บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

การวิจัยเรื่อง การออกแบบไฟสำรองข้อมูลคอมพิวเตอร์ขนาด 500 โวลต์แอมป์ โดยใช้ซุปเปอร์คาปาซิเตอร์เป็นแหล่งจ่ายพลังงาน ผู้วิจัยได้ดำเนินตามลำดับขั้นตอนดังนี้

1. แบบแผนการวิจัย
2. การออกแบบวงจรไฟสำรองข้อมูลคอมพิวเตอร์
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. วิธีดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

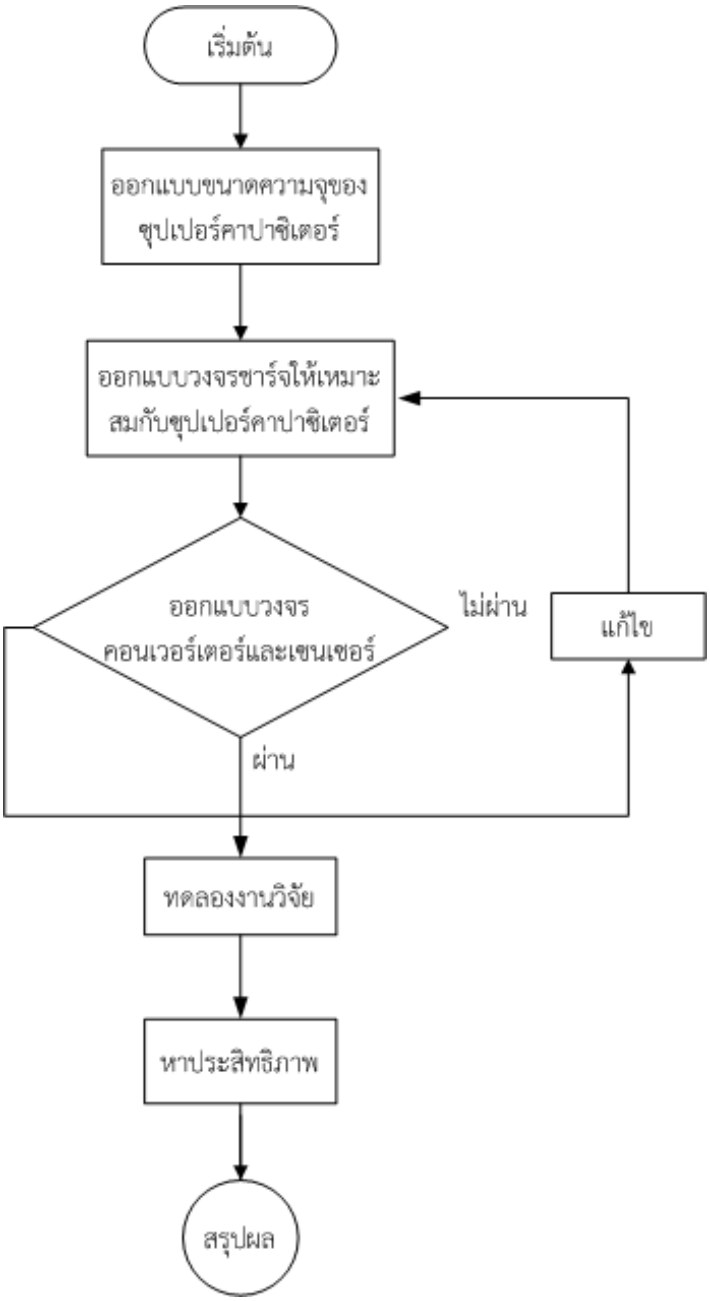
แบบแผนงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) ซึ่งเป็นการศึกษาการเก็บสะสมพลังงานและคายพลังงานของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ขนาด 500 ฟารัด 16.2 โวลต์ ผู้วิจัยจะดำเนินการวิจัยดังภาพที่ 3.1 และตามขั้นตอนดังนี้

1. ออกแบบขนาดความจุของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์
2. ออกแบบวงจรเก็บประจุ (Charge) ให้เหมาะสมกับขนาดของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์
3. ออกแบวงจรคอนเวอร์เตอร์และวงจรเปรียบเทียบแรงดัน
4. ทดลองเปรียบเทียบพลังงานจากซุปเปอร์คาปาซิเตอร์และเครื่องสำรองไฟฟ้า
5. หาประสิทธิภาพการทำงานของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์

การออกแบบวงจรไฟสำรองข้อมูลคอมพิวเตอร์

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการออกแบบไฟสำรองข้อมูลคอมพิวเตอร์ขนาด 500 โวลต์แอมป์ โดยใช้ซุปเปอร์คาปาซิเตอร์เป็นแหล่งจ่ายพลังงาน ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

จากภาพที่ 3.1 แสดงลำดับขั้นตอนการออกแบบไฟสำรองข้อมูลคอมพิวเตอร์และอธิบายเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

1. ออกแบบขนาดความจุของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์

ซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ 1 เซลล์

การออกแบบระบบวงจรชาร์จ และทดลองเก็บข้อมูลการชาร์จและดิสชาร์จกับซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ขนาดพิกัด 3000 F, 2.7 V ต่อเซลล์

ซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ขนาด 3000 ฟารัด 2.7 โวลต์ ต่อเซลล์ จะได้พลังงาน (W) ดังนี้

พลังงาน (W) = $\frac{1}{2}Cv_c^2$

$= \frac{1}{2} \times 3000 \times (2.7)^2$ = 10.94 (kJ -sec) = 3.039 ($\frac{J}{h}$) หรือ 3.039 จูลต่อชั่วโมง หรือ 3.039 วัตต์-ชั่วโมง เมื่อ 3.6 kJ = 1 kWh

