

การออกแบบเครื่องสำรองไฟขนาด 500 โวลต์แอมป์ โดยใช้ซูเปอร์คาปาซิเตอร์เป็นแหล่งจ่ายพลังงาน สำหรับคอมพิวเตอร์ Design Uninterruptible Power Supply using a Supercapacitor as a Power Source for the Computer

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประสิทธิ์ ภูสมมา¹
อาจารย์ณัฐคมณ์ ไพศาลวิสัย²
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติ กอบัวแก้ว³

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

E-mail: prasit.p@dru.ac.th

²สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

E-mail: nattakom_laem@hotmail.com

³สาขาเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

E-mail: kitti.k@dru.ac.th

บทคัดย่อ : การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาการเก็บพลังงานและปล่อยพลังงานของซูเปอร์คาปาซิเตอร์ร่วมกับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับและคอมพิวเตอร์ 2) หาประสิทธิภาพการทำงานของซูเปอร์คาปาซิเตอร์ 3) ศึกษาการจ่ายพลังงานไฟฟ้าสำรองจากซูเปอร์คาปาซิเตอร์ให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ และ 4) หาประสิทธิภาพของชุดไฟฟ้าสำรองด้วยพลังงานจากซูเปอร์คาปาซิเตอร์

ผลการวิจัยในครั้งนี้ทำให้ได้แหล่งจ่ายพลังงานหมุนเวียน ที่สามารถนำพลังงานกลับมาใช้ใหม่ได้มากกว่าหนึ่งล้านครั้งและไม่เกิดมลภาวะต่อสภาพแวดล้อม ซึ่งเมื่อพิจารณาจากผลการทดลองพฤติกรรมในการเก็บพลังงานและปล่อยพลังงานของซูเปอร์คาปาซิเตอร์สามารถประจุที่กระแสสูงได้ขณะที่แบตเตอรี่ไม่สามารถประจุที่กระแสสูงได้ แต่แรงดันไฟฟ้าไม่ควรเกินพิกัด การเปลี่ยนแปลงของแรงดันจะเป็นแบบทันทีทันใด (Transient) และกระแสจะเป็นค่าคงที่ เวลาที่ใช้ในการประจุจะขึ้นกับกระแส ยิ่งกระแสสูงเวลาที่ใช้เก็บพลังงานจนเต็มจะเร็วมาก ในขณะที่ประจุที่กระแสต่ำจะใช้เวลานานกว่า ประสิทธิภาพการเก็บพลังงานและปล่อยพลังงานของซูเปอร์คาปาซิเตอร์ ที่แรงดันสูงตามพิกัด กระแสต่ำจะทำให้ได้ประสิทธิภาพสูง 95.20% ผลการวิเคราะห์ช่วงการเก็บประจุ พบว่าซูเปอร์คาปาซิเตอร์จะใช้เวลาเก็บประจุเร็วกว่า 199 วินาที รองลงมาเป็นซูเปอร์คาปาซิเตอร์ต่อกับแบตเตอรี่ 604 วินาที และที่ใช้เวลาเก็บประจนานสุดคือแบตเตอรี่ 1080 วินาที ผลการวิเคราะห์ช่วงปล่อยประจุใช้เป็นเครื่องสำรองไฟให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ พบว่าซูเปอร์คาปาซิเตอร์ต่อร่วมกับแบตเตอรี่จะใช้

เวลาปล่อยประจุได้นานกว่า 56 วินาที รองลงมาเป็นแบตเตอรี่ 54 วินาที และที่ใช้เวลาปล่อยประจุเร็วคือซูเปอร์คาปาซิเตอร์ 41 วินาที ซึ่งการออกแบบไฟสำรองโดยใช้ซูเปอร์คาปาซิเตอร์เป็นแหล่งจ่ายพลังงาน ทำให้เวลาที่ใช้เก็บพลังงานเร็วกว่าแบตเตอรี่

คำสำคัญ: ซูเปอร์คาปาซิเตอร์ การเก็บสะสมพลังงาน แหล่งจ่ายพลังงาน

ABSTRACT : The purposes of this research were to (1) study charge and discharge a combination of supercapacitor and an AC power source in storing and supplying energy (2) find the efficiency of the supercapacitor. (3) study supplying power for a computer by a supercapacitor and (4) Determine the effectiveness of the alternator with supercapacitor power.

The results show that a renewable energy source can be reused more than 1,00,000 cycle and reduce pollution. According to the behavior of storing and supplying energy, the supercapacitor can be charged at a high current but not overvoltage while battery cannot. Voltage change becomes transient and current is constant. As charging time depends on currents, the higher current. In contrast, a low current causes longer. A supercapacitor's efficiency in storing and supplying power by using specific high voltage and low current is high 95.20%. An analysis also revealed that charge time of super capacitor is less than 199 seconds; that of a combination of super capacitor and battery is 604 seconds and that of battery is the longest 1,080 seconds. Analysis of the discharge time used as a backup power to the computer. The study found that, discharge time of a combination of super capacitor and battery is more than 56 seconds. Discharge time of a battery and a supercapacitor are 54 and 41 seconds, respectively. The design uninterruptible power supply using supercapacitor as a power source. The supercapacitor will time to store energy faster than the battery.

