



KKU Engineering Journal

<http://www.en.kku.ac.th/enjournal/th/>

วงจรดับเบิลอินพุตคอนเวอร์เตอร์แบบแหล่งจ่ายอินพุตต่างระดับแยกขดลวดชุดประจุแบตเตอรี่

Double input converters for different voltage sources with isolated charger

ชัชชัย สัตยารักษ์* และ พัทธ์ชัย บุญนุ่น

Chalash Sattayarak* and Pituk Bunnoon

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จังหวัดสงขลา 90000

Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Songkhla, Thailand, 90000.

Received December 2013

Accepted May 2014

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้นำเสนอวงจรดับเบิลอินพุตคอนเวอร์เตอร์แบบแหล่งจ่ายอินพุตต่างระดับแยกขดลวดชุดประจุแบตเตอรี่ ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มสมรรถนะของวงจรประจุหรือชาร์จ โดยวงจรจะมีแหล่งจ่ายอินพุตที่ต่างระดับกัน การทำงานของวงจรจะควบคุมโหมดการทำงานของสวิตช์โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมการประจุแบตเตอรี่ และควบคุมโหมดการคายประจุแบบอัตโนมัติในกรณีที่แหล่งจ่ายอินพุตขาดออกจากระบบ จากการทดสอบจำลองการทำงานพบว่าวงจรประจุแบตเตอรี่ดังกล่าวมีสมรรถนะที่ดีในการชาร์จประจุได้ทุกคาบเวลาของการสวิตช์ในขณะที่แหล่งจ่ายทั้งสองทำงานร่วมกัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสามารถที่จะนำไปใช้หรือพัฒนาสำหรับปัจจุบันหรืออนาคต

คำสำคัญ : ดับเบิลอินพุต การชาร์จประจุ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตัวแปรผัน

Abstract

This paper presents the double input converters for different voltage input sources with isolated charger coils. This research aims to increase the performance of the battery charger circuit. In the circuit, there are the different voltage levels of input source. The operating modes of the switch in the circuit use the microcontroller to control the battery charge and to control discharge mode automatically when the input voltage sources are lost from the system. The experimental result of this research shows better performance for charging at any time period of the switch, while the voltage input sources work together. Therefore, this research can use and develop to battery charger for present or future.

Keywords : Double input, Battery charger, Microcontroller, Converter

* Corresponding author.

E-mail address: Chalash_psu@hotmail.com

1. บทนำ

จากปัญหาการสูญเสียทรัพยากรจากธรรมชาติที่มีอยู่อย่างจำกัด เช่น ก๊าซธรรมชาติ หรือน้ำมัน ที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตพลังงาน ทำให้พลังงานหมุนเวียนจากธรรมชาติเป็นอีกทางเลือกของการผลิตพลังงานทดแทน [1] เนื่องจากพลังงานเหล่านี้สามารถนำมาใช้ได้ตลอด และเป็นพลังงานที่สะอาด แต่ยังไม่สามารถนำไปจ่ายให้กับโหลดได้โดยตรง เพราะชนิดและระดับแรงดันยังไม่เหมาะสมกับโหลด วงจรคอนเวอร์เตอร์ จึงเป็นถูกนำมาใช้เพื่อปรับเปลี่ยนชนิดและ ระดับแรงดันให้เหมาะสมตามที่โหลดต้องการ กำลังไฟฟ้าที่ได้จากแหล่งพลังงานหมุนเวียนไม่สามารถควบคุมได้ ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม ดังนั้นการใช้พลังงานจากหลายๆ แหล่งเพื่อจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับโหลดจึงเป็นทางเลือกหนึ่งของการแก้ปัญหา ที่ผ่านมามีวงจรคอนเวอร์เตอร์ หนึ่งตัวต่อเชื่อมกับหนึ่งแหล่งพลังงาน ทำให้วงจรมีขนาดใหญ่ตามจำนวนแหล่งจ่าย ต่อมาได้มีการพัฒนางจรให้มีขนาดเล็กโดยรวมวงจรคอนเวอร์เตอร์เข้าด้วยกัน [2-3] ทำให้ต้นทุนในการผลิตลดลง และมีการรวมวงจรชาร์จแบตเตอรี่ ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญอย่างหนึ่งของแหล่งจ่ายที่เป็นพลังงานทดแทน [4-5]

ในบทความนี้ จึงนำเสนอวงจรดับเบิลอินพุตคอนเวอร์เตอร์แบบแหล่งจ่ายอินพุตต่างระดับ เพื่อตอบสนองความต้องการดังกล่าว ซึ่งในส่วนของวงจรชาร์จแบตเตอรี่ที่ใช้เก็บพลังงานจากทั้งสองแหล่งจ่ายถูกจัดให้เป็นแบบแยกชุดตลอดวงจรเพื่อเพิ่มสมรรถนะให้สามารถอัดประจุได้ทั้งสองแหล่งจ่ายในขณะทำงานร่วมกันไมโครคอนโทรลเลอร์จะถูกนำมาใช้ในการควบคุมการจ่ายกำลังจากแหล่งจ่ายอินพุตทั้งสอง รวมทั้งควบคุมการชาร์จประจุ และดีสชาร์จแบตเตอรี่ เพื่อเป็นต้นแบบสำหรับแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบผลิตเปิดอินพุตผลิตเปิดเอาต์พุตต่อไป

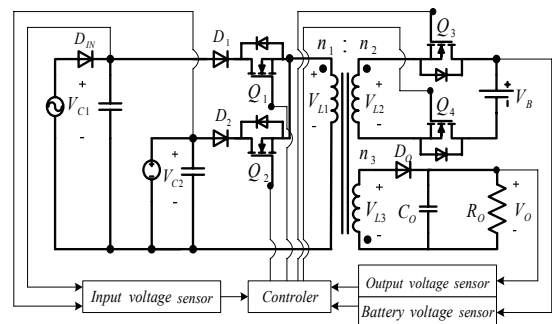
2. ทฤษฎีและการออกแบบ

2.1 โครงสร้างวงจรคอนเวอร์เตอร์ต้นแบบ

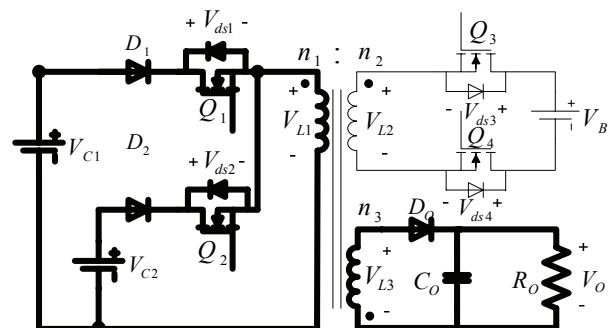
รูปที่ 1 แสดงโครงสร้างวงจรดับเบิลอินพุตคอนเวอร์เตอร์แบบแหล่งจ่ายอินพุตต่างระดับแยกชุดตลอดประจุแบตเตอรี่ที่ออกแบบ วงจรนี้ออกแบบให้สามารถรองรับอินพุตที่มาจากไฟฟ้ากระแสสลับ และไฟฟ้ากระแสตรง โดยแหล่งจ่ายอินพุตทั้งสองสามารถจ่ายกำลังได้อย่างเป็นอิสระต่อกัน ควบคุมการจ่ายกำลังไฟฟ้าผ่านสวิตช์ Q_1 และ Q_2 ตามลำดับ นอกจากนี้ทางด้านเอาต์พุต สามารถจ่าย

แรงดันที่มีระดับแตกต่างกันสำหรับโหลดและการชาร์จประจุในทุกคาบเวลาที่แหล่งจ่ายทั้งสองทำงานร่วมกันให้กับแบตเตอรี่ซึ่งทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าสำรองให้กับวงจร โดยอาศัยหม้อแปลงความถี่สูงเพียงตัวเดียว วงจรชาร์จควบคุมผ่านสวิตช์ Q_4 และวงจรดีสชาร์จแบตเตอรี่จะทำงานในกรณีอินพุตทั้งสองถูกตัดออกจากระบบ ควบคุมผ่านสวิตช์ Q_3 สวิตช์ทุกตัวควบคุมการทำงานด้วยสัญญาณขับสวิตช์ d_1, d_2, d_3 และ d_4 เพื่อไปขับสวิตช์ Q_1, Q_2, Q_3 และ Q_4 ตามลำดับโดยไมโครชิพ 18F458 แบบอัตโนมัติ การทำงานของวงจรแบ่งเป็น 3 โหมดคือ โหมดปกติ (Normal mode) โหมดชาร์จแบตเตอรี่ (Charging mode) และโหมดแบ็กอัพ (Backup mode)

โหมดปกติ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตรวจสอบระดับแรงดันของแบตเตอรี่พบว่ามีความสูงกว่าค่าอ้างอิง ก็จะสั่งให้สวิตช์ Q_4 “OFF” คือจะไม่ชาร์จประจุให้กับแบตเตอรี่ สวิตช์ Q_1 และ Q_2 นำกระแสตามรอบทำงานที่กำหนดไว้ วงจรสมมูลในโหมดปกติแสดงดังรูปที่ 2



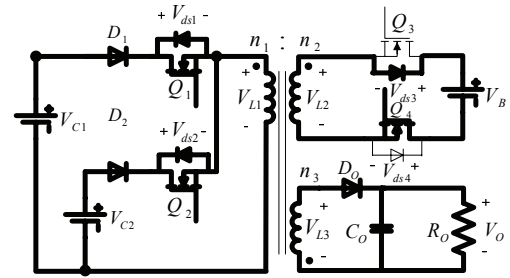
รูปที่ 1 โครงสร้างวงจรดับเบิลอินพุตคอนเวอร์เตอร์แบบแหล่งจ่ายอินพุตต่างระดับแยกชุดตลอดประจุแบตเตอรี่



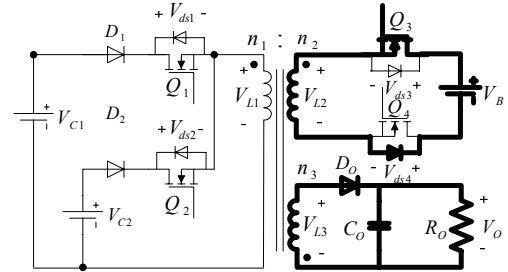
รูปที่ 2 วงจรสมมูลในโหมดปกติ

โหมดชาร์จแบตเตอรี่ หากแรงดันที่แบตเตอรี่ต่ำกว่าแรงดันอ้างอิง ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งสวิตช์ Q_4 ให้นำกระแสตามรอบทำงานที่ออกแบบไว้ กระแสจากแหล่งจ่ายอินพุตทั้งสองจะทำการชาร์จประจุให้กับแบตเตอรี่ ส่วนการทำงานของสวิตช์ตัวอื่นจะเหมือนในกรณีโหมดปกติ วงจรสมมูลในโหมดชาร์จแบตเตอรี่แสดงดังรูปที่ 3

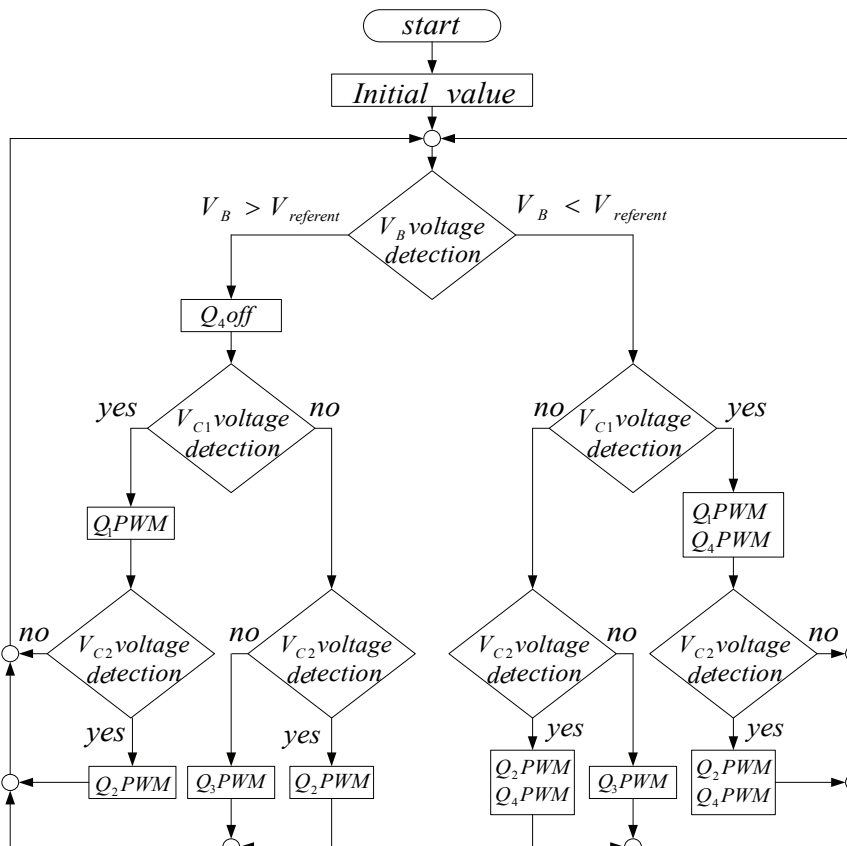
โหมดแบ็กอัพในกรณีที่แหล่งจ่ายอินพุตทั้งสองถูกตัดออกจากระบบและไม่สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับโหลดได้ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะควบคุมสวิตช์ Q_3 ให้นำกระแสตามรอบทำงานที่ออกแบบไว้ โหมดนี้แบตเตอรี่ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าสำรองให้กับวงจรแทนแหล่งจ่ายอินพุตทั้งสอง วงจรสมมูลในโหมดแบ็กอัพแสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 3 วงจรสมมูลในโหมดชาร์จแบตเตอรี่



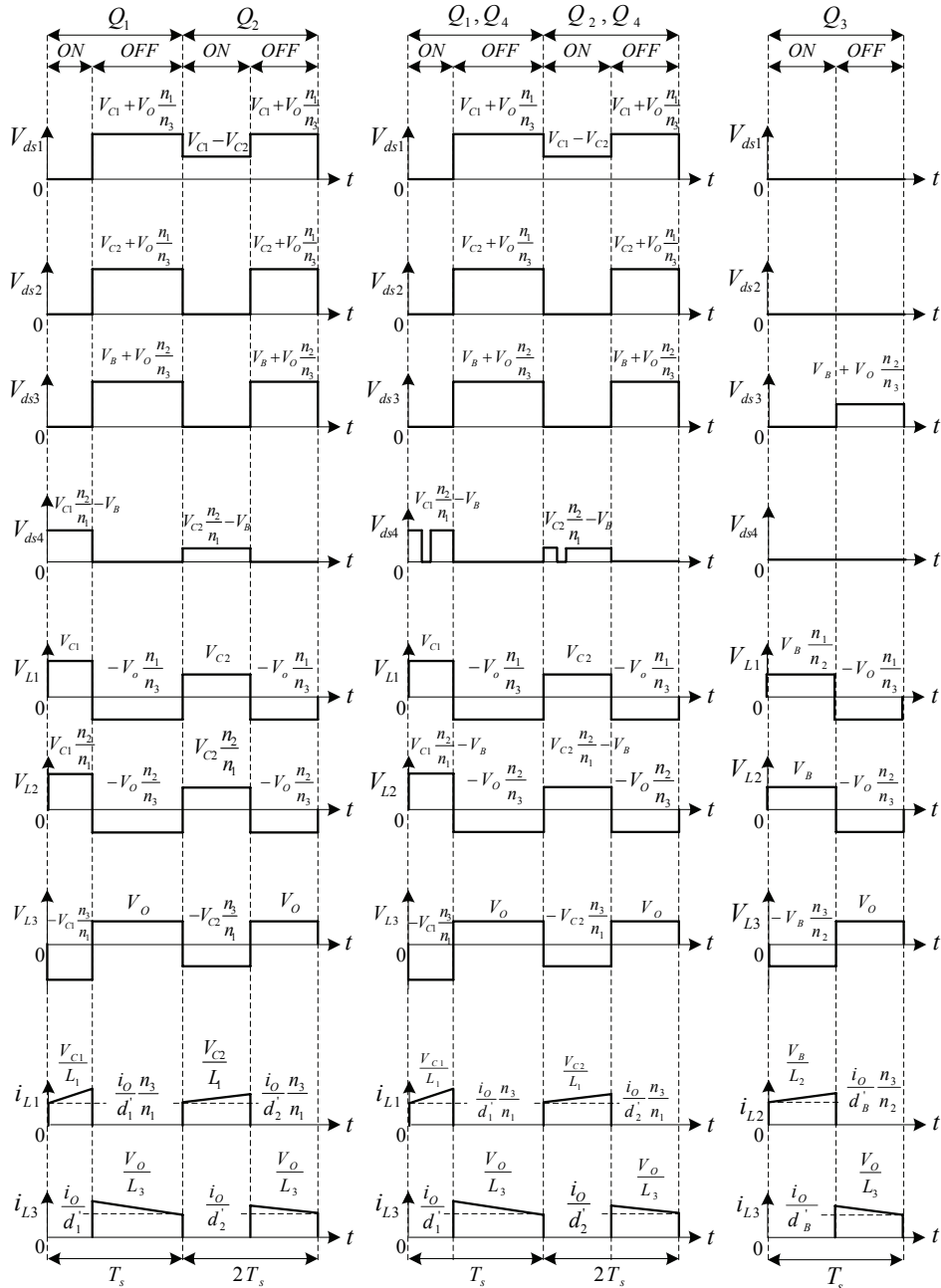
รูปที่ 4 วงจรสมมูลในโหมดแบ็กอัพ



รูปที่ 5 แผนภาพแสดงโครงสร้างการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ของสวิตช์ในแต่ละโหมด

สวิตช์	โหมดปกติ	โหมดชาร์จแบตเตอรี่	โหมดเบรก
Q_1, Q_2	PWM	PWM	OFF
Q_3	OFF	OFF	PWM
Q_4	OFF	PWM	OFF



(ก) โหมดปกติ

(ข) โหมดชาร์จแบตเตอรี่

(ค) โหมดเบรก

รูปที่ 6 รูปคลื่นแรงดันและกระแสในแต่ละโหมด

จากความสัมพันธ์ของสวิตช์ในแต่ละโหมดการทำงานและ วงจรสมมูลทั้งสามในแต่ละโหมดการทำงาน สามารถทำการเขียน รูปคลื่นแรงดันและกระแสของ ส่วนประกอบหลัก ภายใต้การทำงานทั้งสามโหมดได้ดังรูปที่ 6 โดยแสดงลำดับจากบนลงล่างดังนี้ แรงดันที่สวิตช์ Q_1 , Q_2 , Q_3 และ Q_4 แรงดันด้านปฐมภูมิ L_1 และ L_2 แรงดันด้านทุติยภูมิ L_3 , กระแสอินพุตและเอาต์พุตตามลำดับโดย ค่าแรงดัน และกระแสเหล่านี้จะนำไปใช้ในการออกแบบ และเลือกอุปกรณ์สำหรับวงจรต้นแบบต่อไป

3. ผลการทดลอง

การทดสอบการทำงานของวงจรขนาด 30 วัตต์ กำหนดค่าแรงดันอินพุต $V_{C1} = 60$ โวลต์, $V_{C2} = 30$ โวลต์ และ $V_B = 24$ โวลต์ แรงดันเอาต์พุตมีขนาด 12 โวลต์ ความถี่การสวิตช์เท่ากับ 100 kHz กำหนดให้รูปคลื่นแรงดันเป็นสัญญาณบนและรูปคลื่นกระแสเป็นสัญญาณล่าง กรณีแรงดันและกระแสอยู่ในรูปเดียวกัน

3.1 ผลการทำงานในโหมดปกติ

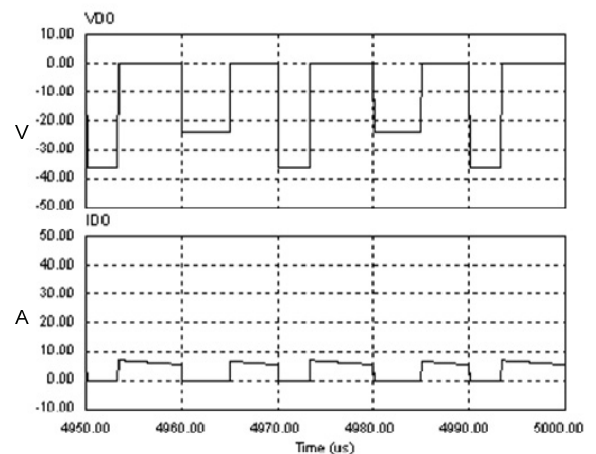
การทำงานของสวิตช์ Q_1 และ Q_2 ขึ้นอยู่กับสถานะของอินพุตของไฟฟ้ากระแสสลับและไฟฟ้ากระแสตรงตามลำดับ การทำงานของวงจรนี้สามารถรองรับสถานการณ์ที่อินพุตไดอินพุตหนึ่งถูกตัดออกจากกระบบโดยฉับพลัน โดยที่วงจรยังสามารถทำงานได้ตามปกติ แบบอัตโนมัติ ด้วยการควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งถูกโปรแกรมให้มีการตรวจสอบอินพุตทั้งสองในทุกคาบเวลาของการสวิตช์ และยังสามารถรองรับสถานการณ์ ในกรณีที่อินพุตดังกล่าวที่ถูกตัดออกไป กลับเข้ามาสู่ระบบโดยที่วงจรยังสามารถทำงานได้ตามปกติอีกด้วย รูปคลื่นแรงดันและกระแสที่ไดโอดเอาต์พุตในโหมดปกติแสดงดังรูปที่ 7

3.2 ผลการทำงานในโหมดชาร์จแบตเตอรี่

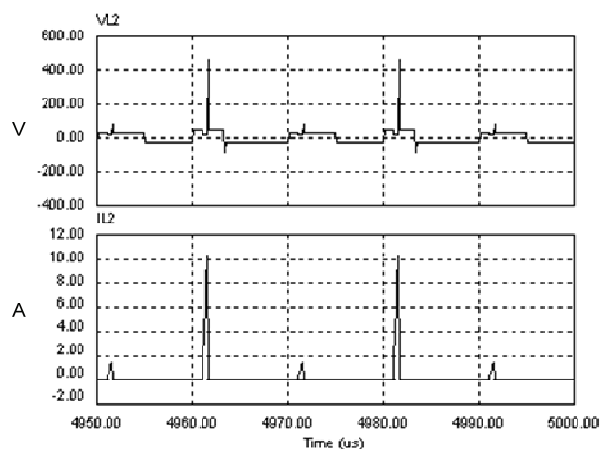
สวิตช์ Q_4 ถูกออกแบบให้นำกระแสชาร์จประจุแบตเตอรี่ในช่วงที่สวิตช์ Q_1 และ Q_2 นำกระแส ชดเชยลดทอนแบบแยกทำให้สามารถชาร์จประจุได้ในทุกคาบเวลาของการสวิตช์ของอินพุตทั้งสอง รูปคลื่นแรงดันและกระแสที่ตัวเหนี่ยวนำ L_2 แสดงดังรูปที่ 8 รูปคลื่นแรงดันและกระแสที่ไดโอดเอาต์พุตในโหมดชาร์จแบตเตอรี่แสดงดังรูปที่ 9

3.3 ผลการทำงานในโหมดแบ็กอัพ

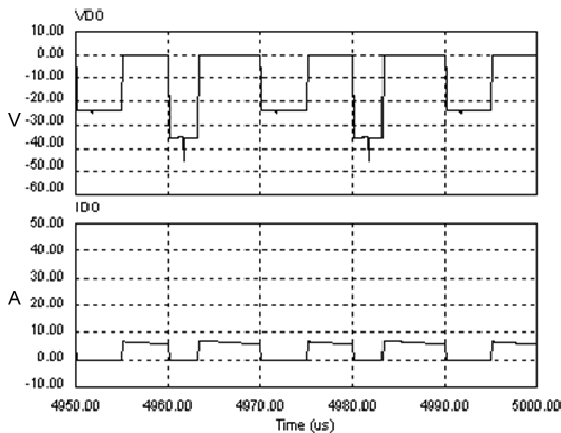
เมื่ออินพุตทั้งสองไม่ทำงาน ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้สวิตช์ Q_3 จะนำกระแสตามรอบการทำงานที่กำหนดเพื่อให้แบตเตอรี่ขนาด 24 โวลต์ จ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับโหลดแทนอินพุตทั้งสอง หากไมโครคอนโทรลเลอร์ตรวจพบว่าอินพุตไดอินพุตหนึ่งหรือทั้งสองกลับเข้ามาสู่ระบบ โหมดการทำงานสามารถเปลี่ยนไปเป็นโหมดปกติ หรือโหมดชาร์จแบตเตอรี่ได้ทุกเมื่อ รูปคลื่นแรงดันและกระแสที่ไดโอดเอาต์พุตในโหมดแบ็กอัพแสดงดังรูปที่ 10



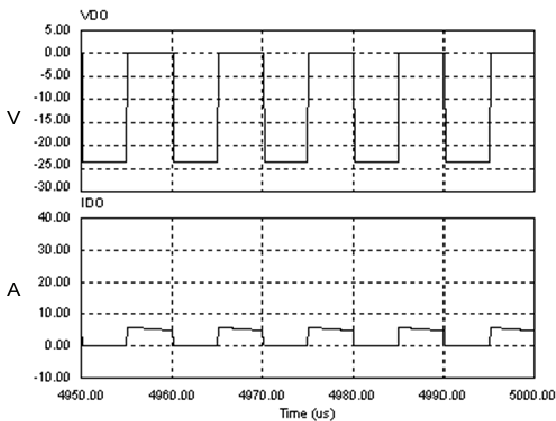
รูปที่ 7 แรงดันและกระแสที่ไดโอดเอาต์พุตในโหมดปกติ



รูปที่ 8 แรงดันและกระแสที่ตัวเหนี่ยวนำ L_2 ในโหมดชาร์จแบตเตอรี่



รูปที่ 9 แรงดันและกระแสที่ไดโอดเอาต์พุตในโหมดชาร์จแบตเตอรี่



รูปที่ 10 แรงดันและกระแสที่ไดโอดเอาต์พุตในโหมดแบ็กอัพ

4. สรุป

วงจรดับเบิลอินพุตคอนเวอร์เตอร์สำหรับแรงดันต่างระดับต่างชนิดที่นำเสนอในบทความนี้ มีการรวมส่วนของวงจรชาร์จแบตเตอรี่แบบแยกชุดขดลวดชาร์จเพื่อเพิ่มสมรรถนะให้วงจรสามารถทำการอัดประจุได้ทุกคาบเวลา ในขณะที่แหล่งจ่ายทั้งสองทำงานร่วมกัน โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการจ่ายกำลังไฟฟ้าของแหล่งจ่ายทั้งสอง รวมทั้งใช้ควบคุมการชาร์จประจุและดิสชาร์จแบตเตอรี่ ในโหมดที่แหล่งจ่ายทั้งสองไม่ทำงาน

โดยแบ่งการทำงานเป็น 3 โหมดคือ โหมดปกติ โหมดชาร์จแบตเตอรี่ และโหมดแบ็กอัพ ในบทความได้นำเสนอการออกแบบวงจร การควบคุม รวมถึงการจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับโหลดในหลายกรณี จากผลการทดสอบจำลองการทำงานเห็นได้ว่าในกรณีที่แหล่งจ่ายทั้งสองทำงานร่วมกันสามารถอัดประจุได้ทุกคาบเวลาของการสวิตช์ซึ่งแสดงดังรูปที่ 8 และวงจรที่ได้ทำการออกแบบนี้สามารถทำงานได้จริงตามที่กล่าวมา

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] Srinor P., and Janon A. The development of simulation process of air flow in rough terrain by using computational fluid dynamics to assess the wind energy potential : Case study at Lam Ta Khong. KKU Engineering Journal. 2013;40(2):247-54 (In Thai).
- [2] Chen Y.M., Liu Y.C., and Lin S.H. Double-Input PWM DC/DC Converter for High-/Low-Voltage Sources. Proceedings IEEE Transactions on Industrial Electronics: 2006 p. 1538-1545.
- [3] Yalamanchili K.P., Ferdowsi M., and Corzine K. New Double Input DC-DC Converters for Automotive. Proceedings IEEE Vehicle Power and Propulsion: 2006 Sep p.1-6.
- [4] Sattayarak P., Chaleamyanon K., and Jindapet N. Development of an Intergrated Double-Input Multiple-Output Converter Topology with Battery Charger. Ladkrabang Engineering Journal. 2011;1:13-8 (In Thai).
- [5] Sattayarak C., Pongpertsatard W., and Bunnoon P. Pototype of Multiple-Input/Output Converter Topology with Battery Charger. 5th Conference of Electrical Engineering Network of Rajamangala University of Technology; 2013. March p.121- 124 (In Thai).