

โต๊ะทำงานมหัศจรรย์กำลังงานไร้สาย
WIRELESS-POWER-TRANSFER MAGIC WORKTABLE



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

โต๊ะทำงานมหัศจรรย์กำลังงานไร้สาย

WIRELESS-POWER-TRANSFER MAGIC WORKTABLE

| | | |
|---------------|------------|----------|
| | โดย | |
| นางสาวภูริชญา | วิชัยดิษฐ์ | 60010808 |
| นางสาวรัฐญา | สนิทชน | 60010860 |
| นายสารบัญญัติ | อักษรเจริญ | 60011053 |

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ. ดร. ชูวงศ์ พงศ์เจริญพาณิชย์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2563

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง โต๊ะทำงานมหัศจรรย์กำลังงานไร้สาย

WIRELESS-POWER-TRANSFER MAGIC WORKTABLE

ผู้จัดทำ

- | | | |
|------------------|------------|----------|
| 1. นางสาวภูริชญา | วิชัยดิษฐ์ | 60010808 |
| 2. นางสาวรัฐญา | สนิทชน | 60010860 |
| 3. นายสารบัญญัติ | อักษรเจริญ | 60011053 |


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รศ. ดร.ชวรงค์ พงศ์เจริญพานิชย์)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินปฏิญาณนิพนธ์เรื่อง “โตะทำงานมหัศจรรย์กำลังงานไร้สาย” จะไม่สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความความอนุเคราะห์และสนับสนุนอย่างดียิ่งจากอาจารย์ที่ปรึกษาปฏิญาณนิพนธ์คือ รศ.ดร.ชวรงค์ พงศ์เจริญพาณิชย์ รวมทั้งรุ่นพี่ทุกท่านในห้องปฏิบัติการทดลอง ที่กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษา และแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษา ค้นคว้าวิจัยให้ปฏิญาณนิพนธ์นี้สำเร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้น รวมถึงสนับสนุนสถานที่ เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในการจัดทำปฏิญาณนิพนธ์ ขอขอบพระคุณในความห่วงใย และความปรารถนาดีให้แก่คณะผู้จัดทำเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอน ประสิทธิ์ประสาทวิชา ความรู้ และประสบการณ์ให้แก่ผู้จัดทำ

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัว ที่ให้ความรัก ความห่วงใย และเป็นกำลังใจที่สำคัญเสมอมาในยามที่เกิดปัญหา จนกระทั่งปฏิญาณนิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีและที่สำคัญคือสนับสนุนให้โอกาสทางด้านการศึกษาอันมีค่ายิ่งแก่ผู้จัดทำ

นางสาวภูริชญา วิชัยดิษฐ์
นางสาวรัฐญา สนิทชน
นายสารบัญญัติ อักษรเจริญ
ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

โต๊ะทำงานมหัศจรรย์กำลังงานไร้สาย

WIRELESS-POWER-TRANSFER MAGIC WORKTABLE

| | | | |
|-----|---------------|------------|----------|
| โดย | นางสาวภูริชญา | วิชัยดิษฐ์ | 60010808 |
| | นางสาวรัฐญา | สนิทชน | 60010860 |
| | นายสารบัญญัติ | อักษรเจริญ | 60011053 |

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.ชวรงค์ พงศ์เจริญพาณิชย์

บทคัดย่อ

โต๊ะทำงานมหัศจรรย์กำลังงานไร้สายนี้มีจุดประสงค์เพื่อสร้างอุปกรณ์ที่สามารถส่งผ่านกำลังงานไร้สายให้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ด้วยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการส่งผ่านกำลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าการเรโซแนนซ์ และการเหนี่ยวนำเพื่อให้เกิดการส่งผ่านกำลังงานไร้สายได้ โดยนำเสนอในรูปแบบโต๊ะทำงานต้นแบบที่ติดตั้งอุปกรณ์การส่งผ่านกำลังงานไร้สายที่สามารถทำให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่วางอยู่บนโต๊ะสามารถทำงานได้ โดยอาศัยหลักการทำงานในส่วนของวงจรภาคส่งและวงจรภาครับที่ได้มาจากการออกแบบวงจรต่าง ๆ ทฤษฎีของวงจรเรียงกระแส วงจรขับ ทฤษฎีวงจรอินเวอร์เตอร์บริดจ์แบบครึ่งคลื่น และวงจรเหนี่ยวนำ เพื่อทำการส่งผ่านกำลังงานให้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โดยชิ้นงานดังกล่าวประกอบไปด้วยวงจรภาคส่งเชื่อมต่อกับขดลวดปฐมภูมิเพื่อทำหน้าที่ในการส่งกำลังงานแบบไร้สายให้กับขดลวดภาครับเพื่อที่จะสามารถนำไปเป็นแหล่งกำลังงานให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าได้โดยไม่ต้องพึ่งพาสายส่งกำลังงาน จากนั้นติดตั้งวงจรภาครับและภาคส่งเข้ากับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อนำไปใช้งานร่วมกับโต๊ะทำงานที่ได้ออกแบบไว้ ผลการทดสอบพบว่าโต๊ะทำงานมหัศจรรย์กำลังงานไร้สายสามารถถ่ายโอนกำลังงานให้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้ และเพิ่มความสะดวกสบายในการใช้งานมากขึ้น นอกจากนี้ ผลการทดสอบสามารถยืนยันทฤษฎีการเหนี่ยวนำสามารถทำให้เกิดการส่งผ่านกำลังงานไร้สายได้

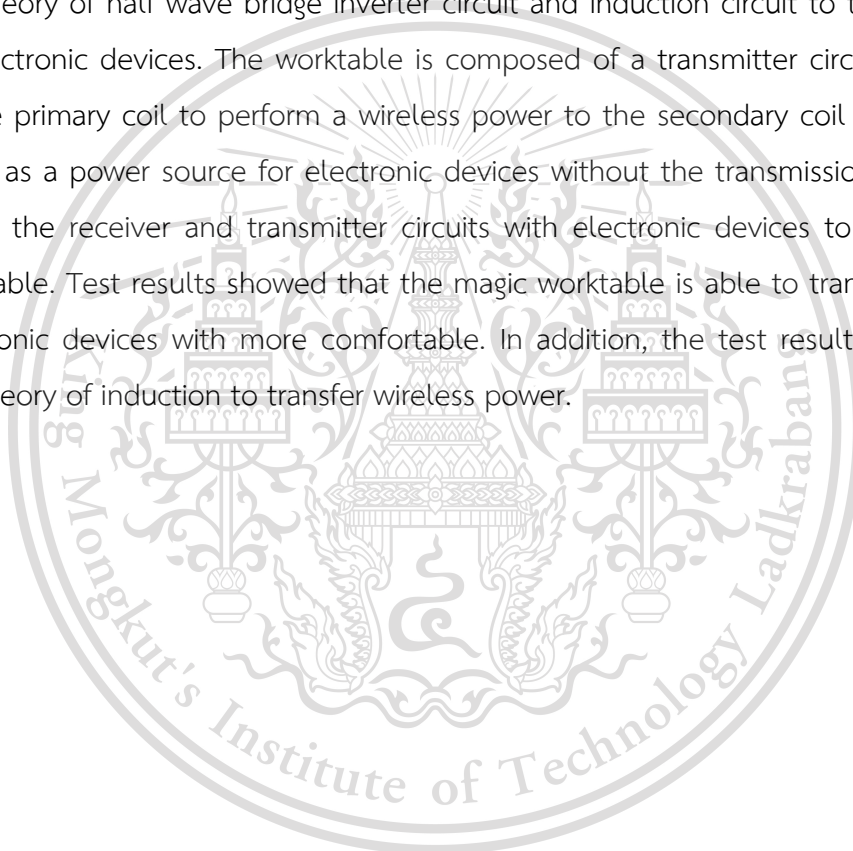
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ABSTRACT

Wireless-Power-Transfer Magic Worktable is intended to create a device that can transfer wireless power to electronic devices by applying Electromagnetic theory. Resonance and Induction is used to transfer wireless power. By presenting in the form of a worktable with a wireless transmitter device, it can enable electronic devices placed on the worktable. It is based on the principles of transmitter and receiver that derived from the circuit design, theory of rectifier, driver MOSFET circuit, the theory of half wave bridge inverter circuit and induction circuit to transfer power to electronic devices. The worktable is composed of a transmitter circuit connected to the primary coil to perform a wireless power to the secondary coil to be able to use it as a power source for electronic devices without the transmission lines. Then, install the receiver and transmitter circuits with electronic devices to use with the worktable. Test results showed that the magic worktable is able to transfer power to electronic devices with more comfortable. In addition, the test results can confirm the theory of induction to transfer wireless power.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ

| | หน้า |
|---|-----------|
| กิตติกรรมประกาศ | I |
| บทคัดย่อ | II |
| สารบัญ | IV |
| สารบัญรูป | VI |
| สารบัญตาราง | XII |
| บทที่ 1 | |
| บทนำ | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ | 1 |
| 1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์ | 2 |
| บทที่ 2 | |
| ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง | 3 |
| 2.1 ทฤษฎีหลักการทำงานของเทคโนโลยีการส่งผ่านกำลังงาน | 4 |
| 2.2 ทฤษฎีการเหนี่ยวนำ | 10 |
| 2.3 วิเคราะห์องค์ประกอบของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ | 12 |
| 2.4 อุปกรณ์และซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการจำลองและทดสอบ | 22 |
| บทที่ 3 | |
| การออกแบบและการจัดทำปริญญานิพนธ์ | 31 |
| 3.1 การออกแบบ | 31 |
| 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง | 44 |
| 3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง | 45 |
| บทที่ 4 | |
| ผลการทดลอง | 47 |
| 4.1 ผลการทดสอบความถี่ของขดลวด | 47 |
| 4.2 ผลการทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานอย่างง่าย | 49 |
| 4.3 ผลการทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานโดยใช้วงจรภาคส่งต้นแบบร่วมกับ | 51 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้เฉพาะในวงการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งหวังจรรยาบรรณอย่างง่าย และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|---|-----------|
| 4.4 การทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานโดยใช้วงจรถูกส่งต้นแบบร่วมกับ วงจรถูกรับต้นแบบ | 56 |
| 4.5 ผลการทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานโดยใช้วงจรถูกต้นแบบ | 59 |
| 4.6 การทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานของขดลวดชั้นเดียว | 63 |
| 4.7 การทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานของขดลวดเกลียวแบน | 83 |
| 4.8 การทดสอบการทำงานของโตะทำงานจริง | 87 |
| บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ | 90 |
| 5.1 สรุปผล | 90 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ | 93 |
| บรรณานุกรม | 94 |
| ภาคผนวก รูปภาพประกอบการทดสอบการถ่ายโอน | 98 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป

| รูปที่ | หน้า | |
|--------|---|----|
| 2.1 | บล็อกไดอะแกรมของโต๊ะทำงานหัตถ์จรรยกำลังงานไร้สาย | 4 |
| 2.2 | หลักการพื้นฐานของการส่งผ่านกำลังงาน | 4 |
| 2.3 | หลักการพื้นฐานการส่งผ่านกำลังงานในรูปแบบการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า | 6 |
| 2.4 | หลักการพื้นฐานของการถ่ายโอนกำลังงานแบบไร้สายโดยอาศัยความถี่เรโซแนนซ์ | 6 |
| 2.5 | ทิศของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำตามกฎของเลนซ์ | 11 |
| 2.6 | สนามแม่เหล็กกรอบขดลวดวงกลมโดยใช้กฎมือขวา | 12 |
| 2.7 | วงจรเรียงกระแสไฟฟ้า | 12 |
| 2.8 | ไดโอดและสัญลักษณ์ทางวงจรไฟฟ้า | 12 |
| 2.9 | การเรียงกระแสด้านบวก | 13 |
| 2.10 | การเรียงกระแสด้านลบ | 13 |
| 2.11 | ผลลัพธ์จากการใช้ตัวเก็บประจุในการกรองกระแส | 14 |
| 2.12 | ลักษณะวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นในส่วนภาครับ | 14 |
| 2.13 | สัญญาณขาออกของวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น | 15 |
| 2.14 | สัญญาณขาออกของวงจรเรียงกระแสเมื่อใช้ตัวเก็บประจุกรองสัญญาณ | 15 |
| 2.15 | โครงสร้างวงจรอินเวอร์เตอร์บริดจ์แบบครึ่งคลื่น | 16 |
| 2.16 | สัญญาณขาออกจากมอสเฟตทั้งสองตัว | 17 |
| 2.17 | โครงสร้างของ CD4047BCM | 17 |
| 2.18 | ลักษณะของ CD4047BCM | 17 |
| 2.19 | ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าและการเกิดสนามไฟฟ้าเมื่อใช้แหล่งกำเนิดด้วยไฟฟ้ากระแสสลับ | 18 |
| 2.20 | ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าและการเกิดสนามไฟฟ้าเมื่อใช้แหล่งกำเนิดด้วยไฟฟ้ากระแสตรง | 19 |
| 2.21 | วงจรที่ใช้ขดลวดที่มีแทปกกลางและมอสเฟตเพื่อช่วยให้เกิดการเหนี่ยวนำ | 19 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป (ต่อ)

| รูปที่ | หน้า | |
|--------|--|----|
| 2.22 | ขดลวดเกลียวแบน | 20 |
| 2.23 | ขดลวดเกลียวแบนประเภท A | 20 |
| 2.24 | ขดลวดเกลียวแบนประเภท A (ต่อ) | 21 |
| 2.25 | ขดลวดเกลียวแบนประเภท B | 21 |
| 2.26 | แผ่นวงจรพิมพ์ | 22 |
| 2.27 | ตัวต้านทาน | 23 |
| 2.28 | ตัวเก็บประจุ | 23 |
| 2.29 | ไดโอด | 24 |
| 2.30 | มอสเฟต | 24 |
| 2.31 | ไดโอดเปล่งแสง | 25 |
| 2.32 | อุปกรณ์ควบคุมแรงดัน 7812 | 25 |
| 2.33 | ไฟ LED เส้น | 26 |
| 2.34 | พัดลมระบายอากาศ | 26 |
| 2.35 | พัดลมตั้งโต๊ะ | 27 |
| 2.36 | คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ | 27 |
| 2.37 | แผงระบายความร้อน | 27 |
| 2.38 | วงจรจ่ายกระแสไฟฟ้า | 28 |
| 2.39 | ขดลวดเหนี่ยวนำ | 28 |
| 2.40 | แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง | 29 |
| 2.41 | โต๊ะทำงาน | 29 |
| 2.42 | หน้าต่างของ โปรแกรม PROTEUS 8 PROFESSIONAL | 30 |
| 2.43 | หน้าต่างของโปรแกรม ALTIUM DESIGNER 19 | 30 |
| 3.1 | วงจรถ่ายโอนกำลังงานต้นแบบ | 31 |
| 3.2 | แบบจำลองโครงสร้างวงจรเรียงกระแส | 32 |
| 3.3 | ผลการจำลองสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับขาเข้า | 32 |
| 3.4 | ผลการจำลองสัญญาณขาออกของวงจรเรียงกระแส | 33 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป (ต่อ)

| รูปที่ | หน้า |
|--|------|
| 3.5 ผลการจำลองสัญญาณขาออกจากวงจรกรองกระแสด้วยตัวเก็บประจุ C_1 | 33 |
| 3.6 ผลการจำลองสัญญาณขาออกเมื่อใช้วงจรเรียงกระแสสำเร็จ LM7812 | 34 |
| 3.7 ผลการจำลองการกรองกระแสของตัวเก็บประจุ C_2 | 34 |
| 3.8 ผลการจำลองการกรองกระแสของตัวเก็บประจุ C_3 | 35 |
| 3.9 แบบจำลองโครงสร้างวงจรอินเวอร์เตอร์บริดจ์แบบครึ่งคลื่น | 35 |
| 3.10 เปรียบเทียบสัญญาณขาเข้าของทรานซิสเตอร์ Q_1 และ Q_2 | 36 |
| 3.11 สัญญาณขาออกของทรานซิสเตอร์ Q_1 และ Q_2 | 36 |
| 3.12 ผลจำลองการเปรียบเทียบการใช้ตัวเก็บประจุสำหรับกรองกระแส | 37 |
| 3.13 วงจรควบคุมและสร้างสัญญาณขับ | 38 |
| 3.14 วงจรในส่วนภาครับ | 38 |
| 3.15 จุด A และจุด B ในวงจรต้นแบบ | 39 |
| 3.16 ผลการนำทฤษฎีเข้ากับวงจรภาครับต้นแบบ | 39 |
| 3.17 ขดลวดเป็นลักษณะวงกลมรัศมี 3 เซนติเมตร | 40 |
| 3.18 ขดลวดลักษณะสี่เหลี่ยมผืนผ้า 11×18 เซนติเมตร | 40 |
| 3.19 ลักษณะการพันขดลวดแบบชั้นเดียว (SINGLE LAYER WINDING) | 41 |
| 3.20 จำนวนรอบการพันขดลวดเมื่อเปลี่ยนค่าความเหนี่ยวนำในช่วง 1 ถึง 15 ไมโครเฮนรี | 42 |
| 3.21 ลักษณะการพันขดลวดเกลียวแบน | 43 |
| 4.1 ขดลวดเบอร์ 24 SWG หน้าตัด 0.25 ตารางมิลลิเมตร จำนวน 10 รอบ ที่มีแทปกกลาง | 47 |
| 4.2 ขดลวดเบอร์ 29 SWG หน้าตัด 0.11 ตารางมิลลิเมตร จำนวน 30 รอบ ที่มีแทปกกลาง | 47 |
| 4.3 ขดลวดเบอร์ 24 SWG หน้าตัด 0.25 ตารางมิลลิเมตร จำนวน 10 รอบ | 48 |
| 4.4 ขดลวดเบอร์ 24 SWG หน้าตัด 0.25 ตารางมิลลิเมตร จำนวน 40 รอบ | 48 |
| 4.5 การต่อขดลวดปฐมภูมิร่วมกับทรานซิสเตอร์และขั้วแบตเตอรี่ | 49 |
| 4.6 การต่อขดลวดทุติยภูมิร่วมกับไดโอดเปล่งแสง | 50 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป (ต่อ)

| รูปที่ | หน้า |
|---|------|
| 4.7 ตัวอย่างการทดสอบถ่ายโอนกำลังงานอย่างง่าย | 50 |
| 4.8 มุมมองการเคลื่อนตัวของขดลวดภาครับห่างออกจากขดลวดภาคส่งทั้งแบบวางที่จุดศูนย์กลางด้านข้างและด้านบน | 52 |
| 4.9 มุมมองการเคลื่อนตัวของขดลวดภาครับห่างออกจากขดลวดภาคส่งทั้งแบบวางเยื้องจากจุดศูนย์กลางด้านข้างและด้านบน | 52 |
| 4.10 เปรียบเทียบระยะห่างการถ่ายโอนกำลังงานในลักษณะเคลื่อนออกจากจุดศูนย์กลางของขดลวดภาครับเมื่อใช้ขดลวดภาคส่งในรูปแบบต่าง ๆ | 55 |
| 4.11 เปรียบเทียบระยะห่างการถ่ายโอนกำลังงานในลักษณะเคลื่อนที่เยื้องออกจากจุดศูนย์กลางของขดลวดภาครับเมื่อใช้ขดลวดภาคส่งในรูปแบบต่าง ๆ | 55 |
| 4.12 พัดลมระบายความร้อน SD12SLM ขนาด 12 โวลต์ 0.1 แอมป์ | 56 |
| 4.13 วงจรภาคส่งทำการจ่ายแรงดันด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง | 57 |
| 4.14 วงจรภาครับเมื่อทำการติดตั้งกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ตัวอย่าง | 57 |
| 4.15 แรงดันไฟฟ้าขาออกเมื่อทำการต่อเข้ากับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ | 58 |
| 4.16 แรงดันไฟฟ้าขาออกเทียบกับสัญญาณขาเข้าของขดลวดเมื่อทำการต่อเข้ากับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ | 58 |
| 4.17 สัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 11.60 โวลต์ | 60 |
| 4.18 สัญญาณขาออกของวงจรรวม CD4047BCM ที่ขา 10 | 60 |
| 4.19 สัญญาณขาออกของวงจรรวม CD4047BCM ที่ขา 11 | 60 |
| 4.20 ความถี่ของขดลวดภาคส่งเมื่อทำการถ่ายโอนกำลังงาน | 61 |
| 4.21 สัญญาณขาเข้าของวงจรภาครับเมื่อทำการถ่ายโอน | 61 |
| 4.22 ผลการถ่ายโอนกำลังงานให้กับไฟ LED เส้น | 61 |
| 4.23 ขนาดของแรงดันที่ฝั่งขาออกเมื่อเชื่อมต่อกับไฟ LED เส้น | 62 |
| 4.24 ผลการถ่ายโอนกำลังงานให้กับพัดลมระบายความร้อน | 62 |
| 4.25 ขนาดของแรงดันที่ฝั่งขาออกเมื่อเชื่อมต่อกับพัดลมระบายความร้อน | 62 |
| 4.26 ตำแหน่งการวางขดลวดทั้ง 9 กรณี | 64 |
| 4.27 ลักษณะการวางขดลวดทุติยหนึ่งขดกรณีกรณีที่ 1 เมื่อใช้อากาศเป็นตัวกลาง | 65 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป (ต่อ)

| รูปที่ | หน้า |
|--|------|
| 4.28 ลักษณะการวางขดลวดทุติยภูมิสองขดกรณีที่ 2 เมื่อใช้อากาศเป็นตัวกลาง | 66 |
| 4.29 ลักษณะการวางขดลวดทุติยภูมิสองขดกรณีที่ 3 เมื่อใช้อากาศเป็นตัวกลาง | 66 |
| 4.30 ลักษณะการวางขดลวดทุติยภูมิสองขดกรณีที่ 4 เมื่อใช้อากาศเป็นตัวกลาง | 67 |
| 4.31 ลักษณะการวางขดลวดทุติยภูมิสามขดกรณีที่ 5 เมื่อใช้อากาศเป็นตัวกลาง | 68 |
| 4.32 ลักษณะการวางขดลวดทุติยภูมิสามขดกรณีที่ 6 เมื่อใช้อากาศเป็นตัวกลาง | 68 |
| 4.33 ลักษณะการวางขดลวดทุติยภูมิสามขดกรณีที่ 7 เมื่อใช้อากาศเป็นตัวกลาง | 69 |
| 4.34 ลักษณะการวางขดลวดทุติยภูมิสามขดกรณีที่ 8 เมื่อใช้อากาศเป็นตัวกลาง | 70 |
| 4.35 ลักษณะการวางขดลวดทุติยภูมิสามขดกรณีที่ 9 เมื่อใช้อากาศเป็นตัวกลาง | 70 |
| 4.36 ลักษณะการวางขดลวดทุติยภูมิหนึ่งขดกรณีที่ 1 เมื่อใช้โตะเป็นตัวกลาง | 71 |
| 4.37 ลักษณะการวางขดลวดทุติยภูมิหนึ่งขดกรณีที่ 2 เมื่อใช้โตะเป็นตัวกลาง | 72 |
| 4.38 ลักษณะการวางขดลวดทุติยภูมิหนึ่งขดกรณีที่ 3 เมื่อใช้โตะเป็นตัวกลาง | 72 |
| 4.39 ลักษณะการวางขดลวดทุติยภูมิหนึ่งขดกรณีที่ 4 เมื่อใช้โตะเป็นตัวกลาง | 73 |
| 4.40 ลักษณะการวางขดลวดทุติยภูมิหนึ่งขดกรณีที่ 5 เมื่อใช้โตะเป็นตัวกลาง | 74 |
| 4.41 ลักษณะการวางขดลวดทุติยภูมิหนึ่งขดกรณีที่ 6 เมื่อใช้โตะเป็นตัวกลาง | 74 |
| 4.42 ลักษณะการวางขดลวดทุติยภูมิหนึ่งขดกรณีที่ 7 เมื่อใช้โตะเป็นตัวกลาง | 75 |
| 4.43 ลักษณะการวางขดลวดทุติยภูมิหนึ่งขดกรณีที่ 8 เมื่อใช้โตะเป็นตัวกลาง | 76 |
| 4.44 ลักษณะการวางขดลวดทุติยภูมิหนึ่งขดกรณีที่ 9 เมื่อใช้โตะเป็นตัวกลาง | 76 |
| 4.45 เปรียบเทียบค่าแรงดันของขดลวดทุติยภูมิทั้ง 9 กรณี เมื่อใช้อากาศเป็นตัวกลางในการถ่ายโอนกำลังงาน | 77 |
| 4.46 เปรียบเทียบค่าความถี่ขดลวดทุติยภูมิทั้ง 9 กรณี เมื่อใช้อากาศเป็นตัวกลางในการถ่ายโอนกำลังงาน | 77 |
| 4.47 เปรียบเทียบค่าแรงดันของขดลวดทุติยภูมิทั้ง 9 กรณี เมื่อใช้โตะเป็นตัวกลางในการถ่ายโอนกำลังงาน | 78 |
| 4.48 เปรียบเทียบค่าความถี่ขดลวดทุติยภูมิทั้ง 9 กรณี เมื่อใช้โตะเป็นตัวกลางในการถ่ายโอนกำลังงาน | 78 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป (ต่อ)

| รูปที่ | หน้า |
|--|------|
| 4.49 แรงดันขาออกของวงจรภาครับร่วมกับพัลลวมระบายอากาศทั้ง 9 กรณี ในการถ่ายโอนกำลังงานทั้ง 2 เชนอนไซ | 79 |
| 4.50 ตำแหน่งในการวางขดลวด | 80 |
| 4.51 เปรียบเทียบค่าความถี่ทั้ง 3 กรณี | 82 |
| 4.52 เปรียบเทียบค่าแรงดันขาออกของขดลวดทุติยภูมิทั้ง 3 กรณี | 82 |
| 4.53 เปรียบเทียบค่าแรงดันขาออกของวงจรภาครับเมื่อใช้งานร่วมกับพัลลวมระบายอากาศทั้ง 2 กรณี | 83 |
| 4.54 เปรียบเทียบความถี่ของขดลวดร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เมื่อใช้อากาศเป็นตัวกลาง | 84 |
| 4.55 เปรียบเทียบค่าแรงดันขาออกของวงจรภาครับร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เมื่อใช้อากาศเป็นตัวกลาง | 85 |
| 4.56 เปรียบเทียบความถี่ของขดลวดร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เมื่อใช้โตะเป็นตัวกลาง | 86 |
| 4.57 เปรียบเทียบค่าแรงดันขาออกของวงจรภาครับร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เมื่อใช้โตะเป็นตัวกลาง | 86 |
| 4.58 โตะทำงานต้นแบบและตำแหน่งในการถ่ายโอนกำลังงาน | 87 |
| 4.59 ตำแหน่งการติดตั้งขดลวดปฐมภูมิบริเวณใต้โตะทำงาน | 88 |
| 4.60 เปรียบเทียบความถี่ของขดลวดเหนี่ยวนำเทียบกับความถี่มาตรฐาน | 89 |
| 5.1 โตะทำงานมหัศจรรย์กำลังงานไร้สายด้านหน้า | 91 |
| 5.2 โตะทำงานมหัศจรรย์กำลังงานไร้สายด้านหลัง | 92 |
| 5.3 โตะทำงานมหัศจรรย์กำลังงานไร้สายด้านบน | 92 |
| 5.4 โตะทำงานมหัศจรรย์กำลังงานไร้สายด้านล่าง | 93 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญตาราง

| ตารางที่ | หน้า |
|----------|------|
| 2.1 | 9 |
| 3.1 | 42 |
| 4.1 | 51 |
| 4.2 | 53 |
| 4.3 | 53 |
| 4.4 | 53 |
| 4.5 | 54 |
| 4.6 | 54 |
| 4.7 | 54 |
| 4.8 | 55 |
| 4.9 | 58 |
| 4.10 | 65 |
| 4.11 | 65 |
| 4.12 | 66 |
| 4.13 | 67 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
เมื่อใช้อากาศเป็นตัวกลาง

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญตาราง

| ตารางที่ | หน้า |
|---|------|
| 4.14 การทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานร่วมกับขดลวดฝั่งรับสองขดในกรณีที่ 5 เมื่อใช้อากาศเป็นตัวกลาง | 67 |
| 4.15 การทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานร่วมกับขดลวดฝั่งรับสามขดในกรณีที่ 6 เมื่อใช้อากาศเป็นตัวกลาง | 68 |
| 4.16 การทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานร่วมกับขดลวดฝั่งรับสามขดในกรณีที่ 7 เมื่อใช้อากาศเป็นตัวกลาง | 69 |
| 4.17 การทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานร่วมกับขดลวดฝั่งรับสามขดในกรณีที่ 8 เมื่อใช้อากาศเป็นตัวกลาง | 69 |
| 4.18 การทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานร่วมกับขดลวดฝั่งรับสามขดในกรณีที่ 9 เมื่อใช้อากาศเป็นตัวกลาง | 70 |
| 4.19 การทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานร่วมกับขดลวดฝั่งรับหนึ่งขดในกรณีที่ 1 เมื่อใช้ไต้ะเป็นตัวกลาง | 71 |
| 4.20 การทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานร่วมกับขดลวดฝั่งรับสองขดในกรณีที่ 2 เมื่อใช้ไต้ะเป็นตัวกลาง | 71 |
| 4.21 การทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานร่วมกับขดลวดฝั่งรับสองขดในกรณีที่ 3 เมื่อใช้ไต้ะเป็นตัวกลาง | 72 |
| 4.22 การทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานร่วมกับขดลวดฝั่งรับสองขดในกรณีที่ 4 เมื่อใช้ไต้ะเป็นตัวกลาง | 73 |
| 4.23 การทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานร่วมกับขดลวดฝั่งรับสองขดในกรณีที่ 5 เมื่อใช้ไต้ะเป็นตัวกลาง | 73 |
| 4.24 การทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานร่วมกับขดลวดฝั่งรับสามขดในกรณีที่ 6 เมื่อใช้ไต้ะเป็นตัวกลาง | 74 |
| 4.25 การทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานร่วมกับขดลวดฝั่งรับสามขดในกรณีที่ 7 เมื่อใช้ไต้ะเป็นตัวกลาง | 75 |
| 4.26 การทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานร่วมกับขดลวดฝั่งรับสามขดในกรณีที่ 8 เมื่อใช้ไต้ะเป็นตัวกลาง | 75 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญตาราง

| ตารางที่ | | หน้า |
|----------|---|------|
| 4.27 | การทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานร่วมกับขดลวดฝั่งรับสามขดในกรณีที่ 9 เมื่อใช้โต๊ะเป็นตัวกลาง | 76 |
| 4.28 | เปรียบเทียบแรงดันขาออกของวงจรภาครับในแต่ละตำแหน่ง | 80 |
| 4.29 | การทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานให้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์โดยการใช่ขดลวดปฐมภูมิหลายขดร่วมกับขดลวดทุติยภูมิหลายขด | 81 |
| 4.30 | เปรียบเทียบค่าความถี่ แรงดันขาออกของขดลวดปฐมภูมิและแรงดันขาออกของวงจรภาครับ | 81 |
| 4.31 | ประสิทธิภาพการถ่ายโอนกำลังงานร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เมื่อใช้อากาศเป็นตัวกลาง | 84 |
| 4.32 | ประสิทธิภาพการถ่ายโอนกำลังงานร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เมื่อใช้โต๊ะเป็นตัวกลาง | 85 |
| 4.33 | ประสิทธิภาพการถ่ายโอนกำลังงานร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บนโต๊ะทำงานจริง | 88 |
| 4.34 | ค่าความคลาดเคลื่อนความถี่ของขดลวดเหนี่ยวนำเทียบกับความถี่มาตรฐาน | 89 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันสายไฟฟ้าเป็นปัจจัยสำคัญในการใช้รับและส่งกำลังงานไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้าไปยังผู้ใช้ไฟฟ้า ซึ่งสายไฟฟ้ายังคงประสบปัญหาในการส่งผ่านกำลังงานหรือสัญญาณไฟฟ้าเช่น เกิดกระแสไฟฟ้าลัดวงจร รวมถึงยังมีค่าใช้จ่ายที่สูงต่อการติดตั้งระบบของสายส่ง ด้วยเหตุนี้ เทคโนโลยีไร้สาย (Wireless) ได้พัฒนามากขึ้นจนเข้าสู่ยุคของเทคโนโลยีการส่งผ่านกำลังงานไฟฟ้าแบบไร้สาย (Wireless Power Transfer) คือ การส่งผ่านกำลังงานไฟฟ้าจากแหล่งกำลังงาน (Power Source) ไปยังแหล่งเก็บไฟฟ้า (Electrical Load) โดยไม่ผ่านสายไฟฟ้า

จากปัญหาดังที่กล่าวมาคณะผู้จัดทำจึงได้นำเสนอการแก้ไขปัญหาด้วยการออกแบบโตะทำงานกำลังงานไร้สายที่ประกอบไปด้วยวงจรถ่ายโอนกำลังงานจากขดลวดแบบไร้สายที่ทำหน้าที่ในการรับสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้าที่เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current electricity: AC) แล้วเปลี่ยนให้อยู่ในรูปแบบของไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current: DC) โดยอาศัยหลักการการเหนี่ยวนำของแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Induction) ซึ่งเป็นวิธีการส่งผ่านกำลังงานไร้สายโดยผ่านสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดในระยะสนามใกล้ (Near Field) และเพื่ออำนวยความสะดวกของผู้ใช้งาน โตะทำงานกำลังงานไร้สายนี้สามารถเป็นแหล่งกำลังงานให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้โดยไม่ต้องผ่านสายไฟฟ้าและไม่พึ่งพาแบตเตอรี่

1.2 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อสร้างอุปกรณ์ที่สามารถส่งผ่านกำลังงานไร้สายให้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ด้วยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการส่งผ่านกำลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
- 2) เพื่อประยุกต์ใช้ทฤษฎีการเรโซแนนซ์ และการเหนี่ยวนำเพื่อให้เกิดการส่งผ่านกำลังงานไร้สายได้
- 3) เพื่อนำเสนอโตะทำงานต้นแบบที่ติดตั้งอุปกรณ์การส่งผ่านกำลังงานไร้สายที่สามารถทำให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่วางอยู่บนโตะสามารถทำงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

ออกแบบและพัฒนาระบบการส่งกำลังงานไฟฟ้าแบบไร้สาย (Wireless Power Transfer: WPT) เพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับโตะทำงานสมัยใหม่ ซึ่งประกอบด้วยวงจรการถ่ายโอนกำลังงานจากขดลวด (Power Oscillator) เพื่อการส่งผ่านกำลังงานให้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์โดยไม่ต้องใช้สายไฟฟ้าและไม่ต้องพึ่งพาแบตเตอรี่ เพื่อเพิ่มความสะดวกสบายในการใช้งาน และสามารถเคลื่อนย้ายอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ บนโตะได้อย่างง่ายดายไม่มีสายไฟกรูกรังและยังมีความปลอดภัยต่อการใช้งาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นการออกแบบโตะทำงานกำลังงานไร้สายที่ประกอบไปด้วยวงจรถ่ายโอนกำลังงานแบบไร้สายโดยเป็นการประยุกต์เทคโนโลยีการส่งผ่านกำลังงานไฟฟ้าแบบไร้สาย (Wireless Power Transfer: WPT) และองค์ความรู้ของวิศวกรรม เพื่อการออกแบบให้ได้มาซึ่งโตะทำงานกำลังงานไร้สายที่มีประสิทธิภาพและสามารถทำงานได้อย่างเหมาะสม

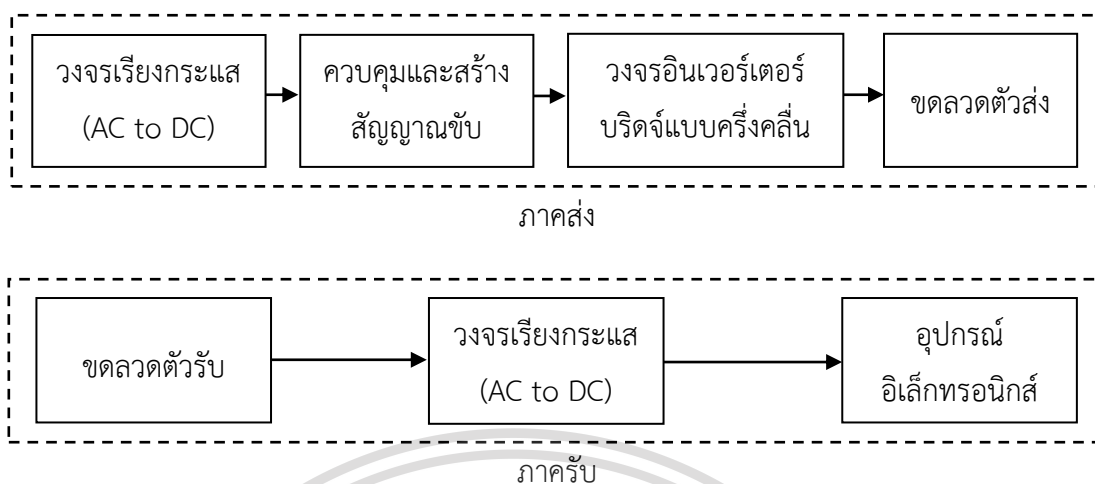
ชิ้นงานดังกล่าวจะประกอบไปด้วยส่วนของวงจรภาคส่งและวงจรภาครับซึ่งได้มาจากการออกแบบวงจรต่าง ๆ โดยใช้ทฤษฎีของวงจรเรียงกระแส (Rectifier Circuit) ที่มีหน้าที่ในการแปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง วงจรขับ (Drive Circuit) ทฤษฎีวงจรอินเวอร์เตอร์บริดจ์แบบครึ่งคลื่น (Half Bridge Inverter) และวงจรเหนี่ยวนำ (Induction Circuit) นอกจากนี้จะทำการวิเคราะห์การตอบสนองของวงจรด้วยโปรแกรม Proteus Design Suite เพื่อพัฒนาและสร้างเป็นชิ้นงานต้นแบบสำหรับประยุกต์ใช้งานร่วมกับโตะทำงานมหัศจรรย์เพื่อส่งกำลังงานแบบไร้สาย

หลักการการทำงานของวงจรจะเริ่มจากเชื่อมต่อชิ้นงานร่วมกับสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับที่มีแรงดัน 220 โวลต์ โดยแรงดันดังกล่าวจะต้องถูกเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงที่มีแรงดัน 12 โวลต์ จากนั้นสัญญาณไฟฟ้าดังกล่าวจะถูกใช้เป็นสัญญาณไฟฟ้าอินพุตที่จะส่งต่อไปให้กับขดลวดภาคส่ง เพื่อทำหน้าที่ในการส่งกำลังงานแบบไร้สาย ให้กับขดลวดภาครับ โดยสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จะต้องถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงที่มีแรงดัน 5 โวลต์ เพื่อที่จะสามารถนำไปเป็นแหล่งกำลังงานให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าได้โดยไม่ต้องพึ่งพาสายส่งกำลังงาน จากนั้นติดตั้งอุปกรณ์ภาครับและภาคส่งเข้ากับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อนำไปใช้งานร่วมกับโตะทำงาน ตามที่ผู้จัดทำได้ทำการออกแบบไว้ การทำงานร่วมกันของวงจรทั้งสองด้านสามารถแสดงได้ดังแสดงในรูปที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