KEYWORDS : Supercapacitors, Energy Storage, Uninterruptible Power Supply

1. บทนำ

ปัจจุบันการเติบโตทางเทคโนโลยีที่รวดเร็วแบบก้าวกระโดดทำให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดใหม่ๆ นอกจากนี้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบพกพาและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ตามบ้าน จำเป็นต้องอาศัยอุปกรณ์สำรองไฟฟ้าที่สามารถเก็บประจุไฟฟ้าในปริมาณที่สูงขึ้นเพื่อยืดเวลาการใช้งานที่นาน ทำให้คาปาซิเตอร์ทั่วไปมีประสิทธิภาพต่ำใช้งานได้ไม่นาน แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีส่วนสำคัญเป็นอย่างยิ่งในชีวิตประจำวัน จะเห็นได้ว่าแบตเตอรี่ถูกนำมาใช้ในอุปกรณ์ต่างๆ มากมายอาทิเช่น แบตเตอรี่ไฟฉาย แบตเตอรี่ในรีโมท แบตเตอรี่ของโทรศัพท์มือถือ แบตเตอรี่ของคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก แบตเตอรี่ในรถยนต์และแบตเตอรี่ที่ใช้ในระบบพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งแบตเตอรี่ยังถูกนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานกับอุปกรณ์ประเภทอื่นๆ ได้อีกมากมาย แบตเตอรี่ยังเป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนารถยนต์ประหยัดพลังงานหรือรถไฟฟ้าระบบไฮบริด (Hybrid) อีกด้วย การใช้แบตเตอรี่นั้นมีข้อจำกัดมากมาย ก็เพราะเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่จัดเก็บพลังงานเพื่อไว้ใช้ต่อไปถือเป็นอุปกรณ์ที่สามารถเปลี่ยนพลังงานทางเคมีให้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง แต่แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์สำหรับจัดเก็บพลังงานไฟฟ้าเท่านั้นไม่สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ด้วยตัวของมันเอง เมื่อใช้พลังงานไฟฟ้าจนหมดจะต้องทำการเก็บประจุไฟฟ้าเข้าไปยังแบตเตอรี่ใหม่อีกครั้งหนึ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการเก็บประจุไฟฟ้านี้จะต้องใช้เวลานานหลายชั่วโมงในการเก็บประจุแต่ละครั้ง โดยผลที่ได้รับจากการเก็บประจุนั้นจะไม่เต็มประสิทธิภาพ 100% จะอยู่ที่ประมาณ 80% โดยวิธีการเก็บประจุหรือชาร์จ มีทั้งแบบเก็บประจุช้าและเก็บ

ประจุแบบเร็ว โดยที่การเก็บประจุแบบเร็วนี้ประสิทธิภาพที่ได้จะไม่ถึง 80% และทำให้อายุในการใช้งานสั้นลงด้วยซึ่งเกิดจากการสูญเสียพลังงานบางส่วนไปในรูปความร้อนและปฏิกิริยาทางเคมีจากการเก็บประจุและปล่อยประจุของแบตเตอรี่ ซึ่งเกิดจากการที่ใช้เวลาในการเก็บประจุและปล่อยประจุในระยะเวลาที่นานเกินไปจนทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานขึ้น และยังต้องทิ้งไว้ประมาณ 5-10 ชั่วโมง โดยเฉพาะในการเปลี่ยนแบตเตอรี่ลูกใหม่ทั้งนี้ก็เพื่อยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่และสำหรับแบตเตอรี่ทั่วไปที่ใช้ในการสตาร์ทเครื่องยนต์ถูกออกแบบให้จ่ายพลังงานสูงในช่วงเวลาสั้นๆ ถ้าใช้ไฟฟ้ามากกว่า 20-30% ของพลังงานที่เก็บอยู่ จะทำให้อายุการใช้งานสั้นลงได้ เมื่อต้องทำการเก็บประจุไฟฟ้าจะเป็นการเสียเวลาอย่างมากจากประสิทธิภาพที่ได้ นั่นคุณภาพด้อยลงไปตามจำนวนครั้งที่ทำการประจุพลังงานใหม่ แบตเตอรี่ที่ถูกเก็บไว้เป็นเวลานานก่อนที่จะนำไปใช้นั้นระดับของพลังงานที่ได้เมื่อนำมาใช้จะไม่เต็มประสิทธิภาพ เนื่องจากเกิดการปล่อยประจุพลังงานไฟฟ้าในระดับอุณหภูมิต่างๆ ซึ่งทำให้เกิดข้อจำกัดในการเก็บรักษาพลังงานในแบตเตอรี่ และในการเลือกใช้แบตเตอรี่ให้ตรงตามระดับแรงดันหรือระดับกระแสที่ต้องการ ถ้าต้องการระดับแรงดันไฟฟ้าสูงขึ้นหรือระดับกระแสที่มากขึ้นจำเป็นต้องใช้แบตเตอรี่จำนวนมากว่าหนึ่งลูกมาต่ออนุกรมหรือขนานตามลำดับ แบตเตอรี่ยังจัดเป็นอุปกรณ์ที่มีราคาแพงและเสียหายได้ง่ายหากดูแลรักษาไม่ดีเพียงพอหรือใช้งานผิดประเภท รวมถึงอายุการใช้งานจะแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับวิธีการใช้ การบำรุงรักษา การเก็บประจุไฟฟ้า การปล่อยประจุไฟฟ้าและอุณหภูมิที่ใช้งานอีกด้วย การใช้

งานแบตเตอรี่เพื่อจ่ายพลังงานไฟฟ้าสำรองช่วงไฟฟ้าดับ ที่ติดตั้งมากับเครื่องสำรองไฟฟ้านั้นจะมีอายุการใช้งานอยู่ระหว่าง 3-4 ปี หรือถ้าปล่อยประจุ 50% อายุการใช้งาน 500-600 วัฏจักร [1] และเมื่อเสื่อมหรือหมดอายุการใช้งานต้องทำการเปลี่ยนแบตเตอรี่ใหม่เพื่อให้เครื่องสำรองไฟฟ้าใช้งานได้เป็นปกติ