กำลังไฟฟ้า (P) = 3.039Wh

กระแสไฟฟ้า (I) = $\frac{P}{V}$ = $\frac{3.039Wh}{2.7V}$ = 1.125 Ah

ดังนั้นซุปเปอร์คาปาซิเตอร์สามารถรับกระแสจากเครื่องชาร์จได้ถึง 1125.55 A ที่ระดับแรงดัน 2.7 V และสามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้ 3.039 Wh หรือ 10.94kW-sec

นำซุปเปอร์คาปาซิเตอร์มาต่ออนุกรม 6 เซลล์

เมื่อนำซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ต่ออนุกรม 6 เซลล์จะได้พิกัดดังนี้

ความจุ (C) = $\frac{3000F}{6}$ = 500F

แรงดันไฟฟ้า (V) = 2.7Vx6 = 16.2V

พลังงาน (W) = $\frac{1}{2}Cv_c^2$

$= \frac{1}{2} \times 500 \times (16.2)^2$ = 65.61kJ-sec

กำลังไฟฟ้า (P) = 18.225Wh

กระแสไฟฟ้า (I) = $\frac{P}{V}$ = $\frac{18.225Wh}{16.2V}$ = 1.125 Ah หรือ 67.53 แอมป์-นาที

กรณีใช้โหลดขนาด 325 วัตต์ เครื่องสำรองไฟฟ้าด้วยพลังงานจากซุปเปอร์คาปาซิเตอร์สามารถใช้งานได้ในเวลา (t) ดังนี้

ในการออกแบบจะไม่คิดกำลังไฟฟ้าสูญเสียจะได้

$P_{in} = P_{out}$

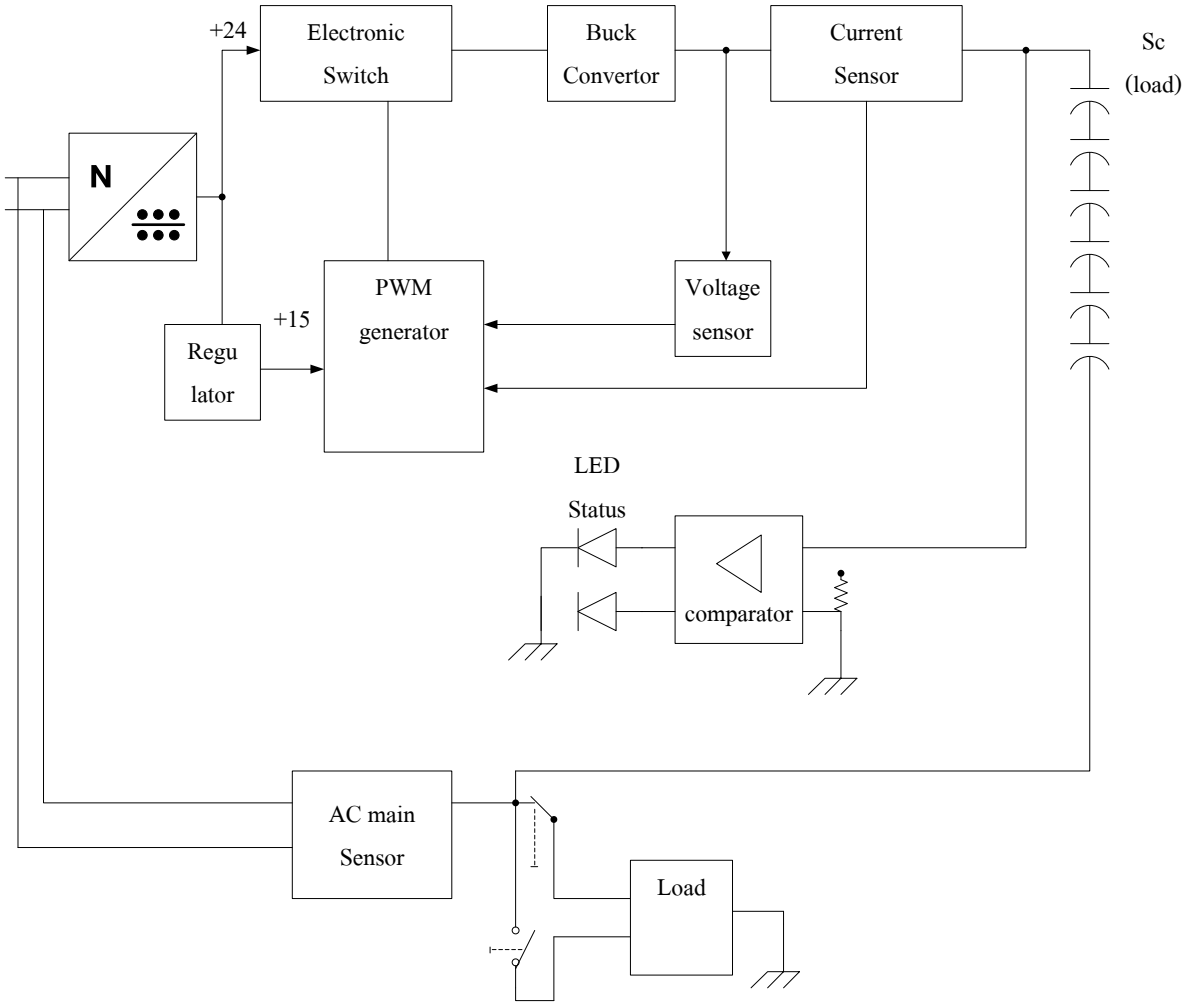
$V_{sc} \times I_{sc} = V_{ac} \times I_{ac}$

กระแสจากซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ (I_{sc}) = $\frac{P_{out}}{V_{sc}}$ = $\frac{325W}{16.2V}$ = 20.06A

เวลาที่ซุปเปอร์คาปาซิเตอร์สามารถจ่ายพลังงานได้ (t_{sc}) = $\frac{67.53A-m}{20.06A}$ = 3.37 นาที

