การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการส่งกำลังไฟฟ้าแบบไร้สายระหว่างแผ่นพีซีบีกับขดลวดทองแดง

วิสิทธิ์ ลุมชะเนาว์
สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องส่งกำลังไฟฟ้าแบบไร้สาย เพื่อหาประสิทธิภาพการส่งกำลังไฟฟ้าแบบไร้สาย และเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการส่งกำลังไฟฟ้าระหว่างแผ่นพีซีบี (Printed Circuit Board) กับขดลวดทองแดง (Copper Coil) โดยอาศัยหลักการของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าและหลักการของวงจรเรโซแนนซ์เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ชุดขดลวดตัวส่ง (Transmitter) และชุดขดลวดตัวรับ (ReceiverCoil) ในบทความนี้จะนำเสนอการออกแบบขดลวดด้วยแผ่นพีซีบีการออกแบบลักษณะ Layers Printed Coil และแบบขดลวดทองแดง ขนาด 2.5 มิลลิเมตรการพันขดลวดออกแบบลักษณะUnifilar Coil ในการส่งกำลังไฟฟ้าประกอบไปด้วยวงจรกำเนิดสัญญาณ (Oscillator) การมอดูเลตความกว้างพัลส์ (PWM) โดยใช้ไอซีเบอร์ SG3525 ทำงานที่ความถี่ 70KHz เพื่อขับนำเกตของมอสเฟตกำลัง (MOSFET) และสร้างสนามแม่เหล็กให้กับขดลวดตัวส่ง

ผลการวิจัย พบว่า เมื่อทำการทดลองโดยใช้โหลดค่าความต้านทาน 47 โอห์ม ซึ่งชุดขดลวดตัวรับผ่านแผ่นพีซีบีมีค่าแรงดันเอาต์พุตเท่ากับ 44.05V และมีค่ากระแสเท่ากับ 0.93A และชุดขดลวดตัวรับผ่านขดลวดทองแดงมีค่าแรงดันเอาต์พุตเท่ากับ 53.20V และมีค่ากระแสเท่ากับ 1.36A สรุปผลได้ว่าขดลวดทองแดงมีประสิทธิภาพการใช้งานสูงกว่าแบบแผ่นพีซีบี และนำขดลวดทองแดงไปประยุกต์ใช้งานกับหลอดแอลอีดี (LED) มีค่าแรงดัน 12V, 9W จำนวน 2 หลอด พบว่าหลอดแอลอีดีแสดงผลสถานะติดสว่างอยู่ในช่วงระยะตั้งแต่ 0-30 เซนติเมตร

คำสำคัญ: ส่งกำลังไฟฟ้าแบบไร้สาย, แผ่นพีซีบี, ขดลวดทองแดง, การปรับความถี่, การพันด้วยขดลวดเส้นเดียว

The Efficiency Comparative of Wireless Power Transfer between PCB with Copper Coil

Wisit Lumchanao

Electronics Techology, Faculty of Industrial Technology, Buriram Rajabhat University.

Abstract

The objective of this research were, to design and construction of wireless power transfer (WPT), to efficiency of the WPT, and to comparison efficiency between printed circuit board (PCB) and copper coil, by using a basic of electromagnet field and resonance circuit.Instruments used in the research was a transmitter and receiver coil. This the research proposed the design of coil plat PCB characteristics designlayered printed coil and using the 2.5 mm copper coil characteristics design unifilarcoil.Inside the WPT are consists a oscillator (OSC) that are pulse width modulation (PWM) was used IC SG3525and was working at 70kHz, to gate driving of power mosfet and the electromagnetic field was constructed to transmitter coil.

The results of research found that the tested with a load of 47 ohm,which the receiver PCB coil set, has output voltage was 44.05V and the currents of 0.93A. The copper coil set, has output voltage was 53.20V and the currents of 1.36A. Conclusion that, the efficiency of copper coil set which higher than the PCB set. The results of applications copper coil set, with light emitting diode (LED) to voltage 12Vdc, 9W there were 2 sets. Found that the indicator light on the period from 0-30 cm

Keywords: Wireless Power Transfer, Printed Circuit Board, Copper Coil, frequency adjust, Unifilar Coil

1. บทนำ

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในปัจจุบันมีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว และในปัจจุบันพลังงานไฟฟ้ามีส่วนสำคัญในการนำไปใช้ประโยชน์กันทั่วทุกมุมโลก เนื่องจากสามารถแปลงเป็นพลังงานรูปแบบอื่นได้ง่าย เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม อีกทั้งสามารถส่งผ่านพลังงานไปยังสถานที่ห่างไกลได้ จากแหล่งผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยผ่านระบบสายส่งไฟฟ้าแรงสูง หรือลักษณะพลังงานทดแทน อย่างไรก็ตามระบบไฟฟ้าภายในบ้านต้องอาศัยสายส่งไฟฟ้าในการเชื่อมต่อใช้งานกับอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น หลอดไฟฟ้า โทรทัศน์ คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์มือถือ วิทยุเป็นต้น และประเทศไทยในสภาวะปัจจุบันยังพบปัญหาเกี่ยวกับการเกิดอัคคีภัยอันเนื่องมาจากไฟฟ้าลัดวงจรตามอาคาร บ้านเรือนที่พักอาศัย ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาข้อมูลเพื่อนำมาประยุกต์ใช้งานในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว จากการศึกษาการส่งกำลังไฟฟ้าแบบไร้สาย พบว่ามีการทดลองเทคโนโลยีการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายครั้งแรกโดยการใช้ขดตัวนำพันบนแกนอากาศต่ออนุกรมกับคาปาซิเตอร์ ใช้เป็นขดส่งและรับกำลังงานเพื่อทำให้เกิดสภาวะเรโซแนนซ์ ผลงานทดลองของนิโคลา เทสลาร์ ในปี ค.ศ. 1880[1], [2]และปัจจุบันมีผู้คิดค้นการส่งกำลังไฟฟ้าแบบไร้สายอย่างแพร่หลาย ในการนำไปใช้งานชาร์จพลังงานให้กับโทรศัพท์มือถือการชาร์จพลังงานให้กับแบตเตอรี่รถยนต์ และการให้พลังงานกับหลอดไฟแบบไร้สาย ซึ่งส่วนใหญ่นิยมนำแผ่นพีซีบีนำมาประดิษฐ์ใช้งานตั้งแต่ขนาดเล็กไปจนถึงขนาดใหญ่[3]