ตัวเก็บประจุไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงหรือตัวเก็บประจุไฟฟ้าแบบที่มีการเรียงตัวของประจุแบบสองชั้น (Electrochemical Double-Layer Capacitors; EDLCs) หรืออัลตราคาปาซิเตอร์ (Ultracapacitor) หรือที่เรียกอีกอย่างหนึ่งว่าซูเปอร์คาปาซิเตอร์ (Supercapacitor ; SC) เป็นอุปกรณ์ที่สามารถนำมาใช้งานร่วมกับแบตเตอรี่ในการประจุพลังงานไฟฟ้าด้วยคุณสมบัติของซูเปอร์คาปาซิเตอร์ที่สามารถเก็บประจุ (Charge) และปล่อยประจุ (Discharge) ได้อย่างรวดเร็วนี้จะนำมาใช้รวมกับการเก็บประจุพลังงานไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่เพื่อลดระยะเวลาในการประจุพลังงานไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่และจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บพลังงานของแบตเตอรี่ด้วย เนื่องจากใช้ระยะเวลาในการเก็บประจุพลังงานที่สั้น ทำให้การเกิดความร้อนต่าซึ่งนำไปสู่การสูญเสียพลังงานลดลงและยังช่วยยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่อีกด้วย ในรายงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาการเก็บประจุและการปล่อยประจุโดยใช้ซูเปอร์คาปาซิเตอร์เป็นแหล่งจ่ายพลังงาน โดยทำการศึกษาการเก็บประจุและปล่อยประจุของซูเปอร์คาปาซิเตอร์เพื่อนำไปสู่การพัฒนาระบบประจุไฟฟ้าแทนแบตเตอรี่และนำไปสู่ระบบไฟฟ้าสำรองข้อมูลคอมพิวเตอร์ให้สามารถใช้งานได้กรณีเกิดไฟฟ้าดับ สำหรับจ่ายกระแสไฟฟ้าชั่วคราว นอกจากนี้ซูเปอร์

คาปาซิเตอร์ยังมีอายุการใช้งานมากกว่าหนึ่งล้านวัฏจักร [2]

2. ระเบียบวิธีวิจัย

ในการศึกษาเก็บพลังงานและปล่อยพลังงานของซูเปอร์คาปาซิเตอร์ร่วมกับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับและคอมพิวเตอร์ได้ดำเนินการวิจัยดังนี้

1. ออกแบบขนาดความจุของซูเปอร์คาปาซิเตอร์
2. ออกแบบวงจรเก็บประจุ (Charge) ให้เหมาะสมกับขนาดของซูเปอร์คาปาซิเตอร์
3. ออกแบบวงจรคอนเวอร์เตอร์และวงจรเปรียบเทียบแรงดัน
4. ทดลองเปรียบเทียบพลังงานจากซูเปอร์คาปาซิเตอร์และเครื่องสำรองไฟฟ้า
5. หาประสิทธิภาพการทำงานของซูเปอร์คาปาซิเตอร์

3. วิธีดำเนินการทดลอง

1. ทดลองการทำงานของวงจรที่ออกแบบวัดค่ากระแสและแรงดันด้วยดิจิทัลมิเตอร์ ทั้งภาคจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง วงจรชาร์จ วงจรเปรียบเทียบแรงดัน และวงจรลดทอนแรงดัน

2. ทดลองการเก็บพลังงานซูเปอร์คาปาซิเตอร์ 500F 16.2V โดยใช้แหล่งจ่ายแรงดันปรับค่าได้ และทดลองจ่ายพลังงานให้กับอิเล็กทรอนิกส์โหลด เก็บข้อมูลกระแส แรงดัน และพลังงานด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล (Data logger) นำค่าที่ได้ช่วงเก็บประจุและช่วงปล่อยประจุมาเขียนกราฟ แล้วคำนวณหาประสิทธิภาพของซูเปอร์คาปาซิเตอร์ ภาพที่ 1 จากการศึกษาคูณลักษณะพฤติกรรมของซูเปอร์คาปา-

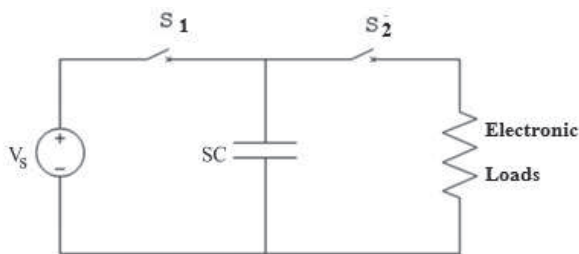
ซีเตอร์ที่ได้ในห้องปฏิบัติการและจากการเก็บข้อมูลการเก็บประจุ (Charge) และปล่อยประจุ (Discharge) ของซูเปอร์คาปาซิเตอร์ ดำเนินการทดลองดังต่อไปนี้

2.1) ป้อนแรงดันไฟฟ้าคงที่ 16.2V ตามพิกัดและเปลี่ยนระดับกระแส 10A 50A และ 100A ตามลำดับ หลังจากนั้นกดสวิตช์ S_1 ตามภาพที่ 1

2.2) เมื่อเก็บประจุจนเต็มพิกัดที่แรงดัน 16.2V ปลดสวิตช์ S_1 หลังจากนั้น 10-20 วินาที กดสวิตช์ S_2 เพื่อให้ซูเปอร์คาปาซิเตอร์ปล่อยพลังงานให้อิเล็กทรอนิกส์โหลด ตามภาพที่ 1

