

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์เรขาคณิตและลักษณะเฉพาะของการสั้น
ห้องของหม้อแปลงไฟฟ้าเพียโซอิเล็กทริกรูปทรงวงแหวนโดยวิธีการจำลอง
แบบไฟไนต์อีลิเมนต์

ผู้เขียน นาย ชุมพล ศุภทัตกุล

ปริญญญา วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (ฟิสิกส์)

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ. ดร. ขงยุทธ เหล่าศิริถาวร

บทคัดย่อ

ในการศึกษาหม้อแปลงไฟฟ้าเพียโซอิเล็กทริกนิยามศึกษาในรูปทรงวงแหวนเนื่องจากมีประสิทธิภาพการทำงานที่ดีและมีค่าพลังงานไฟฟ้าสูงเมื่อเทียบกับรูปทรงอื่นๆ หม้อแปลงไฟฟ้าเพียโซอิเล็กทริกรูปทรงวงแหวนส่วนมากมีการทำงานในโหมดการสั้นห้องตามแนวรัศมีของวงแหวน แต่พบว่าหม้อแปลงไฟฟ้าเพียโซอิเล็กทริกมีการสั้นห้องอื่นๆจำนวนมากที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นหม้อแปลงไฟฟ้าเพียโซอิเล็กทริก ซึ่งขึ้นอยู่กับการออกแบบ โดยข้อไฟฟ้าที่ต่างกันจะก่อให้เกิดประสิทธิภาพที่แตกต่างกัน ดังนั้นในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงทำการศึกษาความสัมพันธ์ของขนาดรัศมี ความกว้าง และความหนาของหม้อแปลงรูปทรงวงแหวน กับ ค่าความถี่ของการสั้นห้อง จากนั้นจึงศึกษาวิธีการออกแบบลักษณะข้อไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้าเพียโซอิเล็กทริกโดยอาศัยลักษณะการกระจายตัวของศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในแต่โหมดการสั้นห้องเพื่อช่วยในการออกแบบ ในกระบวนการศึกษาทั้งหมดที่เกิดขึ้นจะใช้และวงจรมูลฐานไฟฟ้าแบบองค์ประกอบเดียว

ผลลัพธ์จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดรัศมี ความกว้าง และความหนาของวงแหวน กับ ค่าความถี่ของการสั้นห้อง พบว่า ค่าความถี่ของการสั้นห้องไม่ขึ้นกับขนาดของรัศมีของวงแหวนเมื่อขนาดความกว้างและความหนาของวงแหวนมีค่าคงที่ ในทางกลับกันค่าความถี่ของการสั้นห้องจะมีค่าลดลงเมื่อขนาดความกว้างของวงแหวนมีค่ามากขึ้น ในขณะที่ความหนาของวงแหวนมีค่าคงที่ ในทำนองเดียวกันค่าความถี่ของการสั้นห้องจะมีค่าลดลงเมื่อขนาดความหนาของวงแหวนมี

