สำนักหอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

T042622

ปีการศึกษา 2543

# เครื่องพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์

# TOROIDAL WINDING MACHINE

โดย

นาย ภูวรุณ กาญจนพบู

นาย ยรรยง ยามาซากิ

นาย ศุภฤกษ์ พรล้ำฟ้า

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ ประภาษ ไพรสุวรรณา

อาจารย์ สุรินทร์ คำฝอย

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 42622
วัน, เดือน, ปี 4 มิ.ย. 2545

.b.....
.i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2543

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์

Toroidal Winding Machine


ผู้จัดทำ

1. นาย ภูวรุณ กาญจนพบู รหัสประจำตัว 40010572
2. นาย ยรรยง ยามาซากิ รหัสประจำตัว 40010612
3. นาย ศุภฤกษ์ พรล้ำฟ้า รหัสประจำตัว 40010795


_____ อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ประภาษ ไพรสุวรรณา)

_____ อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ สุรินทร์ คำฝอย)


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# เครื่องพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์

นาย ภูวรุณ กาญจนพบู 40010572
นาย ยรรยง ยามาซากิ 40010612
นาย ศุภฤกษ์ พรล้ำฟ้า 40010795
อาจารย์ ประภาษ ไพรสุวรรณา
อาจารย์ สุรินทร์ คำฝอย
อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2543

## บทคัดย่อ

ในปัจจุบันหม้อแปลงและอินดักชั่นชนิดที่ทำจากแกนเทอร์รอยด์นั้น เป็นที่รู้จักและนิยมใช้มากขึ้น เนื่องจากมีข้อดีอยู่หลายประการด้วย ทั้งในแง่ของประสิทธิภาพการทำงานที่ดีขึ้น ทั้งในแง่ของความสามารถที่มากขึ้น ทำให้ได้รับการนำไปใช้อย่างกว้างขวาง แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นการพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์กลับยังมีความยุ่งยาก และใช้เวลามากเพราะฉะนั้นหากมีเครื่องมือที่สามารถช่วยในการพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์ได้ ก็จะลดปัญหาต่างๆไปได้ไม่น้อย

อย่างไรก็ตาม เครื่องพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์นั้น ยังมิได้มีการผลิตขึ้นใช้เองในเมืองไทย และเครื่องพันเทอร์รอยด์ที่นำเข้ามาจากต่างประเทศก็มีราคาสูงมาก เราจึงได้มีความคิดที่จะสร้างเครื่องพันขดลวดแกนเทอรอยด์ขึ้น เพื่อเป็นการประหยัดงบประมาณและเวลาของผู้ใช้ และความถูกต้องแน่นอนของชิ้นงาน

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเสนอแนวทางในการทดลองสร้างเครื่องพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์อย่างง่ายๆ โดยการจำลองแบบจากการนำวิธีพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์ด้วยมือ มาดัดแปลงเพื่อออกแบบกลไกการพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์ที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อนจนเกินไป เพื่อนำมาสร้างเครื่องพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์ รวมไปถึงวิธีการพัฒนาเครื่องพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์ ให้มีประสิทธิภาพและอำนวยความสะดวกมากยิ่งขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Toroidal Winding Machine

Pavaroon Kanjanapaboo
Yunyong Yamazaki
Suppalerk Pornlumfar
Prapat Paisuwanna Advisor
Surin Kumfoy Co-Advisor

## ABSTRACT

Nowadays,tranformer and induction which made of toroid core is well known a more favorable. Because it has good quality and more ability of working. So,it's used influential but toroid winding is still become completed and take a long time.For this reason,if we have some equipment that can use for toroid winding so a lot of problem can be decrease.

However in Thailand,we still can not produce toroidal winding machines and toroidal winding machines that import from aborad so expensive. So, we have an idea to create toroidal winding machine for increase the budget,time,finally to make sure for product.

This thesis offer the experiment tendency which toroidal winding machines it simple created. By this produce from hand winding ,and adapt for create toroidal winding machine that is not comprecated.And finally in the future maybe we can develop the quality have comfortable.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| | หน้าที่ |
|---|---|
| บทคัดย่อภาษาไทย | I |
| ABSTRACT | II |
| สารบัญรูป | VI |
| สารบัญตาราง | VII |
| บทที่ 1 (บทนำ) | 1 |
| 1.1 ความสำคัญและที่มา | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย | 2 |
| 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย | 2 |
| 1.4 วิธีการดำเนินงาน | 2 |
| บทที่ 2 (ทฤษฎีและหลักการ) | 4 |
| 2.1 หลักการพันเทอร์รอยด์ | 4 |
| บทที่ 3 (การคำนวนและการสร้าง) | 5 |
| 3.1 กลไกที่ใช้พันเทอร์รอย | 5 |
| 3.1.1 การออกแบบกลไกการพัน | 5 |
| 3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างกลไกการพัน | 5 |
| 3.1.3 การประกอบกลไกการพัน | 5 |
| 3.2 ส่วนยึดจับกลไกการพันแทอร์รอยด์ | 6 |
| 3.2.1 การออกแบบส่วนยึดจับกลไกการพัน | 6 |
| 3.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างส่วนยึดจับกลไกการพัน | 8 |
| 3.2.3 การประกอบส่วนยึดจับกลไกการพัน | 8 |
| 3.3 ส่วนยึดจับเทอร์รอยด์ | 9 |
| 3.3.1 การออกแบบส่วนยึดจับเทอร์รอยด์ | 9 |
| 3.3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างส่วนยึดจับเทอร์รอยด์ | 11 |
| 3.3.3 การประกอบส่วนยึดจับเทอร์รอยด์ | 11 |
| 3.4 ส่วนยึดจับเทอร์รอยด์แก้ไข | 12 |
| 3.4.1 การออกแบบส่วนยึดจับเทอร์รอยด์แก้ไข | 12 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่

3.4.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างส่วนยึดจับเทอร์รอยด์แก้ไข 12
3.4.3 การประกอบส่วนยึดจับเทอร์รอยด์แก้ไข 13
3.5 วงจรที่ใช้ขับเคลื่อนเครื่องพันเทอร์รอย 14
3.5.1 การออกแบบวงจรจ่ายกำลังไฟฟ้า 14
3.5.2 การคำนวนหรือเลือกค่าต่างๆของอุปกรณ์ในวงจร 15
บทที่ 4 (การทดลองและผลการทดลอง) 17
4.1 การทดลองโดยการสร้างแบบจำลองการพัน 17
4.1.1สร้างแบบจำลองการพันขดลวดเข้ากับแกนเทอร์รอยด์ 17
4.1.2 รายละเอียดของแบบจำลอง 17
4.1.3 ขั้นตอนการทดลอง 18
4.1.4 ผลการทดลอง 18
4.1.5 แนวทางแก้ไข 19
4.2 การทดลองเปรียบเทียบระหว่างการพันด้วยมือและเครื่องพัน 19
4.2.1 ขั้นตอนและเงื่อนไขการทดลอง 19
4.2.2 ผลการทดลอง 21
4.2.3 สรุปผลการทดลอง 22
4.3 การทดลองพันด้วยเครื่องที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า 22
4.3.1 ขั้นตอนและเงื่อนไขการทดลอง 22
4.3.2 ผลการทดลอง 24
4.3.3 สรุปผลการทดลอง 24
บทที่ 5 (สรุปและวิจารณ์โครงงาน) 25
5.1 สรุปโครงงาน 25
5.2 บทวิจารณ์ 25
5.3 แนวทางพัฒนา 26
5.3.1 การพัฒนาเพื่อให้รับกับการพันแกนเทอร์รอยด์หลายขนาด 26
5.3.2 การพัฒนาเพื่อให้สามารถพันขดลวดได้หลายๆขนาด 27
5.3.3 การพัฒนาระบบควบคุมเพื่อความง่ายของการพัน 27
5.3.4 การพัฒนาระบบแขวนแกนเทอร์รอยด์ 27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่

5.3.5 การพัฒนาระบบการหมุนของเทอร์รอยด์ให้สัมพันธ์กับการพัน 27
ภาคผนวก 29
กิตติกรรมประกาศ 43
เอกสารอ้างอิง 44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่1.1 ตัวอย่างเครื่องพันเทอร์รอยด์ 2
รูปที่ 3.1 รูปกลไกการพัน 6
รูปที่ 3.2 แบบส่วนยึดจับกลไกแผ่นที่หนึ่ง 7
รูปที่ 3.3 แบบส่วนยึดจับกลไกแผ่นที่สอง 8
รูปที่ 3.4 ส่วนยึดจับกลไกการพันเมื่อเสร็จ 9
รูปที่ 3.5 แบบฐานส่วนยึดจับเทอร์รอยด์ 10
รูปที่ 3.6 ส่วนยึดเทอร์รอยด์ 12
รูปที่ 3.7 แบบฐานส่วนยึดจับเทอร์รอยด์แก้ไข 13
รูปที่ 3.8 ส่วนยึดจับเทอร์รอยด์แก้ไข 14
รูปที่ 3.6 วงจรจ่ายกำลังไฟฟ้า 14
รูปที่ 4.1 แบบจำลองการพัน 18
รูปที่ 4.2 การทดลองพันด้วยเครื่องพันที่ขับเคลื่อนด้วยมือ 20
รูปที่ 4.3 แกนเทอร์รอยด์จากการทดลองพันด้วยมือ 20
รูปที่ 4.4 การทดลองพันด้วยเครื่องที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าในขณะทำการเก็บลวด 23
รูปที่ 4.5 การทดลองพันด้วยเครื่องที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าในขณะทำการพัน 23
รูปที่ 5.1 เครื่องพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์เมื่อเสร็จ 25
รูปที่ 6.1 เครื่องพันรุ่น rwy 29
รูปที่ 6.2 เครื่องพันรุ่น rwl 30
รูปที่ 6.3 เครื่องพันรุ่น rwl-e 31
รูปที่ 6.4 เครื่องพันรุ่น Rwe-mini 32
รูปที่ 6.5 เครื่องพันรุ่น rwe-pc 32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

หน้าที่

ตารางที่4.1 ผลการทดลองเปรียบเทียบการพันด้วยมือและ
การพันด้วยเครื่องพันที่ขับเคลื่อนด้วยมือ จำนวน 20 รอบ 21

ตารางที่4.2 ผลการทดลองเปรียบเทียบการพันด้วยมือและ
การพันด้วยเครื่องพันที่ขับเคลื่อนด้วยมือ จำนวน 40 รอบ 21

ตารางที่4.3 ผลการทดลองเปรียบเทียบการพันด้วยมือและ
การพันด้วยเครื่องพันที่ขับเคลื่อนด้วยมือ จำนวน 60 รอบ 21

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองพันด้วยเครื่องที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันการพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์ในประเทศไทยนั้นยังไม่เป็นที่นิยมมากนัก ทั้งนี้ทั้งนั้นอาจจะเป็นเพราะสาเหตุมาจากความยุ่งยากในการพัน และการว่าจ้างในการพันเสียค่าใช้จ่ายมาก ทั้งๆที่เทอร์รอยด์นั้นมีขอดีหลายประการณ์ เช่น ประสิทธิภาพที่ดีกว่า ความเป็นเชิงเส้นของค่าอินดักแตนซ์ที่ดี ลดปัญหาทางด้านความร้อนและการสั่นสะเทือนได้ และที่สำคัญคือลดปัญหาการรบกวนจากเส้นแรงแม่เหล็กรั่วไหลจากแกนเหล็กได้เป็นอย่างดี ซึ่งเป็นที่นิยมใช้ในอุปกรณ์ที่ต้องการความเสถียรภาพสูง เช่น อุปกรณ์อิเล็คทรอนิค คอมพิวเตอร์ ส่วนประกอบในรถยนต์ แต่สำหรับต่างประเทศเช่นไต้หวัน อเมริกา และประเทศแถบยุโรบ ได้มีการพัฒนาทางด้านการพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์นับว่าได้ก้าวหน้าไปมาก โดย ได้มีการผลิต คิดค้น ที่จะสร้างเครื่องจักรเพื่อช่วยในการพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์ขึ้นมา หลายรุ่น หลาบขนาด หลายระดับราคา มีทั้งแบบที่ใช้แรงงานคนในการพัน และแบบที่ใช้ระบบอัตโนมัต สามารถกำหนดและแสดงข้อมูลผ่านหน้าจอได้ บางรุ่นใช้งานได้ง่ายมาก เพียงแค่ กำหนดพิกัดที่ต้องการ ขนาดของขดลวด และขนาดของแกนเทอร์รอยด์เข้าไป เครื่องก็จะทำการคำนวนและพันออกมา อย่างแม่นยำ โดยที่ผู้ใช้ไม่ต้องทำการคำนวนอะไรเลย แต่ก็จะมีราคาที่สูงขึ้นตามไปด้วย

แต่ในประเทศไทยนั้นยังไม่มีการผลิดคิดค้นเครื่องพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์ขึ้นใช้เอง เครื่องพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์ที่มีในท้องตลาดก็เป็นการนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งเป็นสาเหตุของค่าใช้จ่ายในการพันที่สูง อันเป็นที่มาของการศึกษาวิจัยโอกาสอันเป็นไปได้ที่จะสร้างเครื่องพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์ขึ้นมาเป็นต้นแบบ เพื่อให้นักศึกษารุ่นต่อๆไปได้ทำการพัฒนา จนเป็นเครื่องพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์ที่สามารถนำไปใช้งานได้อย่างสะดวกต่อไป

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

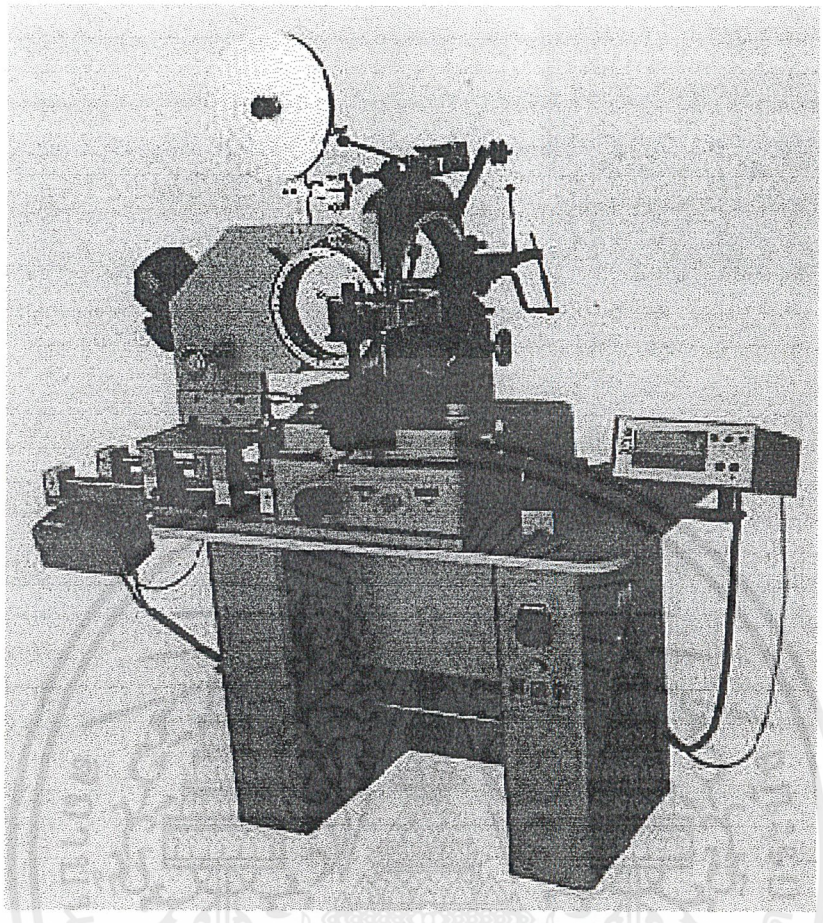
1.2.1 ศึกษาความเป็นไปได้ที่จะสร้างเครื่องพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์

1.2.2 ศึกษารูปแบบการพันขดลวดที่เป็นไปได้ และหลักการพันขดลวดเพื่อนำมาออกแบบเครื่องพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์

1.2.3 เพื่อการสร้างเครื่องพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์อย่างง่ายขึ้นมาเป็นต้นแบบ

1.2.4 เพื่อการนำเสนอแนวทาง การพัฒนาโครงสร้าง และการใช้งานเครื่องพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



*รูปที่ 1.1 ตัวอย่าง เครื่องพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์*