จากข้อมูลและทฤษฎีข้างต้นที่กล่าวมา ผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะออกแบบและสร้างเครื่องส่งกำลังไฟฟ้าแบบไร้สาย เพื่อหาประสิทธิภาพการส่งกำลังไฟฟ้าแบบไร้สายระหว่างแผ่นพีซีบี(Printed Circuit Board)กับขดลวดทองแดง(Copper Coil) เพื่อเป็นเครื่องต้นแบบสำหรับการส่งกำลังไฟฟ้าแบบไร้สายสามารถนำไปต่อยอดเพื่อผลิตอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบไร้สายได้ในอนาคตก็ย่อมสามารถประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายในทางด้านเครื่องใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าและเพื่อใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนทางด้านอิเล็กทรอนิกส์และทางด้านไฟฟ้า ซึ่งชุดเครื่องส่งกำลังไฟฟ้าที่สร้างขึ้นสามารถนำไปทดลองการใช้งานกับอุปกรณ์ต่างๆ ทางไฟฟ้า เช่น หลอดไฟ การชาร์จแบตเตอรี่โทรศัพท์มือถือ หรือการชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์เป็นต้น และเพื่อให้ได้ผลการทดลองมีประสิทธิภาพในการนำไปใช้งานมากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยได้นำเอาอุปกรณ์ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์มาใช้งานในการสร้างชุดทดลองการส่งกำลังไฟฟ้าผ่านอากาศทั้งนี้โดยอาศัยหลักการของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าและหลักการของวงจรเรโซแนนซ์เครื่องส่งกำลังไฟฟ้าแบบไร้สายประกอบไปด้วยชุดขดลวดตัวส่งและชุดขดลวดตัวรับซึ่งผู้วิจัยได้นำหลักการของวงจรขับเพาเวอร์มอสเฟตกำลัง วงจรสร้างพัลส์วิธมอดูเลชั่นโดยใช้ไอซีเบอร์SG3525 เป็นต้น เพื่อนำมาใช้ในการสร้างชุดการส่งกำลังไฟฟ้าแบบไร้สายที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้

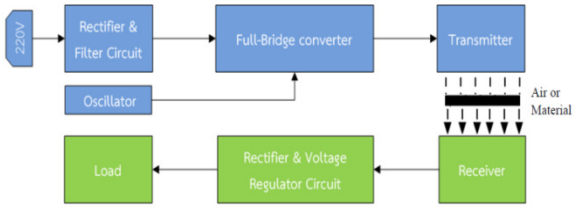
2. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

2.1 เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องส่งกำลังไฟฟ้าแบบไร้สาย

2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพการส่งกำลังไฟฟ้าแบบไร้สาย

2.3 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการส่งกำลังไฟฟ้าระหว่างแผ่นพีซีบีกับขดลวดทองแดง

3. กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 1 แสดงกรอบแนวคิดการดำเนินงาน

จากภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการออกแบบและสร้างการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายจะประกอบไปด้วย วงจรภาคแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับ220V เพื่อเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 310 V ใช้เป็นไฟเลี้ยงภาคกำลัง ภาควงจรกำเนิดสัญญาณ (Oscillator) ในการสร้างสัญญาณขับนำขาเกตของมอสเฟตในวงจรคอนเวอร์เตอร์ ในรูปแบบการมอดูเลตความกว้างพัลส์ (PWM)เพื่อให้ได้ความเสถียรภาพมากที่สุดโดยใช้ IC SG3525 เป็นตัวสร้างความถี่ไปยังขดลวดตัวนำด้านส่ง (Transmitter) เมื่อมีกระแสไฟฟ้าความถี่สูงไหลผ่านขดลวดตัวนำด้านส่งทำให้เกิดสนามแม่เหล็กส่งผ่านไปยังด้านรับ

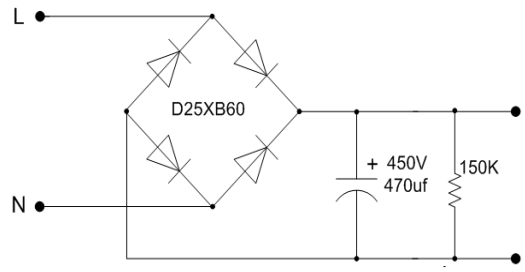
(Receiver) เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับโหลดได้ [2]

4. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยทำการศึกษาทฤษฎีที่ใช้ในงานวิจัยในหัวข้อต่างๆ ในการออกแบบและสร้างเครื่องส่งกำลังไฟฟ้าแบบไร้สาย โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 การออกแบบวงจรเร็กติไฟเออร์ (Rectifier)

การออกแบบวงจรภาคแหล่งจ่ายแรงดันของระบบประกอบด้วย[4] วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์(Full Wave Bridge Rectifier) และวงจรกรองแรงดัน(Capacitor Filter Circuit) โดยจะรับแรงดันไฟกระแสสลับ220V, 50 Hz, 1 Phase เพื่อเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 310V ใช้เป็นไฟเลี้ยงภาคกำลังและแรงดันไฟฟ้า 15Vใช้เป็นไฟเลี้ยงภาควงจรควบคุมโดยใช้ไอซีเบอร์7815 เพื่อรักษาระดับแรงดันให้คงที่แรงดัน 15V ในการออกแบบวงจรภาคกำลังสามารถหาได้จากสมการและแสดงภาพของวงจรดังต่อไปนี้



