

ใบงาน

รหัสวิชา ๓๐๑๐๔-๒๐๐๕
วิชาเครื่องกลไฟฟ้า ๑ (Electrical Machine ๑)

ชื่อ.....รหัส.....ชั้น/ช่าง.....



วินัยเด่น เน้นวิชาการ ความร่วมมือยั่งยืนนาน ภายใต้มาตรฐานสากล

ครูผู้สอน
ครูเมธา เกิดแก้ว

๑ วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี

ใช้เพื่อการศึกษา ห้ามจำหน่าย

ใบปฏิบัติงานวิชาเครื่องกลไฟฟ้า 1

(Electrical Machine 1)

รหัสวิชา 30104-2005 ท-ป-น 2-3-3

ชื่อ.....รหัส.....ชั้น/ช่าง.....

ใบงานที่	ชื่อใบงาน	คะแนน	วันที่	ลงชื่อผู้ตรวจ
1	เครื่องกำเนิดแบบกระตุ้นแยก			
2	เครื่องกำเนิดแบบขนาน			
3	เครื่องกำเนิดแบบอนุกรม			
4	เครื่องกำเนิดแบบผสม			
5	การขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า			
6	มอเตอร์แบบขนาน			
7	มอเตอร์แบบอนุกรม			
8	มอเตอร์แบบผสม			
9	การหาค่าคงที่ของเครื่องเครื่องกลไฟฟ้า			
10	อัตราส่วนและกระแสกระตุ้นของหม้อแปลง			
11	การทดสอบหม้อแปลง			
12	การหาค่าแรงดันของหม้อแปลง			
13	การหาข้อผิดพลาดและการขนานหม้อแปลง			
14	หม้อแปลงออโต้			
15	การต่อหม้อแปลง 3 เฟสจากหม้อแปลง 1 เฟส			
16	กลุ่มเวกเตอร์ของหม้อแปลง 3 เฟส			
	รวม			

วิธีการใช้งานใบงานเครื่องกลไฟฟ้า 1 เนื่องจากการทดลองในกลุ่มของเครื่องกลไฟฟ้านั้นมีลักษณะความหลากหลายของชุดทดลองที่จะนำมาใช้ ซึ่งแต่ละยี่ห้อจะมีลักษณะการต่อที่ไม่เหมือนกัน และยังมีขนาดเครื่องที่ไม่เท่ากัน ฉะนั้นการจัดทำใบปฏิบัติงานจึงไม่สามารถระบุขนาดที่คงที่ได้ จากปัญหาดังกล่าวจึงทำการแก้ไขข้อมูลในรูปของเปอร์เซ็นต์ในการปรับ จึงต้องมีการทำความเข้าใจก่อนการปฏิบัติงาน

1.ควรศึกษาถึงรายละเอียดพิกต์ต่าง ๆ ของเครื่องกลไฟฟ้า

หม้อแปลง

ด้าน	จำนวนรอบ	แรงดันไฟฟ้า(V)	กระแสไฟฟ้า(A)
ปฐมภูมิ			
ทุติยภูมิ1			
ทุติยภูมิ			
ความถี่.....Hz	กำลังเอาต์พุต..... VA		

เครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง

กำลังเอาต์พุต.....KW	แรงดัน.....V
กระแสสนามขานาน.....A	กระแสอาร์เมเจอร์.....A
กระแสสนามอนุกรม.....A	ความเร็วรอบ.....RPM

2.ความหมายของคำจำกัดความ

สัญลักษณ์	ความหมาย
I_{Fmax}	พิกัดของกระแสสนามของเครื่องกลที่นำมาใช้
I_{Lmax}	พิกัดของกระแสเอาต์พุตของเครื่องกลที่นำมาใช้
n_{max}	พิกัดของความเร็วของเครื่องกลที่นำมาใช้
V_{Tmax}	พิกัดของแรงดันที่จ่ายให้กับตัวต้นกำลังขับ
I_{Amax}	พิกัดของกระแสอาร์เมเจอร์ของเครื่องกลที่นำมาใช้
V_{max}	พิกัดของแรงดันที่จ่ายให้กับหม้อแปลงที่นำมาใช้
I_{max}	พิกัดของกระแสด้านที่ทำการทดสอบ
I_{2max}	พิกัดของกระแสทุติยภูมิที่ทำการทดสอบ

3. การเทียบค่าจากข้อมูลของตาราง

ตัวอย่าง เครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีพิกัดต่าง ๆ ดังนี้

แรงดันเอาต์พุต 230 V

กระแสเอาต์พุต 5.7 A

กำลังเอาต์พุต 1 kW

กระแสสนามขนา 0.5 A

ตารางที่ 1 หาคุณสมบัติของ $E_A = f(I_A)$ ความเร็ว 1,000 รอบ/นาที

ใบปฏิบัติงานวิชาเครื่องกลไฟฟ้า 1

(Electrical Machine 1)

รหัสวิชา 30104-2005 ท-ป-น 2-3-3

ใบงานที่ 1 เครื่องกำเนิดแบบแยกกระตุ้น (Separately Excited Generator)

ชื่อ.....รหัส.....ชั้น/ช่าง.....

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาคุณลักษณะของเครื่องกำเนิดแบบแยกกระตุ้น
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของแรงดันในฟังก์ชันของกระแสสนาม ขณะไม่มีโหลด
3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของแรงดันฟังก์ชันของความเร็ว ขณะไม่มีโหลด
4. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของแรงดันที่ชั่ว ขณะมีโหลด
5. ปฏิบัติการต่อวงจรการทดลองได้อย่างถูกต้อง

ทฤษฎีเบื้องต้น

เครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง (DC Machine) สามารถทำงานได้สองระบบคือเป็นมอเตอร์หรือเครื่องกำเนิดก็ได้ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับแหล่งพลังงานที่จ่ายให้กับเครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรงตัวนี้

แม่เหล็กไฟฟ้านั้นเกิดจากการจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไปในขดลวด ทำให้ขดลวดนั้นเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นรอบขดลวด ซึ่งจะเรียกกระแสนี้ว่ากระแสกระตุ้น (Excitation Current) สามารถทำได้ 2 ลักษณะคือ ถ้าแยกขดลวดออกมาจากขั้วของแหล่งจ่ายไฟ เรียกว่าเครื่องกำเนิดแบบแยกกระตุ้น (Separately Excited Generator) แต่ถ้าใช้แรงดันที่เหนี่ยวนำขึ้นเป็นตัวจ่าย เรียกว่า เครื่องกำเนิดแบบกระตุ้นตัวเอง (Self-Excited Generator)

ถ้าสมมติให้ขดลวดสนาม (Shunt Field) ที่ต่ออยู่กับแหล่งจ่ายไฟตรงภายนอกเป็นตัวกำเนิดสนามแม่เหล็กในเครื่องกำเนิด และตัวหมุน หรือเรียกว่า อาร์เมเจอร์ (Armature) ถูกทำให้หมุนโดยตัวขับ (Driver) จะทำให้ขดลวดที่อาร์เมเจอรันั้นหมุนตัดกับสนามแม่เหล็กและเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (Induced Voltage) ขึ้นมา โดยพิจารณาได้จากสมการนี้

$$E_A = \frac{ZP}{60a} \phi n \quad ; \quad \text{ถ้า } k_e = \frac{ZP}{60a}$$

$$E_A = K_e \phi n$$

$$E_A = \text{แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ}$$

$$K_e = \text{ค่าคงที่ของเครื่องกลทางไฟฟ้า}$$

$$\phi = \text{เส้นแรงแม่เหล็กต่อขั้ว แต่ } \phi \sim I_F$$

$$n = \text{ความเร็วรอบของตัวต้นกำลังขับ (รอบต่อนาที)}$$

เนื่องจากแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นเป็นกระแสสลับ แต่ที่จ่ายออกมาที่ขั้วนั้นจะเป็นแรงดันไฟตรง เนื่องจากผ่านการเรียงกระแสจากคอมมิวเตเตอร์

จากสมการที่ผ่านมานั้นจะมีองค์ประกอบด้วยกัน 2 ตัว ที่เป็นผลทำให้แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำมีการเปลี่ยนแปลงคือ ความเร็ว (n) ของตัวต้นกำลัง และเส้นแรงแม่เหล็ก(Φ) ที่จะทำให้แรงดันที่ขั้วเกิดการเปลี่ยนแปลง

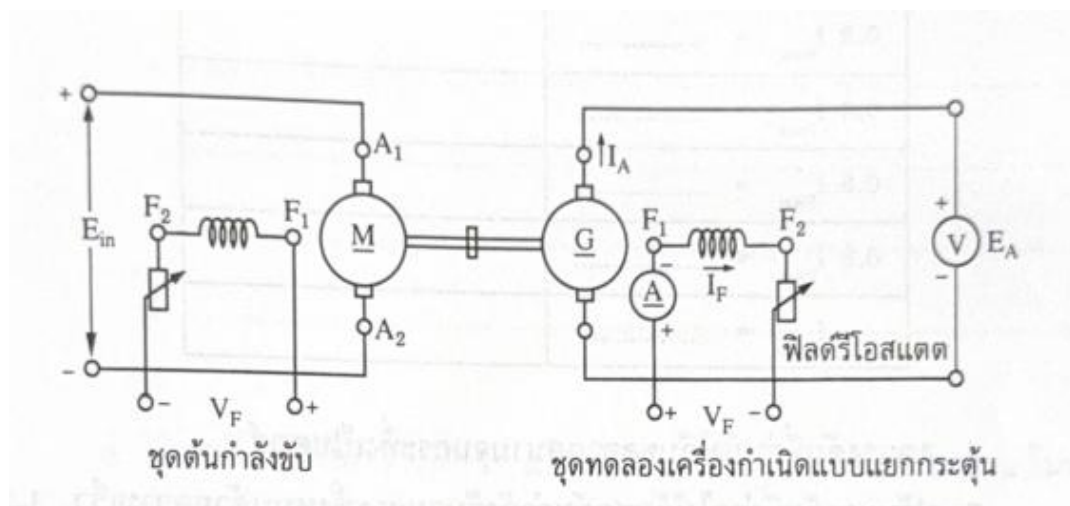
เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

1. ชุดเครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง	1 ชุด
2. ชุดต้นกำลังขับ	1 ชุด
3. ชุดโหลดความต้านทานปรับค่าได้	1 ชุด
4. ชุดรีโอสแตต	1 ชุด
5. โวลต์มิเตอร์กระแสตรง	1 เครื่อง
6. แอมมิเตอร์กระแสตรงขนาด 1 แอมป์	1 เครื่อง
7. แอมมิเตอร์กระแสตรงขนาด 5 แอมป์	1 เครื่อง
8. เครื่องวัดความเร็วรอบ	1 เครื่อง
9. สายต่อวงจร	

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

คุณสมบัติขณะไม่มีโหลด (No-Load Characteristics)

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 1



รูปที่ 1 วงจรการทดลองขณะไม่มีโหลด (No-Load)

2. จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับชุดต้นกำลังขับ โดยค่อย ๆ ปรับจากศูนย์โวลต์ไปจนกระทั่งถึงแรงดันไฟฟ้าที่ทำให้มอเตอร์หมุนที่ความเร็ว 1,000 รอบ/นาที และรักษาระดับความเร็วให้คงที่ตลอดการทดลอง

3. ปรับแรงดันที่จ่ายให้กับขดลวดสนาม (Field Coil) ของชุดเครื่องกำเนิดให้มีค่า 0 จนถึง I_{FMax} แอมมิเตอร์ (I_{FMax} คือ พิกัดของขดลวดสนามแต่ละเครื่อง) แล้วบันทึกผลการทดลองในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 หาคุณสมบัติของ $E_A = f(I_F)$ ความเร็ว 1,000 รอบ/นาที

$I_F(A)$	$E_A(V)$
0	
$0.2I_{FMax} = \dots\dots\dots$	
$0.4I_{FMax} = \dots\dots\dots$	
$0.6I_{FMax} = \dots\dots\dots$	
$0.8I_{FMax} = \dots\dots\dots$	
$I_{FMax} = \dots\dots\dots$	

4. ลดแรงดันที่จ่ายให้กับขดลวดสนามจนกระทั่งเป็นศูนย์

5. ปรับแรงดันที่จ่ายให้กับชุดต้นกำลังขับจนกระทั่งหมุนด้วยความเร็ว 1,500 รอบ/นาที และทำการตามข้อ 3 บันทึกผลการทดลองในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 หาคุณสมบัติของ $E_A = f(I_F)$ ความเร็ว 1,500 รอบ/นาที (หรือความเร็วที่หมุนได้)

$I_F(A)$	$E_A(V)$
0	
$0.2I_{FMax} = \dots\dots\dots$	
$0.4I_{FMax} = \dots\dots\dots$	
$0.6I_{FMax} = \dots\dots\dots$	
$0.8I_{FMax} = \dots\dots\dots$	
$I_{FMax} = \dots\dots\dots$	

6. ลดค่าแรงดันที่จ่ายให้กับขดลวดสนามจนกระทั่งเป็นศูนย์ของชุดเครื่องกำเนิด

7. ทำการกลับขั้วของแรงดันที่จ่ายให้กับขดลวดสนามและทำการปรับแรงดันที่

จ่ายจนได้ค่า $I_F = I_{FMax}$ จะมีผลอย่างไรเกิดขึ้น

.....

.....

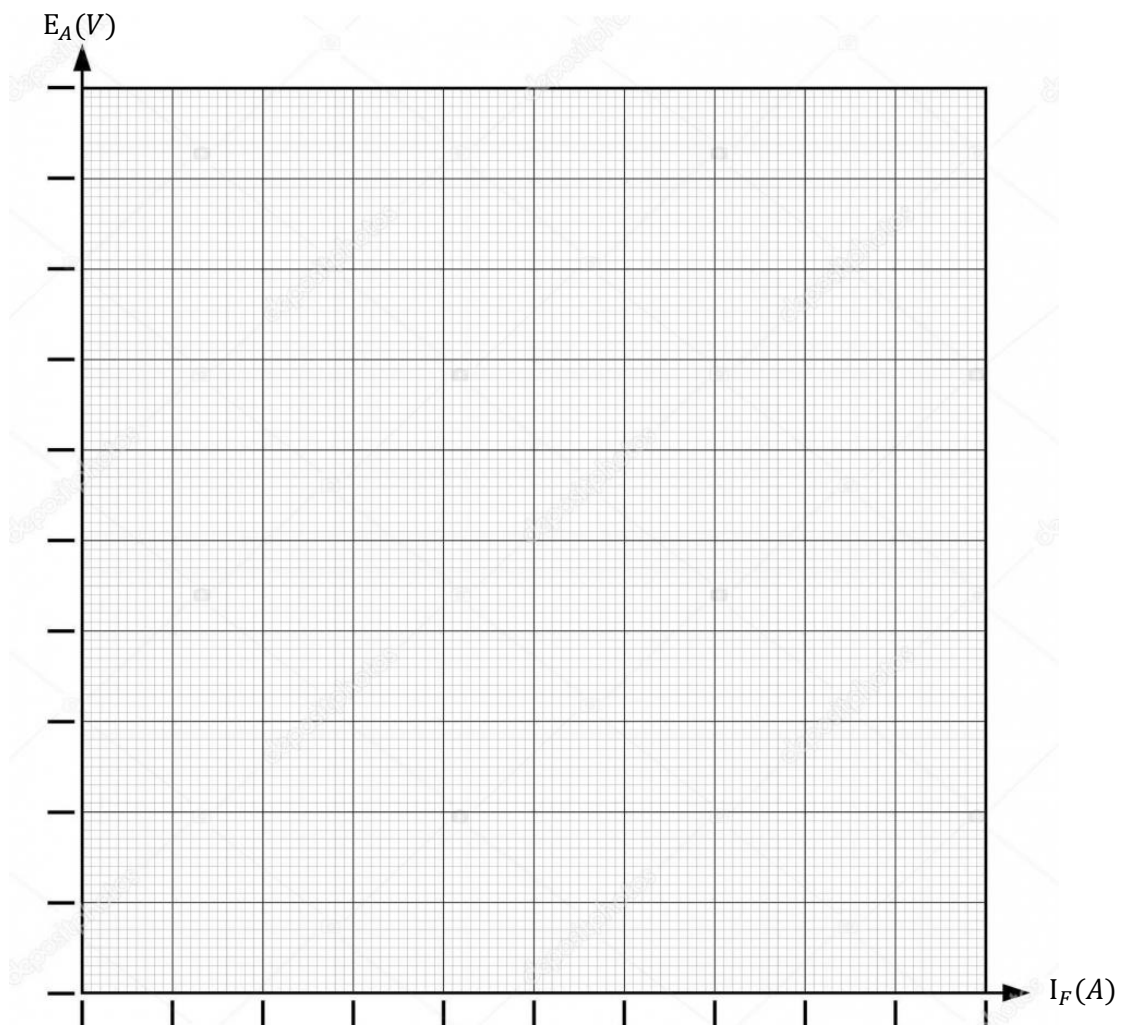
.....

.....

.....

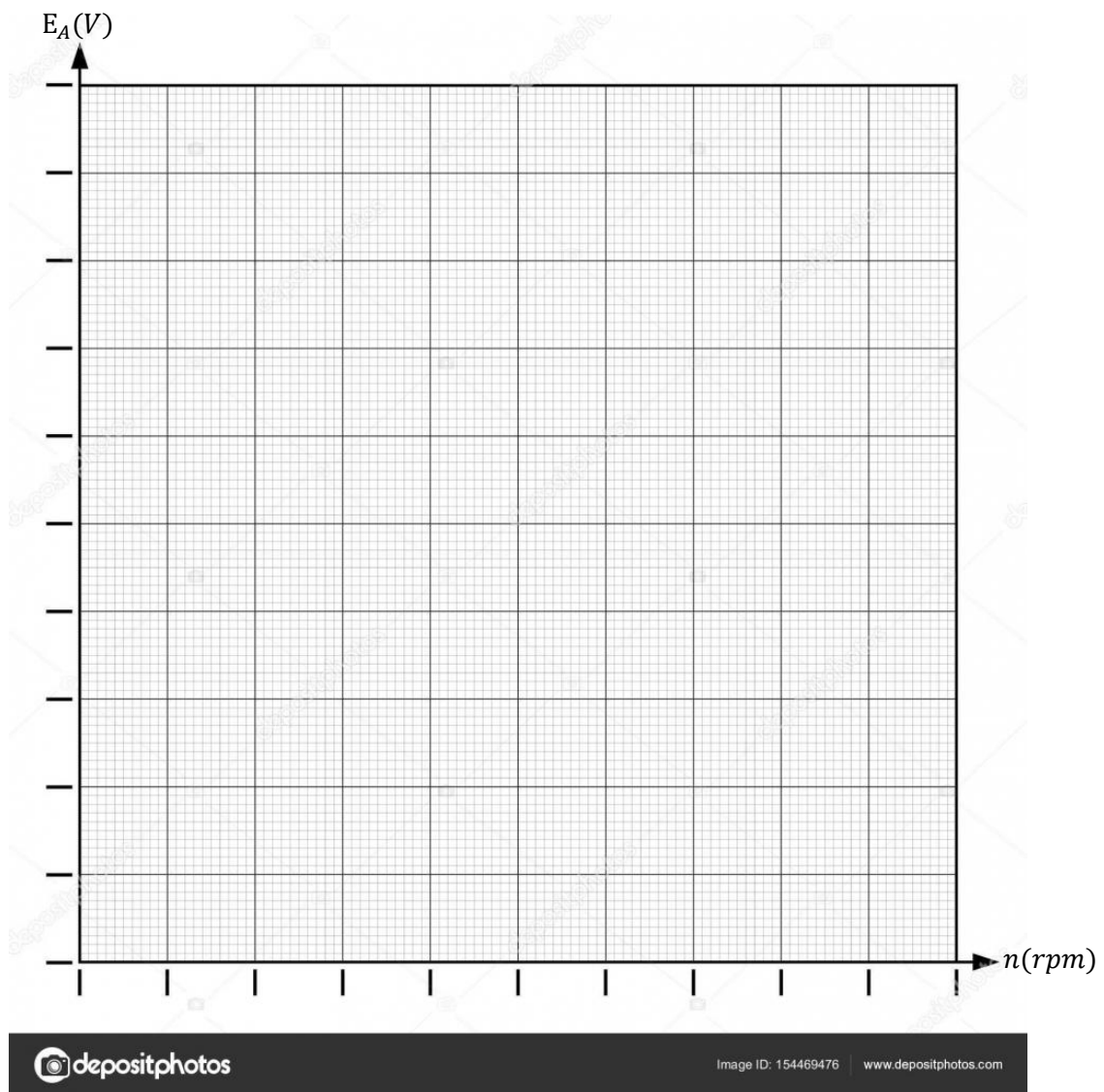
.....

8. นำค่าที่ได้จากตารางที่ 1 และ 2 มาพล็อตกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $E_A = f(I_F)$ ที่ความถี่คงที่ 1,200 รอบ/นาที่ และ 1,500 รอบ/นาที่



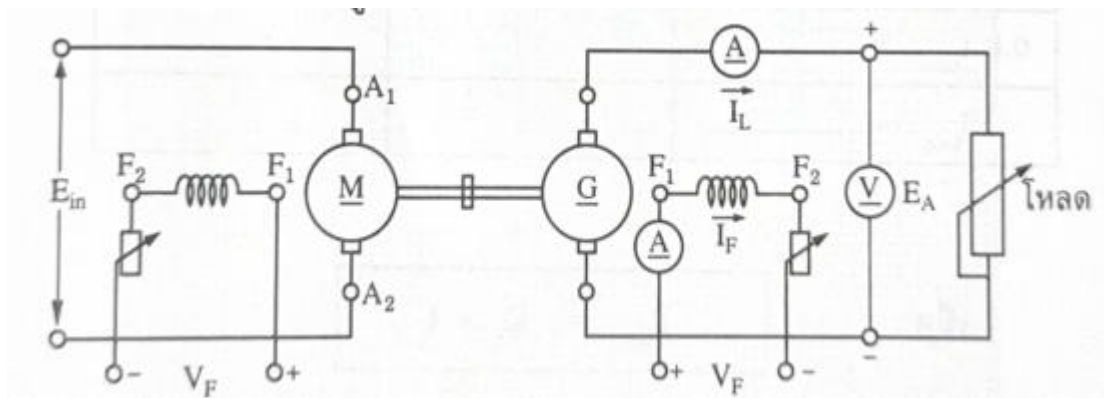
ตารางที่ 3 หาคุนสมบัติของ $E_A = F(n)$ ที่ $I_F = 0.2I_{Fmax}$

13. ให้นำค่าจากตารางที่ 3 และ 4 มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $E_A = F(n)$ ที่ค่ากระแส I_F คงที่ $0.2I_{Fmax}$ และ I_{Fmax}



คุณสมบัติขณะมีโหลด (ON-Load Characteristics)

14. ต่อวงจรตามรูปที่ 2



ชุดต้นกำลังขับ

ชุดทดลองเครื่องกำเนิดแบบแยกกระตุ้น

รูปที่ 2 วงจรการทดลองขณะมีโหลด (ON-Load)

15. จ่ายแรงดันให้กับชุดกำลังขับจนหมุนด้วยความเร็วรอบที่พิกัดของเครื่องกำเนิด

16. ปรับค่ากระแสขดลวดสนามจนกระทั่งแรงดันเอาต์พุตของเครื่องกำเนิดมีค่า $E_A = E_{Amax}$ จะมีค่าของกระแสขดลวดสนามเท่าใด

$I_F = \dots\dots\dots$ แอมป์

17. นำโหลดเข้ามาต่อที่เอาต์พุตของเครื่องกำเนิด โดยการตั้งค่าโหลดไว้ตำแหน่งสูงสุด (มีค่าความต้านทานสูงสุด) และทำการปรับค่าจนได้ค่าของกระแสในตารางที่ 5 (ต้องพิจารณาจากกระแสพิกัดของเครื่องกำเนิด)

$I_L (A)$	$E_A (V)$	$P_{OUT} (W)$
0		
$0.2I_{Lmax}$		
$0.4I_{Lmax}$		
$0.6I_{Lmax}$		
$0.8I_{Lmax}$		
I_{Lmax}		

เมื่อ $P_{OUT} = E_A \times I_L$

18. ให้คำนวณหาการคุมค่าแรงดัน (Voltage Regulation ; VR) ของเครื่องกำเนิด

$$VR = \frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{NL}} \times 100$$

เมื่อ V_{NL} คือ แรงดันขณะไม่มีโหลด V_{FL} คือแรงดันขณะต่อโหลดเต็มพิกัด

.....

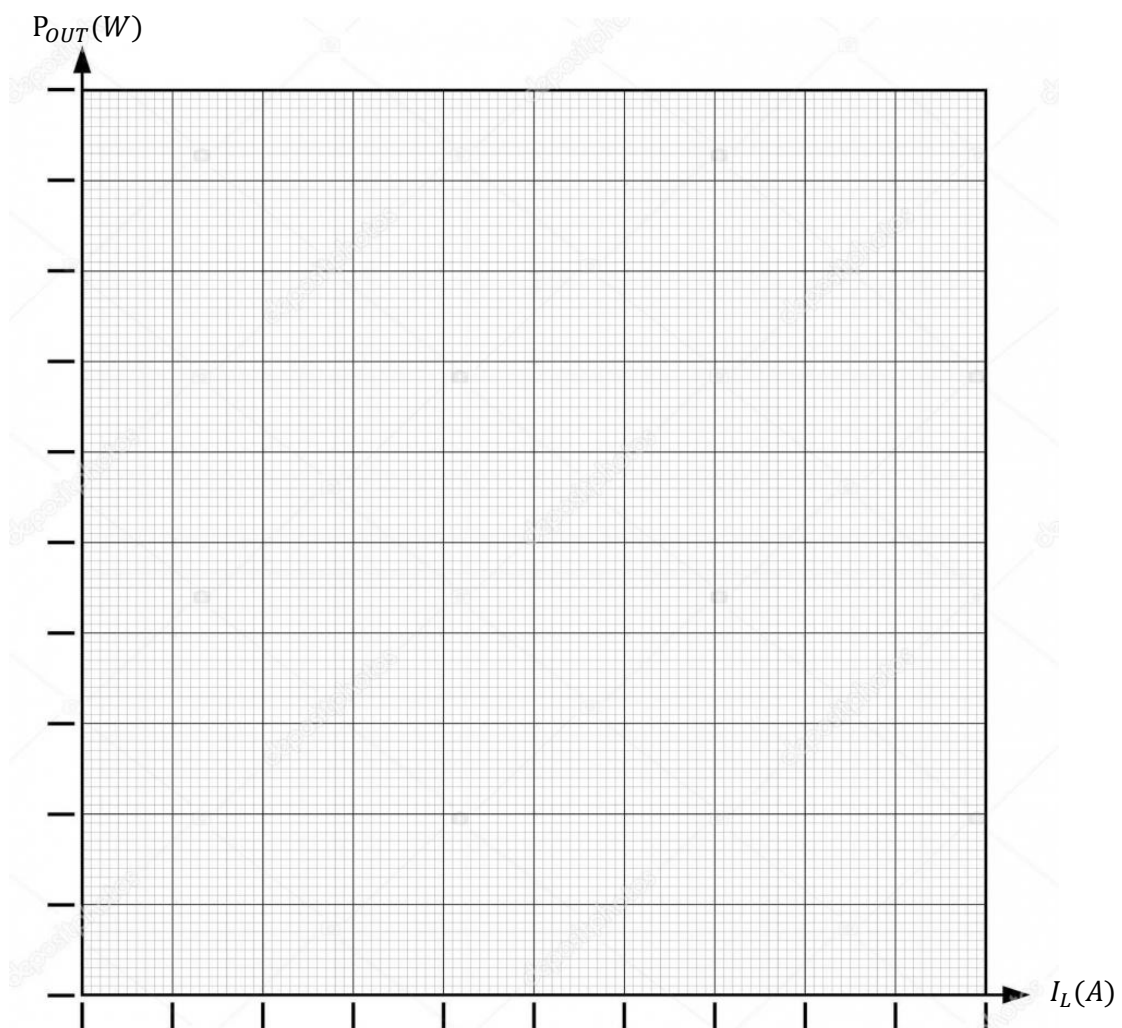
.....

.....

.....

.....

19. ให้นำค่าจากตารางที่ 5 มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังทางด้านเอาต์พุตกับกระแสโหลด $P_{OUT} = f(I_L)$



คำถามท้ายการทดลอง

1. จงอธิบายการเกิดแรงเคลื่อนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแยกกระตุ้น

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ปัจจัยอะไรบ้างที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนที่เกิดขึ้น

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. จะมีวิธีการอย่างไรบ้างที่จะทำการกลับขั้วของแรงดันที่เกิดขึ้น

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. จงบอกถึงข้อดีและข้อเสียที่เกิดขึ้นกับเครื่องกำเนิดแบบแยกกระตุ้น

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ในการขับเคลื่อนครั้งนี้ (สมมติให้เครื่องมีประสิทธิภาพ 80%)

[illegible]

[illegible]

ลงชื่อผู้ตรวจ.....วันที่ส่ง.....

ใบปฏิบัติงานวิชาเครื่องกลไฟฟ้า 1

(Electrical Machine 1)

รหัสวิชา 30104-2005 ท-ป-น 2-3-3

ใบงานที่ 2 เครื่องกำเนิดแบบขนาน (Shunt Generator)

ชื่อ.....รหัส.....ชั้น/ช่าง.....

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาคุณลักษณะของเครื่องกำเนิดแบบขนาน
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของแรงดันในฟังก์ชันของกระแสสนาม ขณะไม่มีโหลด
3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของแรงดันในฟังก์ชันของความเร็ว ขณะไม่มีโหลด
4. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของแรงดันที่ชั่ว ขณะมีโหลด
5. ปฏิบัติการต่อวงจรการทดลองได้อย่างถูกต้อง

ทฤษฎีเบื้องต้น

เครื่องกำเนิดแบบกระตุ้นตัวเองนั้น ขดลวดสนามแม่เหล็กจะต่ออยู่กับขั้วของอาร์เมเจอร์อาจจะต่อคร่อมกับเอาต์พุต ต่ออนุกรมกับเอาต์พุต หรืออาจจะรวมทั้งสองอย่างโดยจะมีชื่อเรียกตามลักษณะการต่อ และทำให้เกิดคุณสมบัติต่าง ๆ กัน

จากที่กล่าวมานี้โครงสร้างของเครื่องกำเนิดจะเหมือนกัน โดยการกระตุ้นในตัวเอง (Self-Excitation) จะเกิดขึ้นได้เนื่องจากสนามแม่เหล็กตกค้าง (Residual Magnetism) ที่แกนเหล็กสเตเตอร์ขณะที่อาร์เมเจอร์เกิดการเคลื่อนที่จะทำให้เกิดแรงดันเหนี่ยวนำขึ้นภายในขดลวด และขดลวดขนานที่ต่อคร่อมกับเอาต์พุตของอาร์เมเจอร์ ทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมที่ขดลวดขนานเช่นกัน มีผลทำให้ขดลวดขนานเกิดสนามแม่เหล็กไปเสริมกับสนามแม่เหล็กตกค้างเดิม ทำให้อาร์เมเจอร์สร้างแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำเพิ่มมากขึ้น เรียกวิธีการนี้ว่าการสร้างสมแรงดัน (Voltage Build-Up)

สมการการหาแรงดัน

$$E_A = K_e \Phi n$$

แต่ค่าแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นจะมีทิศทางตรงกันข้าม ทำให้สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นหักล้างกับสนามแม่เหล็กตกค้าง ซึ่งจะทำให้ไม่เกิดการสร้างสมแรงดัน ฉะนั้นต้องทำการเปลี่ยนขั้วของขดลวดขนาน หรือทิศทางการหมุนของตัวต้นกำลังขับ

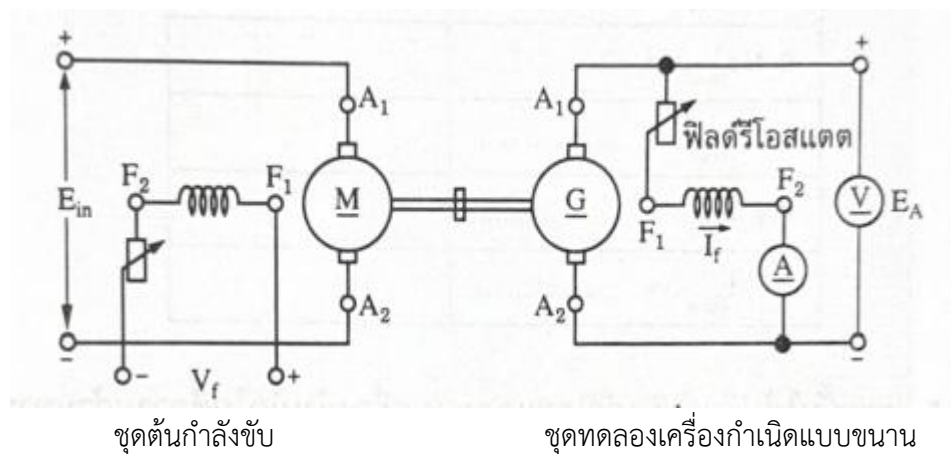
เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

1. ชุดเครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง	1 ชุด
2. ชุดต้นกำลังขับ	1 ชุด
3. ชุดโหลดความต้านทานปรับค่าได้	1 ชุด
4. ชุดรีโอสแตต	1 ชุด
5. โวลต์มิเตอร์กระแสตรง	1 เครื่อง
6. แอมมิเตอร์กระแสตรงขนาด 1 แอมป์	1 เครื่อง
7. แอมมิเตอร์กระแสตรงขนาด 5 แอมป์	1 เครื่อง
8. เครื่องวัดความเร็วรอบ	1 เครื่อง
9. สายต่อวงจร	

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

การทดลองขณะไม่มีโหลด

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 1



รูปที่ 1 วงจรการทดลองขณะไม่มีโหลด

2. ปรับค่าที่ฟิลดรีโอสแตตให้มีค่าความต้านทานสูงสุด
3. จ่ายแรงดันให้กับตัวต้นกำลัง โดยมีค่าความเร็วของการหมุน 1,000 รอบ/นาที และจะต้องรักษาความเร็วให้คงที่เสมอ
4. ปรับฟิลดรีโอสแตตของเครื่องกำเนิดให้มีค่ากระแสไหลผ่านขดลวดขนานตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ที่ความเร็ว 1,000 รอบ/นาที

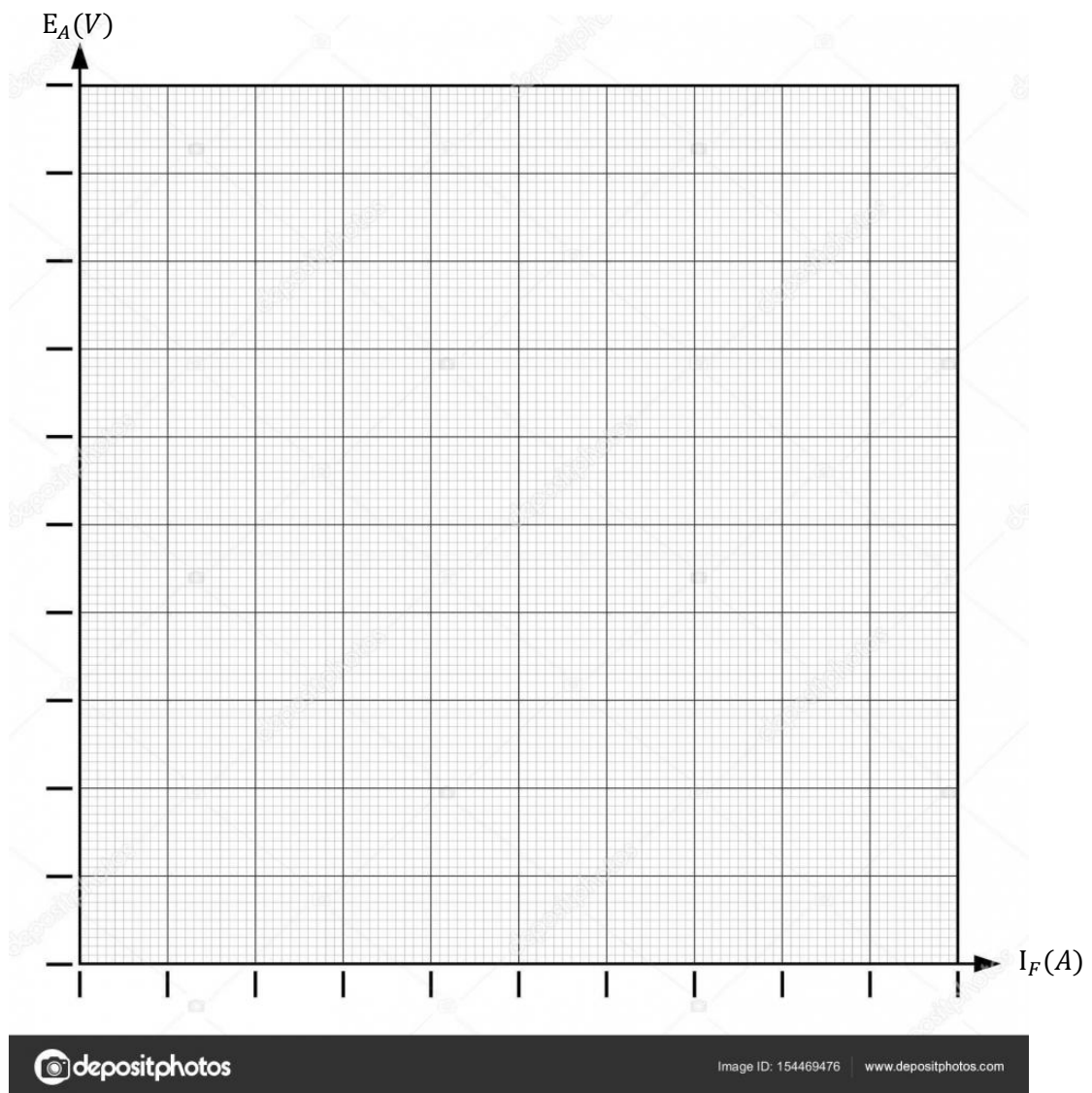
$I_F(A)$	$E_A(V)$
0	
$0.2I_{FMax}=.....$	
$0.4I_{FMax}=.....$	
$0.6I_{FMax}=.....$	
$0.8I_{FMax}=.....$	
$I_{FMax}=.....$	

5. จากนั้นให้ปรับค่าฟิลต์รีโอสแตตของเครื่องกำเนิดไปที่ความต้านทานสูงสุด
6. เพิ่มความเร็วของตัวต้นกำลังเป็น 1,500 รอบ/นาที รักษาให้คงที่และทำตามข้อ 4 พร้อมบันทึกค่าในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ที่ความเร็ว 1,500 รอบ/นาที (หรือความเร็วที่หมุนได้)

$I_F(A)$	$E_A(V)$
0	
$0.2I_{FMax}=.....$	
$0.4I_{FMax}=.....$	
$0.6I_{FMax}=.....$	
$0.8I_{FMax}=.....$	
$I_{FMax}=.....$	

7. จากตารางที่ 1 และ 2 จงเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $E_A = f(I_F)$



8. ทำการลดความเร็วของมอเตอร์ให้เหลือ $0.4n_{max}$ และทำการปรับฟิลต์รีโอสแตตให้ค่ากระแส $I_F = 0.3I_{Fmax}$ ทำการรักษาระดับให้คงที่ และทำการบันทึกค่าในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 กระแส $I_F = 0.3I_{Fmax}$

$n(rpm)$	$E_A(V)$
$0.4n_{Max} = \dots\dots\dots$	
$0.5n_{Max} = \dots\dots\dots$	
$0.6n_{Max} = \dots\dots\dots$	
$0.7n_{Max} = \dots\dots\dots$	
$0.8n_{Max} = \dots\dots\dots$	
$0.9n_{Max} = \dots\dots\dots$	
$n_{Max} = \dots\dots\dots$	

9. ให้ทำการปรับค่าความเร็วตามตารางที่ 3 และบันทึกผล E_A ในตารางที่ 3

10. จากนั้นให้ลดค่าความเร็วเหลือ $0.5n_{Max}$ และให้ปรับฟิลเตอร์โอสแตตจนกระทั่งมีค่ากระแส