ค่ามากขึ้นในขณะที่ขนาดความกว้างของวงแหวนมีค่าคงที่ สำหรับการศึกษารอบแบบลักษณะ
ขั้วไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้าเพียโซอิเล็กทริกโดยอาศัยลักษณะการกระจายตัวของศักย์ไฟฟ้าที่ได้
จากการทำงานของเรโซเนเตอร์ พบว่า การนำลักษณะการกระจายตัวของศักย์ไฟฟ้าของโหมดการสั่น
พ้องค่าหนึ่งที่ต้องการมาออกแบบลักษณะขั้วไฟฟ้าที่สอดคล้องกัน จะทำให้ได้หม้อแปลงไฟฟ้าเพีย
โซอิเล็กทริกที่สามารถทำงานได้ ณ ค่าความถี่การสั่นพ้องในโหมดดังกล่าวที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น
อย่างไรก็ตาม เรโซเนเตอร์เพียงอย่างเดียวไม่สามารถแสดงโหมดการสั่นพ้องทั้งหมดที่เกิดขึ้นได้ใน
สารเพียโซอิเล็กทริก ซึ่งโหมดการสั่นพ้องเหล่านี้ที่ไม่ปรากฏในเรโซเนเตอร์อาจเกิดเป็นโหมด
รบกวนในการทำงานในหม้อแปลงไฟฟ้า ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาโหมดการสั่นพ้องที่เป็นไปได้
ทั้งหมดผ่านการหาค่าไอเกนของความถี่สำหรับเพียโซอิเล็กทริกทรงวงแหวนผ่านไดอะแกรมไอเกน
โหมด(ค่าความถี่ไอเกนคูณกับความหนาของวงแหวน(ft) เป็นฟังก์ชันของ อัตราส่วนระหว่างความ
กว้างของวงแหวนต่อความหนาของวงแหวน(w/t) ซึ่งไดอะแกรมไอเกนโหมดเผยให้เห็นว่ามี
ประเภทของความถี่ไอเกนที่แตกต่างกันอยู่สองประเภท คือ ประเภทแรกค่าความถี่ไอเกนจะมีค่าคู่เข้า
ความถี่ที่แตกต่างกันเมื่อ w/t มีค่าคู่เข้าสู่ศูนย์ และประเภทที่สองค่าความถี่ไอเกนจะมีค่าคู่เข้าความถี่
เดียวกันเมื่อ w/t มีค่าคู่เข้าสู่ศูนย์ โดยทั้งสองประเภทจะมีลักษณะของโหมดการสั่นพ้องเป็นได้ทั้ง
แบบโหมดการสั่นตามยาวหรือโหมดการสั่นตามขวาง นอกจากนี้ไอเกนโหมดไดอะแกรมยังแสดงให้เห็น
ถึงบริเวณที่สามารถช่วยในการออกแบบขนาดของเซรามิกเพียโซอิเล็กทริกทรงวงแหวนที่ทำให้
การทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้าปราศจากโหมดรบกวน

Thesis Title	Relationships Between Geometrical Parameters and Resonant Characteristics of Ring-shaped Piezoelectric Transformer by Finite Element Modeling
Author	Mr. Chumpol Supatutkul
Degree	Master of Science (Physics)
Advisor	Assoc. Prof. Dr. Yongyut Laosiritaworn

ABSTRACT

The ring-shaped piezoelectric transformer is one of the most interesting transformers due to its good performances and high power compared with the others structure. The ring-shaped piezoelectric transformer usually works with radial modes, where there are many available resonant vibration and different electrode designs yield the difference performances. Therefore, in this thesis, the relationship between the resonant modes and the ring dimensions, e.g. ring radius, width, and thickness was investigated. Then, the appropriate electrode layouts designed for the transformer implementation was proposed. The study procedure of entire thesis based on Finite Element Method (FEM) and lumped equivalent circuit.

In the study of relationship between ring dimensions and resonant frequencies of ring-shaped piezoelectric via the resonator, the results show that the resonant frequencies, in the ranged studied, are independent of the inner or outer radius when holding both ring width and thickness at constant. However, the resonant frequencies decrease with increasing the width or thickness. The design of ring-shaped piezoelectric transformer using the electrical potential distribution given by the resonator as the guideline was investigated. The results show how to implement any desired resonant frequencies in transformer with enhanced performances. However, all resonant modes could not be revealed by the resonator, where the hidden resonant modes may emerge as

the spurious mode in transformer operations. Therefore, all of eigenfrequencies related to the width and thickness were extracted via eigenmodes diagram (eigenfrequencies multiplied by thickness (ft) as a function of width to thickness ratio (w/t)). The diagram reveals two distinct types of the eigenmodes in ring-shaped piezoelectric. The first type has the characteristic that the eigenfrequencies go to different resonant frequencies where w/t approaching zero, but the second type has the characteristic that the eigenfrequencies collapse to the same resonant frequency. Moreover, the eigenmodes diagram suggests the designing criteria for the ring-shaped piezoelectric transformer to operate with low spurious modes.