2. ออกแบบชุดวงจรชาร์จ ดิสชาร์จให้กับซุปเปอร์คาปาซิเตอร์

การออกแบบวงจรชาร์จ ดิสชาร์จให้กับซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ได้แบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ภาคจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง วงจรเปรียบเทียบแรงดัน และวงจรลดทอนแรงดัน ดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 การทำงานของวงจรชาร์จ ดิสชาร์จซุปเปอร์คาปาซิเตอร์

จากภาพที่ 3.2 สามารถอธิบายการทำงานของวงจรชาร์จ ดิสชาร์จโดยแบ่งเป็นส่วนๆ ดังนี้

- ส่วนแปลงสัญญาณจาก AC เป็น DC โดยสัญญาณ AC18 โวลต์ ได้จากหม้อแปลงไฟฟ้ามาเข้าไดโอดบริด และจะมี C1 และ C2 กรองสัญญาณ ให้ไฟเรียบจะได้เป็นไฟ DC+24 โวลต์ เพื่อไปจ่ายให้กับส่วนอิเล็กทรอนิกส์สวิตช์ต่อไป

- ส่วนอิเล็กทรอนิกส์สวิตช์จะใช้มอสเฟต เบอร์ IRF9540 เป็นตัวสวิตช์ซิ่งให้กับวงจร Buck Converter

- ส่วน PWM Generator ซึ่งเป็นตัวสร้างพัลส์จะใช้ IC เบอร์ SG3525 เป็นตัวสร้างสัญญาณ PWM ภายใน IC มีภาคส่วนต่างๆไว้หลายส่วน เช่น ส่วนออสซิสเลเตอร์ (OSC) ส่วนคอมพาราเตอร์ส่วนเออร์เรอร์แอมป์ ส่วนโวลต์เตจซอฟสตาร์ทและส่วนขับเกตมอสเฟต

- ส่วนวงจรลดทอนแรงดัน (Buck Converter) จะมี ไดโอด DS1,DS2และ L 100 MH ทำหน้าที่ในการแปลงไฟลงตามที่วงจรชาร์จต้องการ

- ส่วน Voltage Sensor จะทำหน้าที่รักษาระดับแรงดันให้ได้ 15.0 โวลต์ (ปรับค่าได้) เอาต์พุตของส่วนนี้จะส่งให้กับ ภาคเออร์เรอร์แอมป์ SG3525 เพื่อรักษาระดับแรงดันให้คงที่

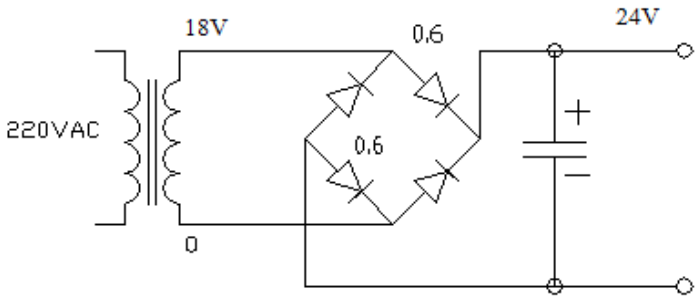
- ส่วน Current Sensor จะทำหน้าที่รักษากระแสให้จ่ายเข้า Load ซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ เกิน 2 แอมป์ ถ้ามีกระแสจ่ายเกิน วงจรส่วนนี้จะส่งสัญญาณไปให้ SG3525 หยุดการทำงาน เมื่อกระแสจ่ายเข้าไป Load น้อยกว่า 2 แอมป์ วงจรจะส่งสัญญาณให้ SG3525 ทำงานได้ปกติ

- ส่วนวงจรเปรียบเทียบแรงดัน (Comparator) จะทำหน้าที่ตรวจสอบ และแสดงสถานการณ์ทำงานของวงจร และระดับแรงดันชาร์จเต็มหรือไม่เต็ม

- ส่วนตรวจจับสัญญาณ AC Main จะทำหน้าที่ตรวจสอบสัญญาณไฟฟ้าว่ามีปกติหรือไม่ ถ้ามีปกติวงจรจะชาร์จ ซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ อย่างเดียว ถ้าไม่มีไฟฟ้า ส่วนนี้จะทำการต่อวงจรโหลดเข้ากับ ซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ เพื่อใช้ในการสำรองไฟฟ้าให้กับคอมพิวเตอร์

3. ภาคจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

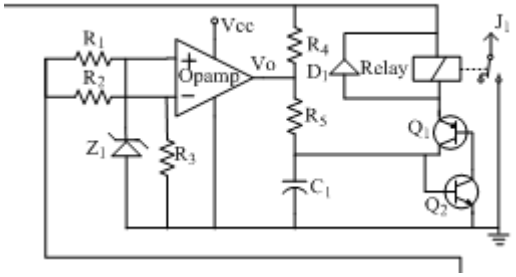
จากภาพที่ 3.3 แรงดันไฟสลับมีค่า 18 V เมื่อแปลงเป็นแรงดันไฟตรงแล้วจะมีค่า $18\sqrt{2}$ VDC (25.45VDC) แต่ค่าที่แท้จริงจะน้อยกว่า $12\sqrt{2}$ อยู่ประมาณ 1.2 V คือแรงดันจะตกคร่อมตัวไดโอดขณะนำกระแสอยู่ตัวละ 0.6V ชนิดบริดจ์ไดโอดจะนำกระแสพร้อมกันทีละ 2 ตัว แรงดันจึงหายไปในตัวไดโอด 1.2V และจะเหลือแรงดันไฟบวกอยู่ $18\sqrt{2}$ - 1.2 = 24.5V ตามภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 วงจรวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ชนิดไฟ 24VDC