**1.3 ขอบเขตของการวิจัย**

งานวิจัยนี้จะศึกษาเพื่อออกแบบและสร้างเครื่องพันขดลวดแกนเทอร์รอยอย่างง่าย และจะพยายามใช้อุปกรณ์ที่หาง่ายเพื่อให้ต้นทุนในการสร้างต่ำที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ โดยจะไม่สนพิกัดที่พันได้ และการทำงานเสริม เช่น การคำนวนรอบ การป้อนข้อมูลเพื่อการทำการพันโดยอัตโนมัติ

**1.4 วิธีการดำเนินงาน**

งานวิจัยนี้จะเริ่มต้นโดยการศึกษาข้อมูลการพันขดลวดลงในแกนเทอร์รอยด์ และกลไกที่มีความน่าจะเป็นที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการผลิตเครื่องพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์ ทั้งทางด้านกลศาสตร์ และทางไฟฟ้า และศึกษาระบบการขับเคลื่อนกลไกที่จะใช้ในการพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์ ซึ่งรายละเอียดจะอยู่ในบทที่ 2 จากนั้นก็เอาความรู้ที่ได้ศึกษาทั้งหมดมาออกแบบกลไกของระบบ โดยการเขียนแบบจำลองขึ้นแล้วพิจารณาความน่าจะเป็นที่จะสร้างกลไกการพันขดลวดแกน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทอร์รอยด์ แล้วจึงนำแบบที่ได้ไตร่ตรองแล้วนั้น มาสร้างแบบจำลองการพันขึ้นเพื่อทดสอบ การพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์ เพื่อที่จะศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นหรืออาจจะเกิดขึ้น ในการพันขดลวดจริง

เมื่อได้รูปแบบการทำงานที่ค่อนข้างเหมาะสมแล้ว จึงนำมาสร้างเครื่องพันเทอร์รอยด์ที่จะใช้จริง โดยเริ่มต้นจากการสร้างเครื่องพันเทอร์รอยด์ที่สามารถขับเคลื่อนได้ด้วยแรงคน เพื่อที่จะทดสอบขั้นสุดท้ายก่อนซึ่งอาจจะพบปัญหาบางประการได้ จะได้ทำการแก้ไขได้ทันท่วงที ก่อนที่จะใช้ไฟฟ้าในการขับเคลื่อน จากนั้นจึงออกแบบระบบการขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าและทดสอบวงจร รายละเอียดของการทดลองและผลการทดลองทั้งหมดจะอยู่ใน บทที่ 4 จากนั้นจึงนำกลไกการพันขดลวดมาต่อเข้ากับระบบที่จะใช้ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า แล้วจึงทดสอบการพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์เพื่อสรุปและวิจารณ์ผลการทำงานของเครื่องพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์ที่ได้สร้างขึ้นมา และเสนอแนะแนวทางการพัฒนาเครื่องพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์ ในบทที่5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# ทฤษฎี และ หลักการ

โครงงานชิ้นนี้ แทบที่จะไม่ได้กล่าวอ้างถึงทฤษฎีใดๆเลย เป็นเพียงการคิดแล้วทดลองสร้าง แล้วหาข้อบกพร่องเพื่อที่จะแก้ไขต่อไป เหมือนกับการทดลองหนึ่งๆมากกว่า ดังนั้นทฤษฎีจึงมีเพียงแค่หลักการพันเทอร์รอยด์ง่ายๆ โดยทั่วไปเท่านั้น

## 2.1 หลักการพันเทอร์รอยด์

หลักการพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์โดยทั่วไปนั้น ผู้ทำการพันจะต้องทราบถึงข้อมูลของงานที่จะพัน เช่น พิกัดที่ต้องการ ขนาดของแกนเทอร์รอยด์ ชนิดของแกนเทอร์รอยด์ ขนาดของลวดที่จะใช้พัน ซึ่งจะต้องนำมาคำนวนเพื่อให้ทราบถึงจำนวนรอบที่จะต้องพัน รวมถึงความยาวของลวดที่ต้องใช้[1] ซึ่งหลักการคำนวนนั้นจะแสดงไว้ในภาคผนวก เมื่อทราบข้อมูลดังกล่าวแล้ว จึงทำการตัดลวดให้มีความยาวพอที่จะพันได้ มายึดปลายเข้ากับแกนเทอร์รอยด์ แล้วทำการพันด้วยมือโดยสอดลวดเข้าแล้วพันไปเรื่อยๆ จนได้จำนวนรอบที่ต้องการ ซึ่งถ้าต้องการจำนวนรอบที่มาก ก็จะต้องใช้ลวดที่มีความยาวมากเช่นกัน ทำให้เกิดความยุ่งยากในการพันขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3
# การคำนวนและการสร้าง

## 3.1 กลไกที่ใช้พันเทอร์รอย

### 3.1.1 การออกแบบกลไกการพัน

กลไกการพันเทอร์รอยด์นั้นจำเป็นที่จะต้องสร้างแบบวงแหวนเปิดได้ เราะตัวแกนเทอร์รอยด์มีลักษณะ เป็นวงแหวนปิด ไม่สามารถที่จะเปิดเพื่อนำขดลวดเข้าไปพันได้โดยตรง และกลไกการพันนั้นเท่าที่ศึกษาได้ศึกษานั้น จะออกแบบเพื่อให้เก็บขดลวดไว้ในวงแหวนได้ด้วย เพื่อความสะดวกในการพัน ซึ่งลักษณะของวงแหวนก็จะต้องเป็นวงแหวนเปิดซ้อนกัน 2 วง ที่อิสระต่อกันเพื่อสามารถที่จะปล่อยขดลวดออกมาเพื่อที่จะใช้พันได้อีกด้วย และจะต้องมี ช่องทางปล่อยลวดออกมาใช้พันได้อีก

เพราะฉะนั้น จึงออกแบบให้มี แผ่นวงแหวนขนาดใหญ่ 2 วง และวงแหวนเล็กอีก 1 โดยที่วงแหวนใหญ่ทั้ง 2 วงจะต้องเจาะรูเล็กๆ 6 รู เพื่อเชื่อมวงแหวนทั้ง 2 วงต่อกันด้วยแท่งเหล็กเล็กๆ จำนวน 6 แท่งเพื่อจะสามารถใส่ลูกล้อเข้าไปเพื่อให้วงแหวนเล็กสามารถเคลื่อนที่ได้บนวงแหวนใหญ่ทั้ง 2 วง และต้องทำการตัดวงแหวนทั้งหมดออก เพื่อที่จะสามารถเปิดรับแกนเทอร์รอยที่จะใช้พันได้ด้วย

### 3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างกลไกการพัน

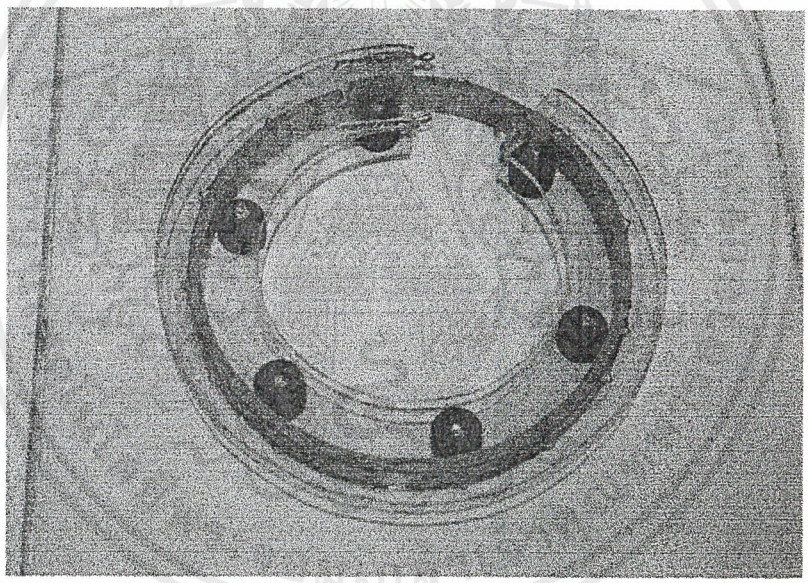
1. แผนพลาสติกใสหนา 3 มม.
2. ท่อ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.5 นิ้ว
3. ลูกล้อยาง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.3 ซม. 6 ลูก
4. แท่งเหล็กขนาด

### 3.1.3 การประกอบกลไกการพัน

1. นำท่อ PVC มาตัดให้มีความกว้าง 1.2 ซม.แล้วนำท่อ PVC ที่ตัดได้เป็นรูปวงแหวน มาตัดให้ส่วนของวงกลมขาด เพื่อให้เป็วงแหวนที่เปิดได้ แล้วนำไปตกแต่งรอยตัดให้เรียบ
2. นำแผ่นพลาสติกมาตัดให้เป็นรูปวงแหวน ขนาดเส้นผ่านศูนย์วงใน 8 ซม. เส้นผ่านศูนย์วงนอก 13 ซม. ทำให้ได้วงแหวนที่มีความกว้าง 2.5 ซม.จำนวน 2 วง
3. นำวงแหวน 2 วงที่ได้ในข้อ 2 มาตัดออก เป็นส่วนของวงแหวนระยะ 30 องศา จากจุดศูนย์กลาง เพื่อเป็นทางเข้าออกของแกนเทอร์รอยด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. นำวงแหวนเปิดทั้ง 2 วงที่ได้จากข้อ 3 มาเจาะรูทั้งหมด 6 รู โดยมีระยะห่างจากจุดศูนย์ 4.5 ซม. เรียงกันอย่างสม่ำเสมอเพื่อยึดเข้าหากันด้วยแท่งเหล็ก
5. นำแท่งเหล็กมาตัดให้ได้ความยาว 1.8 ซม. จำนวน 6 แท่ง นำมาเสียบเข้ารูที่วงแหวนที่ได้เจาะรูไว้อันหนึ่ง
6. นำลูกล้อยางทั้ง 6 ลูกมาใส่ที่แท่งเหล็กเพื่อใช้ให้ความอิสระแก่วงแหวนวงใน
7. นำวงแหวนท่อ PVC ที่ได้ตัดไว้มาครอบเข้าที่ลูกล้อยางที่ยึดเข้ากับวงแหวนพลาสติก ซึ่งจะต้องใส่ได้พอดี
8. นำวงแหวนพลาสติกอันที่เหลือมาประกอบเข้ากับกลไกที่ได้ประกอบในข้อ 7 ให้พอดี
9. นำกลไกที่ได้จากข้อ 8 มาทากาวเพื่อความแข็งแรงของกลไก



*รูปที่ 3.1 รูปกลไกการพัน*

**3.2 ส่วนยึดจับกลไกการพันแทอร์รอยด์**

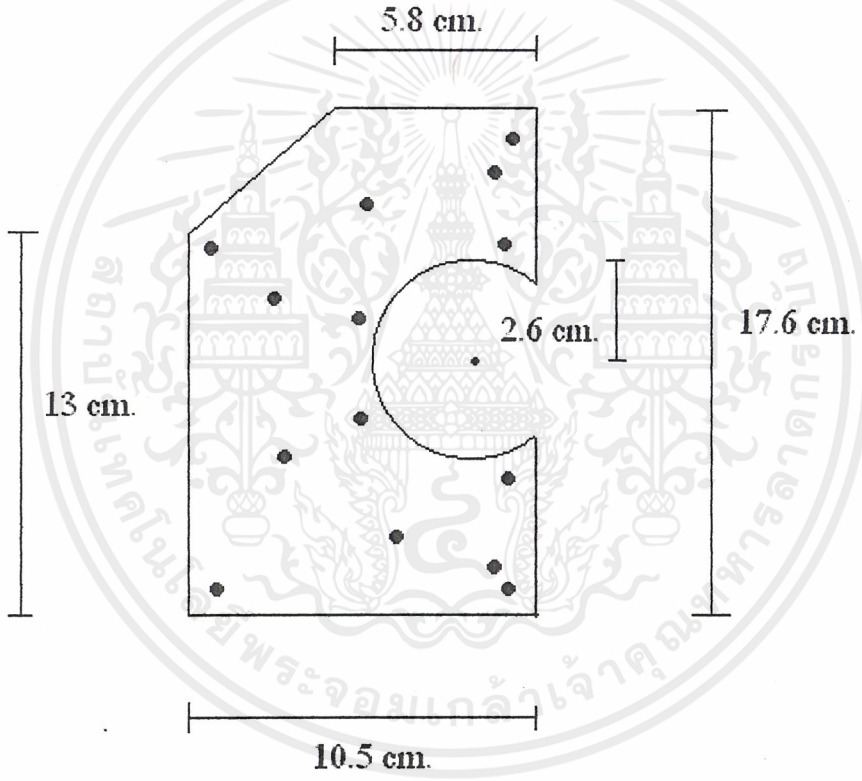
**3.2.1 การออกแบบส่วนยึดจับกลไกการพัน**

ส่วนยึดจับกลไกการพันเทอร์รอยด์นี้ มีไว้เพื่อยึดจับและเพื่อควบคุมการหมุนของกลไกการพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์ ให้หมุนอย่างมีความสมดุลและแน่นอนในขณะทำการพันขดลวด การหมุนของกลไกการพันเทอร์รอยด์นั่นเอง ทำให้ส่วนยึดจับกลไกการพันจะต้องออกแบบให้สามารถรองรับการหมุนของกลไกการพันได้ โดยการใส่ล้อเลื่อนเข้าไปเช่นกัน แต่การใส่ลูกล้อนั้นไม่สามารถใส่ที่ด้านในของกลไกการพันขดลวดได้หมด เพราะจะไปขวางทางเดินของขดลวด ทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

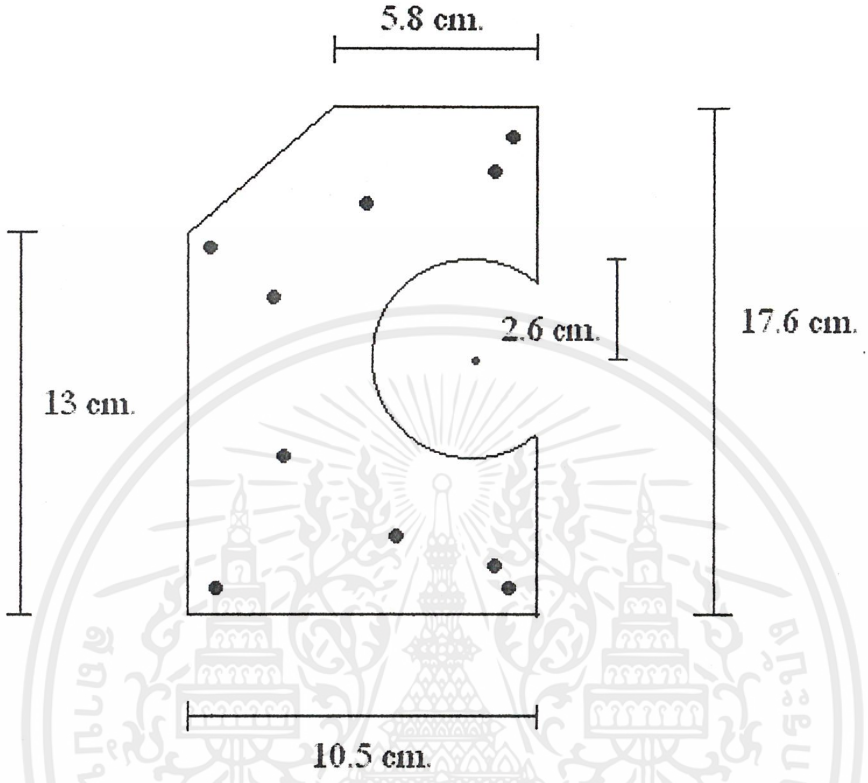
ไม่สามารถทำการพันได้ จึงต้องเลือกใส่เพียงด้านใดด้านหนึ่งเท่านั้น ส่วนด้านรอบนอกของกลไกนั้นสามารถที่จะใส่ลูกเลื่อนเข้าไปได้แต่จะต้องคำนึงถึงจุดที่จะใส่เพื่อให้ได้ความแข็งแรงที่สุด

ดังนั้นจึงออกแบบให้เป็นแผ่นพลาสติก 2 แผ่น เจาะรูเพื่อที่จะยึดเข้าหากันด้วยน็อตให้สามารถปรับขนาดเข้าหากันได้ และเจาะรูรอบนอก 6 รู เพื่อใส่ลูกล้อเข้าไป สำหรับการหมุนของกลไกพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์ เจาะรูรอบในอีก 4 รู เพื่อใส่ลูกล้อไปขับเคลื่อนและยึดกลไกการพันขดลวดไว้ไม่ให้หลุดออกจากส่วนยึดจับ และเตรียมช่องว่างสำหรับที่จะใส่ ระบบขับเคลื่อนกลไกการพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์อีกด้วย