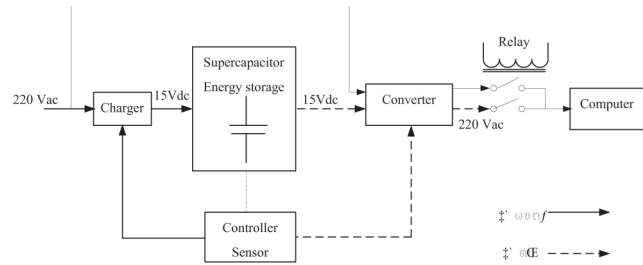
2.3) ทำตามข้อ 2.1) - 2.2) โดยเปลี่ยนกระแสเป็น 50A 100A ตามลำดับ

2.4) นำข้อมูลที่ได้จากการเก็บประจุและปล่อยประจุ หาค่าประสิทธิภาพของซูเปอร์คาปาซิเตอร์



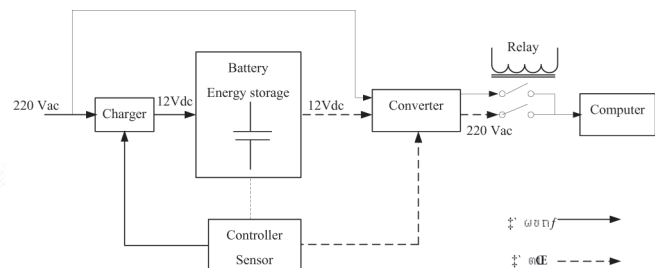
ภาพที่ 1 วงจรที่ใช้ในการทดลองหาประสิทธิภาพของซูเปอร์คาปาซิเตอร์

3. ทดลองการเก็บพลังงานซูเปอร์คาปาซิเตอร์กับวงจรที่ออกแบบ โดยป้อนระบบไฟฟ้าปกติ และทดลองจ่ายพลังงานให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ โดยถอดปลั๊กไฟ (กรณีไฟดับ) เก็บข้อมูลกระแส แรงดันและพลังงานด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล นำค่าที่ได้มาคำนวณหาประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ ดังภาพที่ 2



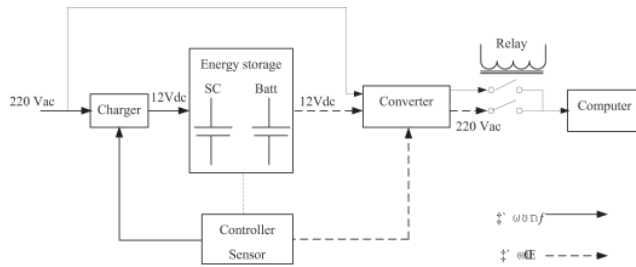
ภาพที่ 2 วงจรที่ใช้ในการทดลองซูเปอร์คาปาซิเตอร์

4. ทดลองการเก็บพลังงานแบตเตอรี่จากเครื่องสำรองไฟฟ้าขนาด 850VA/325W โดยใช้ระบบไฟฟ้าปกติ และทดลองจ่ายพลังงานให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ โดยถอดปลั๊กไฟ (กรณีไฟดับ) เก็บข้อมูล กระแส แรงดันและพลังงานด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล นำค่าที่ได้มาคำนวณหาประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 วงจรที่ใช้ในการทดลองแบตเตอรี่

5. ทดลองการเก็บพลังงานซูเปอร์คาปาซิเตอร์ต่อร่วมกับแบตเตอรี่ โดยใช้ระบบไฟฟ้าปกติ และทดลองจ่ายพลังงานให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ โดยถอดปลั๊กไฟ (กรณีไฟดับ) เก็บข้อมูลกระแสและแรงดันด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล นำค่าที่ได้มาคำนวณหาประสิทธิภาพการทำงานของซูเปอร์คาปาซิเตอร์ต่อร่วมกับแบตเตอรี่ ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 วงจรที่ใช้ในการทดลองซูเปอร์คาปาซิเตอร์
ต่อรวมแบตเตอรี่

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์กระแส แรงดัน พลังงานที่
สะสมช่วงเก็บพลังงานและช่วงปล่อยพลังงาน
ของซูเปอร์คาปาซิเตอร์

$$W_c = \frac{1}{2} C V_c^2 \quad (1)$$

W_c คือ พลังงานสะสมในตัวเก็บประจุ
มีหน่วยเป็น จูล (J) หรือ วัตต์-วินาที

C คือ ความจุ มีหน่วยเป็น ฟารัด (F)

V_c คือ แรงดันไฟฟ้าที่ตัวเก็บประจุมี
หน่วยเป็น โวลต์ (V)

และสามารถหาค่าพลังงานสะสมที่ซูเปอร์
คาปาซิเตอร์ ที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บประจุกับ
การปล่อยประจุได้ดังนี้

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

เมื่อ V_1 คือ แรงดันช่วงเก็บประจุ (Charge
Voltage)

V_2 คือ แรงดันช่วงปล่อยประจุ (Discharge
Voltage)

2. วิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของ
ซูเปอร์คาปาซิเตอร์ จากสมการที่ 5 โดยนำ
ข้อมูลแรงดัน และกระแส ที่ได้จากเครื่องบันทึก
ข้อมูล (Data logger) มาเขียนกราฟเพื่อวิเคราะห์
ถึงพฤติกรรมของการเปลี่ยนแปลงกระแสและ
แรงดันช่วงเก็บประจุและปล่อยประจุเทียบกับ
เวลา นำมาหาค่าพลังงานที่สะสมในตัวเก็บประจุ
หาได้จาก พลังงานที่เกิดจากความต้านทาน
ภายในซูเปอร์คาปาซิเตอร์และหาค่ากำลังสูญเสีย
(Power loss) ได้จาก

$$W_R = I^2 R t \quad (3)$$

ความต้านทานภายในซูเปอร์คาปาซิเตอร์

$$(ESR) = \frac{V_f - V_{min}}{I_d} \quad (4)$$

จากสมการที่ (3) และ (4) สามารถนำมาหาค่า
ประสิทธิภาพของซูเปอร์คาปาซิเตอร์ได้ดังนี้

ประสิทธิภาพของซูเปอร์คาปาซิเตอร์

$$(\eta) = \frac{W_c}{W_t} = \frac{W_c}{W_c + W_R} \quad (5)$$

3. วิเคราะห์ใช้ซูเปอร์คาปาซิเตอร์เป็น
แหล่งจ่ายไฟสำรองกับวงจรที่ออกแบบ โดยนำ
ข้อมูลแรงดัน และกระแส ที่ได้จากเครื่องบันทึก
ข้อมูล (Data logger) มาเขียนกราฟเพื่อวิเคราะห์
ถึงพฤติกรรมของการเปลี่ยนแปลงกระแสและ
แรงดันช่วงเก็บประจุและปล่อยประจุเทียบกับเวลา
นำมาหาค่าพลังงานที่สะสมในตัวเก็บประจุ
นำค่าที่ได้มาคำนวณหาประสิทธิภาพ

4. วิเคราะห์การใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายไฟสำรองโดยนำข้อมูลแรงดัน และกระแส ที่ได้จากเครื่องบันทึกข้อมูลช่วงการเก็บประจุและปล่อยประจุเทียบกับเวลา

$$\text{ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ } (\eta) = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \quad (6)$$

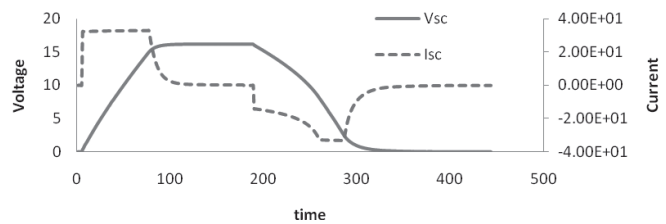
5. วิเคราะห์การใช้ซูเปอร์คาปาซิเตอร์ต่อร่วมกับแบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายไฟสำรองโดยนำข้อมูลแรงดัน กระแส ที่ได้จากเครื่องบันทึกข้อมูล (Data logger) มาเขียนกราฟเพื่อวิเคราะห์ถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงแรงดัน กระแส เทียบกับเวลา

5. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

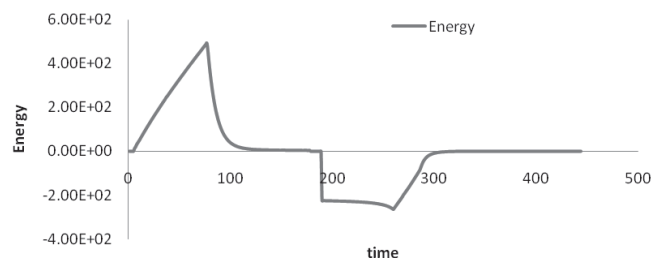
1. ผลการศึกษาการเก็บพลังงานและปล่อยพลังงานของซูเปอร์คาปาซิเตอร์

จากผลการวิเคราะห์ แรงดันภายในของซูเปอร์คาปาซิเตอร์เริ่มต้น 0.03V เริ่มเก็บประจุที่ระดับแรงดัน 0.38V จนถึงแรงดันเต็มพิกัด 16.19V และใช้เวลาในการเก็บประจุ 178 วินาที แรงดันเฉลี่ย 12.42V กระแสสูงสุดที่ 100.5A ใช้พลังงานในการเก็บประจุ 38564.1J และเมื่อปิดสวิตช์ (off) ซูเปอร์คาปาซิเตอร์จะปล่อยประจุด้วยตัวมันเอง (Self-discharge) ช่วง 10 วินาที แรงดันลดลงเหลือ 16.18V กระแส 0.01A และเมื่อเปิดสวิตช์ (on) ซูเปอร์คาปาซิเตอร์จะปล่อยประจุ ให้กับอิเล็กทรอนิกส์โหลด แรงดันลดลงจาก 16.03V ถึง 0.79V แรงดันเฉลี่ย 4.91V หลังจากปลดโหลดออกใน 5 วินาที จะได้แรงดัน (V_p) เท่ากับ 0.035V กระแสลดลงจาก 100.1A เหลือ 0.14A และใช้เวลาปล่อยประจุ 218 วินาที

ใช้พลังงานในการปล่อยประจุ 6027.03J และมีพลังงานสูญเสียจากความต้านทานภายใน (ESR) 537.04J ประสิทธิภาพการทำงาน 91.97% ตามภาพที่ 5 และ 6



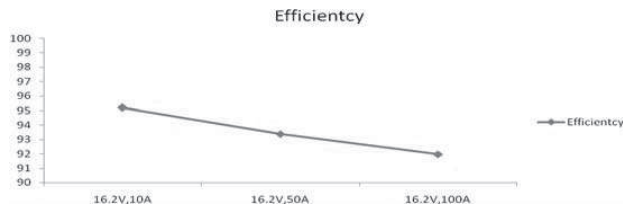
ภาพที่ 5 แรงดัน - กระแสช่วงเก็บประจุและปล่อยประจุ แหล่งจ่ายที่ 16.2V 100A