ภาพที่ 2 แสดงวงจรแหล่งจ่ายไฟภาคกำลัง

$$V_{DC} = \sqrt{2} \times V_S - V_D \qquad (1)$$

โดย

V_S =แรงดันที่ใช้งาน มีหน่วยเป็น โวลต์

V_D =แรงดันตกคร่อมไดโอด มีหน่วยเป็น โวลต์

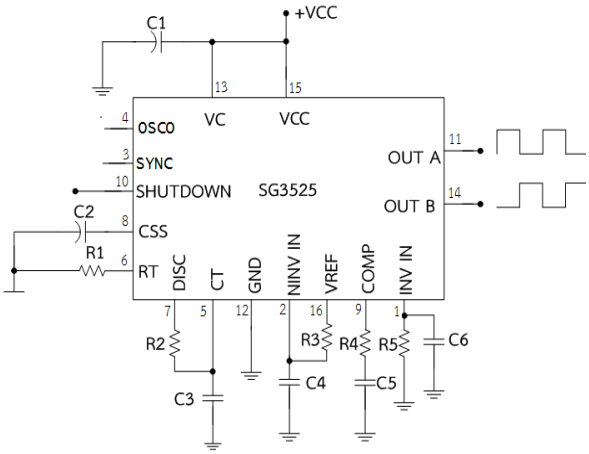
จะได้ว่า

$$V_{DC} = (\sqrt{2} \times 220) - 2 \times 0.7$$

$$= 310\text{V}$$

4.2 วงจรกำเนิดสัญญาณมอดูเลตความกว้างพัลส์และขับนำเกต

วงจรกำเนิดสัญญาณควบคุมในส่วนนี้จะทำหน้าที่สร้างสัญญาณไปขับนำขาเกตของมอสเฟตทั้ง 4 ชุดในวงจรคอนเวอร์เตอร์ซึ่งจะต้องควบคุมการทางานของอุปกรณ์ต่างๆ รวมถึงช่วงจังหวะเวลาการทำงานของเพาเวอร์มอสเฟต เพื่อให้ได้รูปคลื่นของแรงดันทางด้านเอาต์พุตที่ต้องการและการส่งกำลังไฟฟ้าประกอบด้วยวงจรกำเนิดสัญญาณ (Oscillator) การมอดูเลตความกว้างพัลส์ (PWM) โดยใช้ไอซีเบอร์ SG3525รูปแบบวงจรฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์รูปคลื่นพัลส์ที่สร้างออกมาจะต้องมีความต่างเฟสกัน[4] และสามารถปรับแต่งความกว้างของพัลส์ได้ เพื่อให้ได้ความถี่ที่ต้องการ ที่เหมาะสำหรับในการใช้ขับนำเกตของมอสเฟตกำลังที่จะนำมาใช้งาน เพื่อให้ได้ความเสถียรภาพมากที่สุด[5]ดังแสดงในภาพที่ 3



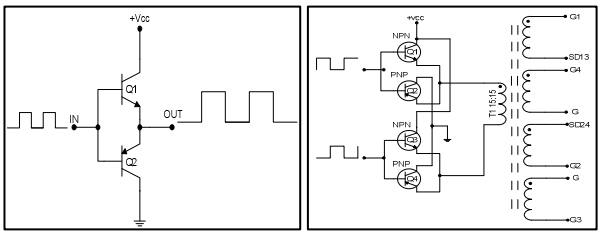
ภาพที่ 3 วงจรกำเนิดสัญญาณมอดูเลตความกว้างพัลส์

จากภาพที่ 3 โครงสร้างไอซีสำเร็จรูปเบอร์ SG3525มีหลักการทำงานเกี่ยวกับการปรับแต่งความถี่ด้วยขาที่ 5CT กับขาที่ 6RT ทำหน้าที่สร้างความถี่หลัก และขาที่ 11 กับขาที่ 14 เป็นสัญญาณออกไปใช้งาน โดยความถี่มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับค่า RT และ CT และส่วนขาที่7 RD จะเป็นการปรับค่า Dead time จะเป็นระยะเวลาที่ใช้ในการวัดสัญญาณ (pulse) หรือจนกระทั่งสัญญาณใหม่เกิดขึ้นและคำนวณหาค่าความถี่ได้จากสมการดังต่อไปนี้ [2]

$$f_{osc} = \frac{1}{CT(0.7RT + 3RD)} \quad (2)$$

4.3 การขับนำเกตมอสเฟตกำลัง (MOSFET & IGBT Gate Drivers)

มอสเฟตกำลังจะทำงานได้ก็ต่อเมื่อมีการกระตุ้น(trigger)ที่ขา G หรือเกตซึ่งสัญญาณได้จากตัวกำเนิดความถี่สัญญาณพัลส์ที่ได้จากขา 11และขา 14 ของ SG3525แต่สัญญาณที่ได้มีกำลังไม่พอที่จะขับนำเกตของมอสเฟสกำลังได้จึงมีการสร้างวงจรคอมพลิเมนตารี (Complimentary)โดยใช้ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN และ PNPต่อเข้ากับวงจรโวลต์เตจฟอลโลเวอร์ที่มีคุณสมบัติและค่าพารามิเตอร์ที่เหมือนกันซึ่งเรียกว่าคอมพลิเมนตารีอิมิตเตอร์ฟอลโลเวอร์[6]ดังแสดงในภาพที่ 4

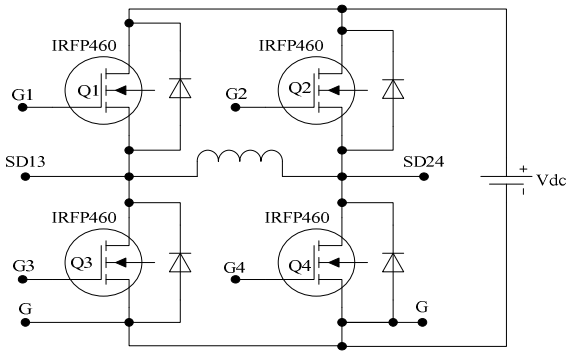


(ก) (ข)

