บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อศึกษาการเก็บพลังงานและปล่อยพลังงานของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ร่วมกับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับและคอมพิวเตอร์ หาประสิทธิภาพการทำงานของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ ศึกษาการจ่ายพลังงานไฟฟ้าสำรองจากซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ ประสิทธิผลของชุดไฟฟ้าสำรองด้วยพลังงานจากซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ ซึ่งในบทนี้จะนำเสนอสรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะของการวิจัยตามลำดับขั้นตอนดังนี้

สรุปผล

ผลการทดลองเก็บประจุและคายประจุของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์เพื่อหาประสิทธิภาพของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ โดยแบ่งเป็นการทดลองซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ในการเก็บประจุและคายประจุด้วยระดับแรงดันคงที่ตามพิกัดและกระแสต่าง ๆ รวมทั้งการต่อร่วมกับแบตเตอรี่ และประยุกต์ใช้งานร่วมกับคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ คือ เวลา ระดับแรงดันและกระแสในการเก็บประจุและคายประจุ ซึ่งเมื่อเก็บประจุที่แรงดันสูงตามพิกัด กระแสต่ำจะทำให้ได้ประสิทธิภาพสูง 95..20% แต่เมื่อเก็บประจุและคายประจุที่กระแสสูงจะทำให้ประสิทธิภาพลดลง91.97% แต่เวลาที่ใช้เก็บประจุจะเร็วกว่าเมื่อเทียบกับที่กระแสต่ำ

2. ซุปเปอร์คาปาซิเตอร์เป็นอุปกรณ์เก็บสะสมพลังงานไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงเมื่อเทียบกับแบตเตอรี่ ซึ่งเมื่อคำนวณจากพลังงานด้านอินพุตเปรียบเทียบกับพลังงานเอาต์พุตแล้วนั้นมีประสิทธิภาพเฉลี่ยอยู่ที่ 93.45%

3. ซุปเปอร์คาปาซิเตอร์เป็นอุปกรณ์เก็บสะสมพลังงานไฟฟ้าที่สามารถนำมาใช้ร่วมกับแบตเตอรี่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ซุปเปอร์คาปาซิเตอร์มีค่าความต้านทานภายใน (ESR) ซึ่งทำให้เกิดกระแสรั่วไหลต่ำ (Leakage current) ตลอดเวลา รวมทั้งเกิดกำลังสูญเสียภายในอันเนื่องมาจากความต้านทานภายใน

ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ที่แรงดันไฟฟ้าเก็บประจุคงที่ 16.2V กระแส 10A พบว่าที่กระแสเก็บประจุต่ำจะได้ประสิทธิภาพสูงถึง 95.20% และเมื่อเพิ่มกระแสในการเก็บประจุเป็น 50A 100A จะได้ประสิทธิภาพลดต่ำลงเป็น 93.38% และ 91.97% ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ใช้ซุปเปอร์คาปาซิเตอร์เป็นแหล่งจ่ายไฟสำรอง โดยซุปเปอร์คาปาซิเตอร์มีแรงดันภายในเริ่มต้น 10.23V จนถึง 13.54V ใช้เวลาเก็บประจุ 198 วินาที และเมื่อไฟดับซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ปล่อยพลังงานให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่แรงดันเริ่มแรก 13.49V ลดลงเหลือ 10.03V วงจรจะตัดระบบจ่ายพลังงานออกทำให้คอมพิวเตอร์หยุดทำงานใช้เวลา 40 วินาที

ผลการวิเคราะห์การใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายไฟสำรอง โดยแบตเตอรี่มีแรงดันภายในเริ่มต้น 11.98 จนถึง 13.05V ใช้เวลาเก็บประจุ 1126 วินาที และเมื่อไฟดับแบตเตอรี่ปล่อยพลังงานให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่แรงดันเริ่มแรก 12.08V ลดลงเหลือ 10.03V วงจรจะตัดระบบจ่ายพลังงานออกทำให้คอมพิวเตอร์หยุดทำงาน ใช้เวลา 49 วินาที

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

ผลการวิเคราะห์การใช้ซุปเปอร์คาปาซิเตอร์กับแบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายไฟสำรอง โดยแหล่งจ่ายไฟสำรองมีแรงดันภายในเริ่มต้น 8.79 จนถึง 13.54V ใช้เวลาเก็บประจุ 230 วินาที และเมื่อไฟดับแหล่งจ่ายไฟสำรองจะปล่อยพลังงานให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่แรงดันเริ่มแรก 13.54V ลดลงเหลือ 10.09V วงจรจะตัดระบบจ่ายพลังงานออกทำให้คอมพิวเตอร์หยุดทำงาน ใช้เวลา 65 วินาที