4. วงจรเปรียบเทียบแรงดัน

วงจรเปรียบเทียบแรงดัน (Comparator) จะทำหน้าที่ตรวจสอบ และแสดงสถานการณ์ทำงานของวงจร และระดับแรงดันชาร์จเต็มหรือไม่เต็ม ใช้ IC เบอร์ 339 โดยวงจรจะทำงานเมื่อขา 3 ได้รับแรงดันสูงกว่าที่ขา 2 และจะทำให้มีแรงดันออกที่ขา 6 ทำให้มีกระแสที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 จึงนำกระแส



ภาพที่ 3.4 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน

จากภาพที่ 3.4 ถ้าแหล่งจ่ายแรงดันตกชั่วขณะ วงจรเปรียบเทียบแรงดันที่ออกแบบมา จะมีความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ขา3 (+) มีค่าสูงกว่าขา2 (-) และแรงดันที่ Vo จะมีค่ามากพอที่จะทำให้ ทรานซิสเตอร์ Q1

และ Q2 ไบอัส และสั่งให้รีเลย์ทำงาน คอนแทค (NO) ของรีเลย์จะถูกต่อเข้ากับจุดต่อ (J1) และต่อลงกราวด์ ซึ่งทำให้ ได้รับแรงดัน 24 VDC เหมือนครั้งแรกและเข้าสู่สภาวะการทำงานเหมือนวงจรเดิมอีกครั้ง ซึ่งวงจรเปรียบเทียบแรงดัน (Comparator Circuit) นี้ จะช่วยแก้ปัญหาขณะไฟฟ้าดับได้

ในการออกแบบวงจรเปรียบเทียบแรงดันได้ตั้งค่าแรงดันไว้ที่ 24 V ซึ่งเป็นค่าแรงดันปกติที่จ่ายให้วงจรยังทำงานได้

เมื่อแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่า 24 VDC วงจรเปรียบเทียบแรงดันที่ออกแบบไว้โดยใช้ไอซี 339 จะสั่งให้มอสเฟตหยุดนำกระแส ในขณะเดียวกันรีเลย์จะหยุดทำงานและทำให้คอนแทก (NC) จะไปรับแรงดันที่ซุปเปอร์คาปาซิเตอร์และต่อให้กับโหลด

กำหนดใช้ซีเนอร์ไดโอด (ZD) = 5.6 V, ½ W กระแส > 5 mA ภาวะปกติแรงดันที่ขา 2(-) ต้องมากกว่า 5.6 V กระแสที่ไหลผ่าน ZD (I_{ZD}) = $9/R_1$

R_1 = 9V-5.6V/5mA = 3.4V/5mA = 680 Ω เลือก 1 kΩ

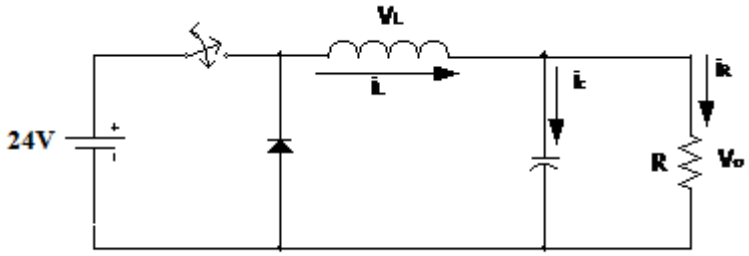
คำนวณหาค่า R_2 แรงดันที่ขา 2 (-) ต้องมากกว่า 5.6 V ในภาวะปกติ กรณีที่แรงดัน = 15V และเลือก R_3 = 10 kΩ ใช้กฎการแบ่งแรงดันจะได้

