



ชุดสาธิตการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายด้วยหลักการความถี่สถานะเรโซแนนซ์

Demonstration of Wireless Power Transmission with Resonant Frequency

อิทธิพล เหลาพรม*

Ittipon Laoprom

สมโภชน์ วงเขียด*

Sompod Wongkhead

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอชุดสาธิตการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายด้วยหลักการความถี่สถานะเรโซแนนซ์ ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างชุดสาธิตเกี่ยวกับการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายด้วยความถี่สถานะเรโซแนนซ์สำหรับศึกษาการทำงานของระบบการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สาย โดยปัจจุบันเทคโนโลยีทางการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายได้มีเข้ามาพบในชีวิตประจำวันมากขึ้น เช่น การชาร์จโทรศัพท์มือถือแบบไร้สาย การพัฒนาระบบการชาร์จแบตเตอรี่ของรถไฟฟ้า เป็นต้น ซึ่งการออกแบบชุดสาธิตการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายด้วยหลักการความถี่สถานะเรโซแนนซ์ ได้ออกแบบด้วยวงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรมโดยใช้ตัวเหนี่ยวนำที่ 70 ไมโครเฮนรี่ ตัวเก็บประจุที่ 0.33 ไมโครฟารัด ความถี่เรโซแนนซ์ 35 กิโลเฮิร์ตซ์ ผลการทดลองสามารถส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายด้วยความถี่สถานะเรโซแนนซ์ที่ 35 กิโลเฮิร์ตซ์ ได้กำลังไฟฟ้าสูงสุดตามที่ได้ออกแบบ

คำสำคัญ : ชุดสาธิต / การส่งกำลังไฟฟ้าไร้สาย / ความถี่สถานะเรโซแนนซ์

ABSTRACT

This article presents a demonstration of wireless power transmission with the resonant frequency. The purpose is to create a demonstration of wireless power transmission with resonant frequency to study the operation of the wireless power transmission system. This current, the technology of wireless transmission has played a greater role in daily life, etc. such as charging cordless phones, the development of electric battery wireless charging system, etc. This article designs serial resonance circuit using inductor 70 μ H, capacitor 0.33 μ F resonant and resonant frequency 35 kHz. The results can transmit wireless power at a resonant frequency of 35 kHz with the maximum power output as designed.

Keywords : Demonstration / Wireless Power Transmission / Resonant Frequency

บทนำ

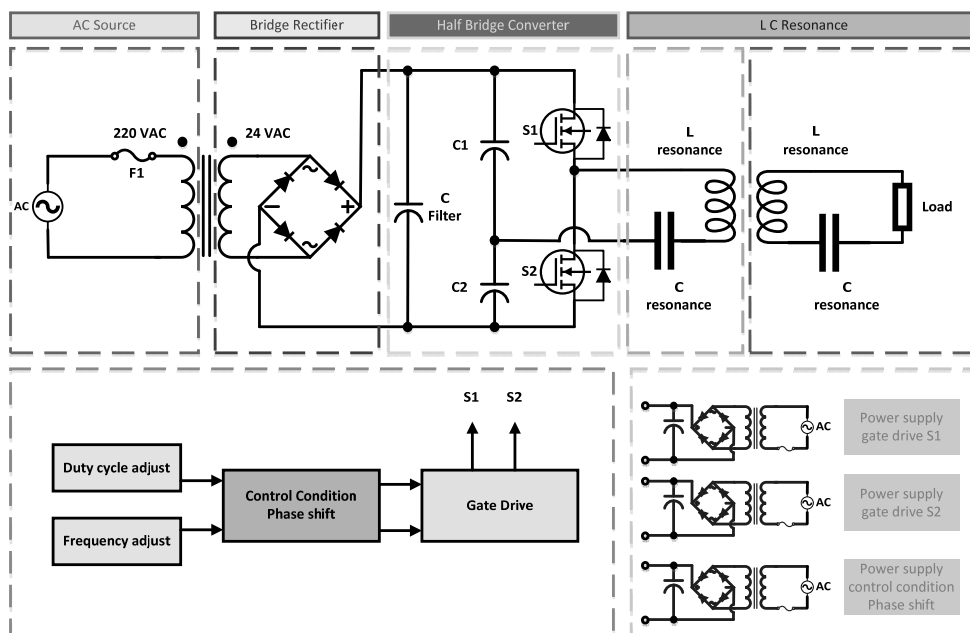
ปัจจุบันเทคโนโลยีทางการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายได้มีการประยุกต์ใช้งานอย่างแพร่หลายมากขึ้น เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ เช่น การชาร์จแบตเตอรี่ไร้สายสำหรับโทรศัพท์มือถือ การชาร์จแบตเตอรี่ไร้สายสำหรับรถยนต์ไฟฟ้า เป็นต้น ซึ่งการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายนั้นไม่ได้อาศัยสายตัวนำสำหรับการส่งพลังงาน แต่การส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายได้อาศัยการเหนี่ยวนำแม่เหล็กสำหรับการส่งพลังงานไร้สายแทน ทำให้เทคโนโลยีการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายสามารถลดการใช้สายตัวนำในการส่งพลังงานไปยังอุปกรณ์ เป็นการประหยัดการเดินสายตัวนำได้อีกด้วย