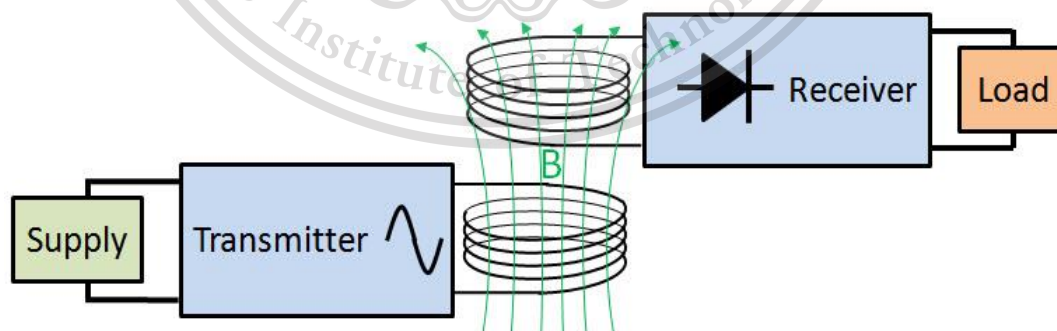


รูปที่ 2.1 บล็อกไดอะแกรมของโตะทำงานมัทจรรยกำลังงานไร้สาย

2.1 ทฤษฎีหลักการการทำงานของเทคโนโลยีการส่งผ่านกำลังงาน

2.1.1 การส่งผ่านกำลังงาน

การส่งผ่านกำลังงานแบบไร้สาย (Wireless Power Transfer) เป็นการส่งผ่านกำลังงานไฟฟ้าจากแหล่งกำลังงาน (Power Source) ไปยังแหล่งเก็บกำลังงาน (Electrical Load) โดยไม่จำเป็นต้องผ่านสายไฟฟ้าซึ่งการส่งกำลังงานรูปแบบไร้สายนี้ได้นำเอาแนวคิดพื้นฐานของฟาราเดย์ที่ว่า การเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กจะก่อให้เกิดไฟฟ้ากระแสสลับภายในขดลวดที่ใช้สำหรับการเหนี่ยวนำ [1] โครงสร้างหลักการพื้นฐานดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 หลักการพื้นฐานของการส่งผ่านกำลังงาน [2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.1.2 การส่งผ่านกำลังงาน

เป็นวิธีการส่งผ่านกำลังงานไร้สายโดยอาศัยช่องว่างในการส่งผ่านสนามแม่เหล็กที่เกิดจากไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดในระยะสนามใกล้ (Near Field) ซึ่งจะมีเพียงอุปกรณ์คู่ที่รับสัญญาณเท่านั้นจึงจะสามารถรับกำลังงานที่ส่งออกมาได้ ในการส่งผ่านกำลังงานโดยวิธีการนี้ระยะห่างของขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิจะมีผลต่อประสิทธิภาพในการส่งผ่านกำลังงานเนื่องจากระยะห่างที่มากขึ้นจะทำให้ส่วนหนึ่งของฟลักซ์แม่เหล็กไฟฟ้าที่อยู่ภายในขดลวดนั้นเกิดการรั่วไหล [2] ซึ่งหลักการส่งผ่านกำลังงานไร้สายสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท

2.1.2.1 การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า

เป็นการส่งผ่านกำลังงานแบบพื้นฐานที่มีขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิที่ติดตั้งอยู่กับแหล่งจ่ายกำลังงานและแหล่งสะสมกำลังงาน สำหรับวิธีการนี้มีข้อเสียคือความสามารถในการทำงานมีในระยะสั้นมาก (1 ถึง 2 เซนติเมตร) เพราะตัวรับสัญญาณต้องอยู่ใกล้กับตัวส่งสัญญาณเพื่อให้การเหนี่ยวนำเกิดขึ้นดังแสดงในรูปที่ 2.3

2.1.2.2 การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าโดยอาศัยความถี่เรโซแนนซ์

เป็นเทคนิคที่นำข้อเสียของการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าที่กล่าวไว้ข้างต้นมาปรับปรุง โดยการกำหนดให้ขดลวดภาคส่งและขดลวดภาครับนั้นมีความถี่สั่นพ้อง (Resonant) ที่ตรงกันโดยมีค่าที่เรียกว่าสัมประสิทธิ์การเชื่อมต่อ (Coefficient of Coupling: k) ซึ่งสัมพันธ์กับค่าความเหนี่ยวนำร่วม (M) และกำหนดให้ขดลวดมีกำลังส่งเป็น L_1 และ L_2 ดังสมการที่ 2.1

$$k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}} \quad (2.1)$$

เมื่อพิจารณาที่ค่าสัมประสิทธิ์การจับคู่ในช่วง $0 \leq k \leq 1$ ในอุดมคตินั้นกำลังงานจะส่งผ่านได้ดีเมื่อมีค่า k เท่ากับ 1 ทำให้สามารถส่งผ่านกำลังงานได้เต็มประสิทธิภาพ ในกรณีที่ไม่มีฟลักซ์แม่เหล็กไฟฟ้ารั่วไหล แต่เมื่อระยะห่างระหว่างขดลวดเพิ่มขึ้นและเมื่อระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของขดลวดมากขึ้นการรั่วไหลของฟลักซ์แม่เหล็กไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากค่าสัมประสิทธิ์การเชื่อมต่อของขดลวดทำให้การส่งกำลังงานมีค่าลดลง เทคนิคนี้มีข้อดีในเรื่องของระยะห่างที่มีผลกับประสิทธิภาพการส่งกำลังงานได้ในระยะห่างระหว่างขดลวดที่มากขึ้นคือ 10 เซนติเมตร ทั้งนี้สามารถปรับปรุงให้มีค่ามากขึ้นได้จะขึ้นอยู่กับค่าของตัวเหนี่ยวนำและค่าของตัวเก็บประจุ ซึ่งจากเดิมที่สามารถมีระยะห่างระหว่างขดลวดได้เพียง 1 ถึง 2 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 2.4

[3]

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.3 หลักการพื้นฐานการส่งผ่านกำลังงานในรูปแบบการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า [3]

รูปที่ 2.4 หลักการพื้นฐานของการถ่ายโอนกำลังงานแบบไร้สายโดยอาศัยความถี่เรโซแนนซ์ [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.1.3 การแพร่กระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

เป็นวิธีการส่งผ่านกำลังงานระยะสนามไกล (Far Field) ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นเพราะการส่งผ่านคลื่นวิทยุหรือคลื่นแสงระยะไกลนี้ถูกพัฒนาขึ้นเนื่องจากสามารถปรับให้ส่งเข้าสู่พื้นที่รับที่ต้องการได้สะดวก

2.1.3.1 การแพร่กระจายกำลังงานรูปแบบไมโครเวฟ

การแพร่กระจายกำลังงานรูปแบบไมโครเวฟเป็นวิธีการส่งกำลังงานด้วยคลื่นวิทยุรูปแบบหนึ่ง ที่สามารถกำหนดทิศทางได้ในระยะไกลโดยการทำให้อายุขัยคลื่นลดขนาดลงจนถึงระดับของไมโครเวฟ จากสายอากาศส่ง (Antenna) และอุปกรณ์รับสัญญาณแบบพิเศษ เรียกว่า สายอากาศจัดเรียงกระแส (Rectenna) จะแปรคลื่นไมโครเวฟที่รับได้ให้เป็นกำลังงานไฟฟ้า ซึ่งคลื่นไมโครเวฟสามารถผ่านชั้นบรรยากาศได้ง่าย โดยปัจจุบันอุปกรณ์นี้สามารถแปรเปลี่ยนกำลังงานจากสัญญาณขาเข้าไปที่สัญญาณขาออก ได้ถึง 95 เปอร์เซ็นต์ แนวคิดในวิธีการนี้ถูกนำไปใช้กับโครงการสร้างกำลังงานในอวกาศ เช่น การสร้างแผงเซลล์สุริยะ (Solar Cells) ขึ้นจำนวนมากในอวกาศเพื่อที่สามารถรับกำลังงานได้เต็มที่โดยไม่ผ่านชั้นบรรยากาศโลก จากนั้นจึงส่งกำลังงานกลับมาในรูปแบบไมโครเวฟในปี 1978 หรือช่วงแรกที่นาซ่าเริ่มทำการค้นคว้า ได้คาดการณ์ว่าจะต้องใช้อุปกรณ์ส่ง เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 กิโลเมตร และสายอากาศจัดเรียงกระแสที่รับถึง 10 กิโลเมตร แต่ภายหลังสามารถปรับลดขนาดลงมาได้มากผ่านการปรับความยาวคลื่นให้สั้นลงถึงแม้จะมีโอกาสถูกรบกวนการขึ้นบรรยากาศและสภาพอากาศที่เดินทางผ่านได้ ซึ่งแนวคิดนี้ปัจจุบันก็กำลังกำลังถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยในปี 1997 สามารถส่งกำลังงานได้ในระดับ กิโลเมตรแล้วทั้งนี้แนวคิดการใช้คลื่นไมโครเวฟมีจุดด้อยอยู่คือการใช้งานจำเป็นต้องมีการบำรุงรักษาอย่างใกล้ชิด ทำให้ต้องมีคนประจำสถานีอวกาศหรือดาวเทียมที่ใช้สร้างกำลังงานตลอดเวลา อีกทั้งการส่งสัญญาณกลับสู่พื้นโลกนั้นดาวเทียม 1 ดวงมีพื้นที่จำกัดในการส่งสัญญาณ จึงจำเป็นต้องใช้ดาวเทียมหลายดวงในการสะท้อนคลื่นเพื่อให้สามารถรับสัญญาณได้ทั่วโลก

2.1.3.2 การแพร่กระจายกำลังงานรูปแบบเลเซอร์

การแพร่กระจายกำลังงานรูปแบบเลเซอร์เป็นวิธีการส่งกำลังงานผ่านช่วงคลื่นที่สายตามองเห็น หรือระบบแสง กำลังงานไฟฟ้าจะถูกเปลี่ยนเป็นลำแสงเลเซอร์ จากนั้นจึงเข้าสู่แผงเซลล์สุริยะที่เป็นเครื่องรับเพื่อแปรกำลังงานแสงกลับเป็นกำลังงานไฟฟ้า กระบวนการนี้เรียกว่า Power Beaming วิธีการนี้มีข้อดีที่แตกต่างจากวิธีอื่น คือ ขนาดของอุปกรณ์ที่ใช้สร้างลำแสงนั้นมีขนาดเล็กจึงติดตั้งและพกพาได้สะดวก อีกทั้งยังไม่ถูกรบกวนจากคลื่นวิทยุเหมือนวิธีการส่งแบบไมโครเวฟที่อาจถูกรบกวนจากช่วงคลื่นของสัญญาณไร้สาย (Wi-Fi) และโทรศัพท์มือถือ อีกทั้งยังสามารถควบคุมผู้รับได้อย่างแม่นยำเนื่องจากจะต้องเป็นจุดที่แสงเลเซอร์ส่องไปเท่านั้นจึงจะสามารถแปลงเป็นกำลังงานได้ [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดก็ตามหากท่านมีให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.1.4 เทคโนโลยีและมาตรฐานการส่งผ่านกำลังงาน

การส่งผ่านกำลังงานไร้สายนั้นได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้เข้ากับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์โดยคำนึงถึงค่าความถี่และประสิทธิภาพของการส่งผ่านกำลังงานสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 มาตรฐานในย่านความถี่และการรองรับอุปกรณ์ที่แตกต่างกันออกไปคือ

2.1.4.1 มาตรฐาน Qi (Qi standard)

การถ่ายโอนกำลังงานไร้สายตามมาตรฐาน Qi นั้นมีคุณสมบัติที่จำเป็นที่จะต้องพิจารณาเพื่อจำแนกประเภทของอุปกรณ์และให้แน่ใจว่าอุปกรณ์ถ่ายโอนกำลังงานนี้สามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้สามารถแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ BPP (Basic/Baseline Power Profile) คือ คุณสมบัติขั้นต่ำที่ใช้กับเครื่องส่งกำลังและเครื่องรับกำลังงานที่สามารถถ่ายโอนกำลังงานได้ไม่เกิน 5 วัตต์ และ EPP (Extended Power Profile) คือ คุณสมบัติของการถ่ายโอนกำลังงานจากเครื่องส่งไปยังเครื่องรับที่สามารถถ่ายโอนกำลังงานได้ไม่เกิน 15 วัตต์ หรือเรียกอีกอย่างว่าอุปกรณ์แบบ Fast charge

2.1.4.2 มาตรฐาน Alliance for Wireless Power (AW4P)

มาตรฐาน Alliance for Wireless Power (AW4P) เป็นมาตรฐานสมัยที่นำเอาหลักการการเหนี่ยวนำโดยความถี่เรโซแนนซ์เข้ามาประยุกต์ใช้ซึ่งให้กำลังงานที่มากกว่าแบบ Qi เนื่องจากถูกออกแบบมาให้มีสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่กว้างกว่าทำให้มาตรฐานนี้สามารถลบล้างข้อจำกัดในการวางตำแหน่งการส่งผ่านกำลังงานของอุปกรณ์และยังสามารถส่งผ่านกำลังงานไปยังอุปกรณ์ตัวรับได้หลายตัวจากตัวส่งเพียงตัวเดียวอีกด้วยย่านความถี่ที่ใช้นั้นจะแบ่งตามบทบาทที่นำไปใช้ประโยชน์ในปริยญาณิพนธ์ฉบับนี้จะกล่าวเพียงด้านการส่งผ่านกำลังงานจะมีย่านความถี่ใช้งานอยู่ที่ 6.78 เมกะเฮิรตซ์ [5]

2.1.4.3 มาตรฐาน Power Matters Alliance (PMA)

มาตรฐาน Power Matters Alliance (PMA) ใช้การเหนี่ยวนำแม่เหล็กและใช้งานได้ คล้ายกับ Qi โดยมีข้อได้เปรียบในเรื่องของซอฟต์แวร์ A4WP กำลังส่งเสริมเทคโนโลยี WiPower ซึ่งพัฒนาโดย Qualcomm สำหรับมาตรฐาน A4WP v1.0 WiPower ใช้เรโซแนนซ์แม่เหล็กซึ่งแตกต่างจากการเหนี่ยวนำแม่เหล็กแต่แตกต่างในเรื่องของย่านความถี่ที่สูงกว่า Qi และ Power 2.0 [4] สามารถเปรียบเทียบมาตรฐานทั้ง 3 มาตรฐานได้โดยดังตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบมาตรฐานการส่งผ่านกำลังงานไร้สาย [6]

| | WPC | PMA | A4WP |
|--|---|--|--|
| ชื่อเต็ม | Wireless Power Consortium | Power Matters Alliance | Alliance for Wireless Power |
| มาตรฐาน | Qi | Power 2.0 | WiPower /A4WP v1.0 |
| หลักการ | การเหนี่ยวนำแม่เหล็ก | การเหนี่ยวนำแม่เหล็ก | การสะท้อนแม่เหล็ก |
| ระยะห่าง | 4 เซนติเมตร (1.6 นิ้ว) | 4 เซนติเมตร (1.6 นิ้ว) | มากกว่า 1 นิ้วขึ้นไป |
| ตำแหน่งของอุปกรณ์บนแท่นชาร์จ | ไม่จำเป็นต้องตรงตำแหน่ง เนื่องจากใช้ขดลวดแบบอาร์เรย์ | ไม่จำเป็นต้องตรงตำแหน่ง เนื่องจากใช้ขดลวดแบบอาร์เรย์ | จำเป็นต้องวางตรงตำแหน่ง |
| ความสามารถในการชาร์จอุปกรณ์หลายเครื่อง | ไม่สามารถชาร์จอุปกรณ์หลายเครื่องได้ | ไม่สามารถชาร์จอุปกรณ์หลายเครื่องได้ | สามารถชาร์จอุปกรณ์ได้หลายเครื่อง |
| ความถี่ไฟฟ้า | 100 - 205 กิโลเฮิร์ตซ์ | 277 - 357 กิโลเฮิร์ตซ์ | 6.78 เมกะเฮิร์ตซ์ |
| ความถี่ในการสื่อสาร | 100 - 205 กิโลเฮิร์ตซ์ | 277 - 357 กิโลเฮิร์ตซ์ | 2.4 กิกะเฮิร์ตซ์ ISM Band |
| กำลังของภาครับ | ปัจจุบันสูงสุดอยู่ที่ 5 วัตต์ และกำลังพัฒนาให้ถึง 120 วัตต์ | ยังไม่ได้กำหนด | 3.5 วัตต์ (ประเภท 2) 6.5 วัตต์ (ประเภท 3) |
| อุปกรณ์การชาร์จเป้าหมาย | โทรศัพท์มือถือ แท็บเล็ต พีซี (กำลังพัฒนา) | ผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต | โทรศัพท์มือถือ แท็บเล็ต พีซี ยานยนต์ไฟฟ้า (กำลังพัฒนา) |
| ผู้ก่อตั้ง | Various | Powermat Proctor & Gamble | Qualcomm Samsung Powermat |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่หรือใช้
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.2 ทฤษฎีการเหนี่ยวนำ

2.2.1 การเหนี่ยวนำไฟฟ้า

2.2.1.1 กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์

ไมเคิล ฟาราเดย์ (Michael Faraday 1791-1867) ทำการทดลองศึกษาแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็ก พบว่าการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กที่ผ่านพื้นที่หน้าตัดของขดลวด จะเหนี่ยวนำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าทำให้มีกระแสไฟฟ้าในขดลวด โดยแรงเคลื่อนไฟฟ้า (V_{emf}) ที่เกิดขึ้นนี้เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์แม่เหล็ก (ϕ_B) ที่ผ่านหน้าตัด (A) ของลวดตัวนำวงปิด เขียนสมการได้ดังสมการที่ 2.2 ถึง 2.4

$$V_{\text{emf}} = \left| \frac{d\phi_B}{dt} \right| \quad (2.2)$$

โดยที่ฟลักซ์แม่เหล็กสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.3

$$\phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A} = BA \cos \theta \quad (2.3)$$

ถ้าพันขดลวดจำนวน N รอบ แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.4

$$V_{\text{emf}} = N \left| \frac{d\phi_B}{dt} \right| \quad (2.4)$$

2.2.1.2 กฎของเลนซ์

ไฮน์ริช เลนซ์ (Heinrich Lenz) นักฟิสิกส์ชาวเยอรมันอธิบายทิศทางและการเกิดกระแสไฟฟ้า เนื่องจากแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ได้จากกฎของฟาราเดย์ โดยกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำนั้นเกิดขึ้นเพื่อต้องการทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านวงจรมีค่าคงตัว (เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กภายนอก) ดังนั้นกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นในวงจรมีทิศทางสร้างสนามแม่เหล็กให้ทิศต่อต้านการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็ก จากผลลัพธ์นี้จึงเขียนกฎของฟาราเดย์ได้เป็นดังสมการที่ 2.5

$$V_{\text{emf}} = -N \frac{d\phi_B}{dt} \quad (2.5)$$

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

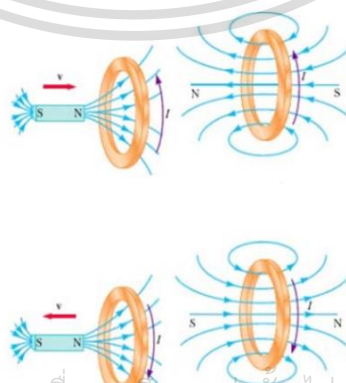
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เครื่องหมายลบแสดงถึงทิศทางของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่สร้างสนามแม่เหล็กตรงข้ามกับการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กภายนอกที่ผ่านวงปิด

ถ้าพิจารณาการเคลื่อนที่ของแท่งแม่เหล็กผ่านลวดวงปิด เมื่อเคลื่อนขั้วเหนือของแท่งแม่เหล็กเข้าใกล้วงปิดโดยสนามแม่เหล็กมีทิศไปทางขวาทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านวงปิดมีค่าสูงขึ้น วงปิดจะสร้างสนามแม่เหล็กทิศไปทางซ้ายเพื่อต่อต้านการเพิ่มขึ้นของฟลักซ์จากแท่งแม่เหล็ก จึงเกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำในวงปิดดังแสดงในรูปที่ 2.5 ซึ่งเป็นไปตามกฎมือขวา (Right-hand rule) เมื่อนำนิ้วโป้งแทนทิศของสนามแม่เหล็กที่ต่อต้านการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์ นิ้วทั้งสี่แทนทิศของกระแสไฟฟ้าในวงปิดสังเกตว่าเมื่อแท่งแม่เหล็กเคลื่อนเข้าใกล้วงปิดจะสร้างสนามแม่เหล็กเหมือนผลักแท่งแม่เหล็กออก

เมื่อเคลื่อนขั้วเหนือของแท่งแม่เหล็กออกจากวงปิดโดยสนามแม่เหล็กมีทิศไปทางขวา ทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านวงปิดมีค่าน้อยลง วงปิดจะสร้างสนามแม่เหล็กทิศไปทางขวาเพื่อต่อต้านการลดลงของฟลักซ์จากแท่งแม่เหล็ก จึงเกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำในวงปิดดังแสดงในรูปที่ 2.6 ซึ่งเป็นไปตามกฎมือขวาเมื่อนำนิ้วโป้งแทนทิศของสนามแม่เหล็กที่ต่อต้านการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์ นิ้วทั้งสี่แทนทิศของกระแสไฟฟ้าในวงปิด สังเกตว่าเมื่อแท่งแม่เหล็กเคลื่อนออกจากวงปิดจะสร้างสนามแม่เหล็กเหมือนดึงดูดแท่งแม่เหล็กเข้า จะเห็นว่าสาเหตุของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำนั้นเกิดจากการเคลื่อนที่ของแท่งแม่เหล็กที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านวงปิด [7]

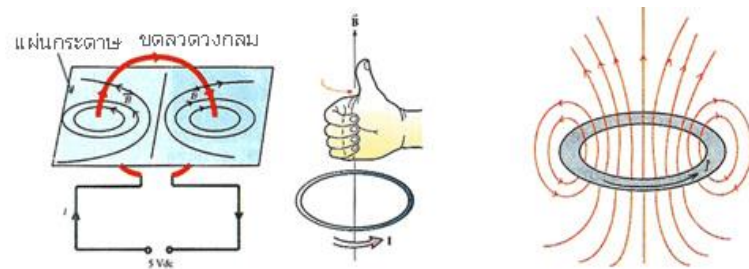
หากนำทฤษฎีข้างต้นมาใช้เพื่อทำความเข้าใจกับการเหนี่ยวนำกำลังงานจะสามารถทำให้เห็นภาพของการเคลื่อนที่ของแม่เหล็กไฟฟ้าได้เมื่อนำขดลวดทั้งสองมาเข้าใกล้กันหรือห่างกันในระยะที่เหมาะสมซึ่งในการส่งผ่านกำลังงานนั้นขดลวดจะถูกติดไว้กับอุปกรณ์ทางภาครับและภาคส่งโดยสามารถสรุปได้ว่าตำแหน่งและระยะห่างระหว่างขดลวดนั้นมีผลกับสนามแม่เหล็กไฟฟ้าและประสิทธิภาพการส่งผ่านกำลังงาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่เป็นสื่ออิเล็กทรอนิกส์โดยไม่ได้รับอนุญาตจากผู้จัดทำเอกสาร

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

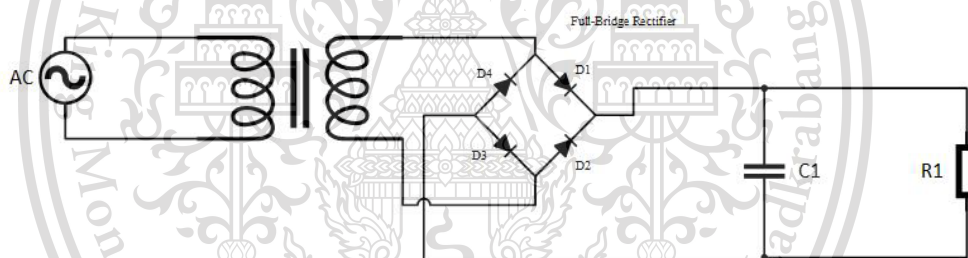


รูปที่ 2.6 สนามแม่เหล็กของขดลวดวงกลมโดยใช้กฎมือขวา [8]

2.3 วิเคราะห์องค์ประกอบของวงจรอิเล็กทรอนิกส์

2.3.1 วงจรจ่ายกระแสไฟฟ้า (Power Supply)

วงจรจ่ายกระแสไฟฟ้าหรือหม้อแปลง จะทำหน้าที่ในการแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ เป็นไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ ถึง 12 โวลต์ ซึ่งส่วนประกอบของวงจรนี้ประกอบไปด้วย วงจรเรียงกระแส (Bridge Rectifier) ดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 วงจรเรียงกระแสไฟฟ้า

หลักการการทำงานของวงจรจ่ายกระแสไฟฟ้านั้นจะเริ่มจากขดลวดด้านรับรับไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ จากขดลวดด้านส่ง หากให้กระแสไฟฟ้าด้านเข้าเป็นลักษณะในรูปของคลื่นไซน์ โดยมีคลื่นด้านบวกและคลื่นด้านลบเมื่อขดลวดฝั่งรับได้รับคลื่นด้านบวกของสัญญาณขาเข้าจะทำให้ขดลวดด้านรับมีขั้วด้านบนเป็นขั้วบวก +12 โวลต์ และด้านล่างเป็นขั้วลบ 0 โวลต์ จากนั้นจะใช้หลักการของไดโอดคือจะยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านในทิศทางเดียวเท่านั้น โดยมีทิศทางจากขั้วแอโนดไปยังขั้วแคโทด ดังแสดงในรูปที่ 2.8 [9]



รูปที่ 2.8 ไดโอดและสัญลักษณ์ทางวงจรไฟฟ้า [10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

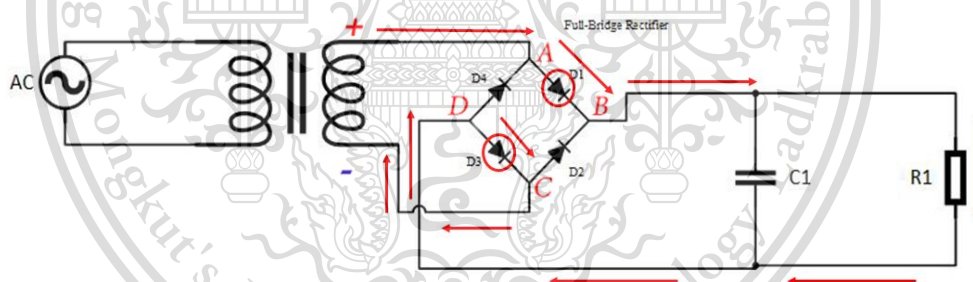
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

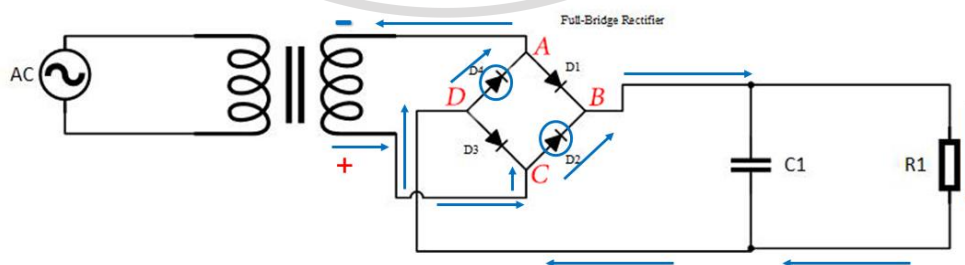
ซึ่งเมื่อถึงบริเวณโหนด A จะมีค่า +12 โวลต์ โดยไดโอดที่จะสามารถทำงานได้ตามหลักการนั้นคือ ไดโอด D1 ทำให้กระแสไฟฟ้าจะไหลจากโหนด A ไปยังโหนด B เข้าสู่โหลดและไปที่โหนด D จากจุดนี้ค่าของแรงดันบริเวณนี้จะทำให้ไดโอด D3 ทำงาน ที่กระแสไม่สามารถไหลจากโหนด D กลับไปยังโหนด A ได้เพราะตามหลักการนั้นไฟฟ้าจะไหลจากบริเวณที่มีความต่างศักย์สูงไปยังบริเวณที่มีความต่างศักย์ต่ำทำให้กระแสจึงไหลจากโหนด D ไปยังโหนด C ดังแสดงในรูปที่ 2.9 [9]

ในขณะที่เดียวกันหากขดลวดฝั่งรับได้รับคลื่นด้านลบจากสัญญาณขาเข้าจะทำให้ขดลวดด้านบนมีขั้วเป็นลบ 0 โวลต์และขั้วด้านล่างมีค่าเป็นบวก +12 โวลต์ซึ่งในกรณีของคลื่นด้านลบจะทำให้ไดโอดที่สามารถทำงานได้นั้นมีเพียง D4 และ D2 เท่านั้น ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนข้างต้นนั้นคือสัญญาณขาเข้าจะถูกนำมาเรียงเป็นด้านบวกเพียงด้านเดียวดังแสดงในรูปที่ 2.10 [9]

ซึ่งสัญญาณที่ได้ออกมาจะเรียกว่า V_{ripple} เป็นค่าความต่างศักย์ที่ไม่มีความสม่ำเสมอ (Ripple) ซึ่งปรากฏการณ์นี้สามารถใช้ตัวเก็บประจุมาทำหน้าที่ในการกรองกระแสเพื่อให้กระแสที่ได้มีความเรียบได้การกรองนั้นเกิดขึ้นได้เมื่อใช้ตัวเก็บประจุกับวงจรไฟฟ้าที่มีแรงดันเป็นรูปคลื่น เมื่อแรงดันจากแหล่งจ่ายมากกว่าแรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุตัวมันจะทำการชาร์จเมื่อแรงดันจากแหล่งจ่ายน้อยกว่า ตัวเก็บประจุจะทำการคายประจุ ดังแสดงในรูปที่ 2.11 [10]



รูปที่ 2.9 การเรียงกระแสด้านบวก

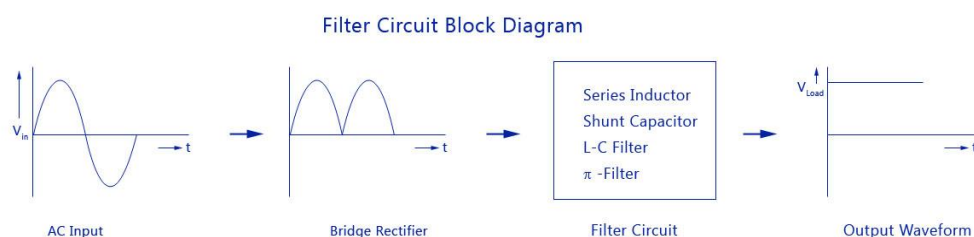


รูปที่ 2.10 การเรียงกระแสด้านลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

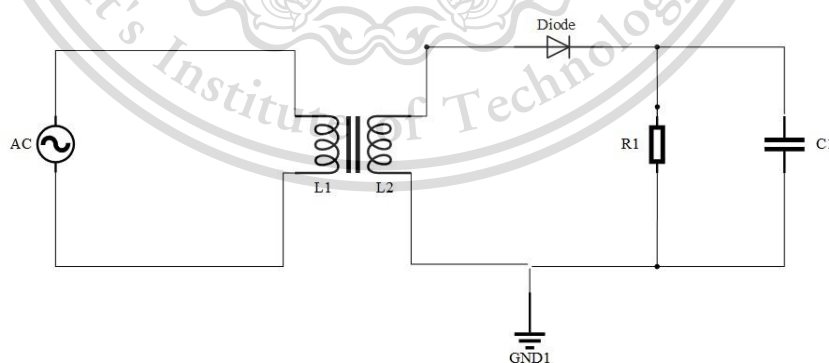
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.11 ผลลัพธ์จากการใช้ตัวเก็บประจุในการกรองกระแส [11]

ในส่วนของวงจรภาครับจะประกอบไปด้วยไดโอดและตัวเก็บประจุดังแสดงในรูปที่ 2.12 ซึ่งไดโอดจะอนุญาตให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านเพียงทิศทางเดียวโดยที่เมื่อไฟฟ้ากระแสสลับฝั่งบวกเข้ามาจะทำให้ไดโอดนั้นทำงานหรือเรียกว่าเกิดการไบอัสตรงแต่หากไฟฟ้ากระแสสลับฝั่งลบเข้ามาไดโอดจะไม่ทำงานหรือเกิดการไบอัสย้อนกลับทำให้สัญญาณขาออกมีลักษณะของคลื่นช่วงที่มีแรงดัน และไม่มีแรงดันสลับกันไป ดังแสดงในรูปที่ 2.13 ลักษณะดังกล่าวนี้ทำให้แรงดันที่ได้ยังไม่มีควมเรียบพอที่จะนำไปใช้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สามารถแก้ไขได้โดยการใช้คุณสมบัติของตัวเก็บประจุมาช่วยในเรื่องของการกรองกระแสให้เรียบมากยิ่งขึ้น โดยเมื่อไฟฟ้ากระแสสลับด้านบวกกำลังผ่านตัวไดโอดในขณะเดียวกันนั้นตัวเก็บประจุจะเริ่มทำหน้าที่ในการเก็บประจุจนถึงค่าตามแรงดันสูงสุดที่ได้และเมื่อแรงดันไฟฟ้าเริ่มมีค่าลดลงหมายความว่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้นั้นมีค่าน้อยกว่าค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุดส่งผลให้ตัวเก็บประจุนั้นทำการคายประจุออกมา และจะเริ่มทำการเก็บประจุเมื่อเจอกับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับฝั่งบวกอีกครั้งดังแสดงในรูปที่ 2.14 [12]

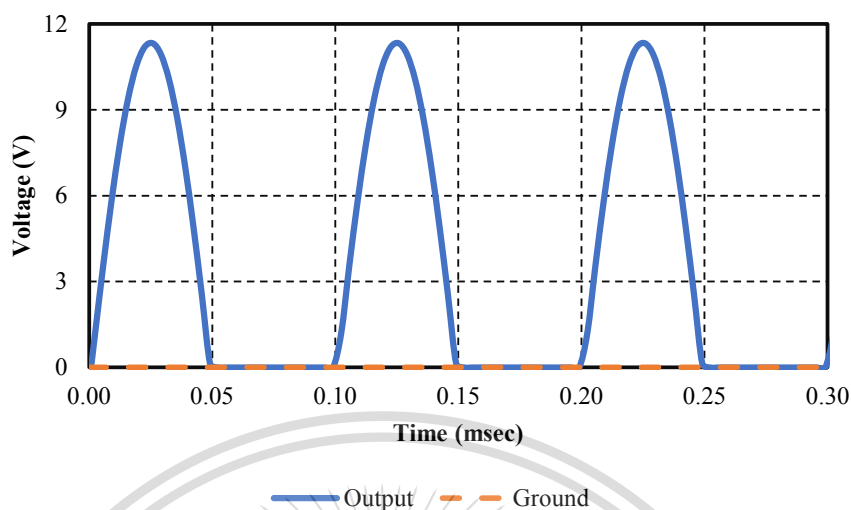


รูปที่ 2.12 ลักษณะวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นในส่วนภาครับ

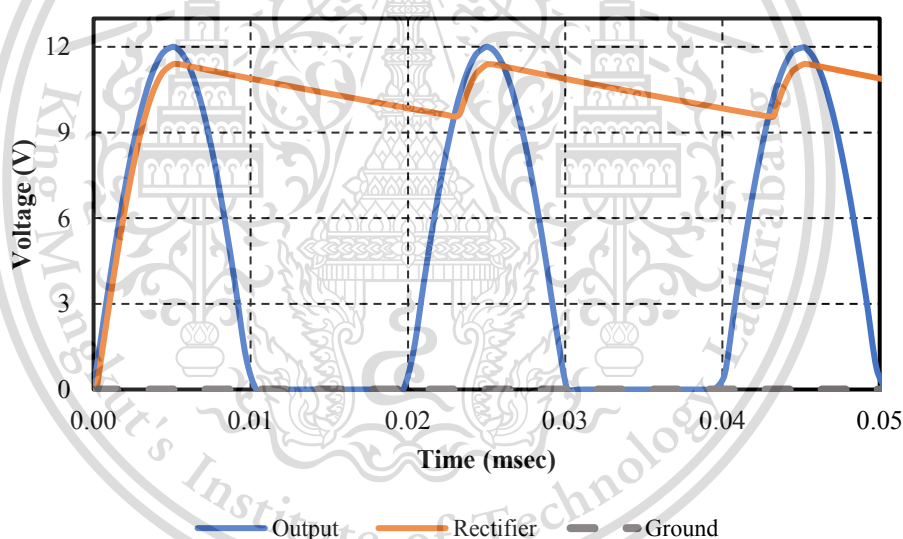
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.13 สัญญาณขาออกของวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น



รูปที่ 2.14 สัญญาณขาออกของวงจรเรียงกระแสเมื่อใช้ตัวเก็บประจุกรองสัญญาณ

2.3.2 อินเวอร์เตอร์บริดจ์แบบครึ่งคลื่น (Half Bridge Inverter)

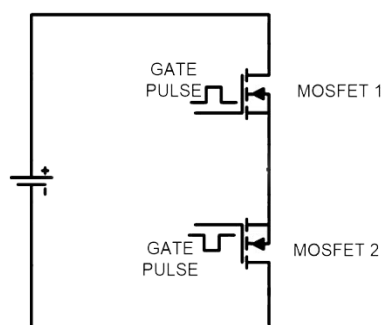
วงจรนี้ทำหน้าที่ในการแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับตามขนาดและค่าความถี่ที่ต้องการ โดยอาศัยการทำงานจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประเภทสวิตช์หรือที่เรียกว่าทรานซิสเตอร์ชนิดมอสเฟต (MOSFET) จำนวน 2 ตัวที่มีทิศทางต่างกันแสดงโครงสร้างดังแสดงในรูปที่

2.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.15 โครงสร้างวงจรอินเวอร์เตอร์บริดจ์แบบครึ่งคลื่น [13]

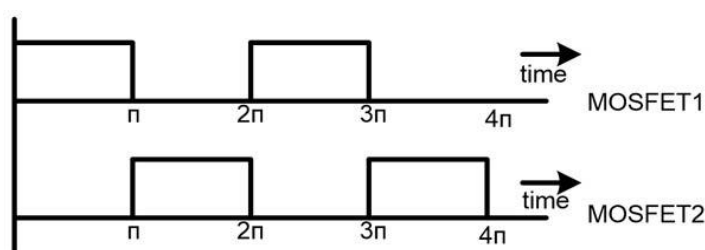
การทำงานของตัววงจรนั้นจำเป็นที่จะต้องพิจารณาคุณสมบัติของตัวทรานซิสเตอร์ เนื่องจากเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่จำเป็นต้องอาศัยความถี่ทำให้มีกำลังงานสูงและเกิดความร้อนได้ง่าย การที่จะทำให้มอสเฟตสามารถทำหน้าที่สวิตช์ได้นั้นจำเป็นจะต้องป้องกันคลื่นความถี่ตามที่ต้องการโดยความต่างศักย์ตกร่วมบริเวณขาเกตเทียบกับขาซอร์ส (V_{GS}) ต้องมีค่ามากกว่าแรงดันเริ่ม (V_{TH}) และป้องกันแรงดันค่าบวกเข้าที่ขาเดรนเทียบกับขาซอร์ส จะทำให้เกิดความต่างศักย์ขึ้นระหว่างขั้วทั้งสอง กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านทางเดินกระแสจากขาเดรนไปยังขาซอร์ส โดยยึดตามคุณสมบัติของกระแสเดรน (I_D) เมื่อเทียบกับแรงดันที่ตกร่วมระหว่างขาเดรนและซอร์ส (V_{DS}) โดยที่ความสัมพันธ์ของกระแสเดรนกับแรงดันที่ตกร่วมระหว่างขาเดรนและขาซอร์สจะเป็นแบบเชิงเส้น (Linear Region) ลักษณะการทำงานของสวิตช์นั้นสามารถนำกระแสบวกหรือกระแสลบได้อย่างใดอย่างหนึ่ง อย่างไรก็ตามกระแสที่ไหลผ่านสวิตช์ที่เป็นกระแสบวกจะสามารถไหลผ่านทรานซิสเตอร์ได้ ถ้าทรานซิสเตอร์ตัวนั้นเปิดใช้งานอยู่ แต่ถ้าทรานซิสเตอร์ตัวนั้น ปิดการใช้งาน สวิตช์นั้นจะนำได้เฉพาะกระแสลบในช่วงเวลาแรก สมมติให้ Q_1 ได้รับไบอัส [13] เป็นผลให้กระแสไหลผ่านขาเดรน (D) ไปยังขาซอร์ส (S) เมื่อ Q_1 ได้รับไบอัสในช่วงเวลาหนึ่งที่กำหนดแล้ว Q_1 ก็จะหยุดทำงานอีกช่วงเวลาหนึ่งซึ่งเรียกว่าช่วงวิฤต (Dead-Time) เพื่อไม่ต้องการให้ Q_1 และ Q_2 ทำงานพร้อมกัน เมื่อผ่านช่วงวิฤตไปแล้ว Q_2 ได้รับไบอัส ก็จะทำให้กระแสไหลอีกครั้ง แต่ในทิศทางตรงกันข้ามกับ Q_1 (เป็นสัญญาณด้านลบเมื่อพิจารณาจุด A เทียบจุด B) แล้วก็จะจะเป็นช่วงวิฤต อีกครั้งและเกิดการส่งผ่านกำลังงานไปยังโหลด