ภาพที่ 4 แสดงการออกแบบวงจรขับนำเกตมอสเฟตกำลัง (ก) วงจรคอมพลิเมนตารีและ (ข) วงจรขับนำเกต

4.4 ฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ (Full-Bridge converter)

วงจรพื้นฐานของฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์[7] โดยมีเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ทั้ง 4 ตัวจะทำงานโดยนำกระแสและหยุดนำกระแสสลับกันเป็นคู่ๆ ในแต่ละครึ่งคาบเวลา Q1 และ Q4 จะนำกระแสพร้อมกันในครึ่งคาบเวลา และเมื่อหยุดนำกระแส Q2 และ Q3 จะนำกระแสพร้อมกันในครึ่งคาบเวลาที่เหลือสลับกัน



ภาพที่ 5 แสดงวงจรพื้นฐานของฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์

4.5 การออกแบบขดลวดตัวส่ง (Transmitter) และขดลวดตัวรับ (Receiver Coil)

ขดลวดตัวส่งจะสร้างเส้นแรงแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นมาเพื่อส่งพลังงานไฟฟ้าไปยังขดลวดตัวรับและขดลวดตัวรับจะได้รับเส้นแรงแม่เหล็กไฟฟ้าจำนวนมากจากขดลวดตัวส่ง [8], [2] และจะทำหน้าที่เปลี่ยนเส้นแรงแม่เหล็กไฟฟ้าไปเป็นพลังงานไฟฟ้า [9] และสามารถหาค่าความเหนี่ยวนำได้จากสมการ

$$L = \frac{(NR)^2}{8R + 11W}\mu H \quad (3)$$

เมื่อ L คือความเหนี่ยวนำ (มีหน่วยเป็นไมโครเฮนรี่)

R คือรัศมีของขดลวด (มีหน่วยเป็นนิ้ว)

N คือ จำนวนรอบของขดลวด

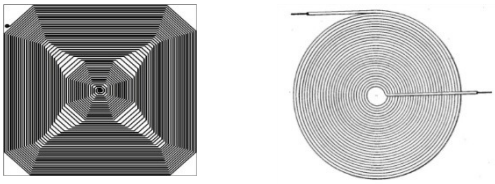
W คือความกว้างของขดลวด(มีหน่วยเป็นนิ้ว)

5. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นวิจัยเชิงทดลอง ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนในการออกแบบและสร้างเครื่องส่งกำลังไฟฟ้าแบบไร้สายจากการรวบรวมของทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

5.1 การออกแบบขดลวดตัวส่ง (Transmitter) และขดลวดตัวรับ(Receiver Coil)

การออกแบบด้วยแผ่นพีซีบี (Printed Circuit Board) ดังแสดงในภาพที่ 6 (ก) และการออกแบบขดลวดด้วยสายทองแดงในลักษณะUnifilarCoil ดังแสดงในภาพที่ 6 (ข)

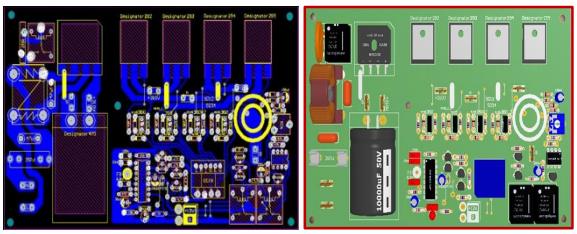


(ก) (ข)

ภาพที่ 6 แสดงการออกแบบขดลวด (ก) แบบ Layers Printed Coilและ (ข) แบบ UnifilarCoil

5.2 การออกแบบวงจรของเครื่องส่งกำลังไฟฟ้าแบบไร้สาย

การออกแบบวงจรจะประกอบไปด้วยวงจรไลน์ฟิลเตอร์ วงจรเร็กจะติไฟเออร์วงจรออสซิลเลเตอร์และวงจรขับนำเกตมอสเฟตกำลัง ดังแสดงในภาพที่ 7

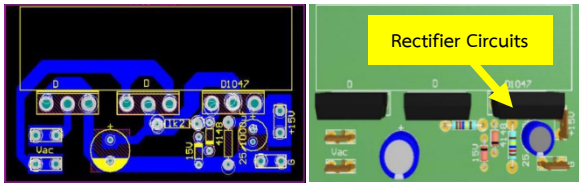


(ก) (ข)

ภาพที่ 7 การออกแบบวงจรเครื่องส่งกำลังไฟฟ้าแบบไร้สาย ก) การออกแบบลายวงจรและ ข) การวางอุปกรณ์วงจร

5.3 การออกแบบวงจรตัวรับ (Receiver)

การออกแบบวงจรจะประกอบไปด้วยวงจรเร็กติไฟเออร์และจุดเชื่อมต่อการประยุกต์ใช้งาน ดังแสดงในภาพที่ 8



(ก) (ข)