ภาพที่ 6 พลังงานช่วงเก็บประจุและปล่อยประจุ แหล่งจ่ายที่ 16.2V 100A

2. ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของซูเปอร์คาปาซิเตอร์

ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของซูเปอร์คาปาซิเตอร์ที่แรงดันไฟฟ้าเก็บประจุคงที่ 16.2V กระแส 10A พบว่าที่กระแสเก็บประจุต่ำจะได้ประสิทธิภาพสูงถึง 95.20% และเมื่อเพิ่มกระแสในการเก็บประจุเป็น 50A 100A จะได้ประสิทธิภาพลดลงเป็น 93.38% และ 91.97% แสดงดังภาพที่ 7 โดยการหาค่าประสิทธิภาพของซูเปอร์คาปาซิเตอร์



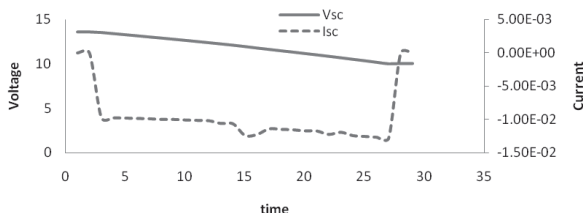
ภาพที่ 7 ประสิทธิภาพของซูเปอร์คาปาซิเตอร์

3. ผลการวิเคราะห์ที่ใช้ซูเปอร์คาปาซิเตอร์เป็นแหล่งจ่ายไฟสำรอง

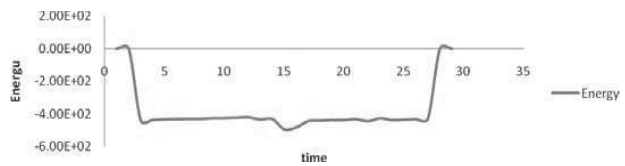
ผลการวิเคราะห์ที่ใช้ซูเปอร์คาปาซิเตอร์เป็นแหล่งจ่ายไฟสำรองนำข้อมูลที่ได้จากการบันทึกด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล (Data logger) มาเขียนกราฟ แรงดัน และกระแสโดยซูเปอร์คาปาซิเตอร์มีแรงดันภายในเริ่มต้น 10.23V จนถึง 13.54V ใช้เวลาเก็บประจุ 198 วินาที ตารางที่ 1 เมื่อไฟดับซูเปอร์คาปาซิเตอร์ปล่อยพลังงานให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่แรงดันเริ่มแรก 13.49V ลดลงเหลือ 10.03V ภาพที่ 8 และภาพที่ 9 วงจรจะตัดระบบจ่ายพลังงานออกทำให้คอมพิวเตอร์หยุดทำงาน ใช้เวลา 40 วินาที

ตารางที่ 1 ข้อมูลการเก็บ ปล่อยประจุของซูเปอร์คาปาซิเตอร์

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



ภาพที่ 8 แรงดัน - กระแสช่วงเก็บประจุ



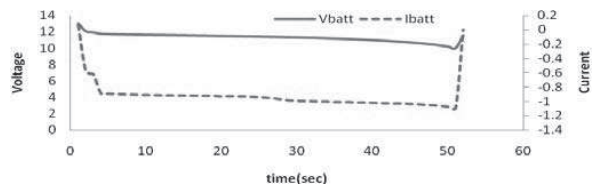
ภาพที่ 9 พลังงานช่วงปล่อยประจุ

4. ผลการวิเคราะห์การใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายไฟสำรอง

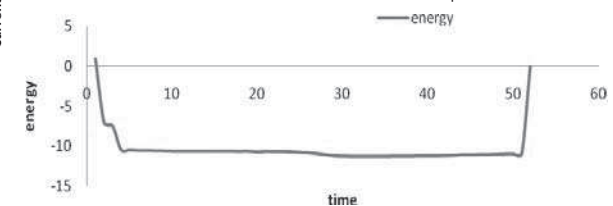
ผลการวิเคราะห์การใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายไฟสำรองนำข้อมูลที่ได้จากการบันทึกด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล (Data logger) มาเขียนกราฟ แรงดัน และกระแสโดยแบตเตอรี่มีแรงดันภายในเริ่มต้น 11.98 จนถึง 13.05V ใช้เวลาเก็บประจุ 1126 วินาที เมื่อไฟดับแบตเตอรี่ปล่อยพลังงานให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่แรงดันเริ่มแรก 12.08V ลดลงเหลือ 10.03V ภาพที่ 10 และภาพที่ 11 วงจรจะตัดระบบจ่ายพลังงานออกทำให้คอมพิวเตอร์หยุดทำงาน ใช้เวลา 49 วินาที

ตารางที่ 2 ข้อมูลการเก็บ ปล่อยประจุของแบตเตอรี่

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 10 แรงดัน - กระแสช่วงปล่อยประจุแบตเตอรี่



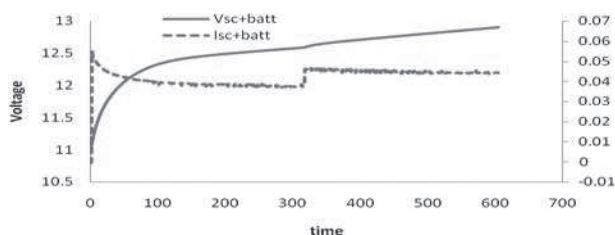
ภาพที่ 11 พลังงานช่วงปล่อยประจุของแบตเตอรี่