$$\frac{9\times10k\Omega}{R_2+10k\Omega} = 5.6\ V$$

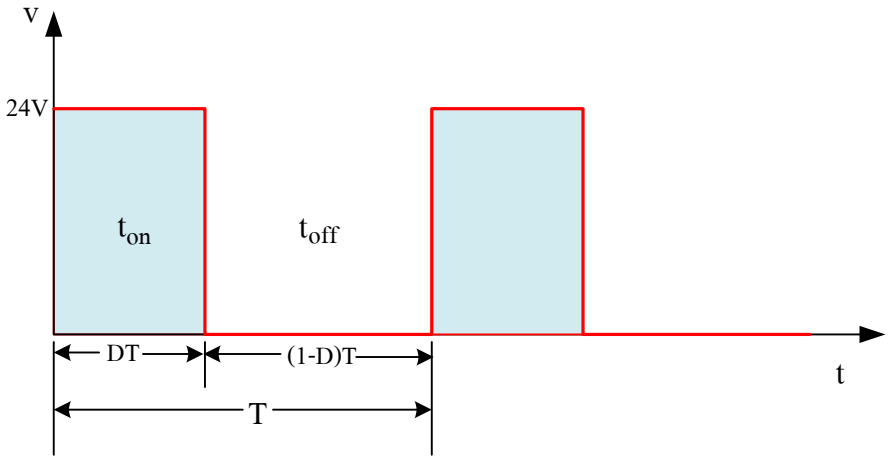
R_2 = 6071.42 kΩ เลือกความต้านทาน 6 kΩ

5. วงจรลดทอนแรงดัน

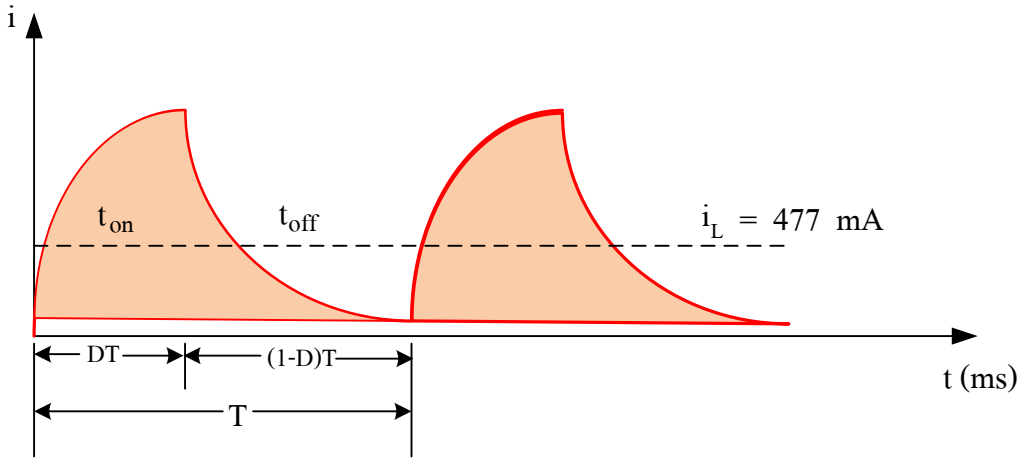
วงจรลดทอนแรงดัน (Buck Converter) จะมีไดโอด DS1, C = 25 μF และ L = 100 mH ทำหน้าที่ลดทอนแรงดันลงจาก 24V ให้เหลือ 15V ในการแปลงไฟลงตามที่ออกแบบไว้มีแรงดันกระเพื่อมไม่เกิน 1% ที่ความถี่ 20kHz และ R = 5 โอห์ม



ภาพที่ 3.5 วงจรลดทอนแรงดัน



ภาพที่ 3.6 แรงดันเอาต์พุต



ภาพที่ 3.7 กระแสเอาต์พุต

ความถี่ในการควบคุมมอสเฟตโดยพิจารณาค่าคงตัวของโหลด การเลือกความถี่สวิตชิ่งที่ใช้ในการออกแบบต้องการให้กระแสไหลผ่านโหลดแบบต่อเนื่อง

จากสมการ $V_O = \frac{1}{T}\int_0^T V_o(t)dt = \frac{1}{T}\int_0^{DT} V_S dt = V_S x D$

$V_0 = V_S x D$

เมื่อ แรงดันที่แหล่งจ่าย (V_s) = 24 V

และ แรงดันเอาต์พุตที่ต้องการ (V_O) = 15 V

Duty Ratio (D) = $\frac{V_O}{V_S} = \frac{15}{24} = 0.625 = 62.5\ \%$

$\tau_X = \frac{L}{R} = \frac{100mH}{5\Omega} = 20\ ms$

L รับพลังงานและคายพลังงานหมดใช้เวลาประมาณ $5\tau_X = 100\ ms$

เลือกความถี่ที่ f = 10 kHz

$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{10\times10^3} = 0.1\ ms$

จากสมการ $D = \frac{t_{on}}{t_{on}+t_{off}} = \frac{t_{on}}{T} = t_{on}f$

$t_{on} = \frac{D}{f} = \frac{0.625}{10\times10^3} = 6.25\ \mu s$

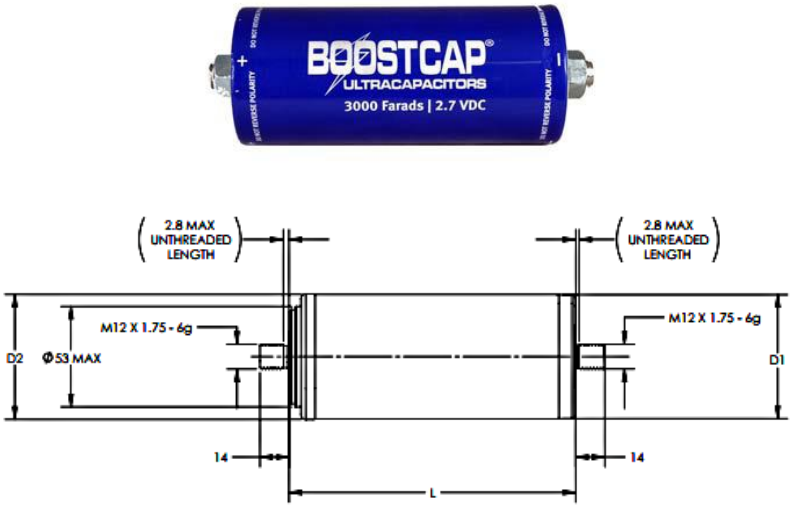
t_{off} = T - t_{on} = 93.75 μs

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทดลองการประจุและปล่อยประจุให้กับซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ และทดลองจ่ายพลังงาน (ปล่อยประจุ) ให้กับโหลด โดยมีเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยดังนี้

1. ซุปเปอร์คาปาซิเตอร์

การศึกษาการประจุและปล่อยประจุของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์มีอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย ซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ที่ใช้ในการทดลองเป็นของ MAXWELL รุ่น BCAP3000 3000F ทำงานที่แรงดัน 2.7 V จำนวน 6 เซลล์ ต่ออนุกรมได้ดังภาพที่ 3.9 ซึ่งแต่ละเซลล์มีคุณสมบัติที่สามารถประจุและปล่อยประจุได้อย่างรวดเร็ว สามารถทำงานได้ในอุณหภูมิต่ำถึง -40 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสูงสุดที่ 65 องศาเซลเซียส แต่จะมีระดับแรงดันในการทำงานที่ต่ำแต่สามารถที่จะนำมาเชื่อมต่อเพื่อเพิ่มระดับแรงดันได้ โดยซุปเปอร์คาปาซิเตอร์มีขนาด ยาว 138 mm เส้นผ่านศูนย์กลาง D1 60.4 mm และเส้นผ่านศูนย์กลาง D2 60.7 mm ดังภาพที่ 3.8