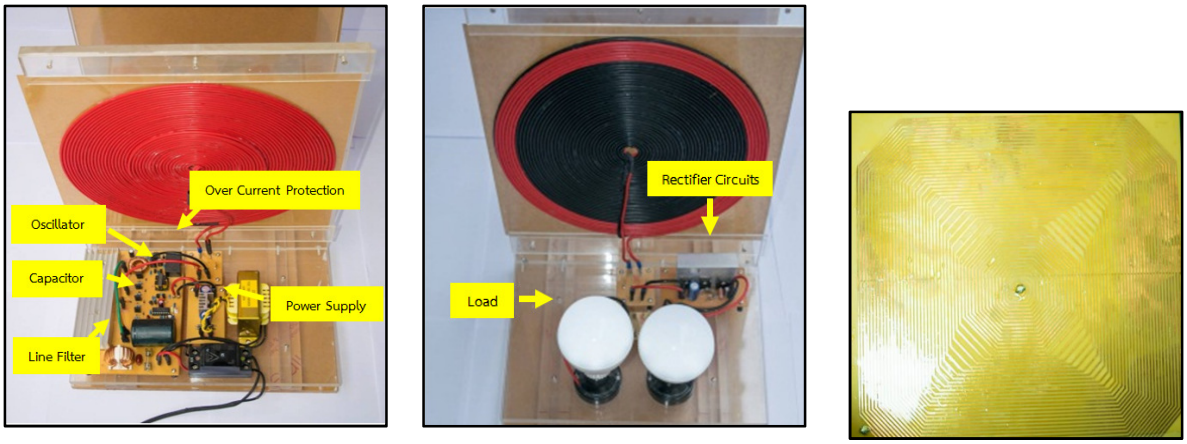
ภาพที่ 8 การออกแบบวงจรด้านขดลวดตัวรับ (ก) การออกแบบลายวงจร และ (ข) การวางอุปกรณ์

6. ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ซึ่งผลจากการออกแบบและสร้างเครื่องส่งกำลังไฟฟ้าแบบไร้สายโดยผู้วิจัยได้นำเสนอผลจากการวิจัย ดังต่อไปนี้

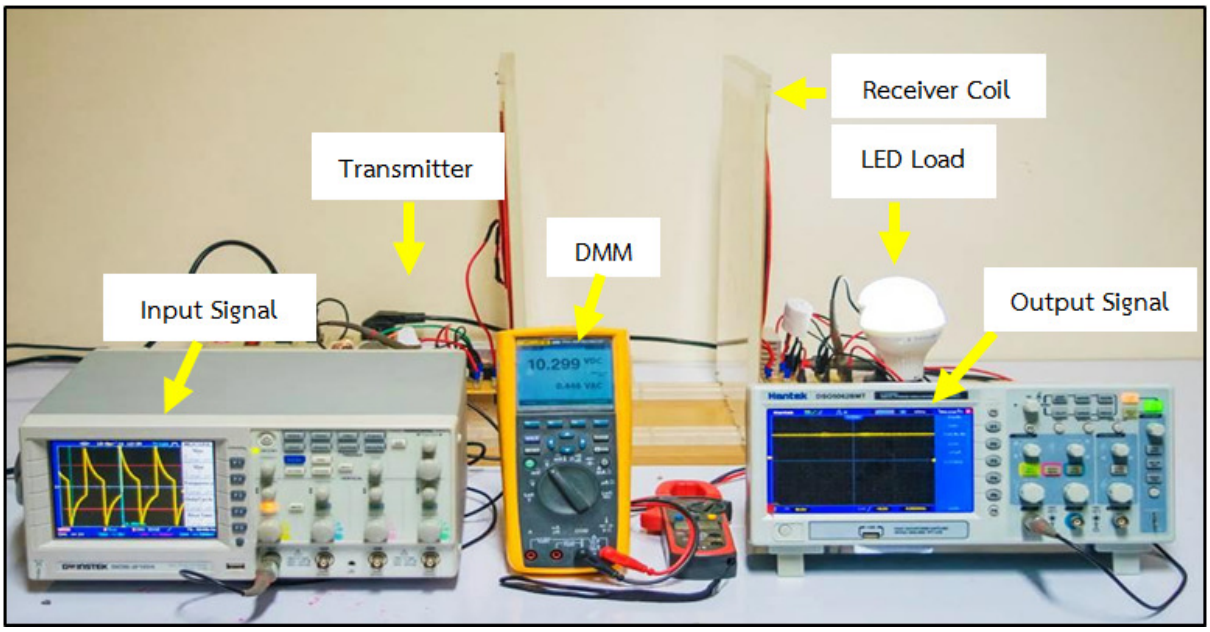
6.1 ผลการออกแบบและสร้างเครื่องส่งกำลังไฟฟ้าแบบไร้สาย

ในการออกแบบและสร้างครั้งนี้จะคำนึงถึงขีดจำกัดในการใช้งานของอุปกรณ์ต่างๆโดยผู้วิจัยจะสร้างตามที่ได้ออกแบบไว้ทุกประการดังแสดงในภาพที่ 9



(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 9 แสดงการต่ออุปกรณ์ของวงจร (ก) ขดลวดตัวส่ง (Transmitter) (ข) ขดลวดตัวรับ (Receiver Coil) และ (ค) Layers Printed Coil