5. ผลการวิเคราะห์การใช้ซูเปอร์คาปาซิเตอร์กับแบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายไฟสำรอง

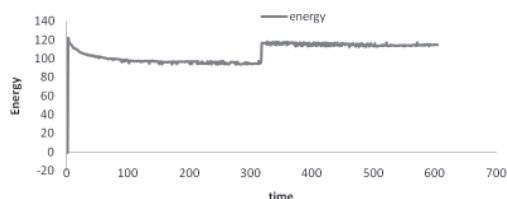
ผลการวิเคราะห์การใช้ซูเปอร์คาปาซิเตอร์กับแบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายไฟสำรองนำข้อมูลที่ได้จากการบันทึกด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล (Data logger) มาเขียนกราฟ แรงดัน และกระแสโดยแหล่งจ่ายไฟสำรองมีแรงดันภายในเริ่มต้น 8.79 จนถึง 13.54V ใช้เวลาเก็บประจุ 230 วินาที และเมื่อไฟดับแหล่งจ่ายไฟสำรองจะปล่อยพลังงานให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่แรงดันเริ่มแรก 13.54V ลดลงเหลือ 10.09V ภาพที่ 12 และภาพที่ 13 วงจรจะตัดระบบจ่ายพลังงานออกทำให้คอมพิวเตอร์หยุดทำงาน ใช้เวลา 65 วินาที

ตารางที่ 3 ข้อมูลการเก็บ ปล่อยประจุของแบตเตอรี่

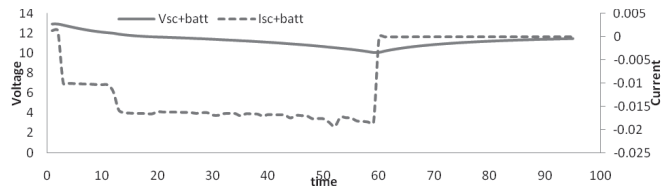
Charge				Discharge			
Time (sec)		Volt (V)		Time (sec)		Volt (V)	
Initial	Finally	Initial	Finally	Initial	Finally	Initial	Finally
1	230	8.79	13.54	240	305	13.54	10.09



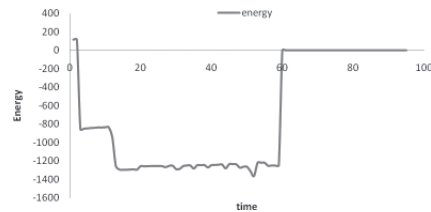
ภาพที่ 12 แรงดัน กระแสช่วงเก็บประจุของซูเปอร์คาปาซิเตอร์กับแบตเตอรี่



ภาพที่ 13 พลังงานช่วงเก็บประจุของซูเปอร์คาปาซิเตอร์กับแบตเตอรี่



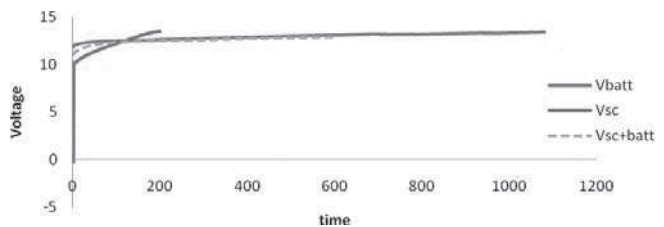
ภาพที่ 14 แรงดัน กระแสช่วงปล่อยประจุของซูเปอร์คาปาซิเตอร์กับแบตเตอรี่



ภาพที่ 15 พลังงานช่วงปล่อยประจุของซูเปอร์คาปาซิเตอร์กับแบตเตอรี่

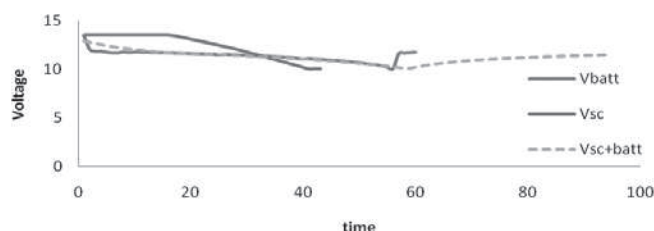
6. ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบ SC, Batt และ SC+Batt

ผลการวิเคราะห์ช่วงการเก็บประจุ พบว่าซูเปอร์คาปาซิเตอร์จะใช้เวลาเก็บประจุเร็วกว่า 199 วินาที และมีแรงดันสูงกว่า 13.54V รองลงมาเป็นซูเปอร์คาปาซิเตอร์ต่อกับแบตเตอรี่ 604 วินาที ที่แรงดัน 12.90V และที่ใช้เวลาเก็บประจุมากที่สุดคือแบตเตอรี่ 1080 วินาที แรงดัน 13.44V



ภาพที่ 16 เปรียบเทียบ แรงดันช่วงเก็บประจุของ SC & batt & SC+batt

ผลการวิเคราะห์ช่วงปล่อยประจุให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ พบว่าซูเปอร์คาปาซิเตอร์ต่อร่วมกับแบตเตอรี่จะใช้เวลาปล่อยประจุได้นานกว่า 56 วินาที แรงดันต่ำสุด 10.09V รองลงมาเป็นแบตเตอรี่ 54 วินาที ที่แรงดันต่ำสุด 10.08V และที่ใช้เวลาปล่อยประจุเร็วคือซูเปอร์คาปาซิเตอร์ 41 วินาที แรงดันต่ำสุด 10.04V