เนื่องจากปริมาณพิกัดนี้ยึดตามมาตรฐานการส่งผ่านตามมาตรฐาน Qi ทำให้ไม่จำเป็นต้องพิจารณาในเรื่องของความถี่เรโซแนนซ์ ส่วนสัญญาณขับเพาเวอร์มอสเฟตจะได้จากไอซีควบคุมสัญญาณขับ และวงจรขับเพาเวอร์มอสเฟตต้องการควบคุมให้กำลังงานของสัญญาณด้านขาออกเป็นไปตามที่กำหนดซึ่งสัญญาณขาออกของวงจรนี้มีลักษณะในรูปของคลื่นที่มีการกลับเฟส 180 องศา ดังแสดงในรูปที่ 2.16 [14]

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้เนาไปเผยแพร่ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

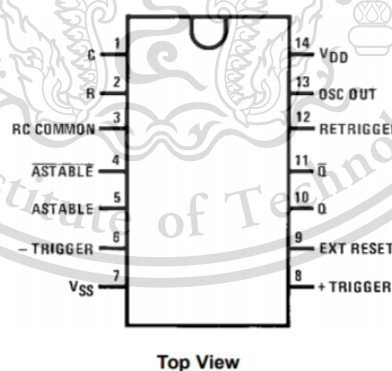
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



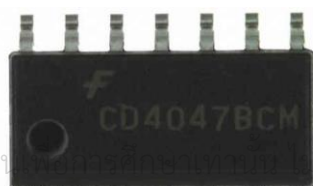
รูปที่ 2.16 สัญญาณขาออกจากมอสเฟตทั้งสองตัว [14]

2.3.3 วงจรควบคุมและสร้างสัญญาณขับ

วงจรควบคุมและสร้างสัญญาณขับนี้จะใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์คือ CD4047BCM ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่สามารถสร้างสัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยมในลักษณะของวงจรมัลติไวเบรเตอร์แบบไม่เสถียร (Astable Multivibrator) คือวงจรที่สร้างหรือกำเนิดสัญญาณพัลส์ด้วยตัวของมันเอง โดยการที่วงจรทำงานและหยุดทำงานสลับกันไปอย่างต่อเนื่องจนเกิดความถี่และรูปคลื่นขึ้น ไม่อาศัยสัญญาณจากภายนอกมากระตุ้นหรือช่วยทำงานเรียกชื่อวงจรนี้อีกอย่างหนึ่งว่า วงจรมัลติไวเบรเตอร์ฟรีรันนิ่ง (Free Running Multivibrator) โดยจะป้อนไฟฟ้กระแสตรงเข้าสู่ขา 4 และ 5 ซึ่งเป็นขากำหนดโหมดการทำงาน และมีขาควบคุมการทริกเกอร์คือขา 6 และ 8 และส่งสัญญาณที่ถูกสร้างออกทางขา 10 และ 11 เพื่อนำสัญญาณที่ได้ไปทำการขับตัวมอสเฟตให้ทำงานได้ โครงสร้างและรูปร่างของ CD4047BCM [15] ดังแสดงในรูปที่ 2.17 และ 2.18 ตามลำดับ



รูปที่ 2.17 โครงสร้างของ CD4047BCM [16]



รูปที่ 2.18 ลักษณะของ CD4047BCM [16]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน... อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

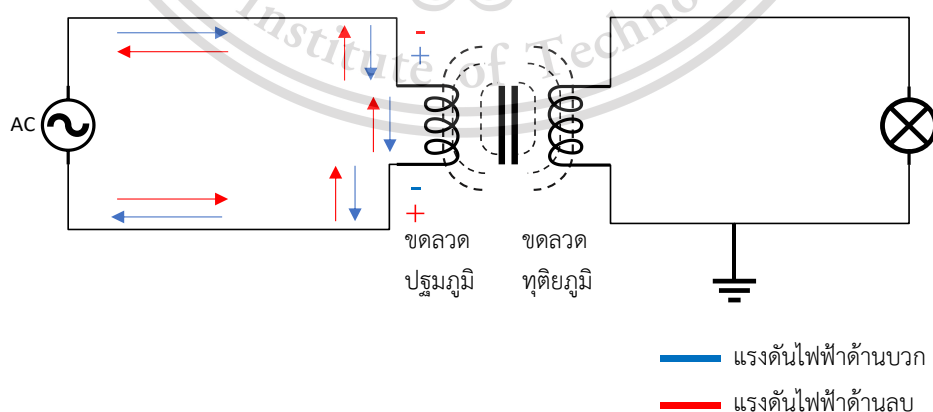
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.3.4 การทำงานของขดลวดสำหรับการถ่ายโอนกำลังงาน

สำหรับวงจรในปริภูมิงานนี้การถ่ายโอนกำลังงานจะใช้ขดลวดประเภทขดลวดเหนี่ยวนำหลายชนิด ประกอบด้วยขดลวดปฐมภูมิ (Primary Coil) และขดลวดทุติยภูมิ (Secondary Coil) ซึ่งค่าแรงดันที่ใช้เพื่อถ่ายโอนกำลังงานนั้นจะขึ้นอยู่กับจำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิ โดยปกติขดลวดเหนี่ยวนำจะอนุญาตให้เพียงไฟฟ้ากระแสสลับไหลผ่านเท่านั้น เนื่องจากไฟฟ้ากระแสสลับไหลผ่านเข้าสู่ขดลวดปฐมภูมิจะทำให้เกิดแรงดันในการขับเคลื่อนอิเล็กตรอนอิสระให้เคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกัน หรือเรียกอีกอย่างว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้า (Electromotive Force: EMF) และก่อให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้น เนื่องจากปรากฏการณ์ของไฟฟ้ากระแสสลับจะทำให้ขดลวดปฐมภูมิเกิดการเปลี่ยนแปลงขั้ว (Pole) อย่างต่อเนื่องอันนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นโดยรอบขดลวดปฐมภูมิ และเมื่อนำขดลวดทุติยภูมิเข้าใกล้ขดลวดปฐมภูมิอย่างเหมาะสมจะทำให้สนามแม่เหล็กที่เกิดจากขดลวดปฐมภูมิส่งไปถึงขดลวดทุติยภูมิได้ซึ่งปรากฏการณ์ดังกล่าวเรียกว่าการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Induction) [17] ดังแสดงในรูปที่ 2.19

หากใช้แหล่งกำเนิดด้วยไฟฟ้ากระแสตรง ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าจะมีเพียงทิศทางเดียว ทำให้สนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นไม่มีการกลับขั้วและความเข้มของสนามไฟฟ้าคงที่ จึงไม่สามารถถ่ายโอนกำลังงานได้ดังแสดงในรูปที่ 2.20 ดังนั้นหากต้องการทำให้วงจรที่มีแหล่งกำเนิดด้วยไฟฟ้ากระแสตรงสามารถถ่ายโอนกำลังงานได้นั้นจำเป็นต้องอาศัยวงจรรวม (Integrated Circuit: IC) เพื่อช่วยให้เกิดการสลับขั้ว กล่าวคือเกิดการสลับทิศทางของกระแสจากไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ [17] ดังแสดงในรูปที่ 2.21



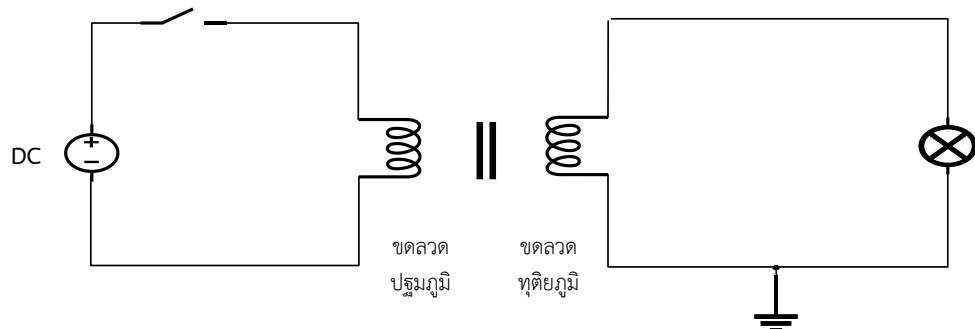
รูปที่ 2.19 ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าและการเกิดสนามไฟฟ้าเมื่อใช้แหล่งกำเนิดด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น เมื่อผู้ดูแลเห็นใบใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไฟฟ้ากระแสสลับ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

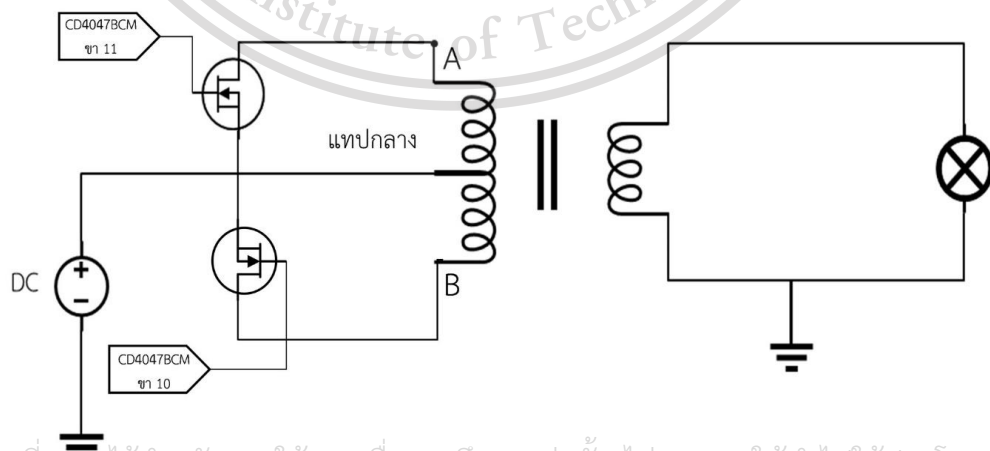
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.20 ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าและการเกิดสนามไฟฟ้าเมื่อใช้แหล่งกำเนิดด้วยไฟฟ้ากระแสตรง

ขดลวดเหนี่ยวนำด้านปฐมภูมิในวงจรจะประกอบไปด้วยขดลวดที่มีแทปกกลางถูกนำมาใช้เนื่องจากวงจรในภาคส่งมีสัญญาณขาออกที่เป็นไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ ซึ่งขดลวดเหนี่ยวนำนั้นต้องการไฟฟ้ากระแสสลับมาใช้เพื่อทำให้เกิดการเหนี่ยวนำ และเพื่อที่จะทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสสลับขึ้นจึงได้อาศัยมอสเฟตมาเป็นอุปกรณ์ในทำให้เกิดการสวิตช์เพื่อเข้าสู่ขดลวดจุด A และจุด B ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของสนามไฟฟ้าและการเหนี่ยวนำเกิดขึ้น โดยทำการป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่ได้จากมอสเฟตทั้งสองตัวขนาด +12 โวลต์ เข้ากับขา A และ ขา B และป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ เข้าที่แทปกกลางของขดลวดปฐมภูมิดังแสดงในรูปที่ 2.21 โดยจะแบ่งแรงดันที่รับเข้ามาเป็น +12 โวลต์ กราวนด์ และ -12 โวลต์ ทำให้เสมือนว่าขดลวดนั้นมีไฟฟ้ากระแสสลับอยู่ภายในขดลวด ซึ่งขดลวดปฐมภูมิที่มีแทปกกลางจะถูกเหนี่ยวนำให้กับขดลวดทุติยภูมิที่ใช้งานร่วมกับวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นเข้ามาเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ได้จากการเหนี่ยวนำนั้นให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 2.21 วงจรที่ใช้ขดลวดที่มีแทปกกลางและมอสเฟตเพื่อช่วยทำให้เกิดการเหนี่ยวนำ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.3.5 ขดลวดเกลียวแบน

ขดลวดเกลียวแบน (Single Layer Spiral Coil) แสดงดังรูปที่ 2.22 ขดลวดเกลียวแบน นิยมใช้บนอุปกรณ์ที่รองรับมาตรฐาน Qi เนื่องจากมีโครงสร้างทางกายภาพที่บางและมีประสิทธิภาพที่ดี อีกทั้งยังสามารถติดตั้งได้ง่าย ซึ่งขดลวดเกลียวแบนสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ ประเภท A และประเภท B



รูปที่ 2.22 ขดลวดเกลียวแบน [18]

2.3.5.1 ขดลวดเกลียวแบนประเภท A

ในการส่งผ่านกำลังงานขดลวดเกลียวแบนประเภท A จะเกิดขึ้นในบริเวณขดลวดที่มีฟลักซ์แม่เหล็กสูงเพียงพอ ซึ่งเป็นการวางเรียงกันของขดลวดตามตำแหน่งที่เหมาะสมจึงจะสามารถทำการถ่ายโอนกำลังงานได้ โดยขดลวดเกลียวแบนประเภท A สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ การกำหนดจุดชาร์จที่อุปกรณ์จะสามารถทำการชาร์จได้ (Guided Positioning) หรือ การชาร์จโดยการไม่กำหนดจุดชาร์จ (Free Positioning) ซึ่งรูปแบบของขดลวดเกลียวแบนประเภท A จะแสดงดังรูปที่ 2.23 ถึง 2.24




| Type | Position | | description | | |
|----------|--------------------|-------------|--|--|--|
| A1, A5 | guided (magnet) | single coil | coil dimensions: 43 x 2,1mm variable frequency (105...205kHz) A1: half-bridge, input voltage 19V A5: full-bridge, input voltage 5V | | |
| A10, A11 | guided (no magnet) | single coil | coil dimensions: 43 x 2,1mm variable frequency (105...205kHz) A10: half-bridge, input voltage 19V A11: full-bridge, input voltage 5V | | |
| A2, A3 | free | moving coil | coil dimensions: A2: 40 x 2mm, A3: 33 x 1,8mm full-bridge inverter, input voltage 3...12V A2: fixed frequency (140kHz) A3: variable frequency (105...140kHz) | | |
| A4 | free | two coils | coil dimensions: 70 x 59 x 1,15mm full-bridge inverter, input voltage 5...11V variable frequency (110...180kHz) | | |
| A6 | free | three coils | coil dimensions: 53,2 x 45,2 x 1,5mm half-bridge inverter, input voltage 12V variable frequency (115...205kHz) | | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.23 ขดลวดเกลียวแบนประเภท A [19]

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.





Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

| Type | Position | description | | |
|------|----------|--|---|--|
| A7 | free | single coil coil dimensions: 39 x 1,9mm full-bridge inverter, variable input voltage 3...12V frequency fixed between 105...140kHz (140kHz recommended) |  | |
| A8 | free | single coil coil dimensions: 39 x 1,9mm full-bridge inverter, variable input voltage 5...11V variable frequency 110...180kHz |  | |
| A9 | guided | single coil coil dimensions: 43 x 2,1mm full-bridge inverter, variable input voltage 2...15V frequency fixed between 105...115kHz (110kHz recommended) |  | |

รูปที่ 2.24 ขดลวดเกลียวแบนประเภท A [19] (ต่อ)

2.3.5.2 ขดลวดเกลียวแบนประเภท B

จะใช้หลักการแบบอาร์เรย์ที่มีความเฉพาะตัว ซึ่งประเภท B จะเป็นแบบการชาร์จโดยการไม่กำหนดจุดชาร์จ (Free Positioning) ทั้งหมด ซึ่งรูปแบบของขดลวดเกลียวแบนประเภท B จะแสดงดังรูปที่ 5

| Type | Position | description | |
|------|----------|--|---|
| B1 | free | multi-coil array coil dimensions: 28 x 0,6mm, 3-layer wire wound, half-bridge inverter, input voltage 0...20V frequency fixed between 105...113kHz |  |
| B2 | free | multi-coil array based on 8-layer PCB type primary coil array coil dimensions: 31 x 0,6mm half-bridge inverter, input voltage 0...20V frequency fixed between 105...113kHz |  |
| B3 | free | multi-coil array hybrid PCB/wire wound coil structure (4-layer PCB + wire wound coil) full-bridge inverter, input voltage 12V frequency fixed between 105...113kHz variable phase angle of full-bridge inverter (0...180°) |  |
| B4 | free | multi-coil array Square shaped planar coils, 8-layer PCB or 3-layer wire wound (outer diameter 45mm) or hybrid PCB/wire wound full-bridge inverter, input voltage 12V, frequency fixed between 105...113kHz variable phase angle of full-bridge inverter (0...180°) |  |

รูปที่ 2.25 ขดลวดเกลียวแบนประเภท B [19]

2.3.6 ไดโอดเปล่งแสงและกฎของโอห์ม

ในส่วนของวงจรทางด้านรับในโปรแกรมจำลองผลนั้นได้ใช้ไดโอดเปล่งแสงเป็นตัวอย่างของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่จะนำมาใช้งานซึ่งในการต่อวงจรจำเป็นต้องคำนึงถึงค่าแรงดันที่เข้ามาเนื่องจากหากแรงดันที่มากไปอาจทำให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เกิดความเสียหายได้สามารถแก้ไขได้โดยทำการคำนวณค่าของตัวต้านทานที่เหมาะสมกับแรงดันขาเข้าและโหลดจากกฎของโอห์มเริ่มต้นการพิจารณาจากค่าของไดโอดเปล่งแสงที่ต้องการแรงดันตกคร่อมอยู่ที่ 3 โวลต์ และมีค่าของกระแสที่รับได้อยู่ที่ 20 มิลลิแอมแปร์ หากจ่ายแรงดันกระแสตรงจำนวน 9 โวลต์ ซึ่งเป็นค่าที่มากเกินกว่าที่ไดโอดเปล่งแสงจะรับได้ ค่าของตัวต้านทานต้องมีแรงดันตกคร่อมที่ 9 - 3 โวลต์ เท่ากับ 6 โวลต์ ดังนั้นหากพิจารณาตามกฎของโอห์ม ดังแสดงในสมการที่ 2.6 ถึง 2.8 ซึ่งให้ค่าความต้านทานที่ 300

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

โอห์ม แต่จะต้องใช้ค่าที่สูงกว่าค่าที่คำนวณได้ เนื่องจากค่าความคลาดเคลื่อนของตัวต้านทานที่ 5% จะใช้ค่าความต้านทาน 330 โอห์ม เป็นอย่างต่ำไปจนถึงค่าที่ไม่ทำให้ไดโอดเปล่งแสง [20]

$$V = IR \quad (2.6)$$

$$R = \frac{V}{I} \quad (2.7)$$

$$R = \frac{6}{20 \times 10^{-3}} = 300 \Omega \quad (2.8)$$

จากสมการข้างต้นได้แสดงการคำนวณของค่าความต้านทานที่นำมาใช้กับไดโอดเปล่งแสงจะสามารถสรุปได้ว่าวงจรในส่วนภาคส่งได้จ่ายกระแสตรงจำนวน 12 โวลต์ ค่ากระแส 5 แอมป์แปร์ ค่าของตัวต้านทานต้องมีแรงดันตกคร่อมที่ 12 – 3 โวลต์ เท่ากับ 8 โวลต์ ดังนั้นหากพิจารณาตามกฎของโอห์มให้ค่าความต้าน 400 โอห์ม แต่จะต้องใช้ค่าที่สูงกว่าค่าที่คำนวณได้เนื่องจากค่าความคลาดเคลื่อนของตัวต้านทานในวงจรเลือกใช้คือ 5 เปอร์เซ็นต์ ผู้จัดทำจึงเลือกใช้ค่าความต้านทาน 1 กิโลโอห์ม

2.4 อุปกรณ์และซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการจำลองและทดสอบ

2.4.1 แผ่นวงจรพิมพ์

PCB (Printed Circuit Board) หรือที่เราเรียกว่า แผ่นวงจรพิมพ์ คือแผ่นบอร์ดสำหรับติดตั้ง วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ เช่น วงจรสำเร็จ ไดโอดเปล่งแสง ไดโอด ทรานซิสเตอร์ ตัวต้านทาน รวมถึงหัวแจ๊ค และเทอร์มินอลต่าง ๆ โดยมีลักษณะเด่นที่สำคัญคือ การติดตั้งวงจรโดยไม่ใช้สายไฟ แต่จะใช้ทองแดงบนผิวหน้าของแผ่น เป็นตัวนำไฟฟ้าแทนดังแสดงในรูปที่ 2.26 [21]



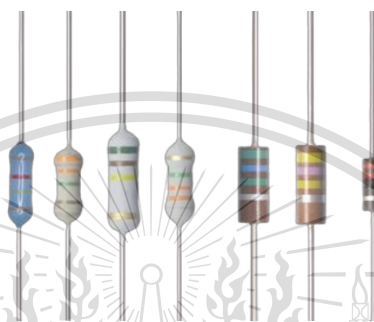
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้รูปที่ 2.26 แผ่นวงจรพิมพ์ [21] อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.4.2 ตัวต้านทาน

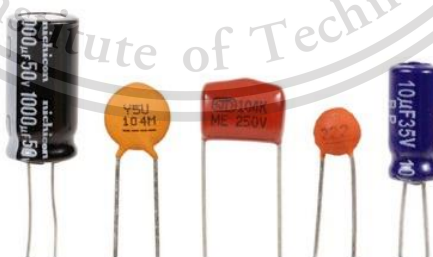
เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่มีคุณสมบัติในการต้านการไหลผ่านของกระแสไฟฟ้า ทำด้วยลวดต้านทานหรือถ่านคาร์บอนเป็นต้น นั่นคือถ้าอุปกรณ์นั้นมีความต้านทานมาก กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านจะน้อยลง เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดแบบเฉื่อยงาน (Passive Element) สองขั้วดังนั้นตัวต้านทานจึงเป็นอุปกรณ์ที่มีการใช้กันมากในงานด้านไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ดังแสดงในรูปที่ 2.27 [22]



รูปที่ 2.27 ตัวต้านทาน [22]

2.4.3 ตัวเก็บประจุ

เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อย่างหนึ่ง ทำหน้าที่เก็บพลังงานในรูปแบบไฟฟ้าที่สร้างขึ้นระหว่างคู่ฉนวน โดยมีค่าประจุไฟฟ้าเท่ากัน แต่มีชนิดของประจุตรงข้ามกัน หรืออาจเรียกตัวเก็บประจุนี้ว่า คอนเดนเซอร์ (Condenser) เป็นอุปกรณ์พื้นฐานสำคัญในงานอิเล็กทรอนิกส์ และพบได้แทบทุกวงจร มีคุณสมบัติตรงข้ามกับตัวเหนี่ยวนำ จึงมักใช้หักล้างกันหรือทำงานร่วมกันในวงจร ดังแสดงในรูปที่ 2.28 [23]



รูปที่ 2.28 ตัวเก็บประจุ [23]

2.4.4 ไดโอด

ไดโอด (Diode) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มีสองขั้ว คือขั้ว A (Anode) และขั้ว K (Cathode) มีคุณสมบัติยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลในจากขั้ว A ไปหาขั้ว K เท่านั้น และไม่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลจากขั้ว K ไปยังขั้ว A ส่วนใหญ่เราจะใช้ไดโอดในการทำให้กระแสไปในทิศทางเดียว

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

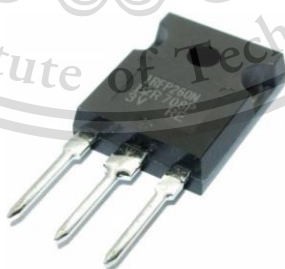
ในทางใดทางหนึ่ง ส่วนกระแสที่ไหลทิศทางตรงข้ามกันจะถูกกั้น ดังนั้นจึงอาจถือว่าเป็นวาล์ว ตรวจสอบแบบอิเล็กทรอนิกส์อย่างหนึ่ง ซึ่งนับเป็นประโยชน์อย่างมากในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เช่น ใช้เป็นตัวเรียงกระแสไฟฟ้าในวงจรแหล่งจ่ายไฟดังแสดงในรูปที่ 2.29 [24]



รูปที่ 2.29 ไดโอด [25]

2.4.5 มอสเฟต

มอสเฟต (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor: MOSFET) เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่มีการทำงานในลักษณะที่แปลงแรงดันเป็นกระแส กระแสที่ได้เป็นผลมาจาก อิเล็กตรอนหรือโฮล ซึ่งเป็นพาหะข้างมาก (Majority Carrier) ขึ้นอยู่กับว่าอุปกรณ์ดังกล่าวเป็น มอสเฟตชนิดเอ็น (NMOS) หรือมอสเฟตชนิดพี (PMOS) มอสเฟตสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ มอสเฟตแบบดีพลีชัน (Depletion) และมอสเฟตแบบเอ็นฮานซ์เมนต์ (Enhancement) ซึ่ง มอสเฟตแต่ละประเภทยังสามารถแบ่งได้อีก 2 ชนิด คือ มอสเฟตชนิดเอ็น (NMOS) ซึ่งมีประจุพาหะ อิเล็กตรอนเป็นตัวนำกระแส และมอสเฟตชนิดพี (PMOS) ซึ่งมีประจุพาหะโฮลเป็นตัวนำกระแสดัง แสดงในรูปที่ 2.30 [26]



รูปที่ 2.30 มอสเฟต [26]

2.4.6 ไดโอดเปล่งแสง

ไดโอดเปล่งแสง หรือ LED (Light-Emitting Diode) คือ สารกึ่งตัวนำไฟฟ้าที่ยอมให้ กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน แล้วปล่อยแสงสว่างออกมาได้ทันที ประกอบด้วยคลื่นความถี่เดียวและเฟส ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเหตุดแปลกประหลาด และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ ต่อเนื่องกันดังแสดงในรูปที่ 2.31 [27]

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.31 ไดโอดเปล่งแสง [28]

2.4.7 CD4047BCM

วงจรกำเนิดความถี่สัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมที่สามารถกำเนิดความถี่ได้สองลักษณะคือโหมด Monostable และ Astable ซึ่งวงจรสำเร็จนี้จะใช้ตัวเก็บประจุภายนอก (ระหว่างขา 1 และขา 3) และตัวต้านทานภายนอก (ระหว่างขา 2 และขา 3) เพื่อกำหนดความกว้างของสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมขาออกในโหมด Monostable และความถี่ของสัญญาณขาออกในโหมด Astable วงจรสำเร็จนี้จะสามารถทำงานได้โดยมีสัญญาณสองระดับของสัญญาณขาเข้าในโหมด Astable คือ ระดับสูง (HIGH) และระดับต่ำ ความถี่เอาต์พุต (LOW) (อัตราส่วนของความกว้างของสัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยมต่อคาบเวลาเท่ากับ 50%) ที่สัญญาณขาออก Q และ \bar{Q} ถูกกำหนดโดยส่วนประกอบของเวลา ความถี่สองเท่าของ Q มีอยู่ที่ Oscillator Output ไม่มีอัตราส่วนของความกว้างของสัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยมต่อคาบเวลาเท่ากับ 50% การเปิดใช้งานโหมด Monostable จะทำงานเมื่ออุปกรณ์ถูกtriggerโดยการเปลี่ยนจาก LOW-to-HIGH ที่ + สัญญาณขาเข้าที่ถูกtrigger หรือ HIGH-to-LOW ที่ - สัญญาณขาเข้าที่ถูกtrigger อุปกรณ์สามารถกำหนดค่าใหม่ได้โดยใช้การเปลี่ยนจาก LOW-to-HIGH พร้อมกันทั้งสัญญาณขาเข้า + trigger และรีtriggerระดับสูงของสัญญาณขาเข้ารีเซ็ตจะรีเซ็ตสัญญาณขาออก Q เป็น LOW \bar{Q} เป็น HIGH [29] ดังแสดงในรูปที่ 2.18

2.4.8 อุปกรณ์ควบคุมแรงดัน 7812

ตัวควบคุมแรงดันไฟฟ้าตัวควบคุมแรงดันไฟฟ้าเหล่านี้เป็นวงจรรวมแบบสำเร็จที่ออกแบบมาเป็นตัวควบคุมแรงดันไฟฟ้าแบบคงที่สำหรับการใช้งานที่หลากหลายโดยการควบคุมกระแสภายในที่จำกัดและสามารถส่งออกกระแสได้มากกว่า 1 แอมแปร์ อีกทั้งยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์ภายนอกเพื่อปรับแรงดันและกระแสได้อีกด้วยดังแสดงในรูปที่ 2.32 [30]



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only. It is not to be used for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 2.32 อุปกรณ์ควบคุมแรงดัน 7812 [31]

2.4.9 ไฟ LED เส้น (LED Strip)

ไฟชนิดนี้มีลักษณะเป็นเส้นยาวคล้ายริบบิ้น มันจึงมีชื่อเรียกว่า LED Ribbon หรือ LED Strip ด้วยคุณสมบัติเฉพาะตัวสามารถบิดงอได้อย่างอิสระ ติดตั้งได้ง่ายแม้ในพื้นที่แคบ ดัดโค้งปรับให้เข้ากับโครงสร้างพื้นที่ที่ต้องการติดตั้งได้ง่าย [32] ดังแสดงในรูปที่ 2.33



รูปที่ 2.33 ไฟ LED เส้น [33]

2.4.10 พัดลมระบายอากาศ

พัดลมระบายอากาศขนาด $120 \times 120 \times 25$ มิลลิเมตร ใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขาเข้าขนาด 8 ถึง 13.2 โวลต์ และ กระแสไฟฟ้าขนาด 0.22 ถึง 0.39 แอมแปร์ ลักษณะดังแสดงในรูปที่ 2.34



รูปที่ 2.34 พัดลมระบายอากาศ [34]

2.4.11 พัดลมตั้งโต๊ะ

พัดลมตั้งโต๊ะขนาด $105 \times 92 \times 171$ มิลลิเมตร ใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขาเข้าขนาด 5 โวลต์ และ กระแสไฟฟ้าขนาด 0.5 แอมแปร์ ดังแสดงในรูปที่ 2.35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.35 พัดลมตั้งโต๊ะ [35]

2.4.12 โคมไฟตั้งโต๊ะ

โคมไฟตั้งโต๊ะขนาดใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขาเข้าขนาด 5 โวลต์ และ กระแสไฟฟ้าขนาด 0.5 แอมแปร์ ดังแสดงในรูปที่ 2.36

รูปที่ 2.36 โคมไฟตั้งโต๊ะ [36]

2.4.13 แผงระบายความร้อน

แผงอะลูมิเนียมสำหรับใช้ระบายความร้อน เนื่องจากมอสเฟตเป็นอุปกรณ์ที่ใช้งานร่วมกับความถี่ ซึ่งความถี่ดังกล่าวนี้ทำให้เกิดความร้อนขึ้นจากภายในของตัวมอสเฟต ลักษณะของแผงระบายความร้อนเป็นดังแสดงในรูปที่ 2.37



รูปที่ 2.37 แผงระบายความร้อน [37]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.4.14 วงจรจ่ายกระแสไฟฟ้า

วงจรจ่ายกระแสไฟฟ้าหรือสวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลายคือเป็นอุปกรณ์ที่จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ โดยจะทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC) เนื่องจากอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ต้องการแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อให้ฟังก์ชันในอุปกรณ์ทำงานได้ [38] ดังแสดงในรูปที่ 2.38



รูปที่ 2.38 วงจรจ่ายกระแสไฟฟ้า [39]

2.4.15 ขดลวดเหนี่ยวนำ

เป็นตัวนำไฟฟ้าประเภทหนึ่งเมื่อมีการพันขดลวดเกิดขึ้นโดยไม่มีขดลวดอื่นอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกระแสไฟฟ้าจะถูกส่งผ่านตัวขดลวดและทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า และ เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้า (Electromotive Force: EMF) กระแสไหลในตัวนำใด ๆ จะสร้างสนามแม่เหล็กวงกลมรอบตัวนำตามกฎของแอมแปร์ ประโยชน์ของการใช้รูปทรงแบบขดม้วนก็คือการเพิ่มความแรงของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแส สนามแม่เหล็กที่เกิดจากแต่ละรอบที่แยกจากกันของลวดตัวนำทั้งหมดผ่านศูนย์กลางของขดลวดและซ้อนกันเพื่อสร้างสนามที่มีความเข้มที่สอดคล้องกับ จำนวนรอบของขดลวด ในทางกลับกันการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์แม่เหล็กภายนอกทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าในตัวนำตามกฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์แรงดันไฟฟ้าที่ถูกเหนี่ยวนำสามารถทำให้เพิ่มขึ้นได้โดยพันลวดให้เป็นขดเพราะเส้นสนามจะตัดเส้นลวดหลายครั้ง [40] ขดลวดที่ใช้ในปรีญญาณินพจน์นี้มีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 2.39



รูปที่ 2.39 ขดลวดเหนี่ยวนำ [41]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงที่มาของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.4.16 แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง (DC Power Supply)

แหล่งจ่ายไฟกระแสตรงเป็นหนึ่งในแหล่งจ่ายไฟที่ให้แรงดันไฟฟ้าของขั้วคงที่เพื่อโหลด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ การออกแบบของแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงอาจจะขับเคลื่อนจาก แหล่งไฟฟ้ากระแสตรงหรือจากแหล่งไฟฟ้ากระแสสลับที่มาเป็นแหล่งจ่ายหลัก [42] ดังแสดงในรูปที่ 2.40



รูปที่ 2.40 แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง [43]

2.4.17 โต๊ะทำงาน

โต๊ะทำงานเป็นอุปกรณ์อย่างหนึ่งที่จำเป็นที่ต้องนำใช้งานในการออกแบบโต๊ะต้นแบบและโต๊ะใช้งานจริง ซึ่งจะเลือกใช้โต๊ะทำงานสองขนาดด้วยกัน คือ โต๊ะทำงาน 60×34×26 และโต๊ะทำงานขนาด 120×45×73 ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 2.41



รูปที่ 2.41 โต๊ะทำงาน [44]

2.4.18 โปรแกรม Proteus VSM (Virtual System Modeling)

โปรแกรม Proteus หรือ Proteus VSM (Virtual System Modeling) เป็นโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น โดยบริษัท แล็บเซ็นเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ จำกัด (Labcenter Electronics Ltd.) ที่ประเทศ

อังกฤษ โปรแกรม Proteus มีชื่อเต็มว่า Labcenter Electronics Proteus ซึ่งภายในโปรแกรม

ไม่ว่ากรณีใดจะประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 2 ส่วน คือ ISIS และ ARES โปรแกรม Proteus จะมีอยู่หลาย

เวอร์ชันให้เลือกใช้งาน ซึ่งหน้าตาของโปรแกรม Proteus 8 professional ดังแสดงในรูปที่ 2.42

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ความสามารถในการทำงานของโปรแกรม Proteus ก็คือ สามารถจำลองการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทั้งแบบแอนะล็อกและดิจิทัลผสมกัน นอกจากนี้ Proteus ยังสามารถออกแบบลายวงจรพิมพ์ (PCB) ได้อีกด้วย [45]



รูปที่ 2.42 หน้าตาของ โปรแกรม Proteus 8 professional [46]

2.4.19 โปรแกรม Altium Designer

โปรแกรมนี้เป็นโปรแกรมที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด มาพร้อมกับเทคโนโลยีการออกแบบ PCB ที่ล้ำสมัยและทรงพลัง ช่วยออกแบบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์คุณภาพสูงได้อย่างมืออาชีพ สามารถสร้างแบบจำลอง 3 มิติ enhanced HDI routing automation และอื่น ๆ [47] หน้าตาของโปรแกรม Altium Designer 19 ดังแสดงในรูปที่ 2.43



รูปที่ 2.43 หน้าตาของโปรแกรม Altium Designer 19 [47]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 3

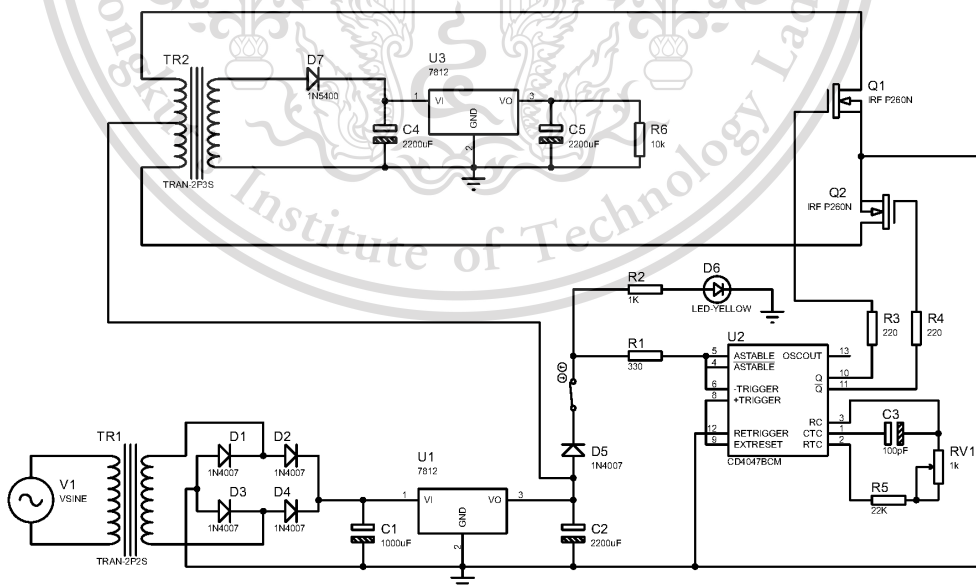
การออกแบบและการจัดทำปฏิญาณนิพนธ์

ปฏิญาณนิพนธ์นี้เป็นการออกแบบและพัฒนาระบบการส่งผ่านกำลังงานไฟฟ้าแบบไร้สาย โดยเป็นการประยุกต์เทคโนโลยีการเหนี่ยวนำของแม่เหล็กไฟฟ้า และองค์ความรู้ด้านอิเล็กทรอนิกส์และสนามไฟฟ้า เพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับโต๊ะทำงานสมัยใหม่ โดยวงจรการเหนี่ยวนำจะถูกออกแบบและจำลองด้วยโปรแกรมเพื่อวิเคราะห์ห่อ้งค์ประกอบที่สำคัญและผลการทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานของขดลวดที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของวงจรการเหนี่ยวนำซึ่งจะอธิบายและนำเสนอในบทนี้

3.1 การออกแบบ

3.1.1 การออกแบบวงจรถ่ายโอนกำลังงาน

โต๊ะทำงานมหัศจรรย์กำลังงานไร้สายประกอบด้วยวงจรภาครับและวงจรภาคส่ง โดยใน ส่วนวงจรภาคส่งจะใช้วงจรเรียงกระแสไฟฟ้า วงจรวงจรอินเวอร์เตอร์บริดจ์แบบครึ่งคลื่น วงจรควบคุม และสร้างสัญญาณขับ และขดลวดปฐมภูมิ และในส่วนของวงจรภาครับจะใช้ ขดลวดทุติยภูมิและวงจรเรียงกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 3.1 วงจรถ่ายโอนกำลังงานต้นแบบ