***รูปที่ 3.2 แบบส่วนยึดจับกลไกแผ่นที่หนึ่ง***

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




*รูปที่ 3.3 แบบส่วนยึดจับกลไกแผ่นที่สอง*

**3.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างส่วนยึดจับกลไกการพัน**

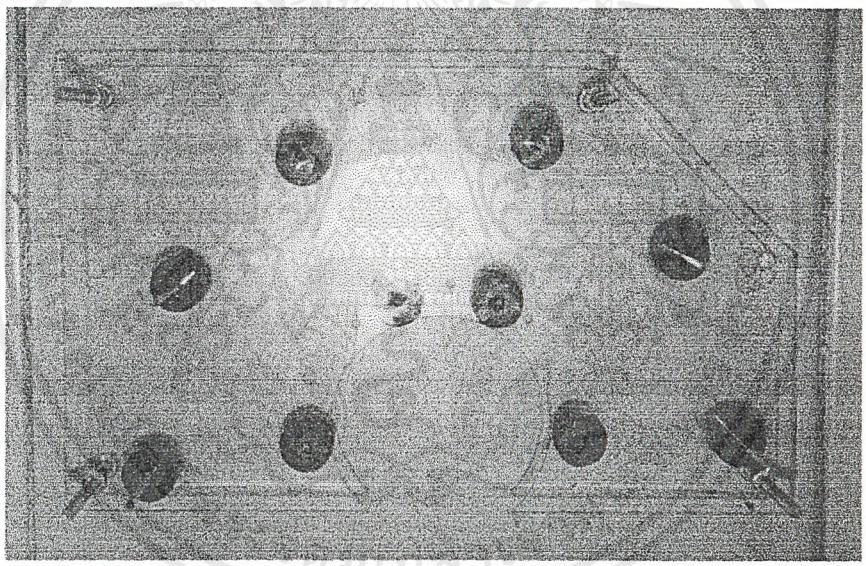
1. แผ่นพลาสติกใส หนา 3 มม.
2. ลูกล้อยาง 16 ลูก
3. น็อตตัวผู้ขนาด ยาว จำนวน 4 ตัว
4. แท่งเหล็กยาว จำนวน 7 แท่ง
5. ตะปูขนาด 1.5 มม. 4 ตัว
6. หลอดพลาสติก

**3.2.3 การประกอบส่วนยึดจับกลไกการพัน**

1. นำพลาสติกใสแผ่นที่หนึ่งมาตัดและเจาะรูดังรูปที่ 3.2
2. นำแผ่นพลาสติกแผ่นที่สองมาตัดและเจาะรูดังรูปที่ 3.3
3. นำแท่งเหล็กมาต้อความยาว 4 ซม. จำนวน 6 แท่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. นำตะปูตัวเล็กมาตัดให้ยาว 1.2 ซม. จำนวน 4 เล่ม
5. นำหลอดพลาสติก มาตัด ยาว 2 มม. จำนวน 6 ชิ้น
6. นำตะปูในข้อ 3 มาสวมเข้ากับแผ่นพลาสติกที่ได้ตัดไว้ในข้อ 1 ที่บริเวณ วงกลมเล็ก จากนั้นจึงสวมลูกล้อยางเข้าไป แล้วทากาวให้ตะปูยึดแน่นเข้ากันแผ่นพลาสติก
7. นำแท่งเหล็กที่ได้ตัดไว้ในข้อ 2 มาสวมเข้ากับแผ่นพลาสติกทั้งสองแผ่น ที่บริเวณ รูที่อยู่วงนอก จากนั้นจึงสวมลูกล้อยางที่ขั้นด้วยหลอดพลาสติกในข้อ 4 2ลูกต่อ1แท่งเหล็ก จากนั้นก็ทากาวยึดแท่งเหล็กกับแผ่นพลาสติกให้แน่น
8. นำแผ่นพลาสติกใสอีกแผ่นที่เหลือมาสวมเข้ากับแผ่นแรก แล้วยึดไว้ด้วยน็อต เพื่อความแข็งแรง และสามารถปรับขนาดได้



*รูปที่ 3.4 ส่วนยึดจับกลไกการพันเมื่อประกอบเสร็จ*

**3.3 ส่วนยึดจับเทอร์รอยด์**

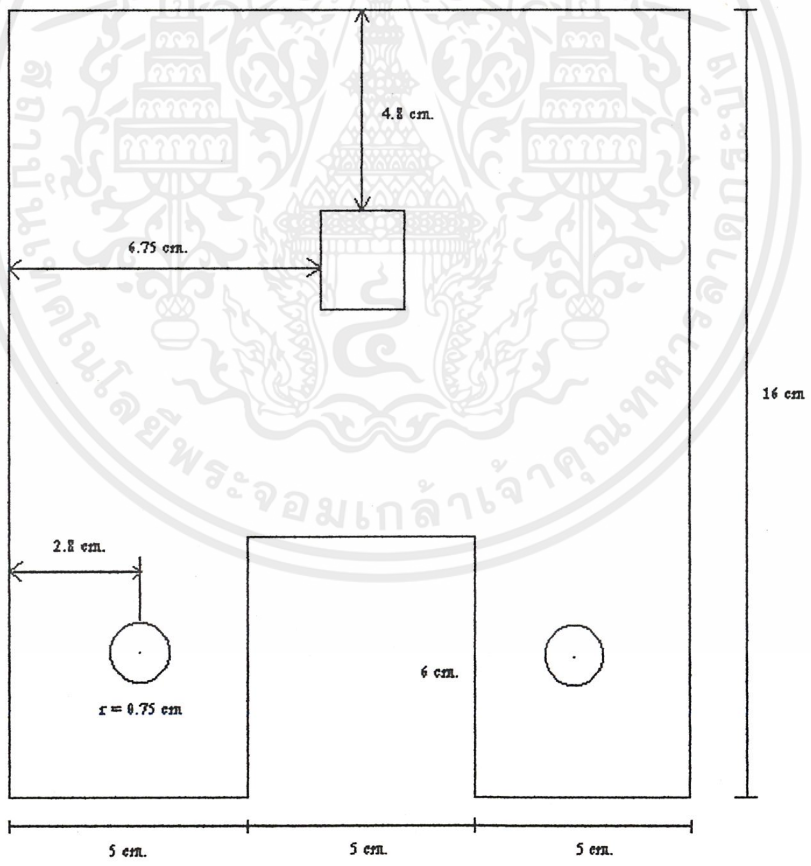
**3.3.1 การออกแบบส่วนยึดจับเทอร์รอยด์**

การออกแบบส่วนยึดจับเทอร์รอยด์นั้นจะออกแบบเป็นแขนจับ 3 อัน ที่สามารถทำให้เทอร์รอยด์หมุนได้อย่างมีอิสระ และสามารถปรับขนาดได้เพื่อที่จะใช้ได้กับแกนเทอร์รอยด์หลายๆขนาด โดยใช้ไม้อัดตัดเป็นฐานรูปตัว Y โดยบริเวณมุมของฐานจะมีแท่งไม้ชูขึ้นมา 3 แท่งเพื่อใช้รองรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แกนเทอร์รอยด์โดยที่ปลายของของแท่งไม้จะเสียบด้วยแท่งเหล็กที่สวมด้วยลูกล้อเชื่อมกับวงแหวนและลูกล้อทั้ง 3 นี้จะใช้สัมผัสกับแกนเทอร์รอยด์ทั้ง 3 จุดให้แกนเทอร์รอยด์ได้เคลื่อนที่รอบตัวมันเองได้ และที่ออกแบบให้แกนเทอร์รอยด์หมุนรอบตัวเองได้ก็เพื่อให้การจัดเรียงของขดลวดในการพัน ทำได้อย่างมีระเบียบโดนอาศัยแรงเบียดของขดลวดในการบังคับให้แกนเทอร์รอยด์หมุนนั่นเอง

แท่งไม้ทั้ง 3 แท่งนั้น จะมีแท่งหนึ่งที่สามารถปรับให้เลื่อนเข้าออกได้โดยการทำเป็นจุดหมุนที่รอยต่อระหว่างฐานกับแท่งไม้ โดยจะออกแบบให้มีแรงดึงแท่งไม้เพื่อให้กดลงเข้าที่แกนเทอร์รอยด์เพื่อบังคับให้แกนเทอร์รอยด์ไม่หลุดออกจากส่วนยึดจับเทอร์รอยด์ และสามารถปรับขนาดเพื่อให้รับกับขนาดแกนเทอร์รอยด์ขนาดใหญ่ขึ้นได้




*รูปที่ 3.5 แบบฐานส่วนยึดเทอร์รอยด์*

### 3.3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างส่วนยึดจับเทอร์รอยด์

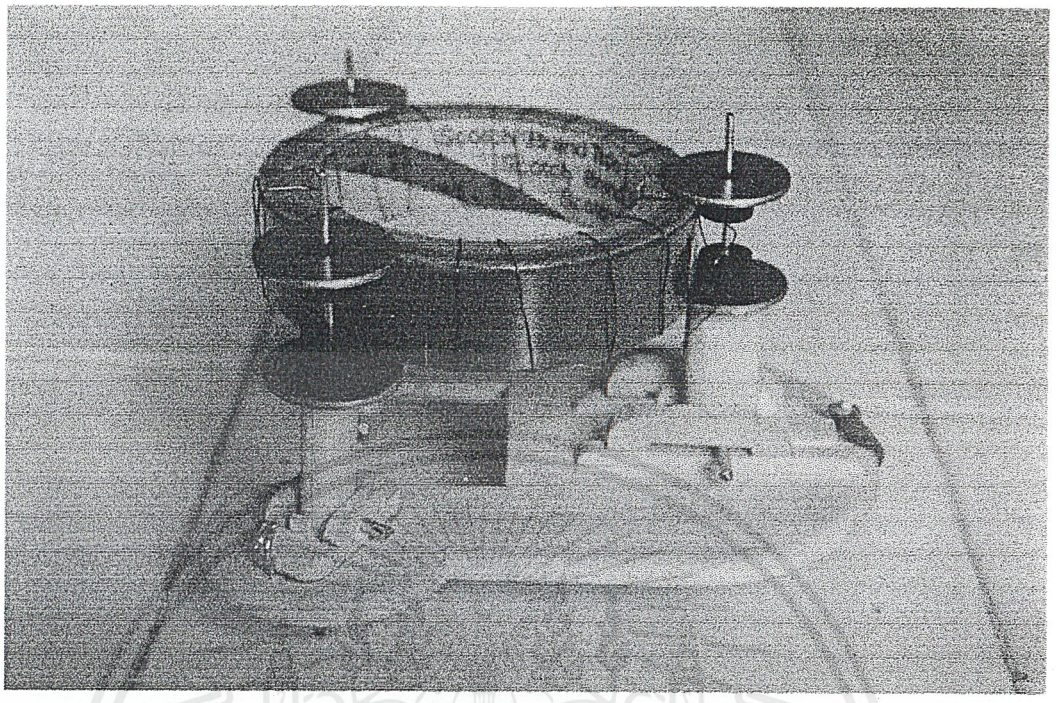
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ไม้อัด
2. ลูกล้อยาง 6 ลูก
3. แหวนรองน็อต 6 ชิ้น
4. แท่งเหล็กขนาดเล็ก 3 แท่ง
5. แท่งเหล็กขนาดกลาง 3 แท่ง
6. ตะปูเกลียวปลายตะขอ 3 เล่ม
7. สปริงแรงดึง 1 ตัว

**3.3.3 การประกอบส่วนยึดจับเทอร์รอยด์**

1. นำลูกล้อยางมาติดเข้ากับแหวนรองน็อตทั้งหมด 6 คู่
2. นำลวดเหล็กขนาดเล็กมาตัดให้ได้ความยาว 67 ซม.
3. นำไม้อัดมาเลื่อยและตกแต่งเป็นแท่งกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 ซม. ยาว 4.5 ซม. จำนวน 2 แท่ง และยาว 6 ซม. 1 แท่ง
4. นำแท่งไม้ที่ได้ในข้อ 3 มาเจาะรูเพื่อสอดแท่งเหล็กลึก 3.5 ซม.ทั้ง 3 แท่ง
5. นำแท่งไม้ยาว 6 ซม. ในข้อ 3 มาใส่ตะปูเกลียวปลายตะขอที่ปลายอีกข้างหนึ่ง จากนั้นทำการเจาะรูตัดขวางแท่งไม้ให้ห่างจากปลายด้านที่ใส่ตะขอ 1.5 ซม. โดยให้ขนาดของรูเท่ากับขนาดของแท่งเหล็กขนาดกลาง
6. นำไม้อัดมาตัดและเจาะรู ตามรูปที่ 3.4
7. นำแท่งไม้ขนาดสั้นมายึดเข้ากับฐาน และนำแท่งไม้ขนาดยาวที่สวมด้วยแท่งเหล็กขนาดกลางแล้วมาสวมไว้ที่ฐาน โดยให้แท่งเหล็กที่ยื่นออกมายึดเข้ากับส่วนฐาน ให้แท่งเหล็กเป็นจุดหมุน
8. นำลูกล้อยางที่ติดเข้ากับแหวนรองน็อต มาสวมเข้ากับแท่งเหล็กเล็กที่ติดอยู่ที่แท่งไม้ทั้ง 3 แท่ง
9. ที่ก้นใต้ฐานให้ใส่ตะปูเกลียวปลายตะขอลงไป แล้วนำ สปริง มาเกี่ยวคล้องตะปูทั้ง 2 เข้าด้วยกันเพื่อดึงให้แท่งไม้กดลงที่ตัวแกนเทอร์รอยด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



*รูปที่ 3.6 ส่วนยึดเทอร์รอยด์*

แต่เนื่องจากผลการทดลองที่ออกมา สรุปได้ว่าส่วนยึดจับเทอร์รอยด์นั้น ยังมีประสิทธิภาพในการยึดจับเทอร์รอยด์ไม่ดีเท่าที่ควร ไม่สามารถทำการปรับเปลี่ยนขนาดของแกนเทอร์รอยด์ได้ และไม่สามารถ ยึดจับแกนเทอร์รอยด์ได้จริง เพราะแรงดึงของขดลวดในขณะทำการพัน เราจึงได้ทำการออกแบบส่วนยึดจับเทอร์รอยด์แก้ไขขึ้นมา เพื่อแก้ปัญหาเหล่านั้น

**3.4 ส่วนยึดจับเทอร์รอยด์แก้ไข**

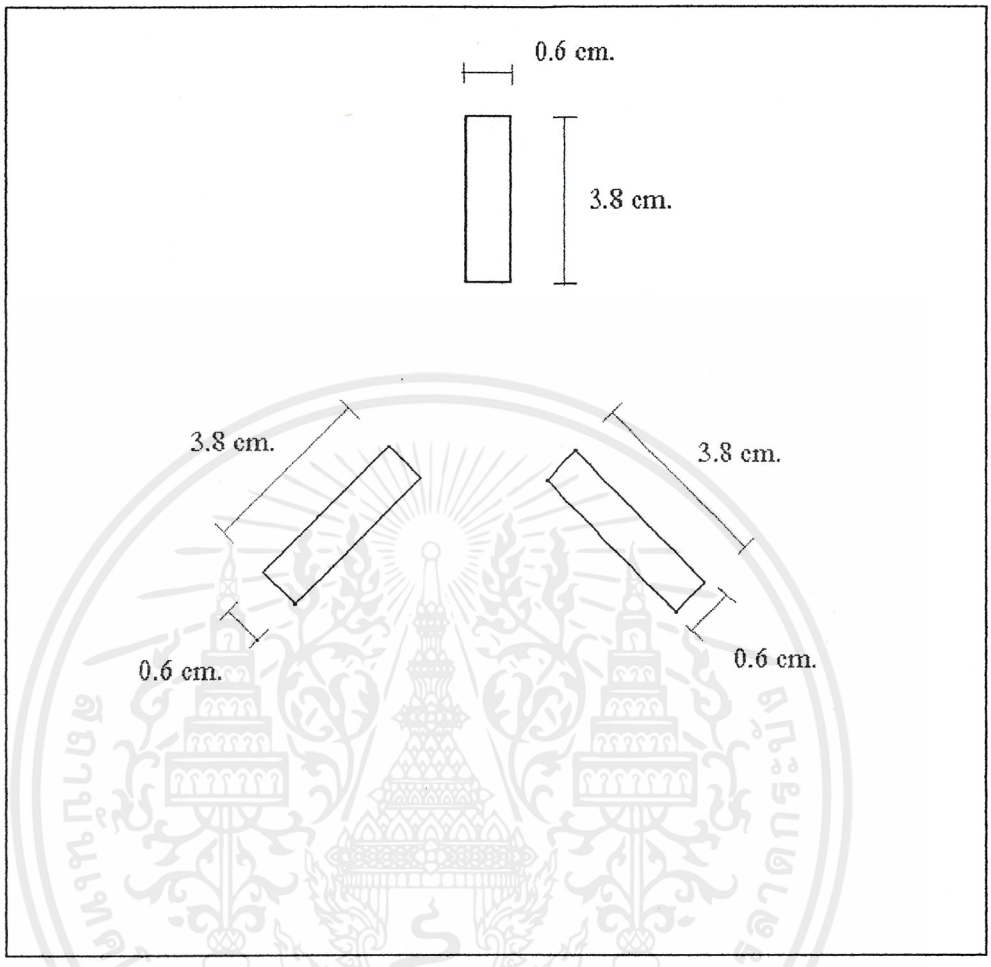
**3.4.1 การออกแบบส่วนยึดจับเทอร์รอยด์แก้ไข**

