

## บทคัดย่อ

รหัสโครงการ : MRG 6080051

ชื่อโครงการ : การศึกษาวัสดุแม่เหล็กความถี่สูงที่ใช้ในวงจรแปลงผันกระแสตรงแบบ Dual active bridge สำหรับระบบแปลงผันกำลังไฟฟ้าในอนาคต

ชื่อนักวิจัย : ดร.ศักดา สมกุล<sup>1</sup> รองศาสตราจารย์ ดร.วิบูลย์ ชื่นแขก<sup>2</sup>  
และ Professor Dr. Toshiro Sato<sup>3</sup>

<sup>1</sup>วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร อีเมล [sakdaso@nu.ac.th](mailto:sakdaso@nu.ac.th)

<sup>2</sup>ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
อีเมล [viboon.c@eng.kmutnb.ac.th](mailto:viboon.c@eng.kmutnb.ac.th)

<sup>3</sup>Department of Electronics and Information Systems Engineering, Faculty of Engineering, Shinshu University, email: [labyam1@shinshu-u.ac.jp](mailto:labyam1@shinshu-u.ac.jp)

ระยะเวลาโครงการ : 4 เมษายน 2560 ถึง 3 เมษายน 2562

วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ามีบทบาทสำคัญในการเชื่อมต่อแหล่งพลังงานทดแทนและอุปกรณ์สะสมพลังงานกับระบบโครงข่ายไฟฟ้า วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงแบบ Dual active bridge (DAB) เป็นวงจรที่มีลักษณะน่าสนใจโดยได้รับจากแวดวงนักวิจัยในช่วงสิบปีที่ผ่านมา เนื่องจากความสามารถในการส่งกำลังไฟฟ้าได้สองทิศทาง ประสิทธิภาพสูง มีการแยกกราวด์ และเชื่อมต่อกับระดับแรงดันไฟฟ้าที่มีความแตกต่างกันมากได้

โครงการวิจัยนี้เป็นการศึกษาการประยุกต์ใช้วัสดุแกนเหล็กแบบเทปลิกนาโนสำหรับใช้ในหม้อแปลงไฟฟ้าความถี่สูงของวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้าแบบ DAB ขนาด 1.1 kW สำหรับแรงดันไฟฟ้า 48V/400V และเปรียบเทียบกับวัสดุเฟอร์ไรต์ที่นิยมกันทั่วไป วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้าแบบ DAB ถูกออกแบบสำหรับใช้งานร่วมกับแบตเตอรี่สำหรับสะสมพลังงานในบ้านพักอาศัยที่มีแรงดันไฟฟ้าอยู่ในย่าน 42-54 V แกนเหล็กแบบเทปลิกนาโนที่เลือกใช้มีรูปร่างแบบวงแหวนทอรอยด์และแกนตัดเป็นรูปตัวซี สำหรับสร้างหม้อแปลงไฟฟ้าพิกัด 1.2-kVA ที่มีระดับแรงดันไฟฟ้า 48V/400V และความถี่ 20 kHz และได้เลือกแกนขนาด EE65 วัสดุเฟอร์ไรต์ MnZn เบอร์ N87 สำหรับใช้ในการเปรียบเทียบ

จากผลการทดลองพบว่าหม้อแปลงที่สร้างจากแกนเหล็กแบบเทปลิกนาโนตัดเป็นรูปตัวซีมีประสิทธิภาพอยู่ระหว่าง 98.4% ถึง 99.1% มีสัดส่วนกำลังไฟฟ้าต่อปริมาตรเท่ากับ  $9 \text{ W/cm}^3$  และมีอุณหภูมิสูงสุด  $71.0^\circ\text{C}$  ส่วนแกนเหล็กแบบเทปลิกนาโนรูปทรงวงแหวนทอรอยด์มีประสิทธิภาพอยู่