โดยทฤษฎีการส่งกำลังไฟฟ้าแบบไร้สายพบว่าการส่งกำลังไฟฟ้าแบบไร้สายเป็นที่รู้จักครั้งแรกจากรายงานวิจัยของเทสลาในปี 1800 ต่อต้นทศวรรษ 1900 โดยนักวิทยาศาสตร์ชื่อ Nicola Tesla ได้นำเสนอทฤษฎีของการส่งพลังงานแบบไร้สายไว้ (วิลลิตซ์ และศุภฤกษ์, 2557 และ วิลลิตซ์, 2559) หากนับแต่ Nicola Tesla ได้นำเสนอทฤษฎีเกี่ยวกับการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายนั้นก็เป็นเวลาหลายปี จะยังเห็นได้ว่าในปัจจุบันเทคโนโลยีการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายยังถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ทำให้ปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายอย่างกว้างขวางมากยิ่งขึ้น โดยนำมาใช้กับอุปกรณ์สำหรับการชาร์จแบตเตอรี่ที่จะเห็นได้กับ เทคโนโลยีการชาร์จแบตเตอรี่โทรศัพท์ไร้สาย สถานีสำหรับการชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์พลังงานไฟฟ้า ทั้งนี้ในการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายด้วยหลักการความถี่สถานะเรโซแนนซ์เป็นอีกหนึ่งวิธีที่ให้ประสิทธิภาพที่ดี เนื่องจากการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายด้วยหลักการความถี่สถานะเรโซแนนซ์นั้น จะสามารถส่งกำลังไฟฟ้าได้สูงสุด เนื่องจากขณะเกิดสถานะเรโซแนนซ์คৌณิกที่พีแอกแตนต์จะมีค่าเท่ากับค่าปาสิตีฟรีแอกแตนต์ จะทำให้ค่าอิมพีแดนซ์มีค่าเท่ากับค่าความต้านทานทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรไหลได้สูงสุด โดยในวงจรการเกิดความถี่สถานะเรโซแนนซ์สามารถเกิดได้แบบอนุกรมและแบบขนาน ซึ่งข้อดีดังกล่าวทำให้การส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายด้วยหลักการความถี่สถานะเรโซแนนซ์เป็นที่น่าสนใจอย่างยิ่ง

จากเทคโนโลยีการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายในปัจจุบันและความน่าสนใจของการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายด้วยสถานะความถี่เรโซแนนซ์ ทำให้แนวคิดในการสร้างชุดสาธิตการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายด้วยหลักการความถี่สถานะเรโซแนนซ์มีความน่าสนใจ โดยชุดสาธิตการทำงานของระบบการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายด้วยสถานะเรโซแนนซ์สามารถทำให้นักศึกษา ผู้สนใจเข้าใจหลักการการทำงานของระบบการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายด้วยหลักการความถี่สถานะ เรโซแนนซ์ได้

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการสร้างชุดสาธิตการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายด้วยหลักการความถี่สถานะเรโซแนนซ์ สำหรับใช้เป็นชุดสาธิตการทำงานของระบบการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สาย เพื่อให้นักศึกษาเข้าใจหลักการการทำงานของระบบการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สาย ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ใช้วงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรมสำหรับการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สาย โดยใช้วงจรฮาล์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์สำหรับเป็นภาคกำลัง และใช้ไอซี TL494 เป็นตัวกำเนิดสัญญาณความถี่ประมาณ 35 กิโลเฮิร์ตซ์ สำหรับเป็นสัญญาณนำขับสวิตช์ในภาคกำลังเพื่อส่งกำลังไฟฟ้าไปที่ภาคส่งกำลังไฟฟ้า เพื่อส่งต่อไปยังภาครับกำลังไฟฟ้า โดยมีแผนผังการทำงานของวงจรทั้งหมดดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนผังการทำงานโดยรวมของวงจรทั้งหมด