ภาพที่ 10 แสดงชุดทดลองการส่งกำลังไฟฟ้าแบบไร้สาย

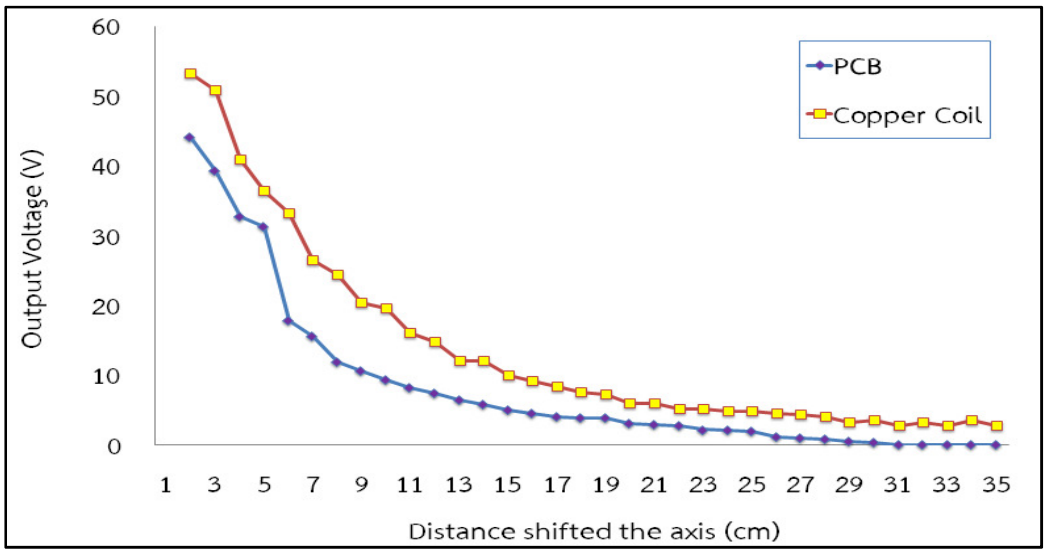
6.2 ผลการหาประสิทธิภาพเครื่องส่งกำลังไฟฟ้าแบบไร้สาย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองประสิทธิภาพการส่งกำลังไฟฟ้าแบบไร้สายในการเก็บข้อมูลการทดลองในครั้งนี้ โดยใช้โหลดค่าความต้านทาน 47 โอห์ม และความถี่ใช้งาน 70KHz ซึ่งได้ทำการทดลองการส่งกำลังไฟฟ้าแบบไร้สายแบบแผ่นพีซีบีและแบบขดลวดทองแดงดังแสดงในตารางที่ 1ผลการทดลองแรงดันเอาต์พุตและดังแสดงในตารางที่ 2 ผลการทดลองกระแสเอาต์พุต

ตารางที่ 1 แสดงผลการเปรียบเทียบแรงดันเอาต์พุตระหว่างแบบแผ่นพีซีบีกับแบบขดลวดทองแดง

Distance shifted the axis (cm)	PCB		Copper Coil	
	Input Voltage	Output Voltage	Input Voltage	Output Voltage
2	72.40V	44.05V	72.40V	53.20V
5	70V	31.24V	70V	36.40V
10	69.40V	9.38V	69.40V	19.60V
15	70.40V	5.07V	70.40V	10V
20	69.20V	3.02V	69.20V	6V
25	69.80V	1.94V	69.80V	4.80V
30	69.40V	0.35V	69.40V	3.60V
35	70.40V	0V	70.40V	2.80V

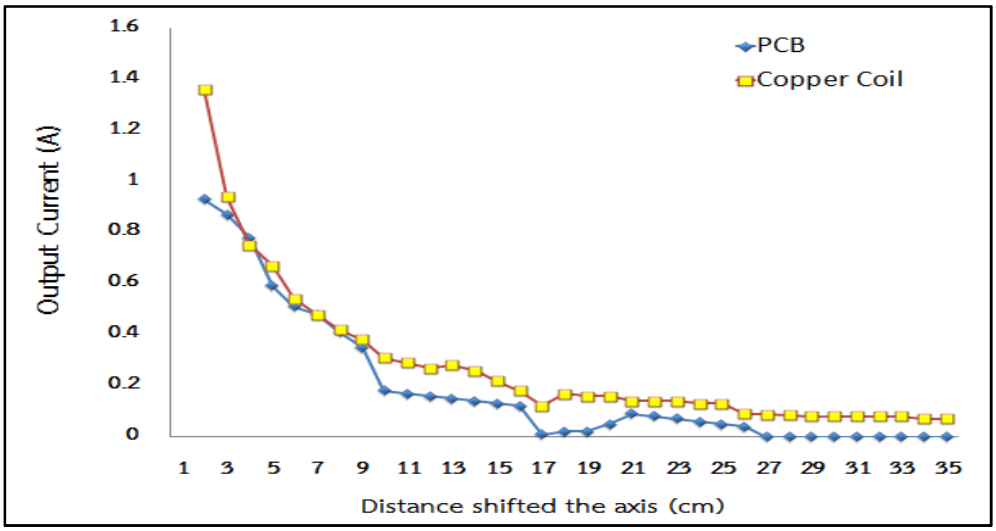
จากตารางที่ 1 พบว่าค่าปริมาณทางไฟฟ้าจะแปรผันตามระยะห่างระหว่างขดลวดตัวส่งกับขดลวดตัวรับ ซึ่งได้ทดลองระยะห่างตั้งแต่ 2 เซนติเมตร เป็นต้นไปจากการทดลองหาประสิทธิภาพการส่งกำลังไฟฟ้าแบบไร้สายจะมีการถ่ายเทพลังงานได้ดีมีประสิทธิภาพในช่วงระยะใกล้ และประสิทธิภาพจะลดลงไปตามลำดับจนกว่าจะสิ้นสุดการถ่ายเทพลังงานจะดังแสดงในกราฟภาพที่ 11



ภาพที่ 11 แสดงกราฟผลการเปรียบเทียบแรงดันเอาต์พุตระหว่างการส่งกำลังไฟฟ้าแบบไร้สายแบบแผ่นพีซีบีกับแบบขดลวดทองแดง

ตารางที่ 2 แสดงผลการเปรียบเทียบกระแสเอาต์พุตระหว่างแบบแผ่นพีซีบีกับแบบขดลวดทองแดง

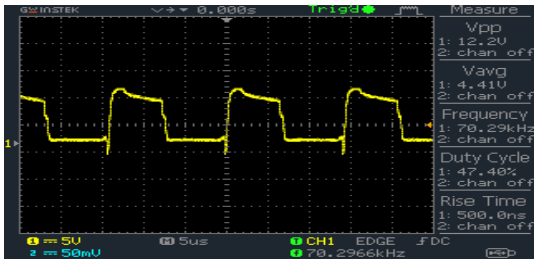
Distance shifted the axis (cm)	PCB		Copper Coil	
	Input Current	Output Current	Input Current	Output Current
2	3.75A	0.93A	3.75A	1.36A
5	3.11A	0.59A	3.11A	0.67A
10	2.86A	0.18A	2.86A	0.31A
15	2.91A	0.12A	2.91A	0.18A
20	2.78A	0.09A	2.78A	0.12A
25	2.79A	0.04A	2.79A	0.09A
30	2.78A	0A	2.78A	0.08A
35	2.78A	0A	2.78A	0.07A