ระหว่าง 97.6% ถึง 99.2% มีสัดส่วนกำลังไฟฟ้าต่อปริมาตรเท่ากับ  $12 \text{ W/cm}^3$  และมีอุณหภูมิสูงสุด  $60.1^\circ\text{C}$  ส่วนหม้อแปลงไฟฟ้าที่สร้างจากแกนเฟอร์ไรต์มีประสิทธิภาพอยู่ระหว่าง 97.6% ถึง 98.8% มีสัดส่วนกำลังไฟฟ้าต่อปริมาตรเท่ากับ  $6 \text{ W/cm}^3$  และมีอุณหภูมิสูงสุด  $78.5^\circ\text{C}$

แกนเหล็กแบบเทปสลิกนาโนมีกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ต่ำและความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กที่สูงกว่าเฟอร์ไรต์จึงทำให้หม้อแปลงมีขนาดเล็กลงซึ่งยังส่งผลให้ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียมีค่าลดลงเนื่องจากขนาดที่ลดลงของขดลวด แกนเหล็กแบบเทปสลิกนาโนตัดเป็นรูปตัวซีมีความเหมาะสมสำหรับใช้งานในวงจรที่มีกำลังไฟฟ้าสูงเนื่องจากมีประสิทธิภาพที่สูงและยังสร้างเป็นหม้อแปลงได้ง่ายกว่า

**คำหลัก :** วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรง แม่เหล็กไฟฟ้าความถี่สูง สมาร์ทกริด

## Abstract

---

Project Code : MRG 6080051

Project Title : Investigation of High-Frequency Magnetic Materials used in Dual Active Bridge DC-DC Converters for the Next-Generation Power Conversion System

Investigator : Dr. Sakda Somkun<sup>1</sup>, Associate Professor Dr. Viboon Chunkag<sup>2</sup> and Professor Dr. Toshiro Sato<sup>3</sup>

<sup>1</sup>School of Renewable Energy and Smart Grid Technology, Naresuan University

email: [sakdaso@nu.ac.th](mailto:sakdaso@nu.ac.th)

<sup>2</sup>Department of Electrical and Computer Engineering, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, email: [viboon.c@kmutnb.ac.th](mailto:viboon.c@kmutnb.ac.th)

<sup>3</sup>Department of Electronics and Information Systems Engineering, Faculty of Engineering, Shinshu University, email: [labyam1@shinshu-u.ac.jp](mailto:labyam1@shinshu-u.ac.jp)

Project Period : April 4, 2017 to April 3, 2019

Power electronic converters now play the important role in interfacing renewable energy sources and energy storage devices with the utility grid. Dual active bridge DC-DC converters are the most promising topology that gain attention from research communities in the past ten years due to their bidirectional power transfer capability, high efficiency, galvanic isolation and ease of voltage matching.

This project investigates applications of tape-wound nanocrystalline materials for construction of high frequency transformer cores of a 1.1-kW 48V/400V dual active bridge (DAB) DC-DC converter and compared with the commonly-used ferrite cores. This converter is designed for connecting a home battery storage with the input voltage ranges from 42 V to 54 V. to a constant DC bus voltage of 400 V. A toroidal core and cut C-cores of tape-wound nanocrystalline materials were chosen for construction of 48V/400V 1.2-

kVA 20-kHz transformers. A set of EE65 cores of MnZn N87 ferrite was selected for comparison.

The cut C-core nanocrystalline transformer has efficiency between 98.4% to 99.1% with the nominal power density of  $9 \text{ W/cm}^3$ . The maximum operating temperature of  $71.0^\circ\text{C}$ . The toroidal nanocrystalline transformer has the efficiency range of 97.6%-99.2%, the power density of  $12 \text{ W/cm}^3$  and the maximum operating temperature of  $60.1^\circ\text{C}$ . The efficiency range, power density and the maximum operating temperature of the ferrite transformer were found to be 97.6%-98.8%,  $6 \text{ W/cm}^3$ , and  $78.5^\circ\text{C}$  respectively.

The tape wound nanocrystalline material not only reduces the core loss, but also decreases the copper loss due to smaller copper windings. Nanocrystalline cut C-cores is suitable for high power applications due to the increased efficiency and ease of transformer manufacturing.

**Keywords :** DC-DC converter, High-frequency magnetics, Smart grid