จากแผนผังการทำงานโดยรวมของวงจรทั้งหมดในภาพที่ 1 มีขั้นตอนการออกแบบของชุดสวิตติ่งกำลังไฟฟ้าไร้สายด้วยหลักการความถี่สภาวะเรโซแนนซ์ ดังขั้นตอนต่อไปนี้

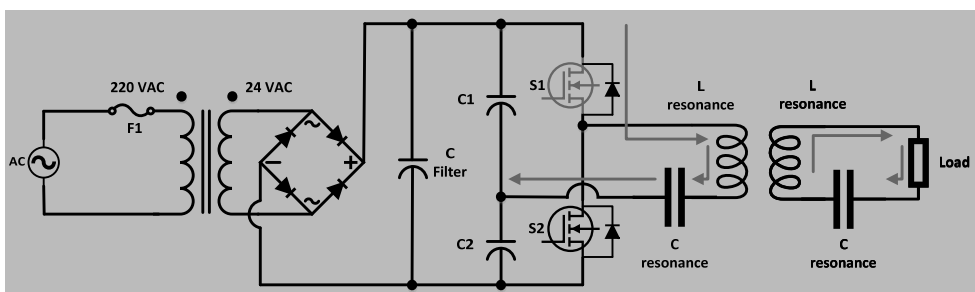
1. ออกแบบชุดตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ ทั้งภาคส่งและภาครับกำลังงานไฟฟ้า โดยมีสมการในการออกแบบตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ คือ

$$fr = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

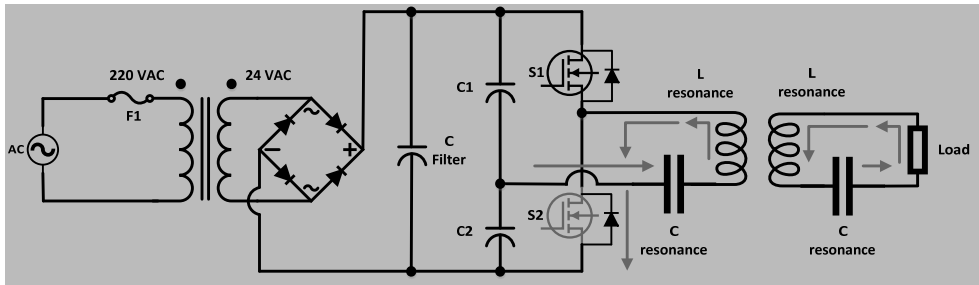
(จิระศักดิ์, 2558, สับรี และคนอื่นๆ, 2560 และจิระศักดิ์ และวันชัย, 2558)

2. ออกแบบชุดกำเนิดสัญญาณขับเคลื่อนสวิตช์ S1 และ S2 ในบทความนี้ใช้ IC TL494 ในการกำเนิดสัญญาณความถี่ โดยสัญญาณที่ใช้สำหรับขับเคลื่อนมีเฟสต่างกัน 180 องศา มีความถี่สวิตช์ 35 กิโลเฮิรตซ์ โดยความถี่ที่ออกแบบ ออกแบบมาจากสมการในการออกแบบตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ

3. ออกแบบวงจรฮาล์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ โดยวงจรได้ใช้สวิตช์เป็น IGBT ทำหน้าที่ในการสวิตช์