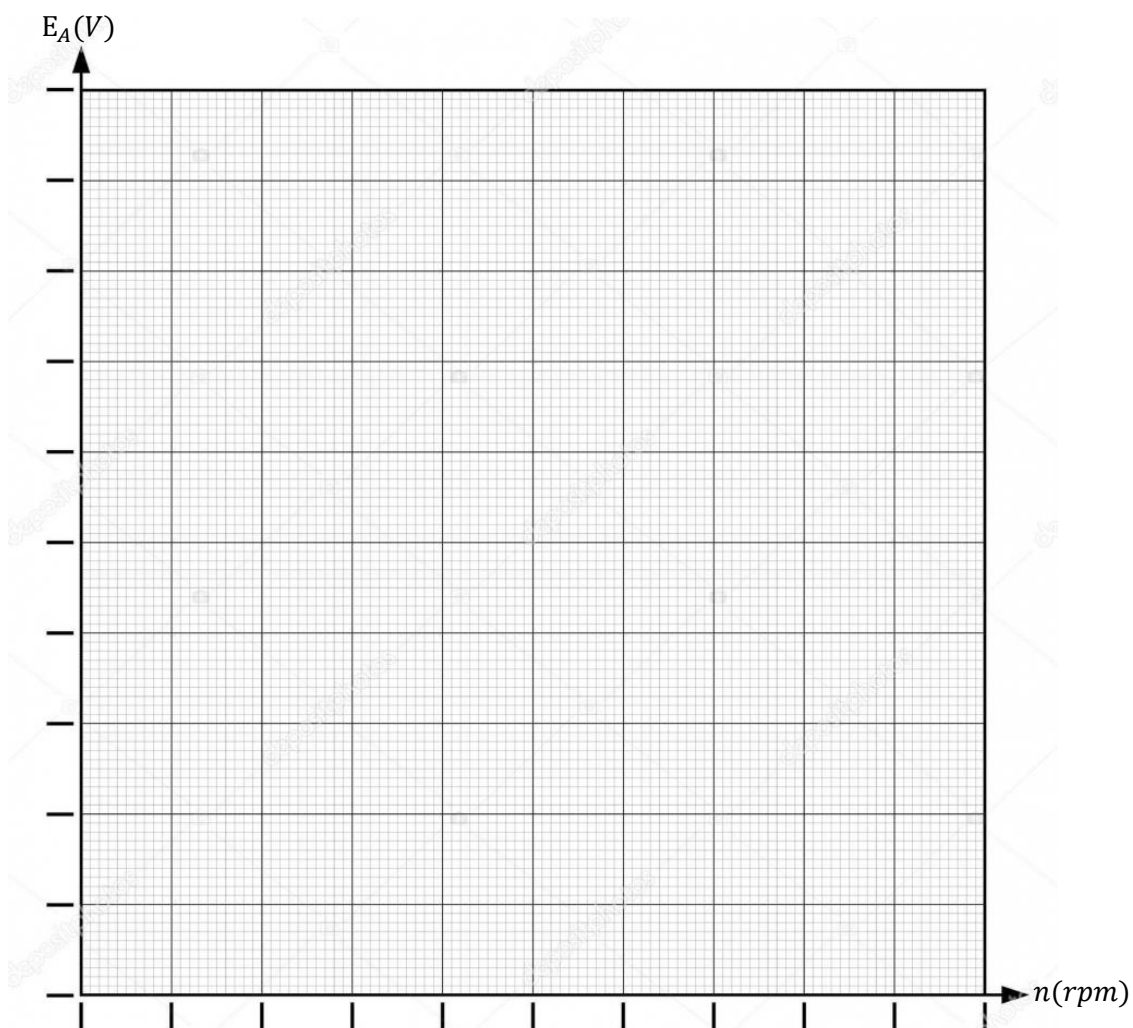
$I_F = 0.5I_{Fmax}$ และทำการบันทึกค่าในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่ากระแส $I_F = 0.4I_{Fmax}$

$n(rpm)$	$E_A(V)$
$0.4n_{Max} = \dots\dots\dots$	
$0.5n_{Max} = \dots\dots\dots$	
$0.6n_{Max} = \dots\dots\dots$	
$0.7n_{Max} = \dots\dots\dots$	
$0.8n_{Max} = \dots\dots\dots$	
$0.9n_{Max} = \dots\dots\dots$	
$n_{Max} = \dots\dots\dots$	

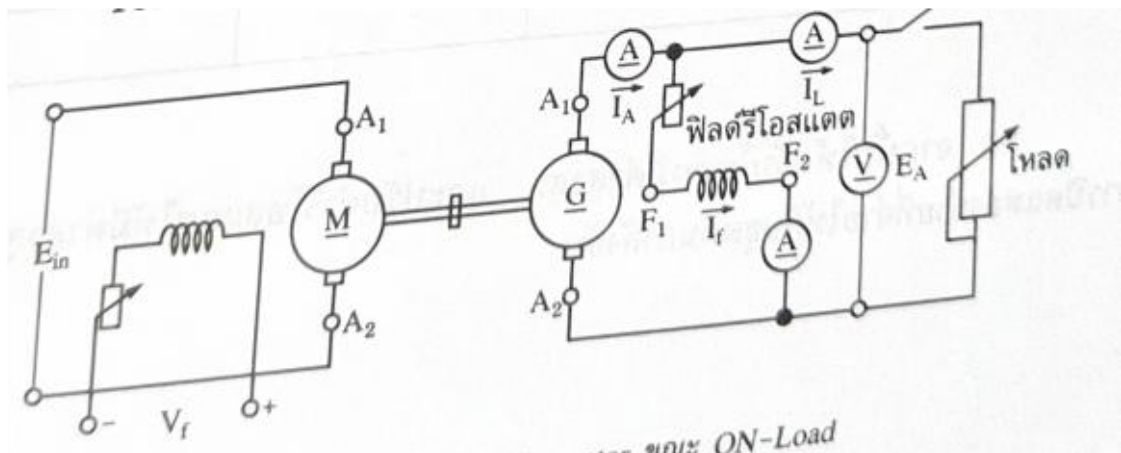
11. ปรับค่าความต้านทานของรีโอสแตตให้มีค่าสูงสุด และทำการลดความเร็วของตัวต้นกำลังขับ พร้อมกับปิดแหล่งแรงดัน

12. นำค่าที่ได้จากตารางที่ 3 และ 4 มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $E_A = F(n)$



การทดลองขณะมีโหลด

13. ต่อกับวงจรตามรูปที่ 2



รูปที่ 2 DC Shunt Generator ขณะ ON-Load

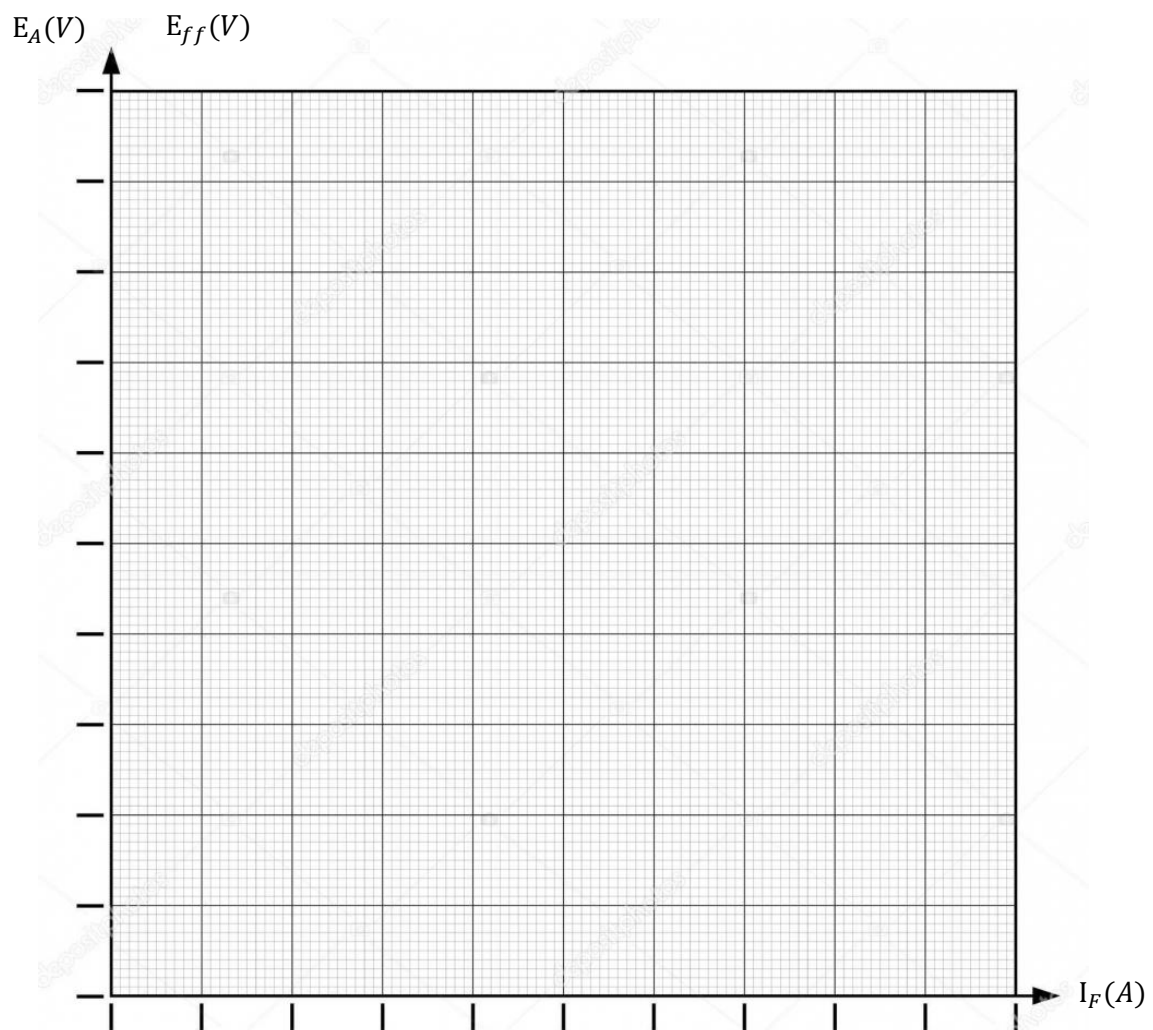
14. เปิดสวิตช์ออกจากวงจรของเครื่องกำเนิดก่อน
15. ปรับค่าความต้านทานของรีโอสเตตให้มีค่าสูงสุด
16. เปิดแหล่งจ่ายให้กับตัวต้นกำลังหมุนที่ความเร็ว 1,000 รอบ/นาที
17. ปรับฟิลเตอร์โอสเตตให้แรงดันที่ $E_A = E_{Amax}$ (ยังไม่ต่อโหลด) และบันทึกค่าลงในตารางที่ 5
18. ปิดสวิตช์โหลดและปรับค่าจนได้ค่า I_L ตามตาราง และปรับจนถึงค่าพิกัดของโหลด บันทึกค่าลงในตารางที่ 5 (ค่าของความต้านทานโหลดที่นำมาต่อขึ้นจะต้องมีค่า ของกระแสไหลผ่านไม่เกินพิกัดของเครื่องกำเนิด)

ตารางที่ 5 ขณะต่อโหลด ON-Load

$I_L (A)$	$I_A (A)$	$E_A (V)$	$P_{OUT} (W)$
0			
$0.2I_{Lmax}$			
$0.4I_{Lmax}$			
$0.6I_{Lmax}$			
$0.8I_{Lmax}$			
I_{Lmax}			

19. จากนั้นให้ปรับโหลดมีค่าสูงสุด และปรับค่ารีโอสเตตให้มีค่าสูงสุดแล้วทำการปิดแหล่งจ่ายที่จ่ายให้กับชุดต้นกำลังขับ

20. นำค่าจากตารางที่ 5 มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ดังนี้ $E_A = f(I_A)$
และ $E_{ff} = f(I_A)$



คำถามท้ายการทดลอง

1. ถ้าเครื่องกำเนิดไม่กำเนิดแรงดันขึ้นมา จะมีวิธีการแก้ไขอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. หลังจากเครื่องกำเนิดถูกใช้งานมาแล้วปรากฏว่าสนามแม่เหล็กตกค้างมีค่าลดลงจะมีวิธีแก้ไขอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. ถ้าต้องการทำให้แรงดันที่ขั้วกลับขั้วได้จะมีวิธีการอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. จงคำนวณค่าแรงดันรีกูลേഷันของเครื่องกำเนิดจากตารางที่ 5

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

การคุมค่าแรงดัน (VR) =%

[illegible]

[illegible]

ลงชื่อผู้ตรวจ.....วันที่ส่ง.....

ใบปฏิบัติงานวิชาเครื่องกลไฟฟ้า 1

(Electrical Machine 1)

รหัสวิชา 30104-2005 ท-ป-น 2-3-3

ใบงานที่ 3 เครื่องกำเนิดแบบอนุกรม(Series Generator)

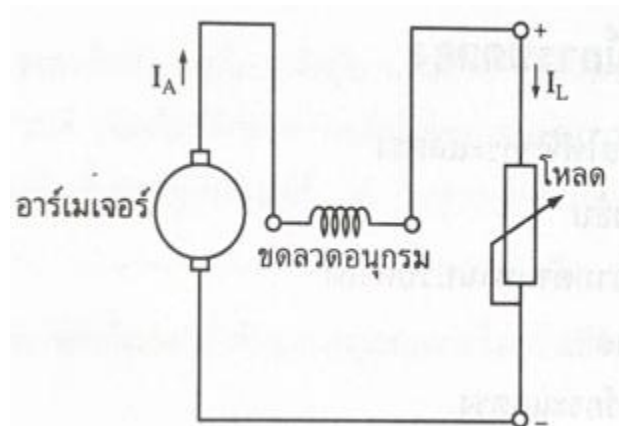
ชื่อ.....รหัส.....ชั้น/ช่าง.....

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาคุณลักษณะของเครื่องกำเนิดแบบอนุกรม
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของแรงดันที่ขั้ว ขณจะมีโหลด
3. ปฏิบัติการต่อวงจรการทดลองได้อย่างถูกต้อง

ทฤษฎีเบื้องต้น

เมื่อนำขดลวดสนามแม่เหล็กมาต่ออนุกรมกับขดลวดของอาร์เมเจอร์ จะเรียก เครื่องกำเนิดนี้ว่า เครื่องกำเนิดแบบอนุกรม ซึ่งในวงจรค่าของกระแสกระตุ้นขดลวดสนามนั้นจะเป็นตัวเดียวกับค่ากระแสโหลด ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 วงจรเครื่องกำเนิดแบบอนุกรม

จากรูปที่ 1 ถ้านำโหลดที่มีแต่ค่าความต้านทานมาต่อ จะทำให้แรงดันที่เกิดขึ้นนั้นมีค่าต่ำเนื่องจากกระแสสนามมีค่าต่ำ แต่ถ้าวงจรถูกเปิดออกจะมีผลทำให้แรงดันเอาต์พุตมีน้อยมาก ซึ่งเป็นผลมาจากค่าของฟลักซ์มีค่าน้อย และถ้าทำให้กระแสสนามมีค่าเพิ่มขึ้น ก็จะมีผลทำให้ฟลักซ์เพิ่มขึ้น จึงจะทำให้ค่าของแรงดันทางเอาต์พุตเพิ่มขึ้น

ฉะนั้นจะได้ว่า
$$I_A = I_L$$

ซึ่งทำให้แรงดันเอาต์พุตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบอนุกรมจะมีการเปลี่ยนตามค่ากระแสโหลด ซึ่งเครื่องกำเนิดแบบนี้การคุมค่าแรงดันที่ต่ำมาก จึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นแหล่งจ่ายพลังงานเครื่องกำเนิดแบบอนุกรมจะใช้กับระบบสายส่ง DC ซึ่งจะใช้ทำเป็นตัวเพิ่มแรงดันสาย (Line Voltage Boosters)

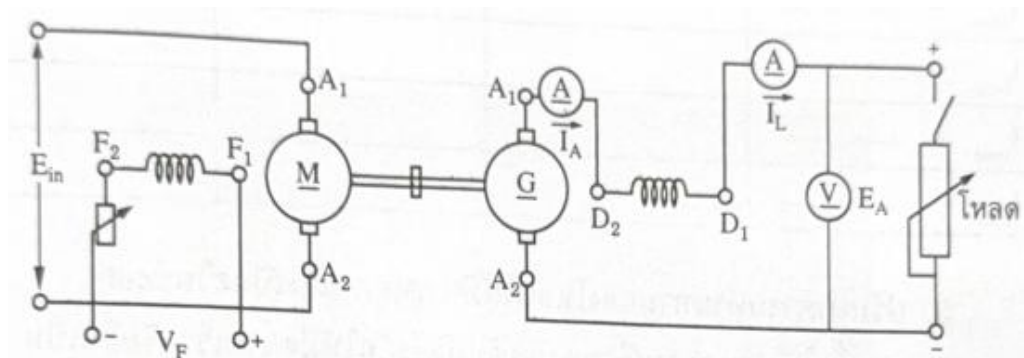
เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

- | | |
|-----------------------------------|-----------|
| 1. ชุดเครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง | 1 ชุด |
| 2. ชุดต้นกำลังขับ | 1 ชุด |
| 3. ชุดโหลดความต้านทานปรับค่าได้ | 1 ชุด |
| 4. ชุดรีโอสแตต | 1 ชุด |
| 5. โวลต์มิเตอร์กระแสตรง | 1 เครื่อง |
| 6. แอมมิเตอร์กระแสตรงขนาด 5 แอมป์ | 2 เครื่อง |
| 7. เครื่องวัดความเร็วรอบ | 1 เครื่อง |
| 8. สายต่อวงจร | |

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

คุณสมบัติขณะมีโหลด

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 1



2. จ่ายแรงดันให้กับชุดต้นกำลังขับ และทำการปรับความเร็วให้หมุนที่

$$0.5n_{max} = \dots\dots\dots \text{rpm (รอบต่อวินาที)}$$

(จะต้องรักษาความเร็วให้คงที่ตลอดการทดลอง)

3. วัดแรงดันที่เอาต์พุตของเครื่องกำเนิดโดยที่ยังไม่ต่อโหลด (เปิดสวิตช์ออก)

$$E_A = \dots\dots\dots \text{ V}$$

4. ให้ทำการต่อโหลดเข้ากับเอาต์พุตของเครื่องกำเนิด และปรับค่ากระแสโหลดตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 หาคูณสมบัติขณะต่อโหลด (ON-Load)

$I_L(A)$	$I_A(A)$	$E_A(V)$	$P_{OUT}(W)$
0			
$0.2I_{Lmax}=.....$			
$0.4I_{Lmax}=.....$			
$0.6I_{Lmax}=.....$			
$0.8I_{Lmax}=.....$			
$I_{Lmax}=.....$			

5. ปรับค่าความต้านทานของโหลดให้มีค่าสูงสุด และเปิดสวิตช์ออก

6. จากนั้นให้ปรับความเร็วของชุดต้นกำลังขับให้มีความเร็วเพิ่มขึ้นเป็น

$$n_{max} = \text{ rpm(รอบต่อนาที)}$$

7. ให้วัดค่าแรงดันที่ขั้วของเครื่องกำเนิด โดยยังต่อโหลด

$$E_A = V$$

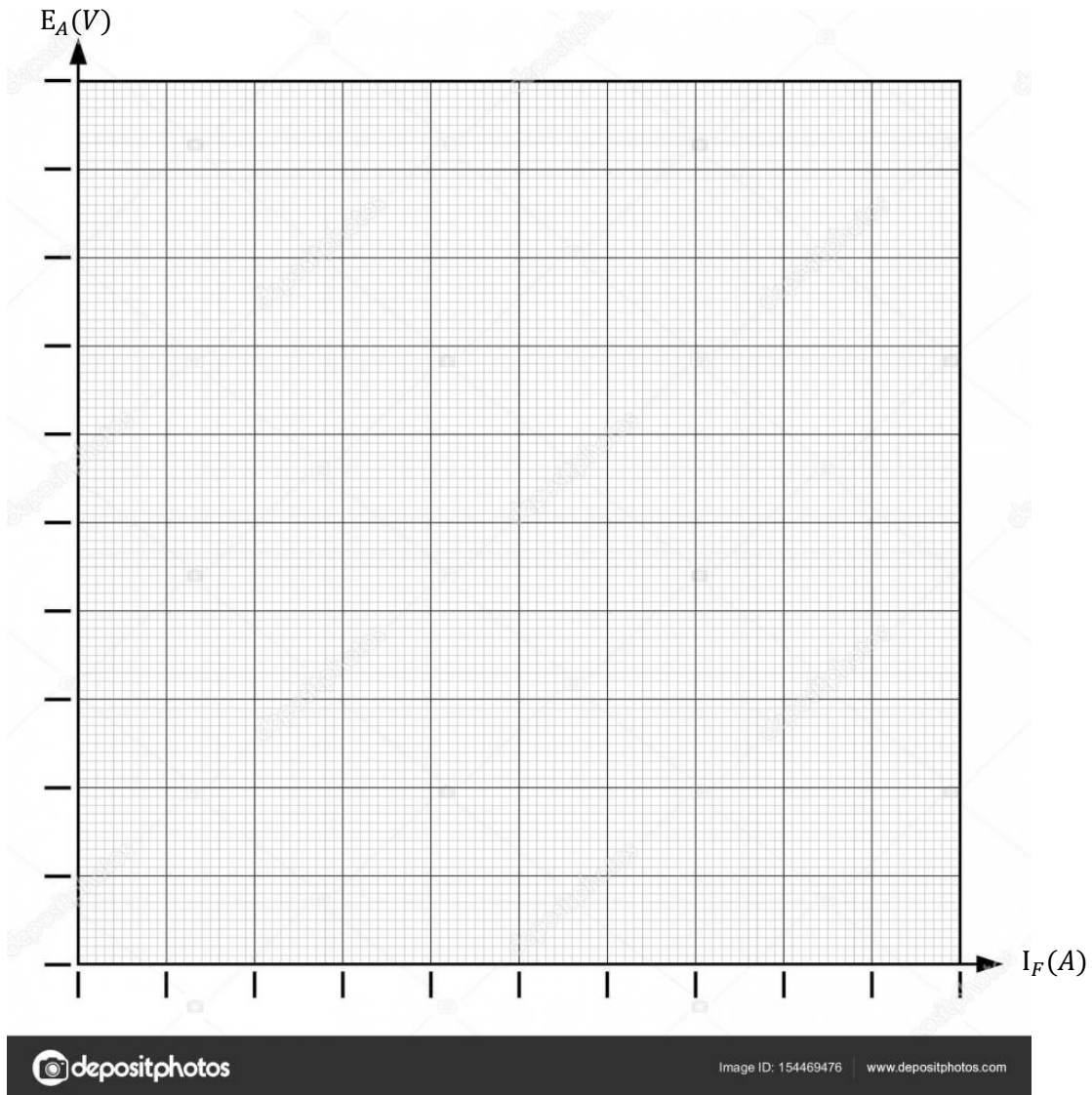
8. ให้ทำการต่อโหลดเข้ากับเอาต์พุตของเครื่องกำเนิด และทำการปรับค่ากระแสโหลดตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 หาคูณสมบัติขณะต่อโหลด (ON-Load)

$I_L(A)$	$I_A(A)$	$E_A(V)$	$P_{OUT}(W)$
0			
$0.2I_{Lmax}=.....$			
$0.4I_{Lmax}=.....$			
$0.6I_{Lmax}=.....$			
$0.8I_{Lmax}=.....$			
$I_{Lmax}=.....$			

9. ปรับโวลต์ให้มีค่าสูงสุด และปลดโวลต์ออกจากเอาต์พุตเครื่องกำเนิด
10. ปิดแหล่งจ่ายไฟ
11. นำผลที่ได้จากการทดลองในตารางที่ 1 และ 2 มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์

$$E_A = f(I_A)$$



คำถามท้ายการทดลอง

1.จากการทดลอง เพราะเหตุใดแรงดัน E_A ขณะไม่ต่อโหลดจึงมีค่าน้อย จงอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. E_A ที่ค่าความเร็วรอบ 1,000 และ 1,500 รอบ/นาที มีผลแตกต่างกันเนื่องมาจากอะไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. จากการทดลอง ค่าของแรงดันเอาต์พุตจะขึ้นอยู่กับค่าของอะไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

[illegible]

ลงชื่อผู้ตรวจ.....วันที่ส่ง.....

ใบปฏิบัติงานวิชาเครื่องกลไฟฟ้า 1

(Electrical Machine 1)

รหัสวิชา 30104-2005 ท-ป-น 2-3-3

ใบงานที่ 4 เครื่องกำเนิดแบบผสม(Compound Generator)

ชื่อ.....รหัส.....ชั้น/ช่าง.....

วัตถุประสงค์

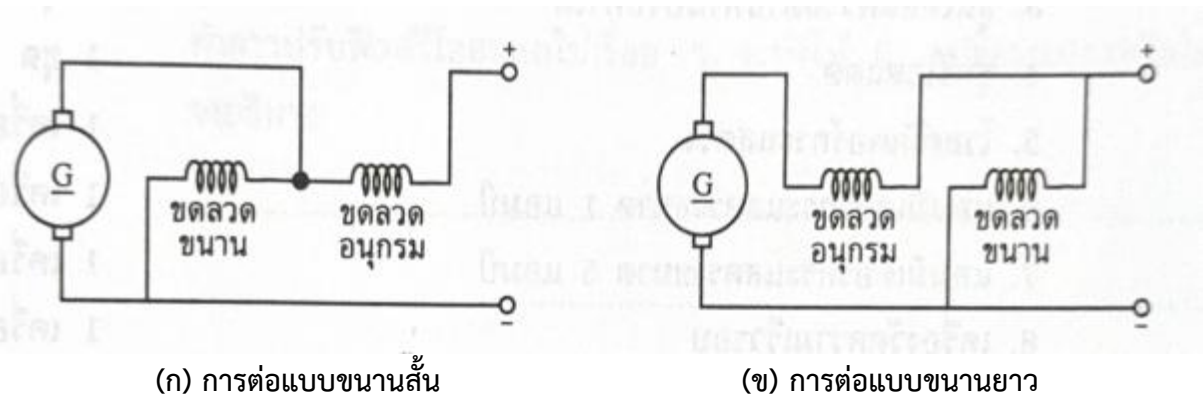
1. เพื่อศึกษาคุณลักษณะของเครื่องกำเนิดแบบผสม ในลักษณะต่าง ๆ
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของแรงดันในฟังก์ชันของกระแสสนาม ขณะไม่มีโหลด
3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของแรงดันในฟังก์ชันของความเร็ว ขณะไม่มีโหลด
4. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของแรงดันที่ชั่ว ขณะมีโหลด
5. ปฏิบัติการต่อวงจรการทดลองได้อย่างถูกต้อง

ทฤษฎีเบื้องต้น

จากการศึกษาคุณลักษณะของเครื่องกำเนิดแบบขนานก็จะพบข้อเสียคือการเปลี่ยนแปลงของกระแสโหลดจะทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมขึ้น โดยมาจาก 3 องค์ประกอบ ดังนี้

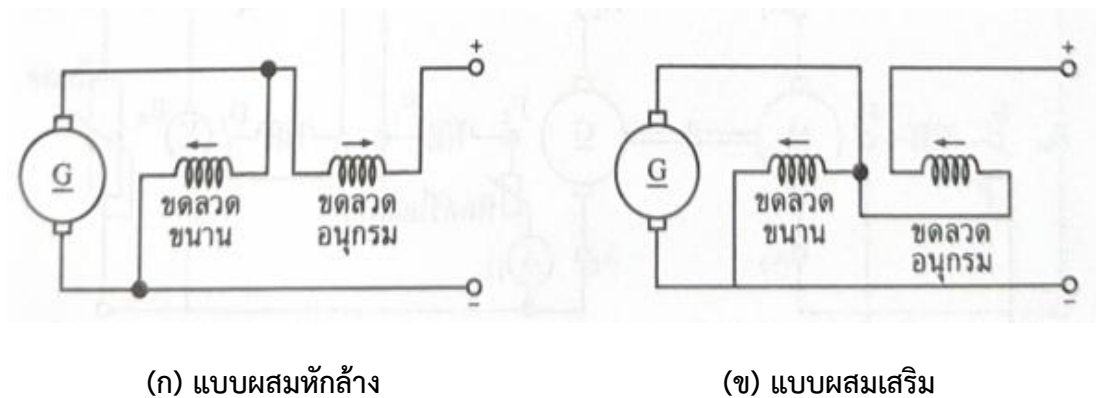
1. สนามแม่เหล็กที่ขดลวดสนามลดลงเนื่องจากสนามแม่เหล็กด้านของอาร์เมเจอร์เนื่องจากมีกระแสไหลภายในขดลวดอาร์เมเจอร์
2. แรงดันตกคร่อมที่อาร์เมเจอร์ $I_A^2 \cdot R_A$ Losses เกิดจากอาร์เมเจอร์จ่ายกระแสไปโหลด
3. ความเร็วของมอเตอร์ที่ขั้วนั้นลดลง ซึ่งเป็นผลมาจากแรงต้านของสนามแม่เหล็กที่อาร์เมเจอร์ของเครื่องกำเนิดแต่ถ้าเป็นคุณลักษณะของเครื่องกำเนิดแบบอนุกรม ถ้าไม่นำโหลดมาต่อแรงดันทางด้านเอาต์พุตจะไม่เกิดขึ้น เนื่องจากไม่มีกระแสไหลในสนามอนุกรม และยังมีค่าการคุมค่าแรงดันที่สูงแต่ถ้านำขดลวด 2 ชุด คือ สนามขนานและสนามอนุกรมมาต่อรวมกันจะมีผลทำให้สนามแม่เหล็กร่วมมือค่าเสริมกันและหักล้างกันตามลักษณะของการต่อขดลวดสนาม ซึ่งถ้า

นำสนามอนุกรมที่มีจำนวนรอบที่เหมาะสม จะสามารถชดเชยสนามแม่เหล็กรวมของเครื่องกลได้ดีกว่าเครื่องกำเนิดแบบขนาน หรือเครื่องกำเนิดแบบอนุกรม ซึ่งสามารถแบ่งการต่อออกเป็น 2 ลักษณะ คือ แบบขนานสั้น (Short Shunt) และแบบขนานยาว (Long Shunt) ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การต่อขดลวดของเครื่องกำเนิดแบบผสม

ถ้ากระแสที่ไหลเข้าขดลวดอนุกรมนั้นมีทิศทางตรงกันข้ามกับขดลวดขนาน หรือทำให้สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นเกิดการหักล้างกัน เรียกว่า เครื่องกำเนิดแบบผสมหักล้าง "Differential Compound Generator" ดังรูปที่ 2 (ก) และถ้ากระแสที่เข้าขดลวดอนุกรมนั้นมีทิศทางเดียวกันกับขดลวดขนาน หรือทำให้สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นเกิดการเสริมกัน เรียกว่าเครื่องกำเนิดแบบผสมเสริม "Cumulative Compound Generator" ดังรูปที่ 2 (ข)



รูปที่ 2 ลักษณะทิศทางของสนามแม่เหล็ก

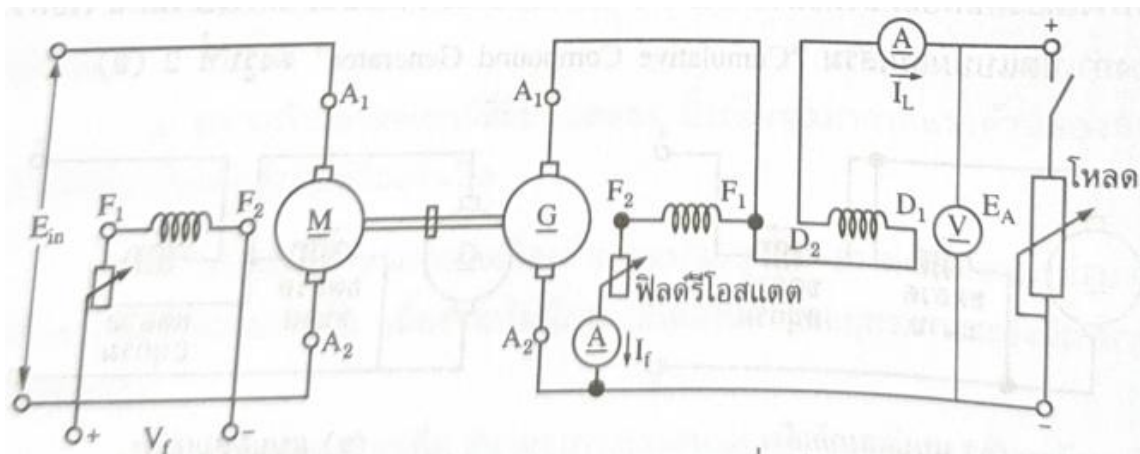
เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

1. ชุดเครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง	1 ชุด
2. ชุดต้นกำลังขับ	1 ชุด
3. ชุดโหลดความต้านทานปรับค่าได้	1 ชุด
4. ชุดรีโอสแตต	1 ชุด
5. โวลต์มิเตอร์กระแสตรง	1 เครื่อง
6. แอมมิเตอร์กระแสตรงขนาด 1 แอมป์	1 เครื่อง
7. แอมมิเตอร์กระแสตรงขนาด 5 แอมป์	1 เครื่อง
8. เครื่องวัดความเร็วรอบ	1 เครื่อง
9. สายต่อวงจร	

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

คุณสมบัติของเครื่องกำเนิดแบบขนานสั้น

1. ให้ต่อวงจรตามรูปที่ 3 (แบบผสมเสริม)



ชุดต้นกำลังขับ

ชุดทดลองเครื่องกำเนิดแบบผสม

รูปที่ 3 วงจรการทดลองเครื่องกำเนิดแบบขนานสั้น แบบผสมเสริม แบบ Cumulative

2. เปิดแหล่งจ่ายแรงดันให้กับตัวต้านกำลังขับและปรับให้มีความเร็ว

$$n_{max} = \dots\dots\dots \text{รอบ/นาที}$$

3. ให้วัดแรงดันที่ขั้วของเครื่องกำเนิดโดยที่ยังไม่ต่อโหลด

$$E_A = \dots\dots\dots \text{ V}$$

ทำการปรับฟิลด์รีโอสแตกไปเรื่อย ๆ จะทำให้ E_A เปลี่ยนแปลงหรือไม่จงอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

4. ให้ปรับฟิลด์รีโอสแตกจนแรงดันที่ขั้วมีค่า $E_A = E_{Amax}$ ขณะเปิดสวิตช์โหลด

5. ให้ปรับค่าความต้านทานของโหลดจนมีค่าสูงสุด และปิดสวิตช์ต่อกับขั้วของเครื่องกำเนิด

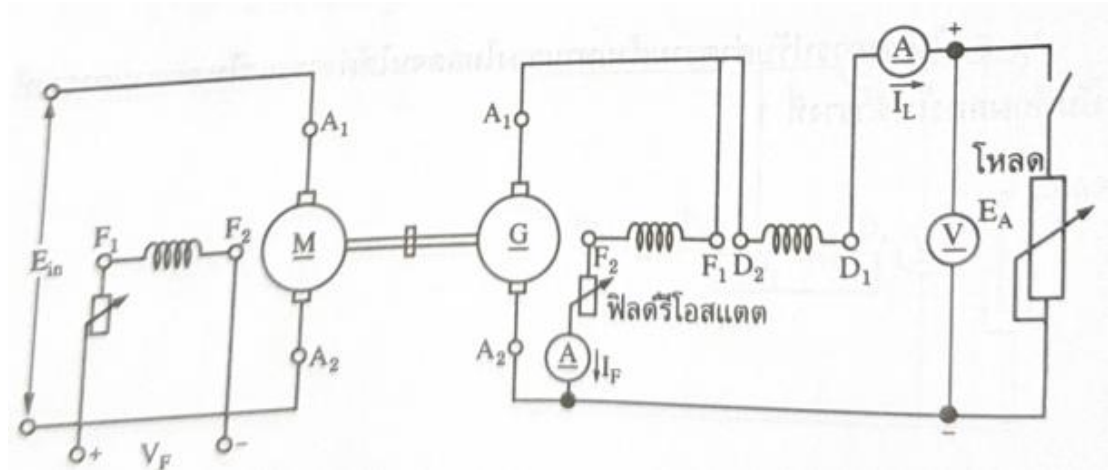
6. ให้ทำการปรับค่าความต้านทานของโหลดจนได้ค่ากระแสโหลดตามตารางที่ 1 และบันทึกผลลงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1

$I_L (A)$	$n(\text{rpm})$	$I_F (A)$	$E_A (V)$	$P_{OUT} (W)$
0				
$0.2I_{Lmax} = \dots\dots\dots$				
$0.4I_{Lmax} = \dots\dots\dots$				
$0.6I_{Lmax} = \dots\dots\dots$				
$0.8I_{Lmax} = \dots\dots\dots$				
$I_{Lmax} = \dots\dots\dots$				

7. ปรับค่าความต้านทานของโหนดให้มีค่าสูงสุดและเปิดสวิตช์ออกทำการปิดแหล่งจ่ายที่ชุดต้นกำลังขับ

8. ให้ต่อวงจรดังรูปที่ 4 (แบบผสมหักล้าง)



รูปที่ 4 เครื่องกำเนิดแบบขนานสั้น แบบผสมหักล้าง

9. เปิดแหล่งจ่ายแรงดันให้กับตัวต้นกำลังขับและปรับให้มีความเร็ว

$$n_{max} = \dots\dots\dots \text{rpm (รอบต่อนาที)}$$

10. ให้วัดค่าแรงดันที่ขั้วของเครื่องกำเนิดขณะเปิดสวิตช์ที่โหนด

$$E_A = \dots\dots\dots \text{V}$$

11. ให้ปรับค่าความต้านทานของโหนดให้มีค่าสูงสุด และปิดสวิตช์โหนดเข้ากับเครื่องกำเนิด

12. ให้ทำการปรับค่าความต้านทานจนกระทั่งได้กระแสตามตารางที่ 2 และ

บันทึกผลลงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2

$I_L (A)$	$n(\text{rpm})$	$I_F (A)$	$E_A (V)$	$P_{OUT} (W)$
0				
$0.2I_{Lmax} = \dots\dots\dots$				
$0.4I_{Lmax} = \dots\dots\dots$				
$0.6I_{Lmax} = \dots\dots\dots$				
$0.8I_{Lmax} = \dots\dots\dots$				
$I_{Lmax} = \dots\dots\dots$				

13. จากผลที่เกิดขึ้นจากตารางที่ 1 และตารางที่ 2 ได้ผลเป็นอย่างไร

.....

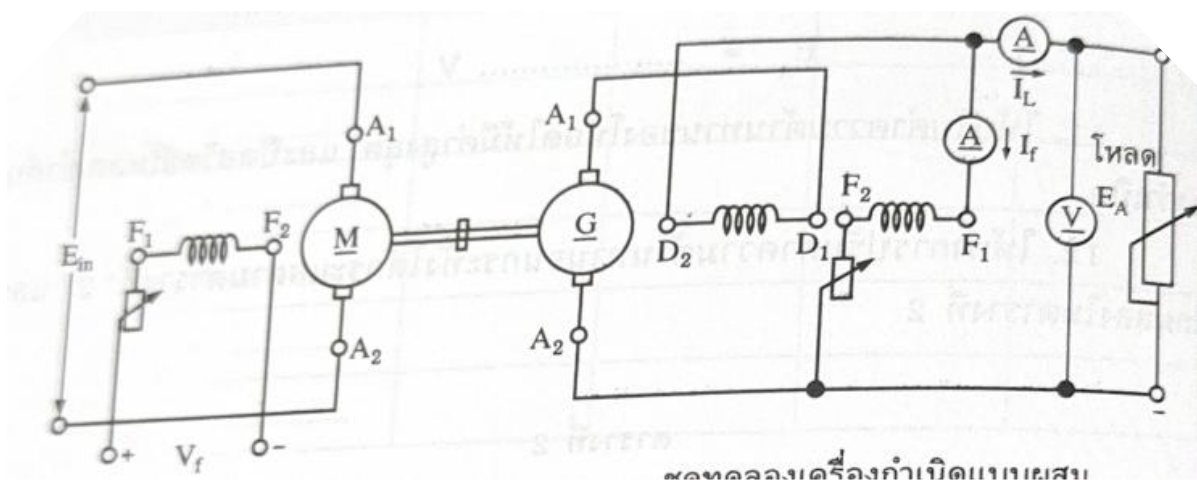
.....

.....

.....

คุณสมบัติของเครื่องกำเนิดแบบขนานยาว

14. ต่อดังต่อไปนี้ตามรูปที่ 5 (แบบผสมเสริม)



ชุดต้นกำลังขับ

ชุดทดลองเครื่องกำเนิดแบบผสม

รูปที่ 5 วงจรการทดลองเครื่องกำเนิดแบบขนานยาว แบบผสมเสริม

15. เปิดแหล่งจ่ายแรงดันให้กับตัวต้นกำลังขับ และปรับความเร็ว

n_{max} =rpm(รอบต่อนาที)

16. ให้วัดแรงดันที่ขั้วของเครื่องกำเนิด โดยที่ยังไม่ต่อโหลด

E_A =V

ถ้าทำการปรับฟิวด์รีโอสแต่ไปเรื่อย ๆ จะทำให้ E_A เปลี่ยนแปลงหรือไม่ จงอธิบาย

.....

.....

.....

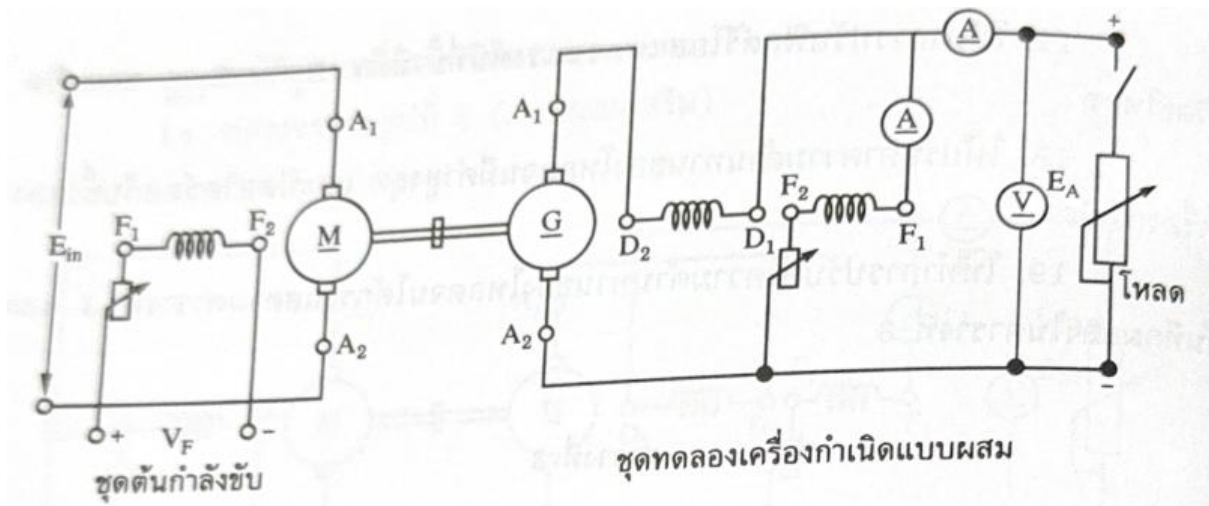
.....

17. ให้ทำการปรับฟิวด์รีโอสแต่จนแรงดันที่ขั้วมีค่า $E_A = E_{Amax}$ ขณะเปิดสวิตช์โหลด
18. ให้ปรับค่าความต้านทานของโหลดจนมีค่าสูงสุด และปิดสวิตช์ต่อกับขั้วของเครื่องกำเนิด
19. ให้ทำการปรับค่าความต้านทานของโหลดจนได้กระแสตามตารางที่ 3 และบันทึกผลลงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3

$I_L(A)$	$n(rpm)$	$I_F(A)$	$E_A(V)$	$P_{OUT}(W)$
0				
$0.2I_{Lmax}=.....$				
$0.4I_{Lmax}=.....$				
$0.6I_{Lmax}=.....$				
$0.8I_{Lmax}=.....$				
$I_{Lmax}=.....$				

20. ปรับโหลดจนมีค่าสูงสุดและเปิดสวิตช์ออก แล้วปิดแหล่งจ่ายที่ชุดต้นกำลังขับ
21. ต่อยวงจรตามรูปที่ 6 (แบบผสมหักล้าง)



รูปที่ 6 วงจรการทดลองเครื่องกำเนิดแบบขนานยาว แบบผสมหักล้าง

22. เปิดแหล่งจ่าย ปรับค่าความเร็ว

$$n_{max} = \dots\dots\dots \text{rpm}$$

และวัดแรงดันที่ขั้ว (ขณะเปิดสวิตช์โหลด)

$$E_A = \dots\dots\dots \text{V}$$

23. ให้ปรับค่าความต้านทานของโหลดให้มีค่าสูงสุด และปิดสวิตช์ต่อกับขั้วของเครื่องกำเนิด

24. ให้ทำการปรับค่าความต้านทานจนกระทั่งได้กระแสตามตารางที่ 4 และบันทึกผลลงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4

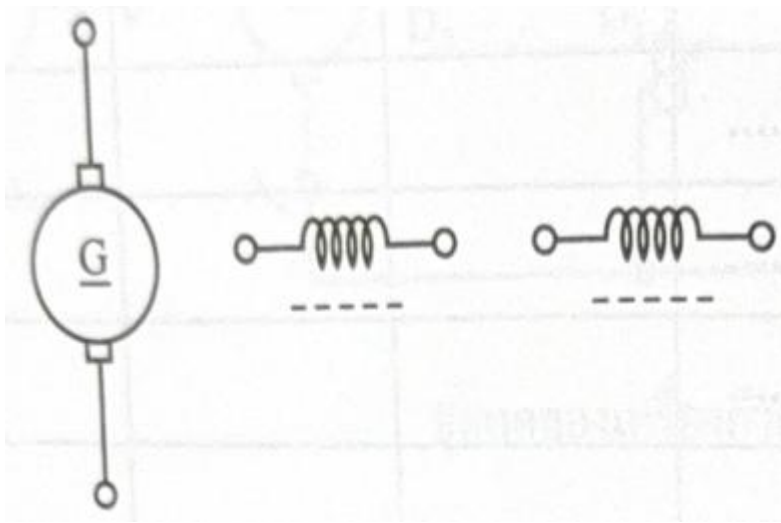
$I_L (A)$	$n(\text{rpm})$	$I_F (A)$	$E_A (V)$	$P_{OUT} (W)$
0				
$0.2I_{Lmax} = \dots\dots\dots$				
$0.4I_{Lmax} = \dots\dots\dots$				
$0.6I_{Lmax} = \dots\dots\dots$				
$0.8I_{Lmax} = \dots\dots\dots$				
$I_{Lmax} = \dots\dots\dots$				

25. จากผลการทดลองของตารางที่ 3 และ 4 ได้ผลเป็นอย่างไร จงอธิบาย

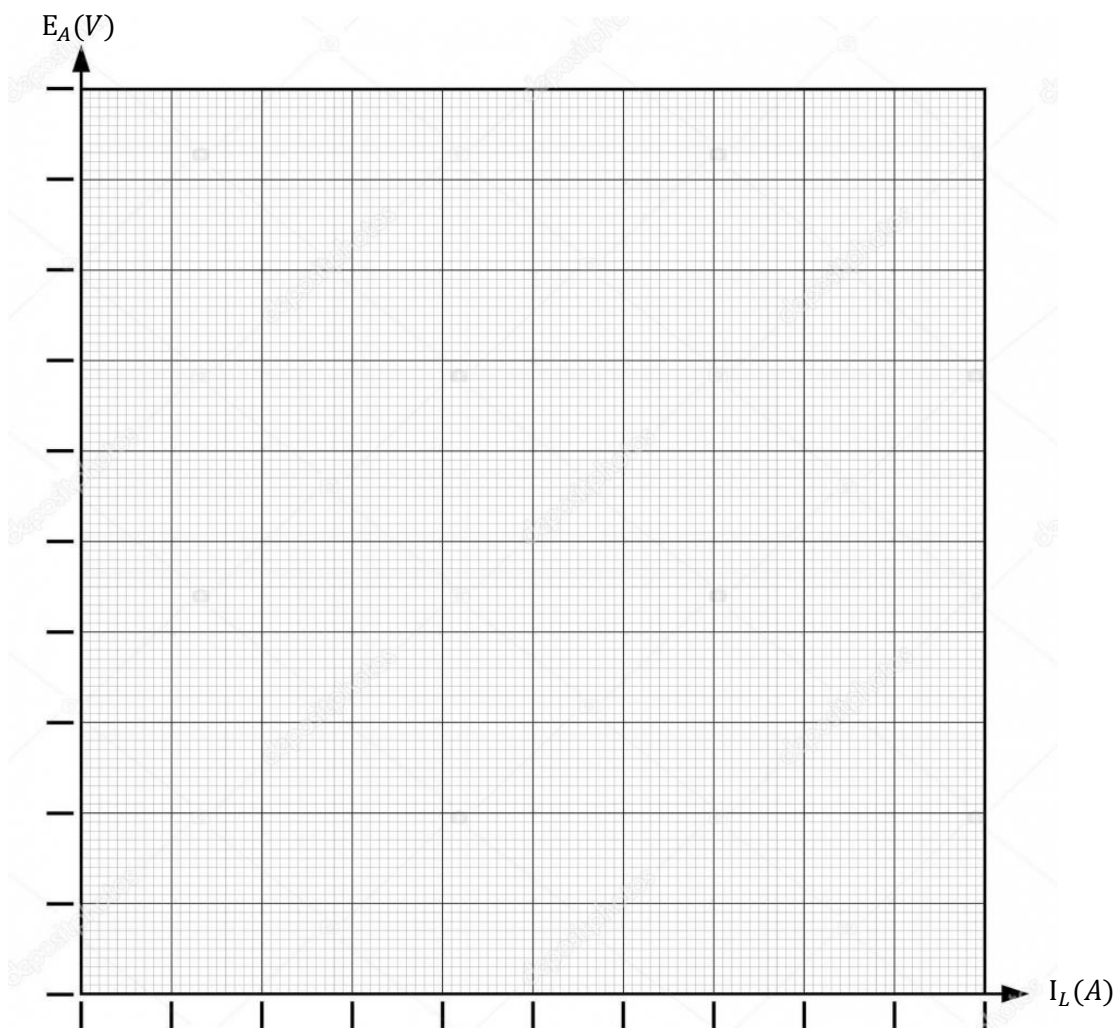
[illegible]

คำถามท้ายการทดลอง

1. จงเขียนการต่อวงจรของเครื่องกำเนิดแบบขนานยาว แบบผสมเสริม



2. จงเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ของ E_A และ I_L จากตารางที่ 1, 2, 3 และ 4



3. จงแสดงการคำนวณค่าของแรงดันรีกูลेशनขณะมีโหลดและไม่มีโหลดจากตารางที่ 1, 2, 3 และ 4

[illegible]

การคุมค่าแรงดัน =% (ตารางที่ 1)

การคุมค่าแรงดัน =% (ตารางที่ 2)

การคุมค่าแรงดัน =% (ตารางที่ 3)

การคุมค่าแรงดัน =% (ตารางที่ 4)

4. ให้เปรียบเทียบผลของเครื่องกำเนิดทั้ง 2 แบบที่ผ่านมามีข้อดีและข้อเสียอย่างไรบ้าง

[illegible]

5. จากการทดลอง การต่อเครื่องกำเนิดสมแบบใดมีความเหมาะสมกับการใช้งานมากที่สุดเพราะเหตุใด

[illegible]

This image shows a full page of white paper with horizontal dotted lines, typical of primary school writing paper. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

ลงชื่อผู้ตรวจ.....วันที่ส่ง.....

ใบปฏิบัติงานวิชาเครื่องกลไฟฟ้า 1

(Electrical Machine 1)

รหัสวิชา 30104-2005 ท-ป-น 2-3-3

ใบงานที่ 5 การขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า(Parallel of Generator)

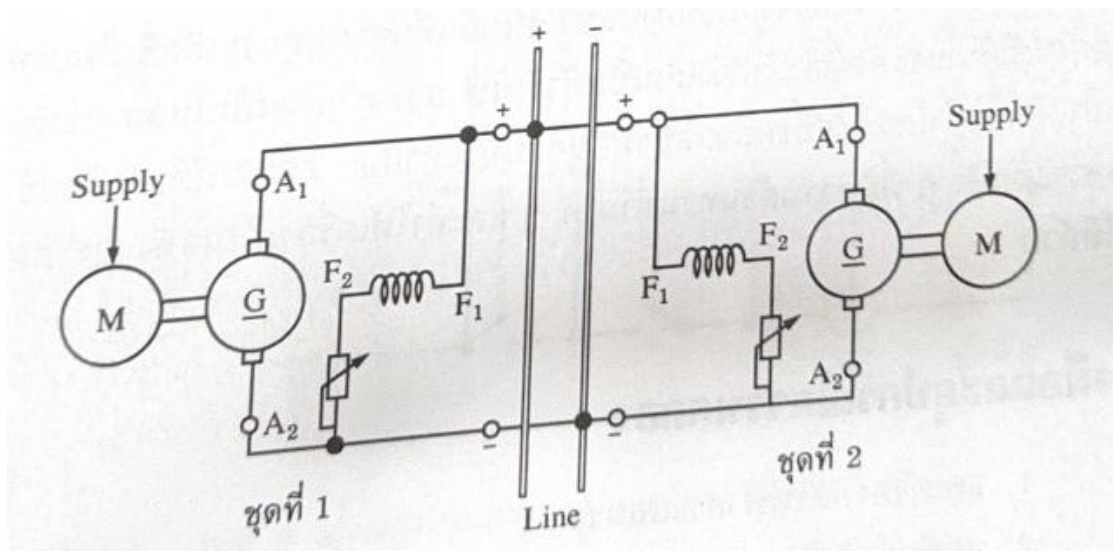
ชื่อ.....รหัส.....ชั้น/ช่าง.....

วัตถุประสงค์

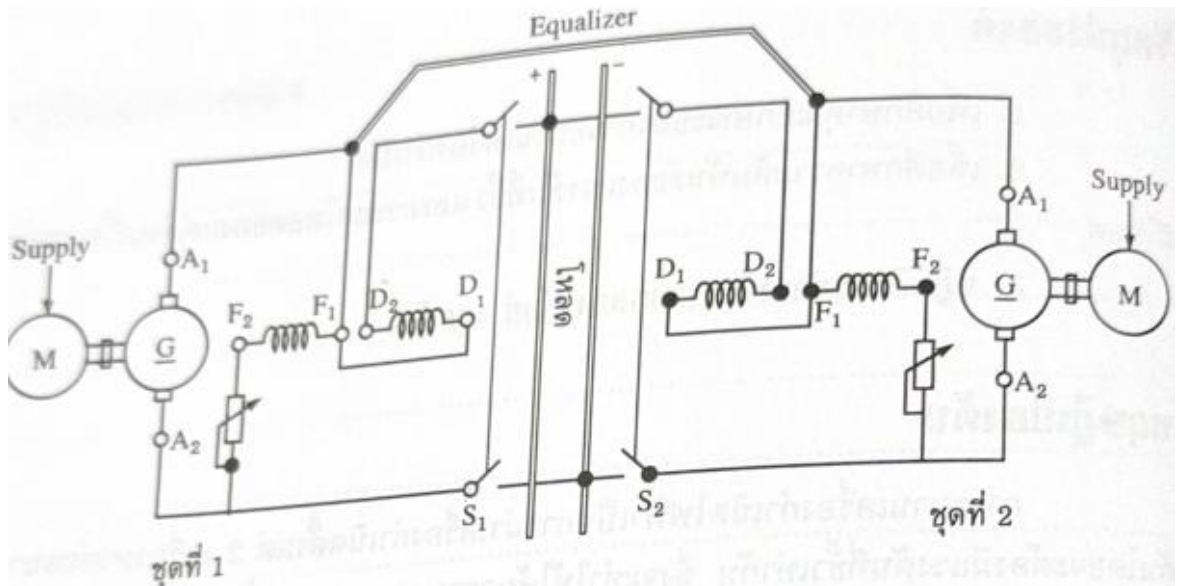
1. เพื่อศึกษาคุณลักษณะของการขนานเครื่องกำเนิด
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของแรงดันที่ขั้ว และกระแสไหลของแต่ละเครื่อง ขณะมีโหลด
3. ปฏิบัติการต่อวงจรการทดลองได้อย่างถูกต้อง

ทฤษฎีเบื้องต้น

การขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นการนำเครื่องกำเนิดตั้งแต่ 2 เครื่องมาต่อขนานกันโดยจะต้องมีแรงดันที่ขั้วเท่ากัน ซึ่งจะทำให้ได้ผลรวมกระแสจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องเท่ากัน ส่วนการขนานเครื่องกำเนิดนั้นสามารถต่อขนานกันได้ 2 ลักษณะคือ การขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบขนาน (Shunt) และแบบผสม (Compound) โดยจะมีขั้นตอนในการขนานที่เหมือนกัน



รูปที่ 1 การขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบขนาน



รูปที่ 2 การขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบผสม

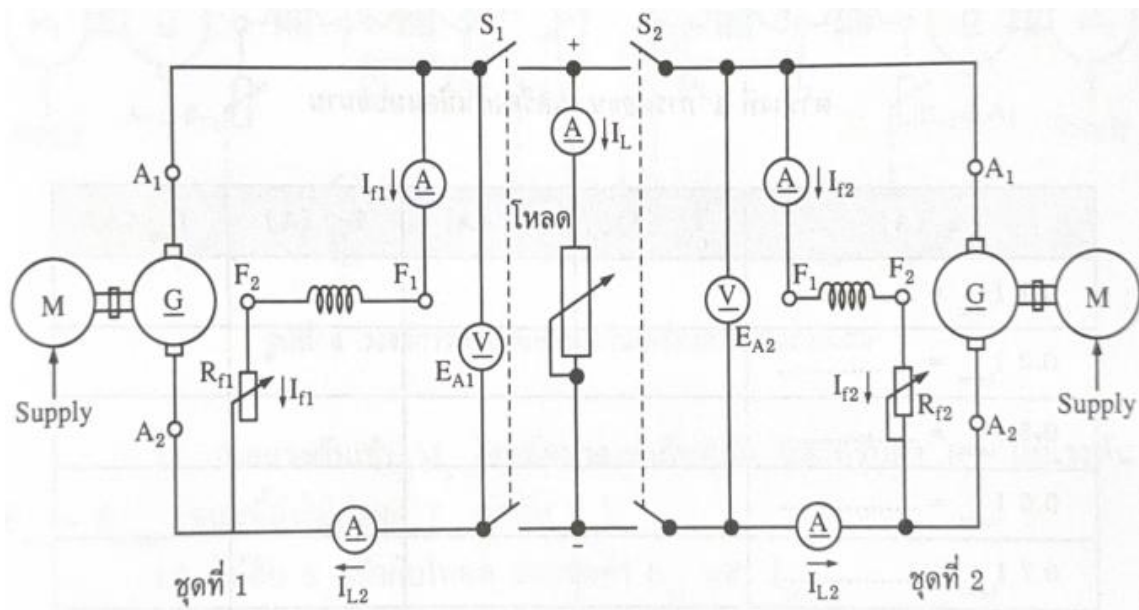
แต่ในการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบผสมจะมีอุปกรณ์เพิ่มขึ้นมาอีกตัวหนึ่งเรียกว่าตัวปรับเท่า (Equalizer) เป็นตัวช่วยในการรักษาเสถียรภาพของเครื่องกำเนิดทั้งสองให้มีแรงดันที่ชั่วเท่ากัน เนื่องจากผลของสนามแม่เหล็กที่สนามอนุกรมเกิดขึ้นไม่เท่ากัน ซึ่งจะเป็นผลให้ตัวที่มีแรงดันที่ชั่วต่ำกว่าเกิดเป็นตัวรับไฟ และจะกลายเป็นโหลด ฉะนั้นตัวปรับเท่าจึงเป็นตัวที่ทำให้กระแสที่ไหลในสนามอนุกรมนั้นเท่ากัน คุณสมบัติของตัวปรับเท่าจะเป็นขดลวดเส้นโต ๆ ที่มีความต้านทานต่ำมาก ๆ และทำให้เครื่องกำเนิดทั้งสองรักษาเสถียรภาพได้ดีด้วย

เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

- | | |
|-----------------------------------|-----------|
| 1. ชุดเครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง | 2 ชุด |
| 2. ชุดต้นกำลังขับ | 2 ชุด |
| 3. ชุดโหลดความต้านทานปรับค่าได้ | 1 ชุด |
| 4. ชุดรีโอสแตต | 2 ชุด |
| 5. โวลต์มิเตอร์กระแสตรง | 2 เครื่อง |
| 6. แอมมิเตอร์กระแสตรงขนาด 1 แอมป์ | 2 เครื่อง |
| 7. แอมมิเตอร์กระแสตรงขนาด 5 แอมป์ | 2 เครื่อง |
| 8. เครื่องวัดความเร็วรอบ | 1 เครื่อง |
| 9. สายต่อวงจร | |

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อดังตามรูปที่ 3 (การขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบขนาน)



รูปที่ 3 วงจรการทดลองการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบขนาน

2. จ่ายแรงดันไฟฟ้าเข้า M_1 ที่พิกัด โดยเปิด S_1 ไว้ก่อน จากนั้นให้ปรับกระแสที่ I_{F1}

จนกระทั่ง $E_{A1} = E_{Amax}$

3. จ่ายแรงดันไฟฟ้าเข้า M_2 ที่พิกัด โดยเปิด S_2 ไว้ก่อน จากนั้นให้ปรับกระแสที่ I_{F2}

จนกระทั่ง $E_{A2} = E_{A1}$

4. ให้สับ S_1 และ S_2 เข้ากับโหลด โดยที่โหลดนั้นปรับไว้ที่ค่าความต้านทานสูงสุด

5. สังเกตที่ $E_{A1} =$ _____ V

$I_{L1} =$ _____ A

$E_{A2} =$ _____ V

$I_{L2} =$ _____ A

6. ถ้าแรงดันหรือกระแสไม่เท่ากัน ให้ปรับค่า R_{F1} หรือ R_{F2} ในตัวที่มีค่ามากกว่าเพื่อให้ค่าเท่ากัน

7. จากนั้นให้ปรับค่าโพลตามตารางที่ 1

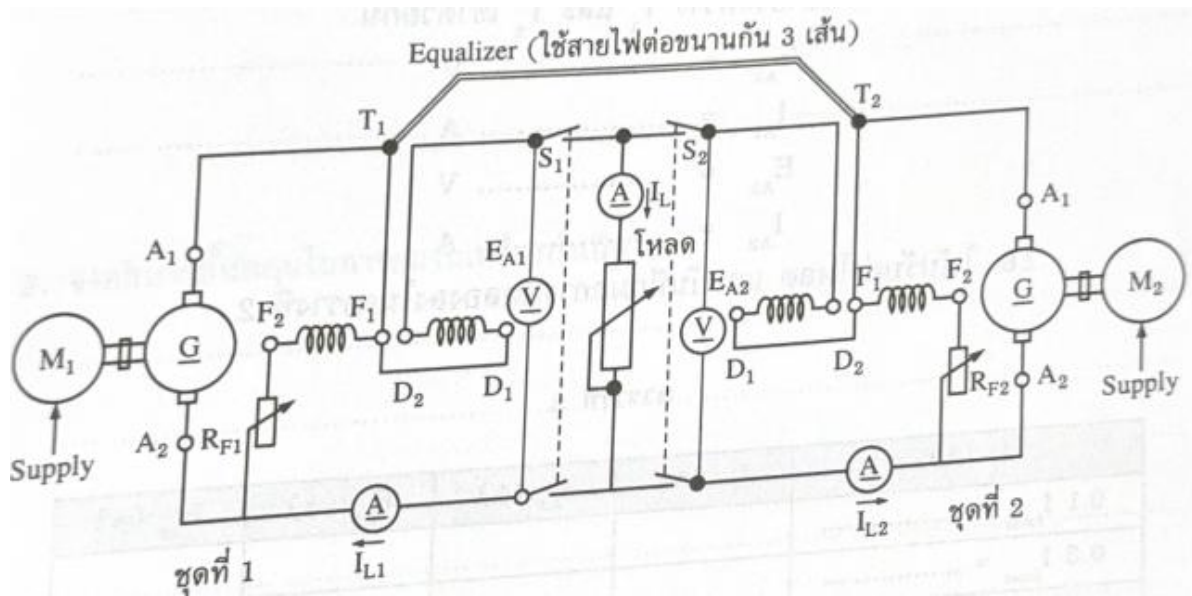
ตารางที่ 1 การต่อขนานเครื่องกำเนิดแบบขนาน

$I_L(A)$	$I_{L1}(A)$	$I_{L2}(A)$	$E_{A1}(V)$	$E_{A2}(V)$
$0.1I_{Lmax}=.....$				
$0.3I_{Lmax}=.....$				
$0.5I_{Lmax}=.....$				
$0.6I_{Lmax}=.....$				
$0.7I_{Lmax}=.....$				
$0.8I_{Lmax}=.....$				
$0.9I_{Lmax}=.....$				
$I_{Lmax}=.....$				

8. หลังจากทดลองเสร็จเรียบร้อยแล้วจะทำการหยุดเครื่อง และควรจะปรับค่า R_{F1} และ R_{F2} ให้กระแสฟิลต์มีค่าลดต่ำลงจนเครื่องกำเนิดทั้งสองมีค่าแรงดันต่ำสุด

9. จากนั้นให้ปลดโพลตออกโดยการสับ S_1 และ S_2 ให้เปิดออกและปิดแหล่งจ่ายทั้งสองที่จ่ายให้กับชุดต้นกำลังขับ

10. จงต่อวงจรในรูปที่ 4 (การขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบคอมพาวด์)



รูปที่ 4 วงจรการทดลองการขนานเครื่องกำเนิดแบบผสม

11. จ่ายแรงดันเข้า M_1 โดยมีขนาดเท่ากับพิกัด และปรับค่า R_{F1} ให้แรงดัน $E_{A1} = E_{Amax}$ (ขณะนี้ยังไม่ต่อจุด T_1 เข้ากับ T_1)

12. ให้สับ S_1 เข้ากับโหลด และจดค่า E_{A1} และ I_{L1}

$$E_{A1} = \dots\dots\dots V$$

$$I_{L1} = \dots\dots\dots V$$

โดยการปรับให้โหลดมีค่าสูงสุด

13. จากนั้นให้จ่ายแรงดันเข้ากับ M_2 โดยจ่ายแรงดันพิกัด และทำการปรับ R_{F2} ให้แรงดันที่ $E_{A2} = E_{A1}$

14. ให้สับ S_2 ขนานเข้ากับในระบบและสังเกตผลที่เกิดขึ้น

$$E_{A1} = \dots\dots\dots V$$

$$I_{L1} = \dots\dots\dots A$$

$$E_{A2} = \dots\dots\dots V$$

$$I_{L2} = \dots\dots\dots A$$

15. จากนั้นให้ต่อสายระหว่าง T_1 และ T_2 เข้าด้วยกัน

$$E_{A1} = \text{_____} \text{ V}$$

$$I_{L1} = \text{_____} \text{ A}$$

$$E_{A2} = \text{_____} \text{ V}$$

$$I_{L2} = \text{_____} \text{ A}$$

16. ให้ปรับค่าโพลด และบันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2

$I_L (A)$	$I_{L1} (A)$	$I_{L2} (A)$	$E_{A1} (V)$	$E_{A2} (V)$
$0.1 I_{Lmax} = \text{_____}$				
$0.3 I_{Lmax} = \text{_____}$				
$0.5 I_{Lmax} = \text{_____}$				
$0.6 I_{Lmax} = \text{_____}$				
$0.7 I_{Lmax} = \text{_____}$				
$0.8 I_{Lmax} = \text{_____}$				
$0.9 I_{Lmax} = \text{_____}$				
$I_{Lmax} = \text{_____}$				

17. หลังจากทดลองเสร็จเรียบร้อยแล้วให้ทำการปรับค่า R_{F1} และ R_{F2} ให้แรงดันที่ขั้วมีค่าต่ำสุด และสับ S_1 และ S_2 ออกจากระบบ

18. ตัดไฟออกจาก M_1 และ M_2

คำถามท้ายการทดลอง

1.เหตุใดในการทดลองจึงต้องปรับค่า R_{F1} และ R_{F2} ก่อนสับ S_1 และ S_2

2. จงอธิบายขั้นตอนในการขนานเครื่องกำเนิด

3.เหตุใดจึงต้องมีการขนานเครื่องกำเนิด

[illegible]

ลงชื่อผู้ตรวจ.....วันที่ส่ง.....

ใบปฏิบัติงานวิชาเครื่องกลไฟฟ้า 1
(Electrical Machine 1)
รหัสวิชา 30104-2005 ท-ป-น 2-3-3
ใบงานที่ 6 มอเตอร์แบบขนาน(Shunt Motor)

ชื่อ.....รหัส.....ชั้น/ช่าง.....

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาคุณลักษณะของมอเตอร์แบบขนาน
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของความเร็วในฟังก์ชันของกระแสสนาม ขณะไม่มีโหลด
3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของความเร็วในฟังก์ชันของแรงดันขณะไม่มีโหลด
4. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของความเร็ว และแรงบิดขณะมีโหลด
5. ปฏิบัติการต่อวงจรการทดลองได้อย่างถูกต้อง

ทฤษฎีเบื้องต้น

หลักการเบื้องต้นของมอเตอร์คือ เมื่อจ่ายกระแสเข้ากับตัวนำแล้ว ภายในตัวนำก็จะเกิดสนามแม่เหล็ก ซึ่งแรงที่เกิดขึ้นในตัวนำสามารถหาได้โดย

$$F = Bli \quad [\text{Newton}]$$

จากผลดังกล่าวจะนำมาศึกษาการทำงานของมอเตอร์ไฟตรง โดยมีการพิจารณาสิ่งที่เกิดขึ้นของแรงบิดและกำลังที่ได้ โดยพิจารณาตามเงื่อนไขดังนี้

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันที่ขั้วและกระแสที่เกิดขึ้น

$$E_A = V_T - I_A R_A \dots\dots\dots (1)$$

เมื่อพิจารณาจากคุณสมบัติการเหนี่ยวนำแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้น

$$E_A = K_e \phi n \dots\dots\dots (2)$$

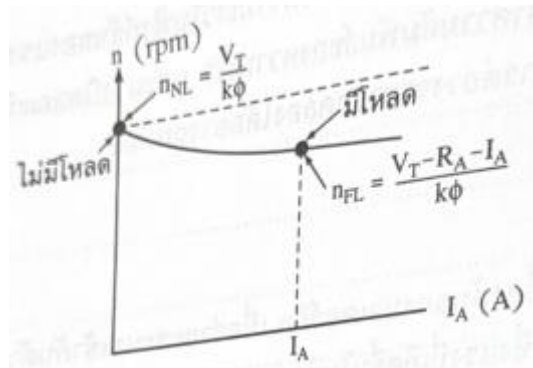
(เมื่อ k เป็นค่าคงที่ของมอเตอร์แต่ละตัว)

จาก (1) = (2)

$$K_e \phi n = V_T - I_A R_A$$

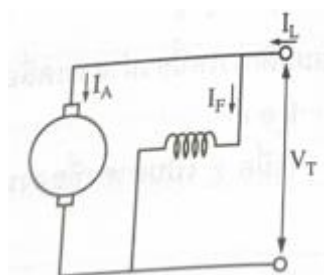
เมื่อพิจารณาถึงความเร็ว n ที่เกิดขึ้น

$$n = \frac{E_A = V_T - I_A R_A}{K_e \phi} \dots \dots \dots (3)$$



รูปที่ 1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ค่ากระแสโหลดกับความเร็ว

จากกราฟ เมื่อ I_A เพิ่มขึ้นเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของโหลดที่ไปขับโหลดจะทำให้ค่าของความเร็วลดลง
ไป โดยพิจารณาจากสมการที่ 3



รูปที่ 2 วงจรของมอเตอร์แบบขนาน (Shunt Motor)

จากสมการของแรงบิด : T

$$T = K_t \phi I_A \quad \text{N-M}$$

และค่ากระแสที่อาร์เมเจอร์ : I_A

$$I_A = \frac{V_T - K_e \phi n}{R_A} \quad \text{A}$$

ฉะนั้นแรงบิดที่ได้

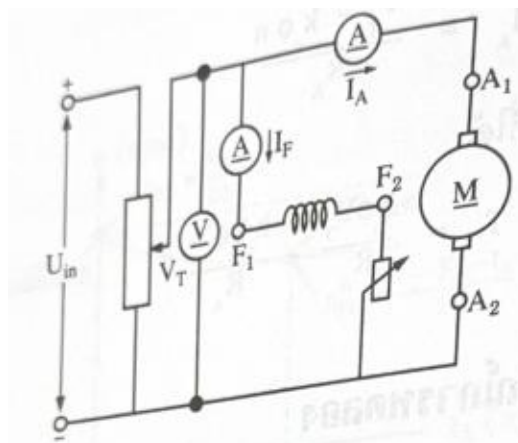
$$T = \frac{K_t \phi V_T}{R_A} - \frac{K_e K_t \phi^2 n}{R_A} \quad \text{N-M}$$

เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

- | | |
|-----------------------------------|-----------|
| 1. ชุดเครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง | 1 ชุด |
| 2. ชุดโหลดต้านแรงบิด | 1 ชุด |
| 3. ชุดความต้านทานปรับค่าได้ | 1 ชุด |
| 4. ชุดรีโอสแตต | 1 ชุด |
| 5. โวลต์มิเตอร์กระแสตรง | 1 เครื่อง |
| 6. แอมมิเตอร์กระแสตรงขนาด 1 แอมป์ | 1 เครื่อง |
| 7. แอมมิเตอร์กระแสตรงขนาด 5 แอมป์ | 1 เครื่อง |
| 8. เครื่องวัดความเร็วรอบ | 1 เครื่อง |
| 9. สายต่อวงจร | |

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 3



รูปที่ 3 วงจรการต่อมอเตอร์แบบขนาน

2. ปรับฟิลดรีโอสแตตของมอเตอร์ให้มีค่าความต้านทานต่ำสุด
3. ต่อแหล่งจ่ายแรงดันปรับค่าได้เข้ากับมอเตอร์
4. ปรับแรงดันไฟฟ้าที่ 0.5 ของแรงดันพิกัด ($0.5 V_T$) และปรับค่ากระแสมีค่าเท่ากับ 0.25 ของกระแสสนาม (I_F) บันทึกผลในตารางที่ 1
5. ให้ปรับแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตามตาราง และปรับค่า I_F ให้มีค่ากระแสคงที่ตลอดการทดลอง

ตารางที่ 1 เมื่อปรับกระแส $I_F = 0.25$ ของกระแสฟิลด์พิกัด

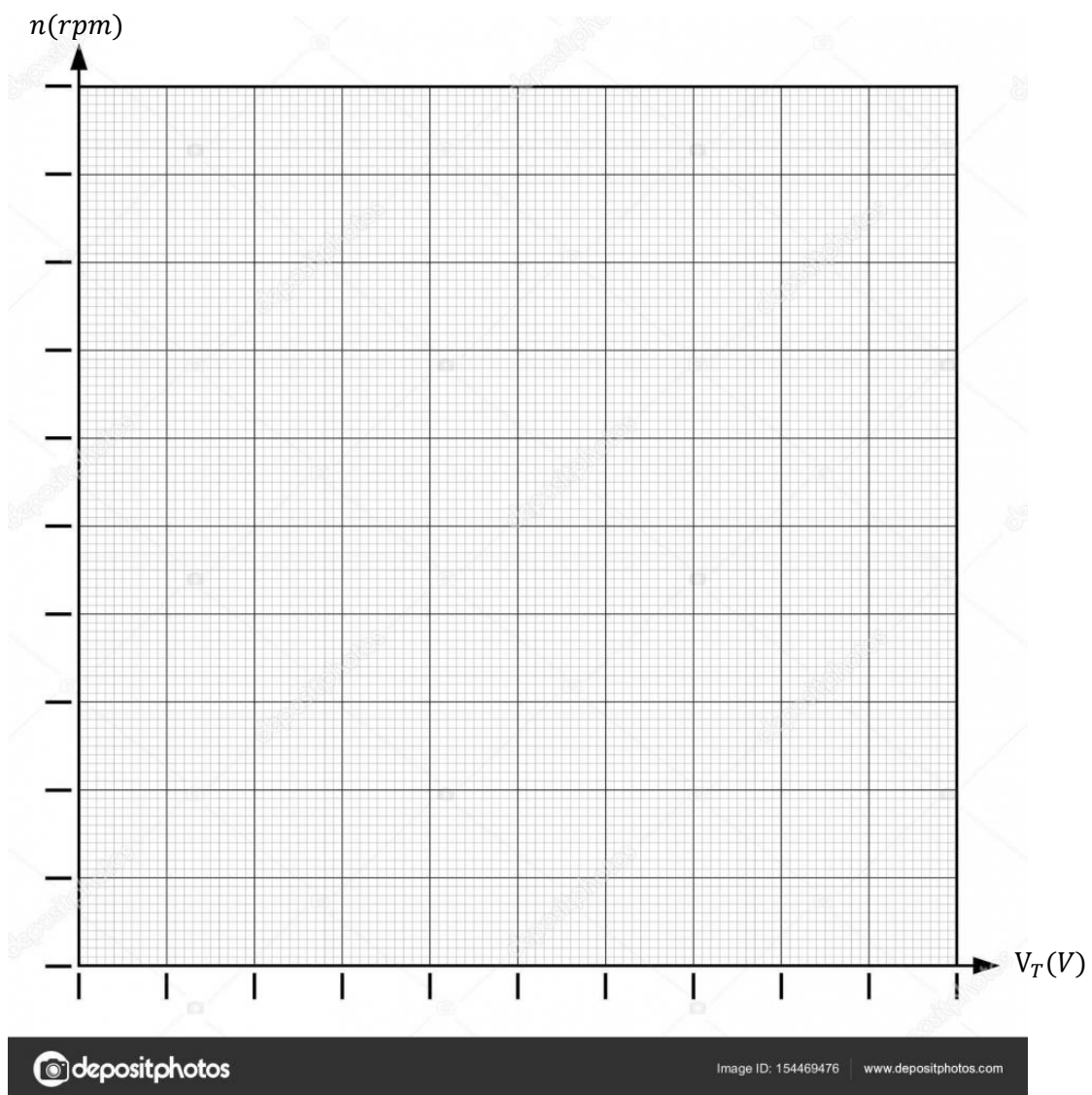
แรงดันไฟฟ้า(Volt)	$0.25I_{Fmax} = \dots\dots\dots$ A	
	n (rpm)	$I_A(A)$
$0.5V_{Tmax} = \dots\dots\dots$		
$0.6V_{Tmax} = \dots\dots\dots$		
$0.7V_{Tmax} = \dots\dots\dots$		
$0.8V_{Tmax} = \dots\dots\dots$		
$0.9V_{Tmax} = \dots\dots\dots$		
$V_{Tmax} = \dots\dots\dots$		

6.เพิ่มกระแส $I_F =$ กระแสสนามพิกัด (I_{Fmax}) แล้วทำตามขั้นตอนข้อ 3 ถึงข้อ5 บันทึกผลลงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เมื่อปรับกระแส $I_F = I_{Fmax}$

แรงดันไฟฟ้า(Volt)	$0.25I_{Fmax} = \dots\dots\dots$ A	
	n (rpm)	$I_A(A)$
$0.5V_{Tmax} = \dots\dots\dots$		
$0.6V_{Tmax} = \dots\dots\dots$		
$0.7V_{Tmax} = \dots\dots\dots$		
$0.8V_{Tmax} = \dots\dots\dots$		
$0.9V_{Tmax} = \dots\dots\dots$		
$V_{Tmax} = \dots\dots\dots$		

7. จากตารางที่ 1 และ 2 นำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $N = f(V_T)$



8. ปรับค่า V_T ให้มีค่าเท่ากับ 0.75 ของแรงดันพิกัดมอเตอร์ ($0.75V_{Tmax}$) คงที่

9. ปรับค่ากระแสสนาม I_F ตามตารางการทดลองที่ 3

ตารางที่ 3 เมื่อป้อนแรงดัน $V_T = 0.75$ ของแรงดันพิกัดมอเตอร์ ($0.75 V_{Tmax}$)

$I_F(A)$	$0.75V_{Tmax} = \dots\dots\dots$	
	n (rpm)	$I_A(A)$
$0.1I_{Fmax} = \dots\dots\dots$		
$0.25I_{Fmax} = \dots\dots\dots$		
$0.35I_{Fmax} = \dots\dots\dots$		
$0.75I_{Fmax} = \dots\dots\dots$		
$I_{Fmax} = \dots\dots\dots$		

10. ปรับค่า V_T ให้มีค่าเท่ากับแรงดันพิกัดของมอเตอร์ (คงที่)

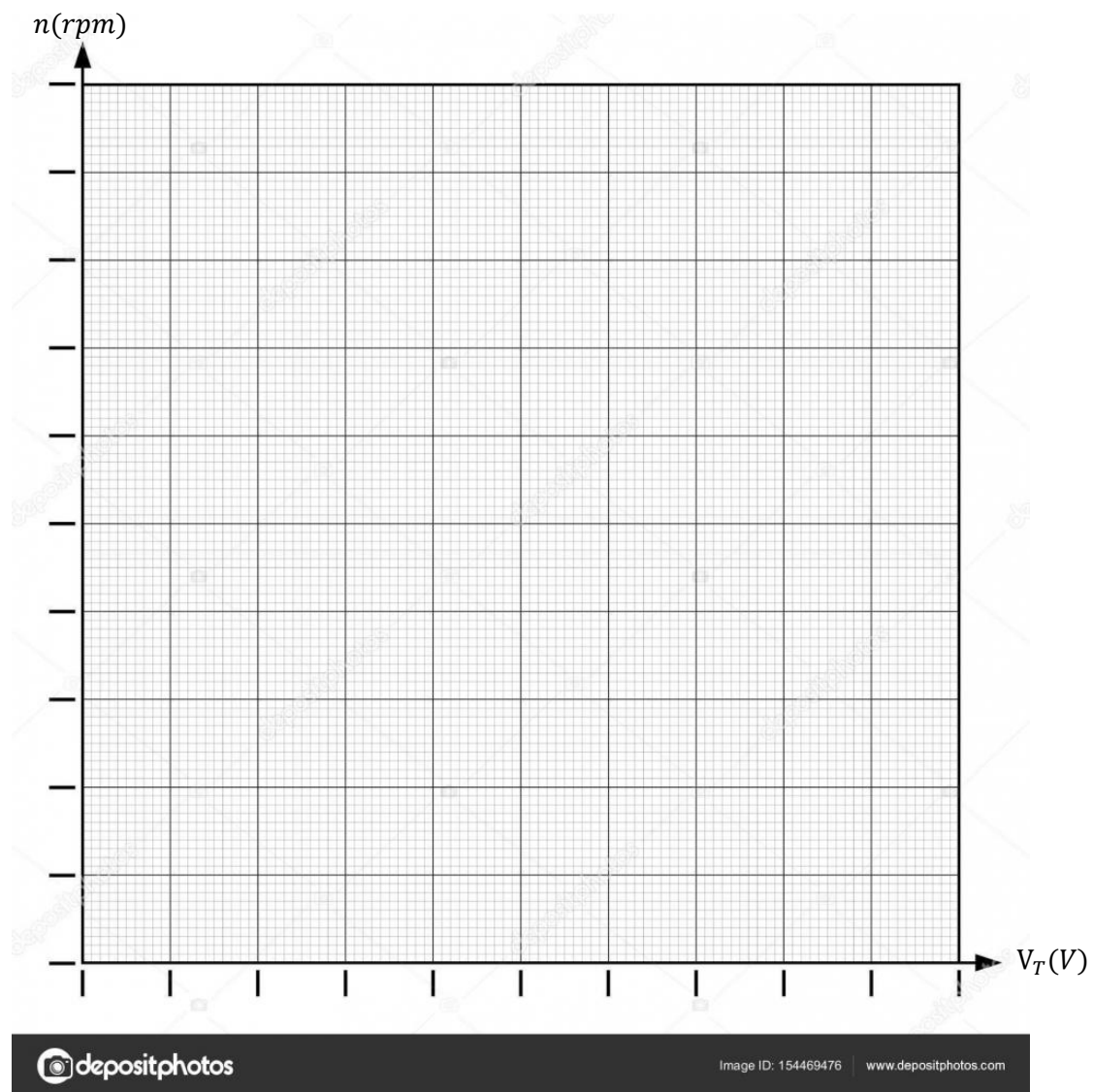
11. ปรับค่ากระแสสนาม I_F ตามตารางการทดลองที่ 4

ตารางที่ 4 เมื่อป้อนแรงดัน V_{Tmax} = แรงดันพิกัดของมอเตอร์

$I_F(A)$	$0.75V_{Tmax} = \dots\dots\dots$	
	n (rpm)	$I_A(A)$
$0.1I_{Fmax} = \dots\dots\dots$		
$0.25I_{Fmax} = \dots\dots\dots$		
$0.35I_{Fmax} = \dots\dots\dots$		
$0.75I_{Fmax} = \dots\dots\dots$		
$I_{Fmax} = \dots\dots\dots$		

12. จากวงจรตามรูปที่ 3 ถ้าทำการสลับตำแหน่งของสนามขนาบ (F_1 และ F_2) จะมีผลเป็นอย่างไร กับมอเตอร์ จงอธิบาย

13. จากตารางที่ 3 และ 4 นำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง



15. ปรับฟิลเตอร์โอสแตตของมอเตอร์ให้มีค่าความต้านทานต่ำสุด
16. จ่ายแรงดันไฟฟ้าเท่ากับพิกัดของมอเตอร์และทำการปรับสนามของมอเตอร์ให้มีความเร็วตามพิกัด
17. จ่ายแรงดันให้กับชุดโหลดที่ V_F ที่แรงดันพิกัด
18. ปรับชุดโหลดตามค่าในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ที่ค่าความเร็วพิกัด

[illegible]

19. คำนวณหาค่าต่าง ๆ ในตารางที่ 5 จากสูตรดังนี้

$$P_{in} = V_T \cdot I_A$$

$$P_{out} = \frac{2\pi n T}{60}$$

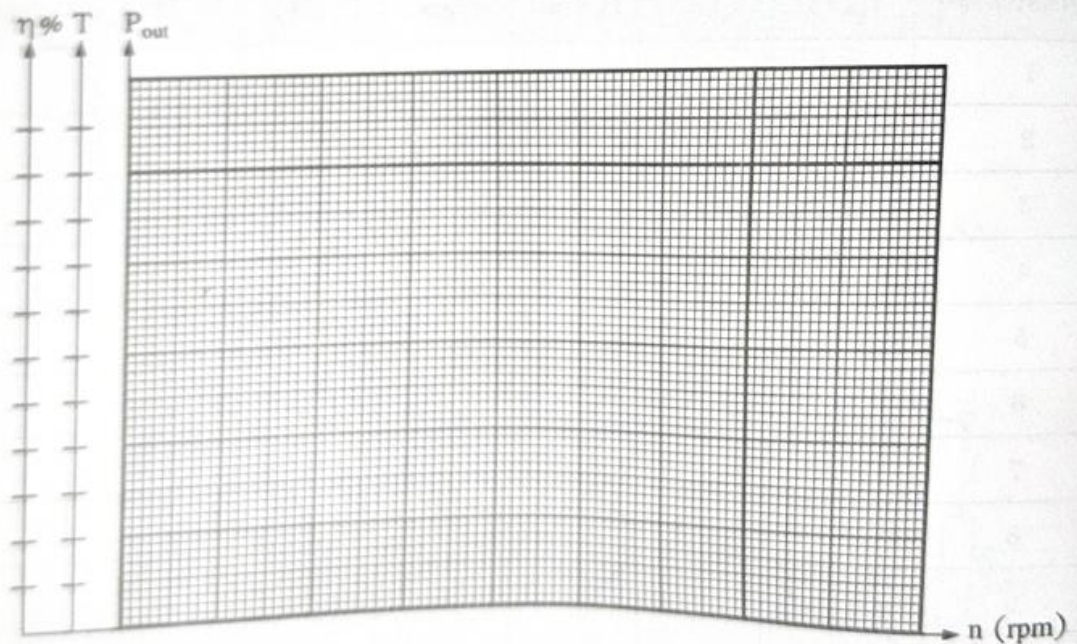
$$\eta\% = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

20. จากตารางที่ 5 จงเขียนแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง

$$T = f(n)$$

$$P_{out} = f(n)$$

$$\eta\% = f(n)$$



คำถามท้ายการทดลอง

1.ถ้าต้องการกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์แบบขนานจะอย่างไร

[illegible]

2. การปรับความเร็วมอเตอร์แบบขนานมีกี่วิธี อะไรบ้าง

[illegible]

3. การเพิ่มขึ้นของโหลดจะมีผลกระทบอย่างไรกับมอเตอร์

[illegible]

[illegible]

ลงชื่อผู้ตรวจ.....วันที่ส่ง.....