เราได้ปรับเปลี่ยนส่วนแขนจับเทอร์รอยด์ จากเดิมที่ทำด้วยแท่งไม้มาเป็นทำด้วยโลหะยาวที่สามารถเลื่อนเข้าออกได้เพื่อสำหรับการปรับเปลี่ยนขนาดแกนเทอร์รอยด์ และเปลี่ยนส่วนฐานที่ปรับขนาดโดยการเลื่อนจุดหมุน มาเป็นการเลื่อนเข้าออกตามแนวแกนระนาบแทน

**3.4.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างส่วนยึดจับเทอร์รอยด์แก้ไข**

1. แผ่นพลาสติกใส หนา 2 mm. จำนวน1แผ่น
2. น็อตตัวผู้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 mm. ยาว 15 cm. 3 ตัว
3. น็อตตัวเมีย จำนวน 3ตัว
4. แหวนรองน็อต จำนวน 6 ตัว
5. ลูกปืนขับเคลื่อนและล้อยาง จำนวนอย่างละ 3 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

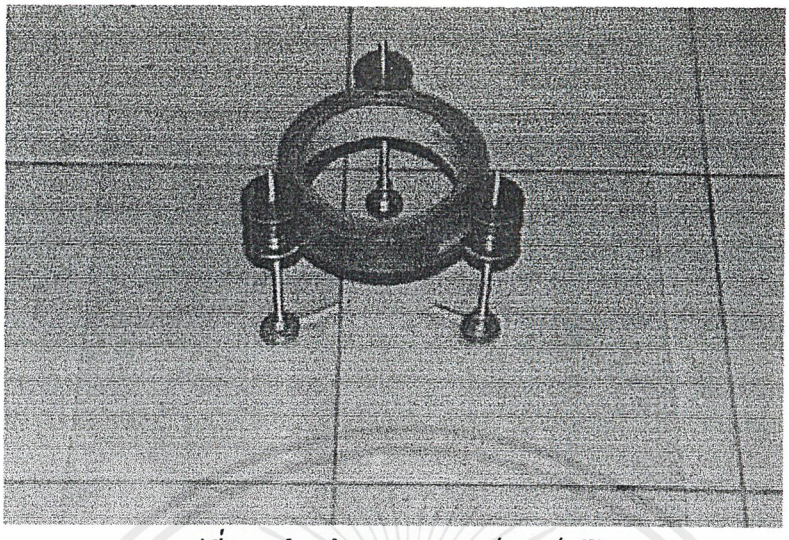



*รูปที่ 3.7 แบบฐานส่วนยึดจับเทอร์รอยด์แก้ไข*

**3.4.3 การประกอบส่วนยึดจับเทอร์รอยด์แก้ไข**

1. นำแผ่นพลาสติกมาเจาะรูดังรูปที่ 3.6
2. นำน็อตตัวผู้เข้าสวมที่รูของแผ่นพลาสติกที่เจาะไว้ แล้วยึดด้วยน็อตตัวเมีย
3. นำแหวนรองน็อตทากาวติดเข้ากับลูกปืนทั้ง 3 ตัว
4. นำแหวนรองน็อตทางการติดเข้ากับล้อยางทั้ง 3 ตัว
5. นำแหวนรองน็อตและลูกปืนที่ได้จากข้อ 3และข้อ 4 มาสวมเข้าที่น็อตตัวผู้ที่ได้ยึดไว้กับแผ่นพลาสติกแล้ว ก็จะได้ส่วนยึดจับแกนเทอร์รอยด์ ที่จะใช้เป็นฐานของชิ้นงานอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

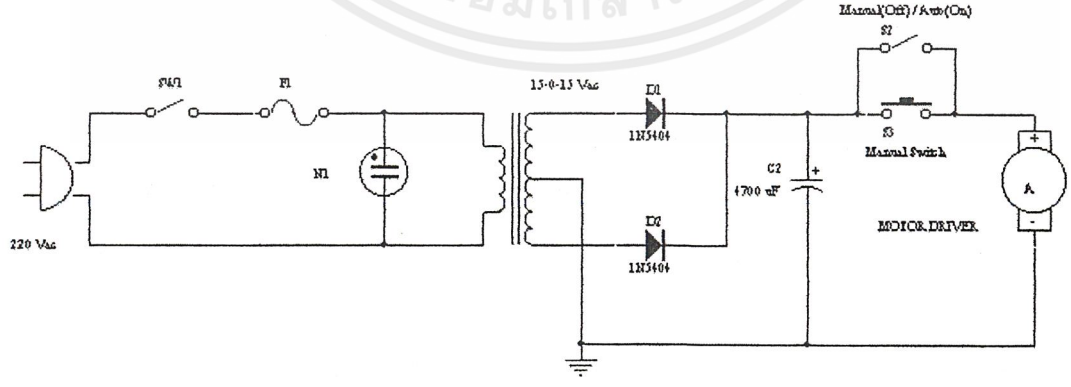


*รูปที่ 3.8 ส่วยยึดจับแกนเทอร์รอยด์แก้ไข*

**3.5 วงจรที่ใช้ขับเคลื่อนเครื่องพันเทอร์รอย**

**3.5.1 การออกแบบวงจรจ่ายกำลังไฟฟ้า**

จากรูปที่ 3.6 ทางด้านของขดลวดปฐมภูมิของหม้อแปลง(tranformer) $T_1$ คือด้านที่รับไฟบ้าน 220 V ผ่านมายัง สวิทซ์(switch) $S_1$ ซึ่งเป็นสวิทซ์เปิด-ปิดการทำงานของ เครื่องพันเทอร์รอยด์ ซึ่งต่ออนุกรมอยู่กับ ฟิวส์(fuse) $F_1$ ซึ่งทำหน้าที่ตัดวงจรเพื่อป้องกันกระแสไฟที่จะไหลเข้าสู่หม้อแปลง $T_1$ หากเกิดการลัดวงจรทางด้านปฐมภูมิของหม้อแปลง $T_1$ และมีหลอดไฟ $N_1$ แสดงสถานะของการตัดต่อวงจรจากกระแสไฟฟ้า




*รูปที่ 3.9 วงจรจ่ายกำลังไฟฟ้า*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขดลวดทางด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงซึ่งมีพิกัดศักดาไฟฟ้า 15-0-15 V ที่ 16 VA จะถูกเร็คติฟลาย(rectify) แบบเต็มลูกคลื่นด้วยไดโอด(diode) ทั้งสองตัว $D_1$ ,$D_2$ ผ่านมายังตัวเก็บประจุ( capacitor) $C_1$ ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวกรองกระแส(filter) โดยการเก็บและคลายประจุไฟฟ้าช่วยลดกระแสกระเพื่อมที่จะจ่ายไปยังโหลด(load)มอเตอร์(motor) ซึ่งภาคมอเตอร์และส่วนกรองกระแสจะถูกคั่น โดย สวิทซ์ $S_2$ ขนานกับ สวิทซ์ $S_3$ ที่ไว้สำหรับควบคุมการทำงานของมอเตอร์(ซึ่งทำหน้าที่ส่งแรงไปขับเคลื่อนกลไกของเครื่องพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์ โดยที่สวิทซ์ $S_2$ จะทำหน้าที่ สั่งการพันขดลวดและหยุดการพันขดลวดแบบธรรมดา ส่วนสวิทซ์ $S_3$ จะทำหน้าที่ สั่งการพันขดลวดและหยุดทำการพันขดลวดในทันทีที่ปล่อยสวิทซ์

**3.5.2 การคำนวนหรือเลือกค่าต่างๆของอุปกรณ์ในวงจร**

เมื่อพิจารณาภาคเรคติฟลาย อัตรากระแสที่โหลดต้องการคือ 0.8 A

เผื่อค่าความปลอดภัย 50 % $I_L = 1.5\ (0.8) = 1.2$ A

จึงเลือกตระกูล 1N5404 ซึ่งทนกระแส 3 A เพื่อความเหมาะสมของกระแสไฟฟ้า

เมื่อพิจารณา หม้อแปลง จาก $P = VI$

$$VA = P/\cos\alpha \qquad (1)$$ ; เมื่อ $\alpha$คือมุมระหว่าง V กับ I

แทนค่าใน (1) $P = 15(0.8) = 12$ VA

ทำการเผื่อค่า $\alpha$ 30 องศา $VA = 12/\cos 30 = 13.85$ VA

จึงเลือกหม้อแปลงพิกัด 15-0-15 V ที่ 16 VA ซึ่งมีค่าใกล้เคียงที่สุด

ตั้งอัตราไฟกระเพื่อม เมื่อเทียบกับไฟตรง ไว้ประมาณ 3% ความถี่ 100 Hz อันเกิดจากการเรียงกระแสแบบเต็มลูกคลื่น

จาก $$\Delta V_{rms} = \Delta V_{p/p} / 3.46 \qquad (1)$$

$$\Delta V_{rms} = 0.03\ V_o \qquad (2)$$

แทนค่า (1) = (2) จะได้ $\Delta V_{p/p} = 2.078$ V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นจะได้ค่า $C = I / f \Delta V_{p/p}$

$C = 0.8/100x2.078 = 3849.86 \ \mu F$

เลือกค่าที่มีในท้องตลาดคือ 4700 $\mu F$

เผื่อความปลอดภัยทางแรงดันไฟฟ้า ที่ตกคล่อมตัวก็บประจุ 50% = 30 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



# บทที่ 4
# การทดลอง และ ผลการทดลอง

## 4.1 การทดลองโดยการสร้างแบบจำลองการพัน

### 4.1.1 สร้างแบบจำลองการพันขดลวดเข้ากับแกนเทอร์รอยด์

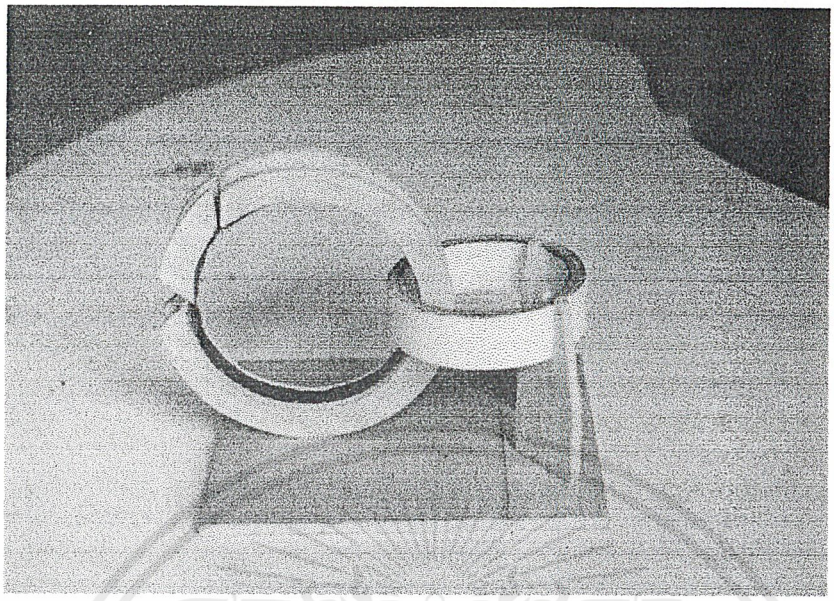
โดยแบบจำลองนี้ประกอบด้วย

1. ตัวพันขดลวด ซึ่งจะทำจากไม้
2. ตัวจับแกนเทอร์รอยด์
3. แกนเทอร์รอยด์ (ในที่นี้ใช้ม้วนกระดาษกาวแทน)
4. ขดลวด (แทนด้วยเชือกขนาดมาตฐาน)

### 4.1.2 รายละเอียดของแบบจำลอง

1. ตัวพันขดลวด สำหรับส่วนนี้จะประกอบด้วยวงแหวนขนาดใหญ่ 2 วง โดยจะมีฐานเพื่อรองรับ วงแหวนวงเล็กอีกวงหนึ่งซึ่งจะทำเป็นรางเพื่อรองรับขดลวดที่จะใช้พันมาเก็บไว้ก่อนที่จะนำไปพันเข้ากับแกนเหล็ก ซึ่งวงแหวนทั้ง 2 ชั้นจะต้องเลื่อนได้อย่างเป็นอิสระต่อกันทั้ง 2 ทิศทางเพื่อที่จะสามารถหมุนเก็บขดลวดและหมุนพันขดลวดได้ และวงแหวงทั้งหมดจะต้องเปิดได้ เพื่อที่จะนำแกนเหล็กเข้าไปติดตั้งเพื่อทำการพัน เพราะตัวแกนเทอร์รอยด์นั้นจะมีลักษณะเป็นแกนปิด
3. ตัวจับแกนเทอร์รอยด์ จะทำเป็นแขน 2 ข้างยื่นขึ้นมาจากฐานเพื่อยึดจับแกนเทอร์รอยด์เพื่อที่จะลอยอยู่ระหว่างตัวพันขดลวดขณะทำการพัน
4. ตัวเทอร์รอยด์ ในช่วงการทดลองจะใช้อุปกรณ์ที่มีลักษณะคล้ายกับแกนเทอร์รอยด์ก่อนเพื่อความสะดวกและประหยัด ซึ่งก็คือ ขดของกระดาษกาวนั่นเอง
5. ขดลวด เราก็จะใช้อุปกรณ์อื่นที่สามารถแทนขดลวดได้เช่นกัน เพราะแบบจำลองไม่แข็งแรงพอที่จะรับน้ำหนักและแรงตึงของขดลวดได้ ซึ่งในที่นี้ก็คือหลอดเชือกนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
42622



*รูปที่ 4.1 แบบจำลองการพัน*

**4.1.3 ขั้นตอนการทดลอง**

1. นำตัวแกนเทอร์รอยด์มาสวมเข้ากับตัวจับเทอร์รอยด์ เพื่อให้แกนเทอร์รอยด์ลอยอยู่กลางอากาศ เพื่อรอที่จะนำลวดมาพันรอบตัวเทอร์รอยด์
2. นำตัวพันขดลวดมาสวมคล้องกับตัวเทอร์รอยด์ โดยการเปิดบานพับของตัวพันเทอร์รอยด์ที่ได้ทำไว้ แล้วก็ปิดบานพับลง
3. นำเส้นเชือก(แทนลวด)มาคล้องยึดเข้ากับตัวพันขดลวด จากนั้นก็หมุนตัวพันขดลวดเพื่อจะเก็บเชือกไว้สำหรับทำการทดลองพัน
4. เริ่มต้นทดลองการพันขดลวดโดยการนำปลายของเชือกอีกด้านหนึ่งมายึดไว้ที่แกนเทอร์รอยด์
5. ทำการหมุนตัวพันขดลวด ในทิศทางตรงกันข้ามกับทิศทางที่หมุนเพื่อเก็บขดลวด โดยหมุนไปเรื่อยๆจนเชือกพันอยู่กับแกนเทอร์รอยด์จนหมด
6. ในขณะที่ทำการหมุนตัวพันขดลวด ให้ทำการหมุนแกนเทอร์รอยด์ไปด้วยอย่างช้าๆ
7. สังเกตผลการทดลอง

