงเหลือ 10.09V ภาพที่ 4.18 และภาพที่ 4.19 วงจรจะตัดระบบจ่ายพลังงานออกทำให้คอมพิวเตอร์หยุดทำงาน ใช้เวลา 65 วินาที

ตารางที่ 4.6 ข้อมูลการเก็บ ปล่อยประจุของแบตเตอรี่ 8 เมษาคม 2559 เวลา 8.37 นาฬิกา

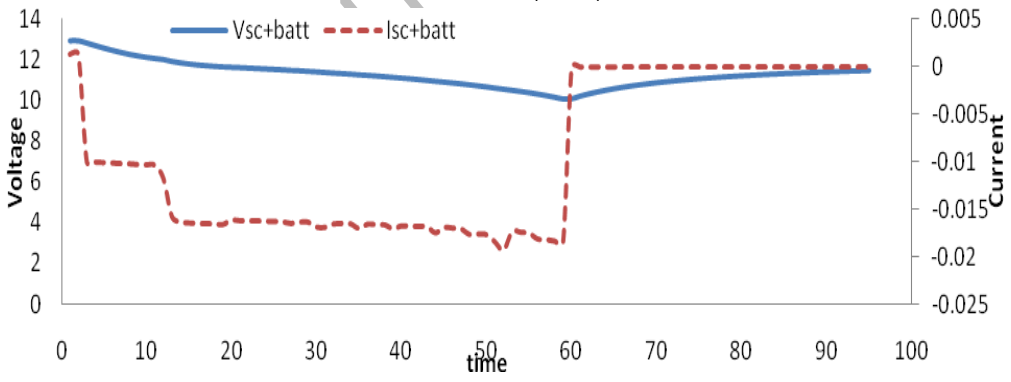
Charge				Discharge			
Time (sec)		Volt (V)		Time (sec)		Volt (V)	
Initial	Finally	Initial	Finally	Initial	Finally	Initial	Finally
1	230	8.79	13.54	240	305	13.54	10.09



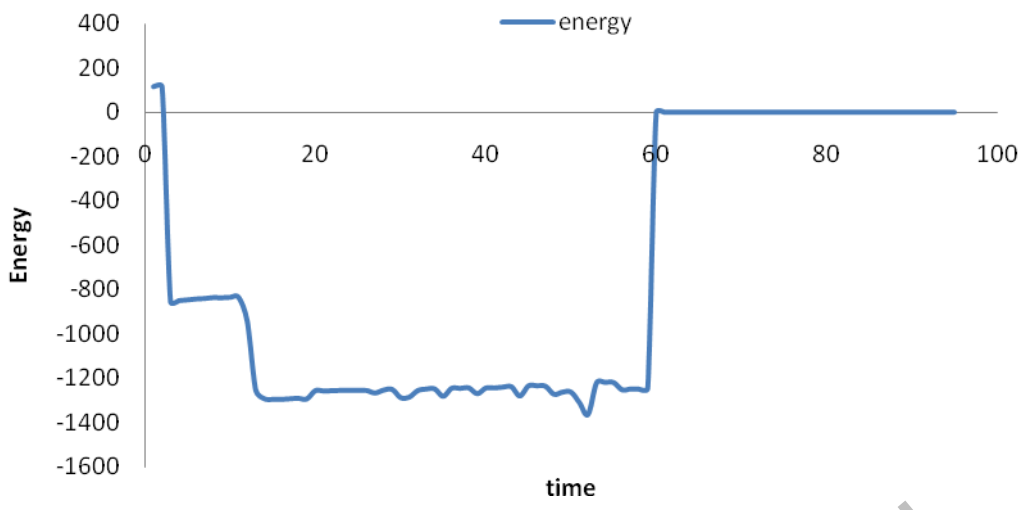
ภาพที่ 4.16 แรงดัน กระแสช่วงเก็บประจุของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์กับแบตเตอรี่



ภาพที่ 4.17 พลังงานช่วงเก็บประจุของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์กับแบตเตอรี่



ภาพที่ 4.18 แรงดัน กระแสช่วงปล่อยประจุของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์กับแบตเตอรี่