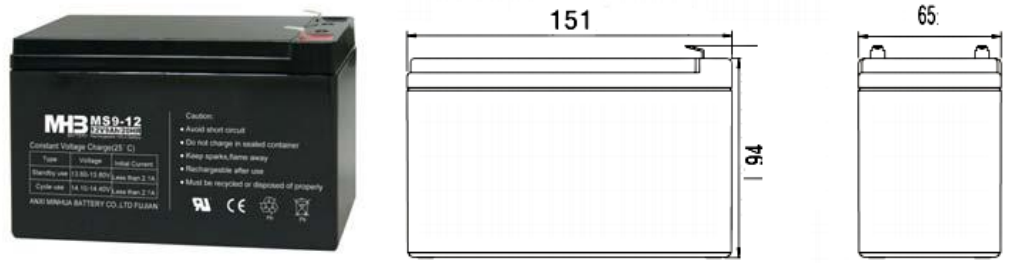


ภาพที่ 3.8 ขนาดของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์

ภาพที่ 3.9 แสดงการต่อซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ 500F 16.2V

2. แบตเตอรี่

แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด แบบ Sealed Lead Acid Battery ยี่ห้อ LION ขนาด 12V, 9Ah แรงดันประจุสูงสุด 14.4V-14.8V แรงดันต่ำสุด 9.6V อายุการใช้งาน 2 ปี หรือ 500-600 วัฏจักร แสดงดังภาพที่ 3.10 มีข้อจำกัดในเรื่องกระแสในการประจุ (Cycle usage) โดยมีคุณสมบัติที่มีความหนาแน่นของพลังงานสูง มีของจำกัดในเรื่องกระแสในการประจุและการทำงานที่อุณหภูมิต่ำจะมีประสิทธิภาพแค่ 65%



ภาพที่ 3.10 แบตเตอรี่ MHB ขนาด 12V9Ah

3. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ยี่ห้อ KEYSIGHT DC Power Supply รุ่น N8952A เป็นแหล่งจ่ายในการทดลอง จ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงได้สูงสุด 0-200 V กระแสสูงสุด 210A กำลังไฟฟ้า 15000W โดยสามารถเลือกพิกัดแรงดันและกระแสในการทดลองได้ดังภาพที่ 3.11

ภาพที่ 3.11 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

4. ชุดสำรองไฟฟ้า

ชุดสำรองไฟฟ้าขนดพิกัด 850VA/325W 220V สามารถใช้สำรองไฟฟ้าได้ประมาณ 10-30 นาที ขึ้นอยู่กับขนาดพิกัดกำลังไฟฟ้าของโหลดแต่ละชนิด

ภาพที่ 3.12 ชุดสำรองไฟฟ้าขนาดพิกัด 850VA/325W 220V

5. อุปกรณ์บันทึกข้อมูล

อุปกรณ์เก็บข้อมูล AGILENT 34970a BENCHLINK DATA LOGGER ใช้ในการบันทึกค่าแรงดันและกระแสในการทดลองการประจุและปล่อยประจุของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์และแบตเตอรี่ ในการวัดค่ากระแสจะวัดผ่านตัวต้านทานอนุกรม (Shunt Resistor) มีค่าความต้านทาน 0.001 โอห์ม

ภาพที่ 3.13 อุปกรณ์เก็บข้อมูล AGILENT 34970a BENCHLINK DATA LOGGER

6. โหลดไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์

โหลดไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์หรืออิเล็กทรอนิกส์โหลด (DC Electronic loads)

โหลดไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ รุ่น KEYSIGH N3300A SYSTEM DC Electronic Loads ขนาดพิกัด 60VDC 120ADC 7200W ใช้ในการทดลองเป็นโหลดให้กับซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ทำการปล่อยประจุ

ภาพที่ 3.14 อิเล็กทรอนิกส์โหลด รุ่น KEYSIGH N3300A SYSTEM

วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการศึกษาพฤติกรรมการเก็บพลังงานและจ่ายพลังงานของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์โดยมุ่งเน้นการใช้ซุปเปอร์คาปาซิเตอร์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานสำหรับจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะในช่วงระบบไฟฟ้าดับเพื่อรักษาข้อมูลที่ยังไม่ได้จัดเก็บบันทึก ก่อนการปิดเครื่อง (Shut down) และซุปเปอร์คาปาซิเตอร์สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้มากกว่าแสนครั้ง โดยมีขั้นตอนการทดลองดังต่อไปนี้

1. ทดลองการทำงานของวงจรที่ออกแบบวัดค่ากระแสและแรงดันด้วยดิจิทัลมิเตอร์ ทั้งภาคจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง วงจรชาร์จ วงจรเปรียบเทียบแรงดัน และวงจรลดทอนแรงดัน ดังภาพที่ 3.2

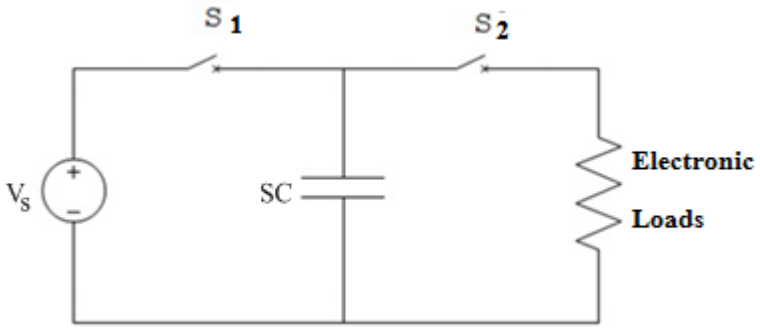
2. ทดลองการเก็บพลังงานซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ 500F 16.2V โดยใช้แหล่งจ่ายแรงดันปรับค่าได้และทดลองจ่ายพลังงานให้กับอิเล็กทรอนิกส์โหลด เก็บข้อมูลกระแส แรงดันและพลังงานด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล (Data logger) นำค่าที่ได้ช่วงเก็บประจุและช่วงปล่อยประจุมาเขียนกราฟ แล้วคำนวณหาประสิทธิภาพของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ ดังภาพที่ 3.15 จากการศึกษาคุณลักษณะพฤติกรรมของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ที่ได้ในห้องปฏิบัติการและจากการเก็บข้อมูลการเก็บประจุ (Charge) และปล่อยประจุ (Discharge) ของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ ดำเนินการทดลองดังต่อไปนี้