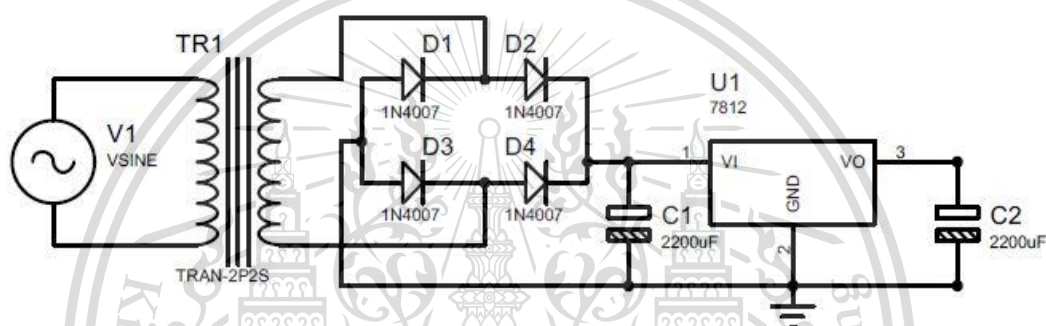
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

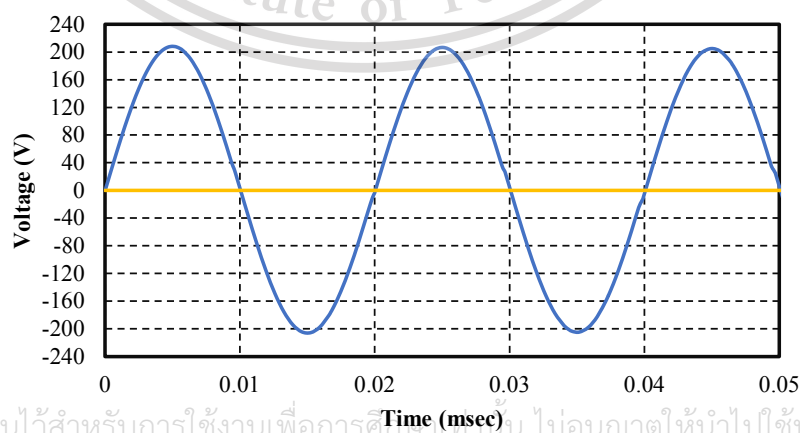
3.1.1 การออกแบบวงจรเรียงกระแสไฟฟ้าในส่วนของภาคส่ง

หลักการการทำงานของวงจรแปลงกระแสไฟฟ้าสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงจำเป็นที่จะต้องทำการจำลองผลของวงจรดังกล่าวเพื่อพิสูจน์ว่าสามารถทำการแปลงกระแสไฟฟ้าภายในอากาศให้เป็นไปตามจำนวนโวลต์ที่ต้องการและนำไปใช้ในการเลี้ยงวงจรใด ๆ โดยอาศัยวงจรเรียงกระแสสำเร็จ LM7812 ตัวปรับเพื่อควบคุมระดับความต่างศักย์ให้มีค่าคงที่ขนาด 12 โวลต์ และอาศัยตัวเก็บประจุเพื่อทำหน้าที่ในการกรองกระแสซึ่งแบบจำลองโครงสร้างวงจรจ่ายกระแสและผลการจำลองของวงจรเป็นแสดงดังรูปที่ 3.2 ตามลำดับ



รูปที่ 3.2 แบบจำลองโครงสร้างวงจรเรียงกระแส

โดยปกติกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในบ้านเรือนมีค่าแรงดันเท่ากับ 220 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิรตซ์ เมื่อทำการต่อวงจรเข้ากับโหลดหรือภาระจะทำให้ค่าแรงดันนั้นลดลงจากเดิมค่าหนึ่งซึ่งจะได้ผลการจำลองสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับขาเข้า แสดงดังรูปที่ 3.3



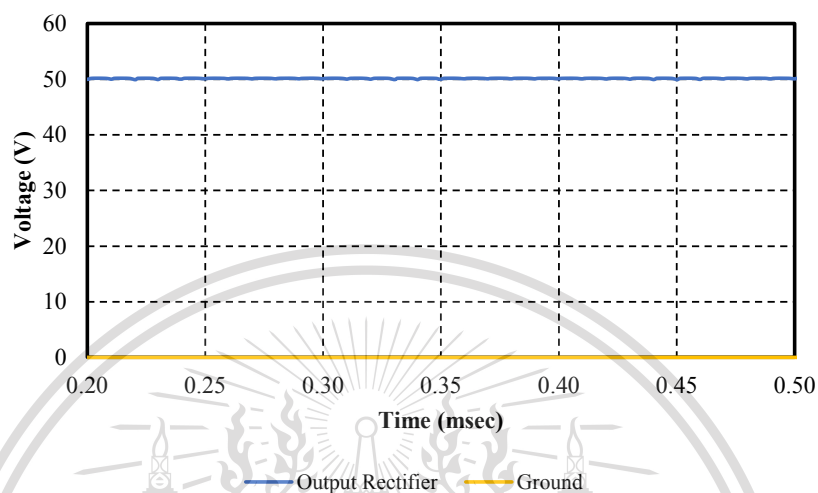
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาระดับปริญญาโท ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และตัดองค์ประกอบเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.3 ผลการจำลองสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับขาเข้า

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

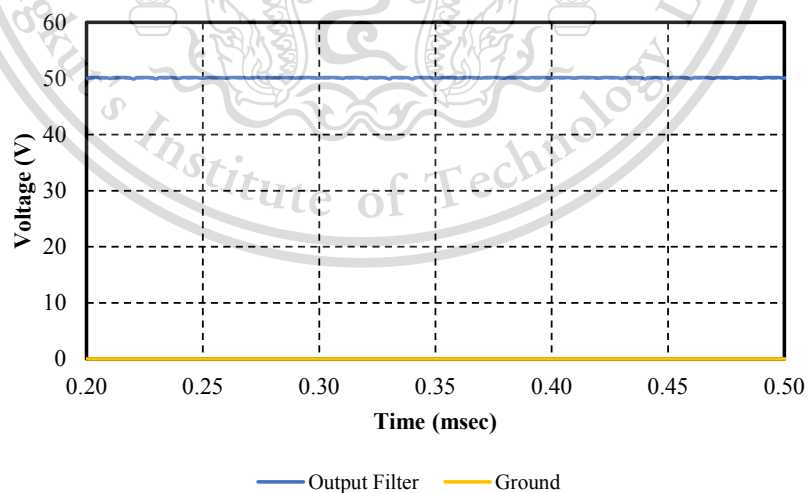
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เมื่อสัญญาณผ่านวงจรการเรียงกระแสแล้วทำให้ได้สัญญาณมีการเปลี่ยนรูปร่างจากคลื่นรูปไซน์เป็นไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 50 โวลต์ แสดงดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ผลการจำลองสัญญาณขาออกของวงจรเรียงกระแส

นำสัญญาณที่ได้จากวงจรเรียงกระแสมาทำการกรองเพื่อปรับให้กระแสมีความเรียบขึ้น ในส่วนของตัวเก็บประจุนี้ไม่มีผลต่อค่าความต่างศักย์แต่อย่างใดแสดงดังรูปที่ 3.5



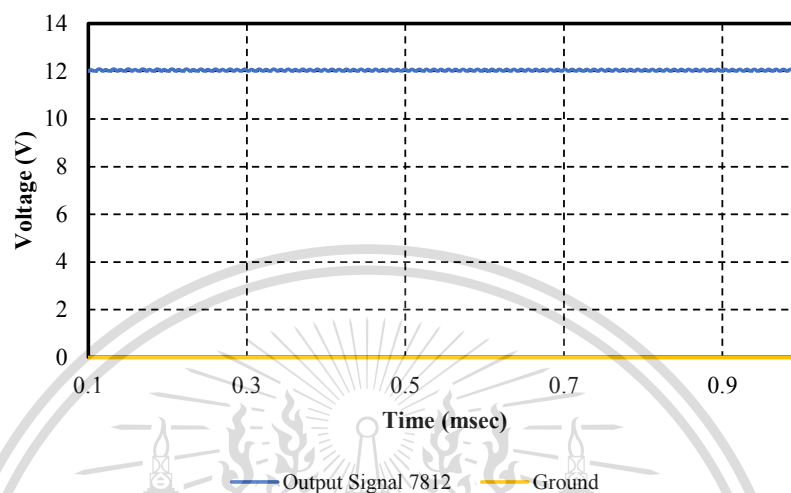
รูปที่ 3.5 ผลการจำลองสัญญาณขาออกจากวงจรกรองกระแสด้วยตัวเก็บประจุ C_1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

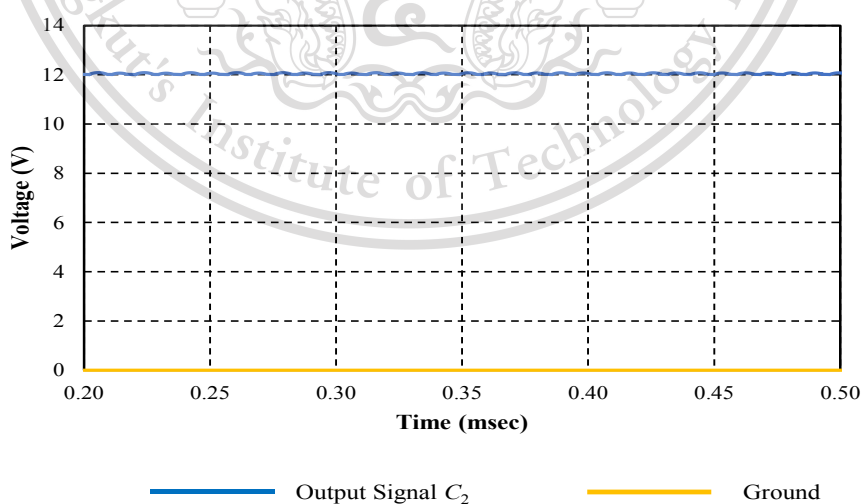
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สามารถสังเกตได้ว่าการใช้วงจรเรียงกระแสสำเร็จ LM7812 สามารถทำให้ความต่างศักย์ของสัญญาณนั้นมีค่าลดลงจาก 50 โวลต์ เป็น 12 โวลต์ แสดงดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ผลการจำลองสัญญาณขาออกเมื่อใช้วงจรเรียงกระแสสำเร็จ LM7812

นำตัวเก็บประจุมาใช้ในการกรองกระแสที่ได้ออกมาจากวงจรเรียงกระแสสำเร็จ LM7812 เพื่อลดค่า Ripple ให้กระแสมีความเรียบขึ้นก่อนนำไปใช้งานแสดงดังรูปที่ 3.7 และรูปที่ 3.8 ตามลำดับ

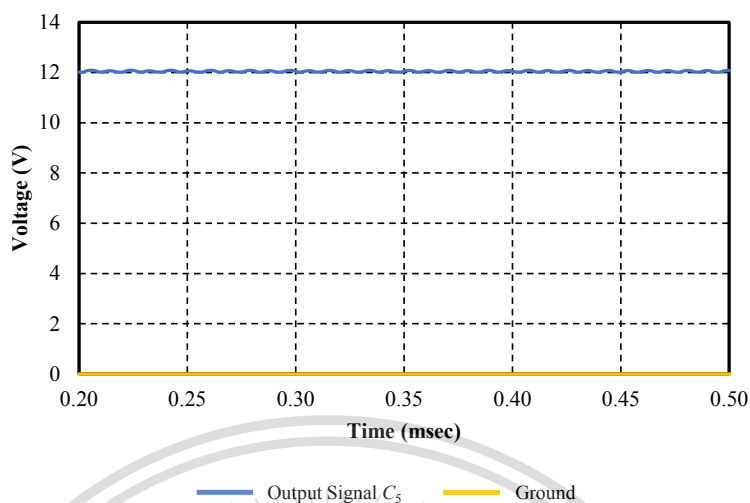


รูปที่ 3.7 ผลการจำลองการกรองกระแสของตัวเก็บประจุ C_2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

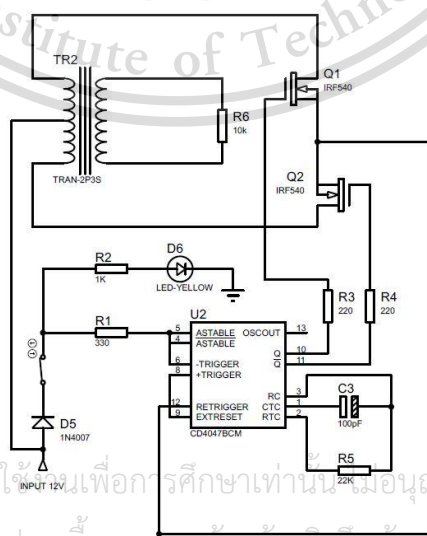
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.8 ผลการจำลองการรบกวนกระแสของตัวเก็บประจุ C_5

3.1.2 การออกแบบวงจรอินเวอร์เตอร์บริดจ์แบบครึ่งคลื่นในส่วนของภาคส่ง

วงจรการเหนี่ยวนำจำเป็นต้องใช้ไฟฟ้ากระแสสลับในการทำให้เกิดการเหนี่ยวนำเกิดขึ้น จึงทำการแปลงไฟฟ้ากระแสตรงโวลต์ต่ำจากวงจรก่อนหน้าเป็นไฟฟ้ากระแสสลับโวลต์ต่ำ เพื่อศึกษาการนำทรานซิสเตอร์มาประยุกต์ใช้ในบทบาทของสวิตช์ที่ทำหน้าที่ในการส่งกระแสเมื่อได้รับสัญญาณขาเข้าที่เป็นด้านบวกและด้านลบ ซึ่งทรานซิสเตอร์นั้นเป็นอุปกรณ์ที่ทำงานโดยอาศัยความถี่เพื่อใช้ในการขับขาเกตของทรานซิสเตอร์ เพราะเหตุนี้ผู้จัดทำจึงใช้วงจรสำเร็จ CD4047BCM ในการสร้างคลื่นความถี่ โดยมีแบบจำลองโครงสร้างแสดงดังรูปที่ 3.9 และผลการจำลองสัญญาณขาเข้าและขาออกของทรานซิสเตอร์ทั้งสองตัวแสดงดังรูปที่ 3.10 และรูปที่ 3.11 ตามลำดับ

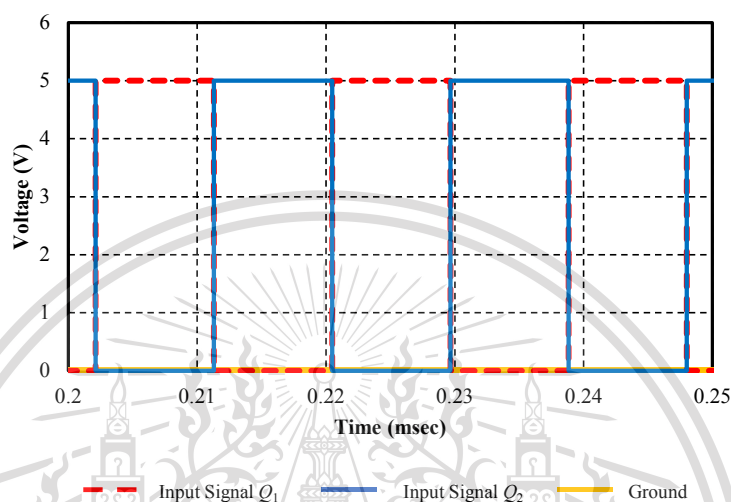


รูปที่ 3.9 แบบจำลองโครงสร้างวงจรอินเวอร์เตอร์บริดจ์แบบครึ่งคลื่น

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

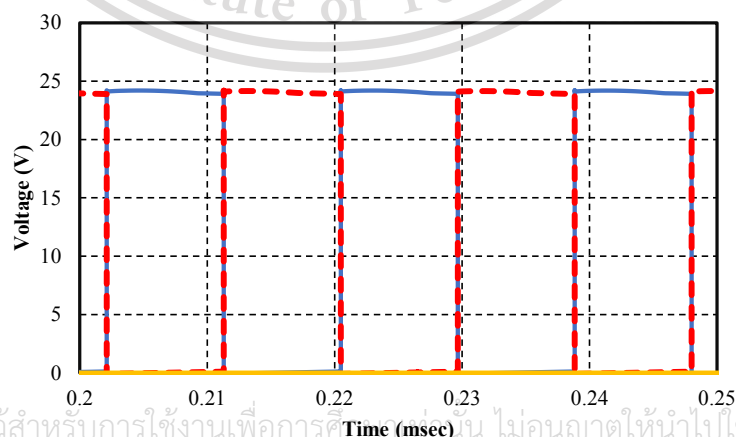
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สามารถสังเกตได้ว่าสัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยมขาเข้าของทรานซิสเตอร์ทั้งสองตัวจะมีเฟสที่ต่างกัน 180 องศา เนื่องจากต้องการให้ทรานซิสเตอร์ที่วางในทิศทางตรงกันข้ามทำงานสลับกันเมื่อรับแรงดันด้านบวกและแรงดันด้านลบแสดงดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 เปรียบเทียบสัญญาณขาเข้าของทรานซิสเตอร์ Q_1 และ Q_2

หลังจากที่ได้ทำการป้อนแรงดันให้กับขาเกตของทรานซิสเตอร์ทั้งสองตัว สามารถสรุปได้ว่า เมื่อแรงดันด้านบวกเข้ามาจะทำให้ Q_2 อยู่ในสภาวะใช้งานและ Q_1 อยู่ในสภาวะปิดการใช้งาน ในทางกลับกันเมื่อแรงดันด้านลบเข้ามาทำให้ Q_1 อยู่ในสภาวะใช้งานและ Q_2 อยู่ในสภาวะปิดการใช้งาน จากการสวิตช์ดังกล่าวทำให้สัญญาณด้านขาออกที่ออกมา นั้นพร้อมทั้งมีเฟสที่ต่างกัน 180 องศา และมีความต่างศักย์เท่ากับ 12 โวลต์ แสดงดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 สัญญาณขาออกของทรานซิสเตอร์ Q_1 และ Q_2

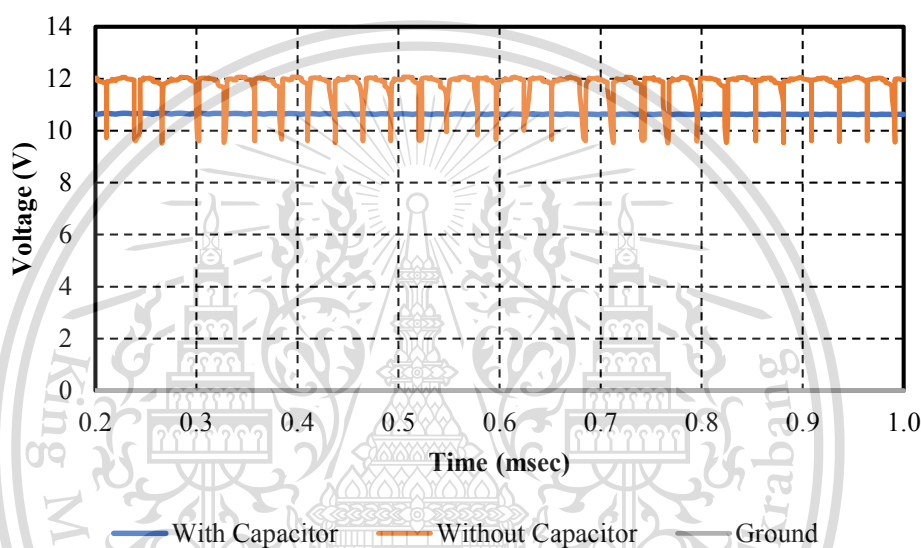
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาของเอกสารนี้ในโอกาสใดๆที่มิได้มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.1.3 การเลือกใช้งานตัวเก็บประจุ

บทบาทของตัวเก็บประจุนั้นมีหลากหลายสำหรับวงจรในปริณญาณิพนธ์นี้ ตัวเก็บประจุมีบทบาทในเรื่องของการกรองกระแสเพื่อลดการกระเพื่อมของแรงดันหลังจากวงจรเรียงกระแส ซึ่งการคำนวณค่าที่เหมาะสมสำหรับการกรองกระแสมีวิธีการที่ซับซ้อนจึงสามารถใช้ค่าในช่วง 2,000 ถึง 10,000 ไมโครฟารัด และเลือกค่าที่เพียงพอต่อการใช้งาน สามารถเปรียบเทียบผลการทดสอบวงจรที่มีตัวเก็บประจุและไม่มีตัวเก็บประจุ ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 ผลจำลองการเปรียบเทียบการใช้ตัวเก็บประจุสำหรับกรองกระแส

3.1.4 การออกแบบวงจรควบคุมและสร้างสัญญาณขับในส่วนของภาคส่ง

การที่มอเตอร์จะสามารถทำงานและทำการสวิตช์ได้จำเป็นต้องมีค่าแรงดันที่ใช้ในการขับกระแส นอกจากนั้นในการถ่ายโอนกำลังงานแบบไร้สายจะต้องคำนึงถึงความถี่ที่จะใช้ตามมาตรฐานด้วย จึงเลือกใช้วงจรรวม CD4047BCM ในการขับมอเตอร์และปรับเปลี่ยนความถี่ได้ตามต้องการโดยพิจารณาที่ค่าของตัวเก็บประจุที่ขา 1 และค่าของตัวต้านทานที่ขา 2 จากสูตรคำนวณหรือจากข้อมูลทางเทคนิคของตัววงจรรวมที่มีการแสดงการเปรียบเทียบไว้อย่างชัดเจนว่าหากความถี่ที่ต้องการใช้นั้นมีค่าที่ 100 กิโลเฮิร์ตซ์ จะต้องใช้ค่าตัวต้านทานเท่ากับ 22 กิโลโอห์ม [17] ลักษณะของวงจรรวมและสมการการคำนวณสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.13 และสมการที่ 3.1 ถึง 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ $f = \frac{1}{4.4 \times R \times C}$ ในที่นี้เป็นการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ (3.1) ในการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

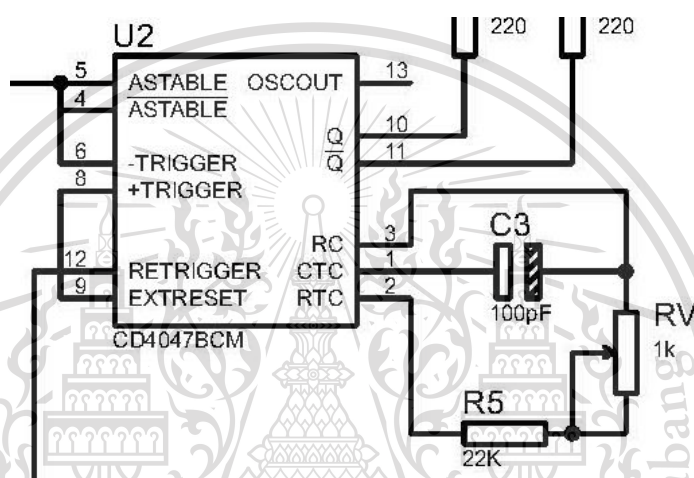
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

แทนค่าความต้านทาน (R) ขนาด 22 กิโลโอห์ม และค่าตัวเก็บประจุขนาด 100 พิโกฟารัด ในสมการที่ 2.6 จะได้

$$f = \frac{1}{4.4 \times 22 \times 10^3 \times 100 \times 10^{-12}} \quad (3.2)$$

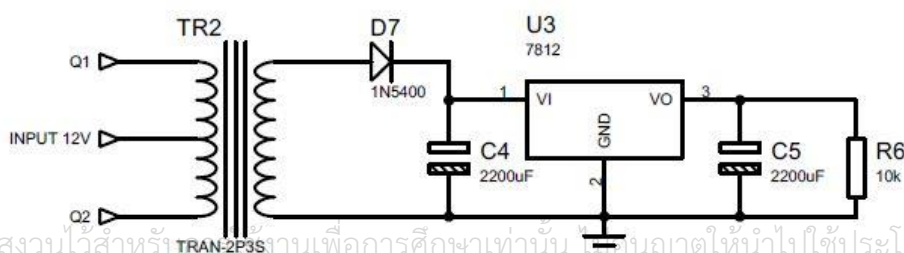
$$f = 103.3058 \text{ kHz} \quad (3.3)$$



รูปที่ 3.13 วงจรควบคุมและสร้างสัญญาณขับ

3.1.5 การออกแบบวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นในส่วนของภาครับ

เนื่องจากแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่วงจรภาครับได้รับนั้นมีค่าเพียง 12 โวลต์ ดังนั้นการใช้ไดโอดเพื่อทำการเรียงกระแสจึงไม่จำเป็นที่จะต้องมิไดโอดถึง 4 ตัว ดังเช่นวงจรเรียงกระแสของภาคส่งที่มีแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่มากถึง 220 โวลต์ ก็สามารถแปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงได้โดยใช้ไดโอดเพียงตัวเดียวแสดงดังรูปที่ 3.14 และอาศัยคุณสมบัติของตัวเก็บประจุเพื่อใช้ในการกรองกระแสก่อนป้อนเข้าสู่อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์



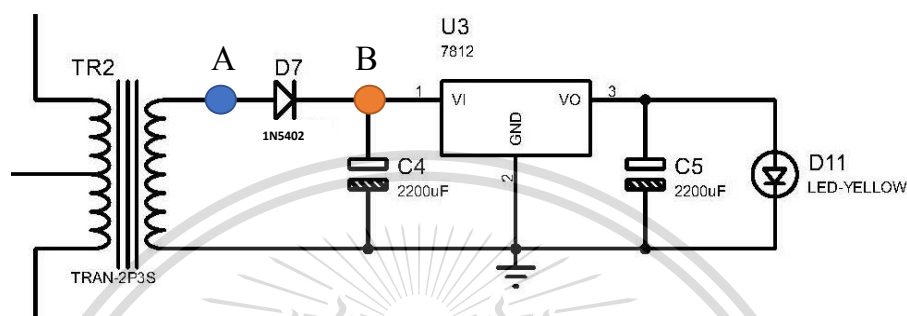
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น กรุณาอย่าให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงรูปที่ 3.14 วงจรในส่วนภาครับฯ ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

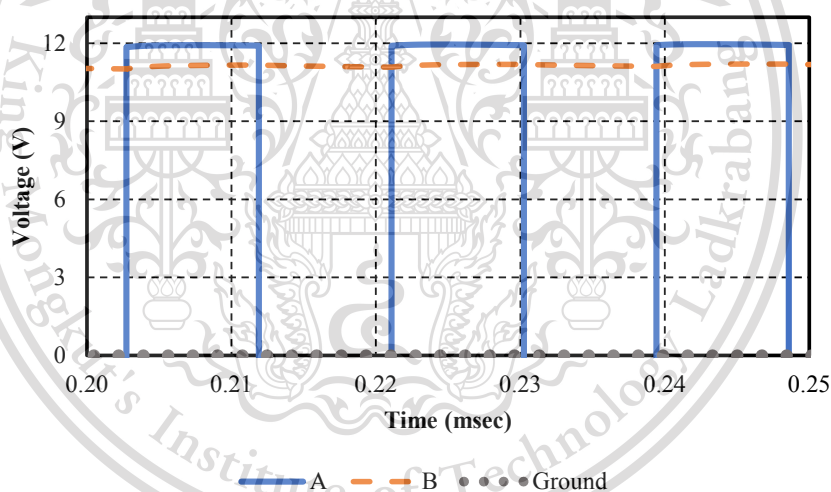
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เมื่อทำการทดสอบวงจรภาครับในโปรแกรมจำลองดังจุด A และ จุด B ดังรูปที่ 3.15 ได้ผลแสดงดังรูปที่ 3.16 เนื่องจากวงจรต้นแบบนั้นได้ถูกออกแบบให้มีแรงดันขานาน 12 โวลต์ และมีค่ากระแสเท่ากับ 2 แอมแปร์ ทางผู้จัดทำจึงเลือกใช้ไดโอดเบอร์ 1N5402 ซึ่งสามารถทนแรงดันและกระแสได้สูงสุดที่ 200 โวลต์ และ 3 แอมแปร์ ตามลำดับ [23]



รูปที่ 3.15 จุด A และจุด B ในวงจรต้นแบบ



รูปที่ 3.16 ผลการนำทฤษฎีเข้ากับวงจรภาครับต้นแบบ

3.1.6 การออกแบบขดลวดในวงจร

เนื่องจากปริญญานิพนธ์นี้เกี่ยวกับเทคโนโลยีการส่งผ่านกำลังงานไฟฟ้าแบบไร้สาย (Wireless Power Transfer: WPT) ความถี่จึงเป็นอีกปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงโดยที่มาตรฐานของความถี่ที่ใช้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ได้รับความนิยมในปัจจุบันคือ มาตรฐาน Qi ที่มีความถี่ตั้งแต่ 100 ถึง 205 กิโลเฮิร์ตซ์ ซึ่งอุปกรณ์ที่รองรับมาตรฐาน Qi ที่สามารถพบเจอในชีวิตประจำวันอย่างเช่น แท่นชาร์จไร้สาย (Wireless Charging) โดยเลือกใช้ความถี่ที่ 100 กิโลเฮิร์ตซ์ เพื่อให้สอดคล้องกับเทคโนโลยีในปัจจุบันและสามารถนำไปต่อยอดกับชิ้นงานที่จะนำแท่นชาร์จไร้สายเข้าไปทำงานร่วม

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ด้วยกันผู้จัดทำจึงได้ทำการทดสอบความถี่ของขดลวดภาคส่งในทุกลักษณะได้แก่ การพันขดลวด ลักษณะวงกลมรัศมี 3 เซนติเมตร แสดงดังรูปที่ 3.17 การพันขดลวดในลักษณะสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 11×18 เซนติเมตร แสดงดังรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.17 ขดลวดเป็นลักษณะวงกลมรัศมี 3 เซนติเมตร



รูปที่ 3.18 ขดลวดลักษณะสี่เหลี่ยมผืนผ้า 11×18 เซนติเมตร

3.1.7 การออกแบบการพันขดลวด

ในส่วนของวงจรการเหนี่ยวนำกำลังงานนั้นจำเป็นต้องคำนวณรอบการพันขดลวด โดยสูตรในการหาจำนวนรอบนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะการพันขดลวดดังสมการที่ 3.4 และ 3.5 ตามลำดับ ซึ่งได้ทำการออกแบบการพันขดลวด แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ ขดลวดชั้นเดียว (Single layer winding) และ ขดลวดเกลียวแบน

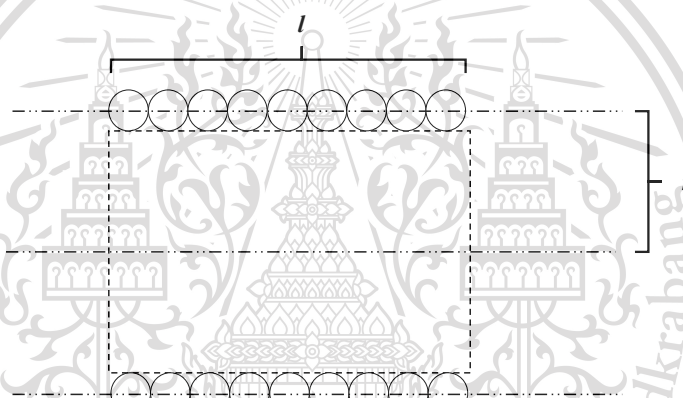
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.1.7.1 การออกแบบขดลวดชั้นเดียว

ในการออกแบบการพันขดลวดชั้นเดียว ดังรูปที่ 3.19 ผู้จัดทำได้ทำการกำหนดค่าของตัวแปร l เท่ากับ 0.5 เซนติเมตร หรือ 0.19685 นิ้ว และ r เท่ากับ 10 เซนติเมตร หรือ 3.93701 นิ้ว และทำการคำนวณที่ค่าความเหนี่ยวนำตั้งแต่ช่วง 1 ถึง 10 ไมโครเฮนรี ซึ่งแสดงผลการคำนวณจำนวนรอบการพันขดลวดดังตารางที่ 3.1 จากตารางที่ 3.1 สามารถสังเกตได้ว่าจำนวนรอบในการพันขดลวดหากพิจารณาแต่เพียงจำนวนเต็มนั้นมีจำนวนตั้งแต่ 1 ถึง 6 รอบ ผู้จัดทำจึงเริ่มทำการทดสอบการถ่ายโอนด้วยการพันขดลวดตามจำนวนรอบดังกล่าวพบว่าการถ่ายโอนสามารถใช้งานได้ที่จำนวนรอบการพันขดลวด 6 รอบ ซึ่งเมื่อนำจำนวนรอบมาทำการคำนวณย้อนกลับดังสมการที่ 3.6 จะได้ผลของจำนวนรอบการพันขดลวดสามารถแสดงดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.19 ลักษณะการพันขดลวดแบบชั้นเดียว

$$L = \left(\frac{rN^2}{9r + 10l} \right) \quad (3.4)$$

$$N = \frac{\sqrt{L(9r + 10l)}}{r} \quad (3.5)$$

$$L = \left(\frac{(3.93701 \times 6)^2}{9 \times (3.9701) + 10 \times (0.19685)} \right) = 14.9192 \mu\text{H} \quad (3.6)$$

โดยที่ L คือ ค่าการเหนี่ยวนำ N คือ จำนวนรอบการพันขดลวด r คือ รัศมีขดลวด หน่วย นิ้ว และ l คือ ความยาวของขดลวด หน่วย นิ้ว

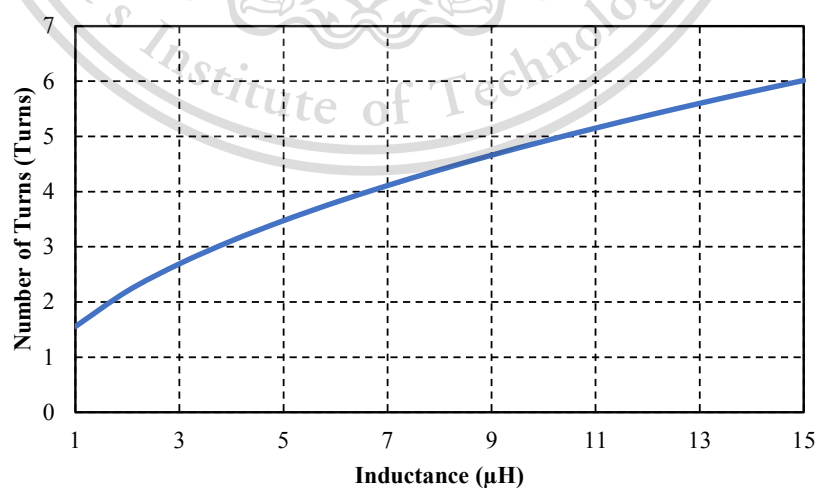
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 3.1 จำนวนรอบการพันขดลวดที่ค่าความเหนี่ยวนำตั้งแต่ 1 ถึง 15 ไมโครเฮนรี

| Inductance (μH) | Length of coil (inch) | Radius of coil (inch) | Number of Turns (Turns) |
|------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|
| 1 | 0.19685 | 3.93701 | 1.5534 |
| 2 | 0.19685 | 3.93701 | 2.1968 |
| 3 | 0.19685 | 3.93701 | 2.6905 |
| 4 | 0.19685 | 3.93701 | 3.1068 |
| 5 | 0.19685 | 3.93701 | 3.4735 |
| 6 | 0.19685 | 3.93701 | 3.8050 |
| 7 | 0.19685 | 3.93701 | 4.1099 |
| 8 | 0.19685 | 3.93701 | 4.3936 |
| 9 | 0.19685 | 3.93701 | 4.6601 |
| 10 | 0.19685 | 3.93701 | 4.9122 |
| 11 | 0.19685 | 3.93701 | 5.1520 |
| 12 | 0.19685 | 3.93701 | 5.3811 |
| 13 | 0.19685 | 3.93701 | 5.6008 |
| 14 | 0.19685 | 3.93701 | 5.8122 |
| 15 | 0.19685 | 3.93701 | 6.0162 |



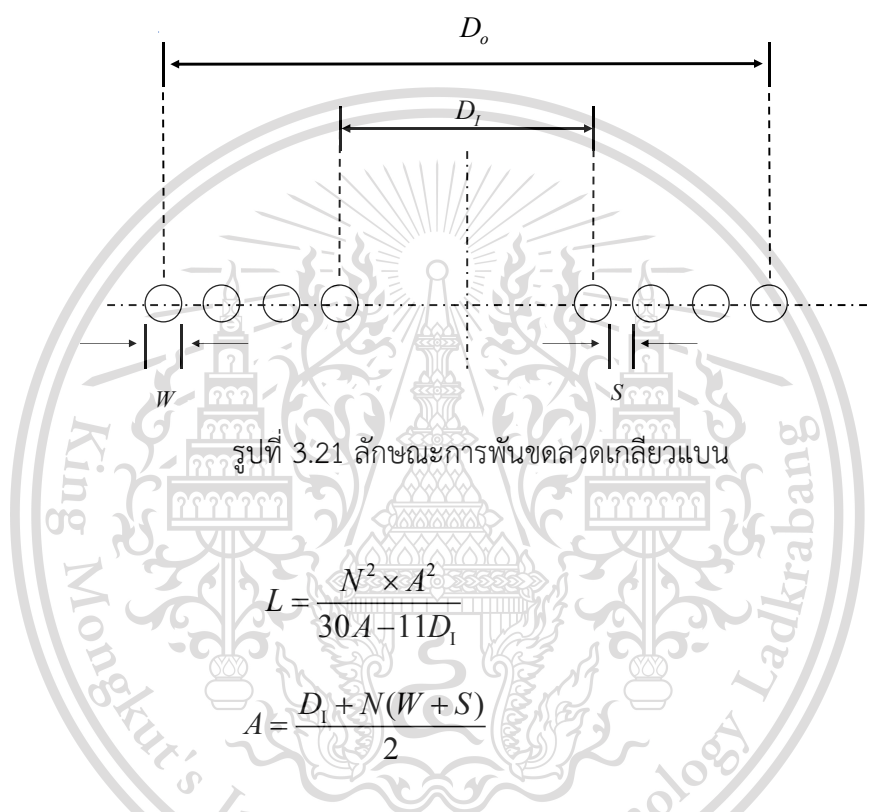
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับอาจารย์ที่มอบหมายงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากฝ่ายวิชาการ
 รูปที่ 3.20 จำนวนรอบการพันขดลวดเมื่อเปลี่ยนค่าความเหนี่ยวนำในช่วง 1 ถึง 15 ไมโครเฮนรี
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.1.7.1 การออกแบบขดลวดเกลียวแบน

ในการออกแบบขดลวดเกลียวแบนมีลักษณะการพันดังรูปที่ 3.21 ผู้จัดทำได้ทำการกำหนดค่าความเหนียวนำ 14.9192 ไมโครเฮนรี เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 8 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางของขดลวด 1.83 มิลลิเมตร และระยะห่างระหว่างขดลวด 0 เซนติเมตร จากนั้นทำแทนค่าเพื่อคำนวณหาจำนวนรอบการพันขดลวดเกลียวแบน ดังสมการที่ 3.7 ถึง 3.12



รูปที่ 3.21 ลักษณะการพันขดลวดเกลียวแบน

$$L = \frac{N^2 \times A^2}{30A - 11D_1} \quad (3.7)$$

$$A = \frac{D_1 + N(W + S)}{2} \quad (3.8)$$

โดยที่ N คือจำนวนรอบของขดลวด A คือพื้นที่หน้าตัดของขดลวด และ D_1 คือเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน ซึ่งพื้นที่ของขดลวดสามารถหาได้จากสมการที่ 2 โดย W คือเส้นผ่าศูนย์กลางของขดลวด และ S คือระยะห่างระหว่างขดลวด