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

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

อภิปรายผล

ผลการวิจัยในครั้งนี้ทำให้ได้แหล่งจ่ายพลังงานหมุนเวียน (Renewable energy) ที่สามรถนำพลังงานกลับมาใช้ใหม่ได้มากกกว่าหนึ่งแสนครั้งและไม่เกิดมลภาวะต่อสภาพแวดล้อม ซึ่งเมื่อพิจารณาจากผลการทดลองและค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ จากการคำนวณ แสดงถึงประสิทธิภาพการทำงานของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์เพื่อเป็นเครื่องสำรองไฟให้กับคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

พฤติกรรมการเก็บพลังงานและปล่อยพลังงานของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์สามารถประจุที่กระแสสูงได้ขณะที่แบตเตอรี่ไม่สามารถประจุที่กระสูงได้ แต่แรงดันไฟฟ้าไม่ควรเกินพิกัด การเปลี่ยนแปลงของแรงดันจะเป็นแบบทันทีทันใด (Transient) และกระแสจะเป็นค่าคงที่ เวลาที่ใช้ในการประจุจะขึ้นกับกระแส ยิ่งกระแสสูงเวลาที่ใช้เก็บพลังงานจนเต็มจะเร็วมาก ในขณะที่ประจุที่กระแสต่ำจะใช้เวลานานกว่า

ประสิทธิภาพการเก็บพลังงานและปล่อยพลังงานของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ ที่แรงดันสูงตามพิกัดกระแสต่ำจะทำให้ได้ประสิทธิภาพสูง 95.20% แต่เมื่อเก็บพลังงานและจ่ายพลังงานที่กระแสสูงจะได้ประสิทธิภาพลดลง 91.79% แต่เวลาที่ใช้เก็บพลังงานจะเร็วกว่าเมื่อเทียบกับที่กระแสสูง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Jens C. Schroeder, และคณะ (2010).

ผลการวิเคราะห์ช่วงการเก็บประจุ พบว่าซุปเปอร์คาปาซิเตอร์จะใช้เวลาเก็บประจุเร็วกว่า 199 วินาที สอดคล้องกับงานวิจัยของ (Rares Bodnar, William Redman-White. 2011) รองลงมาเป็นซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ต่อกับแบตเตอรี่ 604 วินาที และที่ใช้เวลาเก็บประจุนานสุดคือแบตเตอรี่ 1080 วินาที

ผลการวิเคราะห์ช่วงปล่อยประจุใช้เป็นเครื่องสำรองไฟให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ พบว่าซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ต่อร่วมกับแบตเตอรี่จะใช้เวลาปล่อยประจุได้นานกว่า 56 วินาที รองลงมาเป็นแบตเตอรี่ 54 วินาที และที่ใช้เวลาปล่อยประจุเร็วคือซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ 41 วินาที ซึ่งพบว่าซุปเปอร์คาปาร์ซิเตอร์ใช้เวลาเก็บประจุเร็วกว่าแบตเตอรี่ และมีอายุการใช้งานนานมากกว่าหนึ่งล้านครั้งหรือมากกว่า 10 ปี

ข้อเสนอแนะ

ผลจากการวิจัย มีข้อเสนอแนะเพื่อนำไปใช้ดังนี้

ข้อเสนอแนะเพื่อการนำไปใช้งาน

1. การเก็บประจุของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์สามารถทำได้ที่กระแสสูง ๆ ได้ แต่แรงดันไฟฟ้าไม่สามารถใช้เกินพิกัดได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

2. เมื่อต่อร่วมซุปเปอร์คาปาซิเตอร์กับแบตเตอรี่ สามารถประจุที่กระแสสูงได้ แต่เมื่อประจุจนเต็มแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วแบตเตอรี่ไม่ควรเกินพิกัดที่กำหนดให้มา

ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

1. เนื่องจากซุปเปอร์คาปาซิเตอร์มีค่าความต้านทานภายในทำให้เมื่อประจุแรงดันเต็มพิกัดจำเป็นต้องมีวงจรสำหรับปลดออกจากระบบ

2. ควรสร้างวงจรแบบลำดับขั้นการทำงาน (Sequence) ระหว่างซุปเปอร์คาปาซิเตอร์กับแบตเตอรี่ให้สลับกันทำงาน โดยเริ่มจากซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ก่อน แล้วตามด้วยแบตเตอรี่

3. ควรศึกษาช่วงแรงดันที่ซุปเปอร์คาปาซิเตอร์สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าสูงสุด (Maximum power transfer)

4. ควรศึกษาจุดคุ้มทุนสำหรับการนำงานวิจัยไปต่อยอดเพื่อผลิตในเชิงพาณิชย์

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี