บทคัดย่อ

รายงานวิจัยนี้นำเสนอวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้าแบบบูสต์หลายขั้นที่คงทนต่อความผิดพร่องสำหรับประยุกต์ในระบบพลังงานทดแทน ซึ่งวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้าแบบบูสต์สามขั้น ถูกใช้ในการเพิ่มระดับแรงดันเอาต์พุตให้สูงกว่าระดับแรงดันอินพุตที่ได้จากแหล่งจ่ายพลังงานทดแทนที่มีค่าค่อนข้างต่ำ กล่าวคือจาก 20V เพิ่มขึ้นไปเป็น 400V โดยที่มีค่าวัฏจักรการทำงานของสวิตช์ไม่สูงจนเกินไป มีการออกแบบค่าพารามิเตอร์ต่างตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุสำหรับวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้าแบบบูสต์สามขั้น ในการควบคุมของวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้าแบบบูสต์สามขั้นจะอาศัยตัวควบคุมพีไอ เพื่อให้สามารถรักษาระดับแรงดันเอาต์พุตให้คงที่ได้ตามต้องการ โดยตัวควบคุมจะประกอบไปด้วย ลูปควบคุมแรงดันหนึ่งลูป ลูปกระแสสองลูป รวมทั้งอาศัยเทคนิคการถ่วงน้ำหนักกระแส เพื่อให้ได้กระแสอ้างอิงที่เหมาะสมสำหรับลูปควบคุมกระแส นอกจากนี้ได้นำเสนอวิธีการตรวจจับความผิดพร่องแบบสวิตช์เปิดวงจร เพื่อให้สามารถตรวจจับและ ระบุสวิตช์ตัวที่เกิดความผิดพร่องขึ้นได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว ในการทำให้วงจรสามารถทำงานภายใต้สภาวะความคงทนต่อความผิดพร่องได้อย่างต่อเนื่อง จะใช้สวิตช์สำรองต่อขนานกับสวิตช์หลัก โดยที่สวิตช์สำรองจะทำงานแทนสวิตช์ตัวที่เกิดความเสียหายทันทีที่ตรวจพบความผิดพร่อง ผลการจำลองสถานการณ์กับผลการทดสอบ แสดงให้เห็นว่า วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้าแบบบูสต์สามขั้นมีอัตราขยายแรงดันสูงถึง 20 เท่า สามารถเพิ่มระดับแรงดันอินพุตที่ค่อนข้างต่ำจาก 20 V ให้ได้ระดับแรงดันเอาต์พุตที่สูงถึง 400 V ได้ ในขณะที่ตัวควบคุมพีไอร่วมกับเทคนิคการถ่วงน้ำหนักกระแสสำหรับวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้าแบบบูสต์สามขั้น สามารถควบคุมแรงดันเอาต์พุตให้มีค่าคงที่ได้ตามต้องการภายใต้สภาวะการทำงานต่าง ๆ วิธีการตรวจจับความผิดพร่องแบบสวิตช์เปิดวงจรสำหรับวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้าแบบบูสต์สามขั้น สามารถตรวจจับความผิดพร่องได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว ส่งผลให้สามารถใช้สวิตช์ที่สำรองไว้ทำงานแทนได้อย่างทันที ทำให้วงจรสามารถทำงานภายใต้สภาวะความคงทนต่อความผิดพร่องด้วยสมรรถนะที่น่าพอใจได้อย่างต่อเนื่อง

Abstract

This research proposes a fault-tolerant, multi-stage boost converter for renewable applications. A three-stage boost converter is used to step the low input voltage about 20 V up to the high output voltage level of 400 V without using extreme duty cycle. The converter parameters such as inductors and capacitors are designed. The PI controller with one outer voltage loop and two inner current loops, is also designed to regulate the output voltage at the desired constant levels. The current control is based on the current weighting technique in order to provide the proper reference current for each current loop. The fault detection method is determined to determine the open-circuit fault detection, and to develop such fault detection methods to identify the faulted switch is accurately and quickly. In addition, the converter operates continuously under the fault tolerant conditions. A redundant switch that is parallel to the main switch, is activated as soon as the fault is detected. Simulation and experimental results show that the proposed three-stage boost converter can increase the output voltage with the high conversion ratio of 20. The PI controller with the current weighting technique can satisfactorily regulate the output voltage at the desired constant levels under different operating conditions. The proposed open-circuit fault detection method for a three-stage boost converter can identify the failed switch accurately and quickly. As a result, the redundant switch will be activated immediately after the fault is detected. Therefore, the fault-tolerant three-stage boost converter can achieve the satisfactory performance under the faulty operating conditions.