2.1) ป้อนแรงดันไฟฟ้าคงที่ 16.2V ตามพิกัดและเปลี่ยนระดับกระแส 10A 50A และ 100A ตามลำดับ หลังจากนั้นกดสวิตช์ S_1 ตามภาพที่ 3.14

2.2) เมื่อเก็บประจุจนเต็มพิกัดที่แรงดัน 16.2V ปลดสวิตช์ S_1 หลังจากนั้น 10-20 วินาทีกดสวิตช์ S_2 เพื่อให้ซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ปล่อยพลังงานให้อิเล็กทรอนิกส์โหลด ตามภาพที่ 3.15

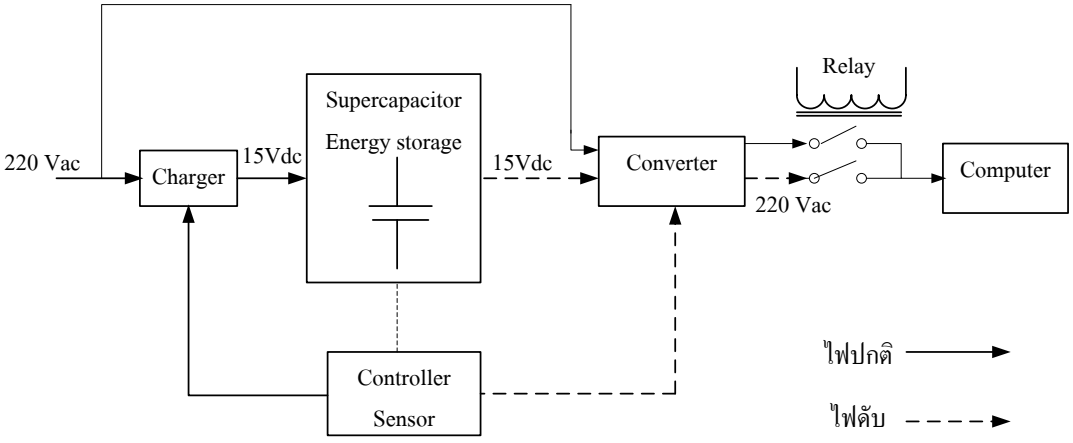
2.3) ทำตามข้อ 2.1) - 2.2) โดยเปลี่ยนกระแสเป็น 50A 100A ตามลำดับ

2.4) นำข้อมูลที่ได้จากการเก็บประจุและปล่อยประจุ ไปหาค่าประสิทธิภาพของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์



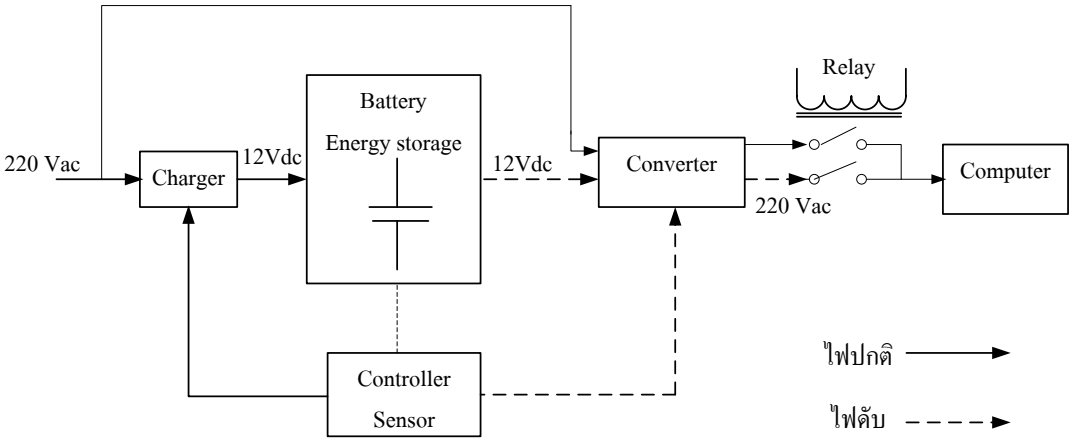
ภาพที่ 3.15 วงจรที่ใช้ในการทดลองหาประสิทธิภาพของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์

3. ทดลองการเก็บพลังงานซุปเปอร์คาปาซิเตอร์กับวงจรที่ออกแบบ โดยป้อนระบบไฟฟ้าปกติ และทดลองจ่ายพลังงานให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ โดยถอกปลั๊กไฟ (กรณีไฟดับ) เก็บข้อมูลกระแส แรงดันและพลังงานด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล นำค่าที่ได้มาคำนวณหาประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ ดังภาพที่ 3.16