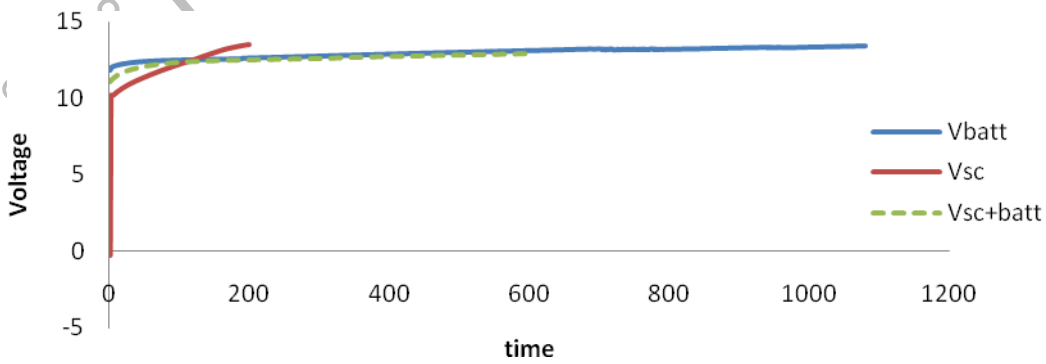
ภาพที่ 4.19 พลังงานช่วงปล่อยประจุของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์กับแบตเตอรี่

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบ SC Batt และ SC+Batt

ผลการวิเคราะห์ช่วงการเก็บประจุ พบว่าซุปเปอร์คาปาซิเตอร์จะใช้เวลาเก็บประจุเร็วกว่า 199 วินาที และมีแรงดันสูงกว่า 13.54V รองลงมาเป็นซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ต่อกับแบตเตอรี่ 604 วินาที ที่แรงดัน 12.90V และที่ใช้เวลาเก็บประจุมากสุดคือแบตเตอรี่ 1080 วินาที แรงดัน 13.44V

ตารางที่ 4.7 ข้อมูลการเก็บ ปล่อยประจุของแบตเตอรี่ 8 เมษายน 2559 เวลา 9.30 นาฬิกา

Batt				SC				SC+Batt			
Time (sec)		Volt (V)		Time (sec)		Volt (V)		Time (sec)		Volt (V)	
Initial	Finally	Initial	Finally	Initial	Finally	Initial	Finally	Initial	Finally	Initial	Finally
1	1080	11.84	13.44	1	200	10.23	13.54	0	604	11.03	12.90

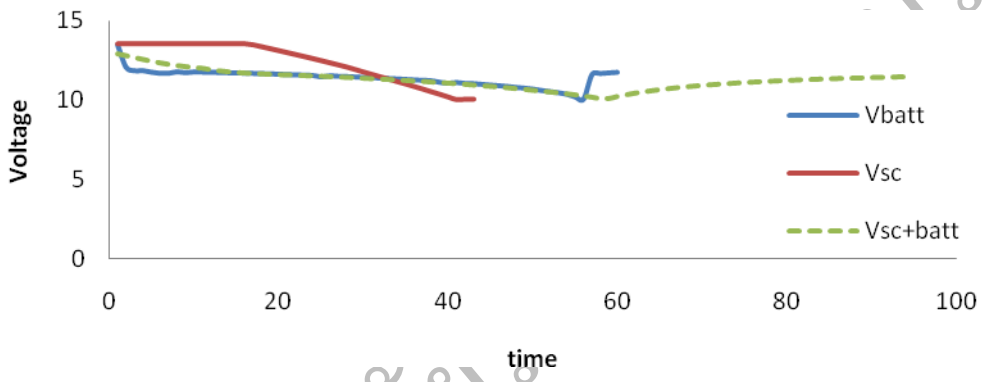


ภาพที่ 4.20 เปรียบเทียบ แรงดันช่วงเก็บประจุของ SC & batt & SC+batt

ผลการวิเคราะห์ช่วงปล่อยประจุให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ พบว่าซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ต่อร่วมกับแบตเตอรี่จะใช้เวลาปล่อยประจุได้นานกว่า 56 วินาที แรงดันต่ำสุด 10.09V รองลงมาเป็นแบตเตอรี่ 54 วินาที ที่แรงดันต่ำสุด 10.08V และที่ใช้เวลาปล่อยประจุเร็วคือซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ 41 วินาที แรงดันต่ำสุด 10.04V

ตารางที่ 4.8 ข้อมูลการเก็บ ปล่อยประจุของแบตเตอรี่ 8 เมษายน 2559 เวลา 9.30 นาฬิกา

Batt				SC				SC+Batt			
Time (sec)		Volt (V)		Time (sec)		Volt (V)		Time (sec)		Volt (V)	
Initial	Finally	Initial	Finally	Initial	Finally	Initial	Finally	Initial	Finally	Initial	Finally
1081	1135	12.05	10.08	350	391	13.56	10.04	605	661	12.79	10.09



ภาพที่ 4.21 เปรียบเทียบ แรงดันช่วงปล่อยประจุของ SC & batt & SC+batt

มหาวิทยาลัย