**4.1.4 ผลการทดสอง**

1. เส้นเชือกสามารถพันเข้ากับแกนเทอร์รอยด์ได้จริง
2. มีความฝืด และไม่สม่ำเสมอ ของการพันเกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. รางที่เก็บขดลวด สามารถทำการปล่อยเส้นลวดได้ดีในระดับหนึ่ง แต่ยังไม่ค่อยดีนัก เนื่องจาก แรงดึง และ แรงเสียดทานของเส้นเชือก
4. จะเกิดการสะดุดในทุกๆรอบการพัน เมื่อวงแหวนทั้งสองวงมาพบกันที่รอยต่อของบานพับของวงแหวน เนื่องจากใช้กระดาษกาวในการเชื่อมรอยต่อ ทำให้รอยต่อนั้นไม่เรียบ
5. มีความคลาดเคลื่อนของกลไก เนื่องจากวัสดุที่ใช้ทำ ขาดความละเอียดและแข็งแรง

**4.1.5 แนวทางแก้ไข**

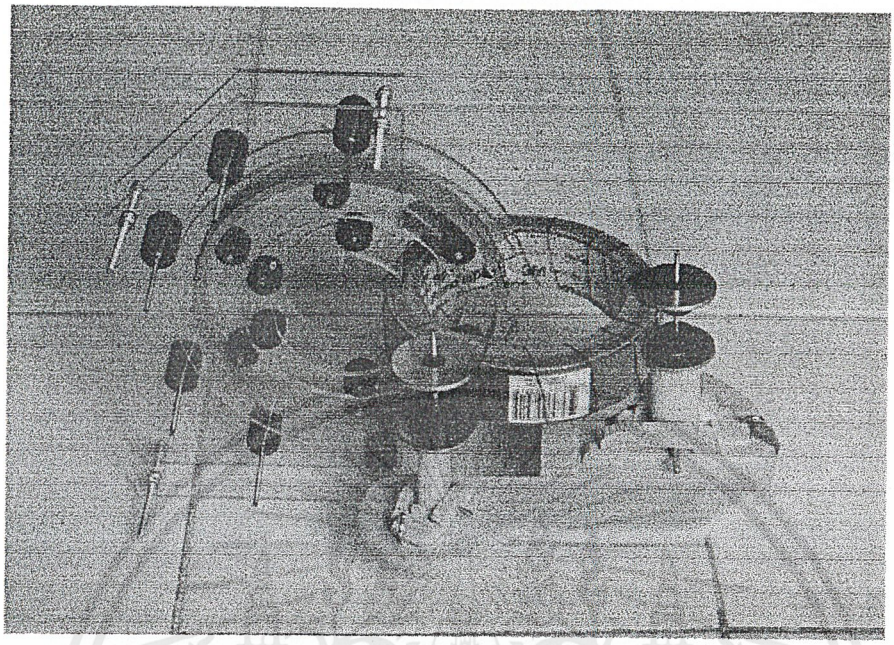
1. เราจะต้องใส่ลูกปืนหรือวงล้อเข้าไประหว่างวงแหวนทั้งสองวง เพื่อลดความฝืดในการหมุนอันเนื่องมาจากแรงตึงของเส้นลวดขณะพัน
2. ตัวขับเทอร์รอยด์นั้นจะต้องทำให้สามารถขับเคลื่อนแกนเทอร์รอยด์ได้ เพราะถ้าหากไม่สามารถขับเคลื่อนไม่ได้นั้น เมื่อพันขดลวดจะทำให้ขดลวดพันซ้อนกัน ณ จุดเดิม
3. ในการทดลองจะใช้เส้นเชือกที่มีขนาดใกล้เคียงกับขดลวดแทน ซึ่งจะทำให้เกดข้อแตกต่าง คือความแข็งแรง แรงตึง และ แรงเสียดทานที่ต่างกัน ซึ่งของขดลวดจะมากกว่าอย่างมาก จึงจะต้องใช้แรงขับที่สูงขึ้น
4. รอยต่อส่วนบานพับของวงแหวน จะต้องปรับปรุงโดยการใช้ บานพับเข้ามาแทนกระดาษกาว เพื่อให้เกิดความแตกต่างของของขดลวดน้องที่สุด
5. ชิ้นส่วนของอุปกรณ์โดยรวม จะต้องเปลี่ยนจากที่ใช้ไม้มาใช้อุปกรณ์ชนิดอื่นเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของชิ้นงานจริง

**4.2 การทดลองเปรียบเทียบระหว่างการพันด้วยมือและเครื่องพันที่ขับเคลื่อนด้วยมือ**

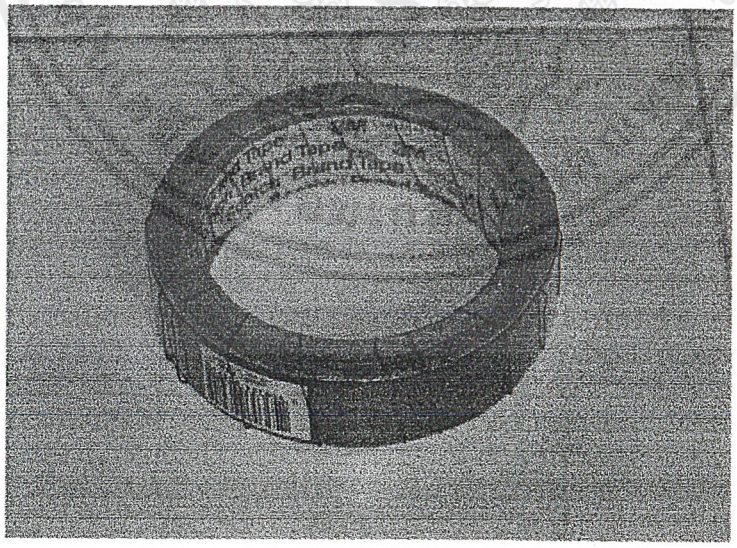
**4.2.1 ขั้นตอนและเงื่อนไขการทดลอง**

1. นำแกนเทอร์รอยด์สมมติเข้าไปสวมไว้ในกลไกการพัน
2. ทำการหมุนกลไก เพื่อนำลวดมาเก็บไว้ในกลไก
3. ทำการพันโดยใช้มือในการขับเคลื่อนกลไกจำนวน 20 รอบ
4. สังเกตการพันและผลที่ได้จากการพัน
5. นำแกนเทอร์รอยด์สมมติมาทำการพันโดยใช้มือ จำนวน 20 รอบ
6. สังเกตผลการทดลอง
7. ทำตามขั้นตอน 1-7 อีกครั้ง โดยเปลี่ยนจำนวนรอบในการพันเป็น 40,60 รอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



*รูปที่ 4.2 การทดลองพันด้วยเครื่องพันที่ขับเคลื่อนด้วยมือ*



*รูปที่ 4.3 แกนเทอร์รอยด์จากการทดลองพันด้วยมือ*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.2.2 ผลการทดลอง**

| การพัน 20 รอบ | ครั้งที่ 1/เวลาที่ใช้ | ครั้งที่ 2/เวลาที่ใช้ | ครั้งที่ 3/เวลาที่ใช้ | เฉลี่ย/เวลาที่ใช้ |
|---|---|---|---|---|
| พันด้วยมือ | 1 นาที 28 วินาที | 1 นาที 40 วินาที | 1 นาที 26 วินาที | 1 นาที 31 วินาที |
| พันด้วยเครื่องที่ขับเคลื่อนด้วยมือ | 1 นาที 15 วินาที | 1 นาที 9 วินาที | 1 นาที 20 วินาที | 1 นาที 15วินาที |

***ตารางที่ 4.1ผลการทดลองเปรียบเทียบการพันด้วยมือและการพันด้วยครื่องพันที่ขับเคลื่อนด้วยมือ จำนวน 20 รอบ***

| การพัน 40 รอบ | ครั้งที่ 1/เวลาที่ใช้ | ครั้งที่ 2/เวลาที่ใช้ | ครั้งที่ 3/เวลาที่ใช้ | เฉลี่ย/เวลาที่ใช้ |
|---|---|---|---|---|
| พันด้วยมือ | 3 นาที 12 วินาที | 3 นาที 5 วินาที | 3 นาที 24 วินาที | 3 นาที 14 วินาที |
| พันด้วยเครื่องที่ขับเคลื่อนด้วยมือ | 2 นาที 56 วินาที | 3 นาที 8 วินาที | 2 นาที 58 วินาที | 3 นาที 1 วินาที |

***ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองเปรียบเทียบการพันด้วยมือและการพันด้วยครื่องพันที่ขับเคลื่อนด้วยมือ จำนวน 40 รอบ***

| การพัน 60 รอบ | ครั้งที่ 1/เวลาที่ใช้ | ครั้งที่ 2/เวลาที่ใช้ | ครั้งที่ 3/เวลาที่ใช้ | เฉลี่ย/เวลาที่ใช้ |
|---|---|---|---|---|
| พันด้วยมือ | 4 นาที 50 วินาที | 5 นาที 3 วินาที | 5 นาที 10 วินาที | 5 นาที 1 วินาที |
| พันด้วยเครื่องที่ขับเคลื่อนด้วยมือ | 4 นาที 12 วินาที | 4 นาที 10 วินาที | น4 าที 21 วินาที | 4 นาที 14 วินาที |

***ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองเปรียบเทียบการพันด้วยมือและการพันด้วยครื่องพันที่ขับเคลื่อนด้วยมือ จำนวน 60 รอบ***

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.2.3 สรุปผลการทดลอง**

จากผลการทดลอง จะพบว่า ในการพันขดลวด ที่จำนวนรอบน้อยๆนั้นการพันด้วยมือจะใช้เวลามากกว่าเพียงเล็กน้อย แต่ถ้าพันที่จำนวนรอบมากๆนั้น จะเริ่มเห็นความแตกต่างของเวลาที่ใช้มากขึ้น ซึ่งนั่นคือข้อได้เปรียบของการพันด้วยมือ

เพราะฉะนั้น ถ้าต้องการพันขดลวดจำนวนรอบมากๆ การพันด้วยเครื่องพันจะใช้เวลาน้อยกว่า แต่ถ้าต้องการพันด้วยจำนวนรอบน้อยๆ การพันด้วยเครื่องจะใช้เวลาไม่ต่างจากการพันด้วยมือเลย ถ้าในหนึ่งวัน คนทำการพันขดลวดเป็นเวลา 6 ชั่วโมง(21,600 วินาที) และต้องการพันเทอร์รอยด์ด้วยขดลวดจำนวน 60 รอบ จะพบว่า

- การพันด้วยมือ จะใช้เวลาในการพัน 301 วินาที ต่อชิ้น

เพราะฉะนั้นเวลา 21,600 วินาที จะพันได้ 21600/301 = 71.76 ชิ้น หรือประมาณ 71 ชิ้น

- การพันด้วยเครื่องพันที่ใช้มือขับเคลื่อน จะใช้เวลา 254 วินาที ต่อชิ้น

เพราะฉะนั้นเวลา 21,600 วินาที จะพันได้ 21600/254 = 85.04 ชิ้น หรือประมาณ 85 ชิ้น

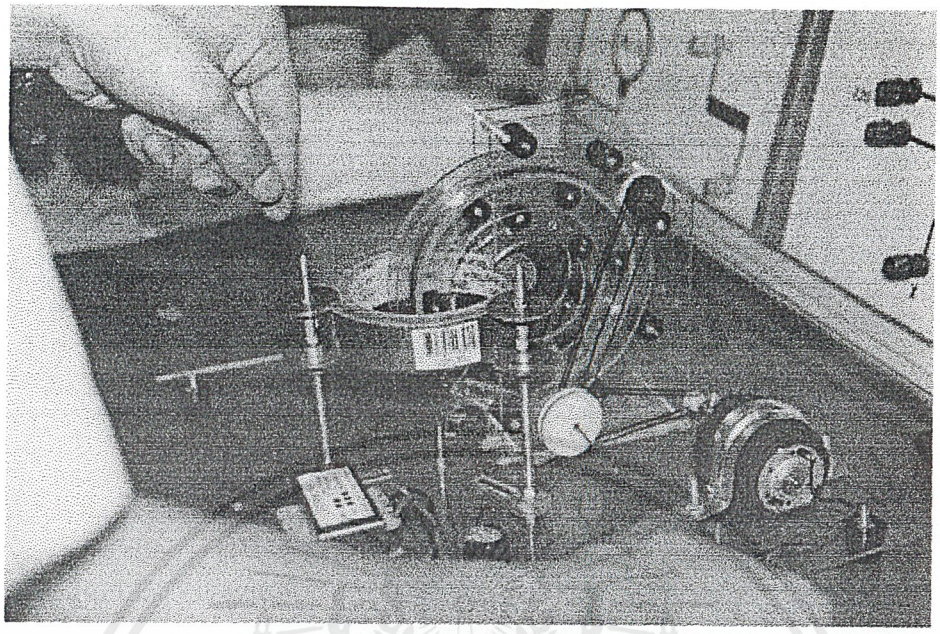
ดังนั้นการพันเทอร์รอยด์ด้วยเครื่องพันนั้น สามารถพันได้จำนวนชิ้นที่มากกว่าการพันเทอร์รอยด์ด้วยมือ

**4.3 การทดลองพันด้วยเครื่องพันที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า**

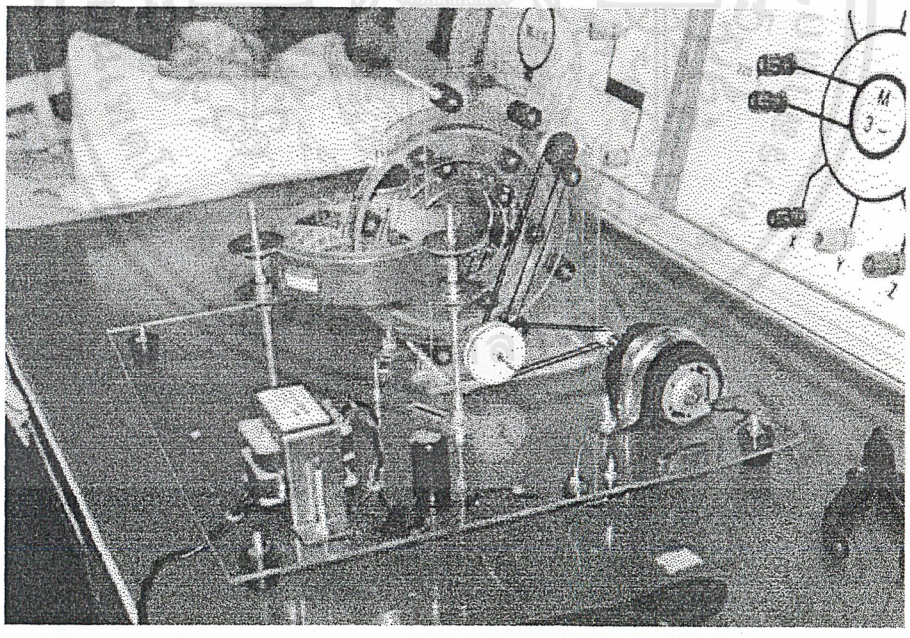
**4.3.1 ขั้นตอนและเงื่อนไขการทดลอง**

1. นำแกนเทอร์รอยด์สวมเข้ากับกลไกที่จะใช้พัน
2. นำลวดมายึดเข้ากับกลไกการพัน และเปิดเครื่องเพื่อนำลวดเข้าไปพักไว้
3. เมื่อนำลวดเข้าไปพักเสร็จแล้ว ให้ทำการหยุด และตัดที่ปลายลวด
4. นำปลายลวดที่จะใช้พัน สอดเข้าที่รูจ่ายลวดแล้วยึดติดกับแกนเทอร์รอยด์
5. ทำการเปิดเครื่องเพื่อพันขดลวด
6. จับเวลาและนับจำนวนรอบของการพัน ที่ 1 นาที และ 20 รอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



*รูปที่ 4.4 การทดลองพันด้วยเครื่องที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า*
*ในขณะทำการเก็บลวด*



*รูปที่ 4.5 การทดลองพันด้วยเครื่องที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า*
*ในขณะทำการพัน*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.3.2 ผลการทดลอง**

| ลักษณะการวัด | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | เฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|
| จับเวลาเมื่อพันได้ 20 รอบ | 34 วินาที | 35 วินาที | 33 วินาที | 34 วินาที |
| นับจำนวนรอบเมื่อพันไป 1 นาที | 35 รอบ | 37 รอบ | 36 รอบ | 36 รอบ |

***ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองพันโดยเครื่องที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า***

**4.3.3 สรุปผลการทดลอง**

การพันด้วยเครื่องที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้านั้น เร็วกว่าการพันด้วยมือหรือการพันด้วยเครื่องที่ขับเคลื่อนด้วยมือมาก ทั้งนี้ทั้งนั้นจากผลการทดลองที่ได้ว่า การพันขดลวดจำนวน 20 รอบนั้น