ใบปฏิบัติงานวิชาเครื่องกลไฟฟ้า 1

(Electrical Machine 1)

รหัสวิชา 30104-2005 ท-ป-น 2-3-3

ใบงานที่ 7 มอเตอร์แบบอนุกรม(Series Motor)

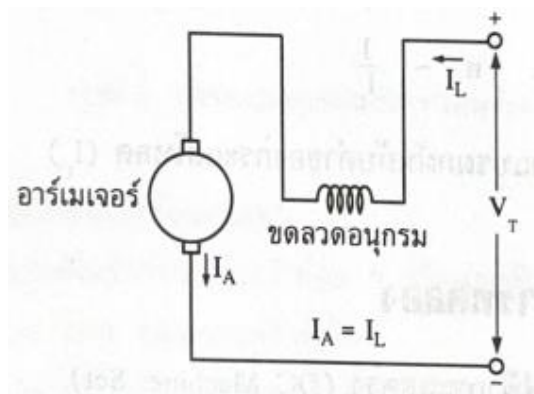
ชื่อ.....รหัส.....ชั้น/ช่าง.....

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาคุณลักษณะของมอเตอร์แบบอนุกรม
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของความเร็ว และแรงบิด ขณะมีโหลด
3. ปฏิบัติการต่อวงจรการทดลองได้อย่างถูกต้อง

ทฤษฎีเบื้องต้น

ลักษณะของมอเตอร์แบบอนุกรมจะมีความเร็วที่ไม่คงที่ โดยความเร็วนั้นขึ้นอยู่กับขนาดของโหลดที่นำมาต่อ เนื่องจากขดลวดสนามแม่เหล็กต่ออนุกรมกับขดลวดอาร์เมเจอร์ทำให้ปริมาณของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นเปลี่ยนแปลงตามขนาดของกระแสโหลด



รูปที่ 1 วงจรของมอเตอร์แบบอนุกรม

จากสมการ

$$V_T = E_A + I_A(R_A + R_S) \dots\dots\dots(1)$$

$$I_A = \frac{V_T - E_A}{R_A + R_S} \dots\dots\dots(2)$$

โดยที่

$$E_A = kfm \dots\dots\dots(3)$$

ฉะนั้นในขณะที่มอเตอร์ยังไม่หมุน ($n = 0$) จะมีผลทำให้แรงดันไฟฟ้าต้านกลับ ($E_A = 0$) ทำให้ค่าของกระแส I_F มีค่าสูงมาก โดยที่

$$\phi \sim I_A$$

จะมีผลทำให้มอเตอร์หมุนด้วยความเร็วที่สูงมาก (*Over Speed*) ซึ่งมีผลอันตรายต่อมอเตอร์ที่ใช้งาน และการที่ความเร็วของมอเตอร์แบบอนุกรมขึ้นอยู่กับโหลดที่นำมาต่อก็เนื่องจาก

จากสมการที่ 1 จะได้ว่า

$$n = \frac{V_T - I_A(R_A + R_S)}{k_\phi}$$

แต่ว่า

$I_A(R_A + R_S)$ มีค่าน้อยมากจะไม่นำมาพิจารณา

$$n \sim \frac{1}{\phi}; \phi \sim I_L$$

ฉะนั้น

$$n \sim \frac{1}{I_L}$$

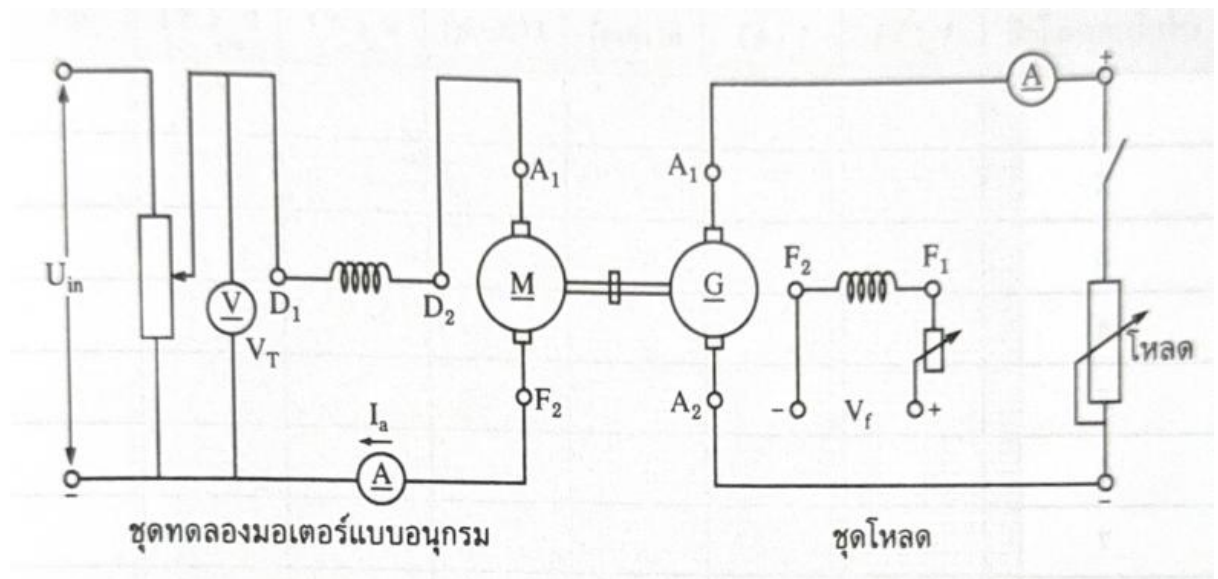
จะเห็นว่าความเร็วแปรผกผันกับค่าของกระแสโหลด(I_L)

เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

- | | |
|---|-------|
| 1. ชุดเครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง (DC Machine Set) | 1 ชุด |
| 2. โวลต์มิเตอร์กระแสตรง | 1 ตัว |
| 3. แอมมิเตอร์กระแสตรงขนาด 5 แอมป์ 1 แอมป์ อย่างละ | 1 ตัว |

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อดังตามรูปที่ 2



รูปที่ 2 วงจรการต่อมอเตอร์อนุกรมพร้อมโหลด

2. ต่อชุดโหลดเข้ากับมอเตอร์
3. จ่ายแรงดันเข้ากับมอเตอร์ ค่อย ๆ ปรับแรงดันเพิ่มขึ้นจนทำให้มอเตอร์หมุนด้วยความเร็วประมาณ 50% ของความเร็วพิกัด
4. จ่ายแรงดันเข้ากับชุดโหลดและตั้งค่าไว้เป็นค่าโหลดที่ 1
5. ปรับค่าแรงดันของมอเตอร์จนถึงแรงดันพิกัด และบันทึกผลในตารางที่ 1
6. จากนั้นให้ปรับชุดโหลดตามตารางที่ 1 จนครบ

ตารางที่ 1

ปรับ โหลด ครั้งที่	ค่าจากการวัด				ค่าจากการคำนวณ		
	V_T (V)	I_A (A)	$T(N-M)$	n(rpm)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	<i>Efficiency</i> (%)

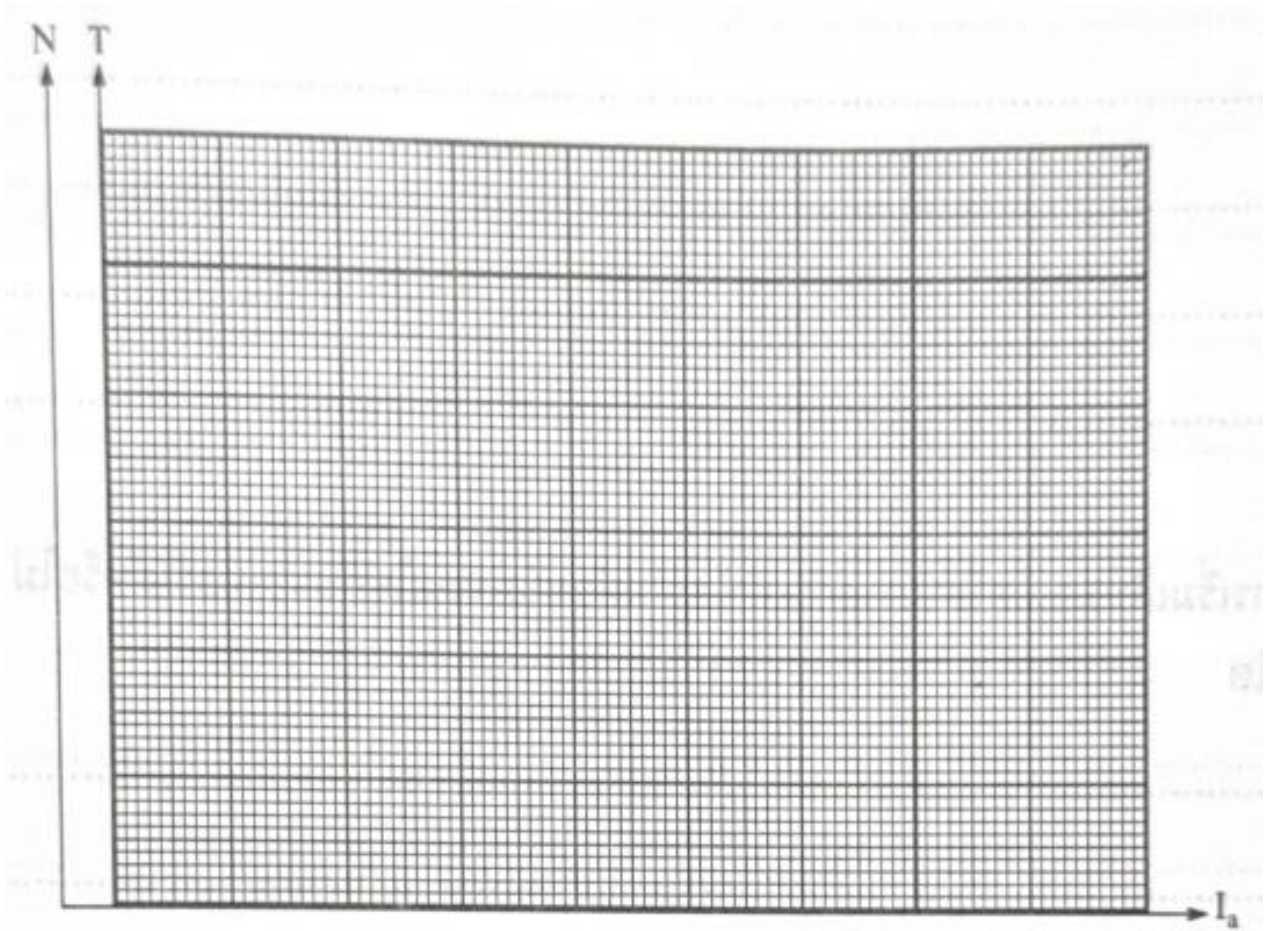
7. นำค่าจากตารางที่ 1 มาคำนวณหาค่า

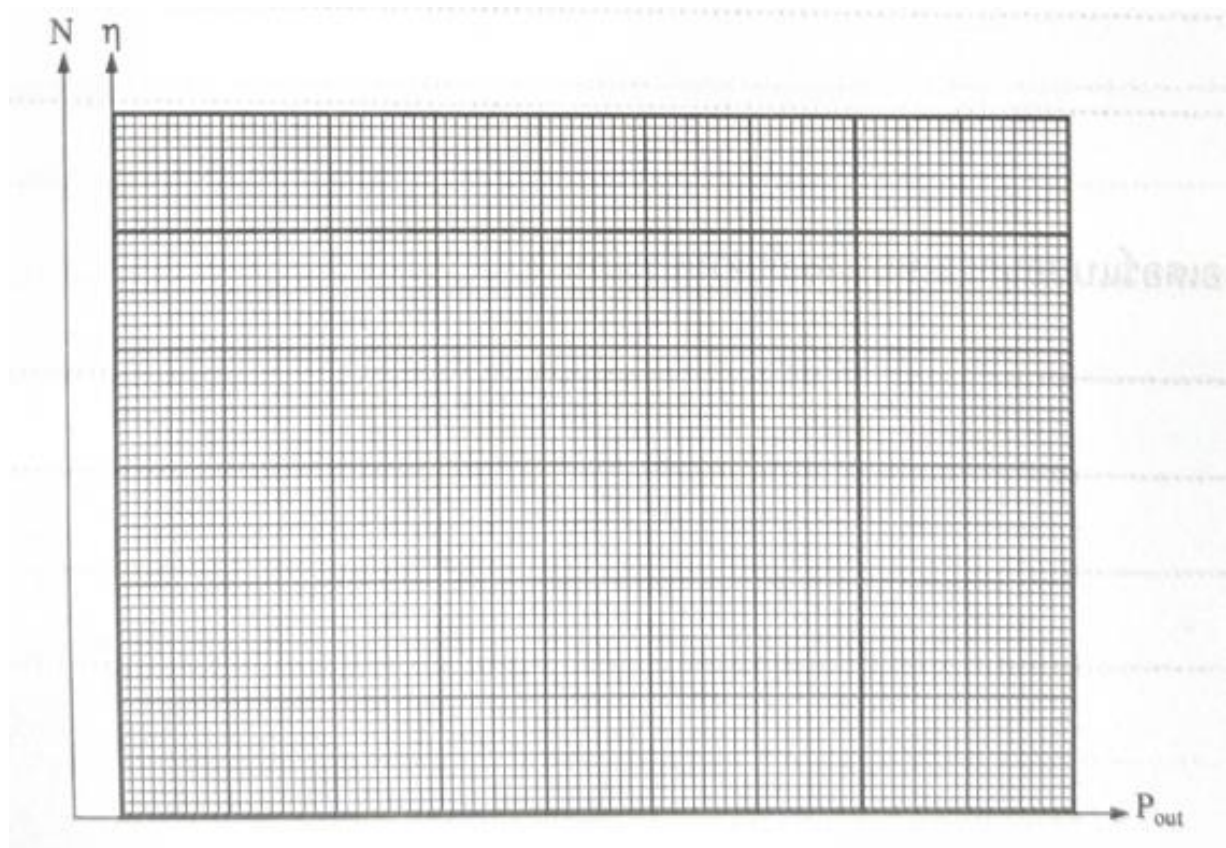
$$P_{in} = V_T \cdot I_A$$

$$P_{out} = \frac{2\pi T}{60}$$

$$\eta\% = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100$$

8. จากผลการทดลองในตารางที่ 1 นำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $N = f(I_A)$, $T = f(I_A)$, $n = f(P_{out})$ และ $\eta = f(P_{out})$





คำถามท้ายการทดลอง

1. เมื่อโหลดมีการเปลี่ยนแปลง จะมีผลอย่างไรกับความเร็วของมอเตอร์

2. ในการเริ่มเดินมอเตอร์สามารถกระทำโดยไม่ต้องต่อโหลดให้กับมอเตอร์ได้หรือไม่ เพราะเหตุใด

3. มอเตอร์แบบอนุกรมเหมาะสมกับงานประเภทใด

[illegible]

ลงชื่อผู้ตรวจ.....วันที่ส่ง.....

ใบปฏิบัติงานวิชาเครื่องกลไฟฟ้า 1

(Electrical Machine 1)

รหัสวิชา 30104-2005 ท-ป-น 2-3-3

ใบงานที่ 8 มอเตอร์แบบผสม (Compound Motor)

ชื่อ.....รหัส.....ชั้น/ช่าง.....

วัตถุประสงค์

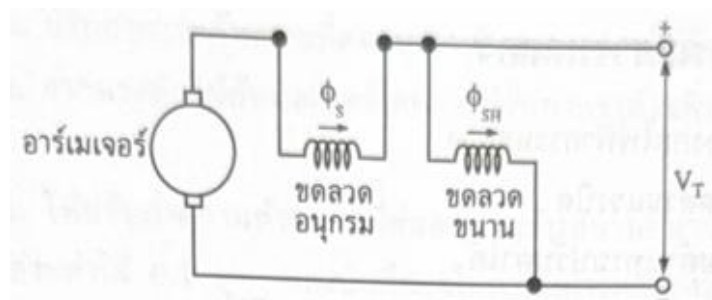
1. เพื่อศึกษาคุณลักษณะของมอเตอร์แบบผสม ในลักษณะต่าง ๆ
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของความเร็วในฟังก์ชันของกระแสสนาม ขณะไม่มีโหลด
3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของความเร็วในฟังก์ชันของแรงดัน ขณะไม่มีโหลด
4. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของความเร็ว และแรงบิดขณะมีโหลด
5. ปฏิบัติการต่อวงจรการทดลองได้อย่างถูกต้อง

ทฤษฎีเบื้องต้น

จากคุณสมบัติของแรงบิดเริ่มต้นที่ดีในมอเตอร์แบบอนุกรม และความเร็วค่อนข้างคงที่ในมอเตอร์แบบขนาน เมื่อนำคุณสมบัติทั้งสองมารวมกันจะทำให้มอเตอร์แบบผสมทำงานได้ดีขึ้น โดยการออกแบบในแต่ละงานว่าต้องการให้แสดงคุณสมบัติของมอเตอร์ชนิดใดออกมา จากการต่อใช้งานที่กล่าวมาแล้วยังคงสามารถแสดงการต่อได้อีก 2 อย่างคือ

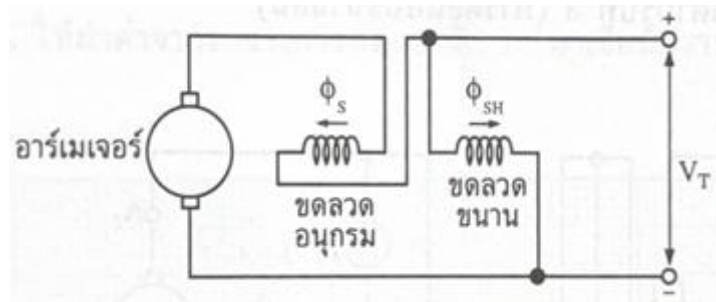
1. แบบผสมเสริม (Cumulative Compound)
2. แบบผสมหักล้างกัน (Differential Compound)

ในการต่อแบบขดลวดเสริมกัน ค่าของเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดจากสนามขนานและสนามอนุกรมจะมีค่าเพิ่มมากขึ้น จาก $n = \frac{E_A}{k\phi}$ จะมีผลทำให้ค่าของความเร็วลดลง และ $T = k\phi I_A$ จะมีผลทำให้แรงบิดสูงขึ้น ผลที่ได้คือจะมีลักษณะเหมือนมอเตอร์แบบอนุกรมแต่สามารถทำงานได้ถึงแม้จะไม่มีโหลด



รูปที่ 1 ลักษณะการต่อขดลวดแบบเสริมกัน

ในการต่อขดลวดแบบหักล้างกัน จะมีผลทำให้ค่าของเส้นแรงแม่เหล็กน้อยลงแต่ผลที่เกิดขึ้นจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของโหลด คือ เมื่อโหลดเปลี่ยนจะทำให้ความเร็วของมอเตอร์เพิ่มขึ้น และค่าของแรงบิดลดลง แต่ค่าของกระแสที่อาร์เมเจอร์จะมีค่าสูง (I_A) ฉะนั้น ในการเริ่มเดินควรจะมีการลัดวงจรที่ขั้วแรงขดลวดอนุกรมเพื่อป้องกันการกลับทางหมุนในขณะที่มีโหลดต่ออยู่



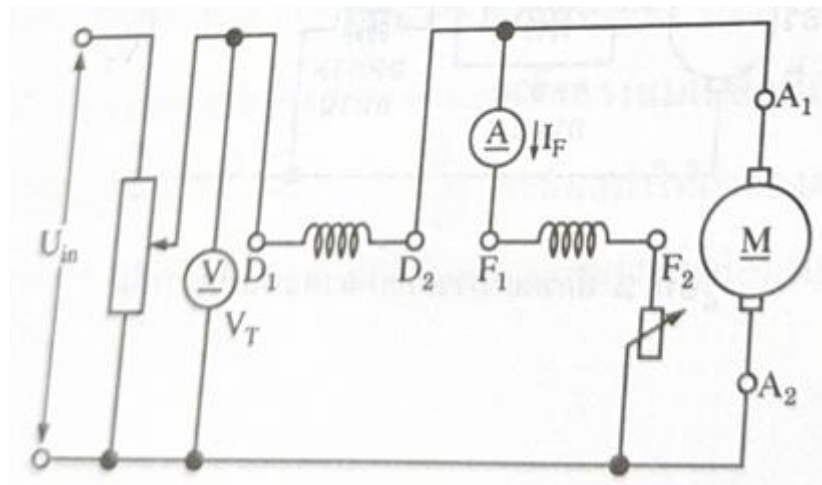
รูปที่ 2 ลักษณะการต่อขดลวดแบบหักล้างกัน

เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

- | | |
|-----------------------------------|-----------|
| 1. ชุดเครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง | 1 ชุด |
| 2. ชุดโหลดต้านแรงบิด | 1 ชุด |
| 3. ชุดความต้านทานปรับค่าได้ | 1 ชุด |
| 4. ชุดรีโอสแตต | 1 ชุด |
| 5. โวลต์มิเตอร์กระแสตรง | 1 เครื่อง |
| 6. แอมมิเตอร์กระแสตรงขนาด 1 แอมป์ | 1 เครื่อง |
| 7. แอมมิเตอร์กระแสตรงขนาด 5 แอมป์ | 1 เครื่อง |
| 8. เครื่องวัดความเร็วรอบ | 1 เครื่อง |
| 9. สายต่อวงจร | |

ลำดับขั้นการทดลอง

1.ต่อวงจรตามรูปที่ 3 (การต่อแบบขนานสั้น)

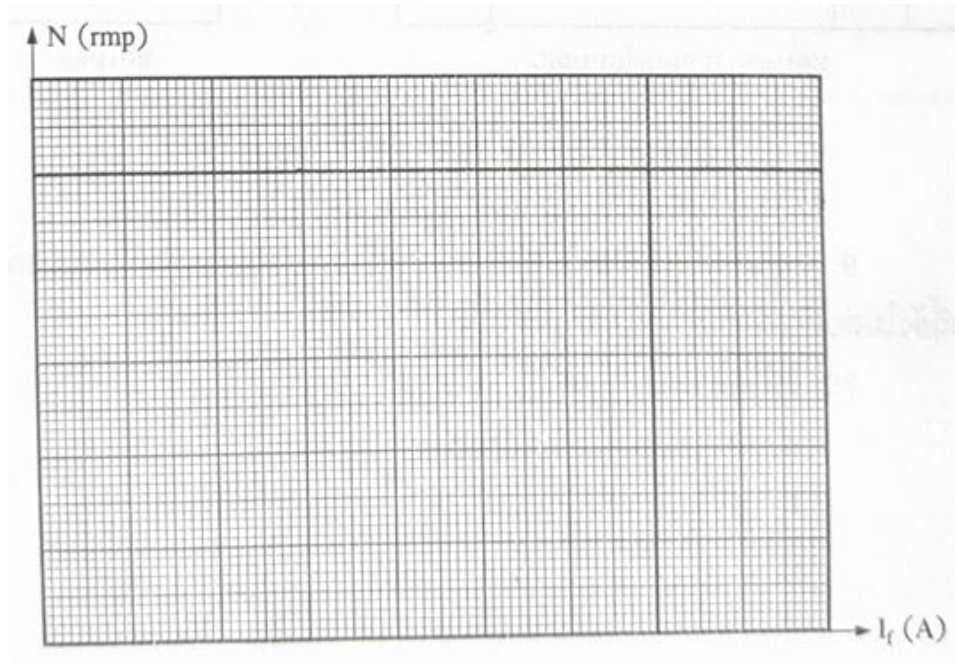


รูปที่ 3 วงจรการต่อมอเตอร์แบบผสม

2. ปรับค่าความต้านทานที่ต่ออนุกรมกับสนามขนาให้มค่าต่ำสุด (0Ω)
3. จ่ายแรงดันให้กับมอเตอร์โดยการปรับค่าแรงดันเพิ่มขึ้นจนถึงค่าพิคัดของมอเตอร์
4. ให้ปรับค่าความต้านทานที่ต่ออนุกรมกับสนามขนาจนค่ากระแสที่สนามขนา (I_F) อ่านค่าได้ $0.1 I_{Fmax}$ และบันทึกผลในตารางการทดลองที่ 1 และปรับค่าความต้านทานต่อไปตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1

n(rpm)	$I_F(A)$
	$0.1 I_{Fmax} = \dots\dots\dots$
	$0.2 I_{Fmax} = \dots\dots\dots$
	$0.3 I_{Fmax} = \dots\dots\dots$
	$0.4 I_{Fmax} = \dots\dots\dots$
	$0.5 I_{Fmax} = \dots\dots\dots$
	$0.6 I_{Fmax} = \dots\dots\dots$
	$0.7 I_{Fmax} = \dots\dots\dots$
	$0.8 I_{Fmax} = \dots\dots\dots$
	$0.9 I_{Fmax} = \dots\dots\dots$
	$I_{Fmax} = \dots\dots\dots$



5.ให้นำค่าจากตารางการทดลองที่ 1 มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ $n = f(I_F)$

6. ให้กลับขั้วการต่อของสนามอนุกรม ($D_1 - D_2$) จากการต่อรูปที่ 3

7. ให้ทำตามขั้นตอนข้อ 2 และ 3 และให้ปรับค่า $I_F = I_{Fmax}$ ความเร็วที่ได้

.....rpm ให้เปรียบเทียบความเร็วก่อนกลับสนามขานานต่ออนุกรม

.....

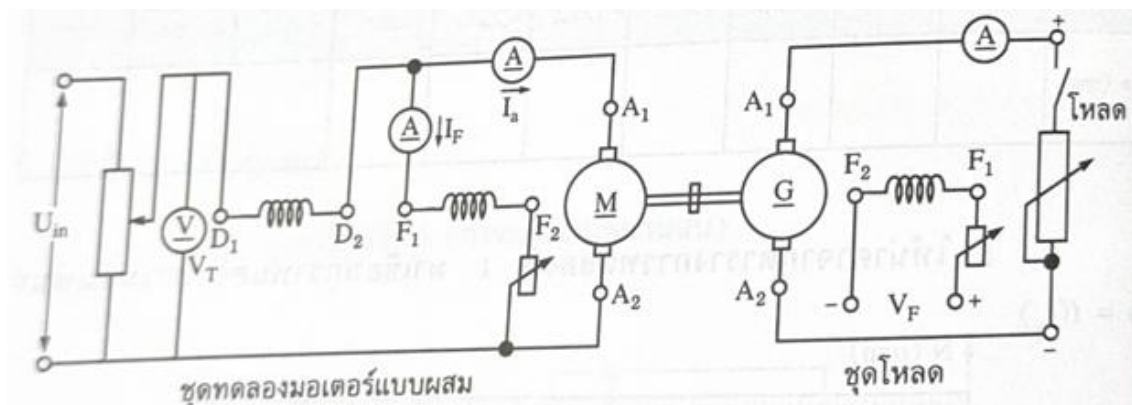
.....

.....

.....

.....

8. ต่อวงจรตามรูปที่ 4



รูปที่ 4 วงจรการต่อมอเตอร์แบบผสมขณะมีโหลด

9. จ่ายแรงดันเข้ากับมอเตอร์ ค่อย ๆ ปรับแรงดันเพิ่มขึ้นจนถึงค่าพิกัด โดยขณะนี้ยังไม่ต่อโหลดเข้าที่
ขั้วของเครื่องกำเนิด

10. ให้วัดค่าต่าง ๆ ดังนี้

$$n = \dots\dots\dots \text{RPM}$$

$$I_A = \dots\dots\dots \text{A}$$

$$V_T = \dots\dots\dots \text{V}$$

$$P_{in} = V_T \cdot I_A$$

$$= \dots\dots\dots \text{W}$$

11. ให้ต่อโหลดเข้าที่ขั้วของเครื่องกำเนิด โดยจะต้องปรับให้มีค่าความต้านทานสูงสุด

12. ให้ปรับค่าโหลดจนกระทั่งกราฟ $I_A = 0.1 I_{Amax}$ และบันทึกลงในตารางที่ 2

13. ให้ปรับค่าโหลดต่อไปเรื่อย ๆ ตามค่าในตารางที่ 2 และบันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 2

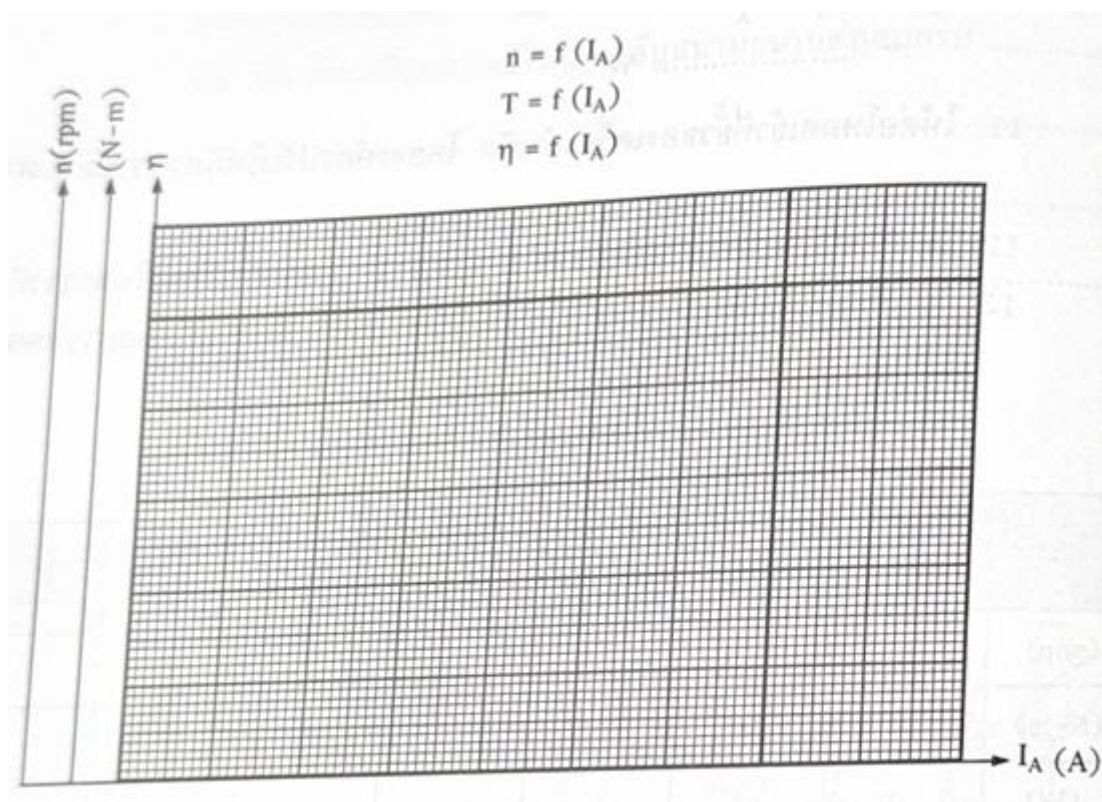
$I_A (\text{A})$	$0.1 I_{Amax} = \dots\dots\dots$	$0.3 I_{Amax} = \dots\dots\dots$	$0.5 I_{Amax} = \dots\dots\dots$	$0.6 I_{Amax} = \dots\dots\dots$	$0.8 I_{Amax} = \dots\dots\dots$	$0.9 I_{Amax} = \dots\dots\dots$	$I_{Amax} = \dots\dots\dots$
n(rpm)							
T(N-m)							
$P_{out} (\text{W})$							
η							

หมายเหตุ : I_{Amax} คือค่ากระแสพิกัดของอาร์เมเจอร์

$$P_{out} = \frac{2\pi T}{60} \cdot \omega$$

$$\eta\% = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100$$

14.ให้นำค่าจากตารางที่ 2 มาเขียนกราฟความสัมพันธ์ต่าง ๆ ดังนี้



15. ให้กลับข้อการต่อของสนามอนุกรม ($D_1 - D_2$) จากการต่อในรูปที่ 4

16. ให้ตามขั้นตอนข้อ 12-17 แต่ให้บันทึกผลในตารางที่ 3

$n =$RPM

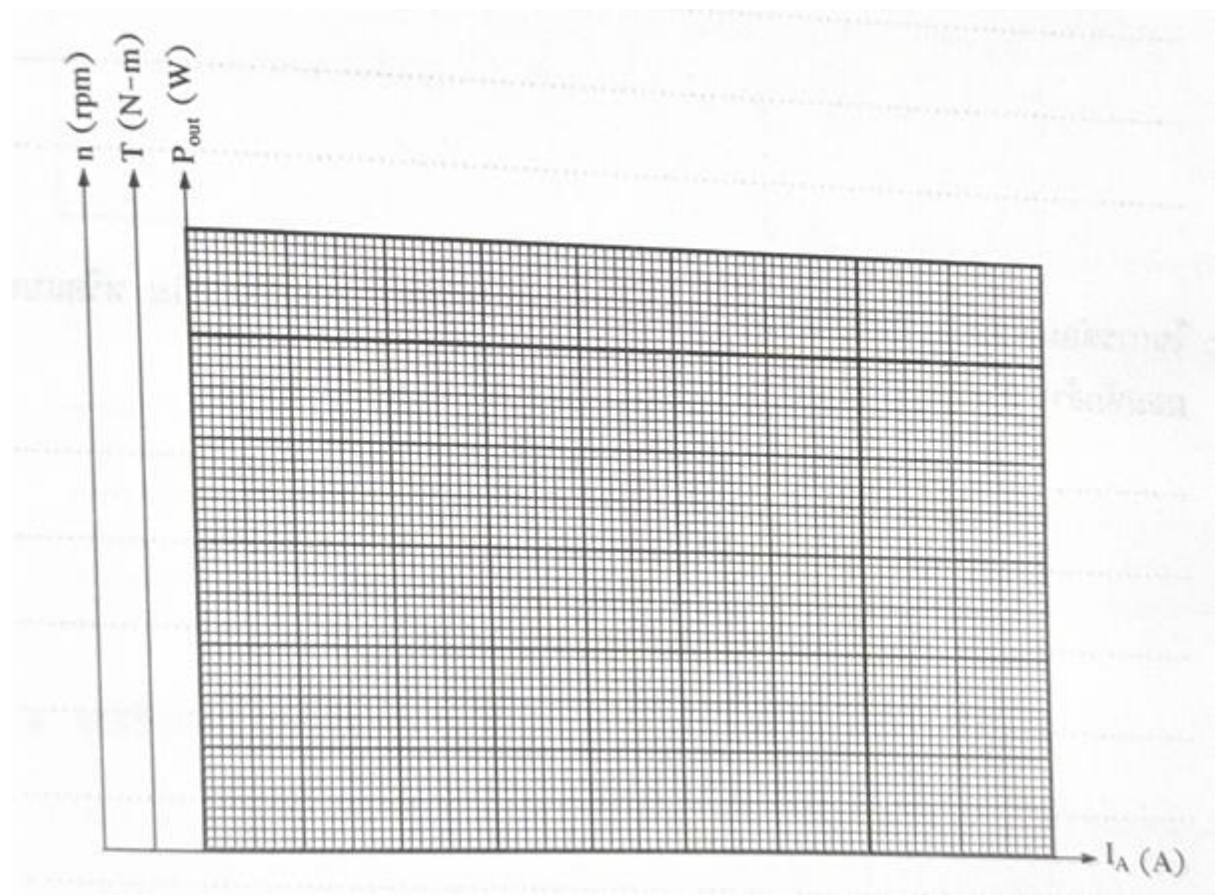
$I_A =$A

$V_T =$V

$$P_{in} = V_T \cdot I_A$$

$=$W

$I_A(A)$	$0.1I_{Amax} =$	$0.3I_{Amax} =$	$0.5I_{Amax} =$	$0.6I_{Amax} =$	$0.8I_{Amax} =$	$0.9I_{Amax} =$	$I_{Amax} =$
n(rpm)							
T(N-m)							
$P_{out}(W)$							
η							



คำถามท้ายการทดลอง

1.จงอธิบายผลที่เกิดขึ้นของการต่อสนาอนุกรมกลับขั้วกันจะมีผลเป็นอย่างไร

[illegible]

2. ในการต่อมอเตอร์แบบขนานยาวควรจะต้องสนามอนุกรมให้เป็นแบบผสมเสริม หรือแบบผสมหักล้าง ถ้าต้องการความเร็วคงที่ จงอธิบาย

[illegible]

3. จะมีวิธีการอย่างไรในการกลับทางหมุนของมอเตอร์แบบผสมเสริม ให้เขียนวงจรพร้อมอธิบาย



4. จงอธิบายเปรียบเทียบคุณสมบัติแรงบิดมอเตอร์ทั้งสามชนิดโดยละเอียด

[illegible]

[illegible]

ลงชื่อผู้ตรวจ.....วันที่ส่ง.....