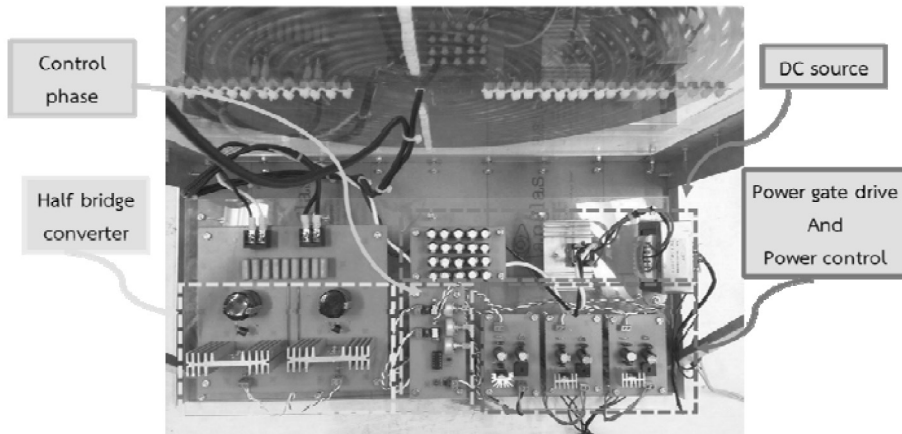


ภาพที่ 2 การทำงานของสวิตช์ S1 สำหรับการส่งกำลังไฟฟ้า

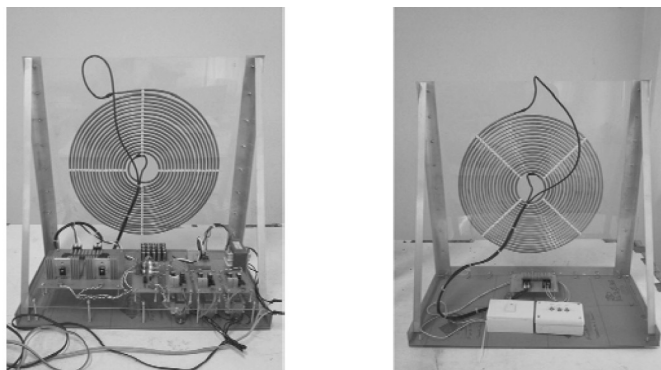


ภาพที่ 3 การทำงานของสวิตช์ S2 สำหรับการส่งกำลังไฟฟ้า

4. ออกแบบแหล่งจ่ายไฟ โดยออกแบบแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงสำหรับจ่ายวงจรฮาล์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ที่ประมาณ 34 โวลต์ สำหรับแหล่งจ่ายไฟภาคเกตไดร์และวงจรควบคุมได้ออกแบบแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงที่ 15 โวลต์



ภาพที่ 4 วงจรจริงทั้งหมดที่ใช้ในชุดสถิติการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายด้วยหลักการความถี่สภาวะเรโซแนนซ์



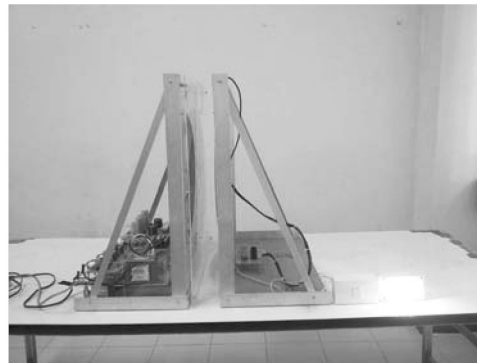
ภาพที่ 5 แสดงวงจรภาคส่งและภาครับกำลังไฟฟ้า

การทดลองเริ่มโดยการจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 34 โวลต์ เข้าชุดวงจรฮาล์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ จากนั้นจ่ายสัญญาณขับเคลื่อนที่ 35 กิโลเฮิรตซ์ เพื่อขับเคลื่อน IGBT ที่ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ S1 และ S2 เมื่อสวิตช์สองตัวทำงานโดยสลับกันทำงาน จะสร้างแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ชุดวงจรตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุที่ภาคส่ง

กำลังไฟฟ้า เมื่อเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำก็จะเกิดสนามแม่เหล็กที่ถูกส่งจากภาคส่งกำลังไปสู่วงจรภาครับ กำลังไฟฟ้า โดยการทดลองเมื่อปรับความถี่ที่คำนวณตามความถี่สภาวะเรโซแนนซ์เพื่อส่งกำลังไฟฟ้าไปที่ภาครับ กำลังงานไฟฟ้าแล้ว จึงค่อยๆปรับระยะความห่างของภาคส่งกำลังไฟฟ้าและภาครับกำลังงานไฟฟ้าเพื่อดูผลที่เกิดจากการขยับตำแหน่งของภาครับและภาคส่ง พร้อมทั้งปรับความถี่ ณ ค่าความถี่อื่นๆ ที่ไม่ได้เป็นความถี่สภาวะเรโซแนนซ์ของชุดสถานีการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายด้วยหลักการความถี่สภาวะเรโซแนนซ์เพื่อดูผลของกำลังไฟฟ้าที่ภาครับสัญญาณ