การพันด้วยมือใช้เวลาเฉลี่ย 1 นาที 31 วินาที

การพันด้วยเครื่องที่ขับเคลื่อนด้วยมือใช้เวลาเฉลี่ย 1 นาที 15 วินาที

การพันด้วยเครื่องที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าใช้เวลาเฉลี่ย 34 วินาที

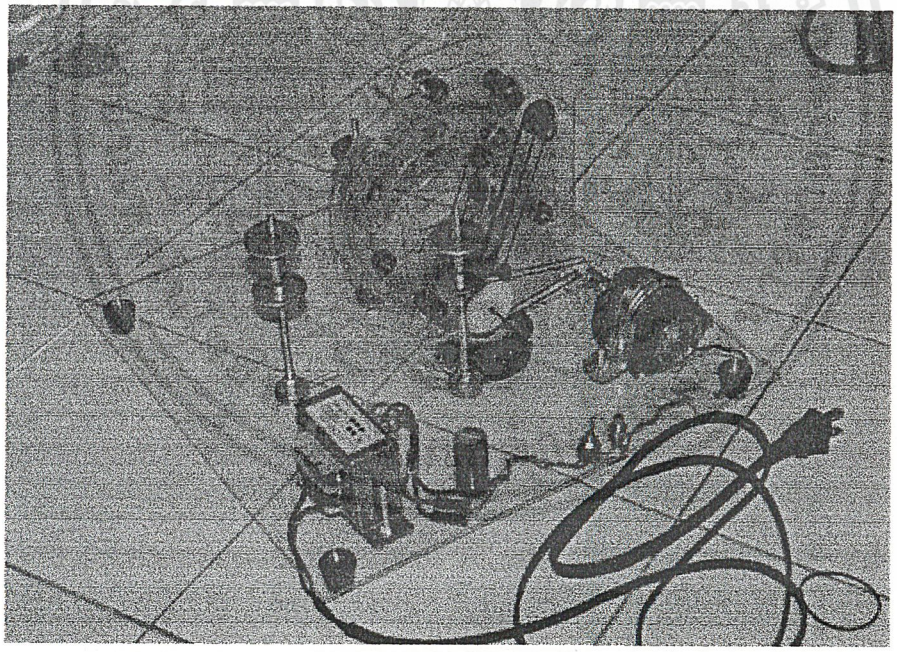
ซึ่งพิสูจน์ได้ว่าการพันด้วยเครื่องที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า เร็วการการพันโดยใช้มือ มากกว่าสองเท่าเลยทีเดียว และจากการทดลองเดียวกันนี้ ชี้ให้เห็นว่า การพันขดลวดด้วยเครื่องพันที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า สามารถทำการพันได้ถึง 36 รอบ/นาที เลยทีเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5
# บทวิจารณ์ และ สรุปโครงงาน

## 5.1 สรุปโครงงาน

ชิ้นงานที่ได้จากโครงงานนี้ ก็คือเครื่องพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์ต้นแบบ ซึ่งได้ทำการออกแบบที่ใช้และเกี่ยวข้องกับการพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์ โดยการแยกประดิษฐ์เป็นส่วนๆไปซึ่งในการประดิษฐ์นั้นก็ได้พบปัญหาเกิดขึ้นในจุดย่อยๆ และได้ดัดแปลงแก้ไขเฉพาะหน้าเป็นจุดๆไป จนกระทั่งแก้ปัญหาได้ และได้ทำการประกอบ เพื่อทดลองประสิทธิภาพของเครื่องพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์ โดยการเปรียบเทียบกับการพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์ด้วยมือ ซึ่งเครื่องพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์ที่ได้สร้างขึ้นนั้นสามารถพันได้เร็วกว่าการพันด้วยมือ ซึ่งก็เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของโครงงาน แต่จากการวิเคราะห์นั้นพบว่าเรายังสามารถพัฒนาเครื่องพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์ให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นได้อีก โดยการแก้ไขจุดบกพร่องหลายๆจุดที่ปรากฏอยู่ในชิ้นงาน



*รูปที่ 5.1 เครื่องพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์เมื่อเสร็จ*

## 5.2 บทวิจารณ์

เนื่องจากแกนเทอร์รอยด์มีรูปทรงเป็นวงแหวนวงปิด เพราะฉะนั้นการพันขดลวดไปรอบๆแกนวงแหวนปิด จะต้องนำลวดมาพักไว้ที่กลไกให้พอที่จะใช้พันได้ ซึ่งการออกแบบได้เดินมาถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางแล้ว เป็นเครื่องที่สามารถพันได้จริง แต่ยังมีข้อบกพร่องอยู่หลายประการที่จะต้องแก้ไข เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพเครื่องพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์ให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งข้อบกพร่องต่างๆมีดังนี้

1. ช่องว่างระหว่างส่วนเก็บลวดและส่วนการพัน มีขนาดใหญ่มากเกินไป ทำให้ไม่สามารถเก็บลวดที่มีขนาดเล็กมากๆได้ เพราะจะทำให้ลวดที่เก็บนั้นถูกแรงดึงให้ลวดนั้นตกลงไปที่ช่องว่างระหว่างกลไก
2. ส่วนเก็บลวดและส่วนของการพันนั้นมีขนาดใหญ่เกินไป ทำให้เครื่องพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์นี้ไม่สามารถทำการพันกับแกนเทอร์รอยด์ที่มีขนาดเล็กๆได้
3. แรงเสียดทานที่ค่อนข้างมาก อันเนื่องมาจากคุณสมบัติของชิ้นส่วน อันได้แก่ลูกล้อยาง เป็นผลให้ภาคขับเคลื่อน ซึ่งก็คือ มอเตอร์กระแสตรง และภาคจ่ายไฟ ต้องทำงานหนักมากขึ้น
4. ส่วนยึดจับแกนเทอร์รอยด์ ยังไม่เหมาะสมกับการเปลี่ยนแปลงขนาดแกนเทอร์รอยด์หลายๆขนาด
5. กลไกนำขดลวดมาเก็บเพื่อพักไว้สำหรับการพันนั้น สามารถเก็บลวดได้ไม่มาก จึงไม่สามารถพันหม้อแปลงที่ต้องใช้ลวดพันมากๆได้ เช่น หม้อแปลงกระแส

**5.3 แนวทางพัฒนา**

อย่างที่ได้กล้าวไว้แล้วในข้างต้นว่า โครงงานนี้เป็นเพียงเครื่องพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์ต้นแบบเท่านั้น ยังมีข้อบกพร่องซึ่งต้องปรับปรุงแก้ไขอยู่หลายอย่าง ซึ่งสามารถทำได้โดยไม่ยากนัก หากเพียงต้องการความรู้และความสามารถในบางอย่าง อาทิ เช่น ความรู้ทางด้านกลไก และความรู้ทางด้านไมโครคอนโทรลเลอร์(Microcontroler) เพื่อนำมาใช้ในการพัฒนาเครื่องพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์ ให้มีประสิทธิภาพให้สูงและดีขึ้น โดยสิ่งที่ยังต้องพัฒนามีดังนี้

**5.3.1 การพัฒนาเพื่อให้รับกับการพันแกนเทอร์รอยด์หลายขนาด**

เครื่องพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์ที่ได้สร้างขึ้นมานั้น สามารถพันขดลวดลงแกนเทอร์รอยด์ขนาดใหญ่เพียงไม่กี่ขนาดเท่านั้น ซึ่งอันที่จริงแกนเทอร์รอยด์มีหลากหลายขนาดมาก และเทอร์รอยด์ที่ใช้ทั่วๆไป มักจะมีขนาดเล็ก ซึ่งเครื่องพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์ที่ได้สร้างขึ้นมาไม่สามารถพันได้ เพราะมีขนาดกลไกที่ค่อนข้างหนา และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เล็ก ซึ่งสามารถทำการพัฒนาโดยออกแบบกลไกให้มีเส้นรอบวงที่ใหญ่ขึ้นเพื่อลดความหนาของกลไก ให้เล็กพอที่จะสามารถสวมลงในแกนเทอร์รอยด์ขนาดเล็กๆได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**5.3.2 การพัฒนาเพื่อให้สามารถพันขดลวดได้หลายๆขนาด**

เนื่องจากเครื่องพันขดลวดที่ได้สร้างขึ้นมานั้น ไม่สามารถใช้กับเส้นลวดขนาดเล็กมากๆ หรือใหญ่มากๆได้ เพราะ ลวดเส้นเล็กๆนั้นเวลาพันจะมีแรงตึงของเส้นลวด ทำให้ลวดที่ใช้พันนั้นตกร่อง เพราะมีช่องว่างระหว่างกลไก ส่วนลวดเส้นใหญ่ๆจะมีความแข็งในตัว ทำให้ต้องอาศัยแรงมากในการพัน เครื่องพันจึงไม่สามารถทำการพันได้ เพราะฉะนั้นจึงยังต้องพัฒนากลไกการพันขึ้นอีก โดยการสร้างกลไกให้มีความแข็งแรงและมีความละเอียดแม่นยำให้มากที่สุด รวมทั้งควรจะทำให้วงแหวนวงใน มีการยกขอบขึ้นเพื่อป้องกันการตกร่องของเส้นลวดด้วย

**5.3.3 การพัฒนาระบบควบคุมเพื่อความง่ายของการพัน**

ในการพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์นั้นจะต้องใช้ปัจจัยหลายๆอย่างอย่างเพื่อนำมาควบคุมการพันให้ได้ค่าที่แน่นอน เช่น ชนิดของแกนเหล็ก ขนาดของขดลวด พิกัดที่ต้องการ ฯลฯ การที่จะสร้างเครื่องพันขดลวดที่จะใช้อำนวยความสะดวกอย่างที่สุดนั้น จึงจำเป็นที่จะต้องคำนึงถึงปัจจัยเหล่านี้ด้วย โดยที่เราสามารถพัฒนาเครื่องพันขดลดแกนเทอร์รอยด์ด้วยการเพิ่มส่วนของวงจรควบคุมเข้าไป เพื่อป้อนค่าและคำนวนค่าต่างๆให้ออกมาเป็นผลลัพท์ที่จะนำไปใช้ในการพัน เช่น การคำนวนจำนวนรอบหรือความยาว ของขดลวดที่จะต้องพัน แล้วทำการพันโดยที่ผู้ใช้งานไม่จำเป็นที่จะต้องคำนวนเอง ซึ่งอาจจะทำให้เกิดความผิดพลาดได้ หรือการพัฒนาให้สามารถพันได้หลายรูปแบบมากขึ้น เพราะการพันเทอร์รอยด์นั้นก็มีหลายรูปแบบ เช่นการพัน 2 ชั้น หรือหลายๆชั้น

**5.3.4 การพัฒนาระบบแขวนแกนเทอร์รอยด์**

ระบบแขวนเทอร์รอยด์นั้นควรที่จะสามารถควบคุมให้หมุนได้ เพื่อการจัดขดลวดที่ใช้พันไม่ให้เกิดการซ้อนทับกันของขดลวดอย่างไม่เป็นระเบียบ เพราะกลไกการพันนั้นไม่สามารถเคลื่อนที่เองได้ ถ้าหากแกนเทอร์รอยด์ไม่เคลื่อนที่จะทำให้กลไกการพันนั้นทำการพัน ณ. จุดเดิมตลอด

**5.3.5 การพัฒนาระบบการหมุนของเทอร์รอยด์ให้สัมพันธ์กับการพัน**

เทอร์รอยด์ที่พันสำเร็จแล้วนั้น จะต้องให้ค่าพิกัดตามที่ต้องการ นำไปใช้งานได้จริง ทั้งนี้ค่าพิกัดที่ต้องการนั้นก็ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ขนาดของเทอร์รอยด์ ขนาดของขดลวด และจำนวนรอบของขดลวด ซึ่งจำนวนรอบของขดลวดนั้น จะพอดีได้ก็ขึ้นอยู่กับการจัดวางตัวของลวดด้วย เพราะฉะนั้นระบบแขวนเทอร์รอยด์จึงจำเป็นที่จะต้องสามารถทำการจัดวางตำแหน่งของขดลวดได้ด้วย เพื่อให้ได้พิกัดที่ต้องการ ดังนั้นจะต้องทำการพัฒนาให้ส่วนยึดจับเทอร์รอยด์สามารถบังคับให้แกนเทอร์รอยด์ขยับหมุนได้อย่างเหมาะสม ตามระยะห่างที่ต้องการต่อการพันนั้นๆ โดยการหมุนแต่ละครั้งของแกนเทอร์รอยด์ต้องสัมพันธ์กับการพันขดลวดแต่ละรอบด้วย

ยกตัวอย่างเช่น ต้องการออกแบบให้ทำการพันขดลวดจำนวน 10 รอบ เราจำเป็นที่จะต้องควบคุมให้แกนเทอร์รอยด์ขยับตัวหมุนในทิศทางใดทิศทางหนึ่งเป็นจำนวน 36 องศา ต่อการพันขด

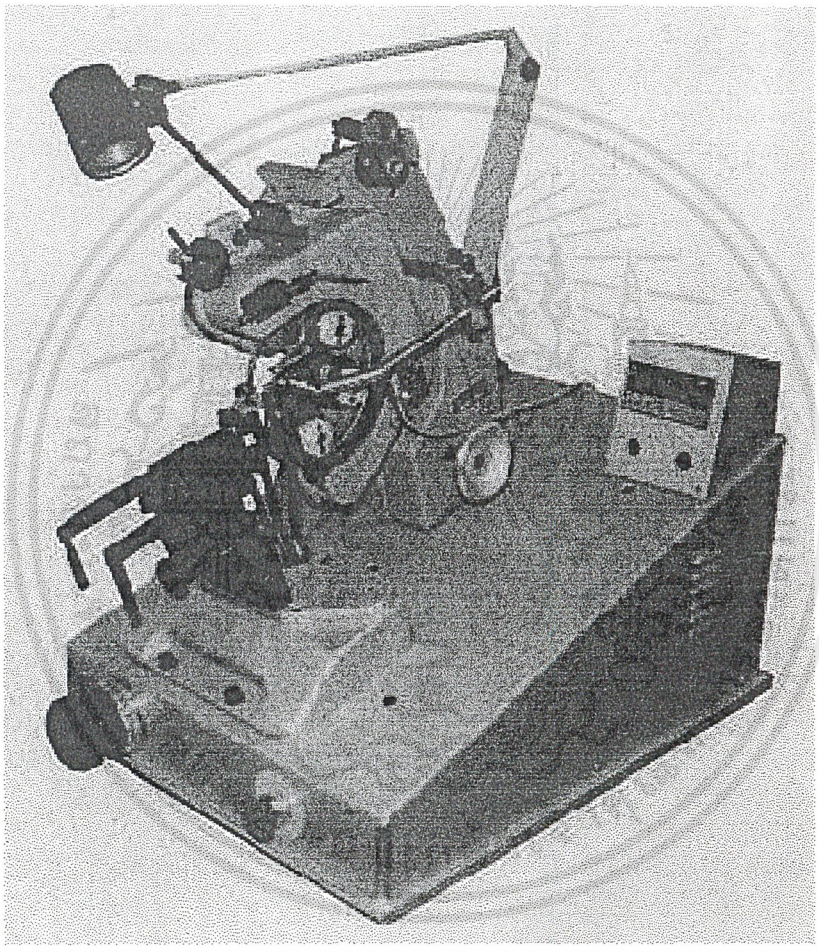
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลวดหนึ่งรอบ ซึ่งการพัฒนาส่วนนี้จะต้องทำการออกแบบสองส่วนคือ ส่วนกลไกการพัน และส่วนยึดจับเทอร์รอยด์ ให้มีคาบที่สัมพันธ์กัน เช่น ซึ่งทำได้สองวิธีคือ สร้างกลไกหมุนอัตโนมัติอย่างง่ายๆ เมื่อทำการพันครบหนึ่งรอบ ให้กลไกนั้นถูกกระทบให้ส่วนยึดจับเทอร์รอยด์ทำการหมุนไปตามค่าองศาที่ได้ตั้งไว้ แต่จะไม่สามารถตั้งค่าได้มากนักเพราะกลไกส่วนเครื่องกลนั้นจะใช้ชิ้นส่วนมาก อีกวิธีคือใช้วงจรไฟฟ้าควบคุม โดยการทำการนับรอบของการพัน เมื่อครบหนึ่งรอบก็ทำการสั่งให้ส่วนยึดจับเทอร์รอยด์ขยับไปตามเท่าที่ต้องการ ซึ่งเราจะต้องเพิ่มส่วนควบคุมเข้าไปเพื่อนับจำนวนรอบและสั่งการหมุนของแกนเทอร์รอยด์ และควรเพิ่มส่วนจอมอนิเตอร์เพื่อแสดงค่าสถานะต่างๆ เช่นจำนวนรอบที่ทำการพัน ระยะห่างของขดลวดและควรออกแบบให้สามารถทำการคำนวนจำนวนรอบที่ต้องการได้ กล่าวคือ เราสามารถสั่งการได้ว่าต้องการพันทั้งหมดกี่รอบ เมื่อเครื่องทำงานวงจรจะทำการพันและนับรอบ และแสดงผลผ่านหน้าจอ และทำการหยุดเครื่องเองทันทีเมื่อการพันได้สิ้นสุดลงตามที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก

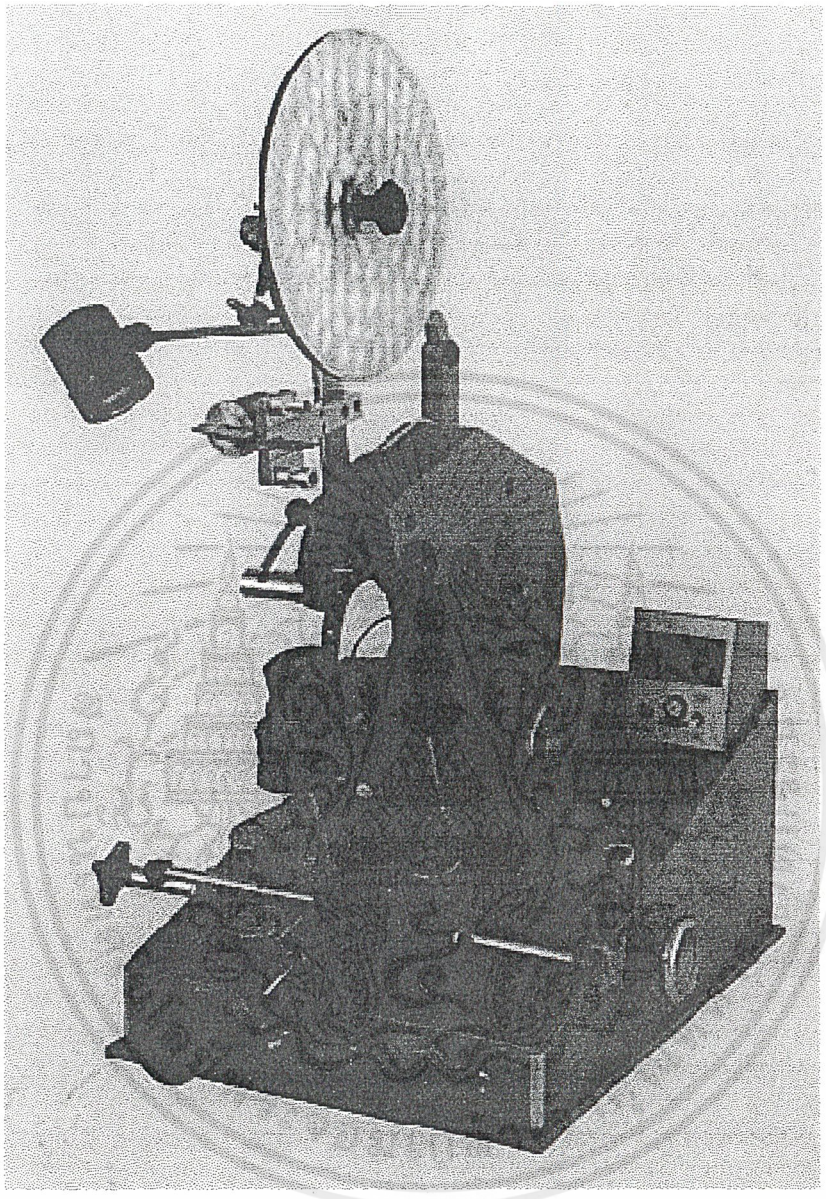
จากที่ได้กล่าวไปแล้วว่า ต่างประเทศนั้นได้มีการผลิตเครื่องพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์ มานานแล้วจึงจะขอนำเสนอตัวอย่างเครื่องพันขดลวดแกนทอร์รอยด์แกนเทอร์รอยด์ เพื่อให้ผู้ที่สนใจนำไปศึกษาเพิ่มเติมได้



*รูปที่ 6.1 เครื่องพันรุ่น rwy*

**เครื่องพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์ รุ่น rwy** เป็นเครื่องพันเทอร์รอยด์รุ่นที่เหมาะสำหรับพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์แบบธรรมดา และไม่ต้องการพันมากๆ เพราะเครื่องพันรุ่นนี้ได้ตัดการทำงานที่ไม่จำเป็นสำหรับการพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์แบบธรรมดาทิ้งไป เช่น ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางการพัน ความสามารถทางการคำนวน และแยกแยะชนิดและขนาดของขดลวด เพื่อลดราคาของเครื่องลงไป

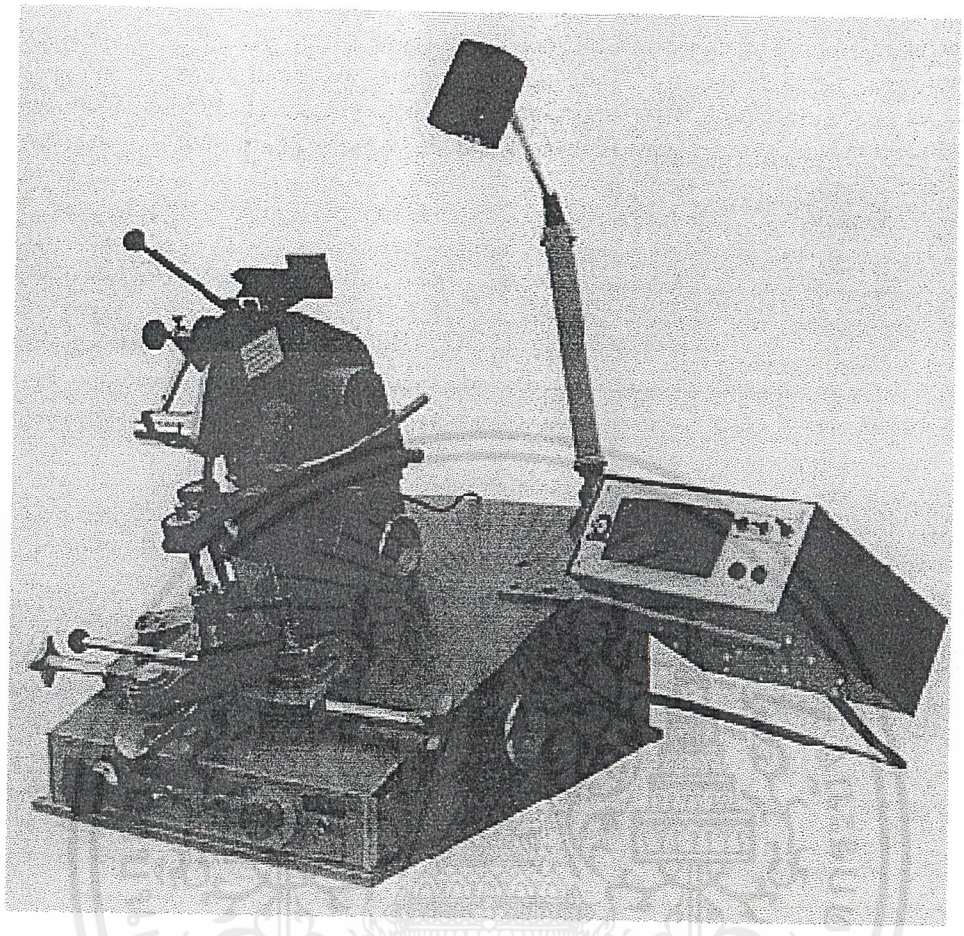
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



*รูปที่ 6.2 เครื่องพันรุ่น rwl*

**เครื่องพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์ รุ่น rwl** เป็นเครื่องพันเทอร์รอยด์ตั้งโต๊ะที่มีราคาต่ำอีกชนิดหนึ่งที่ได้ทำการตัดส่วนการทำงานที่ไม่จำเป็นต่อการพันขดลวดแบบธรรมดาทิ้งไปเช่นกัน แต่ส่วนการควบคุมการติดตั้งและการบำรุงรักษาสามารถทำได้ง่ายทั้งหมดการทำงาน

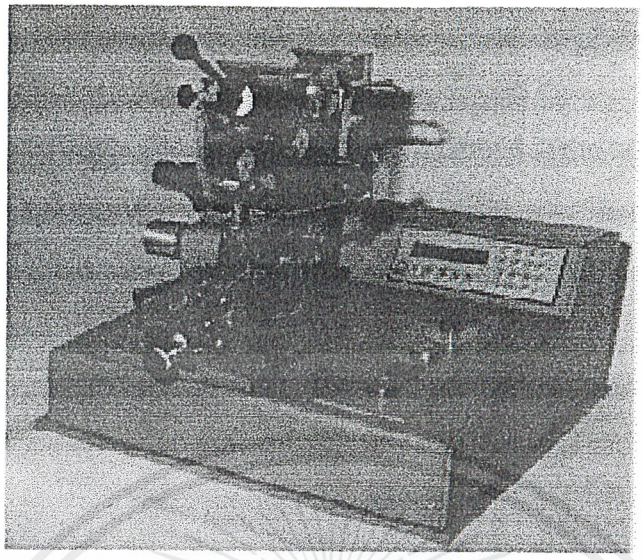
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



*รูปที่ 6.3 เครื่องพันรุ่น rwl-e*

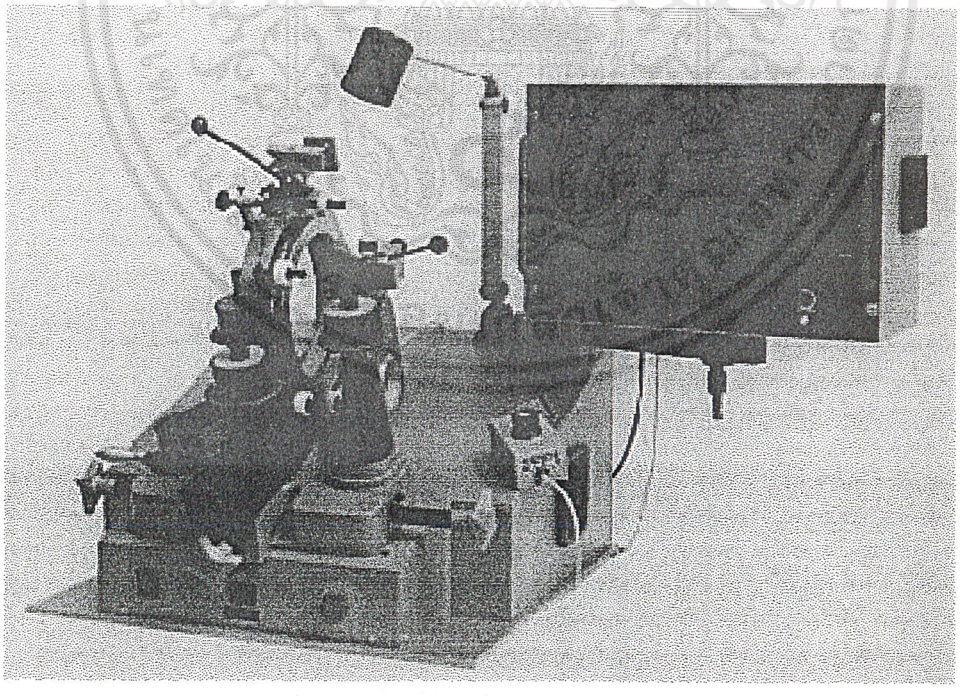
**เครื่องพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์ รุ่น rwl-e** เครื่องพันเทอร์รอยด์รุ่นนี้จะเป็นแบบตั้งโต๊ะและใช้วงจรอิเล็คทรอนิคในการควบคุม ซึ่งได้ถูกแก้ไขให้สามารถทำการพันแบบหลายๆชิ้นที่เหมือนกันได้สำหรับการพันแบบทั่วๆไป อย่างรวดเร็วโดยการตั้งโปรแกรม และสามารถบันทึกการตั้งโปรแกรมไว้ได้ อีกทั้งยังสามารถพันแบบเป็นลำดับ หรือ แบ่งออกเป็นปล้องๆได้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



*รูปที่ 6.4 เครื่องพันรุ่น Rwe-mini*

**เครื่องพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์ รุ่น rwe-mini** คือเครื่องพันสำหรับการพันขดลวด ในแกนเทอร์รอยด์ขนาดเล็ก ซึ่งกรทำงานจะคล้ายๆกับรุ่นที่ผ่านๆมานั่นเอง



*รูปที่ 6.5 เครื่องพันรุ่น rwe-pc*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**เครื่องพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์ รุ่น rwe-pc** เป็นเครื่องพันตั้งโต๊ะที่มีความเป็นคอมพิวเตอร์ที่ทันสมัยและฉลาดมากที่สุดเท่าที่มีในตอนนี้ โดยระบบคอมพิวเตอร์อิเล็คโทนนิค 3เฟส ควบคุม เครื่องยนต์สำหรับการพัน เซอร์โวมอเตอร์(servo moter)สำหรับการขับแกนเหล็ก การพันอัตโนมัติด้วยโปรแกรมโดยการป้อนข้อมูลการพัน(เช่น พิกัดที่ต้องการ ขนาดของลวด ชนิดของแกนเหล็ก) จะได้จำนวนรอบต่อส่วนพื้นที่ถูกต้องแม่นยำ ตามลักษณะการวางตัวของแกนเหล็ก

การพันขดลวดแกนเทอร์รอยด์จำเป็นที่จะต้องรู้ค่าต่างๆเพื่อใช้คำนวน ความยาวของขดลวดและจำนวนรอบที่จะต้องพัน เพราะฉะนั้นจึงขอแสดงตัวอย่างวิธีการคำนวนคร่าวๆดังนี้

**การออกแบบอินดักเตอร์โดยใช้แอเรียโปรดัก $A_p$**

**-มีรายละเอียดที่ต้องกำหนดดังนี้**

1. Inductance, L=( ) [H]
2. dc current, $I_o$=( ) [A]
3. ac current, $\Delta I$=( ) [A]
4. Ripple frequency, f=( ) [Hz]
5. Flux density, $B_m$=( ) [T]
6. Core material:___
7. Core configuration:____

คำนวนค่าพลังงานจาก พลังงาน= $\frac{LI^2}{2}$ [w-s]

$$I = I_o + \frac{\Delta I}{2} A_{w(B)} \quad [A]$$

คำนวนค่า $A_p$ $$A_p = \left( \frac{2(\text{พลังงาน}) \times 10^4}{B_m K_u K_j} \right)^{115} \quad [cm^4]$$

บันทึกค่าต่างๆจากชนิดของแกน $A_p$ = [$cm^4$]

MLT= [cm]

$A_c$ = [$cm^2$]

$W_a$ = [$cm^2$]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$A_t$ = [$cm^2$]

MPL= [cm]

$W_{rfd}$= [g]

คำนวนค่า J $J = K_j A_p^{-0.13}$ [$A/cm^2$]

คำนวนค่า bare wire size $A_{w(B)} = (I_o + \frac{\Delta I}{2})/J$ [$cm^2$]

คำนวณค่า $W_{a(eff)} = W_a S_3$ [$cm^2$]

แกนเทอรอยด์ ค่า$S_3$=0.75

คำนวณจำนวนรอบ $N = \frac{W_{a(eff)} S_2}{A_w}$ [turns]