ใบปฏิบัติงานวิชาเครื่องกลไฟฟ้า 1

(Electrical Machine 1)

รหัสวิชา 30104-2005 ท-ป-น 2-3-3

ใบงานที่ 9 การหาค่าคงที่ของเครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง(Constant in DC Machine)

ชื่อ.....รหัส.....ชั้น/ช่าง.....

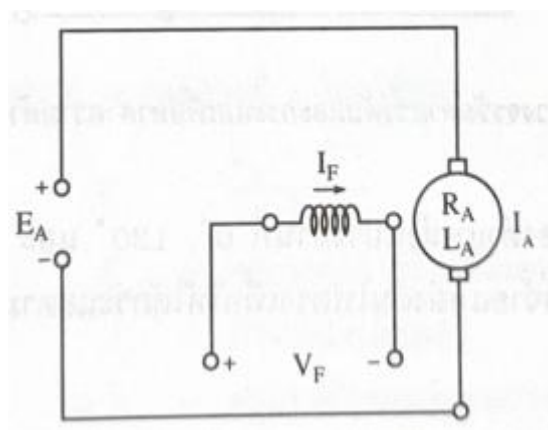
วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการหาค่าคงที่ของเครื่องกลไฟฟ้า
2. สามารถคำนวณหาค่าคงที่จากการทดลอง
3. ปฏิบัติการต่อวงจรการทดลองได้อย่างถูกต้อง

ทฤษฎีเบื้องต้น

การนำเครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรงมาใช้งานนั้น ถ้าต้องการควบคุมความเร็วให้คงที่ที่สภาวะต่าง ๆ ทางกลแล้ว จำเป็นจะต้องรู้ค่าคงที่ต่าง ๆ ภายในเครื่องกลตัวนั้น เพื่อที่จะสามารถนำมาออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งถูกควบคุมเป็นแบบวงจรป้อนกลับ (Close Loop) แล้ววงจรควบคุมทางอิเล็กทรอนิกส์นี้สามารถแปรเปลี่ยนค่าทางไฟฟ้าตามความต้องการใช้ในการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้านั้น โดยค่าคงที่ดังกล่าวคือ

1. ค่าความต้านทาน (Resistance: R)
2. ค่าตัวเหนี่ยวนำ (Inductance: L)
3. ค่าคงตัวเวลา (Time Constant: τ)



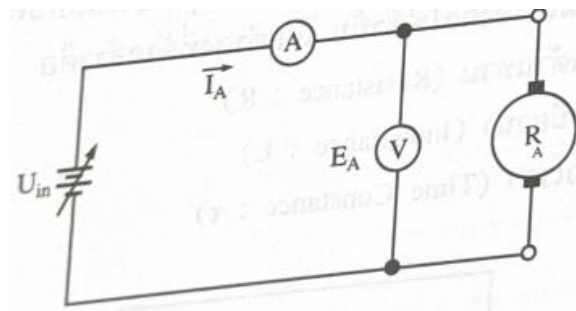
รูปที่ 1 วงจรเทียบเคียงของเครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรงแบบแยกกระตุ้น

เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

- | | |
|-----------------------------------|-----------|
| 1. ชุดเครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง | 1 ชุด |
| 2. โวลต์มิเตอร์กระแสตรง | 1 เครื่อง |
| 3. แอมมิเตอร์กระแสตรงขนาด 1 แอมป์ | 1 เครื่อง |
| 4. โอห์มมิเตอร์ | 1 เครื่อง |
| 5. สายต่อวงจร | |

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 2



รูปที่ 2 วงจรวัดค่าแรงดันและกระแสเพื่อหาค่าความต้านทาน R_a

2. ปรับมุมของตำแหน่งแปรงถ่านที่ 0° , 120° และ 240°
3. ปรับแหล่งจ่ายแหล่งดันไฟตรงเพื่อให้ได้กระแสตามตารางที่ 1 และบันทึกค่าของแรงดัน E_A

ค่ากระแส $I_A (A)$	มุมของตำแหน่งแปรปรวน	แรงดัน $E_A (V)$	ค่าความต้านทาน $R_A (\Omega)$
$0.25 I_{Amax} = \dots\dots\dots$	0°		
	120°		
	240°		
$0.5 I_{Amax} = \dots\dots\dots$	0°		
	120°		
	240°		
$0.75 I_{Amax} = \dots\dots\dots$	0°		
	120°		
	240°		
$I_{Amax} = \dots\dots\dots$	0°		
	120°		
	240°		
ค่าเฉลี่ยความต้านทาน R_A			

หมายเหตุ : เมื่อ I_{Amax} คือค่าพิกัดของกระแสที่อาร์เมเจอร์ =A

4.คำนวณหาค่า R_A จากตารางที่ 1 โดยใช้สูตร

$$R_A = \frac{E_A - 2V}{I_A}$$

เมื่อ

E_A = ค่าแรงดันจากโวลต์มิเตอร์

I_A = ค่าจากแอมป์มิเตอร์

$2V$ = ค่าแรงดันตกคร่อมแปรปรวนข้างละ 1 V

$$R_A (\text{เฉลี่ย}) = \frac{\sum_{i=1}^N R_A}{N}$$

5. เปลี่ยนแหล่งจ่ายไฟตรงเป็นแหล่งจ่ายไฟสลับ โดยต่อวงจรตามรูปที่ 3
6. ทำการปรับแหล่งจ่ายแรงดันจนได้ค่ากระแสตามตารางที่ 2
7. ในขณะที่ทำการทดลองวัดค่าแรงดันให้หมุนอาร์มเจอร์ไปซ้ำ ๆ

ตารางที่ 2

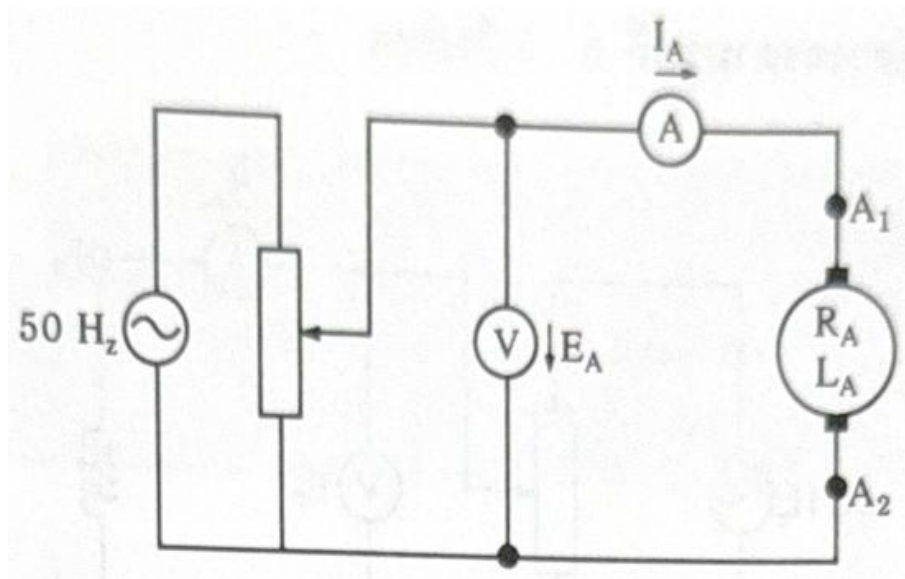
กระแส $I_A (A)$	แรงดัน $E_A (V)$	อิมพีแดนซ์ $Z_A (\Omega)$	อินดักแตนซ์ $L_A (H)$
$0.25 I_{an} = \dots\dots\dots$			
$0.5 I_{an} = \dots\dots\dots$			
$0.75 I_{an} = \dots\dots\dots$			
$I_{an} = \dots\dots\dots$			
อินดักแตนซ์ $L_A (H)$ เฉลี่ย			

8. คำนวณหาค่า L_A จากตารางที่ 2 โดยใช้สูตร

$$Z_A = \frac{E_A - 2 V}{I_A}$$

$$L_A = \frac{1}{2\pi f} \sqrt{Z_A^2 - R_A^2}$$

$$L_A \text{ (เฉลี่ย)} = \frac{\sum_{i=1}^N L_A}{N}$$



รูปที่ 3 วงจรหาค่าอิมพีแดนซ์ของอาร์เมเจอร์

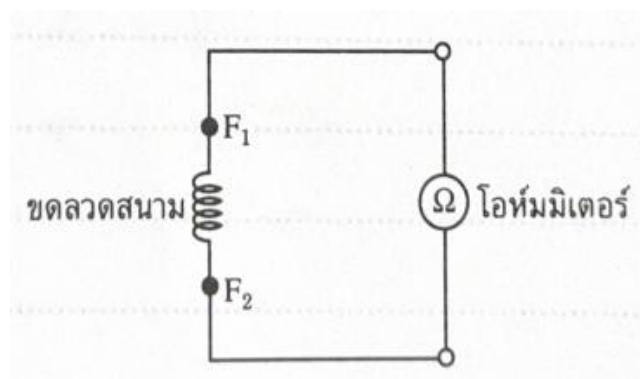
9. การหาค่าคงตัวเวลาของขดลวดอาร์เมเจอร์ (Time Constant: τ_A)

$$R_A = \dots\dots\dots$$

$$L_A = \dots\dots\dots$$

เมื่อ
$$\tau_A = \frac{L_A}{R_A}$$

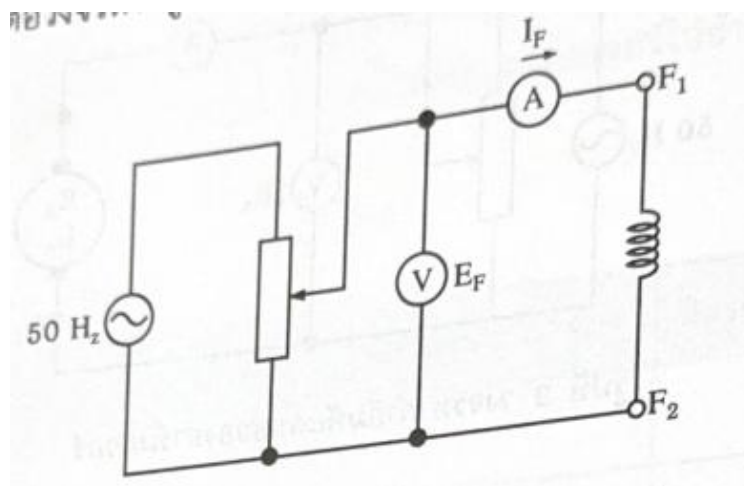
10. ทำการวัดค่าความต้านทาน R_f ของขดลวดสนามโดยใช้โอห์มมิเตอร์



รูปที่ 4 วงจรหาค่าความต้านทานจากขดลวด สนาม

$$R_f = \dots\dots\dots$$

11. จงต่อวงจรตามรูปที่ 5



รูปที่ 5

12. ทำตามขั้นตอนข้อ 5-8 โดยบันทึกผลในตารางที่ 3

13. การหาค่าคงตัวเวลาของขดลวดสนาม

$$R_F = \dots\dots\dots \Omega$$

$$L_F = \dots\dots\dots H$$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตารางที่ 3

กระแส $I_F(A)$	วัดค่า	คำนวณ	
	แรงดัน $E_F(V)$	อิมพีแดนซ์ $Z_F(\Omega)$	อินดักแตนซ์ $L_F(H)$
0.25 $I_{Fmax} = \dots\dots\dots$			
0.5 $I_{Fmax} = \dots\dots\dots$			
0.75 $I_{Fmax} = \dots\dots\dots$			
$I_{Fmax} = \dots\dots\dots$			
ค่าอินดักแตนซ์เฉลี่ย			

หมายเหตุ : **I_{Fmax}** คือค่าพิกัดของกระแสที่ขดลวดสนามA

$$Z_F = \frac{E_F}{I_F}$$

$$L_F = \sqrt{Z_F^2 - R_F^2}$$

[illegible]

ลงชื่อผู้ตรวจ.....วันที่ส่ง.....

ใบปฏิบัติงานวิชาเครื่องกลไฟฟ้า 1

(Electrical Machine 1)

รหัสวิชา 30104-2005 ท-ป-น 2-3-3

ใบงานที่ 10 อัตราส่วนและกระแสกระตุ้นของหม้อแปลง

(Transformer of Ratio and Excited Current)

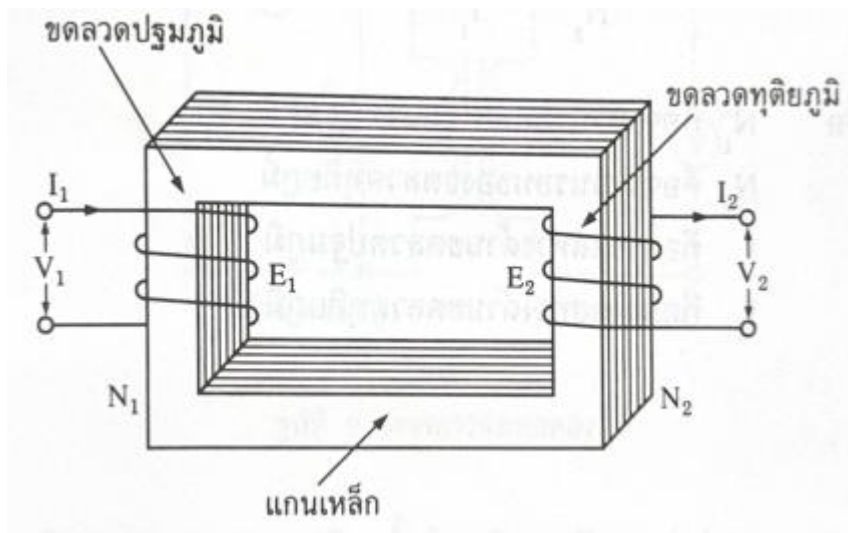
ชื่อ.....รหัส.....ชั้น/ช่าง.....

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาอัตราส่วนแรงดัน กระแส และจำนวนรอบของหม้อแปลง
2. เพื่อศึกษาเกี่ยวกับกระแสกระตุ้นของหม้อแปลง
3. สามารถคำนวณหาค่าของอัตราส่วนในลักษณะต่าง ๆ
4. ปฏิบัติการต่อวงจรการทดลองได้อย่างถูกต้อง

ทฤษฎีเบื้องต้น

หม้อแปลงเป็นอุปกรณ์ที่จัดอยู่ในส่วนของเครื่องจักรกลไฟฟ้า โดยที่หม้อแปลงมีส่วนประกอบหลักอยู่ 3 ส่วนคือ ขดลวดปฐมภูมิ ขดลวดทุติยภูมิ และแกนเหล็ก โดยที่ขนาดของขดลวดจะขึ้นอยู่กับกำลังโวลต์-แอมป์ของหม้อแปลง ส่วนแกนเหล็กจะทำจากแผ่นโลหะบาง ๆ และนำมาอัดขึ้นรูปรวมกันเป็นแกนเหล็ก ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ส่วนประกอบของหม้อแปลงไฟฟ้า

โดยจะมีขดลวดปฐมภูมิเป็นตัวรับพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายพลังงานนี้ไปทางขดลวดทุติยภูมิโดยการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็ก โดยพลังงานที่เกิดขึ้นทางด้านขดลวดทุติยภูมิจะเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้าตกคร่อมที่ขดลวดจะสามารถหาได้จาก

$$a = \frac{E_1}{E_2}; \text{ ค่าอัตราส่วนจะไม่มีหน่วย}$$

เมื่อ

E_1 คือแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำทางด้านปฐมภูมิ

E_2 คือแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำทางด้านทุติยภูมิ

a คือค่าอัตราส่วนของหม้อแปลง

ขณะที่หม้อแปลงทำงานจริงจะมีภาระโหลดต่ออยู่ ทำให้เกิดกระแสไหลภายในขดลวด โดยจะได้ความสัมพันธ์กันดังนี้

$$I_1 N_1 = I_2 N_2$$

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

เมื่อ

N_1 คือจำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิ

N_2 คือจำนวนรอบของขดลวดทุติยภูมิ

I_1 คือกระแสทางด้านขดลวดปฐมภูมิ

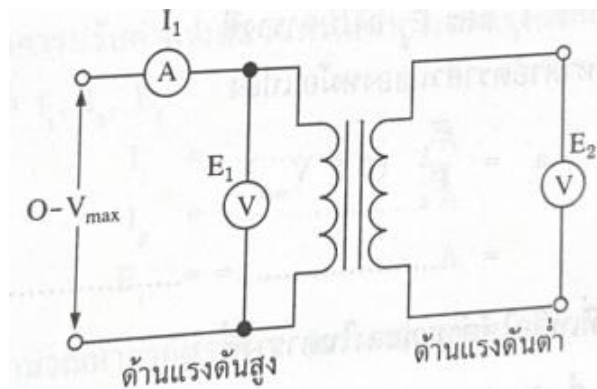
I_2 คือกระแสทางด้านขดลวดทุติยภูมิ

เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

- | | |
|--------------------------|-----------|
| 1. หม้อแปลง 1 เฟส | 1 ชุด |
| 2. โวลต์มิเตอร์กระแสสลับ | 2 เครื่อง |
| 3. แอมมิเตอร์กระแสสลับ | 2 เครื่อง |
| 4. สายต่อวงจร | |
| 5. ลวดทองแดงยาว 2 ฟุต | |

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 2 (อัตราส่วนแรงดัน)



รูปที่ 2 วงจรการต่อทดลอง

2. ทำการตรวจสอบวงจรอีกครั้งก่อนทำการเปิดแหล่งจ่าย
3. ให้ทำการปรับแรงดันตามตารางที่ 1 โดยค่า V_{max} คือค่าแรงดันสูงสุดที่หม้อแปลงรับได้

ตารางที่ 1

$E_1(V)$	$I_1(A)$	$E_2(V)$	$a = \frac{E_1}{E_2}$
$0.2V_{max} = \dots\dots\dots$			
$0.4V_{max} = \dots\dots\dots$			
$0.6V_{max} = \dots\dots\dots$			
$0.8V_{max} = \dots\dots\dots$			
$V_{max} = \dots\dots\dots$			

4. ให้บันทึกค่า I_1 และ E_2 ลงในตารางที่ 1
5. คำนวณหาค่าอัตราส่วนของหม้อแปลง

$$a = \frac{E_1}{E_2} (0.2V_{max})$$

=

ในส่วนที่เหลือให้คำนวณลงในตารางที่ 1

6. ในขณะที่ปรับค่าแรงดันทางด้านปฐมภูมิ (E_1) ค่ากระแส I_1 มีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่

.....

.....

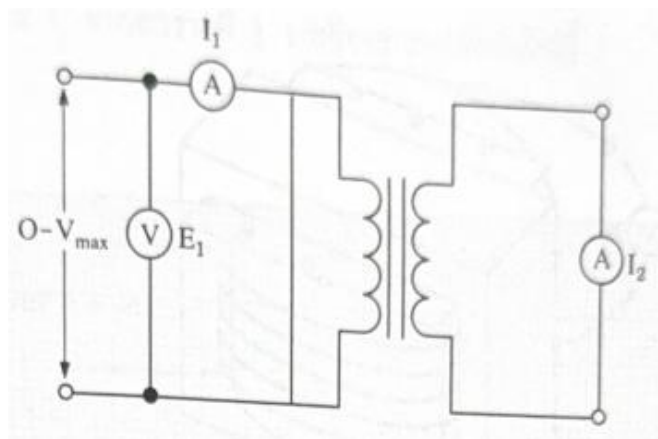
.....

.....

.....

.....

7. ต่อยังตามรูปที่ 3 (อัตราส่วนกระแส)



รูปที่ 3 วงจรการทดลอง

8. ทำการตรวจสอบความถูกต้องของวงจรก่อนทำการเปิดแหล่งจ่าย

9. ให้ทำการปรับค่าแรงดันจนทำให้ค่ากระแสแรงดัน I_2 ได้ค่าตามพิกัด (ค่าสูงสุด) และบันทึกค่า I_1, I_2, E_1

$$I_1 = \dots\dots\dots$$

$$I_2 = \dots\dots\dots$$

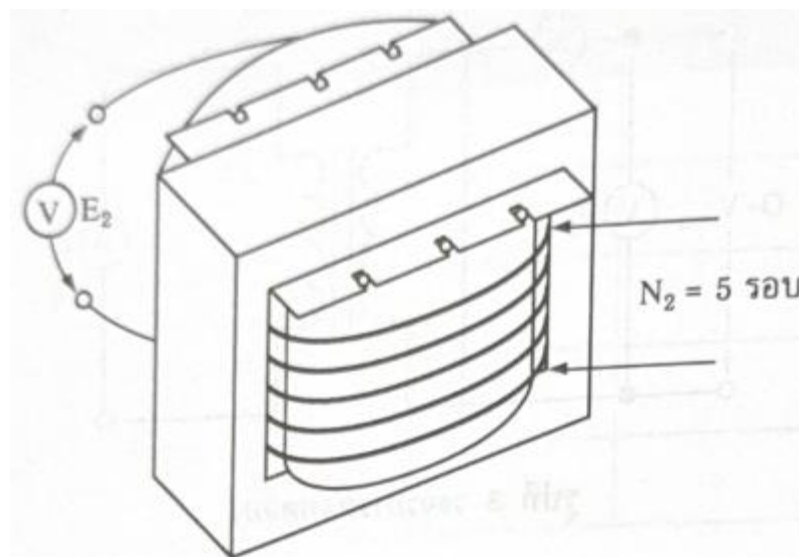
$$E_1 = \dots\dots\dots$$

10. ให้คำนวณหาอัตราส่วน (กระแส) จาก

$$a = \frac{I_2}{I_1} = \dots\dots\dots$$

หมายเหตุ : ในการทดลองในส่วนนี้ควรจะต้องทำการปรับแรงดันที่แหล่งจ่ายให้เป็นศูนย์ ก่อนเริ่มทำการทดลอง และจะต้องค่อย ๆ ปรับค่าแรงดันอย่างช้า ๆ เพื่อป้องกันความเสียหาย

11. ต่อดังตามรูปที่ 4 อัตราส่วนจำนวนรอบ



รูปที่ 4

12. ให้นำลวดทองแดงที่อาบฉนวน (วานิช) โดยทำการสอดเพื่อนำไปพันในแกนหม้อแปลง จำนวน 5 รอบ (โดยกำหนดให้เป็น N_2 สมมติ)

13. ทำการป้อนแรงเข้าที่ด้านปฐมภูมิ (E) โดยจ่ายค่าแรงดัน $E_1 = 0.2V_{max}$ และทำการวัดค่าแรงดัน E_2 (ที่หัวของขดลวดที่พันเข้าไปใหม่)

$$E_1 = 0.2V_{max} = \dots\dots\dots$$

$$E_2 = (\text{ที่พันใหม่}) = \dots\dots\dots$$

14. ทำการคำนวณหาอัตราส่วน และ N_1 ของหม้อแปลง

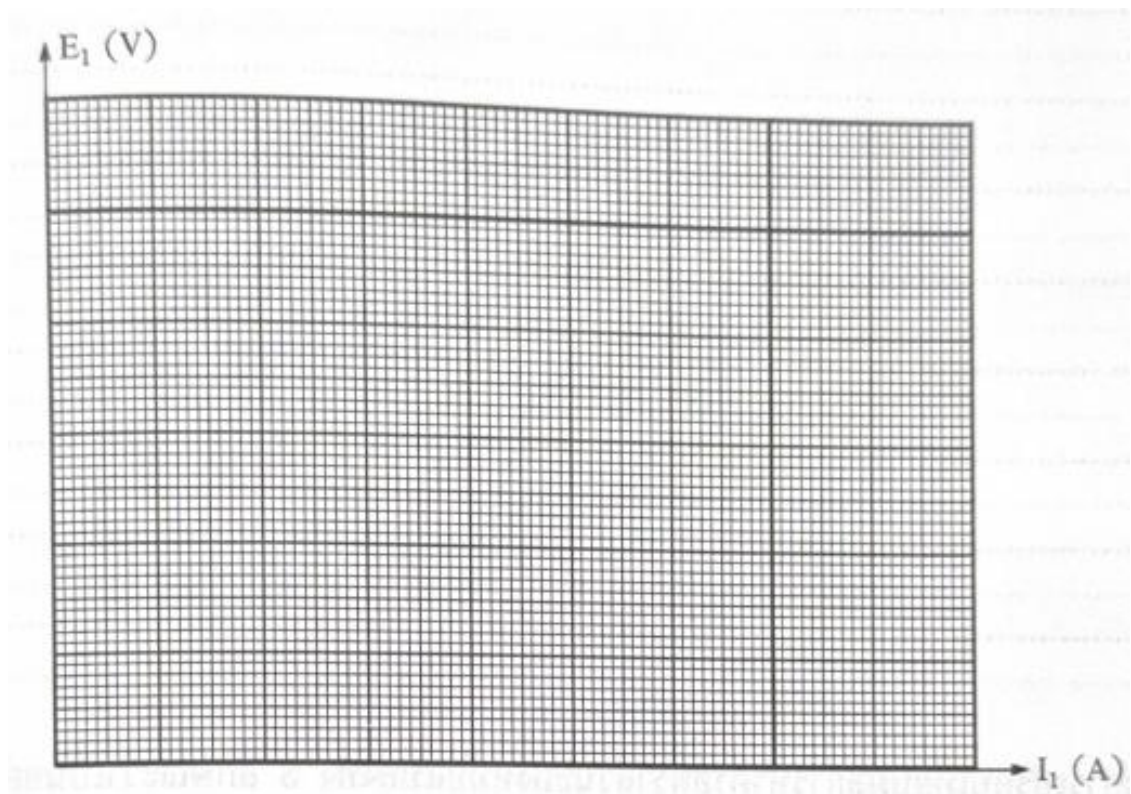
$$a = \frac{E_1}{E_2} = \dots\dots\dots$$

$$N_1 = a \cdot N_2 = \dots\dots\dots; N_2 = 5 \quad \text{รอบ}$$

$$= \dots\dots\dots$$

คำถามท้ายการทดลอง

1. จงนำค่า E_1 และ I_1 จากตารางที่ 1 มาเขียนกราฟดังต่อไปนี้



จงอธิบายผลที่เกิดขึ้น

[illegible]

2.จงทำการหาค่า N_2 ของหม้อแปลงที่ใช้ในการทดลองจริงว่ามีจำนวนกี่รอบ

[illegible]

3.จงทำการเปรียบเทียบผลการหาค่าอัตราส่วนของหม้อแปลงไฟฟ้าทั้ง 3 ลักษณะว่าเป็นอย่างไร

[illegible]

[illegible]

ลงชื่อผู้ตรวจ.....วันที่ส่ง.....

ใบปฏิบัติงานวิชาเครื่องกลไฟฟ้า 1

(Electrical Machine 1)

รหัสวิชา 30104-2005 ท-ป-น 2-3-3

ใบงานที่ 11 การทดสอบหม้อแปลง(Transformer Testing)

ชื่อ.....รหัส.....ชั้น/ช่าง.....

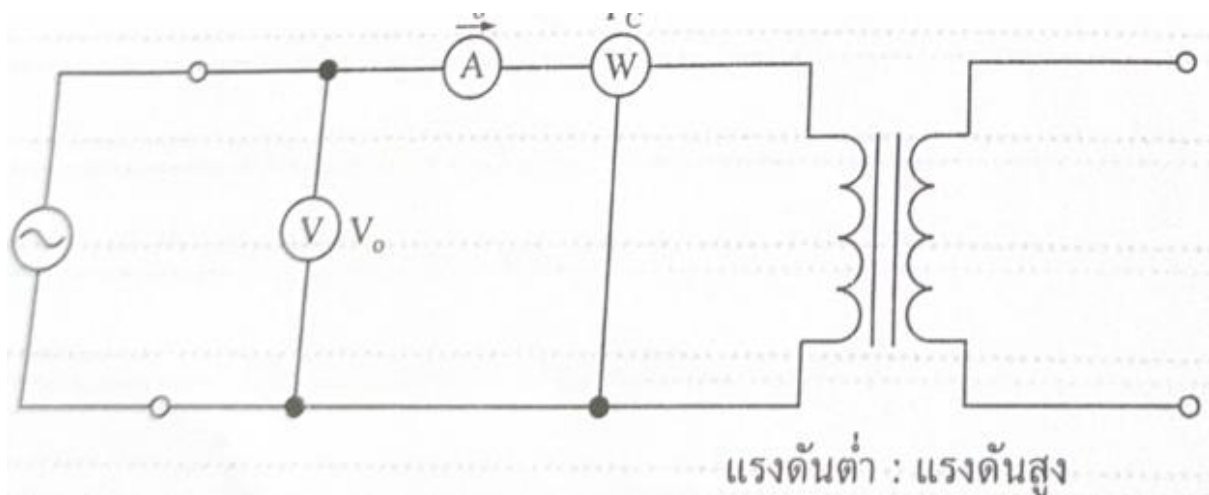
วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาคุณลักษณะของหม้อแปลงในสภาวะวงจรเปิด
2. เพื่อศึกษาคุณลักษณะของหม้อแปลงในสภาวะวงจรเปิด
3. สามารถคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของหม้อแปลง
4. ปฏิบัติการต่อวงจรการทดลองได้อย่างถูกต้อง

ทฤษฎีเบื้องต้น

ในการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าเพื่อที่จะหาค่าการสูญเสียที่เกิดขึ้นในหม้อแปลงโดยการทดสอบดังกล่าวจะแยกวิธีการหาออกเป็น 2 ลักษณะคือ

การทดสอบแบบวงจรเปิด (Open Circuit Test) การทดสอบในลักษณะดังกล่าวจะกระทำการต่อเครื่องมือวัดต่าง ๆ เช่น วัดแอมมิเตอร์ โวลต์มิเตอร์ และแอมมิเตอร์ไว้ทางด้านแรงดันต่ำ (Low Voltage) โดยการกระทำดังกล่าวก็เพื่อหาค่าการสูญเสียในแกนเหล็ก (Core Loss) มีการทดสอบดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การทดสอบแบบวงจรเปิด (Open Circuit Test)

จากวงจรการทดสอบจะสามารถคำนวณค่าได้ต่าง ๆ ดังนี้

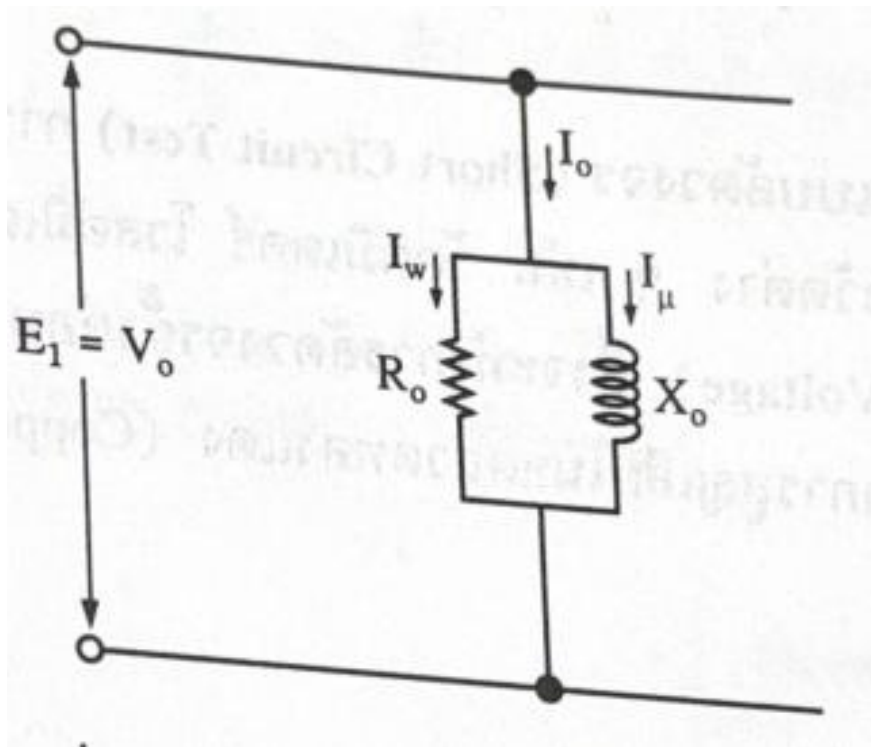
- ค่ากำลังสูญเสียในแกนเหล็ก

$$P_c = V_o I_o \cos \theta_o W$$

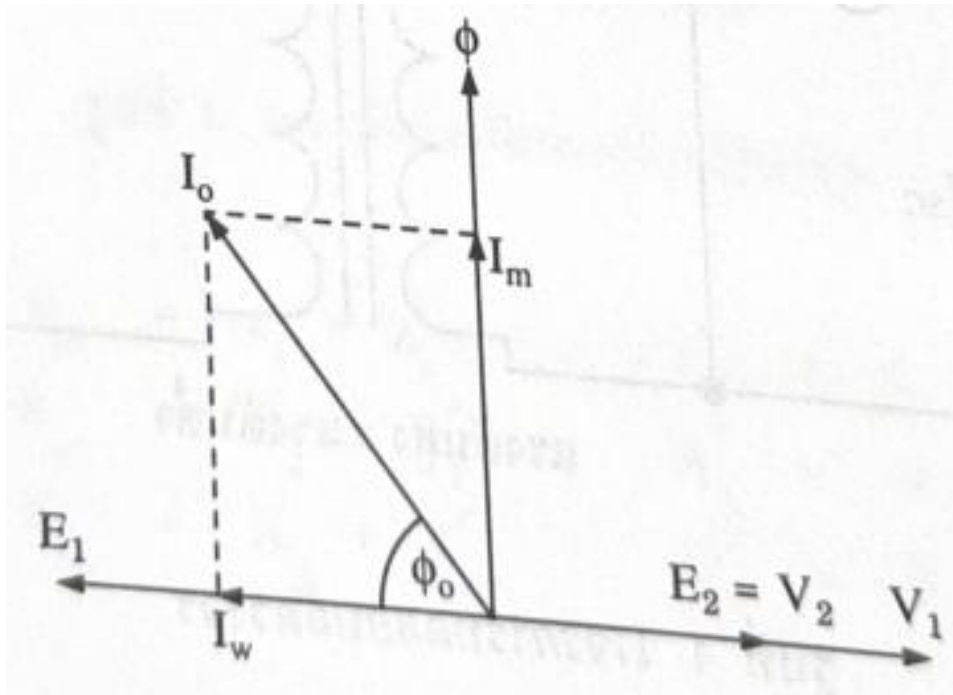
ค่ามุมที่ได้

$$\theta_o = \cos^{-1} \frac{P_c}{V_o I_o}$$

- วงจรเทียบเคียงของการทดสอบแบบวงจรเปิด



รูปที่ 2 วงจรเทียบเคียงขณะ Open-Circuit



รูปที่ 3 เวกเตอร์ขณะ No-Load

$$R_o = \frac{V_o}{I_w}$$

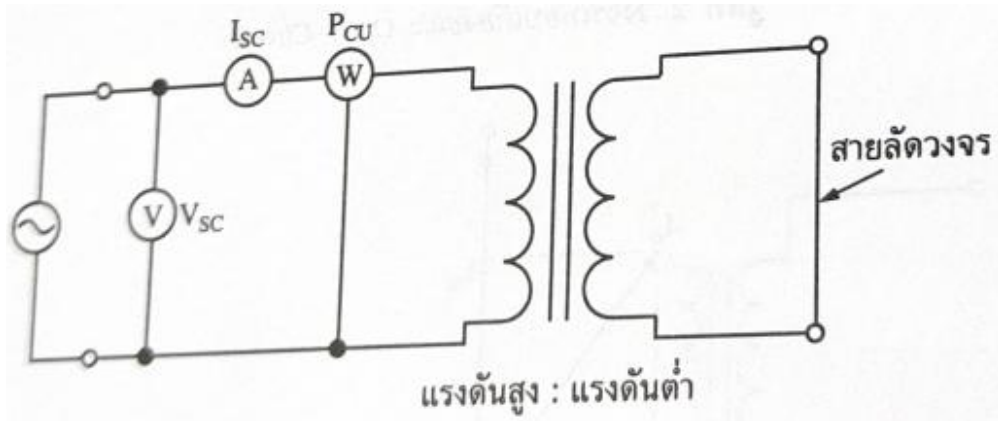
$$X_o = \frac{V_o}{I_\mu}$$

แต่จากผลของเวกเตอร์ จะได้ว่า

$$I_w = I_o \cos \theta_o ; I_w \quad \text{คือค่ากระแสที่ทำให้เกิดการสูญเสียในแกนเหล็ก}$$

$$I_\mu = I_o \sin \theta_o ; I_\mu \quad \text{คือค่ากระแสที่ทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็ก}$$

การทดสอบแบบลัดวงจร (Short Circuit Test) การทดสอบในลักษณะดังกล่าวจะกระทำการต่อเครื่องมือวัดต่าง ๆ เช่น วัดตมิตอร์ โวลต์มิเตอร์ และแอมมิเตอร์ไว้ทางด้านแรงดันสูง (High Voltage) ซึ่งจะทำให้การลัดวงจรชั่วคราวทางด้านแรงดันต่ำ โดยการกระทำดังกล่าวก็เพื่อหาค่าการสูญเสียในขดลวดทองแดง (Copper Losses) มีการทดสอบดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 วงจรการทดสอบลัดวงจร

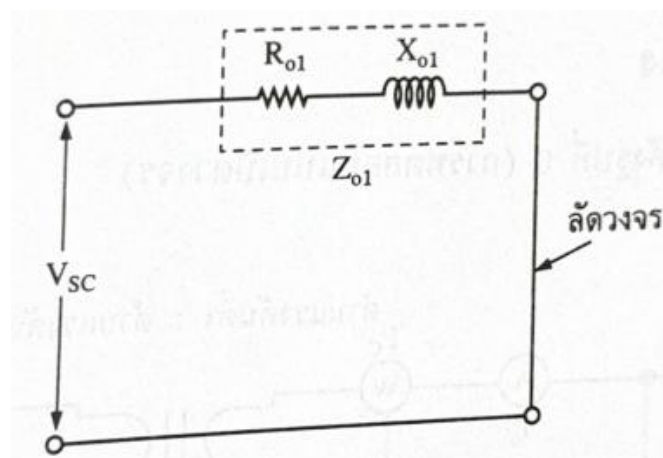
จากวงจรการทดสอบจะสามารถคำนวณค่าต่าง ๆ ได้ดังนี้

$$Z_{01} = \frac{V_{sc}}{I_{sc}}; V_{sc} \text{ และ } I_{sc} \quad \text{คือแรงดันและกระแสขณะทดสอบ}$$

$$R_{01} = \frac{P_{cu}}{I_{sc}^2}$$

$$X_{01} = \sqrt{Z_{01}^2 - R_{01}^2}$$

$$\cos \theta_{sc} = \frac{R_{01}}{Z_{01}}; \theta_{sc} \quad \text{คือมุมขณะทดสอบวงจร}$$



รูปที่ 5 วงจรเทียบเคียงของการลัดวงจร

เมื่อ

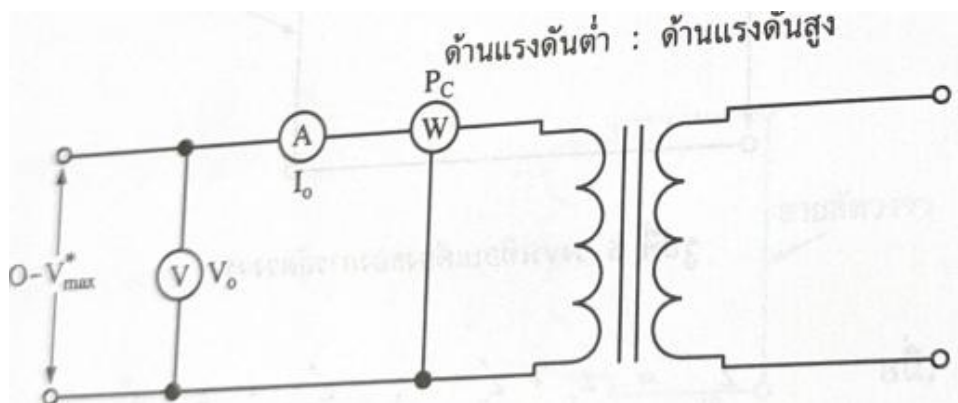
$$\begin{aligned} Z_{o1} &= Z_1 + Z'_2 ; & Z'_2 &= Z_2 \cdot a^2 \\ R_{o1} &= R_1 + R'_2 ; & R'_2 &= R_2 \cdot a^2 \\ X_{o1} &= X_1 + X'_2 ; & X'_2 &= X_2 \cdot a^2 \end{aligned}$$

เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

1. หม้อแปลง 1 เฟส 1 ชุด
2. โวลต์มิเตอร์กระแสตรง 1 เครื่อง
3. โวลต์มิเตอร์กระแสสลับ 1 เครื่อง
4. แอมมิเตอร์กระแสตรง 1 เครื่อง
5. แอมมิเตอร์กระแสสลับ 1 เครื่อง
6. วัตต์มิเตอร์ 1 เครื่อง
7. สายต่อวงจร

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อวงจรดังรูปที่ 6 (การทดสอบแบบเปิดวงจร)



รูปที่ 6 การทดสอบหม้อแปลงแบบเปิดวงจร

หมายเหตุ : V_{max} คือค่าแรงดันสูงสุดของแรงดันหม้อแปลงด้านที่ทำการทดสอบ

2. ทำการตรวจสอบวงจรอีกครั้งก่อนทำการเปิดแหล่งจ่าย
3. ปรับค่าแรงดันที่จ่ายเข้าวงจรมีค่าเท่ากับ V_0 ตามตารางที่ 1
4. บันทึกค่าจากเครื่องมือวัดต่าง ๆ และบันทึกลงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การทดสอบแบบเปิดวงจร

ค่าจากการวัด			ค่าจากการคำนวณ				
V_o	I_o	P_c	$\cos \theta_o$	I_W	I_u	R_o	X_o
$0.5V_o = \dots\dots\dots$							
$0.75V_o = \dots\dots\dots$							
$V_o = \dots\dots\dots$							

5. จงแสดงการคำนวณ $\cos \theta_o, I_w, I_u, R_o, X_o$ จากข้อมูลในตารางที่ 1 ของ V_o

[illegible]

6. จงหาค่าเฉลี่ยของ R_o และ X_o จากข้อมูลในตารางที่ 1

$$R_o \text{ (เฉลี่ย)} = \frac{R_o(0.5 V_o) + R_o(0.75 V_o) + R_o(V_o)}{3} \quad \Omega$$

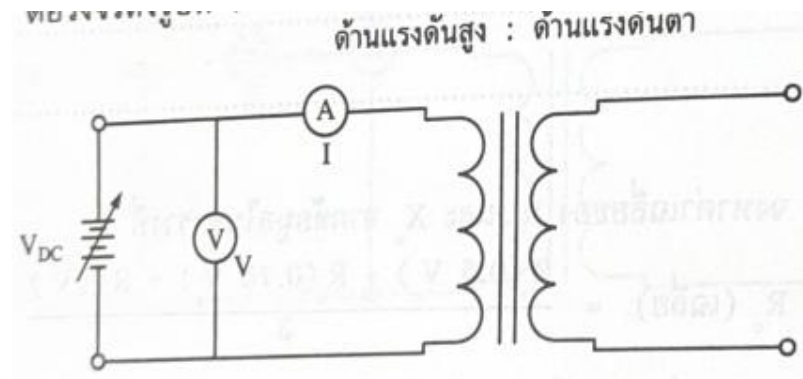
$$R_o \text{ (เฉลี่ย)} = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots \quad \Omega$$

$$X_o \text{ (เฉลี่ย)} = \frac{X_o(0.5 V_o) + X_o(0.75 V_o) + X_o(V_o)}{3} \quad \Omega$$

$$X_o \text{ (เฉลี่ย)} = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots \quad \Omega$$

7. นำค่าที่ได้มาเขียนวงจรเทียบเคียงของการทดสอบขณะเปิดวงจร

8.ต่อวงจรดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 การทดสอบหาค่าความต้านทานของขดลวด

9. ทำการตรวจสอบวงจรอีกครั้งก่อนทำการเปิดแหล่งจ่าย

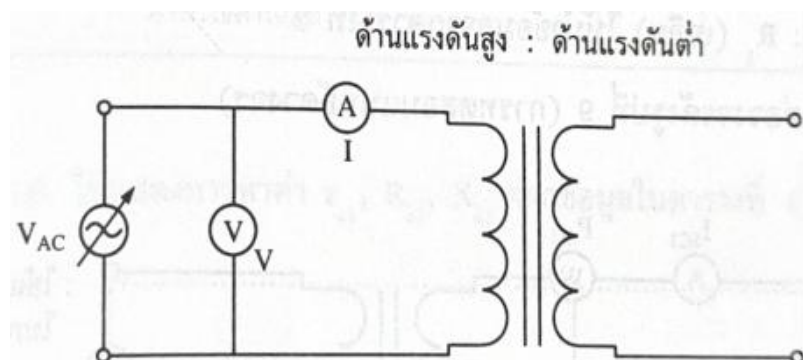
10. ให้ทำการปรับค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้ได้ค่าตามตารางที่ 2 และทำการบันทึกค่าต่าง ๆ จากเครื่องมือวัด

ตารางที่2

ค่าจากการวัด		ค่าจากคำนวณ	
I(A)	V(V)	$R_1(\Omega)$	$R_1(\text{เฉลี่ย})$
$0.5I_{max} = \dots\dots\dots$			
$0.75I_{max} = \dots\dots\dots$			
$I_{max} = \dots\dots\dots$			

หมายเหตุ : I_{max} คือค่าฟลักตกระแสของหม้อแปลงด้านที่ทำการทดสอบ

11. ต่อวงจรดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 วงจรการหาค่าอิมพีแดนซ์

12. ทำการตรวจสอบวงจรอีกครั้งก่อนทำการเปิดแหล่งจ่าย
13. ให้รับค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้ได้ค่าตามตารางที่ 3 และบันทึกค่าต่าง ๆ จากเครื่องมือวัด

ตารางที่ 3

ค่าจากการวัด		ค่าจากคำนวณ		
V(V)	I(A)	$Z_1(\Omega)$	$Z_1(\text{เฉลี่ย})$	$X_1(\Omega)$
$0.5V_{max} = \dots\dots\dots$				
$0.75V_{max} = \dots\dots\dots$				
$V_{max} = \dots\dots\dots$				

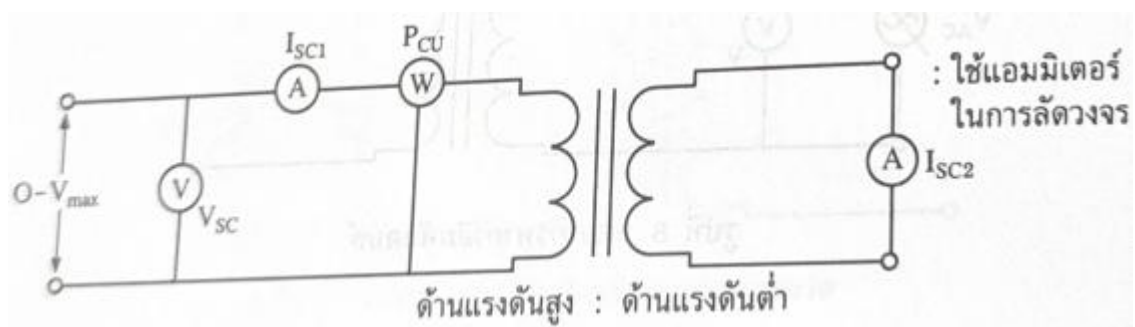
14. ให้แสดงการคำนวณหาค่า X_1

$$X_1(\text{เฉลี่ย}) = \sqrt{Z_1(\text{เฉลี่ย})^2 - R_1(\text{เฉลี่ย})^2}$$

$$= \dots\dots\dots$$

: $R_1(\text{เฉลี่ย})$ ให้นำข้อมูลจากตารางที่ 2

15. ต่อดังรูปที่ 9 (การทดสอบแบบลัดวงจร)



รูปที่ 9 การทดสอบหม้อแปลงแบบลัดวงจร

16. ทำการตรวจสอบวงจรอีกครั้งก่อนทำการเปิดแหล่งจ่าย

17. ให้ทำการปรับค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้ได้ค่ากระแสตามตารางที่ 4 และบันทึกค่าต่าง ๆ จากเครื่องมือวัด

ตารางที่ 4

ค่าจากการวัด				ค่าจากคำนวณ			
$I_{sc}(A)$	$V_{sc}(V)$	$P_{cu}(W)$	$I_{sc2}(A)$	$Z_{01}(\Omega)$	$R_{01}(\Omega)$	$X_{01}(\Omega)$	$a = \frac{I_{sc2}}{I_{sc1}}$
$0.5I_{max} =$							
$0.75I_{max} =$							
$I_{max} =$							
คำนวณค่าเฉลี่ย							

18. ให้แสดงการหาค่า $Z_{01}(\Omega)$, $R_{01}(\Omega)$, $X_{01}(\Omega)$ จากข้อมูลในตารางที่ 4 โดยใช้ค่าที่ I_{max}

.....

.....

.....

.....

.....

.....

19.ให้นำค่าของข้อมูลที่ได้มาเขียนลงกรเทียบเคียงของการทดสอบแบบลัตวงจร

20. ให้แสดงการคำนวณหาดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned}
 Z_1 \text{ (เฉลี่ย)} &= \dots\dots\dots \Omega, \\
 R_1 \text{ (เฉลี่ย)} &= \dots\dots\dots \Omega, \\
 X_1 \text{ (เฉลี่ย)} &= \dots\dots\dots \\
 Z'_2 &= Z_{o1} - Z_1 = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots \Omega \\
 R'_2 &= R_{o1} - R_1 = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots \Omega \\
 X'_2 &= X_{o1} - X_1 = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots \Omega
 \end{aligned}$$

คำถามท้ายการทดลอง

1. จงนำข้อมูลที่ได้มาเขียนวงจรสมมูลของหม้อแปลงทั้งด้านปฐมภูมิและทุติยภูมิ

2. การทดสอบหม้อแปลงทั้งสองลักษณะเพื่อหาค่าของอะไร และมีวิธีการอย่างไร จงอธิบาย

This image shows a full page of primary-ruled paper. It features multiple sets of horizontal dashed lines spaced evenly down the page, providing a guide for handwriting practice. The lines are thin and light gray, set against a plain white background. There are no margins, text, or other markings on the page.

ลงชื่อผู้ตรวจ.....วันที่ส่ง.....

ใบปฏิบัติงานวิชาเครื่องกลไฟฟ้า 1

(Electrical Machine 1)

รหัสวิชา 30104-2005 ท-ป-น 2-3-3

ใบงานที่ 12 การคุมค่าแรงดันของหม้อแปลง (Transformer of Voltage Regulation)

ชื่อ.....รหัส.....ชั้น/ช่าง.....

วัตถุประสงค์

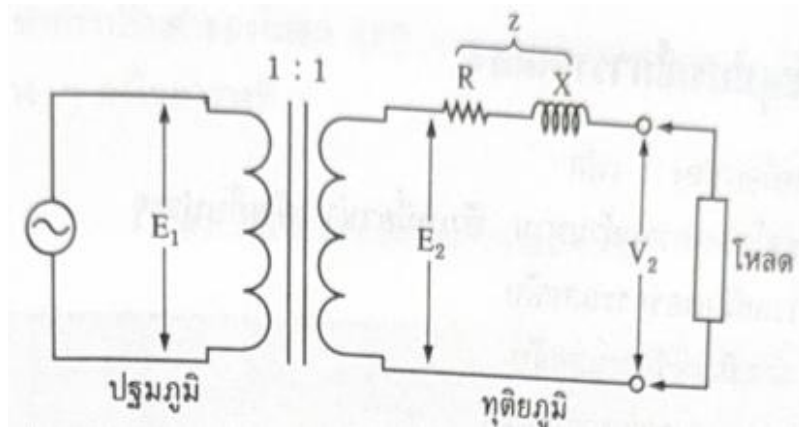
1. เพื่อศึกษาการคุมค่าแรงดันของหม้อแปลงของโหลดแบบต่าง ๆ
2. เพื่อศึกษามุมต่างเฟสของโหลดแบบต่าง ๆ
3. สามารถคำนวณหาค่าประสิทธิภาพของหม้อแปลง
4. ปฏิบัติการต่อวงจรการทดลองได้อย่างถูกต้อง

ทฤษฎีเบื้องต้น

ในระบบการจ่ายกำลังไฟฟ้าหม้อแปลงที่ใช้งาน จะมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาของการใช้งาน คือในตอนเช้ามีดจะมีการใช้งานน้อย และในตอนหัวค่ำจะมีการใช้งานมากเนื่องมาจากการใช้งานในระบบอุตสาหกรรม การพาณิชย์ และประชาชนทั่วไป โดยทางด้านทุติยภูมิ (Secondary) ของหม้อแปลงจะจ่ายโหลดให้กับมอเตอร์ แสงสว่าง เครื่องปรับอากาศ ฯลฯ จึงมีผลทำให้แรงดันทางด้านทุติยภูมิขึ้น ๆ ลง ๆ โดยมีผลทำให้ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์เกิดการเปลี่ยนแปลงตามสภาวะโหลด

ถ้าเป็นหม้อแปลงในอุดมคติจะไม่มีค่าความต้านทานขดลวด หม้อแปลงคงไม่ต้องการค่ารีแอกทีฟเพาเวอร์ (Vars) ในการปรับค่าสนามแม่เหล็ก เพราะจะทำให้หม้อแปลงไม่เกิดค่ารีกูลชันภายใต้โหลดในสภาวะต่าง ๆ แต่ในทางปฏิบัติหม้อแปลงมีค่าความต้านทานของขดลวดอยู่ จึงทำให้หม้อแปลงยังคงต้องการค่ารีแอกทีฟเพาเวอร์ในการสร้างสนามแม่เหล็กในการเชื่อมโยงระหว่างปฐมภูมิและทุติยภูมิ โดยค่าความต้านทานของขดลวดประกอบด้วยค่าความต้านทาน (R) และค่ารีแอคแตนซ์ (X) จะสามารถเขียนวงจร

สมมูลที่มีค่าอัตราส่วน 1 : 1 ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 วงจรสมมูลของหม้อแปลง

ฉะนั้นในการต่อโหลดเข้าไปจะมีผลทำให้เกิดค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ในลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

โหลด	สภาวะ	เพาเวอร์แฟกเตอร์
R	I_2 อินเฟส V_2	$P_f = 1$
L	I_2 ล้าหลัง V_2	$P_f = \text{Lag}$
C	I_2 นำหน้า V_2	$P_f = \text{Lead}$

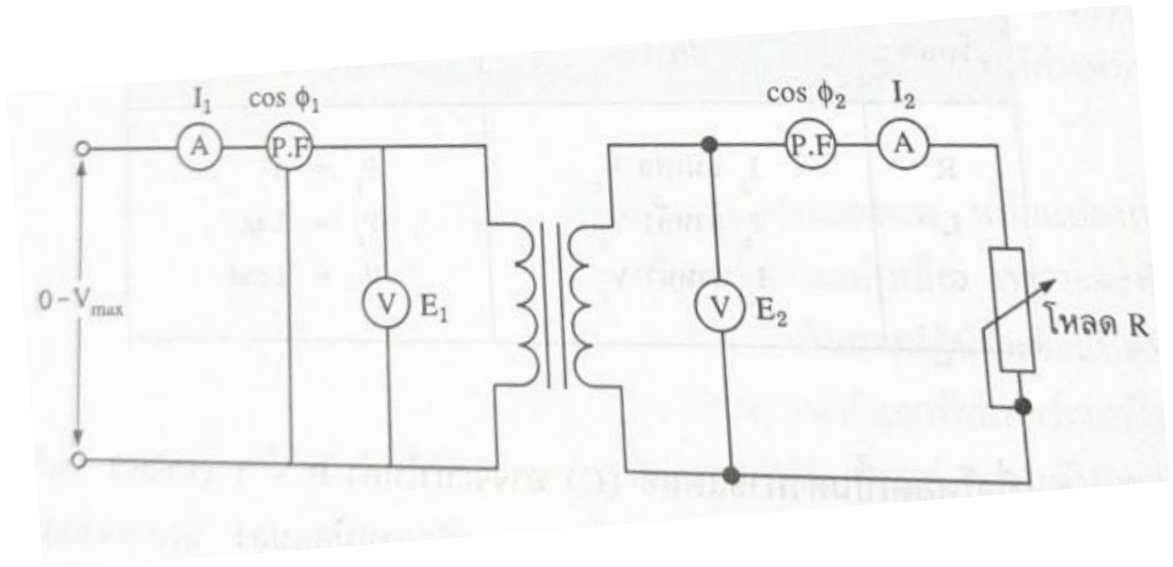
หมายเหตุ : เมื่อโหลดเป็นคาปาซิแตนซ์ (C) อาจจะทำให้ค่า $P_f = 1$ (Unity) ถ้าเกิดค่ารีแอกแตนซ์ของโหลดเท่ากับรีแอกแตนซ์ของหม้อแปลง ซึ่งเกิดจากสภาวะเรโซแนนซ์ (Resonance) และถ้าค่ารีแอกแตนซ์ของโหลดมีค่าน้อยกว่าของหม้อแปลง ก็อาจทำให้เพาเวอร์แฟกเตอร์เป็นล้าหลัง (Lag) ได้

เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

- | | |
|---|-----------|
| 1. หม้อแปลง 1 เฟส | 1 ชุด |
| 2. ชุดโหลดความต้านทาน ตัวเหนี่ยวนำ ตัวเก็บประจุ | 1 เครื่อง |
| 3. โวลต์มิเตอร์กระแสสลับ | 1 เครื่อง |
| 4. แอมมิเตอร์กระแสสลับ | 2 เครื่อง |
| 5. เพาเวอร์แฟกเตอร์มิเตอร์ | 2 เครื่อง |
| 6. สายต่อวงจร | |

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อดังตามรูปที่ 2 (ทดสอบโหลด R)



รูปที่ 2 วงจรการทดลอง

2. ตรวจสอบวงจรก่อนทำการทดลอง
3. ปรับค่าแรงดันที่จ่ายให้กับหม้อแปลงจนมีค่าสูงสุด (V_{max})
4. ทำการปรับค่าของโหลด (R) จนทำให้ค่าของกระแส 1 ได้ตามตารางที่ 1 และบันทึกค่าต่าง ๆ ลงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 (โหลดเป็นค่าความต้านทาน)

E_1	I_1	$\cos \theta_1$	E_2	I_2	$\cos \theta_2$	P_1	P_2	η
E_{1max} ↑ ↓				$0.2I_{2max} = \dots\dots\dots$				
				$0.4I_{2max} = \dots\dots\dots$				
				$0.6I_{2max} = \dots\dots\dots$				
				$0.8I_{2max} = \dots\dots\dots$				
				$I_{2max} = \dots\dots\dots$				

5. ทำการคำนวณค่า P_1 , P_2 และ η ลงในตารางที่ 1

$$P_1(0.2I_{2max}) = E_1 I_1 \cos \theta_1$$

$$P_2(0.2I_{2max}) = E_2 I_2 \cos \theta_2$$

$$\eta(0.2I_{2max}) = \frac{P_2}{P_1} \times 100\%$$

จากการทดสอบค่าของมุมต่างเฟสระหว่าง I_2 และ V_2 เป็นอย่างไร

.....

.....

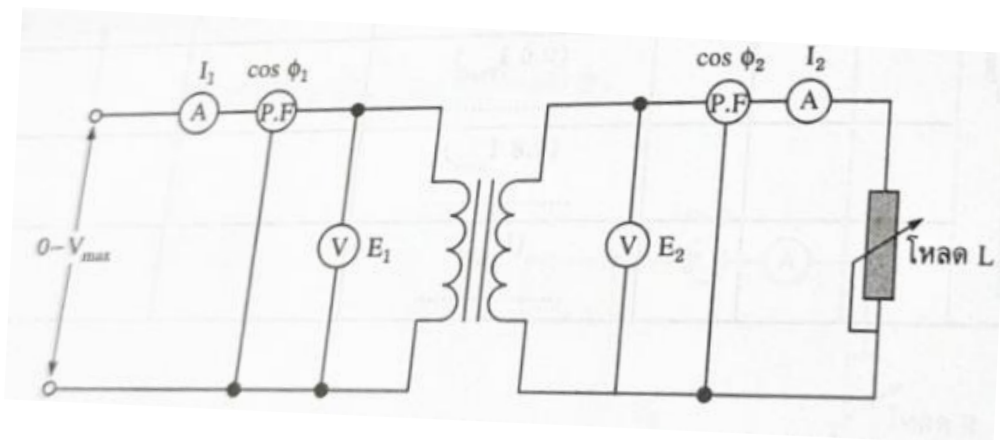
.....

.....

.....

.....

6. ต่อดังรูปตามรูปที่ 3 (ทดสอบโหลด L)



รูปที่ 3 วงจรการทดลอง

7. ตรวจสอบวงจรก่อนทำการทดลอง

8. ปรับแรงดันที่จ่ายให้กับหม้อแปลงจนมีค่าสูงสุด (V_{max})

9. ทำการปรับค่าของโหลด (L) จนทำให้ค่าของกระแส I_2 ได้ตามตารางที่ 2 และบันทึกค่าต่าง ๆ ลงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 โหลดเป็นค่าตัวเหนี่ยวนำ

E_1	I_1	$\cos \theta_1$	E_2	I_2	$\cos \theta_2$	P_1	P_2	η
E_{1max} ↑ ↓				$0.2I_{2max} = \dots\dots\dots$				
				$0.4I_{2max} = \dots\dots\dots$				
				$0.6I_{2max} = \dots\dots\dots$				
				$0.8I_{2max} = \dots\dots\dots$				
				$I_{2max} = \dots\dots\dots$				

10.ทำการคำนวณค่า P_1 , P_2 และ η ลงในตารางที่ 2

$$P_1(0.2I_{2max}) = E_1 I_1 \cos \theta_1$$

$$P_2(0.2I_{2max}) = E_2 I_2 \cos \theta_2$$

$$\eta(0.2I_{2max}) = \frac{P_2}{P_1} \times 100\%$$

จากการทดสอบค่าของมุมต่างเฟสระหว่าง I_2 และ V_2 เป็นอย่างไร

.....

.....

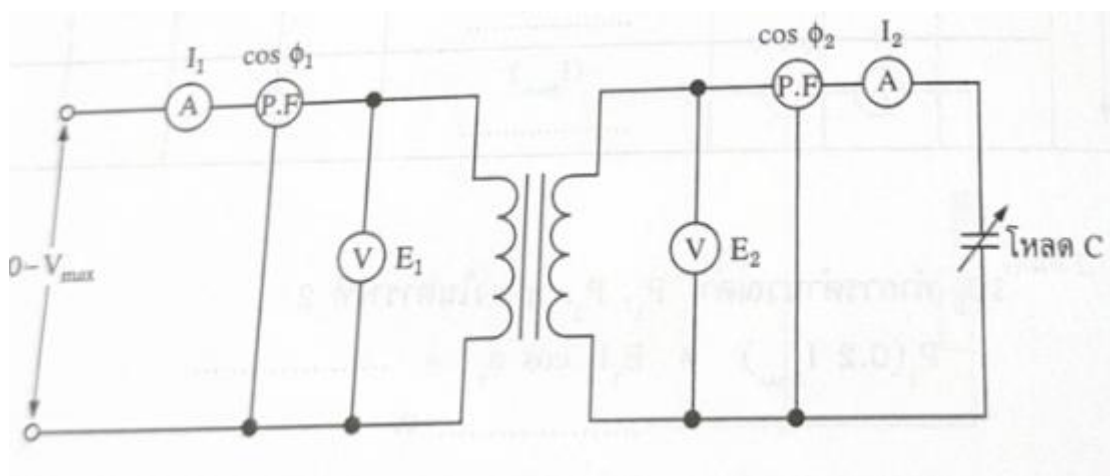
.....

.....

.....

.....

11. ต่วงจรตามรูปที่ 4 (ทดสอบโหลด C)



รูปที่ 4 วงจรการทดลอง

12. ตรวจสอบวงจรก่อนทำการทดลอง

13. ปรับแรงดันที่จ่ายให้กับหม้อแปลงจนมีค่าสูงสุด (V_{max})

14. ทำการปรับค่าของโหลด (C) จนทำให้ค่าของกระแส I_2 ได้ตามตารางที่ 2 และบันทึกค่าต่าง ๆ ลงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 โหลดเป็นค่าตัวเก็บประจุ

E_1	I_1	$\cos \theta_1$	E_2	I_2	$\cos \theta_2$	P_1	P_2	η
E_{1max} ↑ ↓				$0.2I_{2max} = \dots\dots\dots$				
				$0.4I_{2max} = \dots\dots\dots$				
				$0.6I_{2max} = \dots\dots\dots$				
				$0.8I_{2max} = \dots\dots\dots$				
				$I_{2max} = \dots\dots\dots$				

15.ทำการคำนวณค่า P_1 , P_2 และ η ลงในตารางที่ 3

$$P_1(0.2I_{2max}) = E_1 I_1 \cos \theta_1$$

$$P_2(0.2I_{2max}) = E_2 I_2 \cos \theta_2$$

$$\eta(0.2I_{2max}) = \frac{P_2}{P_1} \times 100\%$$

จากการทดสอบค่าของมุมต่างเฟสระหว่าง I_2 และ V_2 เป็นอย่างไร

.....

.....

.....

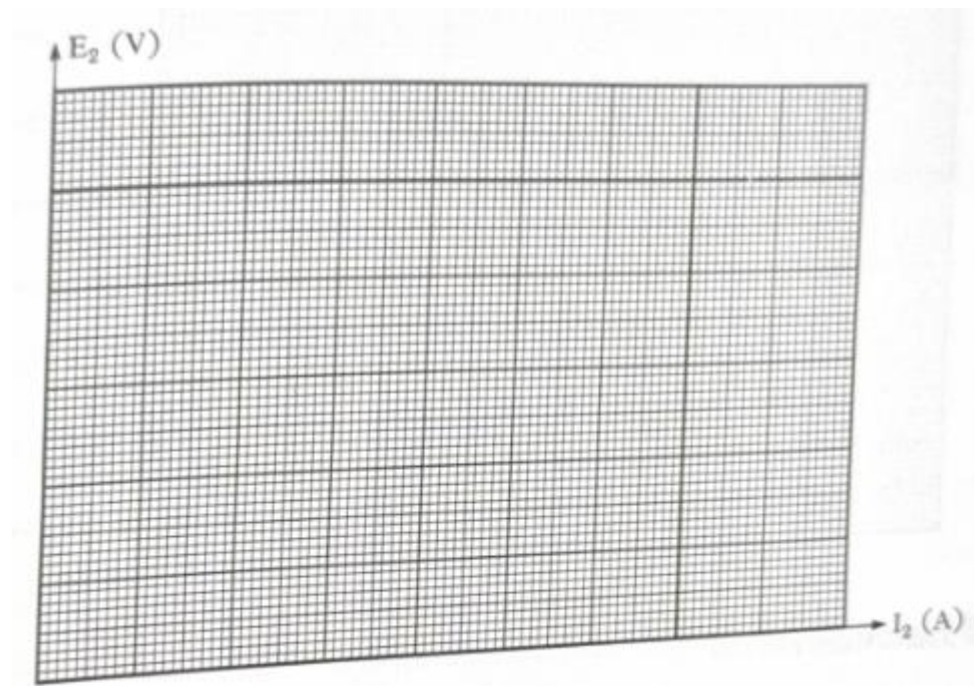
.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

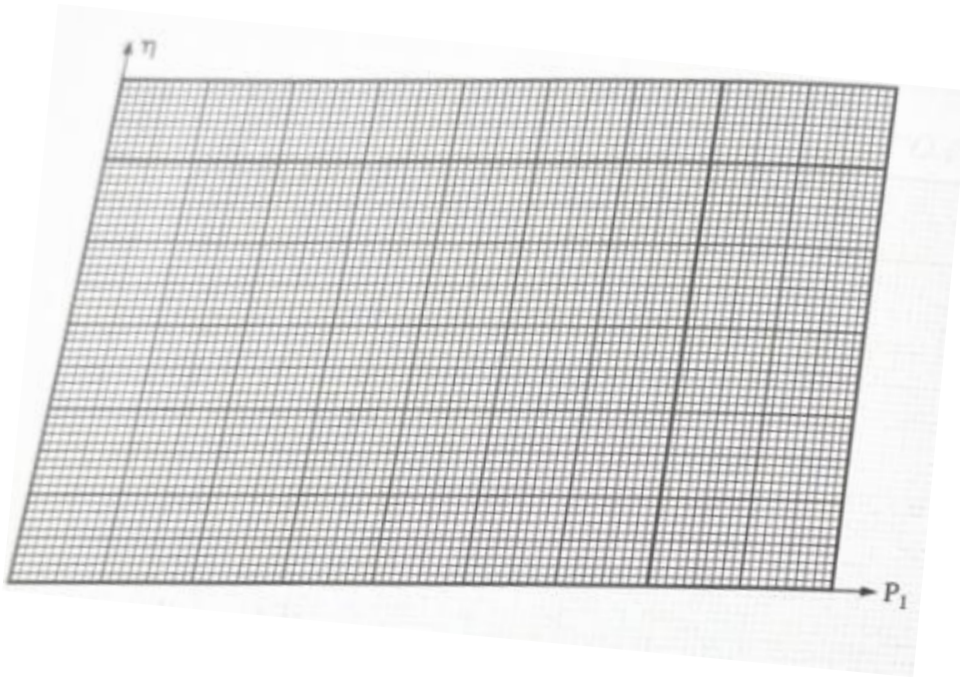
1. จงนำค่าจากตารางที่ 1-3 มาเขียนกราฟดังต่อไปนี้



จงอธิบายผลที่ได้จากกราฟ

[illegible]

2. จงนำค่าจากตารางที่ 1-3 มาเขียนกราฟดังต่อไปนี้



จงอธิบายผลที่ได้จากกราฟ

[illegible]

[illegible]

ลงชื่อผู้ตรวจ.....วันที่ส่ง.....

ใบปฏิบัติงานวิชาเครื่องกลไฟฟ้า 1

(Electrical Machine 1)

รหัสวิชา 30104-2005 ท-ป-น 2-3-3

ใบงานที่ 13 การหาขั้วและการขนานหม้อแปลง (Polarity Testing and Parallel Transformer)

ชื่อ.....รหัส.....ชั้น/ช่าง.....

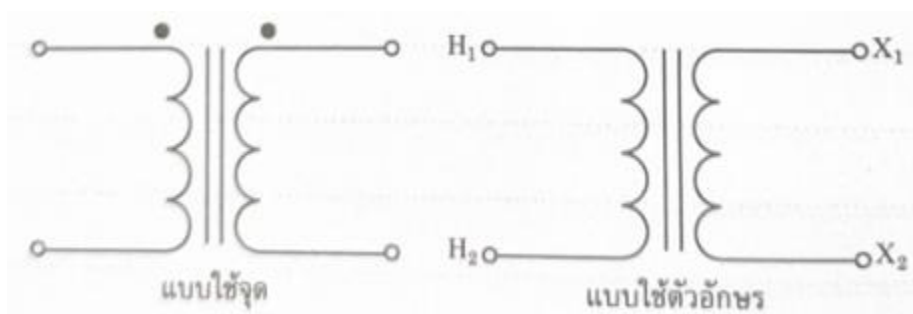
วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการหาขั้วของขดลวดหม้อแปลง
2. เพื่อศึกษาวิธีการขนานหม้อแปลง
3. ปฏิบัติการต่อวงจรการทดลองได้อย่างถูกต้อง

ทฤษฎีเบื้องต้น

ขดลวดปฐมภูมิเป็นด้านที่รับพลังงานจากแหล่งจ่ายไฟสลับ ซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กในแกนของหม้อแปลง และการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กจะเชื่อมโยงขดลวดทั้งสองในหม้อแปลง ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำแรงเคลื่อนในขดลวดของหม้อแปลง โดยกำหนดค่าแรงดันและขั้วของหม้อแปลงก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงฉะนั้นจะทำให้แรงดันและขั้วทางด้านขดลวดปฐมภูมิเปลี่ยนแปลง และเกิดการเหนี่ยวนำแรงเคลื่อนทางด้านทุติยภูมิเปลี่ยนแปลงตามด้วย

เมื่อพิจารณาถึงขั้ว (Polarity) ของขดลวดหม้อแปลง จะทำการกำหนดที่จุดต่อ(Terminals) ทั้งสองด้านโดยจะพิจารณา ณ ช่วงเวลาหนึ่งเท่านั้น การทำเครื่องหมายขั้วจะถูกกำหนดโดยการใช้สัญลักษณ์ จุดตัวเลข ตัวอักษร กากบาท ดังรูปที่ 1

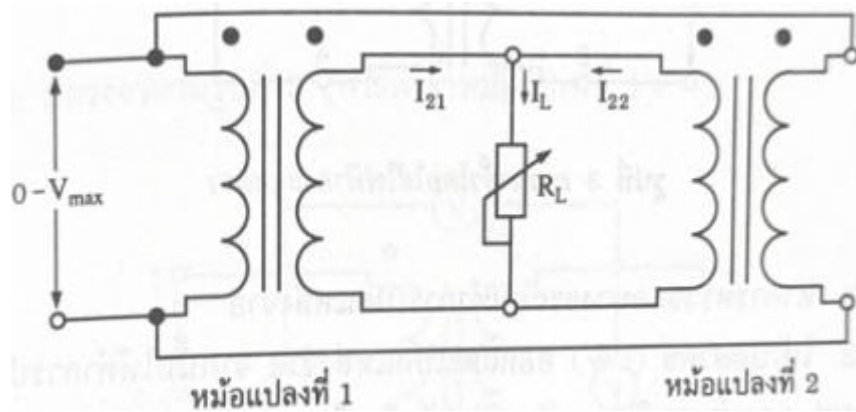


รูปที่ 1 การใช้สัญลักษณ์ของขั้วหม้อแปลง

การต่อขนานหม้อแปลงก็เพื่อจะทำให้สามารถจ่ายกระแสโหลดได้มากกว่าพิกัดของหม้อแปลงแต่ละตัว โดยข้อควรระวังในการต่อหม้อแปลงขนานกันคือ

1. ขดลวดที่ขนานกันจะต้องมีแรงดันพิกัดเท่ากัน
2. ขดลวดที่ขนานกันจะต้องมีขั้วเหมือนกัน

ถ้าไม่ทำตามกฎจะทำให้ค่ากระแสลัดวงจรมีสูงมาก ส่งผลให้เซอร์กิตเบรกเกอร์และวงจรรอบ ๆ ข้างเกิดความเสียหาย หรืออาจเกิดเสียงดังถ้าปริมาณกระแสมีมากพอ



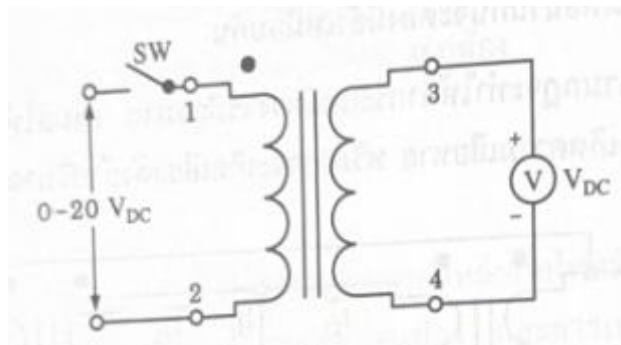
รูปที่ 2 การต่อขนานหม้อแปลง

เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

- | | |
|--------------------------|-----------|
| 1. หม้อแปลง 1 เฟส | 2 ชุด |
| 2. ชุดโหลดความต้านทาน | 1 ชุด |
| 3. โวลต์มิเตอร์กระแสตรง | 1 เครื่อง |
| 4. โวลต์มิเตอร์กระแสสลับ | 3 เครื่อง |
| 5. แอมมิเตอร์กระแสสลับ | 3 เครื่อง |
| 6. วัตต์มิเตอร์ | 1 เครื่อง |
| 7. สายต่อวงจร | |

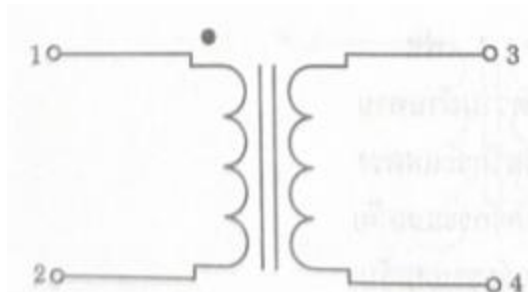
ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อดังตามรูปที่ 3 (การหาขั้ว)



รูปที่ 3 การหาขั้วโดยใช้ไฟฟ้ากระแสตรง

2. ทำการตรวจสอบวงจรก่อนทำการเปิดแหล่งจ่าย
3. ให้เปิดสวิตช์ (SW) ออกและเปิดแหล่งจ่าย จากนั้นให้ทำการปรับค่าแรงดันไว้ที่ 10 โวลต์ และทำการเปิดและปิดสวิตช์ทันที (ในขณะที่เปิด-ปิดให้สังเกตการเคลื่อนที่ของเข็มมิเตอร์)
 - 3.1 เข็มมิเตอร์เคลื่อนที่ด้านซ้ายและขวา
 - 3.2 ให้กำหนดขั้วของหม้อแปลงด้านทุติยภูมิลงในรูปที่ 4

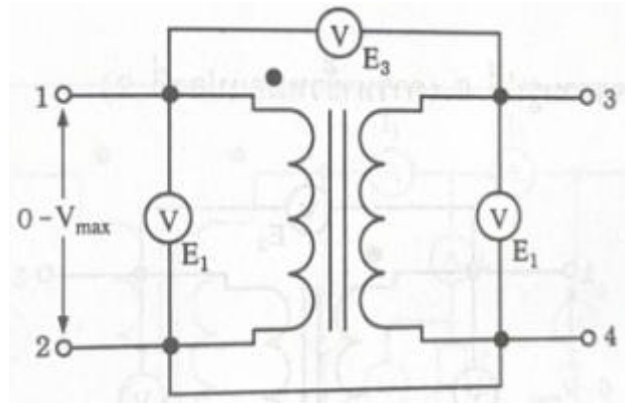


รูปที่ 4 การกำหนดขั้ว

หมายเหตุ : สังเกตการเคลื่อนที่ของเข็มมิเตอร์ ถ้าเข็มมิเตอร์เคลื่อนที่ทางด้านขวาแสดงว่า ทางด้านทุติยภูมิจะมีขั้วเหมือนกับขั้วทางด้านปฐมภูมิ และถ้าเข็มมิเตอร์เคลื่อนที่ทางด้านซ้าย แสดงว่า ทางด้านทุติยภูมิจะมีขั้วตรงกันข้ามกับด้านปฐมภูมิ

ข้อควรระวัง : ห้ามจ่ายแรงดันไฟตรงเข้าขดลวดเป็นเวลานาน ซึ่งอาจจะทำให้ขดลวดไหม้ได้

4.ต่อวงจรตามรูปที่ 5 (การหาชั่วหม้อแปลงที่ 1)



รูปที่ 5 การหาชั่วโดยใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ

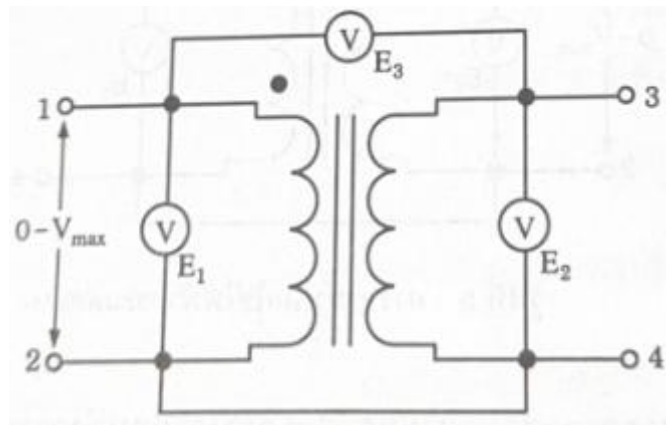
5. ให้ทำการตรวจสอบความถูกต้องของวงจรก่อนทำการเปิดแหล่งจ่าย
6. ทำการปรับค่าแรงดันจนถึงพิกัดของหม้อแปลงด้านปฐมภูมิ
7. ให้ทำการบันทึกค่าลงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1

ค่าจากการวัด			ผลจากการทดลอง (เขียนสัญลักษณ์พร้อมกำหนดชั่ว)
E_1	E_2	E_3	

หมายเหตุ : ถ้า $V_1 + V_2 = V_3$ จะได้ชั่วตรงกันข้ามกับด้านปฐมภูมิ
 $V_1 - V_2 = V_3$ จะได้ชั่วเหมือนกับด้านปฐมภูมิ

8. ต่อวงจรตามรูปที่ 6 (การหาชั่วหม้อแปลงที่ 2)



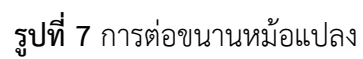
รูปที่ 6

9. ให้ตรวจสอบความถูกต้องของวงจรก่อนทำการทดลอง
10. ทำการปรับค่าแรงดันจนถึงพิกัดของหม้อแปลงด้านปฐมภูมิ
11. ให้ทำการบันทึกค่าลงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2

ค่าจากการวัด			ผลจากการทดลอง (เขียนสัญลักษณ์พร้อมกำหนดชั่ว)
E_1	E_2	E_3	

12. ต่อย่างจรตามรูปที่ 7



13. ทำการตรวจสอบความถูกต้องของวงจรก่อนทำการเปิดแหล่งจ่าย
14. ให้ทำการปรับค่าแรงดันจนถึงพิกัดของหม้อแปลง (V_{max}) และบันทึกค่าลง

Power Input	หม้อแปลงที่1		หม้อแปลงที่2		โหลด	
P_{in}	E_1	I_1	E_2	I_2	E_L	I_L

15. คำนวณหา กำลังที่โหลด (P_{out}) ประสิทธิภาพ (Efficiency) และการสูญเสีย (Losses)

$$E_L \dots \times I_L \dots = \dots W(P_{out})$$

$$P_{out} \dots \dots \dots / P_{in} \dots \dots \dots \times 100 = \dots \dots \dots \%$$

$$P_{in} \dots \dots \dots - P_{out} \dots \dots \dots = \dots \dots \dots W(Loss)$$

16. กำลังไฟฟ้าที่จ่ายออกมาจากหม้อแปลงแต่ละตัว

(หน่วยแปลงที่ 1) $I_1 \dots \times E_L \dots = \dots \text{W}$

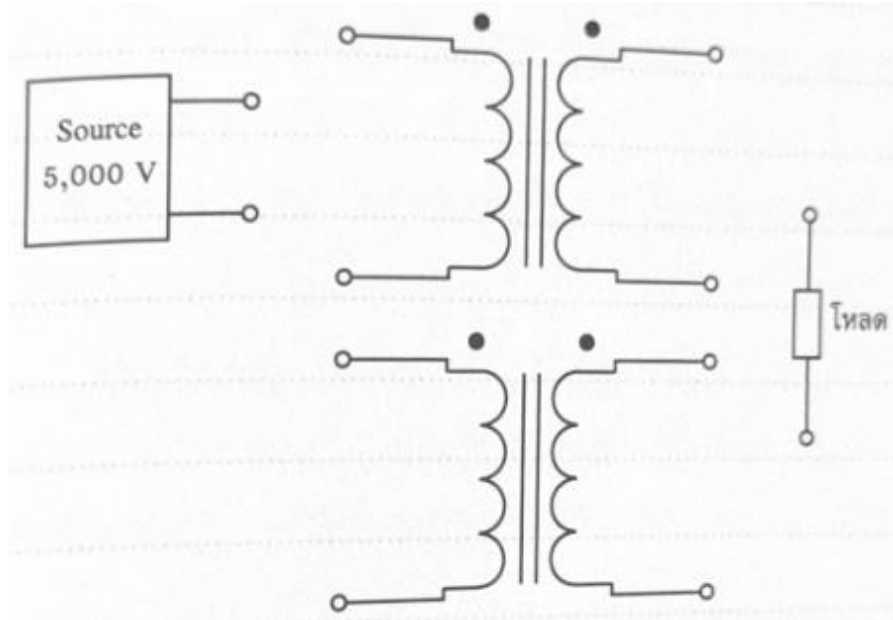
(หม้อแปลงที่ 2) $I_2 \dots \dots \times E_L \dots \dots = \dots \dots \text{W}$

17. กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้โหนดของหม้อแปลงทั้งสองจะจ่ายเท่ากันหรือไม่ เพราะเหตุใด

This image shows a full page of white paper with horizontal dotted lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page, providing a guide for handwriting practice. There are no margins, text, or other markings on the page.