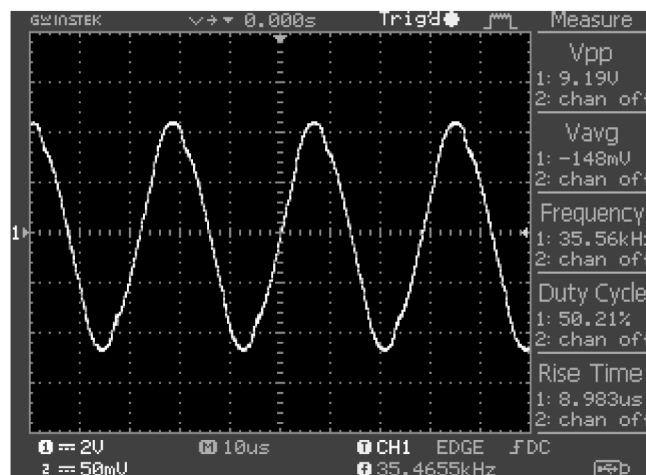
ผลการวิจัย

ผลการทดลองสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 6-8 และตารางที่ 1 ตารางแสดงผลการทดลองแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต ที่ระยะห่างและความถี่ต่างกัน



ภาพที่ 6 ผลการทดลองการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายด้วยหลักการความถี่สภาวะเรโซแนนซ์

โดยภาพที่ 6 แสดงผลการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายด้วยหลักการสภาวะเรโซแนนซ์ขณะต่อโหลดทั้งหมดขนาด 3.6 วัตต์ โดยใช้หลอดไส้ขนาด 12 โวลต์ จำนวน 3 หลอด เพื่อแสดงให้เห็นการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายโดยไม่ได้ใช้ตัวนำในการส่งกำลังไฟฟ้า โดยจากภาพที่ 6 หลอดไฟฟ้าฝั่งภาครับกำลังไฟฟ้าสามารถติดสว่างโดยไม่ได้ใช้ตัวนำในการส่งกำลังไฟฟ้า



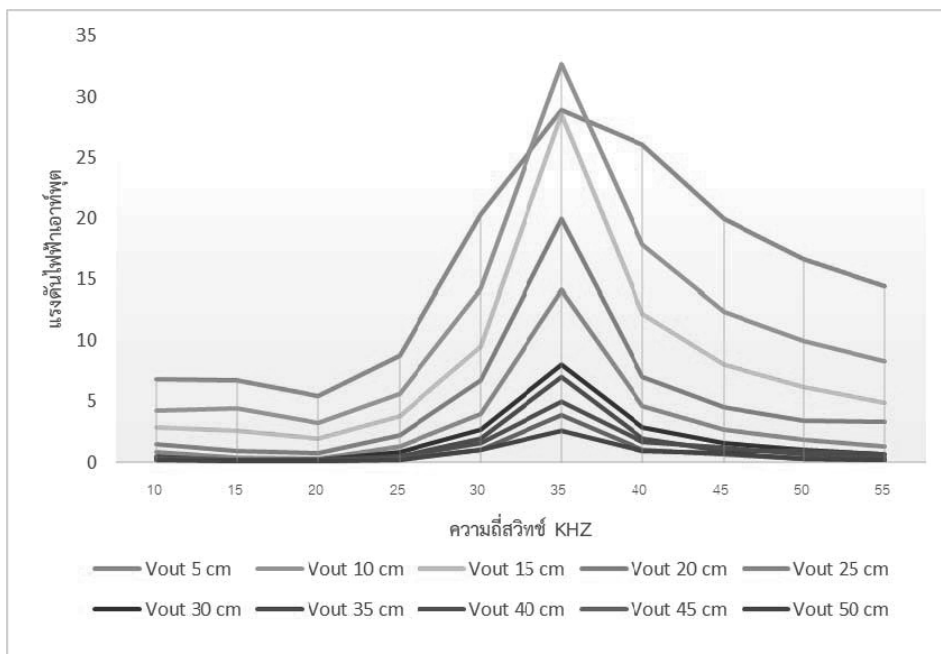
ภาพที่ 7 แสดงสัญญาณไฟฟ้าของภาครับกำลังไฟฟ้า

จากภาพที่ 7 แสดงให้เห็นถึงรูปของสัญญาณภาครับที่รับกำลังงานไฟฟ้าจากภาคส่งกำลังไฟฟ้า ซึ่งสัญญาณที่ได้จะมีความถี่เดียวกับสัญญาณภาคส่งกำลังไฟฟ้า