คำนวณค่า $\mu_r$ $\mu_r = \frac{L \times MPL \times 10^8}{0.4\pi N^2 A_c}$

เลือกแกนจากกลุ่มที่มีค่า $\mu$ ใกล้เคียงกับ $\mu_r$ จะได้ค่า $\mu$

คำนวณค่าNตามจำนวนขดลวดที่ต้องการ

$$N = 1000 \frac{L}{\sqrt{L_{1000}}}$$

คำนวณความต้านทานของขดลวด

$$R = (MLT)(N)\left(\frac{\mu\Omega}{cm}\right) \times 10^{-6} \ [\Omega]$$

คำนวณค่า copper loss Pcu

$$P_{cu} = I^2 R \ [W]$$

คำนวณค่า ac flux density

$$B_{ac} = \frac{0.4\pi N(\Delta I/2)\mu \times 10^{-4}}{MPL} \ [T]$$

คำนวณค่าวัตต์ต่อกิโลกรัม และ ค่าcore loss

$$W/kg = Kf^{(m)} B_m^{(n)}$$

$$P_{fe} = (m\ W/g)(W_{rfe}) * 10^{-3} \ [W]$$

คำนวณค่า total losses $P_\Sigma$

$$P_\Sigma = P_{cu} + P_{fe} \ [W]$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณค่า วัตต์ต่อพื้นที่หนึ่งหน่วย

$$\Psi = \frac{P_{cu}}{A_t} \text{ [W/cm}^2\text{]}$$

คำนวณค่าแรงแม่เหล็กกระแสตรง

$$H = \frac{0.4\pi NI}{MPL} \text{ [Oe]}$$

$$NI = (H)(0.8) \text{ [amp-turns]}$$

**การออกแบบอินดักเตอร์ โดยใช้ค่า $K_g$**

**-มีรายละเอียดที่ต้องกำหนด ดังนี้**

1. Inductance, L=( ) [H]
2. dc current, $I_o$=( ) [A]
3. ac current, $\Delta$I=( ) [A]
4. Output power,$P_o$ =( ) [W]
5. Reguration, $\alpha$ =( ) [%]
6. Ripple frequency, f=( ) [Hz]
7. Flux density, $B_m$=( ) [T]
8. Core material:___
9. Core configuration:____

คำนวนค่าพลังงานจาก พลังงาน= $\frac{LI^2}{2}$ [w-s]

$$I = I_o + \frac{\Delta I}{2} A_{w(B)} \text{ [A]}$$

คำนวนค่า $K_e$ พารามิเตอร์ $K_e = 0.145 P_o B_m^{\ 2} \times 10^{-4}$

คำนวนค่า $K_g$ $K_g = \frac{(\text{พลังงาน})^2}{K_e \alpha} [\text{cm}^5]$

บันทึกค่าต่างๆจากชนิดของแกน $K_g$ = [$cm^5$]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$A_p =$ [$cm^4$]

MLT= [cm]

$A_c =$ [$cm^2$]

$W_a =$ [$cm^2$]

$A_t =$ [$cm^2$]

MPL= [cm]

$W_{rfd}$= [g]

คำนวนค่าความเข็มกระแส J $J = \dfrac{2(\text{พลังงาน}) \times 10^4}{B_m A_p K_u}$ [$A/cm^2$]

คำนวนค่า bare wire size $A_{w(B)} = \dfrac{I_o + \Delta I/2}{J}$ [$cm^2$]

เลือกขนาดขดลวดจากตารางจะได้ค่าต่างๆ

Bare,$A_{w(B)}$ = [$cm^2$]

Insulated,$A_w$ = [$cm^2$]

$\mu\Omega/cm$ =

คำนวณค่า $W_{a(eff)} = W_a S_3$ [$cm^2$]

แกนเทอรอยด์ ค่า$S_3$=0.75

คำนวณจำนวนรอบ $N = \dfrac{W_{a(eff)} S_2}{A_w}$ [turns]

คำนวณค่า $\mu_r$ $\mu_r = \dfrac{L \times MPL \times 10^8}{0.4\pi N^2 A_c}$

เลือกแกนจากกลุ่มที่มีค่า $\mu$ ใกล้เคียงกับ $\mu_r$ จะได้ค่า $\mu$

คำนวณค่าNตามจำนวนขดลวดที่ต้องการ

$$N = 1000\frac{L}{\sqrt{L_{1000}}}$$

คำนวณความต้านทานของขดลวด

$$R = (MLT)(N)\left(\frac{\mu\Omega}{cm}\right) \times 10^{-6} \ [\Omega]$$

คำนวณค่า copper loss Pcu

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$P_{cu} = I^2R \ [W]$$

คำนวนค่า $\alpha$ $$\alpha = \frac{P_{cu}}{P_o} \times 100 \ [\%]$$

คำนวณค่า ac flux density

$$B_{ac} = \frac{0.4\pi N(\Delta I/2)\mu \times 10^{-4}}{MPL} \ [T]$$

คำนวณค่าวัตต์ต่อกิโลกรัม และ ค่าcore loss

$$W/kg = Kf^{(m)}B_m^{(n)}$$

$$P_{fe} = (m\ W/g)(W_{rfe})*10^{-3} \ [W]$$

คำนวณค่า total losses $P_\Sigma$

$$P_\Sigma = P_{cu} + P_{fe} \ [W]$$

คำนวณค่า วัตต์ต่อพื้นที่หนึ่งหน่วย

$$\Psi = \frac{P_{cu}}{A_t} \ [W/cm^2]$$

คำนวณค่าแรงแม่เหล็กกระแสตรง

$$H = \frac{0.4\pi NI}{MPL} \ [Oe]$$

$$NI = (H)(0.8) \ [amp\text{-}turns]$$

**การออกแบบหม้อแปลงโดยใช้แอเรียโปรดัก $A_p$**

**-มีรายละเอียดที่ต้องกำหนดดังนี้**

1.Input voltage, $V_{in}$ = ( ) [V]

2. Output voltage, $V_o$ = ( ) [V]

3. Output current, $I_o$ = ( ) [A]

4. Frequency, f = ( ) [Hz]

5. Efficiency, $\eta$ = ( )

6. Temperrature risk = ( ) [°C]

7. Flux density, $B_m$ = ( ) [T]

8. Core meterail: _____

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. Core configuration: ____

คำนวนค่า Output Power $P_o = VA$ [W]

$V = V_o + V_d$ [V]

คำนวนค่า Apparent Power $P_r = p_O\left(\frac{\sqrt{2}}{\eta} + \sqrt{2}\right)$ [W]

คำนวนค่า $A_p$ $A_p = \left(\frac{P_t \times 10^4}{K_f B_m f K_u K_j}\right)^{(x)}$ [$cm^4$]

บันทึกค่าต่างๆจากชนิดของแกน $A_p =$ [$cm^4$]

MLT= [cm]

$A_c =$ [$cm^2$]

$W_a =$ [$cm^2$]

$A_t =$ [$cm^2$]

MPL= [cm]

$W_{rfd}$= [g]

คำนวนจำนวนรอบทางด้านปฐมภูมิ

$$N_p = \frac{V_p \times 10^4}{K_f B_m f A_c} \quad [\text{turns}]$$

คำนวนกระแสทางด้านปฐมภูมิ

$$I_p = \frac{P_o}{V_p \eta} \quad [A]$$

คำนวนค่าความเข็มกระแส J

$$J = K_j A_p^{-0.13} \quad [A/cm^2]$$

คำนวนค่า bare wire size $A_{w(B)} = \frac{I_o + \Delta I/2}{J}$ [$cm^2$]

คำนวณความต้านทานของขดลวดปฐมภูมิ

$$R_p = (MLT)(N)\left(\frac{\mu\Omega}{cm}\right) \times 10^{-6} \quad [\Omega]$$

คำนวณค่า copper loss ด้านปฐมภูมิ $P_p$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$P_p = I^2_p R_p \ [W]$$

คำนวนจำนวนรอบทางทุติยภูมิ

$$Ns = \frac{N_p V_s}{V_p} \ [turns]$$

คำนวนค่า bare wire size $A_{w(B)} = \frac{I_o + \Delta I/2}{J} \ [cm^2]$

คำนวณความต้านทานของขดลวดทุติยภูมิ

$$R_s = (MLT)(N)\left(\frac{\mu\Omega}{cm}\right) \times 10^{-6} \ [\Omega]$$

คำนวนค่า copper loss ทางด้านทุติยภูมิ

$$P_s = I_s^2 R \ [W]$$

คำนวนค่า copper loss รวม

$$P_{cu} = P_p + P_s \ [W]$$

คำนวนค่า loss ทั้งหมด

$$P\Sigma = \frac{P_o}{\eta} - P_o \ [W]$$

คำนวนค่า loss ในแกนเหล็ก

$$P_{fe} = P\Sigma - P_o \ [W]$$

คำนวนค่า core loss ในหน่วย มิลลิวัตต์ต่อกรัม

$$\text{Core loss} = \frac{P_{fe}}{W_{rfe} \times 10^{-3}} \ [mW/g]$$

หา magnatic materail ที่เหมาะสมจากกราฟ core loss

$$W/kg = Kf^{(m)}B^{(n)}_m$$

$$P_{fe} = (W/kg)W_{rfe} \ [W]$$

คำนวนค่า วัตต์ ต่อ พื้นที่หนึ่งหน่วย

$$\Psi = \frac{P_{cu} + P_{fe}}{A_t} \ [W/cm^3]$$

**การออกแบบหม้อแปลงโดยใช้ค่า $K_g$**

**-มีรายละเอียดที่ต้องกำหนด ดังนี้**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.Input voltage, $V_{in}$ = ( ) [V]

2. Output voltage, $V_o$ = ( ) [V]

3. Output current, $I_o$ = ( ) [A]

4. Frequency, f = ( ) [Hz]

5. Efficiency, $\eta$ = ( )

6. Reguration, $\alpha$ =( ) [%]

7. Flux density, $B_m$ = ( ) [T]

8. Core meterail: _____

9. Core configuration: ____

คำนวนค่า Output Power $P_o = VA$ [W]

$V = V_o + V_d$ [V]

คำนวนค่า Apparent Power $P_r = p_O\left(\frac{\sqrt{2}}{\eta} + \sqrt{2}\right)$ [W]

คำนวนค่า $K_e$ พารามิเตอร์ $K_e = 0.145P_oB_m^{2}*\times 10^{-4}$

คำนวนค่า $K_g$ $K_g = \frac{(\text{พลังงาน})^2}{K_e\alpha}$

บันทึกค่าต่างๆจากชนิดของแกน $K_g$ = [$cm^5$]

$A_p$ = [$cm^4$]

MLT= [cm]

$A_c$ = [$cm^2$]

$W_a$ = [$cm^2$]

$A_t$ = [$cm^2$]

MPL= [cm]

$W_{rfd}$= [g]

คำนวนจำนวนรอบทางด้านปฐมภูมิ

$$N_p = \frac{V_p \times 10^4}{K_f B_m f A_c} \text{ [turns]}$$

คำนวนกระแสทางด้านปฐมภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$I_p = \frac{P_o}{V_p \eta} \quad [A]$$

คำนวนค่าความเข้มกระแส $$J = \frac{P_t \times 10^4}{K_f K_u f B_m A_p} \quad [A/cm^3]$$

คำนวนค่า bare wire size $$A_{w(B)} = \frac{I_o + \Delta I/2}{J} \quad [cm^2]$$

คำนวณความต้านทานของขดลวดปฐมภูมิ

$$R_p = (MLT)(N)\left(\frac{\mu\Omega}{cm}\right) \times 10^{-6} \quad [\Omega]$$

คำนวณค่า copper loss ด้านปฐมภูมิ $P_p$

$$P_p = I_p^2 R_p \quad [W]$$

คำนวนจำนวนรอบทางทุติยภูมิ

$$Ns = \frac{N_p V_s}{V_p}\left(1 + \frac{\alpha}{100}\right) \quad [turns]$$

คำนวนค่า bare wire size $$A_{w(B)} = \frac{I_o + \Delta I/2}{J} \quad [cm^2]$$

คำนวณความต้านทานของขดลวดทุติยภูมิ

$$R_s = (MLT)(N)\left(\frac{\mu\Omega}{cm}\right) \times 10^{-6} \quad [\Omega]$$

คำนวนค่า copper loss ทางด้านทุติยภูมิ

$$P_s = I_s^2 R \quad [W]$$

คำนวนค่าTranformer regurator

$$\alpha = \frac{P_{cu}}{P_o} \times 100 \quad [\%]$$

$$P_{cu} = P_p + P_s \quad [W]$$

คำนวนค่า loss ทั้งหมด

$$P_\Sigma = \frac{P_o}{\eta} - P_o \quad [W]$$

คำนวนค่า loss ในแกนเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$P_{fe} = P_{\Sigma} - P_{o} \quad [W]$$

คำนวนค่า core loss ในหน่วย วัตต์ต่อกิโลกรัม

$$Kg = \frac{P_{fe}}{W_{rfe}}$$

หา magnatic materail ที่เหมาะสมจากกราฟ core loss

$$W/kg = Kf^{(m)}B^{(n)}_{m}$$

$$P_{fe} = (W/kg)W_{rfe} \quad [W]$$

ซึ่งสูตรการคำนวนที่ยกตัวอย่างมาทั้งหมดนั้น สามารถหาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อทำความเข้าใจมากยิ่งขึ้นได้ จากเอกสารอ้างอิง[1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

กันบุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงเพราะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้วิทยานิพนธ์นี้เสร็จลงได้ก็คือ อาจารย์ ศุภมิตร จิตตะยโศธราอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความเอาใจใส่ แนะนำ และช่วยเหลือเสมอมา ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างมาก ขอขอบคุณ พ่อ แม่ ที่ให้กำเนิด ขอบคุณเพื่อนที่ลืมไม่ได้ คือ เอ สำหรับมอไซด์ ตรง ต้า อุง ก๊วย สิท ในยามRelax(Counter) และเพื่อนๆอีกหลายๆๆๆๆ ...คนที่นึกไม่ออกตอนนี้

ภูวรุณ กาจนพบู

ก่อนอื่นต้องขอขอบคุณ คุณพ่อที่เป็นเหมือนแหล่งเงินทุน ที่รักและเข้าใจผมในแบบที่ไม่เหมือนใคร ขอโทษนะครับที่ช่วงนี้อาจจะไม่ค่อยว่างไปดื่มเหล้าด้วยกันเลย ขอบพระคุณอาจารย์ประภาษ พี่อ๊อด พี่โอ๊ต ที่ในวันนั้น อาจารย์ให้โอกาสผมได้มีวันนี้ ขอบคุณคู่โปรเจ็คนรกทั้งสอง ขอบคุณพี่ๆน้องๆและเพื่อนทุกคนที่ร่วมทุกข์ร่วมสุขกันเสมอ (ถ้าให้เอ่ยชื่อทุกคน วิทยานิพนธ์เล่มนี้คงเสร็จไม่ทันส่งแน่ๆ) โดยเฉพาะ เบิร์ค โต้ง โส โด้ ปืน เราไม่ลืมพวกนายแน่นอน ขอบคุณน้องดอน น้องยุ่น ที่คอยให้ความช่วยเหลืออย่างดีเสมอ ขอบคุณสถานที่พักกายและใจ ทส. ปชส. เพาเวอร์ มิวสิค และ หอราษฎ502(อันนี้จำไปจนตาย) ขอบคุณที่ยังมีวันพรุ่งนี้สำหรับทุกๆวัน ถ้าไม่มีวันพรุ่งนี้ วันนี้ผมคงตายแน่ๆ

ยรรยง ยามาซากิ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจเสร็จได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ และร่วมมือจากหลาย ๆ ฝ่ายด้วยกัน บุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงคือคุณพ่อ คุณแม่ผู้ให้กำหนิด พี่สาวที่เคารพ และส่วนสำคัญที่ทำให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้ก็คือ อาจารย์ประภาษ ไพรสุวรรณ และ อาจารย์สุรินทร์ คำฝอย อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ที่ให้ความเอาใจใส่ แนะนำ และช่วยเหลือเสมอและที่พิเศษกำลังใจจาก ป้อม (เด็กสาย 6) สุดท้ายคือเพื่อนๆ จูน , โก๋ , นจ , ผึ่ง , เชอรี่ , โอม , เอกวิทย์ , โซ้ย , เด่น ฯลฯ ที่ขาดไม่ได้ พี่แจ็ค(คู่ซ้อม) และพี่สมชาย(PEP) ที่มีส่วนช่วยทางด้านทุนทรัพย์ถึงแม้จะไม่ค่อยเกี่ยวกันเท่าไร

ศุภฤกษ์ พรล้ำฟ้า

**ท้ายสุดนี้พวกเราทุกคนขอขอบพระคุณอาจารย์ประภาษ ไพรสุวรรณ และ อาจารย์สุรินทร์ คำฝอย อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานของเรา และขอบคุณภาคของเรา ไม่ว่าใครจะว่าอย่างไร เราก็รักภาคเพาเวอร์เสมอ...**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# เอกสารอ้างอิง

[1] T. McLyman ,and Colonel Wm.,Tranformer and Inductor Design Handbook pp.115- 137,pp 378-413

[2] http://www.ruff-inc.com/javaindex.htm-รูปเครื่องพันเทอรอยด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้