เมื่อจัดรูปสมการที่ 1 จะได้ดังสมการที่ 3 แทนค่าตามที่กำหนดลงในสมการที่ 2 และ 3 จากนั้นทำการคำนวณค่าจำนวนรอบของขดลวดเกลียวแบน ซึ่งได้จำนวนรอบการพันขดลวดที่ 8 รอบ แสดงดังสมการที่ 3.9 ถึง 3.12

$$N^2 = \frac{L(30A) - 11D_1}{A^2} \quad (3.9)$$

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

$$N^2 = \frac{14.91 \times 10^{-6} (30A) - 11(8 \times 10^{-2})}{A^2} \quad (3.10)$$

$$A = \frac{8 \times 10^{-3} + N(1.83 \times 10^{-3})}{2} \quad (3.11)$$

$$(1.83)N^3 - (7.18)N^2 - (3.582)N + 1760 = 0, N \approx 8 \quad (3.12)$$

3.2 เครื่องมือและซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการทดสอบ

ในปฏิญานิพนธ์นี้มีเครื่องมือและซอฟต์แวร์ในการทดสอบดังนี้

3.2.1 ไดโอด

ในปฏิญานิพนธ์นี้ผู้จัดทำใช้ไดโอดเบอร์ 1N4007 ในส่วนของวงจรภาคส่ง และเบอร์ 1N5402 ในส่วนของวงจรภาครับ แสดงดังรูปที่ 2.29

3.2.2 มอสเฟต

ในปฏิญานิพนธ์นี้ผู้จัดทำใช้มอสเฟตเบอร์ IRF P260N แสดงดังรูปที่ 2.30 เพื่อทำหน้าที่ในการสร้างสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับให้กับขดลวดปฐมภูมิ

3.2.3 CD4047BCM

ในปฏิญานิพนธ์นี้ผู้จัดทำใช้ CD4047BCM แสดงดังรูปที่ 2.18 เพื่อกำหนดความถี่และขั้วมอสเฟตให้กับวงจรในส่วนภาคส่ง

3.2.4 อุปกรณ์ควบคุมแรงดัน LM7812

ในปฏิญานิพนธ์นี้ผู้จัดทำใช้อุปกรณ์ควบคุมแรงดัน LM7812 แสดงดังรูปที่ 2.32 เพื่อควบคุมแรงดันไฟฟ้าให้กับวงจร

3.2.5 วงจรจ่ายกระแสไฟฟ้า

ในปฏิญานิพนธ์นี้ผู้จัดทำใช้สวิทซ์เชิงเพาเวอร์ซีพหลายที่มีแรงดันไฟฟ้าขนาด 12 โวลต์ และกระแสไฟฟ้า 5 แอมแปร์ แสดงดังรูปที่ 2.38 เพื่อใช้ในการแปลงกระแสไฟฟ้าที่มีแรงดันขนาด 220 โวลต์ เป็นไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อใช้ในการจ่ายกำลังงานให้กับวงจรในส่วนภาคส่ง

3.2.6 ขดลวดเหนี่ยวนำ

ในปฏิญานิพนธ์นี้ผู้จัดทำใช้ขดลวดเบอร์ 15 SWG 18 SWG 22 SWG 24 SWG และ 29 SWG แสดงดังรูปที่ 2.39 เพื่อทำหน้าที่ในการถ่ายโอนกำลังงานจากการเหนี่ยวนำ

3.2.7 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

ในปฏิญานิพนธ์นี้ผู้จัดทำใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ได้แก่ ไฟ LED เส้น พัดลมระบายอากาศ พัดลมตั้งโต๊ะ และคอมไฟ แสดงดังรูปที่ 2.34 ถึง 2.36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อสาธารณะและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.2.8 โตะทำงาน

ในปฏิญานิพนธ์นี้ผู้จัดทำเลือกใช้โตะทำงานสองขนาดเพื่อทำการทดสอบและพัฒนาให้เป็นโตะทำงานจริง แสดงดังรูปที่ 2.41

3.2.9 โปรแกรม Proteus VSM (Virtual System Modeling)

ในปฏิญานิพนธ์นี้ผู้จัดทำใช้โปรแกรม Proteus 8 professional เวอร์ชัน 8 แสดงดังรูปที่ 2.42 เพื่อออกแบบวงจรต้นแบบและจำลองผลต่าง ๆ ก่อนจัดทำชิ้นงานจริง

3.2.10 โปรแกรม Altium Designer

ในปฏิญานิพนธ์นี้ผู้จัดทำใช้โปรแกรม Altium Designer เวอร์ชัน 19 แสดงดังรูปที่ 2.43 เพื่อใช้เป็นโปรแกรมสำหรับออกแบบวงจร PCB

3.3 การจัดเก็บผลการทดสอบ

3.3.1 การทดสอบความถี่ของขดลวด

ทำการทดสอบความถี่ของขดลวดโดยทำการพันขดลวดในลักษณะการพันดังต่อไปนี้ การพันขดลวดต้นแบบลักษณะวงกลม จำนวนรอบการพันขดลวดที่ 10 รอบ และ 30 รอบ การพันขดลวดต้นแบบในลักษณะสี่เหลี่ยมผืนผ้า จำนวนรอบการพันขดลวดที่ 10 รอบ และ 40 รอบ และการพันขดลวดที่ใช้ในงานจริงในลักษณะวงกลม จำนวนรอบการพันขดลวดที่ 6 รอบ จากนั้นทำการสังเกตและบันทึกผลจากเครื่องมือวัดสัญญาณไฟฟ้า (Oscilloscope)

3.3.2 การทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานอย่างง่าย

ทำการทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานอย่างง่ายโดยมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้ ทำการพันขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิ โดยทำการเชื่อมต่อเข้ากับทรานซิสเตอร์เบอร์ 2N2222 และตัวต้านทานเข้ากับขดลวดปฐมภูมิ และเชื่อมต่อไดโอดเปล่งแสงเข้ากับขดลวดทุติยภูมิ จากนั้นทำการสังเกตและบันทึกผลการทดสอบ

3.3.3 การทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานโดยใช้วงจรภาคส่งต้นแบบร่วมกับวงจรภาครับอย่างง่าย

ทำการทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานโดยใช้วงจรภาคส่งต้นแบบร่วมกับวงจรภาครับ โดยเป็นการเชื่อมต่อขดลวดเข้ากับไดโอดเปล่งแสงโดยตรง ในการทดสอบครั้งนี้จะใช้ขดลวดเบอร์ 24 SWG และเบอร์ 15 SWG ซึ่งจะทดสอบในลักษณะของการเคลื่อนตัวขดลวดภาครับห่างออกจากขดลวดภาคส่งแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ วางที่จุดศูนย์กลางและวางเอียงจากจุดศูนย์กลาง จากนั้นทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์และบันทึกผลการทดสอบ เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.3.4 การทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานโดยใช่วงจรภาคส่งต้นแบบร่วมกับวงจรถรับต้นแบบ

ทำการทดสอบโดยใช่วงจรภาครับต้นแบบต่อเข้ากับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ตัวอย่างคือ พัดลมระบายความร้อน SD12SLM ในการทดสอบครั้งนี้จะใช้ขดลวดเบอร์ คือ ขดลวดเบอร์ 24 SWG และเบอร์ 15 SWG จากนั้นทำการสังเกตและบันทึกผลการทดสอบ

3.3.5 การทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานโดยใช่วงจรต้นแบบ

ทำการทดสอบโดยการใช่วงจรภาคส่งและภาครับต้นแบบร่วมกับขดลวดเหนี่ยวนำ เบอร์ 15 SWG โดยขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิ จะถูกพันในลักษณะวงกลมรัศมี 10 เซนติเมตร จำนวนรอบ การพันที่ 6 รอบ และ 12 รอบตามลำดับ จากนั้นทำการสังเกตและบันทึกผลการทดสอบ โดยวัดค่าความถี่ของขดลวด วัดค่าสัญญาณขาเข้าของขดลวดทุติยภูมิ วัดสัญญาณขาออกกระแสไฟฟ้าไหล ผ่านไดโอด 1N5402 และวัดค่าขนาดของแรงดันที่ฝั่งขาออกเมื่อต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

3.3.6 การทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานของขดลวดชั้นเดียว

ทำการทดสอบโดยการใช่วงจรภาคส่งและภาครับต้นแบบร่วมกับขดลวดเหนี่ยวนำ เบอร์ 15 SWG 24 SWG โดยจะแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่ การทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานโดยอาศัยขดลวดปฐมภูมิหนึ่งขดร่วมกับขดลวดทุติยภูมิหลายขด และการทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานโดยอาศัยขดลวดปฐมภูมิหลายขดร่วมกับขดลวดทุติยภูมิหลายขด จากนั้นทำการสังเกตและบันทึกผลการทดสอบ โดยวัดค่าความถี่ของขดลวด วัดค่าสัญญาณขาเข้าของขดลวดทุติยภูมิ และวัดค่าขนาดของแรงดันที่ฝั่งขาออกเมื่อต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

3.3.7 การทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานของขดลวดเกลียวแบน

ทำการทดสอบโดยการใช่วงจรภาคส่งและภาครับต้นแบบร่วมกับขดลวดเหนี่ยวนำ เบอร์ 15 SWG โดยขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิ จะถูกพันในลักษณะวงกลมรัศมี 8 เซนติเมตร จำนวนรอบ การพันที่ 8 รอบ จากนั้นทำการสังเกตและบันทึกผลการทดสอบ โดยวัดค่าความถี่ของขดลวด วัดค่าสัญญาณขาเข้าของขดลวดทุติยภูมิ และวัดค่าขนาดของแรงดันที่ฝั่งขาออกเมื่อต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

3.3.8 การทดสอบการทำงานของโตะทำงานจริง

ทำการทดสอบระบบการส่งกำลังงานไร้สายโดยรวมของโตะทำงานที่ทำงานร่วมกับขดลวดที่ใช้งานจริงและติดตั้งร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมด ได้แก่ ไฟ LED เส้น โคมไฟ และพัดลมตั้งโตะ จากนั้นทำการสังเกตและบันทึกผลการทดสอบ โดยวัดค่าความถี่ของขดลวด วัดค่าสัญญาณขาเข้าของขดลวดทุติยภูมิ และวัดค่าขนาดของแรงดันที่ฝั่งขาออกเมื่อต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับงานวิจัยเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดก็ตาม ห้ามนำไปใช้เพื่อการค้า และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

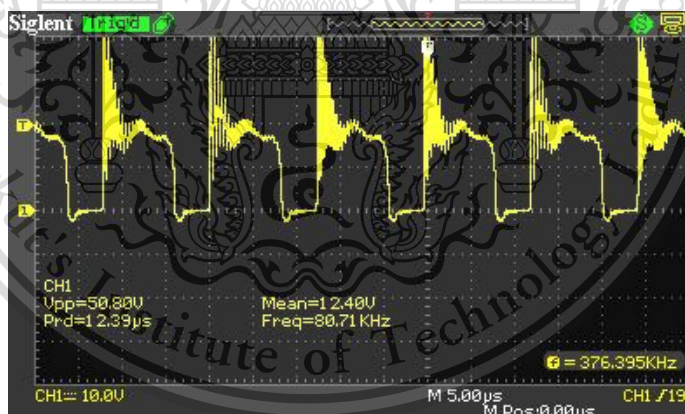
บทที่ 4

ผลการทดลอง

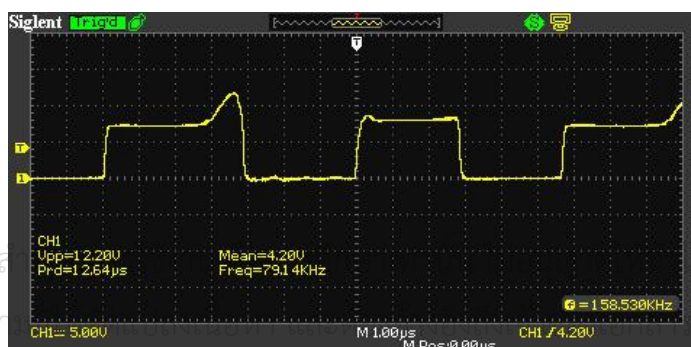
สำหรับการทำงานของวงจรต่าง ๆ ในชิ้นงานทางผู้จัดทำได้ทำการเก็บผลการทำงานของระบบโดยแบ่งการทดลองและจัดเก็บผลการทดลอง เป็นส่วน ๆ เพื่อความชัดเจนในการแสดงผลจึงขออธิบายเพิ่มเติมในส่วนของขั้นตอนการทดสอบดังต่อไปนี้

4.1 ผลการทดสอบความถี่ของขดลวด

ในการทดสอบความถี่ของขดลวด ผู้จัดทำได้ทำการทดสอบความถี่ของขดลวดที่มีลักษณะการพันดังต่อไปนี้ การพันขดลวดลักษณะวงกลมรัศมี 3 เซนติเมตรดังแสดงในรูปที่ 3.16 จำนวนรอบการพันขดลวดที่ 10 รอบ และ 30 รอบแสดงผลดังแสดงในรูปที่ 4.1 และ 4.2 การพันขดลวดในลักษณะสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 11×18 เซนติเมตรดังแสดงในรูปที่ 3.17 จำนวนรอบการพันขดลวดที่ 10 รอบ และ 40 รอบ ผลดังแสดงในรูปที่ 4.3 และ 4.4



รูปที่ 4.1 ขดลวดเบอร์ 24 SWG หน้าตัด 0.25 ตารางมิลลิเมตร จำนวน 10 รอบที่มีแทปกกลาง



รูปที่ 4.2 ขดลวดเบอร์ 29 SWG หน้าตัด 0.11 ตารางมิลลิเมตร จำนวน 30 รอบ ที่มีแทปกกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้า

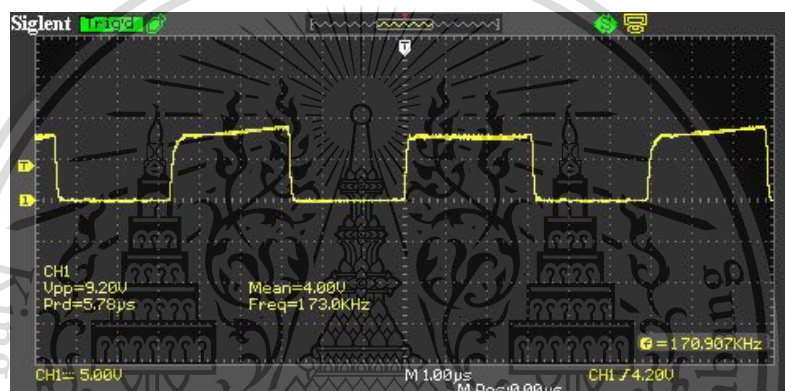
ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.3 ขดลวดเบอร์ 24 SWG หน้าตัด 0.25 ตารางมิลลิเมตร จำนวน 10 รอบ



รูปที่ 4.4 ขดลวดเบอร์ 24 SWG หน้าตัด 0.25 ตารางมิลลิเมตร จำนวน 40 รอบ

จากรูปที่ 4.1 และรูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่ามีความถี่ที่ความแตกต่างกัน คือ 80.71 และ 79.14 กิโลเฮิร์ตซ์ ตามลำดับ จึงสามารถสรุปได้ว่าหน้าตัดและเบอร์ของขดลวดส่งผลต่อความถี่ ทำให้ความถี่ของขดลวดเบอร์ 24 SWG หน้าตัด 0.25 ตารางมิลลิเมตร และขดลวดเบอร์ 29 SWG หน้าตัด 0.11 ตารางมิลลิเมตร ที่มีจำนวนรอบ 30 รอบเท่ากันมีความถี่แตกต่างกัน

จากรูปที่ 4.3 จะเห็นได้ว่ามีค่าความถี่อยู่ที่ 82.85 กิโลเฮิร์ตซ์ และมีค่าความถี่ 170 กิโลเฮิร์ตซ์ ดังแสดงในรูปที่ 4.4 ซึ่งใช้ขดลวดเบอร์ 24 SWG หน้าตัด 0.25 ตารางมิลลิเมตร เท่ากันแต่แตกต่างที่จำนวนรอบของการพันขดลวดโดยรูปที่ 4.3 มีจำนวนรอบการพันขดลวดอยู่ที่ 10 รอบ และรูปที่ 4.4 มีจำนวนการพันขดลวดอยู่ที่ 40 รอบ จึงสามารถสรุปได้ว่าจำนวนรอบของการพันขดลวดมีผลต่อความถี่ โดยที่จำนวนรอบมากจะทำให้เกิดความถี่มากและจำนวนรอบน้อยจะทำให้เกิดความถี่น้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.2 ผลการทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานอย่างง่าย

ในการทดสอบทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานอย่างง่ายโดยมีขั้นตอนการทดสอบและการจัดเก็บผลการทดสอบดังต่อไปนี้

1. ทำการพันขดลวดปฐมภูมิที่มีแทปกกลางจำนวน 30 รอบ โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.2 เซนติเมตร
2. บัดกรีขา Collector ของทรานซิสเตอร์เบอร์ 2N2222 เข้ากับปลายขดลวด
3. บัดกรีขา Base ของทรานซิสเตอร์เบอร์ 2N2222 เข้ากับตัวต้านทาน 27 กิโลโอห์ม และปลายขดลวดอีกด้านในลักษณะอนุกรม
4. พันขดลวดด้านทุติยภูมิจำนวน 30 รอบ และ 15 รอบ โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.2 เซนติเมตร และเชื่อมต่อเข้ากับไดโอดเปล่งแสงดังแสดงในรูปที่ 4.5
5. ต่อแบตเตอรี่ขั้วบวกเข้าแทปกกลางและขั้วลบ เข้ากับขา Emitter ของ 2N2222 ดังแสดงในรูปที่ 4.6
6. วางขดลวดปฐมภูมิอยู่กับที่และทำการเพิ่มระยะห่างขดลวดทุติยภูมิจนกว่าแสงของหลอดไฟจะดับสามารถแสดงตัวอย่างการทดสอบได้ดังแสดงในรูปที่ 4.7
7. สังเกตความสว่างของไดโอดเปล่งแสงและบันทึกผลระยะทางที่ไกลที่สุดที่ยังทำให้หลอดไฟมีความสว่างลงในตารางที่ 3.2 ทดสอบเช่นเดียวกันสำหรับกรณีของขดลวดที่พัน 30 รอบและ 15 รอบ



รูปที่ 4.5 การต่อขดลวดปฐมภูมิร่วมกับทรานซิสเตอร์และขั้วแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบขนาดและจำนวนรอบการพันขดลวดที่มีผลกับระยะความสว่างของไดโอดเปล่งแสงที่สัมพันธ์กับระยะห่างของขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิ

| Size of Coil (SWG) | Number of Turns (Turns) | Distance (cm) | | | |
|-----------------------|----------------------------|---------------|------|------|---------|
| | | 1 | 2 | 3 | Average |
| 22 | 30 | 7.50 | 7.60 | 7.60 | 7.56 |
| | 15 | 6.00 | 5.80 | 5.90 | 5.80 |
| 24 | 30 | 9.00 | 7.00 | 5.50 | 7.16 |
| | 15 | 5.50 | 5.20 | 4.00 | 4.90 |
| 29 | 30 | 7.00 | 5.50 | 6.00 | 6.16 |
| | 15 | 5.00 | 3.00 | 3.00 | 3.60 |

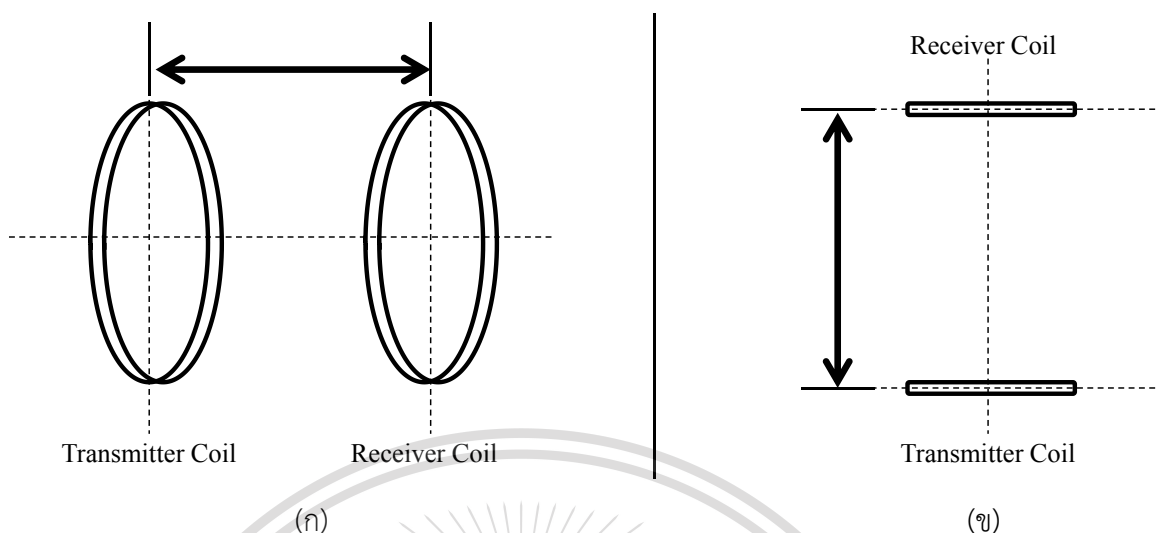
4.3 ผลการทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานโดยใช้วงจรภาคส่งต้นแบบร่วมกับวงจรภาครับอย่างง่าย

ในการทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานโดยใช้วงจรภาคส่งต้นแบบร่วมกับวงจรภาครับนั้นเป็นการเชื่อมต่อขดลวดเข้ากับไดโอดเปล่งแสงโดยตรง ในการทดสอบครั้งนี้จะใช้ขดลวดเบอร์ 24 SWG และเบอร์ 15 SWG พันในลักษณะวงกลมรัศมี 3 เซนติเมตร และสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 11×18 เซนติเมตร ซึ่งจะทดสอบในลักษณะของการเคลื่อนตัวขดลวดภาครับห่างออกจากขดลวดภาคส่งแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ วางที่จุดศูนย์กลางโดยมีรูปแบบการวางจากมุมมองด้านข้าง ดังแสดงในรูปที่ 4.8 (ก) และรูปแบบการวางจากมุมมองด้านบนดังแสดงในรูปที่ 4.8 (ข) และวางเยื้องจากจุดศูนย์กลางโดยมีรูปแบบการวางจากมุมมองด้านข้าง ดังแสดงในรูปที่ 4.9 (ก) และรูปแบบการวางจากมุมมองด้านบนดังแสดงในรูปที่ 4.9 (ข) และทำการบันทึกค่าจุดที่ไดโอดเปล่งแสงดับลง ผลการทดสอบและผลการเปรียบเทียบระยะของแต่ละลักษณะการวางเป็นดังตารางที่ 4.2 ถึงตารางที่ 4.8 ตามลำดับ และดังแสดงในรูปที่ 4.10 และรูปที่ 4.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

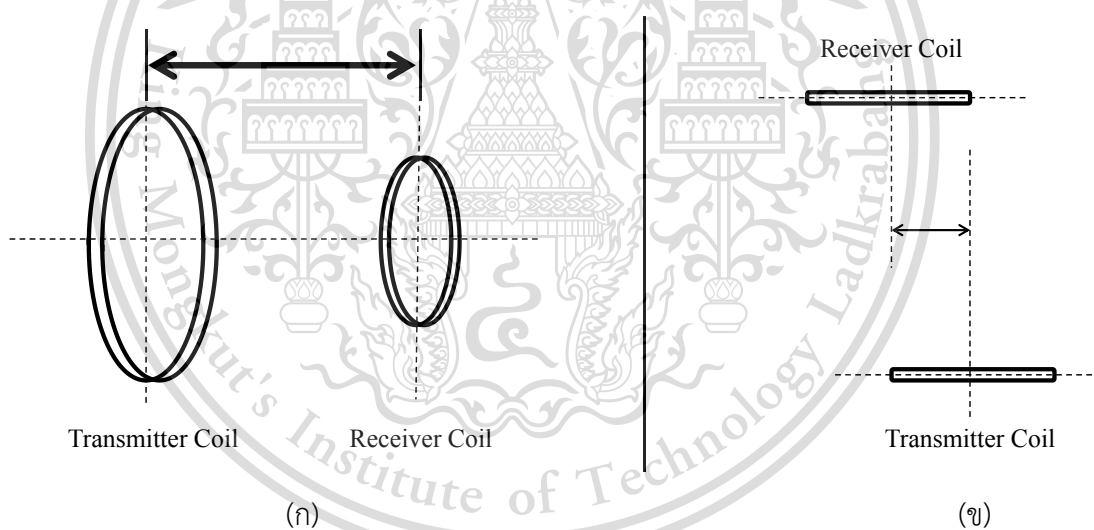
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.8 มุมมองการเคลื่อนตัวขดลวดภาครับห่างออกจากขดลวดภาคส่งทั้งแบบวางที่จุดศูนย์กลาง

(ก) ด้านข้างและ (ข) ด้านบน



รูปที่ 4.9 มุมมองการเคลื่อนตัวขดลวดภาครับห่างออกจากขดลวดภาคส่งทั้งแบบวางเยื้องจากจุด

ศูนย์กลาง (ก) ด้านข้างและ (ข) ด้านบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.2 การทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานขดลวดภาคส่งเบอร์ 24 SWG ลักษณะวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 เซนติเมตรจำนวน 30 รอบ และ ภาครับเป็นวงกลมขนาดเท่ากัน

| Secondary Coil 24 SWG Number of Turns (Turns) | Distance (cm) | |
|--|---------------|------------------------|
| | At the Center | Indent from the Center |
| 30 | 2.5 | 0.0 |
| 60 | 14.2 | 0.0 |

ตารางที่ 4.3 การทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานขดลวดภาคส่งเบอร์ 15 SWG ลักษณะสี่เหลี่ยมขนาดกว้าง 11 เซนติเมตร ยาว 18 เซนติเมตร จำนวน 5 รอบ

| Secondary Coil 24 SWG Number of Turns (Turns) | Distance (cm) | |
|--|---------------|------------------------|
| | At the Center | Indent from the Center |
| 30 | 10.0 | 7.5 |
| 60 | 25.5 | 9.5 |

ตารางที่ 4.4 การทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานขดลวดภาคส่งเบอร์ 15 SWG ลักษณะสี่เหลี่ยม ขนาดกว้าง 11 เซนติเมตร ยาว 18 เซนติเมตร จำนวน 10 รอบ

| Secondary Coil 24 SWG Number of Turns (Turns) | Distance (cm) | |
|--|---------------|------------------------|
| | At the Center | Indent from the Center |
| 30 | 4.06 | 6.30 |
| 60 | 24.80 | 11.75 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.5 การทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานขดลวดภาคส่งเบอร์ 15 SWG ลักษณะสี่เหลี่ยม ขนาด กว้าง 11 เซนติเมตร ยาว 18 เซนติเมตร จำนวน 20 รอบ

| Secondary Coil 24 SWG Number of Turns (Turns) | Distance (cm) | |
|--|---------------|------------------------|
| | At the Center | Indent from the Center |
| 30 | 0 | 0 |
| 60 | 14 | 10 |

ตารางที่ 4.6 การทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานขดลวดภาคส่งเบอร์ 15 SWG ลักษณะสี่เหลี่ยมขนาด กว้าง 11 เซนติเมตร ยาว 18 เซนติเมตร จำนวน 30 รอบ

| Secondary Coil 24 SWG Number of Turn (Turns) | Distance (cm) | |
|---|---------------|------------------------|
| | At the Center | Indent from the Center |
| 30 | 0.00 | 0.00 |
| 60 | 9.13 | 10.36 |

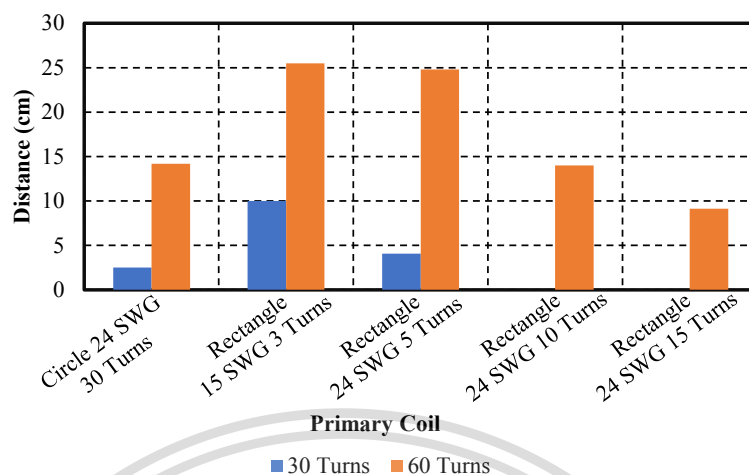
ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบการถ่ายโอนกำลังงานไร้สายลักษณะการวางที่จุดศูนย์กลาง

| Secondary Coil (Turns) | Primary Coil | | | | |
|---------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| | Circle | Rectangle | Rectangle | Rectangle | Rectangle |
| | 24 SWG 30 Turns | 15 SWG 5 Turns | 24 SWG 5 Turns | 24 SWG 10 Turns | 24 SWG 15 Turns |
| 30 | 2.50 | 10.00 | 4.06 | 0.00 | 0.00 |
| 60 | 14.20 | 25.50 | 24.80 | 14.00 | 9.13 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

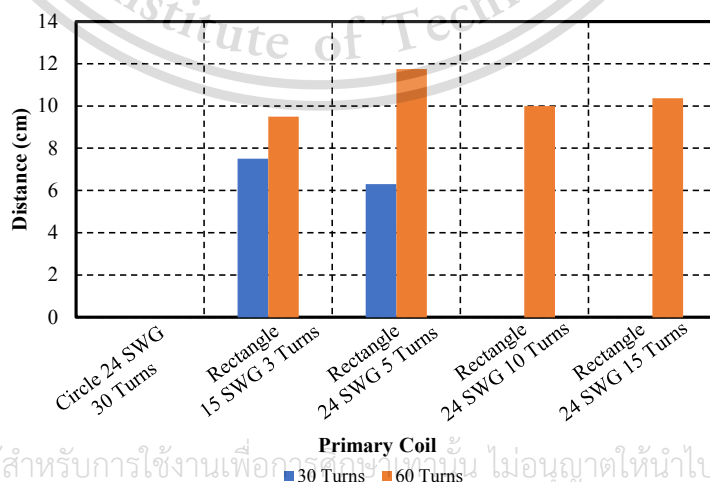
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.10 เปรียบเทียบระยะห่างการถ่ายโอนกำลังงานในลักษณะเคลื่อนออกจากจุดศูนย์กลางของขดลวดภาครับเมื่อใช้ขดลวดภาคส่งในรูปแบบต่าง ๆ

ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบการถ่ายโอนกำลังงานไร้สายลักษณะการวางเยื้องจากจุดศูนย์กลาง

| Secondary Coil (Turns) | Primary Coil | | | | |
|------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| | Circle | Rectangle | Rectangle | Rectangle | Rectangle |
| | 24 SWG 30 Turns | 15 SWG 5 Turns | 24 SWG 5 Turns | 24 SWG 10 Turns | 24 SWG 15 Turns |
| 30 | 0.00 | 7.50 | 6.30 | 0.00 | 0.00 |
| 60 | 0.00 | 9.50 | 11.75 | 10.00 | 10.36 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาระดับมหาวิทยาลัย ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 4.11 เปรียบเทียบระยะห่างการถ่ายโอนกำลังงานในลักษณะเคลื่อนที่เยื้องออกจากจุดศูนย์กลางของขดลวดภาครับเมื่อใช้ขดลวดภาคส่งในรูปแบบต่าง ๆ

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากการทดสอบวงจรภาคส่งต้นแบบนั้นสามารถทำการส่งกำลังงานไร้สายได้ ซึ่งกำลังงานหรือระยะทางนั้นขึ้นอยู่กับจำนวนรอบและลักษณะการพันขดลวด ซึ่งขดลวดภาครับที่มีลักษณะวงกลมจำนวนการพันขดลวดที่ 60 รอบนั้นสามารถรับกำลังงานได้ดีกว่าจำนวนรอบการพันขดลวด 30 รอบ เมื่อเปรียบเทียบกับขดลวดเบอร์เดียวกัน และขดลวดภาคส่งที่ลักษณะสี่เหลี่ยมนั้นสามารถถ่ายโอนกำลังงานได้ทั้งสองลักษณะการวางไม่ว่าจะเป็นแบบวางที่จุดศูนย์กลางหรือวางเยื้องจุดศูนย์กลางถึงแม้จะมีหน้าตัดที่ใหญ่ขึ้นแต่ด้วยจำนวนรอบก็สามารถทำให้มีการถ่ายโอนได้

4.4 การทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานโดยใช้วงจรภาคส่งต้นแบบร่วมกับวงจรภาครับต้นแบบ

การทดสอบนี้จะเป็นการทดสอบโดยใช้วงจรภาครับต้นแบบต่อเข้ากับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ตัวอย่างคือ พัดลมระบายความร้อน SD12SLM ขนาด 12 โวลต์ 100 มิลลิแอมแปร์ ดังแสดงในรูปที่ 4.12 ถึงรูปที่ 4.14

ในส่วนของขดลวดภาคส่งนั้นจะใช้ที่มีลักษณะการพันขดลวด 4 รูปแบบด้วยกันคือ ขดลวดเบอร์ 24 SWG วงกลมรัศมี 3 เซนติเมตร จำนวนการพันขดลวด 30 รอบ ขดลวดวงกลมเบอร์ 15 SWG จำนวนการพันขดลวด 4 รอบ เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร ขดลวดสี่เหลี่ยมเบอร์ 15 SWG จำนวนการพันขดลวด 5 รอบ ขนาด 11×18 เซนติเมตร ขดลวดสี่เหลี่ยมเบอร์ 15 SWG จำนวนการพันขดลวด 4 รอบ ขนาดเท่าโต๊ะทำงานต้นแบบคือ 60×40 เซนติเมตร ซึ่งการพันขดลวดภาคส่งทั้ง 4 รูปแบบนั้นจะทำงานร่วมกับขดลวดภาครับที่มีรูปแบบการพันขดลวด 3 รูปแบบคือขดลวดเบอร์ 24 SWG วงกลมรัศมี 3 เซนติเมตร จำนวนการพันขดลวด 30 รอบ ขดลวดวงกลมเบอร์ 24 SWG จำนวนการพันขดลวด 30 รอบ เส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร ขดลวดวงกลมเบอร์ 15 SWG จำนวนการพันขดลวด 8 รอบ เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

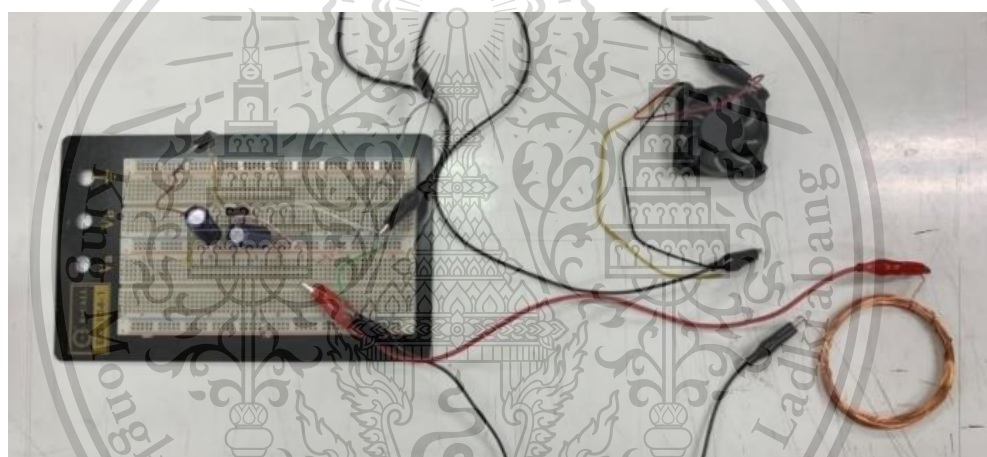
รูปที่ 4.12 พัดลมระบายความร้อน SD12SLM ขนาด 12 โวลต์ 100 มิลลิแอมแปร์

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.13 วงจรภาคส่งทำการจ่ายแรงดันด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง



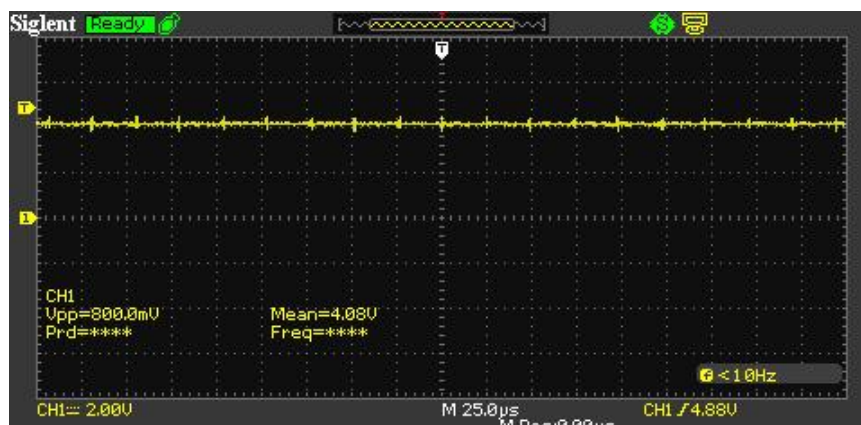
รูปที่ 4.14 วงจรภาครับเมื่อทำการติดตั้งกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ตัวอย่าง

โดยให้ผลการทดสอบเป็นการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าเมื่อทำการต่อเข้ากับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ตัวอย่าง สังเกตได้ว่าแรงดันที่บริเวณของสัญญาณขาเข้าก่อนเข้าอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์นั้นมีค่าเท่ากับ 4.08 โวลต์ ดังแสดงในรูปที่ 4.15 และการวัดสัญญาณของขดลวดภาครับเทียบกับผลของสัญญาณขาออก สังเกตได้ว่าขดลวดภาครับนั้นมีความถี่ของขดลวดอยู่ที่ 40.67 กิโลเฮิร์ตซ์ ดังแสดงในรูปที่ 4.16 ซึ่งยังไม่เป็นไปตามมาตรฐานที่ต้องการ 100 กิโลเฮิร์ตซ์ ดังนั้นจึงต้องทำการปรับปรุงและพัฒนาวงจรในส่วนวงจรเหนี่ยวนำต่อไป ซึ่งเมื่อขนาดหน้าตัดของขดลวดที่มากขึ้นจะทำให้ค่าแรงดันของวงจรถ่ายมีค่าที่น้อยลงเมื่อเปรียบเทียบกับขดลวดที่มีหน้าตัดที่มีขนาดเล็กกว่า ทั้งนี้ผู้จัดทำคาดว่าจะสามารถแก้ไขได้โดยการเพิ่มจำนวนของขดลวดให้มากขึ้นดังตารางที่ 4.9

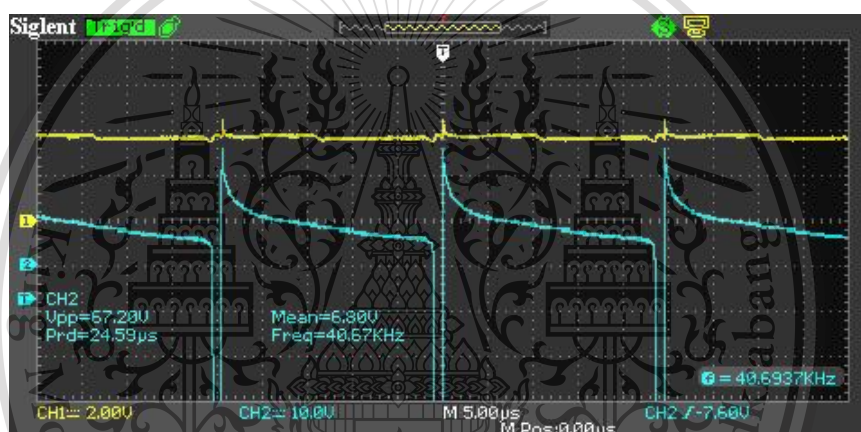
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.15 แรงดันไฟฟ้าขาออกเมื่อทำการต่อเข้ากับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์



รูปที่ 4.16 แรงดันไฟฟ้าขาออกเทียบกับสัญญาณขาเข้าของขดลวดเมื่อทำการต่อเข้ากับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

ตารางที่ 4.9 เปรียบเทียบค่าแรงดันขาออกของวงจรภาครับ

| Number of Turns and Winding Patterns | | | | | | Output (Volt) |
|--------------------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------|-------------------------|-----------------------|---------------|
| Primary Coil | | | Secondary Coil | | | |
| Wire Size (SWG) | Number of Turns (Turns) | Winding Patterns (cm) | Wire Size (SWG) | Number of Turns (Turns) | Winding Patterns (cm) | |
| 15 | 4 | Rectangle 60×40 | 15 | 8 | Circle radius 10 | 1.98 |
| 15 | 4 | Rectangle 60×40 | 24 | 60 | Circle radius 3 | 1.70 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกหรือทำซ้ำ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.9 เปรียบเทียบค่าแรงดันขาออกของวงจรภาครับ (ต่อ)

| Number of Turns and Winding Patterns | | | | | | Output (Volt) |
|--------------------------------------|----------------------------------|--------------------------|--------------------|----------------------------------|--------------------------|------------------|
| Primary Coil | | | Secondary Coil | | | |
| Wire Size (SWG) | Number of Turns (Turns) | Winding Patterns (cm) | Wire Size (SWG) | Number of Turns (Turns) | Winding Patterns (cm) | |
| 15 | 5 | Rectangle 11 × 18 | 15 | 8 | Circle radius 10 | 2.00 |
| 15 | 4 | Circle radius 10 | 15 | 8 | Circle radius 10 | 5.70 |
| 24 | 30 | Circle radius 3 | 24 | 60 | Circle radius 3 | 12.14 |
| 24 | 30 | Circle radius 3 | 24 | 30 | Circle radius 3 | 12.14 |

4.5 ผลการทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานโดยใช้วงจรต้นแบบ

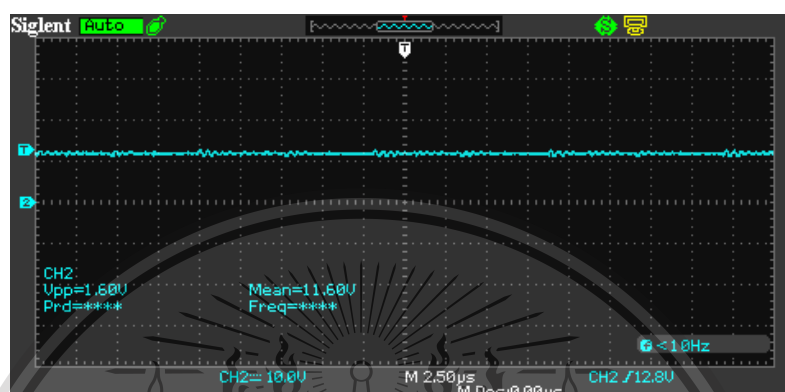
ในการทดสอบนี้เป็นการทดสอบโดยการใช่วงจรภาคส่งและภาครับต้นแบบร่วมกับขดลวดเหนียวนำ เบอร์ 15 SWG โดยขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิ จะถูกพันในลักษณะวงกลมรัศมี 10 เซนติเมตร จำนวนรอบการพันที่ 6 รอบ และ 12 รอบตามลำดับ ผลการทดสอบเป็นดังแสดงในรูปที่ 4.17 ถึงรูปที่ 4.25 จากรูปที่ 4.17 เป็นการวัดผลของไฟฟ้ากระแสตรงที่ป้อนเข้าสู่วงจรภาคส่ง เนื่องจากภายในวงจรนั้นมีตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ และวงจรร่วม ทำให้ขนาดของไฟฟ้ากระแสตรงนี้มีขนาดที่ลดลงเล็กน้อย ลำดับถัดไปเป็นการวัดค่าความถี่ของวงจรร่วม CD 4047 BCM ที่ขา 10 และ 11 ดังแสดงในรูปที่ 4.18 และรูปที่ 4.19 ตามลำดับ สามารถสังเกตได้ว่าค่าความถี่นั้นมีค่าเท่ากับ 94.27 กิโลเฮิรตซ์ ซึ่งใกล้เคียงกับ 100 กิโลเฮิรตซ์ ตามมาตรฐานที่ต้องการ เมื่อมอสเฟตได้รับสัญญาณจากวงจรขับ CD4047BCM แล้วนั้น มอสเฟตจะทำหน้าที่ในการสวิตซ์สัญญาณที่ได้มาเพื่อส่งไปยังขดลวดปฐมภูมิ เมื่อทำการวัดค่าความถี่ที่ได้พบว่ามีค่าความถี่ที่ใกล้เคียงกับมาตรฐาน ดังแสดงในรูปที่ 4.20 จากนั้นทำการทดสอบและวัดค่าในส่วนของวงจรภาครับโดยเริ่มจากสัญญาณขาเข้าของขดลวดทุติยภูมิ ดังแสดงในรูปที่ 4.21 จากรูปที่ 4.21 คือการวัดสัญญาณขาออกกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไดโอด 1N5402 และตัวเก็บประจุภาคกรองกระแสตัวที่ 1 หลังจากนั้นผู้จัดทำทำการวัดค่าขนาดของแรงดันที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

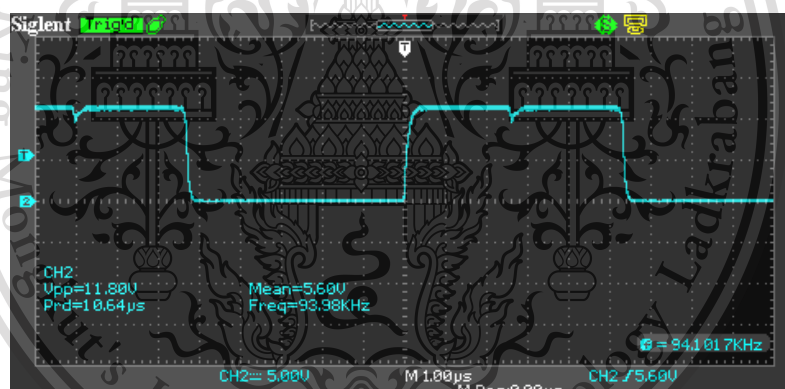
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

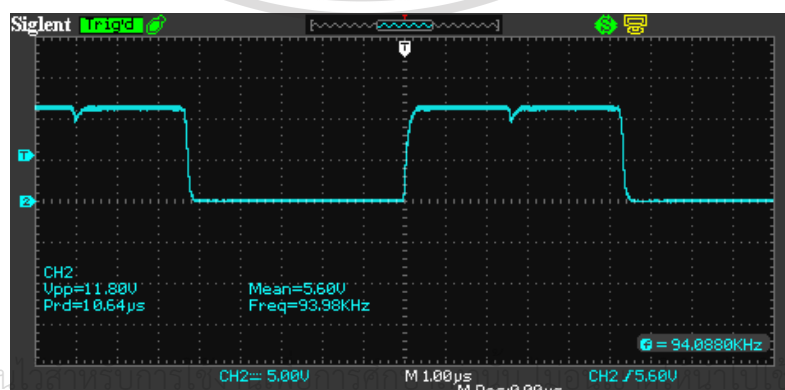
ฝั่งขาออกเมื่อต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ สามารถสังเกตได้ว่าสามารถถ่ายโอนกำลังงานให้กับไฟ LED เส้นและพัลลวมระบายความร้อนได้ดังแสดงในรูปที่ 4.22 และรูปที่ 4.24 ตามลำดับ โดยผลของขนาดแรงดันมีค่าเท่ากับ 7.28 โวลต์ และ 7.40 โวลต์ ดังรูปที่ 4.23 และ 4.25 ตามลำดับ



รูปที่ 4.17 สัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 11.60 โวลต์



รูปที่ 4.18 สัญญาณขาออกของวงจรร่วม CD4047BCM ที่ขา 10



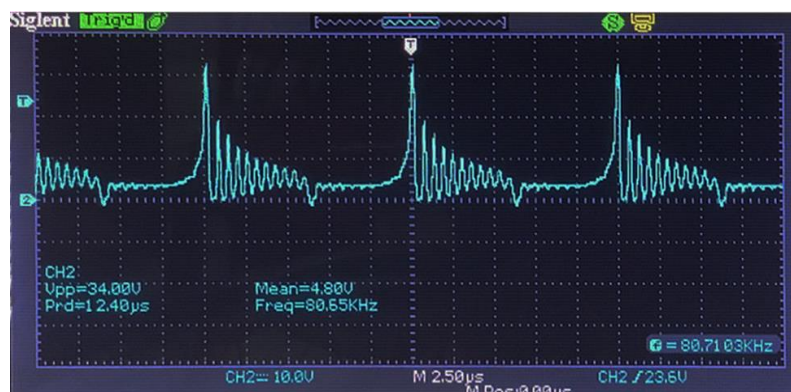
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวน

ประโยชน์ด้านการค้า

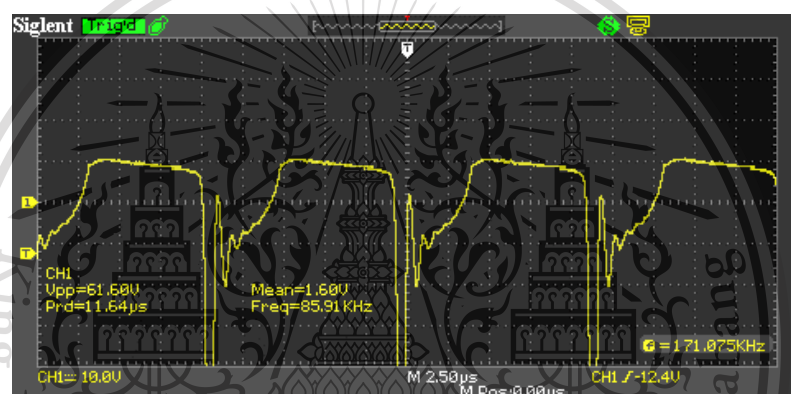
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่เนื้อหาใดๆโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

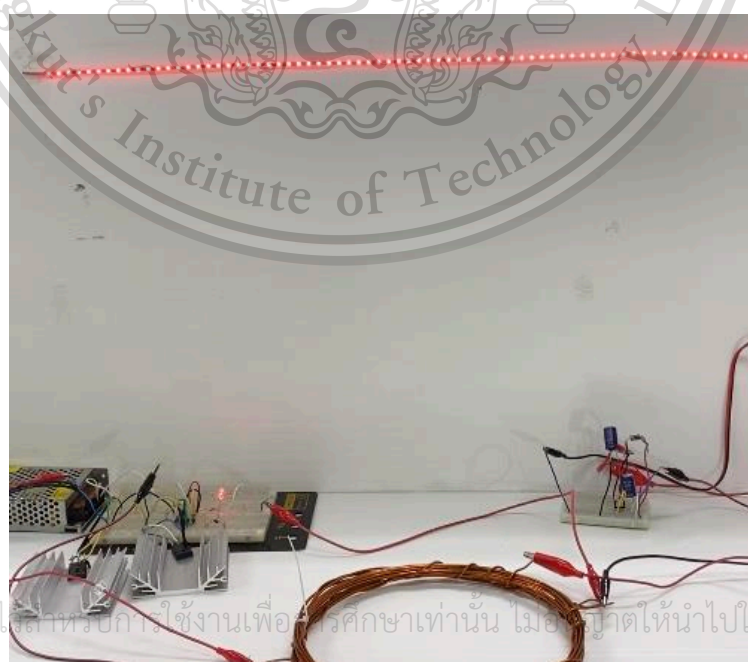
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.20 ความถี่ของขดลวดภาคส่งเมื่อทำการถ่ายโอนกำลังงาน



รูปที่ 4.21 สัญญาณขาเข้าของวงจรภาครับเมื่อทำการถ่ายโอน

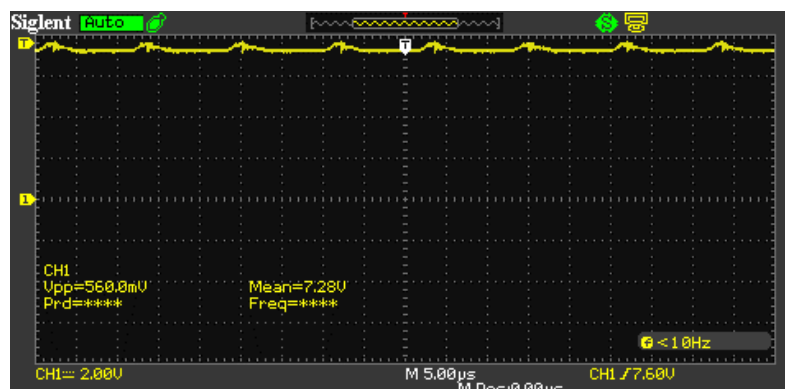


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และตัด ข้างใดข้างหนึ่งของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

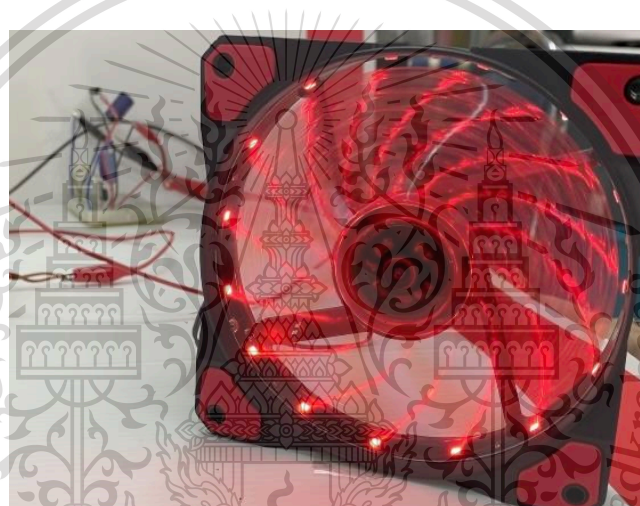
รูปที่ 4.22 ผลการถ่ายโอนกำลังงานให้กับไฟ LED เส้น

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

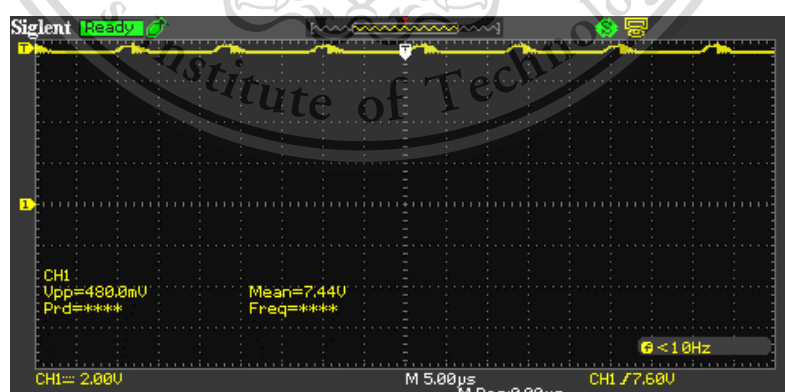
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.23 ขนาดของแรงดันที่ฝั่งขาออกเมื่อเชื่อมต่อกับไฟ LED เส้น



รูปที่ 4.24 ผลการถ่ายโอนกำลังงานให้กับพัดลมระบายความร้อน



รูปที่ 4.25 ขนาดของแรงดันที่ฝั่งขาออกเมื่อเชื่อมต่อกับพัดลมระบายความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.6 การทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานของขดลวดชั้นเดียว

เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการพิจารณาว่ารูปแบบใดมีความเหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้งานจริงเมื่อต้องการใช้งานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มากกว่า 1 อุปกรณ์ ทางผู้จัดทำได้ทำการออกแบบการทดสอบออกเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่

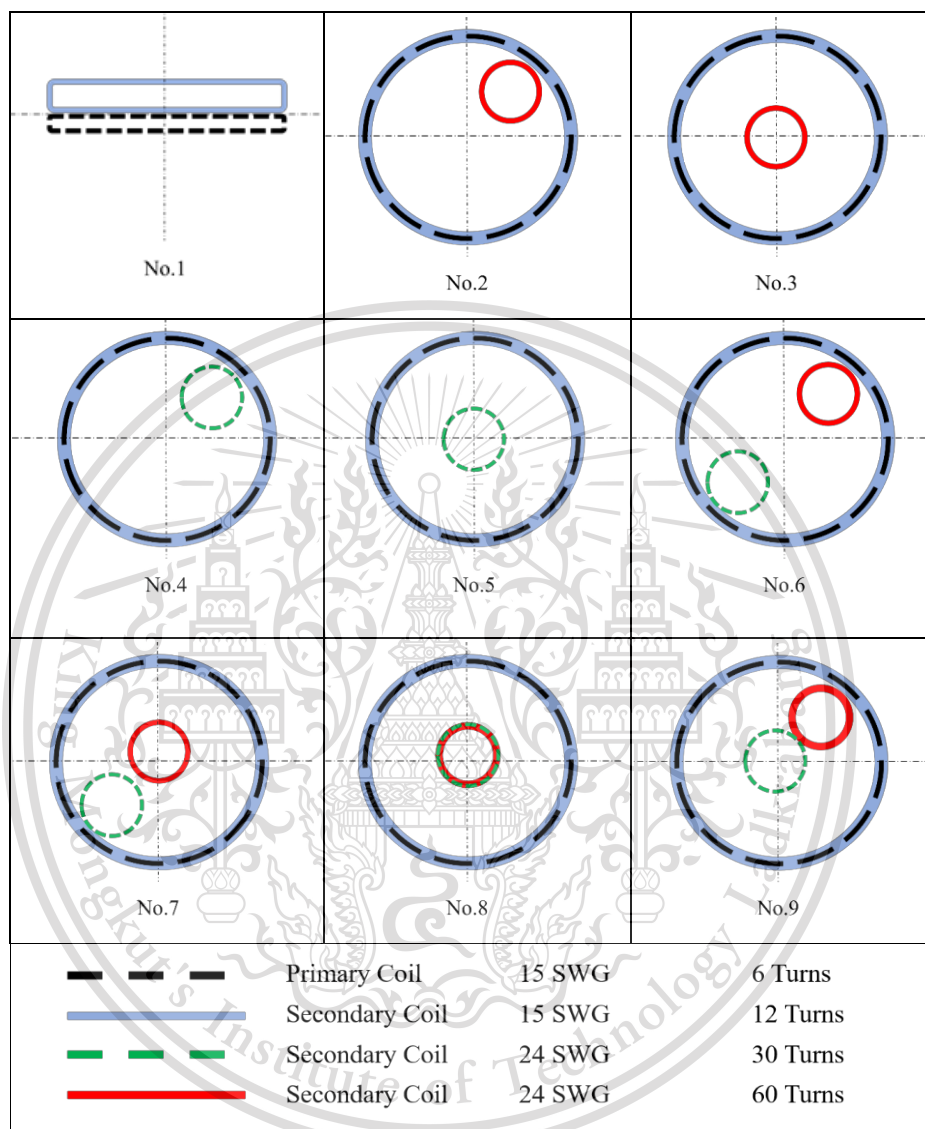
4.6.1 การทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานโดยอาศัยขดลวดปฐมภูมิหนึ่งขดร่วมกับขดลวดทุติยภูมิหลายขด

การทดสอบรูปแบบนี้จะประกอบไปด้วยขดลวดปฐมภูมิหนึ่งขดโดยใช้ขดลวดเบอร์ 15 SWG จำนวนรอบการพัน 6 รอบ เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร ร่วมกับขดลวดทุติยภูมิสามขดที่แตกต่างกันได้แก่ ขดลวดเบอร์ 15 SWG จำนวนรอบการพัน 12 รอบ เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร ทำงานร่วมกับพัดลมระบายอากาศ ขดลวดเบอร์ 24 SWG จำนวนรอบการพัน 60 รอบ เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 เซนติเมตร ทำงานร่วมกับไฟ LED เส้นและ ขดลวดเบอร์ 24 SWG จำนวนรอบการพัน 30 รอบ เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 เซนติเมตร ทำงานร่วมกับไฟ LED เส้นเช่นกัน เนื่องจากระยะเวลาของการทดสอบมีผลต่อประสิทธิภาพในการถ่ายโอนกำลังงานจึงทำการกำหนดตำแหน่งหรือกรณีในการวางขดลวดออกเป็น 9 กรณี แสดงดังรูปที่ 4.26 โดยมี 2 เงื่อนไขในการทดสอบ ได้แก่ การทดสอบโดยใช้อากาศเป็นตัวกลางในการถ่ายโอนกำลังงาน แสดงดังตารางที่ 4.10 ถึง 4.18 และแสดงดังรูปที่ 4.27 ถึง 4.35 ซึ่งการทดสอบโดยใช้โต๊ะที่มีความหนา 1.1 เซนติเมตร เป็นตัวกลางในการถ่ายโอนกำลังงาน จะแสดงดังตารางที่ 4.19 ถึง 4.27 และแสดงดังรูปที่ 4.36 ถึง 4.44 ซึ่งในการทำงานร่วมกับพัดลมระบายอากาศจำเป็นที่จะต้องใช้งานร่วมกับวงจรภาครับเพื่อให้สามารถใช้งานได้ แต่ในการทดสอบไฟ LED เส้นไม่จำเป็นต้องผ่านวงจรภาครับก็สามารถใช้งานได้ จึงทำให้ผลการทดสอบค่าแรงดันขาออกวงจรภาครับมีเพียงแค่การใช้งานร่วมกับพัดลมระบายอากาศเท่านั้น และค่าความถี่ขดลวดทุติยภูมิ ค่าแรงดันขดลวดทุติยภูมิและค่าแรงดันขาออกวงจรภาครับสามารถเปรียบเทียบได้ดังรูปที่ 4.45 ถึง 4.49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.26 ตำแหน่งการวางขดลวดทั้ง 9 กรณี

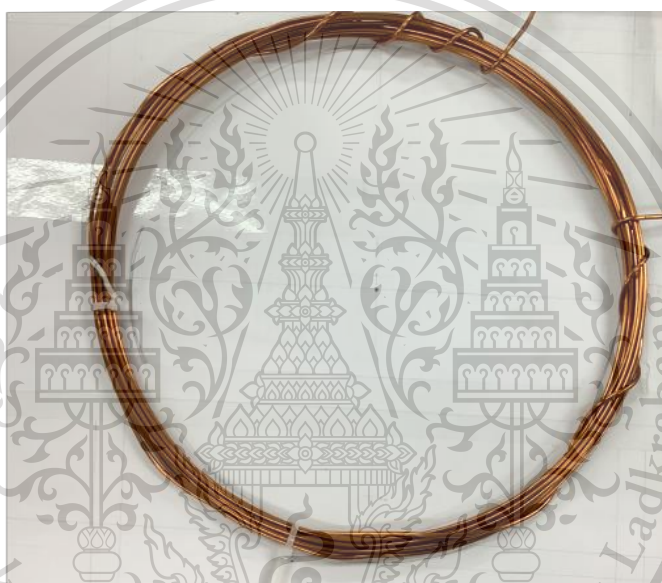
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.10 การทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานร่วมกับขดลวดฝั่งรับหนึ่งขดในกรณีที่ 1 เมื่อใช้อากาศเป็นตัวกลาง

| Coil | | Positions | Electronic Devices | Output coil | | Output voltage of the receiver circuit (V) |
|--------|-------|-----------|--------------------|-----------------|---------------|--|
| Number | Turns | | | Frequency (kHz) | Voltage (Vpp) | |
| 15 | 12 | On Top | Cooling Fan | 84.32 | 60.40 | 6.72 |



รูปที่ 4.27 ลักษณะการวางขดลวดทุติยหนึ่งขดกรณีกรณีที่ 1 เมื่อใช้อากาศเป็นตัวกลาง

ตารางที่ 4.11 การทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานร่วมกับขดลวดฝั่งรับสองขดในกรณีที่ 2 เมื่อใช้อากาศเป็นตัวกลาง

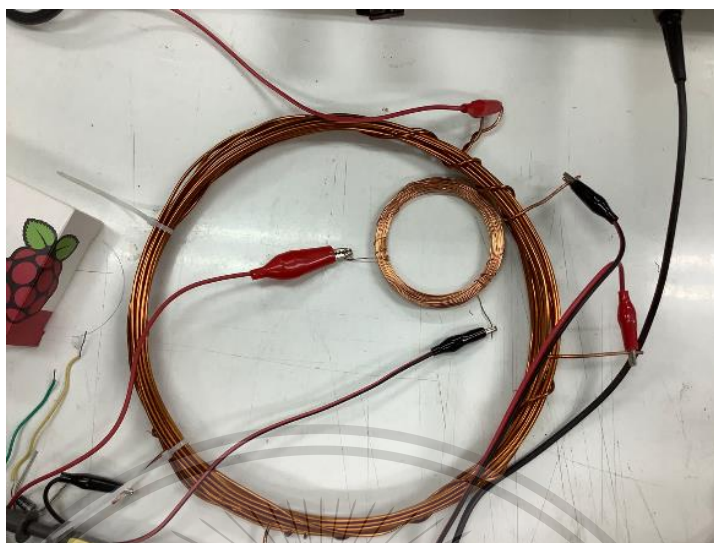
| Coil | | Positions | Electronic Devices | Output coil | | Output voltage of the receiver circuit (V) |
|--------|-------|-----------|--------------------|-----------------|---------------|--|
| Number | Turns | | | Frequency (kHz) | Voltage (Vpp) | |
| 15 | 12 | On Top | Cooling Fan | 84.25 | 60.40 | 6.80 |
| 24 | 60 | Edge | LED Strip | 84.53 | 32.00 | - |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.28 ลักษณะการวางขดลวดทุติยภูมิสองขดกรณีที่ 2 เมื่อใช้อากาศเป็นตัวกลาง

ตารางที่ 4.12 การทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานร่วมกับขดลวดฝั่งรับสองขดในกรณีที่ 3 เมื่อใช้อากาศเป็นตัวกลาง

| Coil | | Positions | Electronic Devices | Output coil | | Output voltage of the receiver circuit (V) |
|--------|-------|-----------|--------------------|-----------------|---------------|--|
| Number | Turns | | | Frequency (kHz) | Voltage (Vpp) | |
| 15 | 12 | On Top | Cooling Fan | 84.96 | 60.00 | 6.80 |
| 24 | 60 | Center | LED Strip | 85.03 | 23.60 | - |



รูปที่ 4.29 ลักษณะการวางขดลวดทุติยภูมิสองขดกรณีที่ 3 เมื่อใช้อากาศเป็นตัวกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในของมหาวิทยาลัยเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงที่มาของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.13 การทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานร่วมกับขดลวดฝั่งรับสองขดในกรณีที่ 4 เมื่อใช้อากาศเป็นตัวกลาง

| Coil | | Positions | Electronic Devices | Output coil | | Output voltage of the receiver circuit (V) |
|--------|-------|-----------|--------------------|-----------------|---------------|--|
| Number | Turns | | | Frequency (kHz) | Voltage (Vpp) | |
| 15 | 12 | On Top | Cooling Fan | 85.18 | 60.00 | 6.56 |
| 24 | 30 | Edge | LED Strip | 85.25 | 19.00 | - |



รูปที่ 4.30 ลักษณะการวางขดลวดทุติยภูมิสองขดกรณีที่ 4 เมื่อใช้อากาศเป็นตัวกลาง

ตารางที่ 4.14 การทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานร่วมกับขดลวดฝั่งรับสองขดในกรณีที่ 5 เมื่อใช้อากาศเป็นตัวกลาง

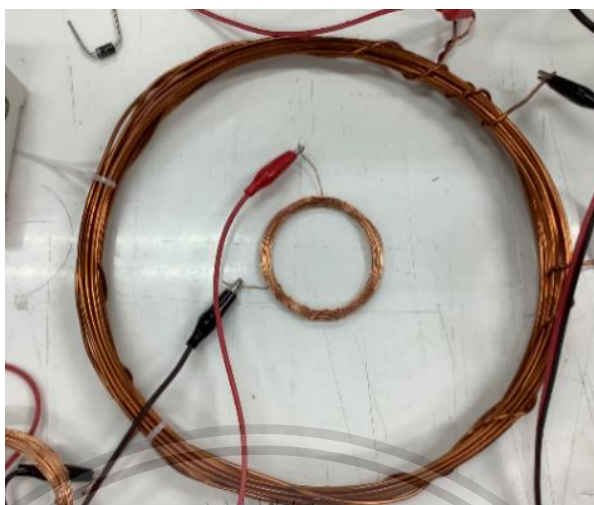
| Coil | | Positions | Electronic Devices | Output coil | | Output voltage of the receiver circuit (V) |
|--------|-------|-----------|--------------------|-----------------|---------------|--|
| Number | Turns | | | Frequency (kHz) | Voltage (Vpp) | |
| 15 | 12 | On Top | Cooling Fan | 85.32 | 60.00 | 6.56 |
| 24 | 30 | Center | LED Strip | 85.25 | 14.60 | - |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในงานศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.31 ลักษณะการวางขดลวดทุติยภูมิสองขดกรณีที่ 5 เมื่อใช้อากาศเป็นตัวกลาง

ตารางที่ 4.15 การทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานร่วมกับขดลวดฝั่งรับสามขดในกรณีที่ 6 เมื่อใช้อากาศเป็นตัวกลาง

| Coil | | Positions | Electronic Devices | Output coil | | Output voltage of the receiver circuit (V) |
|--------|-------|-----------|--------------------|-----------------|---------------|--|
| Number | Turns | | | Frequency (kHz) | Voltage (Vpp) | |
| 15 | 12 | On Top | Cooling Fan | 84.96 | 60.00 | 6.80 |
| 24 | 60 | Edge | LED Strip | 83.26 | 28.80 | - |
| 24 | 30 | Edge | LED Strip | 85.11 | 20.00 | - |



รูปที่ 4.32 ลักษณะการวางขดลวดทุติยภูมิสามขดกรณีที่ 6 เมื่อใช้อากาศเป็นตัวกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น กรุณาแจ้งให้ติดต่อโครงการฯ และต้องอ้างอิงถึงว่าเอกสารหรือรูปที่การนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.16 การทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานร่วมกับขดลวดฝั่งรับสามชุดในกรณีที่ 7 เมื่อใช้อากาศเป็นตัวกลาง

| Coil | | Positions | Electronic Devices | Output coil | | Output voltage of the receiver circuit (V) |
|--------|-------|-----------|--------------------|-----------------|---------------|--|
| Number | Turns | | | Frequency (kHz) | Voltage (Vpp) | |
| 15 | 12 | On Top | Cooling Fan | 84.96 | 58.80 | 6.80 |
| 24 | 60 | Center | LED Strip | 84.89 | 23.60 | - |
| 24 | 30 | Edge | LED Strip | 84.89 | 19.20 | - |



รูปที่ 4.33 ลักษณะการวางขดลวดทุติยภูมิสามชุดกรณีที่ 7 เมื่อใช้อากาศเป็นตัวกลาง

ตารางที่ 4.17 การทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานร่วมกับขดลวดฝั่งรับสามชุดในกรณีที่ 8 เมื่อใช้อากาศเป็นตัวกลาง

| Coil | | Positions | Electronic Devices | Output coil | | Output voltage of the receiver circuit (V) |
|--------|-------|-----------|--------------------|-----------------|---------------|--|
| Number | Turns | | | Frequency (kHz) | Voltage (Vpp) | |
| 15 | 12 | On Top | Cooling Fan | 85.03 | 60.00 | 6.64 |
| 24 | 60 | Center | LED Strip | 85.11 | 23.80 | - |
| 24 | 30 | Center | LED Strip | 85.11 | 7.60 | - |



รูปที่ 4.34 ลักษณะการวางขดลวดทุติยภูมิสามขดกรณี 8 เมื่อใช้อากาศเป็นตัวกลาง

ตารางที่ 4.18 การทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานร่วมกับขดลวดฝั่งรับสามขดในกรณี 9 เมื่อใช้อากาศเป็นตัวกลาง

| Coil | | Positions | Electronic Devices | Output coil | | Output voltage of the receiver circuit (V) |
|--------|-------|-----------|--------------------|-----------------|----------------------------|--|
| Number | Turns | | | Frequency (kHz) | Voltage (V _{pp}) | |
| 15 | 12 | On-Top | Cooling Fan | 85.25 | 60.00 | 6.56 |
| 24 | 60 | Edge | LED Strip | 85.25 | 27.80 | - |
| 24 | 30 | Center | LED Strip | 85.03 | 14.88 | - |



รูปที่ 4.35 ลักษณะการวางขดลวดทุติยภูมิสามขดกรณี 9 เมื่อใช้อากาศเป็นตัวกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีการดัดแปลงเนื้อหาใดๆ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.19 การทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานร่วมกับขดลวดฝั่งรับหนึ่งขดในกรณีที่ 1 เมื่อใช้โต๊ะเป็นตัวกลาง

| Coil | | Positions | Electronic Devices | Output coil | | Output voltage of the receiver circuit (V) |
|--------|-------|-----------|--------------------|-----------------|---------------|--|
| Number | Turns | | | Frequency (kHz) | Voltage (Vpp) | |
| 15 | 12 | On Top | Cooling Fan | 84.96 | 58.40 | 3.92 |



รูปที่ 4.36 ลักษณะการวางขดลวดทุติยภูมิหนึ่งขดกรณีที่ 1 เมื่อใช้โต๊ะเป็นตัวกลาง

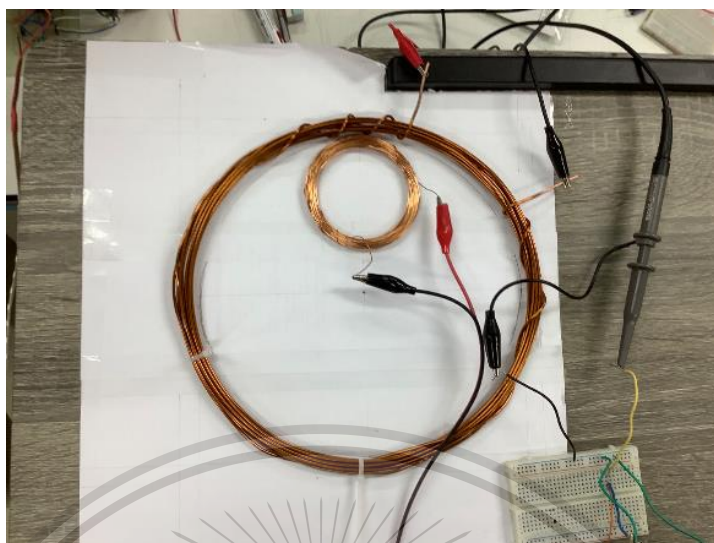
ตารางที่ 4.20 การทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานร่วมกับขดลวดฝั่งรับสองขดในกรณีที่ 2 เมื่อใช้โต๊ะเป็นตัวกลาง

| Coil | | Positions | Electronic Devices | Output coil | | Output voltage of the receiver circuit (V) |
|--------|-------|-----------|--------------------|-----------------|---------------|--|
| Number | Turns | | | Frequency (kHz) | Voltage (Vpp) | |
| 15 | 12 | On Top | Cooling Fan | 84.53 | 58.40 | 4.16 |
| 24 | 60 | Edge | LED Strip | 84.39 | 25.20 | - |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.37 ลักษณะการวางขดลวดทุติยภูมิสองขดกรณีที่ 2 เมื่อใช้โต๊ะเป็นตัวกลาง

ตารางที่ 4.21 การทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานร่วมกับขดลวดฝั่งรับสองขดในกรณีที่ 3 เมื่อใช้โต๊ะเป็นตัวกลาง

| Coil | | Positions | Electronic Devices | Output coil | | Output voltage of the receiver circuit (V) |
|--------|-------|-----------|--------------------|-----------------|---------------|--|
| Number | Turns | | | Frequency (kHz) | Voltage (Vpp) | |
| 15 | 12 | On Top | Cooling Fan | 84.53 | 58.40 | 4.00 |
| 24 | 60 | Center | LED Strip | 84.67 | 29.20 | - |



รูปที่ 4.38 ลักษณะการวางขดลวดทุติยภูมิสองขดกรณีที่ 3 เมื่อใช้โต๊ะเป็นตัวกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังขอให้อัปเดตเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.22 การทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานร่วมกับขดลวดฝั่งรับสองขดในกรณีที่ 4 เมื่อใช้โต๊ะเป็น
ตัวกลาง

| Coil | | Positions | Electronic Devices | Output coil | | Output voltage of the receiver circuit (V) |
|--------|-------|-----------|-----------------------|--------------------|------------------|---|
| Number | Turns | | | Frequency (kHz) | Voltage (Vpp) | |
| 15 | 12 | On Top | Cooling Fan | 84.53 | 58.00 | 3.92 |
| 24 | 30 | Edge | LED Strip | 84.53 | 14.80 | - |



รูปที่ 4.39 ลักษณะการวางขดลวดทุติยภูมิสองขดกรณีที่ 4 เมื่อใช้โต๊ะเป็นตัวกลาง

ตารางที่ 4.23 การทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานร่วมกับขดลวดฝั่งรับสองขดในกรณีที่ 5 เมื่อใช้โต๊ะเป็น
ตัวกลาง

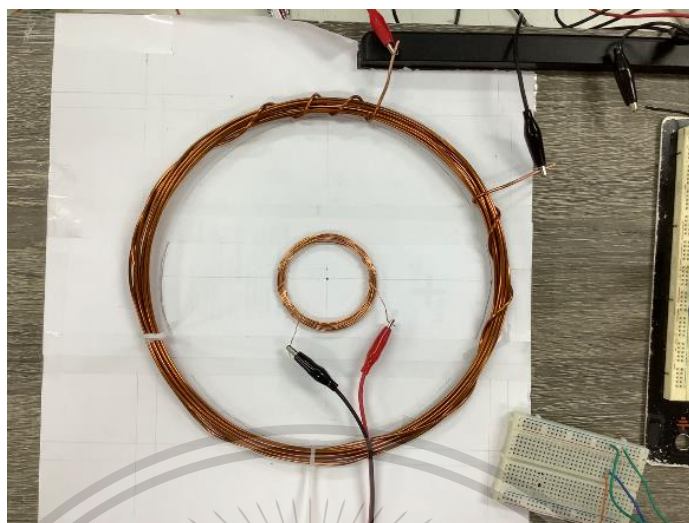
| Coil | | Positions | Electronic Devices | Output coil | | Output voltage of the receiver circuit (V) |
|--------|-------|-----------|-----------------------|--------------------|------------------|---|
| Number | Turns | | | Frequency (kHz) | Voltage (Vpp) | |
| 15 | 12 | On Top | Cooling Fan | 84.53 | 58.40 | 3.92 |
| 24 | 30 | Center | LED Strip | 84.60 | 17.00 | - |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

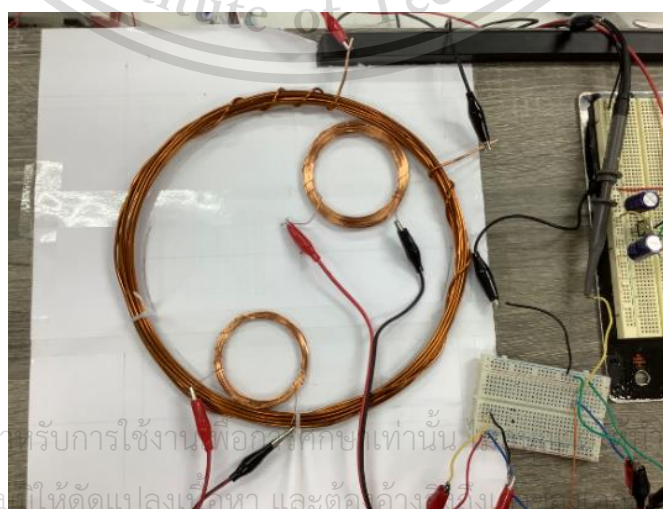
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.40 ลักษณะการวางขดลวดทุติยภูมิสองขดกรณีที่ 5 เมื่อใช้โต๊ะเป็นตัวกลาง

ตารางที่ 4.24 การทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานร่วมกับขดลวดฝั่งรับสามขดในกรณีที่ 6 เมื่อใช้โต๊ะเป็นตัวกลาง

| Coil | | Positions | Electronic Devices | Output coil | | Output voltage of the receiver circuit (V) |
|--------|-------|-----------|--------------------|-----------------|---------------|--|
| Number | Turns | | | Frequency (kHz) | Voltage (Vpp) | |
| 15 | 12 | On Top | Cooling Fan | 84.75 | 58.00 | 3.84 |
| 24 | 60 | Edge | LED Strip | 84.60 | 41.60 | - |
| 24 | 30 | Edge | LED Strip | 84.46 | 12.60 | - |



รูปที่ 4.41 ลักษณะการวางขดลวดทุติยภูมิสามขดกรณีที่ 6 เมื่อใช้โต๊ะเป็นตัวกลาง

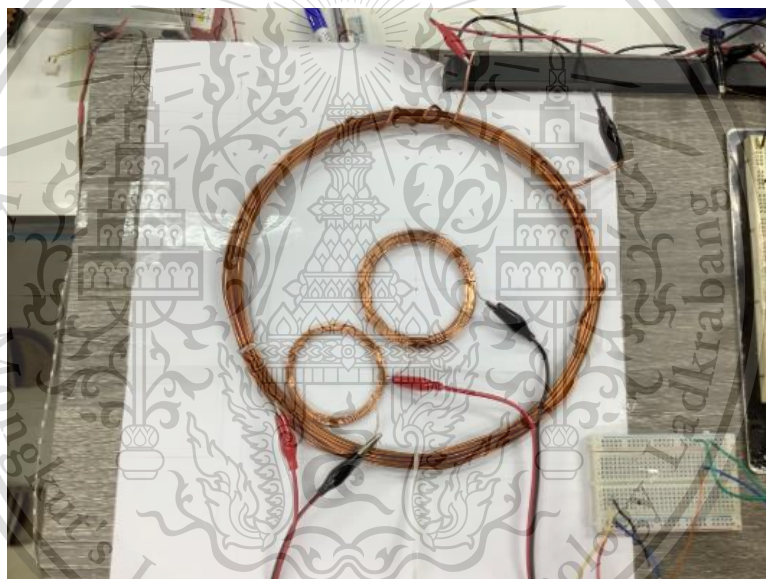
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำเอกสารนี้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามให้ตัดแปลงเนื้อหา และต่ออ้างอิงในเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.25 การทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานร่วมกับขดลวดฝั่งรับสามขดในกรณีที่ 7 เมื่อใช้โต๊ะเป็น
ตัวกลาง

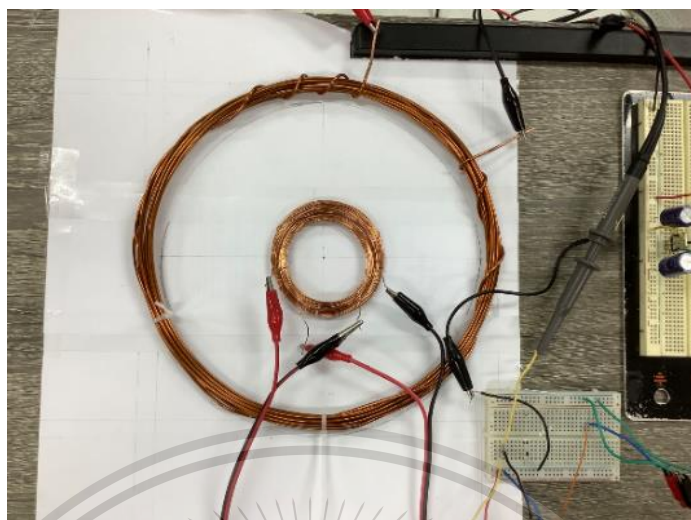
| Coil | | Positions | Electronic Devices | Output coil | | Output voltage of the receiver circuit (V) |
|--------|-------|-----------|-----------------------|--------------------|------------------|---|
| Number | Turns | | | Frequency (kHz) | Voltage (Vpp) | |
| 15 | 12 | On Top | Cooling Fan | 84.53 | 58.00 | 3.63 |
| 24 | 60 | Center | LED Strip | 84.60 | 25.60 | - |
| 24 | 30 | Edge | LED Strip | 84.75 | 13.04 | - |



รูปที่ 4.42 ลักษณะการวางขดลวดทุติยภูมิสามขดกรณีที่ 7 เมื่อใช้โต๊ะเป็นตัวกลาง

ตารางที่ 4.26 การทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานร่วมกับขดลวดฝั่งรับสามขดในกรณีที่ 8 เมื่อใช้โต๊ะเป็น
ตัวกลาง

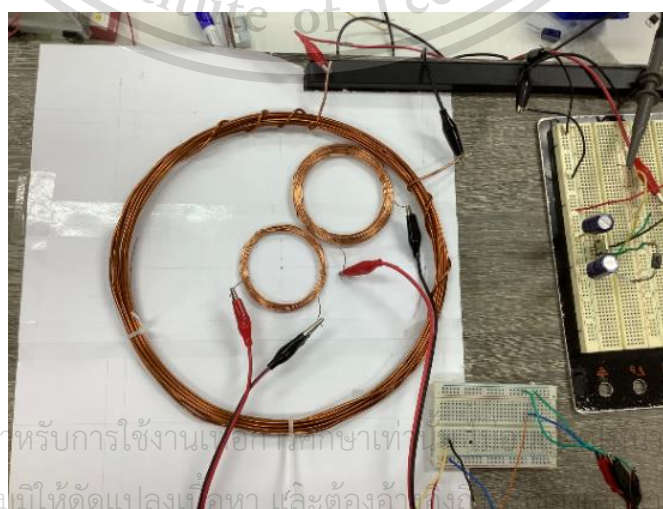
| Coil | | Positions | Electronic Devices | Output coil | | Output voltage of the receiver circuit (V) |
|--------|-------|-----------|-----------------------|--------------------|------------------|---|
| Number | Turns | | | Frequency (kHz) | Voltage (Vpp) | |
| 15 | 12 | On Top | Cooling Fan | 84.89 | 58.00 | 3.60 |
| 24 | 60 | Center | LED Strip | 84.89 | 24.20 | - |
| 24 | 30 | Center | LED Strip | 84.82 | 11.28 | - |



รูปที่ 4.43 ลักษณะการวางขดลวดทุติยภูมิสามขดกรณีที่ 8 เมื่อใช้โต๊ะเป็นตัวกลาง

ตารางที่ 4.27 การทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานร่วมกับขดลวดฝั่งรับสามขดในกรณีที่ 9 เมื่อใช้โต๊ะเป็นตัวกลาง

| Coil | | Positions | Electronic Devices | Output coil | | Output voltage of the receiver circuit (V) |
|--------|-------|-----------|--------------------|-----------------|---------------|--|
| Number | Turns | | | Frequency (kHz) | Voltage (Vpp) | |
| 15 | 12 | On Top | Cooling Fan | 84.67 | 58.00 | 3.60 |
| 24 | 60 | Edge | LED Strip | 84.82 | 37.20 | - |
| 24 | 30 | Center | LED Strip | 84.75 | 14.00 | - |



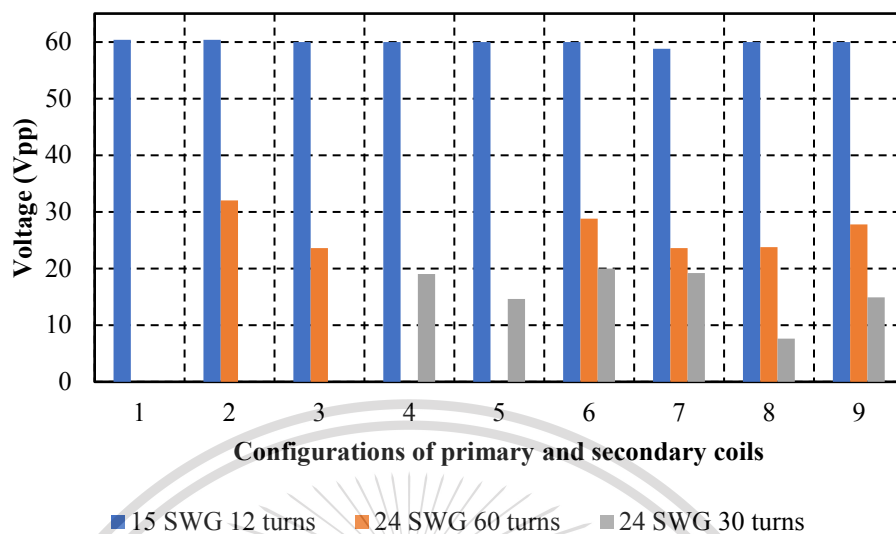
รูปที่ 4.44 ลักษณะการวางขดลวดทุติยภูมิสามขดกรณีที่ 9 เมื่อใช้โต๊ะเป็นตัวกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรใช้ประโยชน์ด้านการค้า

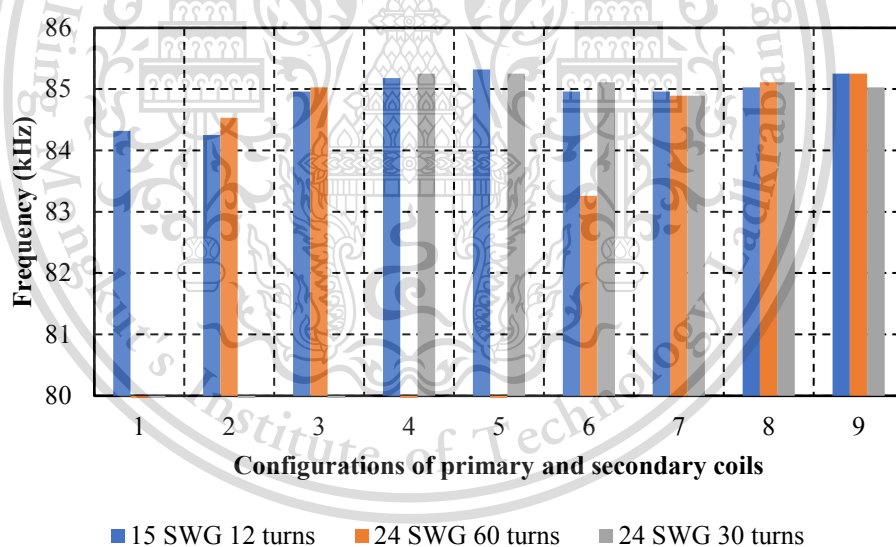
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงแหล่งที่มาทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.45 เปรียบเทียบค่าแรงดันของขดลวดทุติยภูมิทั้ง 9 กรณี เมื่อใช้อากาศเป็นตัวกลางในการถ่ายโอนกำลังงาน

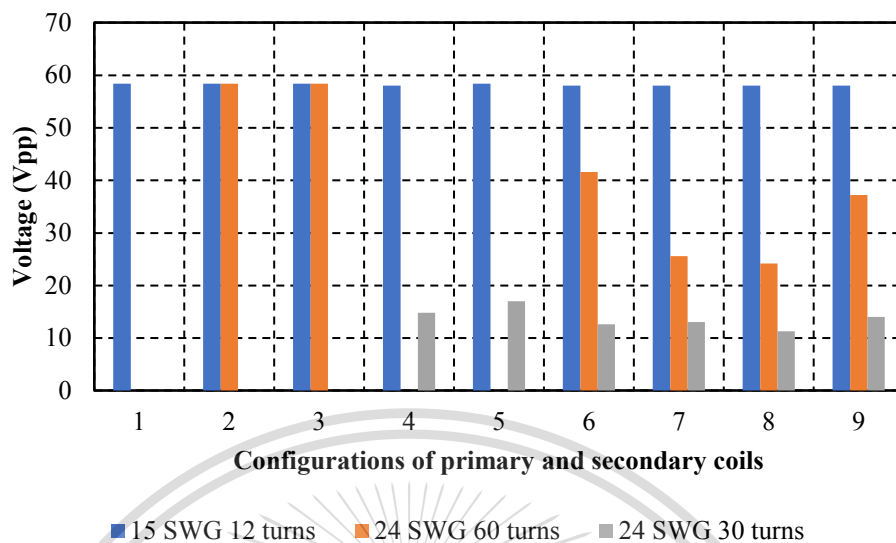


รูปที่ 4.46 เปรียบเทียบค่าความถี่ขดลวดทุติยภูมิทั้ง 9 กรณี เมื่อใช้อากาศเป็นตัวกลางในการถ่ายโอนกำลังงาน

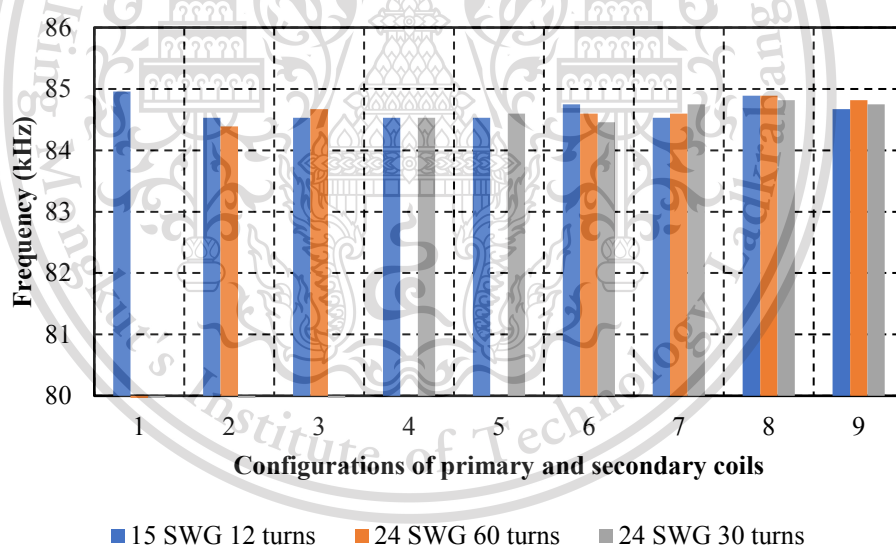
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.47 เปรียบเทียบค่าแรงดันของขดลวดทุติยภูมิทั้ง 9 กรณี เมื่อใช้โต๊ะเป็นตัวกลางในการถ่ายโอนกำลังงาน

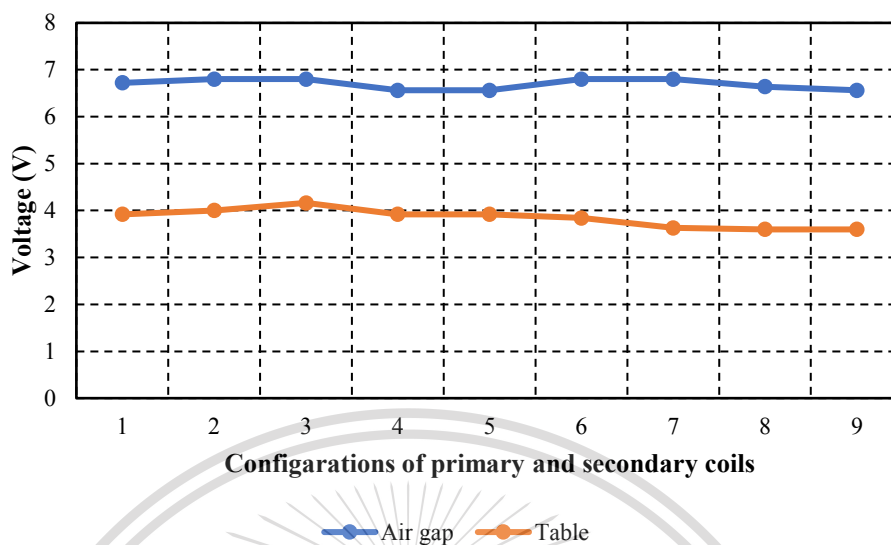


รูปที่ 4.48 เปรียบเทียบค่าความถี่ขดลวดทุติยภูมิทั้ง 9 กรณี เมื่อใช้โต๊ะเป็นตัวกลางในการถ่ายโอนกำลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.49 แรงดันขาออกของวงจรภาครับร่วมกับพัลลวมระบายอากาศทั้ง 9 กรณี ในการถ่ายโอนกำลังงานทั้ง 2 เงื่อนไข

จากการทดสอบข้างต้นสามารถสรุปได้ว่าการทดสอบขดลวดทุติยภูมิทั้ง 9 กรณี มีค่าความถี่ที่ใกล้เคียงกับค่าความถี่มาตรฐานที่ 100 กิโลเฮิร์ตซ์ โดยวงจรถ่ายโอนกำลังงานและขดลวดปฐมภูมินั้นสามารถทำการถ่ายโอนกำลังงานให้กับขดลวดทุติยภูมิได้มากกว่า 1 ขด และสามารถถ่ายโอนกำลังงานให้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มากกว่า 1 อุปกรณ์ได้ ทางผู้จัดทำสังเกตได้ว่าการใช้ขดลวดเบอร์ 24 จำนวน 60 รอบ และ 30 รอบ ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 เซนติเมตร นั้นเพียงพอที่จะถ่ายโอนกำลังงานให้กับไฟ LED เส้น โดยที่ค่าแรงดันขาออกจะขึ้นอยู่กับตำแหน่งการวางของขดลวดทั้ง 9 กรณี ซึ่งบริเวณขอบของขดลวดปฐมภูมิจะมีค่าแรงดันที่มากกว่าการวางขดลวดบริเวณกึ่งกลาง และขดลวดเบอร์ 24 จำนวนการพันที่ 30 รอบ เมื่อนำมาวางในบริเวณกึ่งกลางจะค่าแรงดันขาออกจะมีค่าลดลง นอกจากสาเหตุของตำแหน่งการวาง การใช้งานร่วมกับขดลวดเบอร์ 24 จำนวนการพันที่ 60 รอบ ณ ตำแหน่งเดียวกันอาจทำให้เกิดการรบกวนกันได้ ส่งผลทำให้ประสิทธิภาพในการถ่ายโอนกำลังงานไม่ดีเท่าที่ควร ฉะนั้นขดลวดทุติยภูมิที่เหมาะสมกับการใช้งานร่วมกับไฟ LED เส้นจะเลือกใช้ขดลวดเบอร์ 24 SWG จำนวนการพันที่ 60 รอบ

จากสมมติฐานข้างต้นผู้จัดทำจึงทำการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบการถ่ายโอนกำลังงานให้กับไฟ LED เส้น ณ ตำแหน่งที่เปลี่ยนไปเมื่อใช้ขดลวดทุติยภูมิเบอร์ 24 จำนวนการพันที่ 60 รอบ โดยใช้งานร่วมกับโต๊ะทำงานที่มีความหนา 1.1 เซนติเมตร เป็นตัวกลาง พบว่าเมื่อทดสอบการใช้งานร่วมกับโต๊ะทำงาน ระยะห่างระหว่างขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิทำให้ตำแหน่งการวางของขดลวดไม่ได้ส่งผลกับค่าความถี่และค่าแรงดันขาออกแสดงดังตารางที่ 20

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

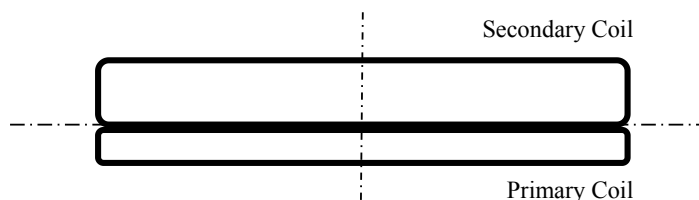
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.28 เปรียบเทียบแรงดันขาออกของวงจรภาครับในแต่ละตำแหน่ง

| Coil | | Positions | Frequency (kHz) | Output voltage (Vpp) |
|--------|-------|-----------|--------------------|-------------------------|
| Number | Turns | | | |
| 24 | 60 | Center | 84.82 | 18.20 |
| 24 | 60 | Edge | 84.32 | 18.20 |

4.6.2 การทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานโดยอาศัยขดลวดปฐมภูมิหลายขดร่วมกับขดลวดทุติยภูมิหลายขด

การทดสอบนี้จะประกอบไปด้วยขดลวดปฐมภูมิสามขดโดยใช้ขดลวดเบอร์ 15 SWG จำนวนรอบการพัน 6 รอบ เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร ขดลวดเบอร์ 24 SWG จำนวนรอบการพัน 30 รอบ เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 เซนติเมตร และขดลวดเบอร์ 24 SWG จำนวนรอบการพัน 30 รอบ เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 เซนติเมตร ใช้งานร่วมกับขดลวดทุติยภูมิจำนวนสามขดได้แก่ ขดลวดเบอร์ 15 SWG จำนวนรอบการพัน 12 รอบ เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร ใช้งานร่วมกับพัดลมระบายอากาศ ขดลวดเบอร์ 24 SWG จำนวนรอบการพัน 60 รอบ เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 เซนติเมตร ใช้งานร่วมกับไฟ LED เส้น และขดลวดเบอร์ 24 SWG จำนวนรอบการพัน 60 รอบ เส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร ใช้งานร่วมกับไฟ LED เส้นเช่นเดียวกัน โดยมี 2 เส้นใช้ในการทดสอบ ได้แก่ การทดสอบโดยใช้อากาศเป็นตัวกลางในการถ่ายโอนกำลังงานและการทดสอบโดยใช้โต๊ะที่มีความหนา 1.1 เซนติเมตร เป็นตัวกลางในการถ่ายโอนกำลังงาน โดยทำการกำหนดตำแหน่งในการวางขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิ แสดงดังรูปที่ 32 ซึ่งผลการทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานให้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์โดยใช้ขดลวดปฐมภูมิหลายขดร่วมกับขดลวดทุติยภูมิหลายขดแสดงดังตารางที่ 21 และสามารถเปรียบเทียบค่าความถี่ แรงดันขาออกของขดลวดปฐมภูมิและแรงดันขาออกของวงจรภาครับแสดงดังตารางที่ 22 และแสดงดังรูปที่ 33 ถึง 35



รูปที่ 4.50 ตำแหน่งในการวางขดลวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.29 การทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานให้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์โดยใช้ขดลวดปฐมภูมิหลายขดร่วมกับขดลวดทุติยภูมิหลายขด

| Case | Coil | | Primary Coil | Secondary Coil | Frequency (kHz) | Status of device |
|---------|--------|---------------|--------------|----------------|-----------------|------------------|
| | Number | Diameter (cm) | Turns | Turns | | |
| Air gap | 15 | 10 | 6 | 12 | 83.61 | on |
| | 24 | 6 | 30 | 60 | | on |
| | 24 | 4 | 30 | 60 | | on |
| Table | 15 | 10 | 6 | 12 | 83.61 | on |
| | 24 | 6 | 30 | 60 | | on |
| | 24 | 4 | 30 | 60 | | on |

จากตารางที่ 21 การทดสอบข้างต้นสามารถสรุปได้ว่าการใช้ขดลวดปฐมภูมิหลายขดร่วมกับขดลวดทุติยภูมิหลายขดมีค่าความถี่ที่ใกล้เคียงกับค่าความถี่มาตรฐานที่ 100 กิโลเฮิร์ตซ์ โดยวงจรถ่ายโอนกำลังงานสามารถทำการถ่ายโอนกำลังงานให้กับขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิได้มากกว่า 1 ขด และสามารถถ่ายโอนกำลังงานให้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มากกว่า 1 อุปกรณ์ได้

ตารางที่ 4.30 เปรียบเทียบค่าความถี่ แรงดันขาออกของขดลวดปฐมภูมิและแรงดันขาออกของวงจรภาครับ

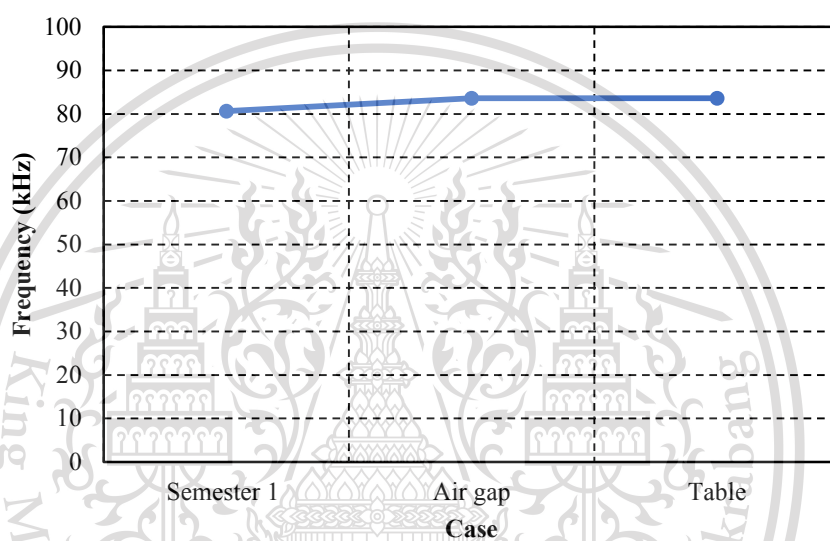
| Case | Frequency (kHz) | Voltage (Vpp) | Output voltage of the receiver circuit (V) |
|------------|-----------------|---------------|--|
| Semester 1 | 80.65 | 34.0 | - |
| Air gap | 83.61 | 11.2 | 6.60 |
| Table | 83.61 | 11.2 | 3.52 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

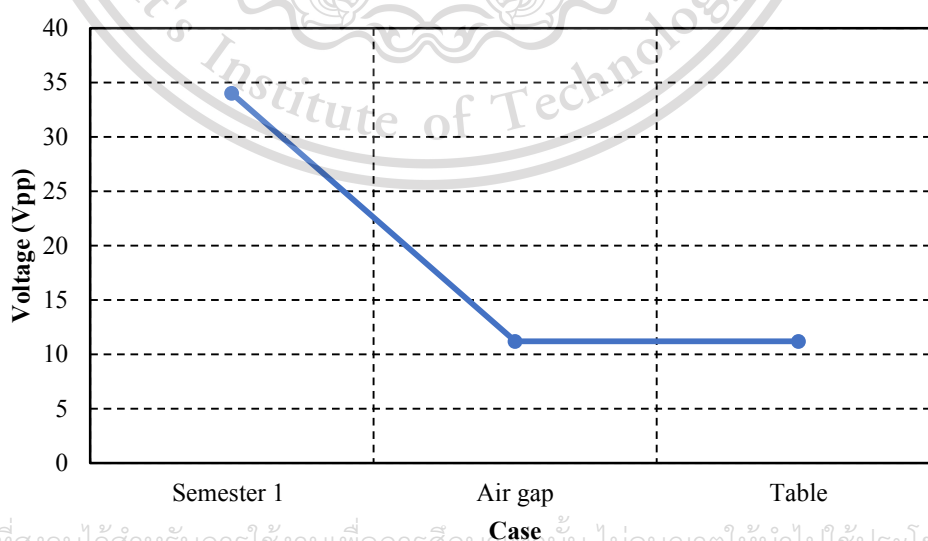
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากตารางที่ 22 สามารถสรุปได้ว่าการทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานให้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์โดยใช้ขดลวดปฐมภูมิหลายขดร่วมกับขดลวดทุติยภูมิหลายขดมีค่าความถี่ที่ใกล้เคียงกับการทดสอบในภาคการศึกษาที่ 1 แต่ค่าแรงดันขาออกของขดลวดปฐมภูมินั้นมีค่าที่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งค่าแรงดันขาออกของขดลวดปฐมภูมิที่ลดลงส่งผลให้ค่าแรงดันขาออกของวงจรภาครับลดลงเช่นเดียวกัน ถึงแม้ว่าจะสามารถถ่ายโอนกำลังงานให้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้แต่ก็ไม่ได้มีประสิทธิภาพมากพอ



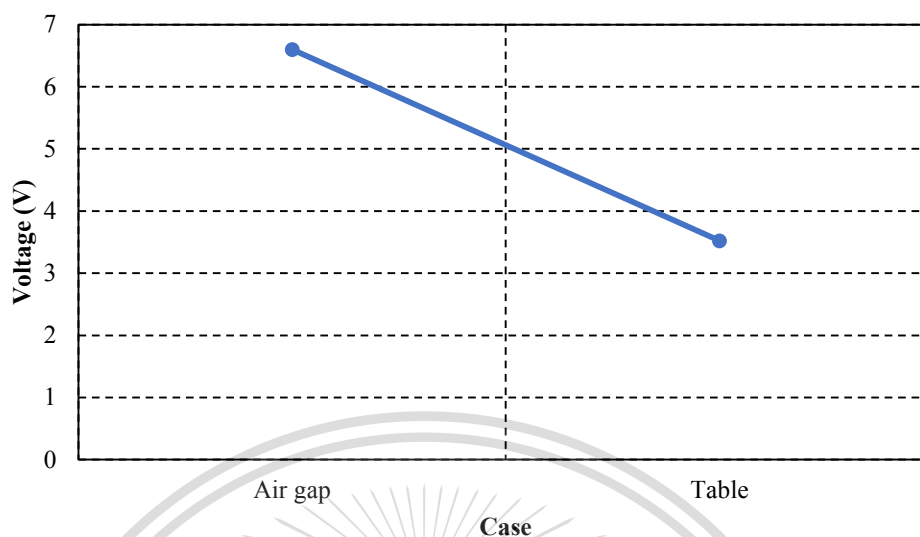
รูปที่ 4.51 เปรียบเทียบค่าความถี่ทั้ง 3 กรณี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งรูปที่ 4.52 เปรียบเทียบค่าแรงดันขาออกของขดลวดทุติยภูมิทั้ง 3 กรณี รังที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.53 เปรียบเทียบค่าแรงดันขาออกของวงจรคาร์บเมื่อใช้งานร่วมกับพัดลมระบายอากาศทั้ง 2 กรณี

4.7 การทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานของขดลวดเกลียวแบน

จากการศึกษาขดลวดเกลียวแบนผู้จัดทำได้ทำทดสอบประสิทธิภาพการถ่ายโอนของขดลวดเกลียวแบน โดยเริ่มจากการคำนวณจำนวนรอบการพันขดลวด กำหนดให้ขดลวดเกลียวแบนมีค่าความเหนียวนำคือ 14.9192 ไมโครเฮนรี และมีขนาดหน้าตัดหรือรัศมีเท่ากับขดลวดที่มีลักษณะการพันแบบขดลวดชั้นเดียว 17 เซนติเมตร โดยใช้ขดลวดเบอร์ 15 SWG เมื่อคำนวณหาค่าจำนวนรอบการพันขดลวดเกลียวแบนทำให้ขดลวดปฐมภูมิมีจำนวนรอบการพันที่ 8 รอบ ทดสอบร่วมกับขดลวดทุติยภูมิที่มีขนาดของหน้าตัดและจำนวนรอบที่เท่ากัน และ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์คือไฟ LED เส้นและพัดลมตั้งโต๊ะ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการถ่ายโอนกำลังงานระหว่างลักษณะการพันขดลวดทั้งสองแบบภายใต้เงื่อนไขการถ่ายโอนโดยมีอากาศอากาศและโต๊ะที่มีความหนา 1.2 เซนติเมตร เป็นตัวกลาง แสดงดังตารางที่ 4.31 ถึง 4.32 และ รูปที่ 4.54 ถึง 4.57 สามารถสังเกตได้ว่าขดลวดที่มีลักษณะการพันแบบขดลวดชั้นเดียวมีแรงดันเพียงพอที่สามารถทำให้ไฟ LED เส้นและพัดลมตั้งโต๊ะทำงานได้ ซึ่งตรงกันข้ามกับขดลวดลักษณะเกลียวแบนที่มีแรงดันแค่เพียงใช้งานกับไฟ LED เส้นเท่านั้น

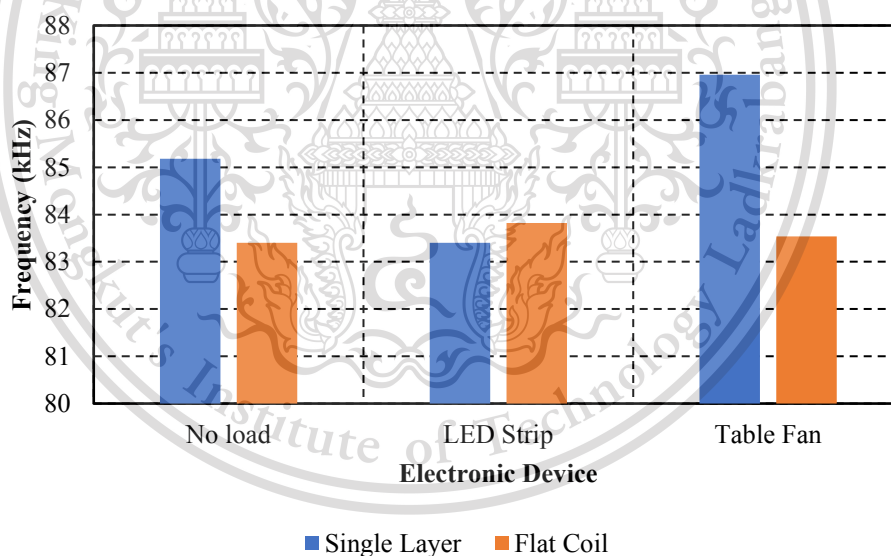
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.31 ประสิทธิภาพการถ่ายโอนกำลังงานร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เมื่อใช้อากาศเป็นตัวกลาง

| Electronic Devices | Type of Winding | Voltage (Vpp) | | Frequency (kHz) | Output Voltage (V) |
|--------------------|-----------------|---------------|----------------|-----------------|--------------------|
| | | Primary Coil | Secondary Coil | | |
| No Load | Single Layer | 87.60 | 54.40 | 85.18 | 12.00 |
| | Flat Coil | 33.00 | 56.80 | 83.40 | 2.24 |
| LED Strip | Single Layer | 69.20 | 22.80 | 83.40 | - |
| | Flat Coil | 33.00 | 36.80 | 83.82 | - |
| Table Fan | Single Layer | 61.60 | 28.60 | 86.96 | 2.40 |
| | Flat Coil | 33.00 | 25.40 | 83.54 | 0.92 |

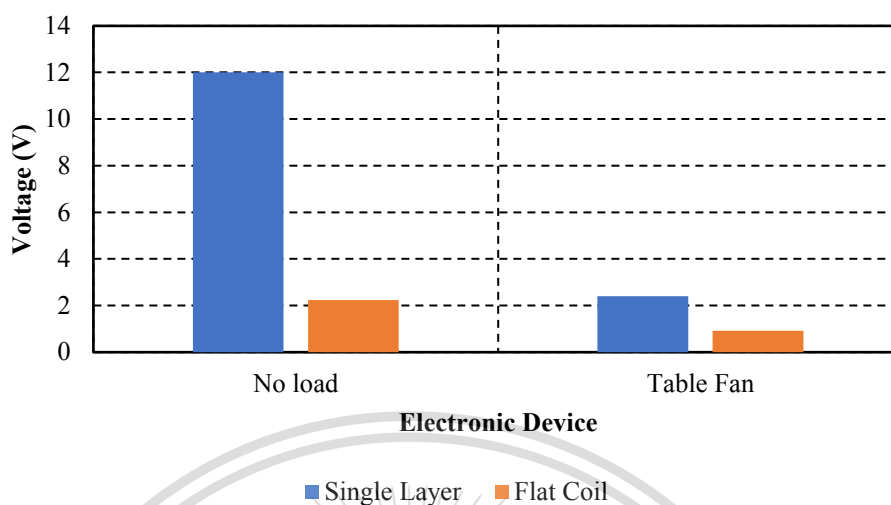


รูปที่ 4.54 เปรียบเทียบความถี่ของขดลวดร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เมื่อใช้อากาศเป็นตัวกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.55 เปรียบเทียบค่าแรงดันขาออกของวงจรภาครับร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เมื่อใช้อากาศเป็นตัวกลาง

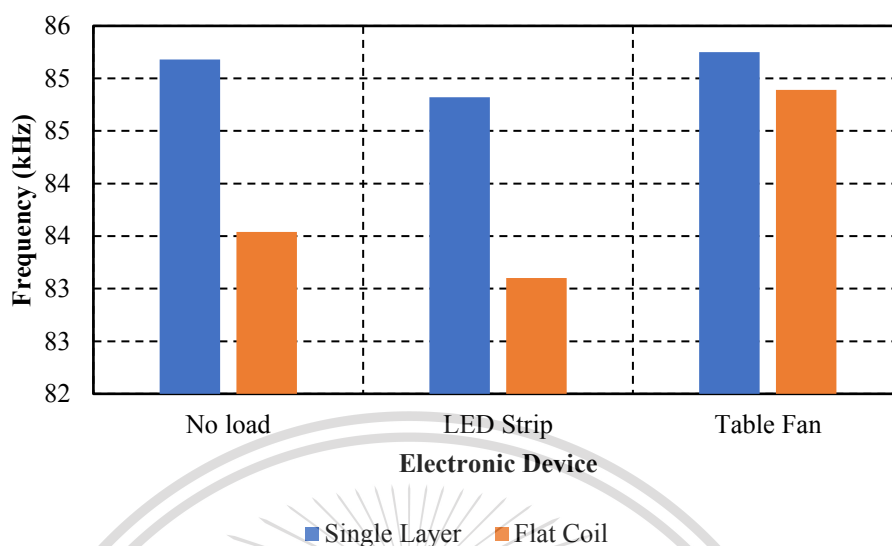
ตารางที่ 4.32 ประสิทธิภาพการถ่ายโอนกำลังงานร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เมื่อใช้โต๊ะเป็นตัวกลาง

| Electronic Devices | Type of Winding | Voltage (Vpp) | | Frequency (kHz) | Output Voltage (V) |
|--------------------|-----------------|---------------|----------------|-----------------|--------------------|
| | | Primary Coil | Secondary Coil | | |
| | | No Load | Single Layer | | |
| | Flat Coil | 23.80 | 27.20 | 83.54 | 1.20 |
| LED Strip | Single Layer | 96.80 | 24.80 | 84.82 | - |
| | Flat Coil | 56.00 | 45.00 | 83.10 | - |
| Table Fan | Single Layer | 87.60 | 56.80 | 85.25 | 2.08 |
| | Flat Coil | 56.20 | 26.80 | 84.89 | 1.62 |

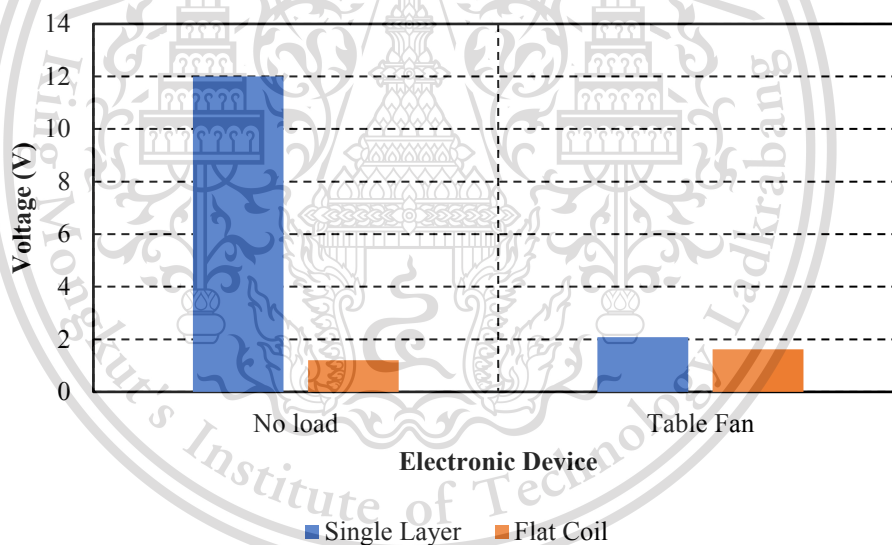
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.56 เปรียบเทียบความถี่ของขดลวดร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เมื่อใช้โต๊ะเป็นตัวกลาง