ตารางที่ 1 ตารางแสดงผลการทดลองแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต ที่ระยะห่างและความถี่ต่างกัน

ระยะห่าง (cm)	ความถี่ (kHz)									
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
5	6.8	6.7	5.4	8.8	20.3	28.9	26	19.9	16.6	14.4
10	4.2	4.4	3.2	5.6	14.2	32.7	17.8	12.4	10	8.3
15	2.9	2.6	1.9	3.8	9.5	28.5	12.2	8	6.2	4.9
20	1.5	0.9	0.7	2.2	6.7	19.9	7	4.5	3.4	3.3
25	0.8	0.4	0.3	1.3	4	14.1	4.6	2.7	1.8	1.3
30	0.5	0.1	0.2	0.8	2.7	8	2.9	1.6	1	0.6
35	0.3	0.2	0.2	0.5	1.9	7	1.9	0.9	0.9	0.6
40	0.4	0.2	0.2	0.5	1.6	5	1.7	1.2	0.6	0.4
45	0.3	0.1	0.1	0.3	1	3.9	1	0.6	0.3	0.2
50	0.2	0.09	0.06	0.2	1	2.6	0.9	0.7	0.3	0.2

ผลของการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายด้วยหลักการสภาวะเรโซแนนซ์โดยเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณความถี่และแรงดัน ณ ช่วงความถี่ต่างกัน โดยผลการทดลองความถี่ที่ 35 กิโลเฮิร์ตซ์ให้กำลังไฟฟ้าได้มากที่สุด และทุกๆ ระยะห่างที่เปลี่ยนแปลงที่ความถี่ 35 กิโลเฮิร์ตซ์ ยังคงให้กำลังไฟฟ้ามากที่สุดเช่นกัน โดยแสดงได้ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ผลการทดลองแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต ที่ระยะห่างและความถี่ต่างกัน

อภิปรายผล

จากผลการทดลองชุดสาธิตการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายด้วยหลักการความถี่สภาวะเรโซแนนซ์สามารถส่งกำลังไฟฟ้าได้ตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยชุดสาธิตสามารถส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายที่ความถี่ 35 กิโลเฮิร์ตซ์ ได้ กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ระยะต่างๆ ซึ่งสอดคล้องกับการออกแบบ และสามารถปรับความถี่เพื่อผลของการส่งกำลังไฟฟ้า ณ ที่ความถี่ต่างกันเพื่อดูผลของการส่งกำลังไฟฟ้าได้ ทำให้สามารถเข้าใจหลักการของการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายด้วยความถี่สภาวะเรโซแนนซ์ได้อย่างชัดเจน ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการ คือ สร้างชุดสาธิตการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายด้วยความถี่สภาวะเรโซแนนซ์สำหรับศึกษาการทำงานของระบบการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายและชุดสาธิตการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายด้วยความถี่สภาวะเรโซแนนซ์สามารถปรับความถี่ได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยชุดสาธิตการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายด้วยหลักการความถี่สภาวะเรโซแนนซ์ สำเร็จขึ้นได้ด้วยการสนับสนุนเครื่องมือ อุปกรณ์การทดลอง จากโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกาแพงเพชร

เอกสารอ้างอิง

- จิระศักดิ์ วงศา. (2558). การออกแบบและสร้างเรโซแนนซ์อินเวอร์เตอร์ด้วยเทคนิคการควบคุมความหนาแน่นพัลส์ในงานหลอมพลาสติกแบบเหนี่ยวนำความร้อน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- จิระศักดิ์ วงศา และวันชัย ทรัพย์สิงห์. (2558). การพัฒนากระบวนการหลอมพลาสติกกรีไซเคิลด้วย หลักการเหนี่ยวนำความร้อน. ใน การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 38. วันที่ 18-20 พฤศจิกายน พ.ศ. 2558. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.
- วิสิทธิ์ พันธุ์ดี และ ศุภฤกษ์ ยุพา. (2557). ชุดสาธิตระบบการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สาย. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก.
- วิสิทธิ์ ลุ่มชะเนาว์. (2559, มกราคม-มิถุนายน). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายระหว่างแผ่นพีซีบี กับขดลวดทองแดง. วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : เทพสตรี I-TECH, 11(1), 1-11.
- สัبری สะนอ และคนอื่นๆ. (2560, มกราคม-มิถุนายน). ออกแบบและทดลองการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายของขดลวดแบบกลวง. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ศรีวิชัย, 1(1), 9-14.