คำถามท้ายการทดลอง

1. จงเขียนวงจรการต่อการขนานหม้อแปลง



2. ถ้าต่อหม้อแปลงกับโหลดคาปาซิทีฟบริสุทธิ์ จะทำให้ประสิทธิภาพของหม้อแปลงเท่ากับศูนย์ เนื่องจากเหตุใด

[illegible]

[illegible]

[illegible]

ลงชื่อผู้ตรวจ.....วันที่ส่ง.....

ใบปฏิบัติงานวิชาเครื่องกลไฟฟ้า 1

(Electrical Machine 1)

รหัสวิชา 30104-2005 ท-ป-น 2-3-3

ใบงานที่ 14 หม้อแปลงออโต(Auto Transformer)

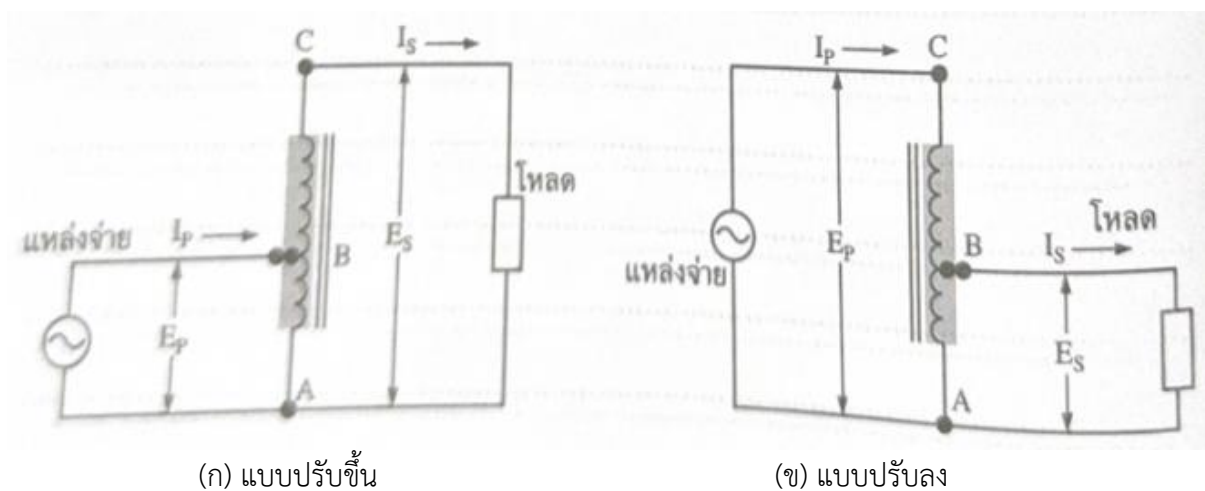
ชื่อ.....รหัส.....ชั้น/ช่าง.....

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของแรงดันและกระแสของหม้อแปลงออโต
2. เพื่อศึกษาการต่อหม้อแปลงแบบแยกชุดให้เป็นหม้อแปลงออโต
3. ปฏิบัติการต่อวงจรการทดลองได้อย่างถูกต้อง

ทฤษฎีเบื้องต้น

โดยปกติหม้อแปลงจะมีขดลวด 2 ชุด แต่หม้อแปลงชนิดพิเศษจะมีขดลวดเพียง 1 ชุด แต่จะแบ่งออกเป็น 2 ชุดคือ แบ่งส่วนของขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิซึ่งจะเรียกหม้อแปลงชนิดนี้ว่า หม้อแปลงออโต (Autotransformers) โดยหลักการทำงานคือจะใช้ขดลวดเพียงชุดเดียวในการปรับขึ้น (Step) ของแรงดัน ซึ่งส่วนหนึ่งจะทำหน้าที่เป็นขดลวดปฐมภูมิ และอีกส่วนหนึ่งจะทำหน้าที่เป็นขดลวดทุติยภูมิ หม้อแปลงออโตจะมี 2 ลักษณะคือ แบบปรับขึ้น (Step Up) และแบบปรับลง (Step Down) ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 หม้อแปลงแบบออโต

ฉะนั้นลักษณะของแบบปรีบขึ้นและแบบปรีบลงของแรงดัน ที่เกิดขึ้นในอัตราส่วนระหว่างขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิจะพิจารณาแยกกัน โดยที่แรงดันและกระแสจะเปลี่ยนตามจำนวนรอบขดลวดดังนี้

- กำลังไฟฟ้าปรากฏทางด้านปฐมภูมิเท่ากับกำลังไฟฟ้าปรากฏทางด้านทุติยภูมิ

$$(VA)_P = (VA)_S$$

$$E_P \cdot I_P = E_S \cdot I_S$$

- แรงดันปฐมภูมิและทุติยภูมิจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนรอบ

$$\frac{E_P}{E_S} = \frac{N_P}{N_S}$$

จากรูปที่ 1 (ก)

$$\frac{E_P}{E_S} = \frac{N_{A-B}}{N_{A-B} - N_{B-C}} = \frac{N_{A-B}}{N_{A-C}}$$

และรูปที่ 1 (ข)

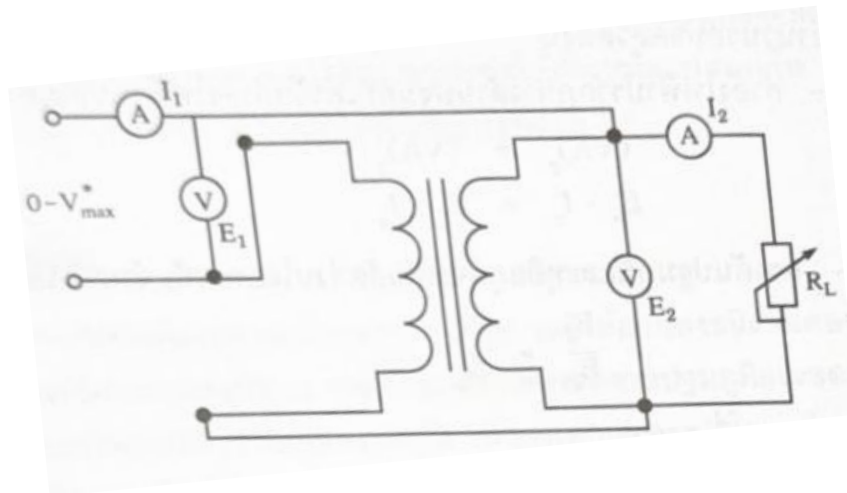
$$\frac{E_P}{E_S} = \frac{N_{A-B} + N_{B-C}}{N_{A-B}} = \frac{N_{A-C}}{N_{A-B}}$$

เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

- | | |
|--------------------------|-----------|
| 1. หม้อแปลง 1 เฟส | 1 ชุด |
| 2. ชุดโหลดความต้านทาน | 1 ชุด |
| 3. โวลต์มิเตอร์กระแสสลับ | 2 เครื่อง |
| 4. แอมมิเตอร์กระแสสลับ | 2 เครื่อง |
| 5. สายต่อวงจร | |

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อดังรูปที่ 2



รูปที่ 2

2. ทำการตรวจสอบวงจรอีกครั้งก่อนทำการเปิดแหล่งจ่าย
3. ให้จ่ายแรงดันเท่ากับ V_{max} ของหม้อแปลง และทำการบันทึกค่าในตารางที่ 1

ตารางที่ 1

ด้านปฐมภูมิ		ด้านทุติยภูมิ	
E_1	I_1	E_2	I_2

หมายเหตุ : V_{max} คือแรงดันสูงสุดที่ขดลวดในแต่ละด้านรวมกัน แต่อาจป้อนแรงดันตามความเหมาะสมถ้าไม่สามารถปรับได้

4. ให้คำนวณค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏที่เกิดขึ้นทั้งสองด้าน

$$E_1 \dots \times I_1 \dots = \dots (VA)_P$$

$$E_2 \dots \times I_2 \dots = \dots (VA)_S$$

5. ค่าโดยประมาณของกำลังไฟฟ้าปรากฏทั้งสองด้านเท่ากันหรือไม่ เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

.....

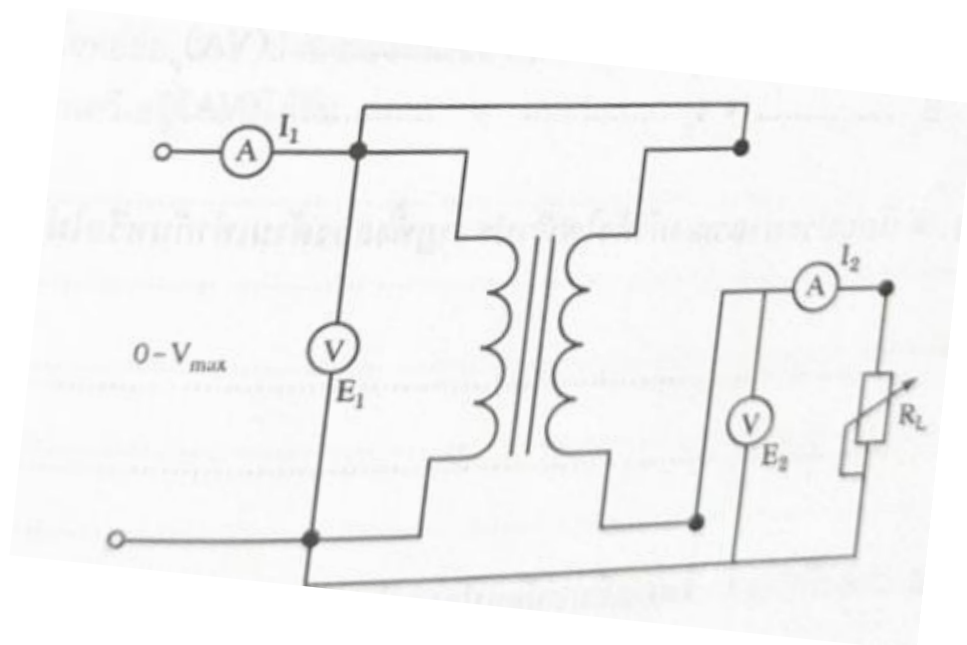
6. วงจรที่ทำการทดลองเป็นหม้อแปลงอัตโนมัติ

.....

.....

.....

7. ต่อวงจรตามรูปที่ 3



รูปที่ 3

8. ทำการตรวจสอบวงจรอีกครั้งก่อนทำการเปิดแหล่งจ่าย

9. ให้จ่ายแรงดันเท่ากับ V_{max} ของหม้อแปลง และทำการบันทึกค่าต่าง ๆ ใน ตารางที่ 2

ตารางที่ 2

ด้านปฐมภูมิ		ด้านทุติยภูมิ	
E_1	I_1	E_2	I_2

10. ให้คำนวณค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏที่เกิดขึ้นทั้งสองด้าน

$$E_1 \dots \times I_1 \dots = \dots (VA)_P$$

$$E_2 \dots \times I_2 \dots = \dots (VA)_S$$

11. ค่าโดยประมาณของกำลังไฟฟ้าปรากฏทั้งสองด้านเท่ากันหรือไม่ เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

.....

12. วงจรที่ทำการทดลองเป็นหม้อแปลงออโตแบบใด

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. หม้อแปลงมาตรฐานมีพิกัด 55 เควีเอ ถ้าแรงดันทางด้านปฐมภูมิและทุติยภูมิมีพิกัดที่ 550 โวลต์ และ 220 โวลต์ ตามลำดับ จงหาค่าพิกัดของกระแสแต่ละด้าน

[illegible]

2. จากโจทย์ข้อ 5.1 ถ้าจ่ายแรงดันขนาด 550 โวลต์ ทางด้านปฐมภูมิ จงหาค่าของกำลังไฟฟ้าเควีเอทีโหลด
ได้รับ

This image shows a full page of white paper with horizontal dashed lines, typical of primary school handwriting practice paper. The lines are evenly spaced and run across the entire width of the page. There are no margins, text, or other markings present.

[illegible]

ลงชื่อผู้ตรวจ.....วันที่ส่ง.....

ใบปฏิบัติงานวิชาเครื่องกลไฟฟ้า 1

(Electrical Machine 1)

รหัสวิชา 30104-2005 ท-ป-น 2-3-3

ใบงานที่ 15 การต่อหม้อแปลง 3 เฟส จากหม้อแปลง 1 เฟส (Three-Phase Transformer Banks)

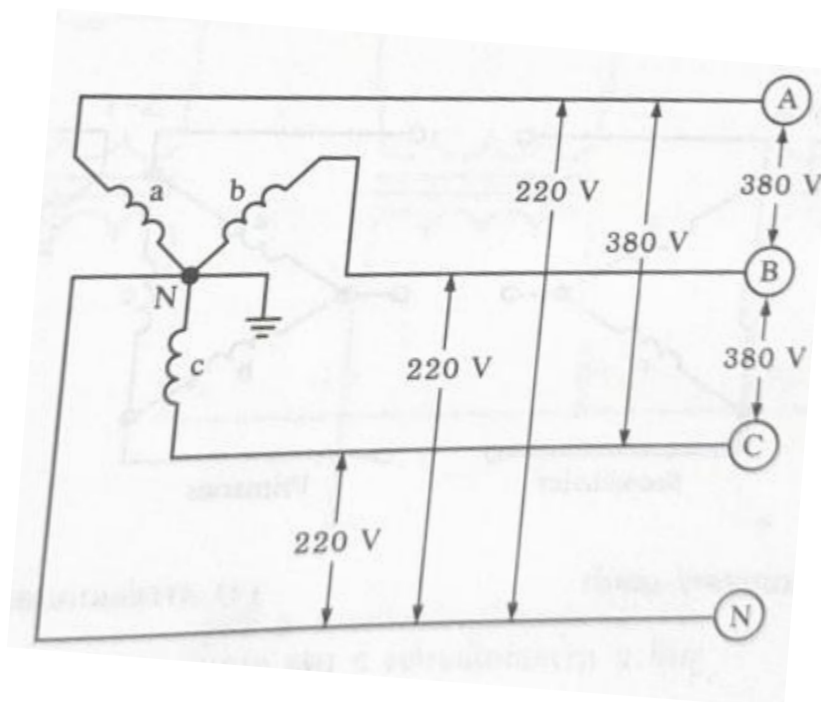
ชื่อ.....รหัส.....ชั้น/ช่าง.....

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการต่อหม้อแปลงแบบเดลต้า และสตาร์
2. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดัน
3. สามารถเลือกการใช้งานได้ถูกต้องกับงาน
4. ปฏิบัติการต่อวงจรการทดลองได้อย่างถูกต้อง

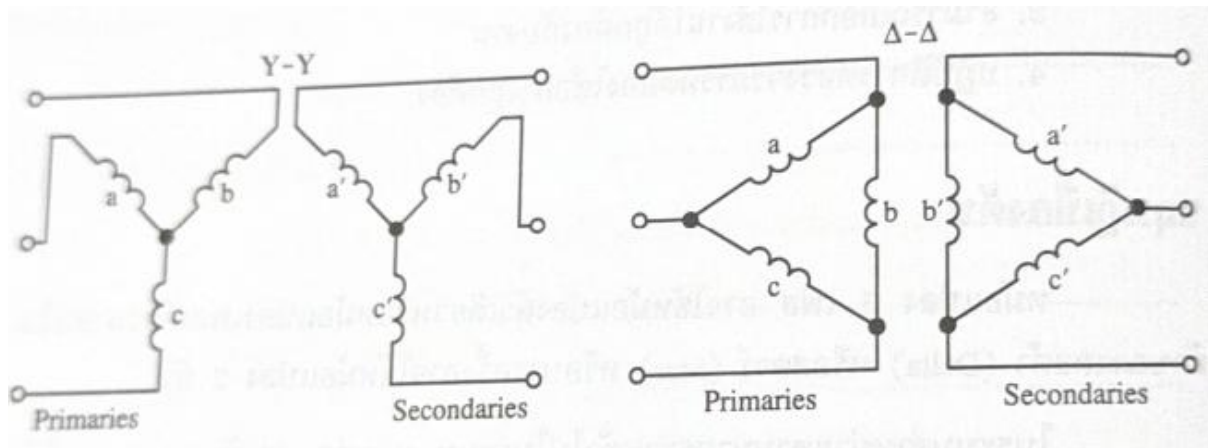
ทฤษฎีเบื้องต้น

หม้อแปลง 3 เฟส อาจใช้หม้อแปลงตัวเดียวหรือหม้อแปลงเฟสเดียวมาต่อในลักษณะเดลต้า (Delta) หรือสตาร์ (Star) หรือบางครั้งอาจใช้หม้อแปลง 2 ตัวในระบบจำหน่ายตามมาตรฐานทั่วไปในระบบ 3 เฟส แรงดันจากสายจะมีค่า 380 โวลต์ และถ้าเป็นเฟสเดียวจะมีค่า 220 โวลต์ ดังรูปที่ 1



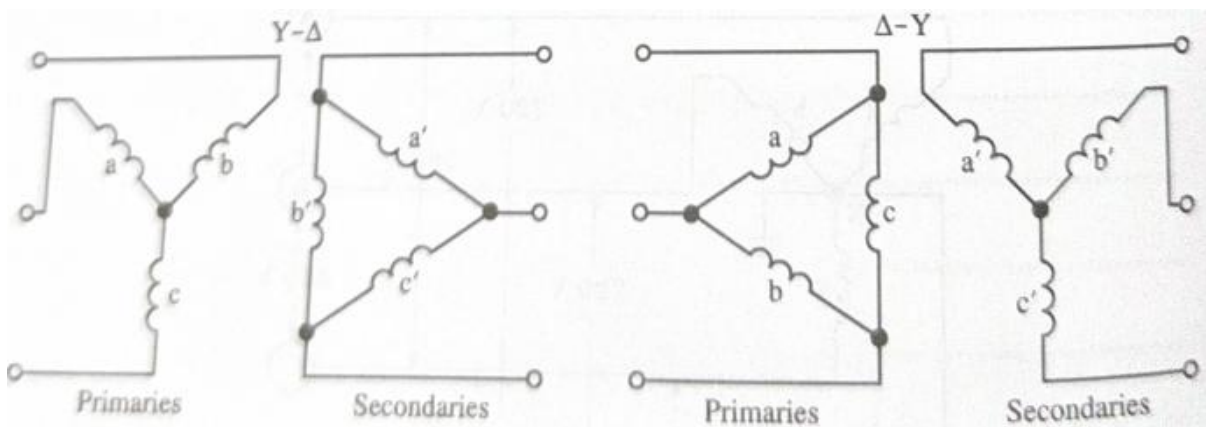
รูปที่ 1 ระบบจำหน่าย

แต่ถ้านำหม้อแปลงชนิด 1 เฟส 3 ตัวมาทำการต่อเพื่อใช้งานกับระบบจำหน่าย 3 เฟส ซึ่งจะมีวิธีการต่อในรูปแบบต่าง ๆ ทั้งทางด้านปฐมภูมิและหตุยภูมิได้ 4 ลักษณะดังรูปที่ 2



(ก) การต่อแบบสตาร์-สตาร์

(ข) การต่อแบบเดลต้า-เดลต้า



(ค) การต่อแบบสตาร์-เดลต้า

(ง) การต่อแบบเดลต้า-สตาร์

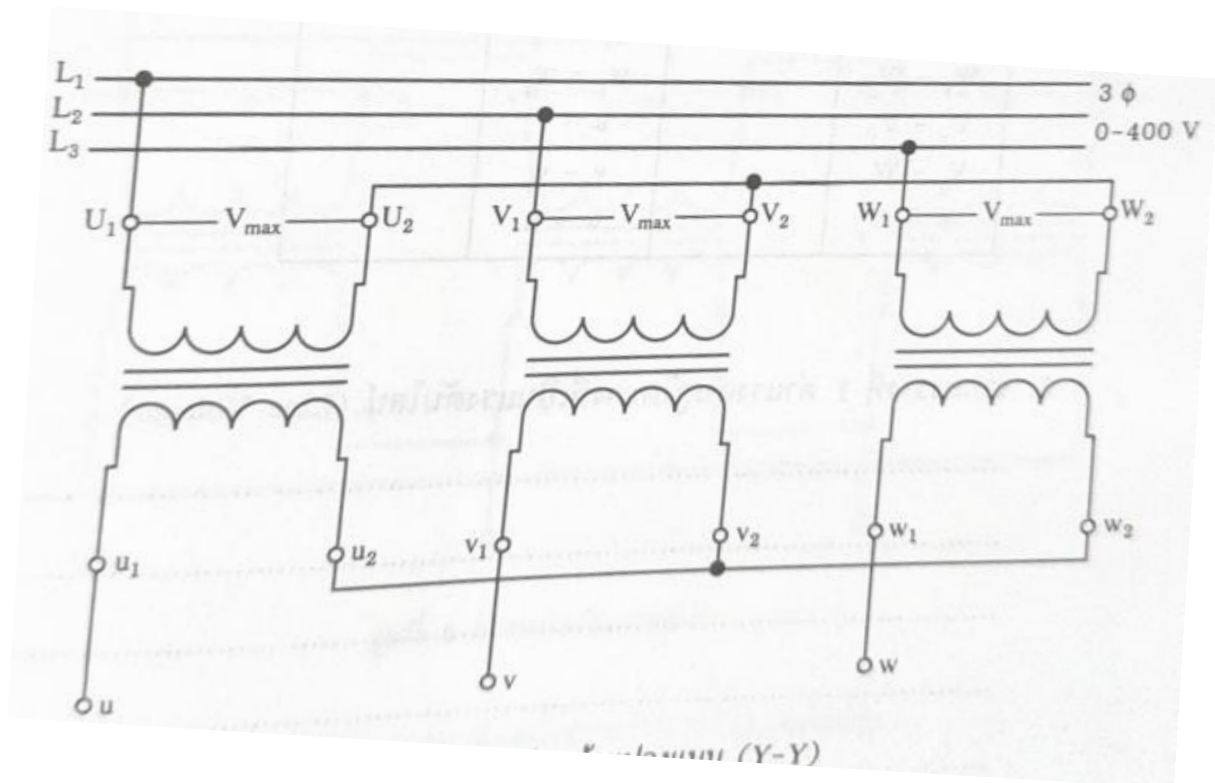
รูปที่ 2 การต่อหม้อแปลง 3 เฟส แบบต่าง ๆ

เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

- | | |
|---------------------------------------|-----------|
| 1. ชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้า 3 เฟส ปรับค่าได้ | 1 ชุด |
| 2. หม้อแปลง 1 เฟส | 1 ชุด |
| 3. โวลต์มิเตอร์กระแสสลับ | 1 เครื่อง |
| 4. สายต่อวงจร | |

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 3 (Y-Y)



รูปที่ 3 การต่อหม้อแปลงแบบ (Y-Y)

2. ทำการตรวจสอบวงจรอีกครั้งก่อนทำการเปิดแหล่งจ่าย
3. ปรับแหล่งจ่ายแรงดันจนทำให้ L_1, L_2, L_3 มีค่าเท่ากับ $\sqrt{3}V_{max}$
4. ทำการวัดค่าแรงดันตามตำแหน่งต่าง ๆ ที่กำหนด ดังตารางที่ 1

6. จากตารางที่ 1 ค่าแรงดันคู่ใดที่เป็นแรงดันเฟส (Phase Voltage)

.....

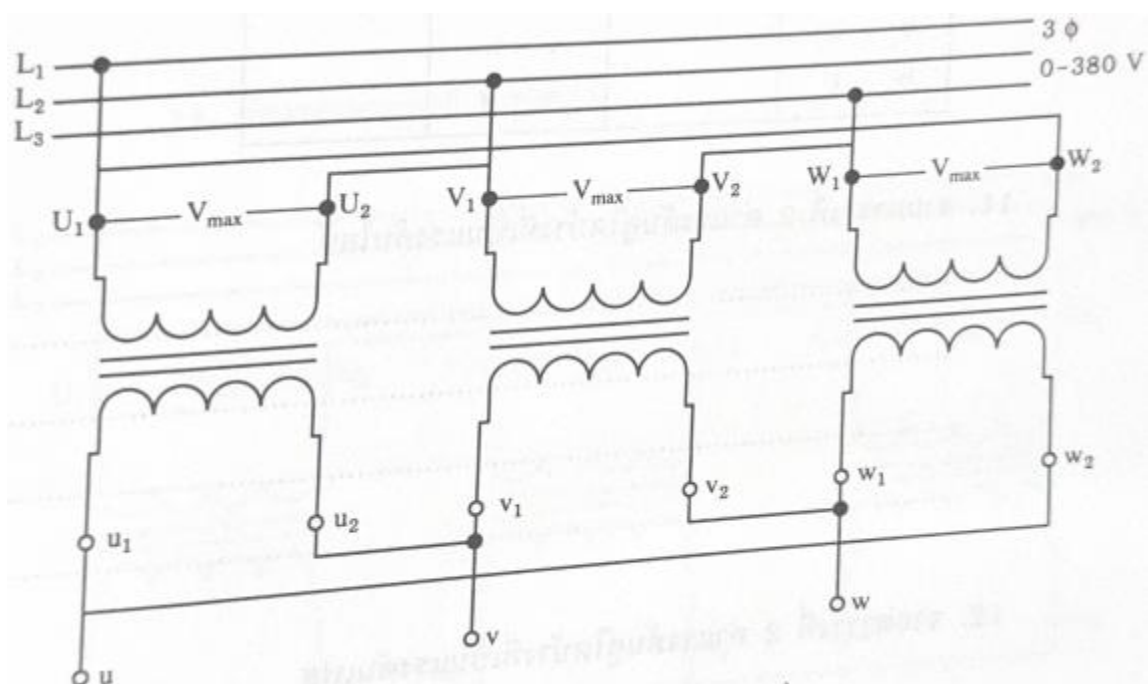
.....

.....

.....

.....

7. ต่อวงจรตามรูปที่ 4 ($\Delta - \Delta$)



รูปที่ 4 การต่อหม้อแปลงแบบ ($\Delta - \Delta$)

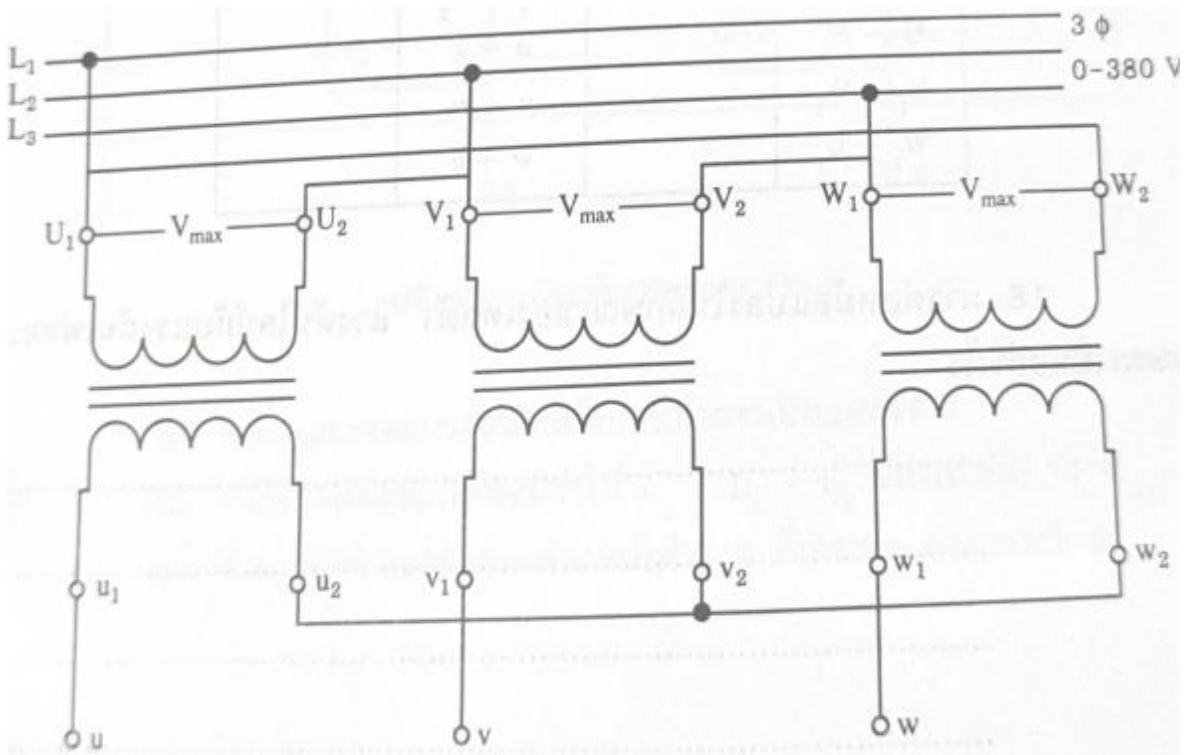
8. ทำการตรวจสอบวงจรอีกครั้งก่อนทำการเปิดแหล่งจ่าย

9. ปรับแหล่งจ่ายแรงดันจนทำให้ L_1, L_2, L_3 มีค่าเท่ากับ $\sqrt{3}V_{max}$

10. ทำการวัดค่าแรงดันตามตำแหน่งต่าง ๆ ที่กำหนด ดังตารางที่ 2

13. จากตารางที่ 3 ค่าแรงดันเฟสและแรงดันไลน์มีผลเป็นอย่างไร

14. ต่อวงจรตามรูปที่ 5 ($\Delta - Y$)



รูปที่ 5 การต่อหม้อแปลงแบบ ($\Delta - Y$)

15. ทำการตรวจสอบวงจรอีกครั้งก่อนทำการเปิดแหล่งจ่าย

16. ปรับแหล่งจ่ายแรงดันจนทำให้ L_1, L_2, L_3 มีค่าเท่ากับ $\sqrt{3}V_{max}$

17. ทำการวัดค่าแรงดันตามตำแหน่งต่าง ๆ ที่กำหนด ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การต่อหม้อแปลง 3 เฟส แบบ ($\Delta - Y$)

ด้านปฐมภูมิ		ด้านทุติยภูมิ	
ขั้วที่วัด	ระดับแรงดัน	ขั้วที่วัด	ระดับแรงดัน
$U_1 - U_2$		$u_1 - u_2$	
$V_1 - V_2$		$v_1 - v_2$	
$W_1 - W_2$		$w_1 - w_2$	
$U_1 - V_1$		$u - v$	
$V_1 - W_1$		$v - w$	
$W_1 - U_1$		$w - u$	

18. การต่อหม้อแปลงในลักษณะของเตลด้า แรงดันไลน์กับแรงดันเฟสจะมีลักษณะเป็นอย่างไร

.....

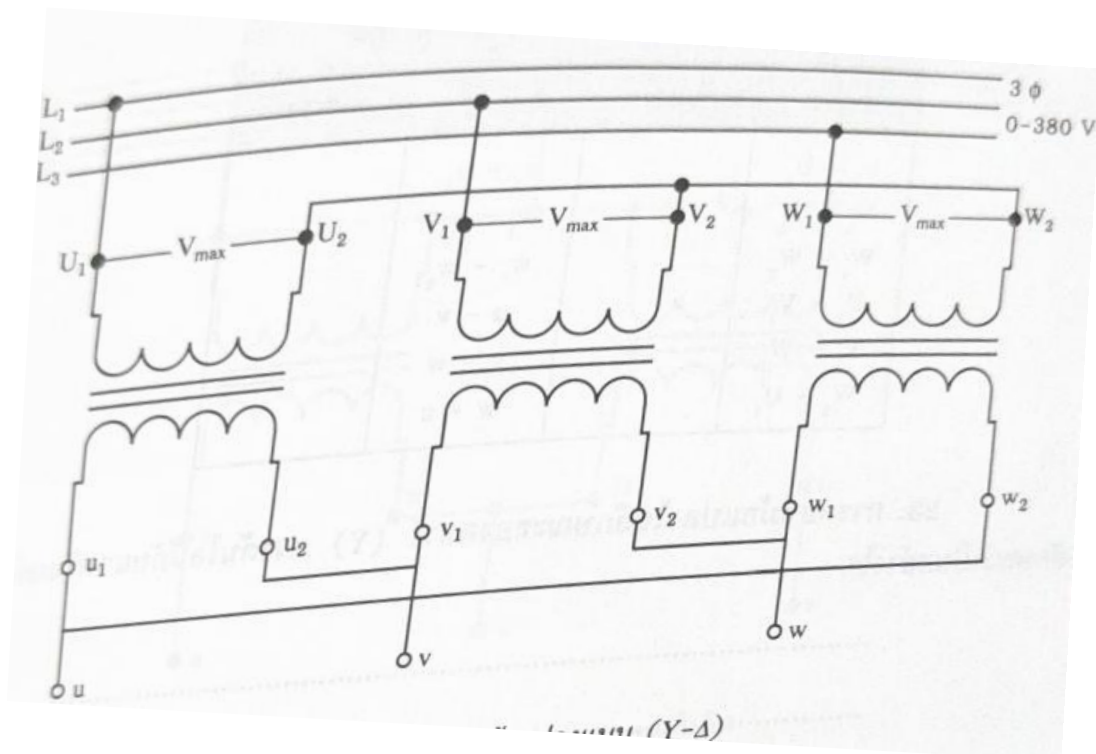
.....

.....

.....

.....

19. ต่อดวงจรตามรูปที่ 6 ($Y - \Delta$)



รูปที่ 6 การต่อหม้อแปลงแบบ($Y - \Delta$)

20. ทำการตรวจสอบวงจรอีกครั้งก่อนทำการเปิดแหล่งจ่าย
21. ปรับแหล่งจ่ายแรงดันจนทำให้ L_1, L_2, L_3 มีค่าเท่ากับ $\sqrt{3}V_{max}$
22. ทำการวัดค่าแรงดันตามตำแหน่งต่าง ๆ ที่กำหนด ดังตารางที่ 4

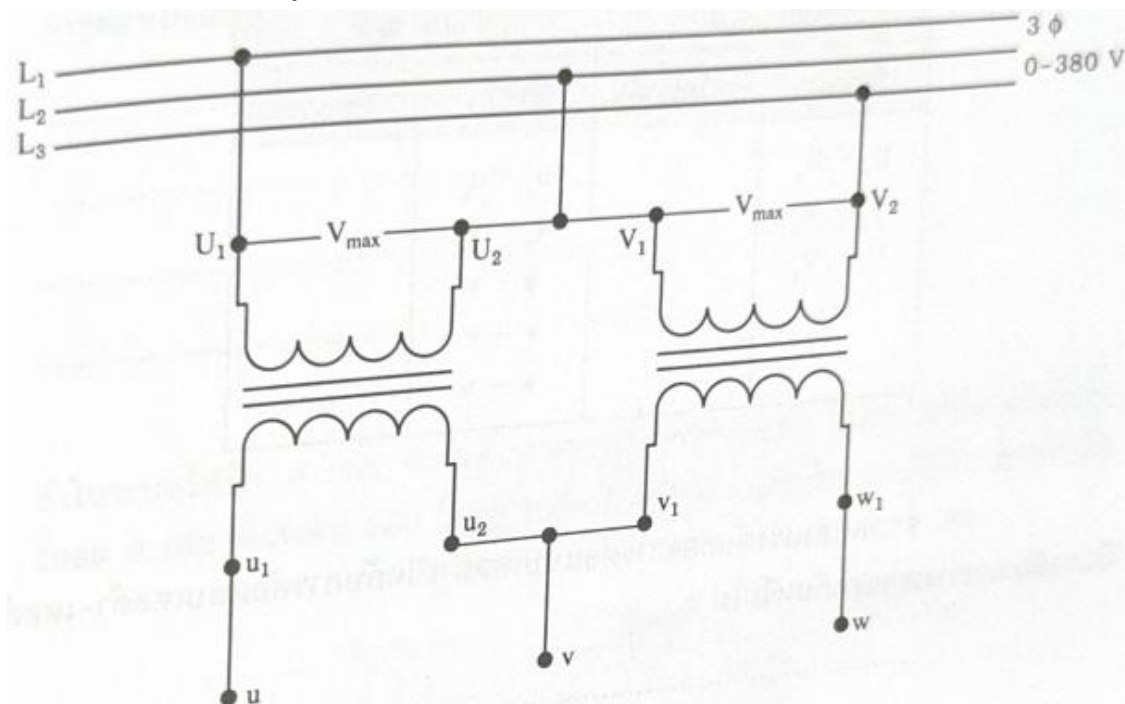
ตารางที่ 4 การต่อหม้อแปลง 3 เฟส แบบ (Y – Δ)

ด้านปฐมภูมิ		ด้านทุติยภูมิ	
ข้าวที่วัด	ระดับแรงดัน	ข้าวที่วัด	ระดับแรงดัน
$U_1 - U_2$		$u_1 - u_2$	
$V_1 - V_2$		$v_1 - v_2$	
$W_1 - W_2$		$w_1 - w_2$	
$U_1 - V_1$		$u - v$	
$V_1 - W_1$		$v - w$	
$W_1 - U_1$		$w - u$	

23. การต่อหม้อแปลงในลักษณะของสตาร์ (Y) แรงดันไลน์กับแรงดันเฟสมีลักษณะเป็นอย่างไร

This image shows a full page of white paper with horizontal dashed lines, typical of primary school handwriting practice paper. The lines are evenly spaced and run across the entire width of the page. There are no margins, text, or other markings present.

24. ต่อวงจรตามรูปที่ 7 (Open-Delta)



รูปที่ 7 การต่อหม้อแปลงแบบเดลต้าเปิด

25. ทำการตรวจสอบวงจรอีกครั้งก่อนทำการเปิดแหล่งจ่าย
26. ปรับแหล่งจ่ายแรงดันจนทำให้ L_1, L_2, L_3 มีค่าเท่ากับ $\sqrt{3}V_{max}$
27. ทำการวัดค่าแรงดันตามตำแหน่งต่าง ๆ ที่กำหนด ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การต่อหม้อแปลง 3 เฟส แบบ (Open-Delta)

ด้านปฐมภูมิ		ด้านทุติยภูมิ	
ขั้วที่วัด	ระดับแรงดัน	ขั้วที่วัด	ระดับแรงดัน
$U_1 - U_2$		$u_1 - u_2$	
$V_1 - V_2$		$v_1 - v_2$	
$W_1 - W_2$		$w_1 - w_2$	
$U_1 - V_1$		$u - v$	
$V_1 - W_1$		$v - w$	
$W_1 - U_1$		$w - u$	

This image shows a full page of a handwriting practice worksheet. It consists of numerous horizontal rows, each defined by two parallel dotted lines. The rows are evenly spaced and extend across the entire width of the page, providing a guide for letter height and placement. There is no text or other markings on the page.