รูปที่ 4.57 เปรียบเทียบค่าแรงดันขาออกของวงจรกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เมื่อใช้โต๊ะเป็นตัวกลาง

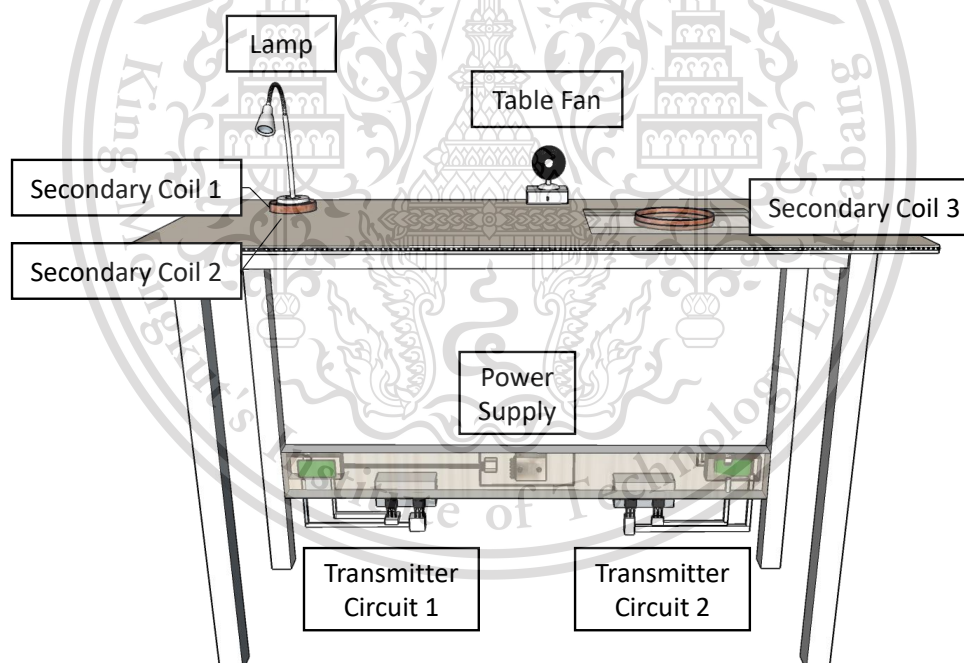
จากการทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานโดยใช้ขดลวดที่มีลักษณะการพันแบบขดลวดชั้นเดียวและขดลวดเกลียวแบนร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ สามารถสรุปได้ว่าขดลวดที่มีลักษณะการพันแบบขดลวดชั้นเดียวนั้น มีค่าแรงดันเพียงพอที่จะทำให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สามารถทำงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารต้นฉบับและมีประสิทธิภาพมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับขดลวดที่มีลักษณะการพันแบบเกลียวการคำนวณค่าไม่ว่ากรณีใดก็ตาม ด้วยเหตุผลดังกล่าวทางผู้จัดทำตัดสินใจนำขดลวดที่มีลักษณะการพันแบบขดลวดชั้นเดียวเป็น

ขดลวดเพื่อใช้ในการถ่ายโอนกำลังงานบนโต๊ะทำงานจริง

4.8 การทดสอบการทำงานของโตะทำงานจริง

ในการทดสอบการทำงานของโตะทำงานจริงจะทำการติดตั้งขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิเข้ากับโตะทำงานที่ได้ทำการออกแบบไว้ โดยจะกำหนดบริเวณการถ่ายโอนกำลังงานเป็น 2 จุด ได้แก่ บริเวณการถ่ายโอนกำลังงานที่จุด A จะใช้ขดลวดปฐมภูมิ เบอร์ 24 SWG จำนวน 6 รอบ หน้าตัดขนาด 12 เซนติเมตร ใช้งานร่วมกับขดลวดทุติยภูมิสองขด คือ ขดลวดเบอร์ 24 SWG จำนวน 60 รอบ หน้าตัด 5 เซนติเมตร ถ่ายโอนให้กับโคมไฟ และไฟ LED เส้น และบริเวณการถ่ายโอนกำลังงานที่จุด B จะใช้ขดลวดปฐมภูมิ เบอร์ 15 SWG จำนวน 6 รอบ หน้าตัดขนาด 17 เซนติเมตร ใช้งานร่วมกับขดลวดทุติยภูมิเบอร์ 15 SWG จำนวน 12 รอบ หน้าตัดขนาดเท่ากันถ่ายโอนให้กับพัดลมตั้งโตะแสดงดังรูปที่ 4.58 ถึง 4.59 จากนั้นทำการทดสอบและบันทึกผลของระบบการถ่ายโอนกำลังงานทั้งหมด โดยวัดค่าความถี่ของขดลวด วัดค่าสัญญาณขาเข้าของขดลวดทุติยภูมิ และวัดค่าขนาดของแรงดันที่ฝั่งขาออกเมื่อต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมดแสดงดังตารางที่ 4.33

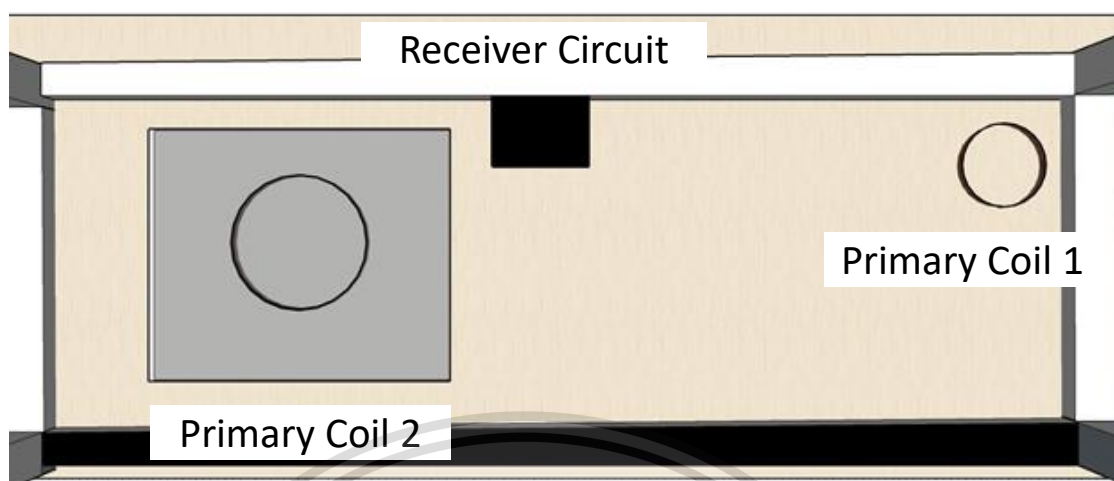


รูปที่ 4.58 โตะทำงานต้นแบบและตำแหน่งในการถ่ายโอนกำลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.59 ตำแหน่งการติดตั้งขดลวดปฐมภูมิบริเวณใต้โต๊ะทำงาน

ตารางที่ 4.33 ประสิทธิภาพการถ่ายโอนกำลังงานร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บนโต๊ะทำงานจริง

| Position | Electronic Devices | Primary Coil | | Voltage (Vpp) | Secondary Coil | | Output Voltage (V) |
|----------|--------------------|--------------|-------|---------------|----------------|-------|--------------------|
| | | Number | Turns | | Number | Turns | |
| A | LED Strip | 24 | 6 | 84.46 | 24 | 60 | - |
| | Lamp | | | | 24 | 60 | - |
| B | Table Fan | 15 | 6 | 82.30 | 15 | 12 | 2.12 |

จากการทดสอบข้างต้นสามารถสรุปได้ว่าสามารถถ่ายโอนกำลังงานร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บนโต๊ะทำงานจริงได้ ซึ่งระบบการถ่ายโอนกำลังงานนั้นสามารถทำการถ่ายโอนกำลังงานให้กับขดลวดทุติยภูมิได้มากกว่า 1 ขด และสามารถถ่ายโอนกำลังงานให้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้ทั้ง 3 อุปกรณ์ และมีค่าความถี่ที่ใกล้เคียงกับค่าความถี่มาตรฐานที่ 100 กิโลเฮิร์ตซ์ จากนั้นนำค่าความถี่ที่วัดได้มาทำการเปรียบเทียบกับค่าความถี่มาตรฐานเพื่อคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อน ซึ่งแสดงดังในตารางที่ 4.34 และรูปที่ 4.60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

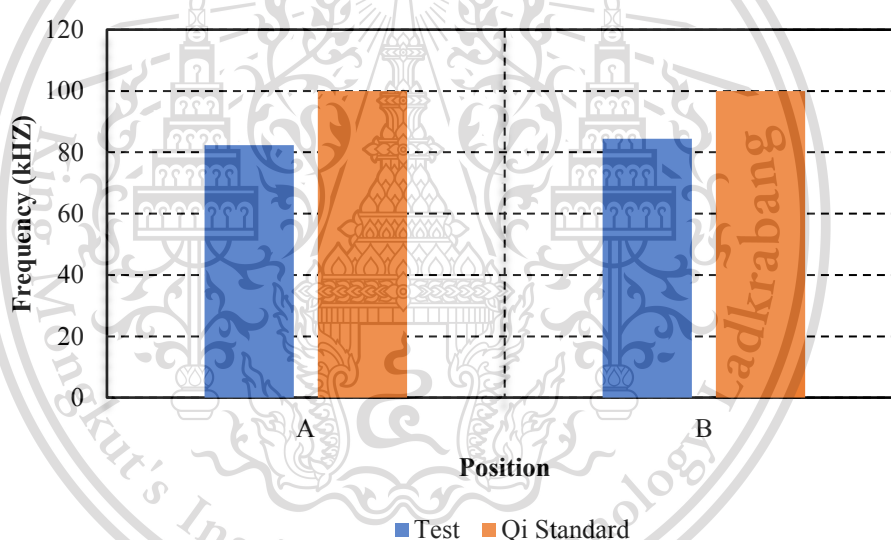
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.34 ค่าความคลาดเคลื่อนความถี่ของขดลวดเหนี่ยวนำเทียบกับความถี่มาตรฐาน

| Position | Frequency (kHz) | | Error (%) |
|----------|-----------------|-------------|-----------|
| | Test | Qi Standard | |
| A | 82.30 | 100 | 17.70 |
| B | 84.46 | 100 | 15.54 |

จากตารางที่ 4.34 สามารถสังเกตได้ว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนของบริเวณการถ่ายโอนกำลังงานที่จุด A และบริเวณการถ่ายโอนกำลังงานที่จุด B คือ 17.70 เปอร์เซ็นต์ และ 15.54 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ



รูปที่ 4.60 เปรียบเทียบความถี่ของขดลวดเหนี่ยวนำเทียบกับความถี่มาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

ปฏิญานี้มีเป้าหมายเป็นการออกแบบและพัฒนาระบบการส่งกำลังงานไฟฟ้าแบบไร้สาย เพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับโต๊ะทำงานสมัยใหม่ที่สามารถส่งกำลังงานแบบไร้สายได้ ซึ่งประกอบด้วย วงจรที่สำคัญ 2 ส่วนหลัก ๆ คือ วงจรอินเวอร์เตอร์บริดจ์แบบครึ่งคลื่นในส่วนของวงจรภาคส่งและ วงจรการถ่ายโอนกำลังงานด้วยขดลวดซึ่งทำให้เกิดการเหนี่ยวนำกำลังงานขึ้นและการส่งผ่านกำลังงานให้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในส่วนของวงจรภาครับ

โดยในภาคการศึกษาที่ 1 ผู้จัดทำได้ออกแบบและจัดทำวงจรต้นแบบที่ประกอบไปด้วยวงจรในส่วนของภาคส่งและวงจรภาครับ ออกแบบการพันของขดลวดในหลายลักษณะ ทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานจากขดลวดพร้อมกับบันทึกผลเบื้องต้นได้แก่ ทดสอบความถี่ของขดลวด ทดสอบขนาดและจำนวนรอบการพันขดลวดที่มีผลกับระยะความสว่างของไดโอดเปล่งแสงที่สัมพันธ์กับระยะห่างของขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิ การเคลื่อนตัวของขดลวดภาคส่งออกจากขดลวดภาครับ และทดสอบการถ่ายโอนกำลังงานให้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ พบว่าวงจรที่ออกแบบในโต๊ะทำงานนั้น สามารถถ่ายโอนกำลังงานไร้สายให้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้ 1 อุปกรณ์ ตามเงื่อนไขที่กำหนด

สำหรับภาคการศึกษาที่ 2 ผู้จัดทำได้ทำการพัฒนาระบบการส่งกำลังงานไร้สาย โดยรวม วิเคราะห์ ปรับปรุง และแก้ไขข้อผิดพลาดของวงจรเหนี่ยวนำกำลังงาน ทดสอบการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมด วิเคราะห์และทดสอบการส่งผ่านกำลังงานเมื่อติดตั้งอุปกรณ์ด้านรับและด้านส่ง ออกแบบบรรจุภัณฑ์ของระบบส่งกำลังงานไร้สายที่ติดตั้งร่วมกับโต๊ะทำงานที่ได้จัดเตรียมไว้ แสดงดังรูปที่ 5.1 ซึ่งประกอบไปด้วย วงจรจ่ายกระแสไฟฟ้า วงจรภาคส่ง 2 วงจร ขดลวดปฐมภูมิจำนวน 2 ขด ขดลวดทุติยภูมิจำนวน 3 ขด และได้กำหนดบริเวณการถ่ายโอนกำลังงานเป็น 2 จุด คือบริเวณการถ่ายโอนกำลังงานที่จุด A ขดลวดปฐมภูมิ เบอร์ 24 SWG จำนวน 6 รอบ หน้าตัดขนาด 12 เซนติเมตร ใช้งานร่วมกับขดลวดทุติยภูมิสองขด คือ ขดลวดเบอร์ 24 SWG จำนวน 60 รอบ หน้าตัด 6 เซนติเมตร และ 7 เซนติเมตร ถ่ายโอนให้กับโคมไฟ และไฟ LED เส้นตามลำดับ และบริเวณการถ่ายโอนกำลังงานที่จุด B ขดลวดปฐมภูมิ เบอร์ 15 SWG จำนวน 6 รอบ หน้าตัดขนาด 17 เซนติเมตร ใช้งานร่วมกับขดลวดทุติยภูมิเบอร์ 15 SWG จำนวน 12 รอบ หน้าตัด

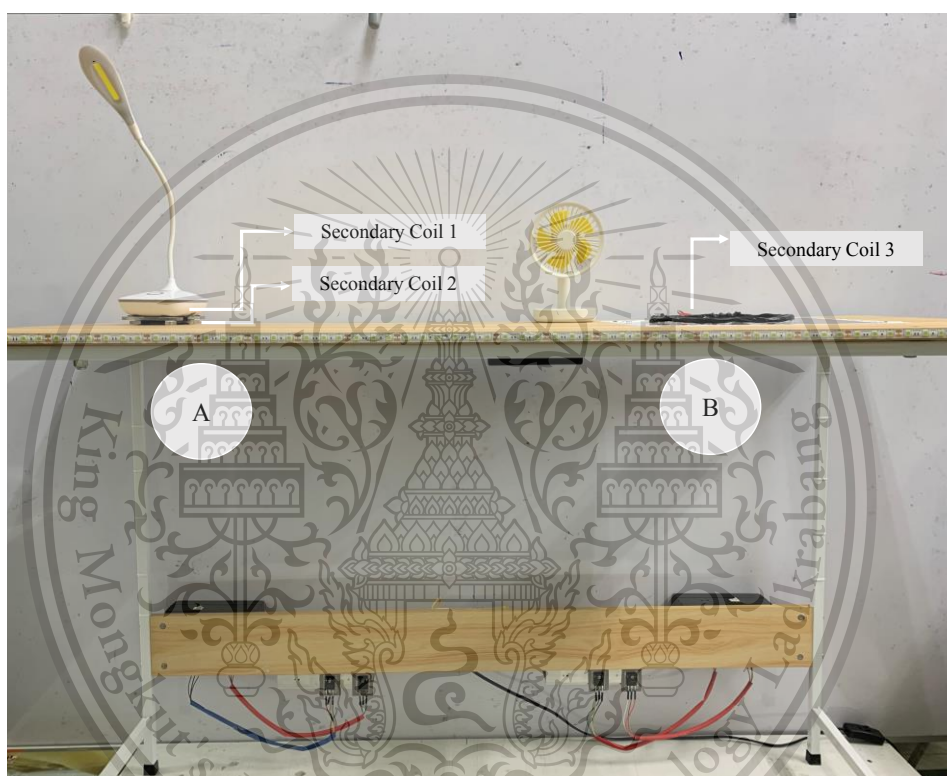
เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ขนาดเท่ากันถ่ายโอนให้กับพัดลมตั้งโต๊ะ จากการทดสอบพบว่าโต๊ะทำงานนั้น สามารถถ่ายโอนกำลังงานไร้สายให้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้ทั้งหมด โดยมีค่าความถี่ที่ใกล้เคียงกับค่าความถี่มาตรฐาน Qi ที่ 100 กิโลเฮิร์ตซ์ และนำมาคิดค่าความคลาดเคลื่อนของบริเวณการถ่ายโอนกำลังงานที่จุด A และบริเวณการถ่ายโอนกำลังงานที่จุด B คือ 17.70 เปอร์เซ็นต์ และ 15.54 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

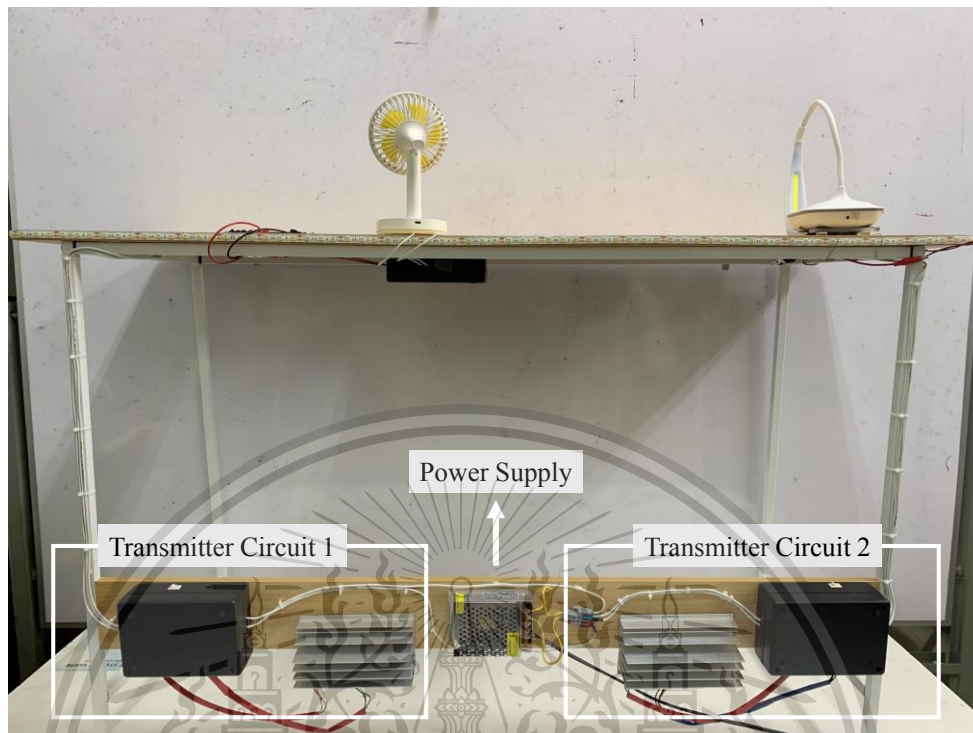


รูปที่ 5.1 โต๊ะทำงานมหัศจรรย์กำลังงานไร้สายด้านหน้า

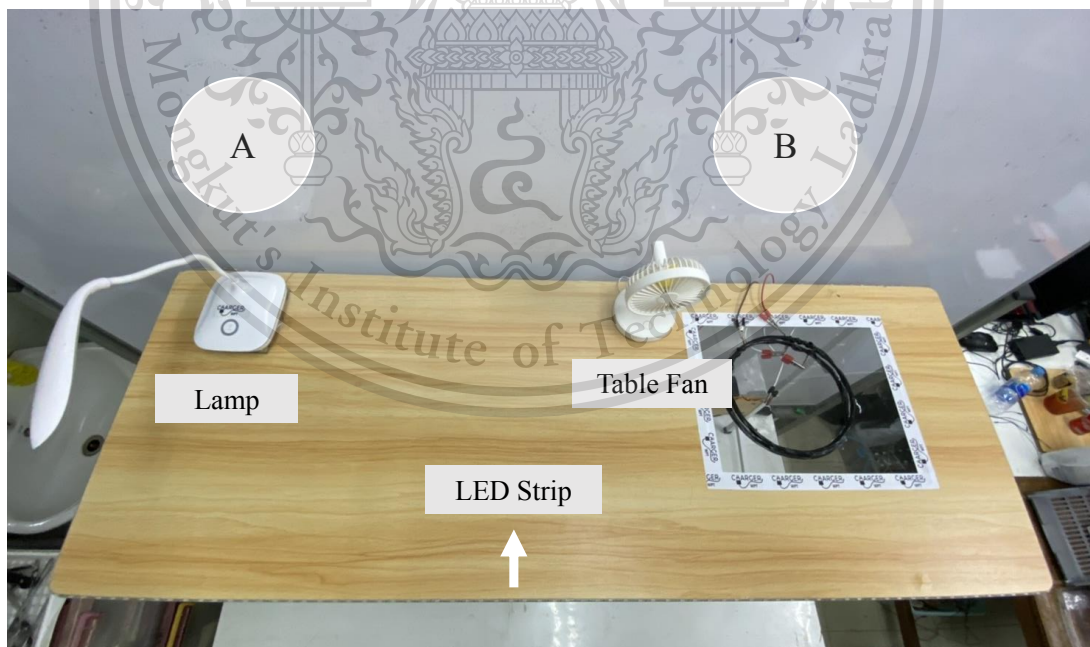
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 5.2 โต๊ะทำงานมหัศจรรย์กำลังงานไร้สายด้านหลัง

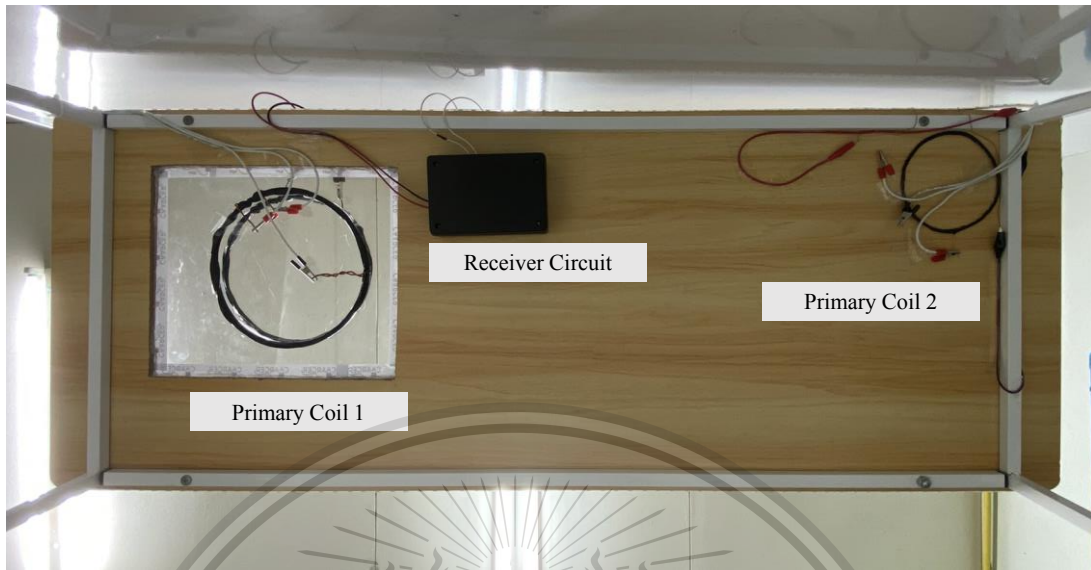


รูปที่ 5.3 โต๊ะทำงานมหัศจรรย์กำลังงานไร้สายด้านบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 5.3 โต้ะทำงานมหัศจรรย์กำลังงานไร้สายด้านล่าง

5.2 ข้อเสนอแนะ

โต้ะทำงานยังมีข้อจำกัดในเรื่องของบริเวณของการถ่ายโอนกำลังงาน เนื่องจากมีบริเวณการใช้งานอย่างจำกัด ส่งผลให้ไม่สามารถเคลื่อนย้ายอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้อย่างอิสระบนโต้ะทำงาน ซึ่งจะสามารถใช้งานได้แค่บริเวณที่ทางผู้จัดทำได้ทำการกำหนดจุดบริเวณการถ่ายโอนไว้เท่านั้น และมีข้อจำกัดเรื่องระยะห่างระหว่างขดลวดปฐมภูมิและทุติภูมิที่ไม่สามารถถ่ายโอนกำลังงานเกินระยะห่างของโต้ะ และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จะสามารถใช้งานได้เพียงแค่ว่ากับโต้ะทำงานที่ผู้จัดทำได้จัดเตรียมไว้เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บรรณานุกรม

- [1] Warot Ohm Songroeg “Wireless Power”
<http://msmisthammasat.blogspot.com/2011/02/wireless-power.html>
- [2] Edgefxkits.com “Wireless Power Transfer”
<https://www.edgefxkits.com/blog/wireless-power-transfer>
- [3] TDK. “Various wireless power transfer technologies”
<https://product.tdk.com/info/en/techlibrary/developing/wireless/index>
- [4] Digi-Key's North American Editors “Inductive Versus Resonant Wireless Charging: A Truce May Be a Designer’s Best Choice” <https://www.digikey.com/en/articles/inductive-versus-resonant-wireless-charging>
- [5] Electronics-notes.com “A4WP Wireless Charging” <https://www.electronics-notes.com/articles/equipment-items-gadgets/wireless-battery-charging/a4wp-wireless-charging.php>
- [6] Landa Culbertson, Mouser Electronics “The Direction of Wireless Charging Tech – nology” <https://www.mouser.com/applications/wireless-charging-direction/>
- [7] มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี “การเหนี่ยวนำไฟฟ้าและวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ”
<http://science.sut.ac.th/physics/Doc/105102/phys2-5.pdf>
- [8] Fifalaeamaehelk “กระแสไฟฟ้าทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก.”
<https://sites.google.com/site/fifalaeamaehelk2/15-2-krasae>
- [9]. Electronics-notes.com. “Bridge Rectifier Circuit.”
https://www.electronics-notes.com/articles/analogue_circuits/diode-rectifiers/full-wave-bridge-rectifier.php
- [10] Electrical4U. “Diode: Definition, Symbol, and Types of Diodes”
<https://www.electrical4u.com/diode-working-principle-and-types-of-diode/>
- [11] Jojo. “Filter Circuits.” <https://www.circuitstoday.com/filter-circuits>

[12] NaNo Tutor. “ไดโอดและวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น” <https://www.youtube.com/>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ขึ้นด้านการค้า
ไดโอดและวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- [13] Codetobuy. “Single Phase Half Bridge and Full Bridge Inverter using MATLAB.”
<https://codetobuy.com/single-phase-half-bridge-and-full-bridge-inverter-using-matlab/>
- [14] วรากร เกษมสุวรรณ. “คุณลักษณะมอสเฟตและวงจรไบอัส.”
<http://pws.npru.ac.th/thawatchait>
- [15] Fairchild Semiconductor Corporation. “Fairchild Semiconductor CD4047BCM datasheet. ” <https://www.digchip.com/datasheets/parts/datasheet/161/CD4047BCM-pdf.php>
- [16] Retroamplis. “CD4047BCM.” https://www.retroamplis.com/epages/62070367.sf/en_GB/?ObjectPath=/Shops/62070367/Products/IC-CD4047BCM-SMD
- [17] The Engineering Mindset. “How does a Transformer work”.
<https://theengineeringmindset.com/how-transformers-work>.
- [18] Sabrina Mendez “Welding Wire Precision Layer Winding Machine”
<https://weldingmachinesbestbuy.blogspot.com/>
- [19] Mouser “Single layer spiral coil Type A, B”
https://th.mouser.com/pdfDocs/Wurth201305291712555_WE_WPCC_RF_Wireless_2013pdf
- [20] Commandronestore. “Resistor & LED”.
<https://commandronestore.com/learning/resistor001.php>
- [21] CO Technology store-9. “แผ่นทองแดง.” <https://www.joom.com/th/products>
- [22] PSP TECH CO. “ตัวต้านทานคืออะไร.” <http://www.psptech.co.th>
- [23] สมศักดิ์ เสนาใหญ่. “ตัวเก็บประจุ (Capacitor).”
<https://www.scimath.org/lesson-\physics/item/7205-capacitor>
- [24] PSP TECH. “ไดโอด (Diode) คืออะไร.” <http://www.psptech.co.thA3-15184.page>
- [25] Commandronestore. “1N4007 Diode.”
<https://commandronestore.com/products/bv003.php>
- [26] pws.npru. “คุณลักษณะมอสเฟต และวงจรไบอัส.”
<http://pws.npru.ac.th/thawatchait/data/files/>
- [27] Alibaba.com. “IRF540NPBF.” <https://thai.alibaba.com/product-detail>
- [28] Arduitrionics. “3mm Yellow LED.”
<https://www.arduitronics.com/product/2509/3mm-yellow-led-1->

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- [29] Retroamplis. “CD4047BCM.” <https://www.retroamplis.com/epages/62070367.sf>
- [30] ELWE(Thailand) “วงจรควบคุมแรงดัน” <http://www.g-tech.ac.th/vdo/ELECTRICdoc.pdf>
- [31] Workincenter. “7812 Regulator IC.”
<http://www.workin.in.th/product/7812-regulator-ic>
- [32] LIGMAN “ไฟเส้น LED คืออะไร.” <https://www.ligman.com/th/what-is-led-strip/>
- [33] Iteezone “ไฟเส้น” <http://www.iteezone.com/article/17/>
- [34] Advice “FAN CASE '12cm' (Black) Red LED 'CoolerMaster.’”
<http://thesystem.co.th/products/preview.php?code=A0044331>
- [35] Lazada “YASE -YS2209A.” <https://www.lazada.co.th/products/2020-yase-ys2209a-3-i1300528844.html>
- [36] Jd central “Komonoya โคมไฟตั้งโต๊ะ.” <https://www.jd.co.th/product/14165055.html>
- [37] Shopee “อุปกรณ์ระบายความร้อน.” <https://shopee.co.th/ฮีทซิงค์ระบายความร้อนอลูมิเนียมสีเงิน 40x40 X 20 มม. พัดลมระบายความร้อน>
- [38] Factomart “Switching Power Supply คืออะไร.”
<https://mall.factomart.com/what-is-a-switching-power-supply/>
- [39] Abshop “Switching Power Supply 12V 5A.”
<https://www.abshop.in.th/product/switching-power-supply-12v-5a-60-12/>
- [40] Wikipedia “ขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า” <https://th.wikipedia.org/wiki/ขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า>
- [41] Sea.banggood. “Spool ทองแดง.” https://sea.banggood.com/Spool-Copper-Wire-0_5mmx90m-Enameled-Copper-Coil-Magnet-Wire-p-1163541.html?cur_warehouse=CN
- [42] แหล่งจ่ายไฟดีซี (DC Power Supply) “แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง.”
<http://www.technotestsystem.com/14952231>
- [43] ValuetronicsTPS4000 “Topward 180 W 30 V 3 A DC Power Supply.”
<https://www.valuetronics.com/product/tps4000-topward-dc-power-supply-used>
- [44] Lazada “โต๊ะทำงานไม้.” <https://www.lazada.co.th/products/3-hakone-120x55x75-cm-150-kg-mdf-15-mm-computer-table-mdf-wooden-office-table-120cm-homehuk>
- [45] น.ส.อินทอร วรษาเวียง “บทที่ 1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับ โปรแกรม Proteus 8 professional.”
<https://sites.google.com/site/intuonwsw/khea-su-th-reiyn/>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามแก้ไขตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

[46] I-loadzone “Altium Designer 19.0.10 Full (64Bit) โปรแกรมออกแบบ PCB ฟรี.”

<https://i-loadzone.com/altium-designer-19-0-10-full/>

[47] Altium Designer “Altium Designer PCB.”

<https://www.altium.com/altium-designer/jp>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



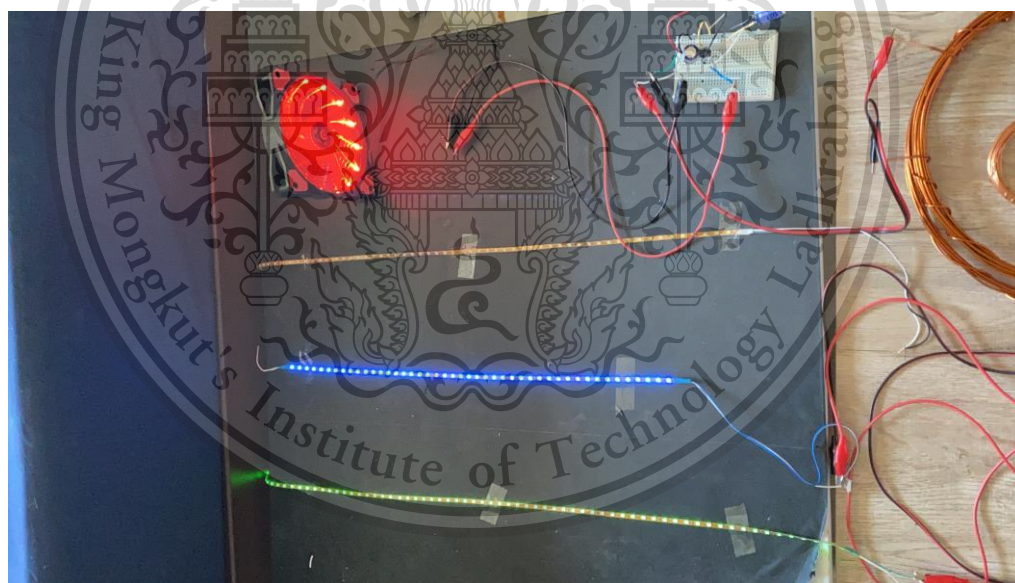
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 1 การทดสอบการถ่ายโอนขดลวดปฐมภูมิหนึ่งขดร่วมกับขดลวดทุติยภูมิหลายขดการพันขดลวดแบบชั้นเดียว

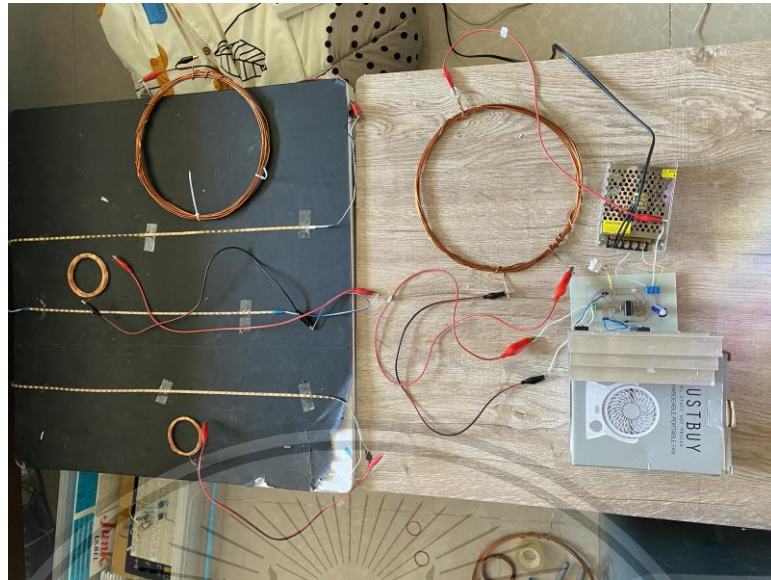


รูปที่ 2 สถานะของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขณะทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

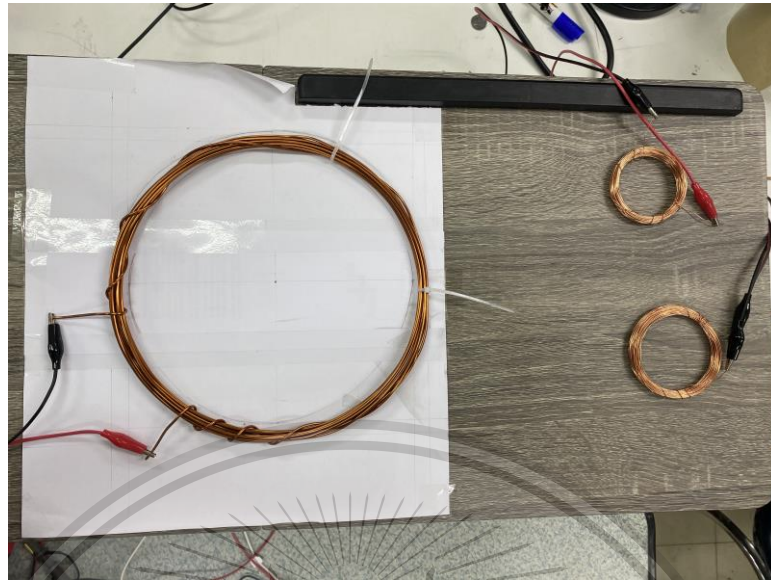


รูปที่ 4 การทดสอบการถ่ายโอนขดลวดปฐมภูมิหลายขดร่วมกับขดลวดทุติยภูมิหลายขดการพันขดลวดแบบชั้นเดียวในกรณีตัวกลางเป็นอากาศ

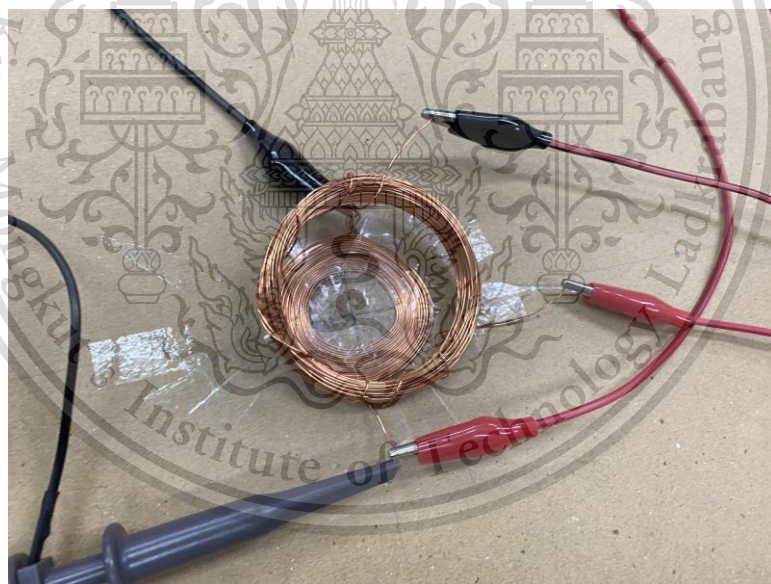
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 5 การทดสอบการถ่ายไอออนขดลวดปฐมภูมิหลายขดร่วมกับขดลวดทุติยภูมิหลายขดการพันขดลวดแบบชั้นเดียวในกรณีตัวกลางเป็นโต๊ะ



รูปที่ 6 การทดสอบการถ่ายไอออนการพันขดลวดแบบเกลียวแบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.