ภาพที่ 17 เปรียบเทียบ แรงดันช่วงปล่อยประจุของ SC & batt & SC+batt

6. สรุปผล

ผลการวิจัยในครั้งนี้ทำให้ได้แหล่งจ่ายพลังงานหมุนเวียน (Renewable energy) ที่สามารถนำพลังงานกลับมาใช้ใหม่ได้มากกว่าหนึ่งล้านวัฏจักรและช่วยลดการเกิดมลภาวะต่อสภาพแวดล้อม ซึ่งเมื่อพิจารณาจากผลการทดลองและค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จากการคำนวณ แสดงถึงประสิทธิภาพการทำงานของซูเปอร์คาปาซิเตอร์เพื่อเป็นเครื่องสำรองไฟให้กับคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

พฤติกรรมการเก็บพลังงานและปล่อยพลังงานของซูเปอร์คาปาซิเตอร์สามารถประจุที่กระแสสูงได้ ขณะที่แบตเตอรี่ไม่สามารถประจุที่กระแสสูงได้ แต่แรงดันไฟฟ้าไม่ควรเกินพิกัด การเปลี่ยนแปลงของแรงดันจะเป็นแบบทันทีทันใด (Transient) และกระแสจะเป็นค่าคงที่ เวลาที่ใช้ในการประจุจะขึ้นกับกระแส ยิ่งกระแสสูงเวลาที่

ใช้เก็บพลังงานจนเต็มจะเร็วมาก ในขณะที่ประจุที่กระแสต่ำจะใช้เวลานานกว่า

ประสิทธิภาพการเก็บพลังงานและปล่อยพลังงานของซูเปอร์คาปาซิเตอร์ ที่แรงดันสูงตามพิกัด กระแสต่ำจะทำให้ได้ประสิทธิภาพสูง 95.20% แต่เมื่อเก็บพลังงานและจ่ายพลังงานที่กระแสสูงจะได้ประสิทธิภาพลดลง 91.79% แต่เวลาที่ใช้เก็บพลังงานจะเร็วกว่าเมื่อเทียบกับที่กระแสสูง

ผลการวิเคราะห์ช่วงการเก็บประจุ พบว่าซูเปอร์คาปาซิเตอร์จะใช้เวลาเก็บประจุเร็วกว่า 199 วินาที สอดคล้องกับงานวิจัยของ (Rares Bodnar, William Redman-White., 2011) [10] รองลงมาเป็นซูเปอร์คาปาซิเตอร์ต่อกับแบตเตอรี่ 604 วินาที และที่ใช้เวลาเก็บประจุนานสุดคือแบตเตอรี่ 1080 วินาที

ผลการวิเคราะห์ช่วงปล่อยประจุใช้เป็นเครื่องสำรองไฟให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ พบว่าซูเปอร์คาปาซิเตอร์ต่อร่วมกับแบตเตอรี่จะใช้เวลาปล่อยประจุได้นานกว่า 56 วินาที รองลงมาเป็นแบตเตอรี่ 54 วินาที และที่ใช้เวลาปล่อยประจุเร็วคือซูเปอร์คาปาซิเตอร์ 41 วินาที ซึ่งพบว่าซูเปอร์คาปาซิเตอร์ใช้เวลาเก็บประจุเร็วกว่าแบตเตอรี่ และมีอายุการใช้งานนานมากกว่าหนึ่งล้านครั้งหรือมากกว่า 10 ปี [2]

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี และได้รับการความอนุเคราะห์อย่างยิ่งจาก ดร. พรสิริ กองนวล ผู้อำนวยการสถาบันวิจัย และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุวลักษณ์ เวชวิทยาลัง อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

บรรณานุกรม

- (1) Telepart., 2015). Battery. (Online), Available: http://www.telepart.net/images/column_1241761283/Lion12V7D5.pdf.
- (2) Ultracapacitor cell integration kit., 2013. Datasheet (Online), Available: http://www.maxwell.com/products/ultracapacitors/docs/integration_kit.pdf
- (3) Boylestad, Robert L., 1997. Introductory Circuit Analysis. (8thed). New York : Prentice-Hall International.
- (4) Cao, J .and Emadi, A., 2012. A New Battery/ UltraCapacitor Hybrid Energy Storage System for Electric, Hybrid, and Plug-In Hybrid Electric Vehicles". IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS, Vol. 27, NO. 1, pp. 122-132.
- (5) Chirawat W., 2010. RC Time Constant (Online), Available: http://www.chirawat.rmutk.ac.th/sites/default/files/teaching/2_53/RC_circuit.pdf
- (6) Dong-Hoon Hwang, Jung-Won Park, Jae-Han Jung, 2011. A Study on the Lifetime Comparison for Electric Double Layer Capacitors Using Accelerated Degradation Test. Gyeonggi-do, Korea.
- (7) ELNA co.,Ltd., 2011. Electric Double Layer Capacitor. (Online), Available: http://www.elna.co.jp/en/capacitor/double_layer/catalog/pdf/dlc_tecnote_e.pdf
- (8) Hammar A, Venet P, Lallemand R., Coquery G. and Rojat G., 2010. Study of Accelerated Aging of Supercapacitors for Transport Applications. IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, 57(12): 3972-3979.
- (9) Hart, Daniel W., 1997. Introductory to Power Electronics. New York : Prentice-Hall International.
- (10) Rares Bodnar, William Redman-White., 2011. A 250W/30A Fast Charger for Ultracapacitors with Direct Mains Connection. University of Southampton.