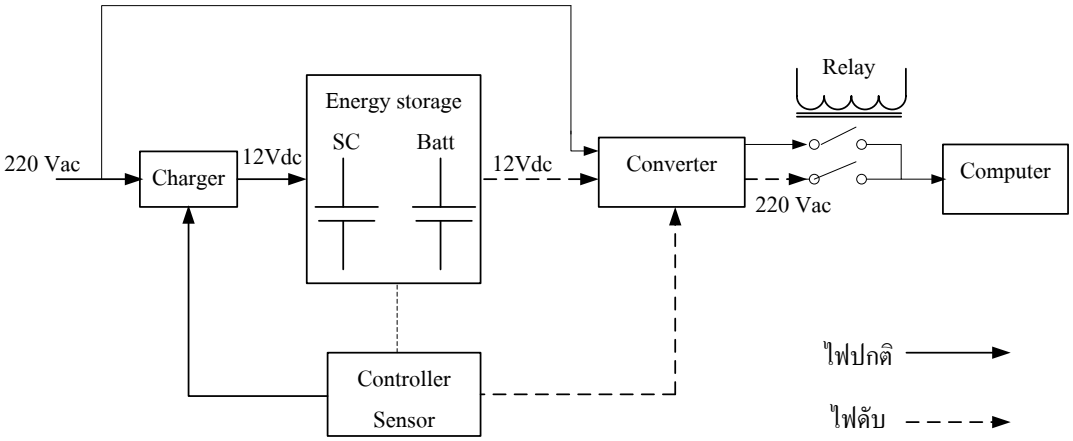
ภาพที่ 3.16 วงจรที่ใช้ในการทดลองซุปเปอร์คาปาซิเตอร์

4. ทดลองการเก็บพลังงานแบตเตอรี่จากเครื่องสำรองไฟฟ้าขนาด 850VA/325W โดยใช้ระบบไฟฟ้าปกติ และทดลองจ่ายพลังงานให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ โดยถอกปลั๊กไฟ (กรณีไฟดับ) เก็บข้อมูล กระแส แรงดันและพลังงานด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล นำค่าที่ได้มาคำนวณหาประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ ดังภาพที่ 3.17



ภาพที่ 3.17 วงจรที่ใช้ในการทดลองแบตเตอรี่

5. ทดลองการเก็บพลังงานซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ต่อร่วมกับแบตเตอรี่ โดยใช้ระบบไฟฟ้าปกติ และทดลองจ่ายพลังงานให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ โดยถอดปลั๊กไฟ (กรณีไฟดับ) เก็บข้อมูลกระแสและแรงดันด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล นำค่าที่ได้มาคำนวณหาประสิทธิภาพการทำงานของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ต่อร่วมกับแบตเตอรี่ ดังภาพที่ 3.18



ภาพที่ 3.18 วงจรที่ใช้ในการทดลองซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ต่อร่วมแบตเตอรี่

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1. วิเคราะห์กระแส แรงดัน พลังงานที่สะสมช่วงเก็บพลังงานและช่วงปล่อยพลังงานของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์

$$W_C = \frac{1}{2}CV_c^2 \qquad (3.1)$$

เมื่อ W_c คือ พลังงานสะสมในตัวเก็บประจุ มีหน่วยเป็น จูล (J) หรือ วัตต์-วินาที
C คือ ความจุ มีหน่วยเป็น ฟารัด (F)
V_c คือ แรงดันไฟฟ้าที่ตัวเก็บประจุ มีหน่วยเป็น โวลต์ (V)

และสามารถหาค่าพลังงานสะสมที่ซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ ที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บประจุกับการปล่อยประจุได้ดังนี้

$$\Delta W(W_t) = \frac{1}{2}C(V_1^2 - V_2^2) \quad (3.2)$$

เมื่อ V_1 คือ แรงดันช่วงเก็บประจุ (Charge Voltage)
V_2 คือ แรงดันช่วงปล่อยประจุ (Discharge Voltage)

2. วิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ จากสมการที่ 3.5 โดยนำข้อมูลแรงดันและกระแส ที่ได้จากเครื่องบันทึกข้อมูล (Data logger) มาเขียนกราฟเพื่อวิเคราะห์ถึงพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงกระแสและแรงดันช่วงเก็บประจุและปล่อยประจุเทียบกับเวลา นำมาหาค่าพลังงานที่สะสมในตัวเก็บประจุหาได้จาก พลังงานที่เกิดจากความต้านทานภายในซุปเปอร์คาปาซิเตอร์และหาค่ากำลังสูญเสีย (Power loss) ได้จาก

$$W_R = I^2Rt \quad (3.3)$$

ความต้านทานภายในซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ (ESR) $= \frac{V_f - V_{min}}{I_d}$ (3.4)

จากสมการที่ (3.1) และ (3.2) สามารถนำมาหาค่าประสิทธิภาพของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ได้ดังนี้

ประสิทธิภาพของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ $(\eta) = \frac{W_c}{W_t} = \frac{W_c}{W_c + W_R}$ (3.5)

3. วิเคราะห์ใช้ซุปเปอร์คาปาซิเตอร์เป็นแหล่งจ่ายไฟสำรองกับวงจรที่ออกแบบ จากสมการที่ 3.4 โดยนำข้อมูลแรงดัน และกระแส ที่ได้จากเครื่องบันทึกข้อมูล (Data logger) มาเขียนกราฟเพื่อวิเคราะห์ถึงพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงกระแสและแรงดันช่วงเก็บประจุและปล่อยประจุเทียบกับเวลา นำมาหาค่าพลังงานที่สะสมในตัวเก็บประจุหา นำค่าที่ได้มาคำนวณหาประสิทธิภาพ

4. วิเคราะห์การใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายไฟสำรองโดยนำข้อมูลแรงดัน และกระแส ที่ได้จากเครื่องบันทึกข้อมูลช่วงการเก็บประจุและปล่อยประจุเทียบกับเวลา

ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ $(\eta) = \frac{P_{out}}{P_{in}}$ (3.5)

5. วิเคราะห์การใช้ซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ต่อร่วมกับแบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายไฟสำรองโดยนำข้อมูลแรงดัน กระแส ที่ได้จากเครื่องบันทึกข้อมูล (Data logger) มาเขียนกราฟเพื่อวิเคราะห์ถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงแรงดัน กระแส เทียบกับเวลา