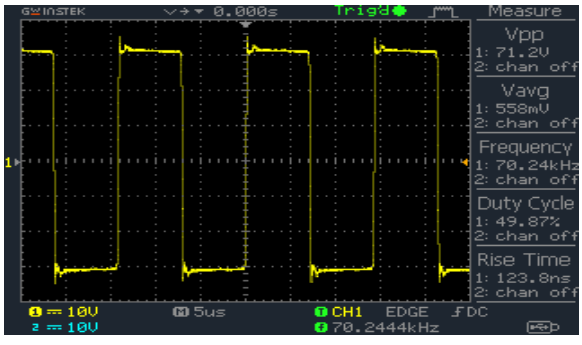
ภาพที่ 12 แสดงกราฟผลการเปรียบเทียบกระแสเอาต์พุตระหว่างการส่งกำลังไฟฟ้าแบบไร้สายแบบแผ่นพีซีบีกับแบบขดลวดทองแดง

6.3 ผลการวัดสัญญาณพัลส์ขับนำเกต

จากภาพที่ 13 ได้ทำการทดลองวัดสัญญาณพัลส์ขับนำเกตขณะทำงานจะเห็นได้ว่าเมื่อเกิดการนำกระแสของมอสเฟตทั้ง 4 ตัวจะมีสัญญาณทริกมอสเฟตมีสไปร์

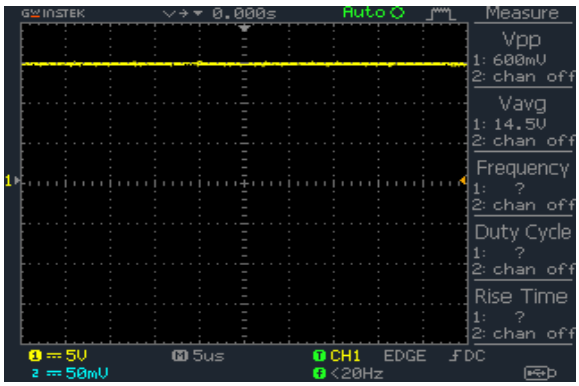


ภาพที่ 13 สัญญาณพัลส์ขับนำเกตขณะทำงาน



ภาพที่ 14 สัญญาณพัลส์กำลังสูงของวงจรฟลูบริดจ์คอนเวอร์เตอร์

จากภาพที่ 14 แสดงสัญญาณพัลส์กำลังสูงของเพาเวอร์มอสเฟตทั้ง 4 ตัวจะสลับการทำงานซึ่งQ1 และ Q4 จะนำกระแสพร้อมกันในสัญญาณช่วงครึ่งคาบแรก ส่วนในครึ่งคาบหลัง Q2 และ Q3 นำกระแสแทน ส่วน Q1 และ Q4 หยุดนำกระแส และทำให้แรงดันเอาต์พุตของคอนเวอร์เตอร์ที่ขดลวดภาคส่งอยู่ในรูปสัญญาณสี่เหลี่ยม



ภาพที่ 15 สัญญาณของโหลด 47 โอห์มที่ผ่านวงจรเรียงกระแสเอาต์พุต

จากภาพที่ 15 แสดงรูปสัญญาณของวงจรภาครับซึ่งอยู่ในรูปแบบไฟฟ้ากระแสตรงอย่างสม่ำเสมอ(Steady) ของค่าแรงดัน ค่ากระแส และค่ากำลังไฟฟ้าตกคร่อมโหลดความต้านทาน 47 โอห์ม

7. สรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการออกแบบและสร้างเครื่องส่งกำลังไฟฟ้าแบบไร้สายเพื่อหาประสิทธิภาพการส่งกำลังไฟฟ้าแบบไร้สายและเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างแผ่นพีซีบี (Printed Circuit Board) กับขดลวดทองแดง (CopperCoil) โดยอาศัยหลักการของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าและหลักการของวงจรเรโซแนนซ์ในรูปแบบของพลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนเป็นพลังงานแม่เหล็กเพื่อทำหน้าที่ส่งไปยังขดลวดตัวรับ และเปลี่ยนจากพลังงานแม่เหล็กเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยมีการออกแบบขดลวดตัวส่ง (Transmitter) และขดลวดตัวรับ(Receiver Coil)ซึ่งแบบที่ 1 ใช้แผ่นพีซีบีในการออกแบบลักษณะ Layers Printed Coil และแบบที่ 2 ใช้ขดลวดทองแดง ขนาด 2.5 มิลลิเมตรพันขดลวดในลักษณะ Unifilar Coilและในส่วนการส่งกำลังไฟฟ้าแบบไร้สาย มีการออกแบบวงจรการสร้างความถี่ (Oscillator) สัญญาณพัลส์ (PWM) เพื่อสั่งสวิตช์ชิ่งทำงานโดยใช้ไอซีเบอร์ SG3525 ที่ความถี่ใช้งาน 70 KHz เพื่อขับนำเกตของมอสเฟตกำลัง (MOSFET) ของวงจรฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ (Full-Bridge converter) เพื่อทำการขยายสัญญาณพัลส์ให้มีค่าแรงดันสูงขึ้น และสร้างสนามแม่เหล็กให้กับขดลวดตัวส่งจากผลการวิจัยพบว่าเมื่อทำการทดลองโดยใช้โหลดค่าความต้านทาน 47 โอห์ม ชุดขดลวดตัวรับผ่านแผ่นพีซีบีด้านเอาต์พุตมีค่าแรงดันเท่ากับ 44.05Vและมีค่ากระแสเท่ากับ 0.93Aและชุดขดลวดตัวรับผ่านขดลวดทองแดงด้านเอาต์พุตมีค่าแรงดันเท่ากับ 53.20V และมีค่ากระแสเท่ากับ 1.36A สรุปผลได้ว่าขดลวดทองแดงมีประสิทธิภาพในการใช้งานสูงกว่าแบบแผ่นพีซีบี และนำขดลวดทองแดงไปประยุกต์ใช้งานกับหลอด LED ค่าแรงดัน 12V, 9W จำนวน 2 หลอด พบว่าหลอดแอลอีดีแสดงสถานะติดสว่างอยู่ในช่วงระยะตั้งแต่ 0-30 เซนติเมตรและเครื่องส่งกำลังไฟฟ้าแบบไร้สายที่ผู้วิจัยออกแบบและสร้างขึ้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายเช่นการชาร์จแบตเตอรี่โทรศัพท์มือถือการชาร์จแบตเตอรี่สำหรับรถยนต์ไฟฟ้าประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้ารถจักรยานไฟฟ้าเป็นต้นและในอนาคตก็ย่อมสามารถประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายและเป็นที่นิยมในการนำไปใช้งานซึ่งสอดคล้องกับผลงานของ [8] ผลงานการส่งกำลังไฟฟ้าผ่านอากาศสำหรับรถยนต์ไฟฟ้าโดยใช้หลักการเหนี่ยวนำพื้นฐานของฟาราเดย์และหลักการของวงจรเรโซแนนซ์ต้นแบบที่พัฒนานี้จะเปลี่ยนรูปแบบของพลังงานจากพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานแม่เหล็กและส่งไปยังตัวรับพลังงานซึ่งจะเปลี่ยนพลังงานแม่เหล็กกลับมาเป็นพลังงานไฟฟ้าอีกครั้งเพื่อชาร์จแบตเตอรี่เนื่องจากการส่งกำลังไฟฟ้าผ่านอากาศนั้นได้ถูกนามาใช้กับตัวต้นแบบข้อดีที่เกิดขึ้นคือสามารถใช้งานได้ง่ายและสะดวกขึ้นนอกจากนี้ความปลอดภัยและขีดจำกัดในการแพร่กระจายสัญญาณรบกวนก็ได้ถูกพิจารณาไว้ในการออกแบบด้วยและผลงานวิจัยสอดคล้องกับสุทธิวุฒิ แก้ววันนาและคณะ[10] ชุดเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบไร้สายโดยโครงสร้างของอุปกรณ์แบ่งออกเป็น 3 ส่วนด้วยกันคือ 1) DC Power Supply 2) Transmitter และ 3) Receiver DC Power Supply ออกแบบให้ทำงานกับไฟฟ้า 220 Vrms, 50 Hz แปลงเป็นไฟฟ้ากระแสตรงแรงดัน 12 Vdcส่วนวงจรภาคส่ง (Transmitter) สร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ 2 MHz วงจรภาครับ (Receiver) เพื่อรับสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่สร้างจากวงจรภาคส่งแล้วแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสตรงแรงดัน 5 V กระแส 450 mA เพื่อชาร์จโทรศัพท์แบตเตอรี่โทรศัพท์มือถือซึ่งผลงานวิจัยของ สุทธิวุฒิ แก้ววันนาและคณะสรุปได้ว่าวงจรที่สร้างขึ้นนั้นสามารถชาร์จแบตเตอรี่โทรศัพท์แบบไร้สายได้โดยมีประสิทธิภาพ 4.12 เปอร์เซ็นต์

8. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยในครั้งนี้ขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ ในการทำงานวิจัยและผู้เชี่ยวชาญที่ให้คำแนะนำในการวิจัยครั้งนี้

9. เอกสารอ้างอิง

[1] WenxingZhong, Chi Kwan Lee, and S.Y.RonHui.“General Analysis on the Use of Tesla’s Resonators in Domino Forms for Wireless Power Transfer”, Proceeding of IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol.60, 2013, pp. 261–270.

[2] วิสิทธิ์ ลุมชะเนาว์และคณะ,“การส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายโดยใช้ขดลวดทองแดง”, การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยราชภัฏกลุ่มศรีอยุธยาครั้งที่ 7 (NCSAG-2016), 2559, หน้า.424-429.

[3] Sangwook Han and David D.Wentzloff, “Wireless Power Transfer Using Resonant Inductive Coupling for 3D Integrated ICs”, 3D Systems Integration Conference (3DIC), IEEE International, Nov. 16-18, 2010, pp. 1–5.

[4] พูนศรี วรรณการ,“การออกแบบสร้างเครื่องเชื่อมความถี่สูงโดยใช้หลักการฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์”, การประชุมเครือข่ายวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล,ปทุมธานี, พฤศจิกายน2551, หน้า. 332-339.

[5] George Chryssis, “High-Frequency Switching Power Supplies-Theory and Design”, McGraw Hill, 1989.

[6] สุวัฒน์แซ่ดั่น, “เทคนิคและการออกแบบสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย”, สำนักพิมพ์หุ้นไข่ไก่ (พิมพ์ครั้งที่ 3),2558.

[7] N. Mohan, T.M. Undeland, and W. P. Robbins, Power electronics : converters applications and design”, Ed. John Wiley & Sons, New York, 2003.

[8] ภัทรธร เผ่าจินดา และคณะ,“การส่งกำลังไฟฟ้าผ่านอากาศสำหรับรถยนต์ไฟฟ้า”, ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2556.

[9] Jiseong Kim, Jonghoon Kim, Sunkyu Kong, Hongseok Kim, In-SooSuh, Nam PyoSuh, Dong-Ho Cho, Joungho Kim and SeungyoungAHn, “Coil Design and Shielding Methods for a Magnetic Resonant Wireless Power Transfer System”, Proceedings of the IEEE, Vol.101, 2013, pp. 1332-1342.

[10] สุทธิวุฒิ แก้ววันนาและคณะ,“ชุดเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบไร้สาย”, ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิตภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2555.