คำถามท้ายการทดลอง

1. การต่อหม้อแปลงแบบเดลต้า-เดลต้า ($\Delta - \Delta$) กับเดลต้าเปิดมีข้อแตกต่างกันอย่างไร

[illegible]

2. ถ้าในระบบไฟฟ้า 3 เฟส มีแรงดันระหว่างสายเท่ากับ 220 โวลต์ แต่ต้องการต่อกับโหลด 3 เฟส ที่แรงดัน 380 โวลต์ จะต้องใช้หม้อแปลงแบบใด และมีอัตราส่วนเท่าใด

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

This image shows a full page of white paper with horizontal dashed lines, typical of primary school handwriting practice paper. The lines are evenly spaced and run across the entire width of the page. There are no margins, text, or other markings present.

ลงชื่อผู้ตรวจ.....วันที่ส่ง.....

ใบปฏิบัติงานวิชาเครื่องกลไฟฟ้า 1

(Electrical Machine 1)

รหัสวิชา 30104-2005 ท-ป-น 2-3-3

ใบงานที่ 16 กลุ่มเวกเตอร์ของหม้อแปลง 3 เฟส(Three-Phase Transformer of Vector Group)

ชื่อ.....รหัส.....ชั้น/ช่วง.....

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาลักษณะของกลุ่มเวกเตอร์ของหม้อแปลง
2. สามารถเขียนเวกเตอร์ของกลุ่มเวกเตอร์ของหม้อแปลง
3. สามารถคำนวณหาเลขบอกกลุ่มของกลุ่มเวกเตอร์
4. ปฏิบัติการต่อวงจรการทดลองได้อย่างถูกต้อง

ทฤษฎีเบื้องต้น

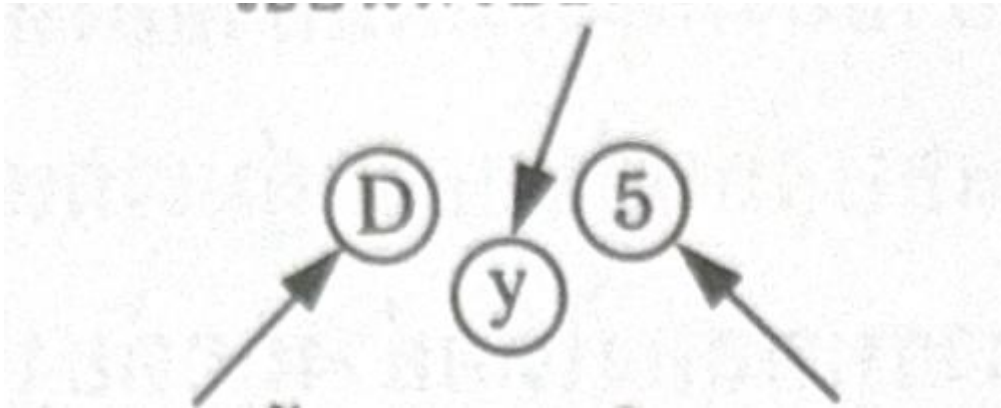
หม้อแปลง 3 เฟสโดยทั่วไป จะสามารถทำการต่อขดลวดทางด้านปฐมภูมิและทุติยภูมิได้ 4 ลักษณะ คือ สตาร์-สตาร์ เดลต้า-เดลต้า สตาร์-เดลต้า และเดลต้า-สตาร์ ซึ่งการต่อดังกล่าวเป็นการต่อที่พิจารณาจากลักษณะการต่อโดยทั่วไป แต่ถ้าพิจารณาถึงขดลวด 1 ขด จะมีขั้วต้นและปลายของขดลวดอยู่ และถ้าพิจารณาถึงการต่อขั้วต้นและปลายของขดลวดเข้าไปด้วย จะทำให้เกิดมุมต่างเฟสระหว่างแรงดันทางด้านขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิ ซึ่งจะเกิดเป็นกลุ่มเวกเตอร์ (Vector Group) ซึ่งอาจจะนำมาใช้ในการเช็คลำดับเฟส (Phase Sequence) หรือเพื่อช่วยในการลดค่าฮาร์มอนิก (Harmonic) ในระบบไฟฟ้า เป็นต้น โดยกลุ่มเวกเตอร์ทั่วไปจะแบ่งได้ดังนี้

ตารางลักษณะของการแบ่งกลุ่มเวกเตอร์

กลุ่มที่	สัญลักษณ์กลุ่ม		
กลุ่ม 0	Y_{y0}	D_{d0}	D_{z0}
กลุ่ม 5	D_{y5}	Y_{d5}	Y_{z5}
กลุ่ม 6	Y_{y6}	D_{d6}	D_{z6}
กลุ่ม 11	D_{y11}	Y_{d11}	Y_{z11}

โดยลักษณะการใช้สัญลักษณ์กลุ่มมีความหมายดังนี้

การบอกการต่อทางด้านทุติยภูมิเขียนด้วยอักษรตัวเล็ก



การบอกการต่อทางด้านปฐมภูมิ
เขียนด้วยอักษรตัวใหญ่

เลขบอกหมายเลขกลุ่ม

เลขบอกกลุ่ม จะสามารถบอกค่ามุมระหว่างแรงดันทางด้านปฐมภูมิและทุติยภูมิ(คิดค่ามุมจากทิศทางหมุนตามเข็มนาฬิกา) โดยการนำตัวเลขบอกกลุ่มคูณด้วย 30 จะทราบค่ามุมดังกล่าว

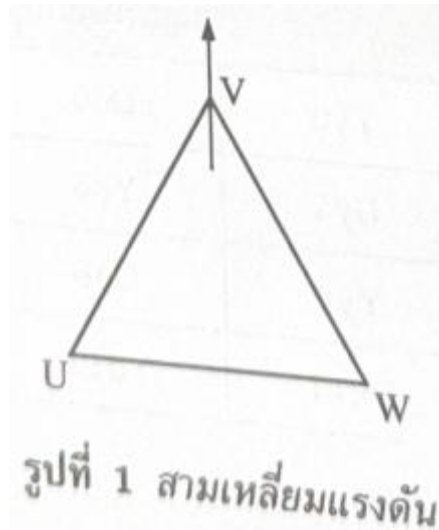
Dy5 — เลขบอกกลุ่ม

มุมต่างเฟส $5 \times 30 = 150$ องศา

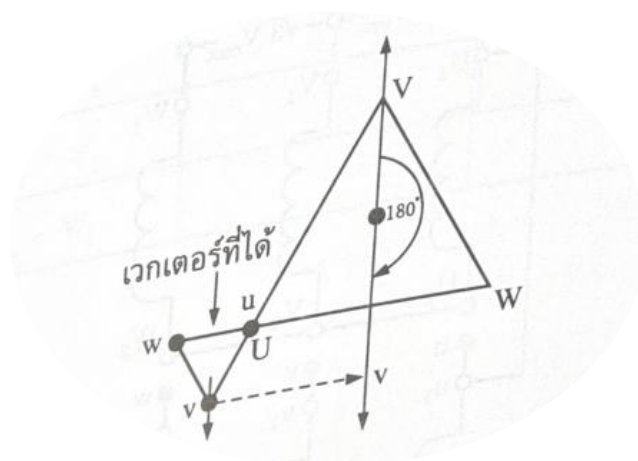
การเขียนกลุ่มเวกเตอร์ ทำได้โดยการวัดค่าแรงดันที่ชั่วของหม้อแปลง ณ จุดต่าง ๆ โดยจะต้องต่อขั้ว $U_1 - u$ เข้าด้วยกัน เพื่อทำให้เกิดจุดเริ่มต้นเดียวกัน

ลำดับขั้นตอนการเขียนกลุ่มเวกเตอร์

1. สร้างสามเหลี่ยมแรงดันโดยมีขนาดเท่ากับ $u_1 - v_1$ ดังรูปที่ 1



- 2.กางวงเวียนให้มีขนาดเท่ากับ $V_1 - v$ โดยมีจุดศูนย์กลางอยู่ที่ v ตัดที่ด้าน $U - V$
 - 3.กางวงเวียนให้มีขนาดเท่ากับ $W_1 - v$ โดยมีจุดศูนย์กลางอยู่ที่ w ตัดที่ด้าน $U - V$ จะได้จุด v
 - 4.กางวงเวียนให้มีขนาดเท่ากับ $w_1 - w$ โดยมีจุดศูนย์กลางอยู่ที่ w ตัดที่ด้าน $U - V$
 - 5.กางวงเวียนให้มีขนาดเท่ากับ $V_1 - w$ โดยมีจุดศูนย์กลางอยู่ที่ v ตัดที่ด้าน $U - W$ จะได้จุด w
 - 6.กำหนดจุด u ให้อยู่จุดเดียวกับ U
 7. ให้ลากเส้นต่อเชื่อมจุด u, v, w เข้าด้วยกัน โดยสามเหลี่ยมที่สร้างขึ้นมาให้มีจุด v เป็นจุดอ้างอิง
- ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 เวกเตอร์ที่เขียนได้

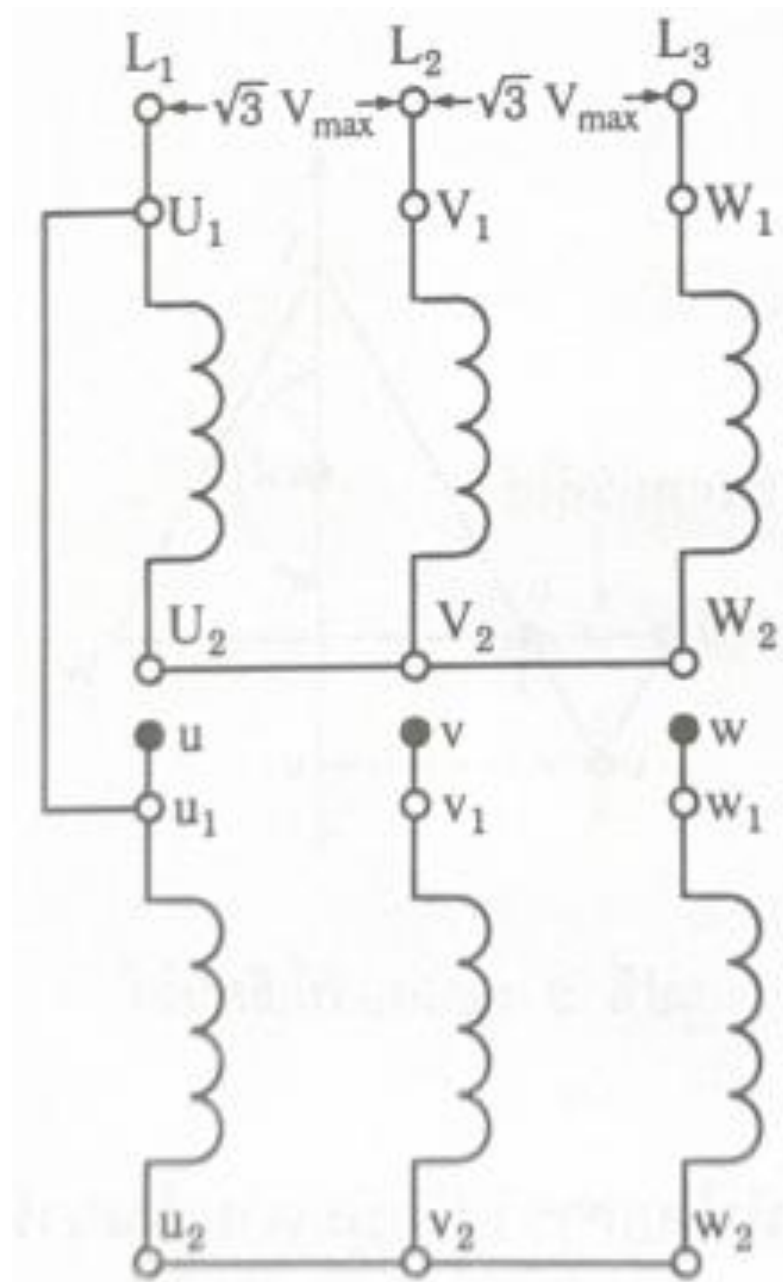
- 8.การวัดค่ามุมจะทำได้โดยการวัดค่ามุมตามเข็มนาฬิกา และนำค่ามุมที่ได้มาหารด้วย 30 โดยจะเป็นเลขบอกกลุ่มเวกเตอร์

เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

- | | |
|---------------------------------------|-----------|
| 1. ชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้า 3 เฟส ปรับค่าได้ | 1 ชุด |
| 2. หม้อแปลง 1 เฟส | 3 ชุด |
| 3. โวลต์มิเตอร์กระแสสลับ | 3 เครื่อง |
| 4. สายต่อวงจร | |

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 3



รูปที่ 3 วงจรการต่อหม้อแปลง 3 เฟส แบบ (Y_Y)

2. ทำการตรวจสอบวงจรอีกครั้งก่อนทำการเปิดแหล่งจ่าย
3. ปรับแหล่งจ่ายแรงดันจนทำให้ L_1, L_2, L_3 มีค่าเท่ากับ $\sqrt{3}V_{max}$
4. ทำการวัดค่าแรงดันตามตำแหน่งต่าง ๆ ที่กำหนด ดังตารางที่ 1 และทำการเปลี่ยนขนาดแรงดันให้เป็นความยาว

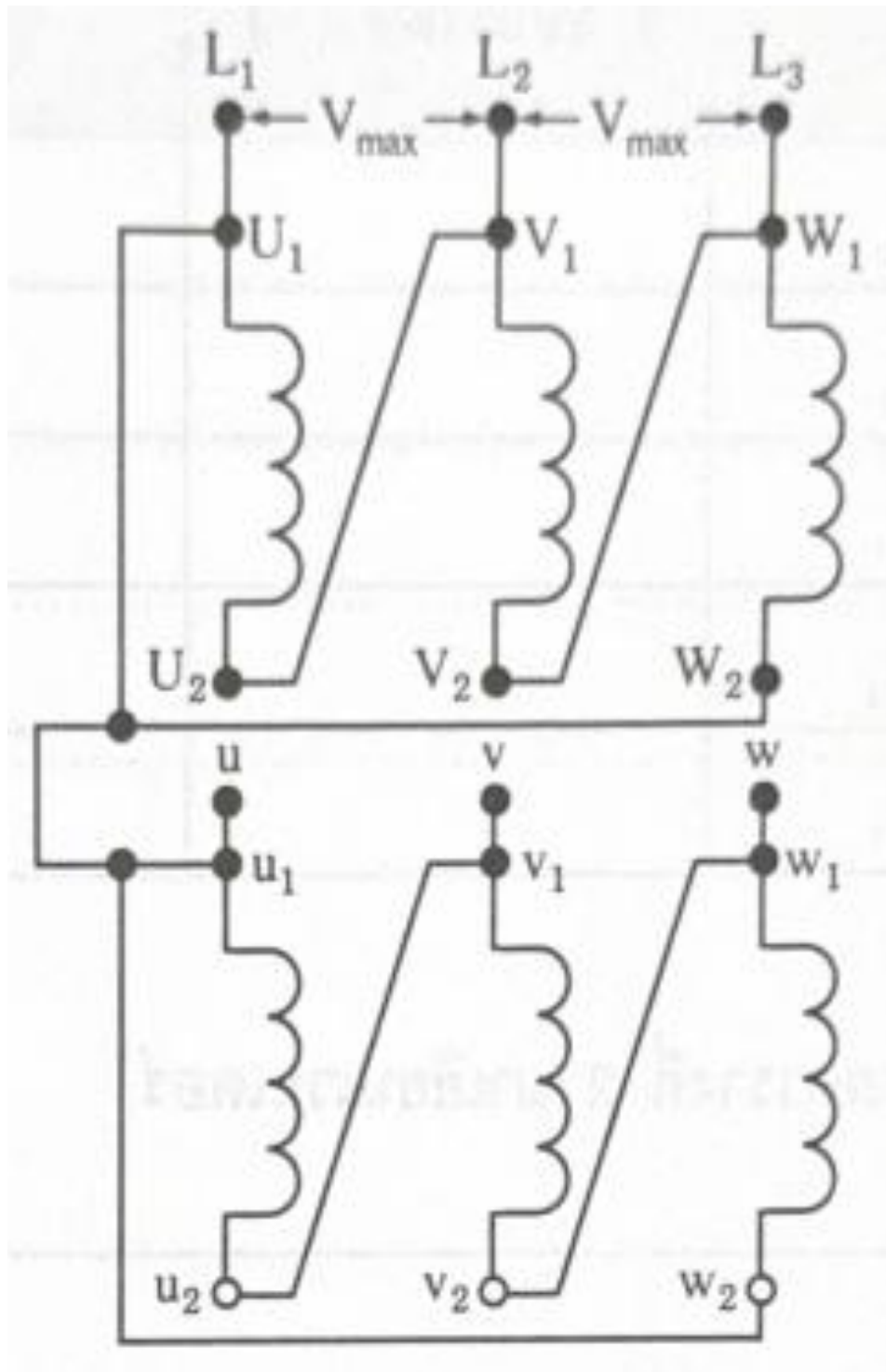
ตารางที่ 1

ขั้วที่วัด	ระดับแรงดัน(V)	ความยาว V:CM
$U_1 - V_1$		
$V_1 - v_1$		
$W_1 - v_1$		
$W_1 - w_1$		
$V_1 - W_1$		

5. นำข้อมูลจากตารางที่ 1 มาเขียนเวกเตอร์

[illegible]

7. ต่อวงจรตามรูปที่ 4



รูปที่ 4 วงจรการต่อหม้อแปลง 3 เฟส แบบ Dd

8. ทำการตรวจสอบวงจรอีกครั้งก่อนทำการเปิดแหล่งจ่าย
9. ปรับแหล่งจ่ายแรงดันจนทำให้ L_1, L_2, L_3 มีค่าเท่ากับ $\sqrt{3}V_{max}$
10. ทำการวัดค่าแรงดันตามตำแหน่งต่าง ๆ ที่กำหนด ดังตารางที่ 2 และทำการเปลี่ยนขนาดแรงดันให้เป็นความยาว

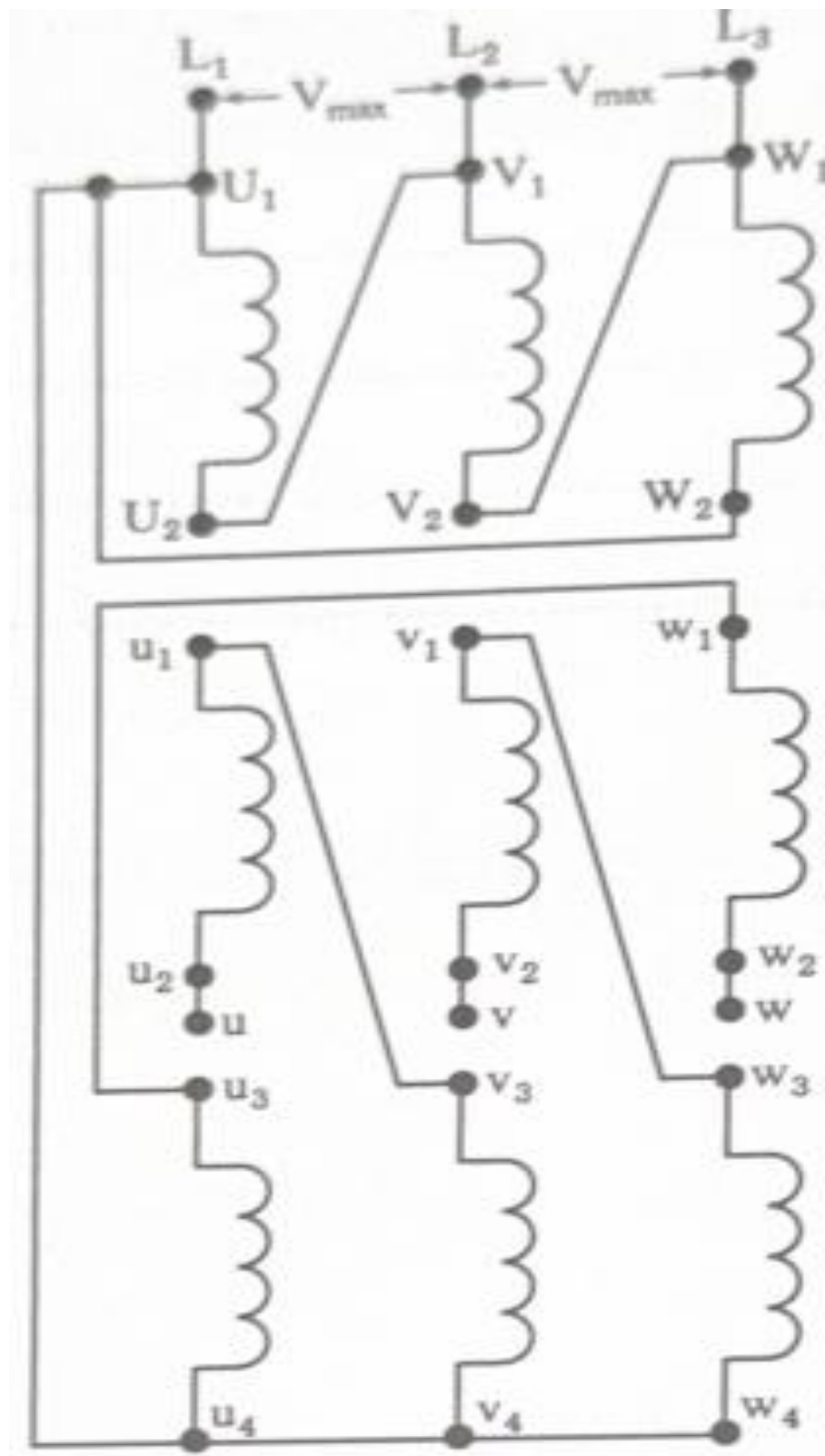
ตารางที่ 2

ขั้วที่วัด	ระดับแรงดัน(V)	ความยาว V:CM
$U_1 - V_1$		
$V_1 - v_1$		
$W_1 - v_1$		
$W_1 - w_1$		
$V_1 - W_1$		

11. นำข้อมูลจากตารางที่ 2 มาเขียนเวกเตอร์

This image shows a full page of a handwriting practice worksheet. It consists of numerous horizontal dotted lines spaced evenly across the page, providing a guide for letter height and placement. The background is plain white, and there are no other markings or text present.

13. ต่อวงจรตามรูปที่ 5



รูปที่ 5 วงจรการต่อหม้อแปลง 3 เฟส แบบ Dz

14. ทำการตรวจสอบวงจรอีกครั้งก่อนทำการเปิดแหล่งจ่าย
15. ปรับแหล่งจ่ายแรงดันจนทำให้ L_1, L_2, L_3 มีค่าเท่ากับ $\sqrt{3}V_{max}$
16. ทำการวัดค่าแรงดันตามตำแหน่งต่าง ๆ ที่กำหนด ดังตารางที่ 3 และทำการเปลี่ยนขนาดแรงดันให้เป็นความยาว

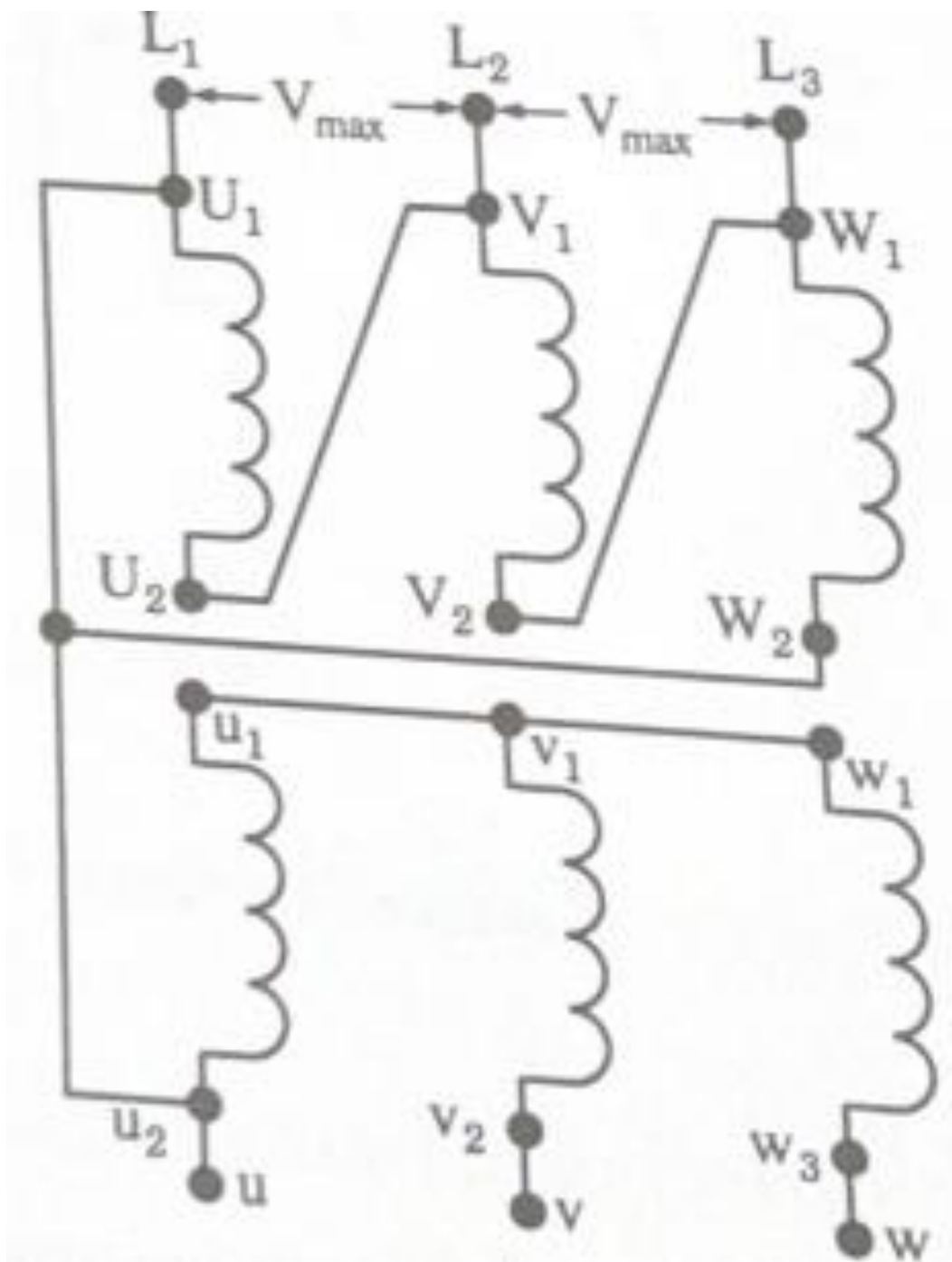
ตารางที่ 3

ขั้วที่วัด	ระดับแรงดัน(V)	ความยาว V:CM
$U_1 - V_1$		
$V_1 - v_1$		
$W_1 - v_1$		
$W_1 - w_1$		
$V_1 - W_1$		

17. นำข้อมูลจากตารางที่ 3 มาเขียนเวกเตอร์

[illegible]

19. ต่อวงจรตามรูปที่ 6



รูปที่ 6 วงจรการต่อหม้อแปลง 3 เฟส แบบ Dy

20. ทำการตรวจสอบวงจรอีกครั้งก่อนทำการเปิดแหล่งจ่าย
21. ปรับแหล่งจ่ายแรงดันจนทำให้ L_1, L_2, L_3 มีค่าเท่ากับ $\sqrt{3}V_{max}$
22. ทำการวัดค่าแรงดันตามตำแหน่งต่าง ๆ ที่กำหนด ดังตารางที่ 4 และทำการเปลี่ยนขนาดแรงดันให้เป็นความยาว

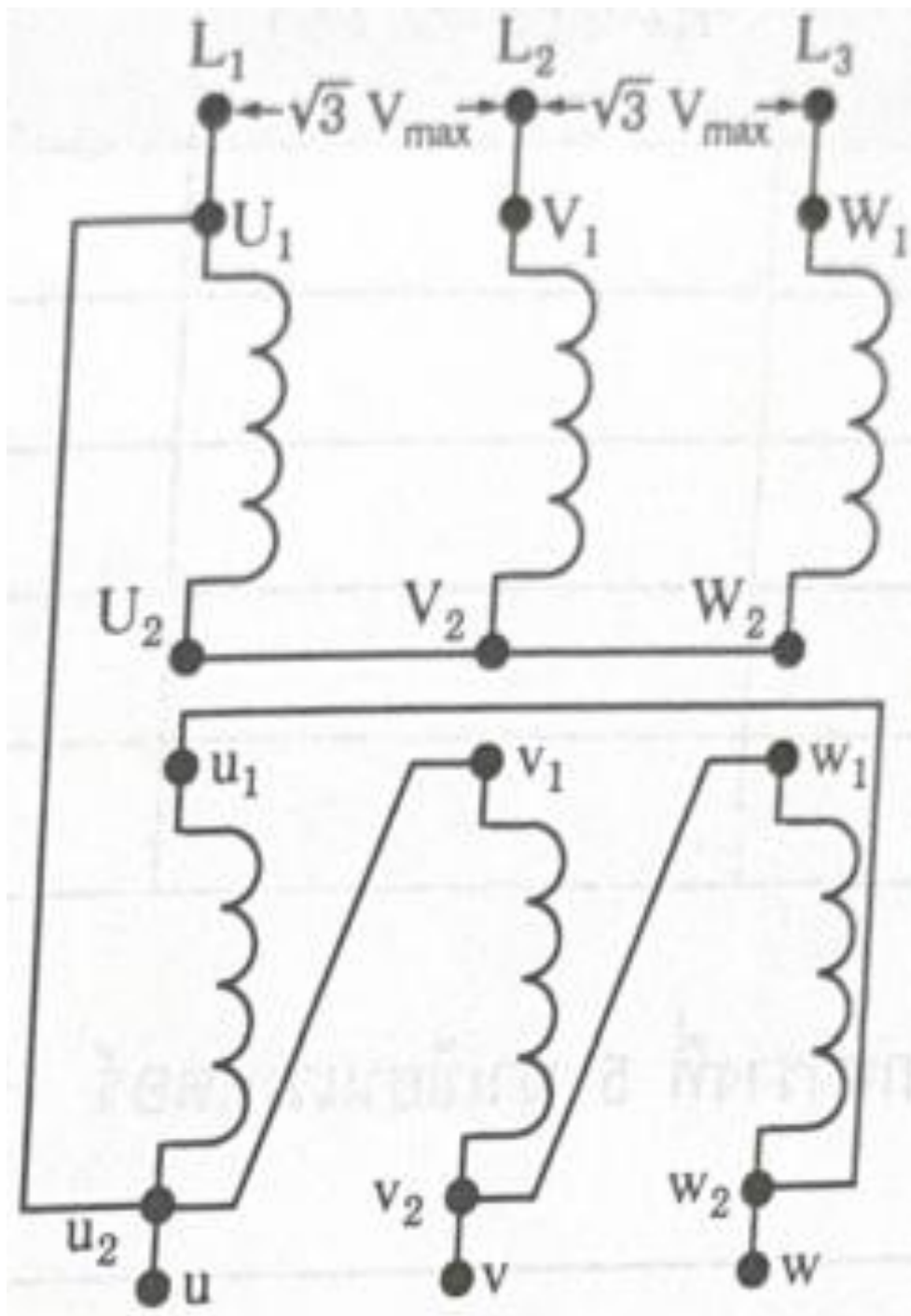
ตารางที่ 4

ขั้วที่วัด	ระดับแรงดัน(V)	ความยาว V:CM
$U_1 - V_1$		
$V_1 - v_1$		
$W_1 - v_1$		
$W_1 - w_1$		
$V_1 - W_1$		

23. นำข้อมูลจากตารางที่ 4 มาเขียนเวกเตอร์

This image shows a full page of a handwriting practice worksheet. It consists of numerous horizontal rows, each defined by two parallel dotted lines. The rows are evenly spaced and extend across the entire width of the page, providing a guide for letter height and placement. There is no text or other markings on the page.

25. ต่อวงจรตามรูปที่ 7



รูปที่ 7 วงจรการต่อหม้อแปลง 3 เฟส แบบ 7d

26. ทำการตรวจสอบวงจรอีกครั้งก่อนทำการเปิดแหล่งจ่าย

27. ปรับแหล่งจ่ายแรงดันจนทำให้ L_1, L_2, L_3 มีค่าเท่ากับ $\sqrt{3}V_{max}$

28. ทำการวัดค่าแรงดันตามตำแหน่งต่าง ๆ ที่กำหนด ดังตารางที่ 5 และทำการเปลี่ยนขนาดแรงดันให้เป็นความยาว

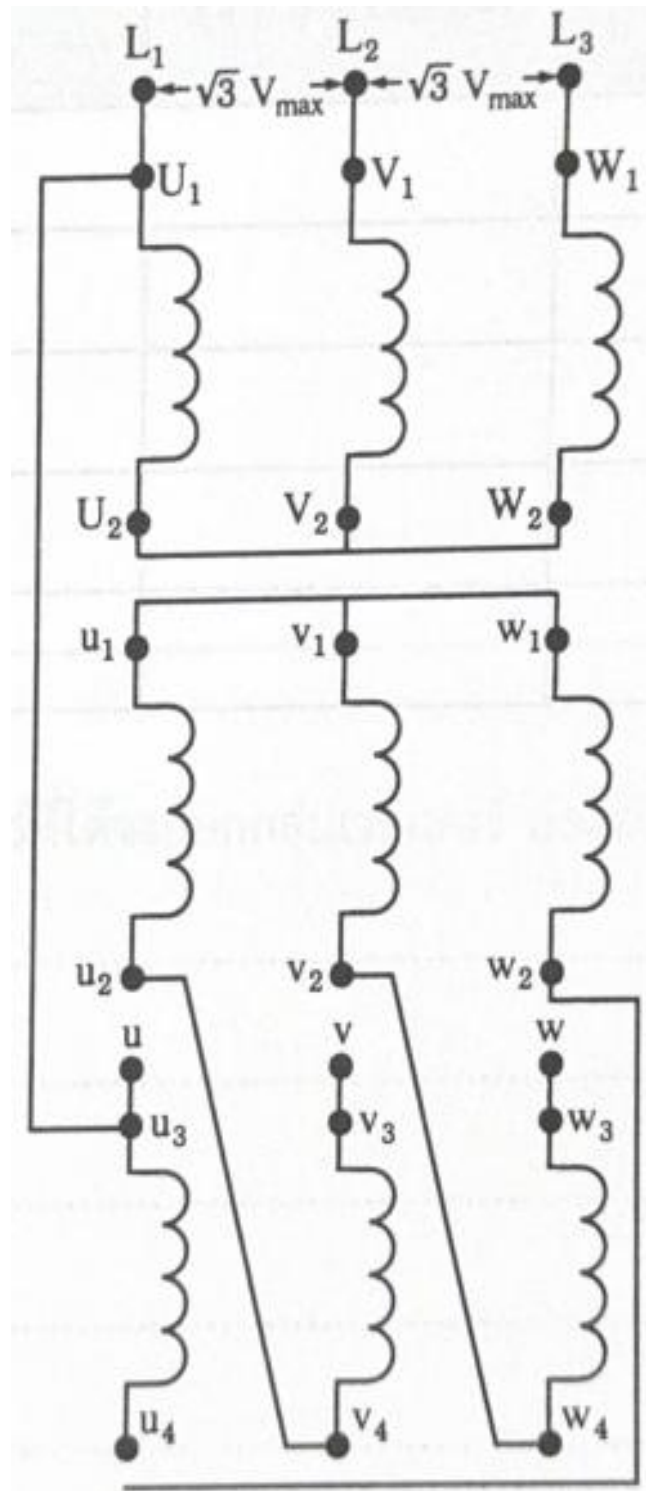
ตารางที่ 5

ขั้วที่วัด	ระดับแรงดัน(V)	ความยาว V:CM
$U_1 - V_1$		
$V_1 - v_1$		
$W_1 - v_1$		
$W_1 - w_1$		
$V_1 - W_1$		

29. นำข้อมูลจากตารางที่ 5 มาเขียนเวกเตอร์

[illegible]

31. ต่อวงจรตามรูปที่ 8



รูปที่ 8 วงจรการต่อหม้อแปลง 3 เฟส แบบ Yz

32. ทำการตรวจสอบวงจรอีกครั้งก่อนทำการเปิดแหล่งจ่าย
33. ปรับแหล่งจ่ายแรงดันจนทำให้ L_1, L_2, L_3 มีค่าเท่ากับ $\sqrt{3}V_{max}$
34. ทำการวัดค่าแรงดันตามตำแหน่งต่าง ๆ ที่กำหนด ดังตารางที่ 6 และทำการเปลี่ยนขนาดแรงดันให้เป็นความยาว

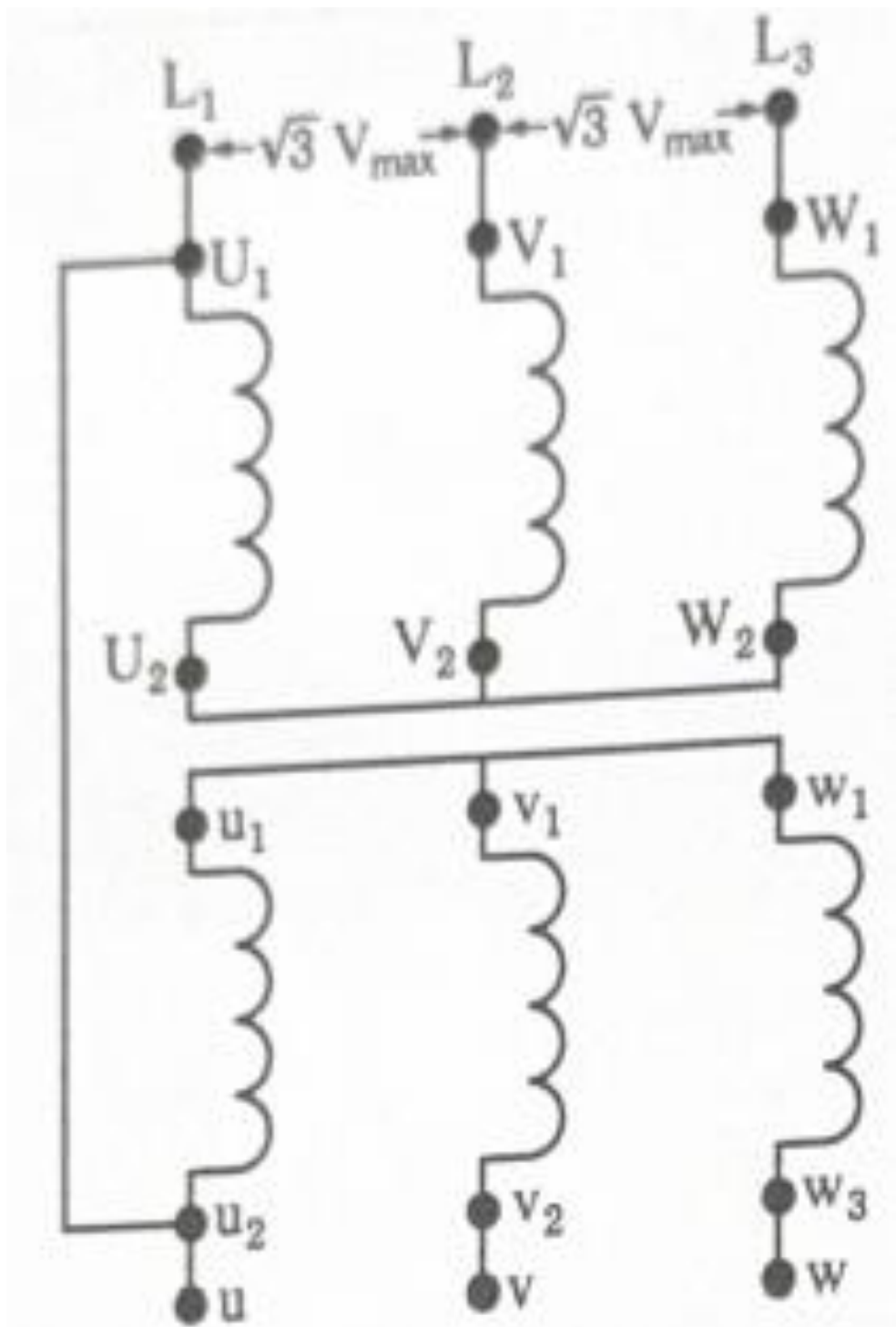
ตารางที่ 6

ขั้วที่วัด	ระดับแรงดัน(V)	ความยาว V:CM
$U_1 - V_1$		
$V_1 - v_1$		
$W_1 - v_1$		
$W_1 - w_1$		
$V_1 - W_1$		

35. นำข้อมูลจากตารางที่ 6 มาเขียนเวกเตอร์

[illegible]

37. ต่อวงจรตามรูปที่ 9



รูปที่ 9 วงจรการต่อหม้อแปลง 3 เฟส แบบ Yy

38. ทำการตรวจสอบวงจรอีกครั้งก่อนทำการเปิดแหล่งจ่าย
39. ปรับแหล่งจ่ายแรงดันจนทำให้ L_1, L_2, L_3 มีค่าเท่ากับ $\sqrt{3}V_{max}$
40. ทำการวัดค่าแรงดันตามตำแหน่งต่าง ๆ ที่กำหนด ดังตารางที่ 7 และทำการเปลี่ยนขนาดแรงดันให้เป็นความยาว

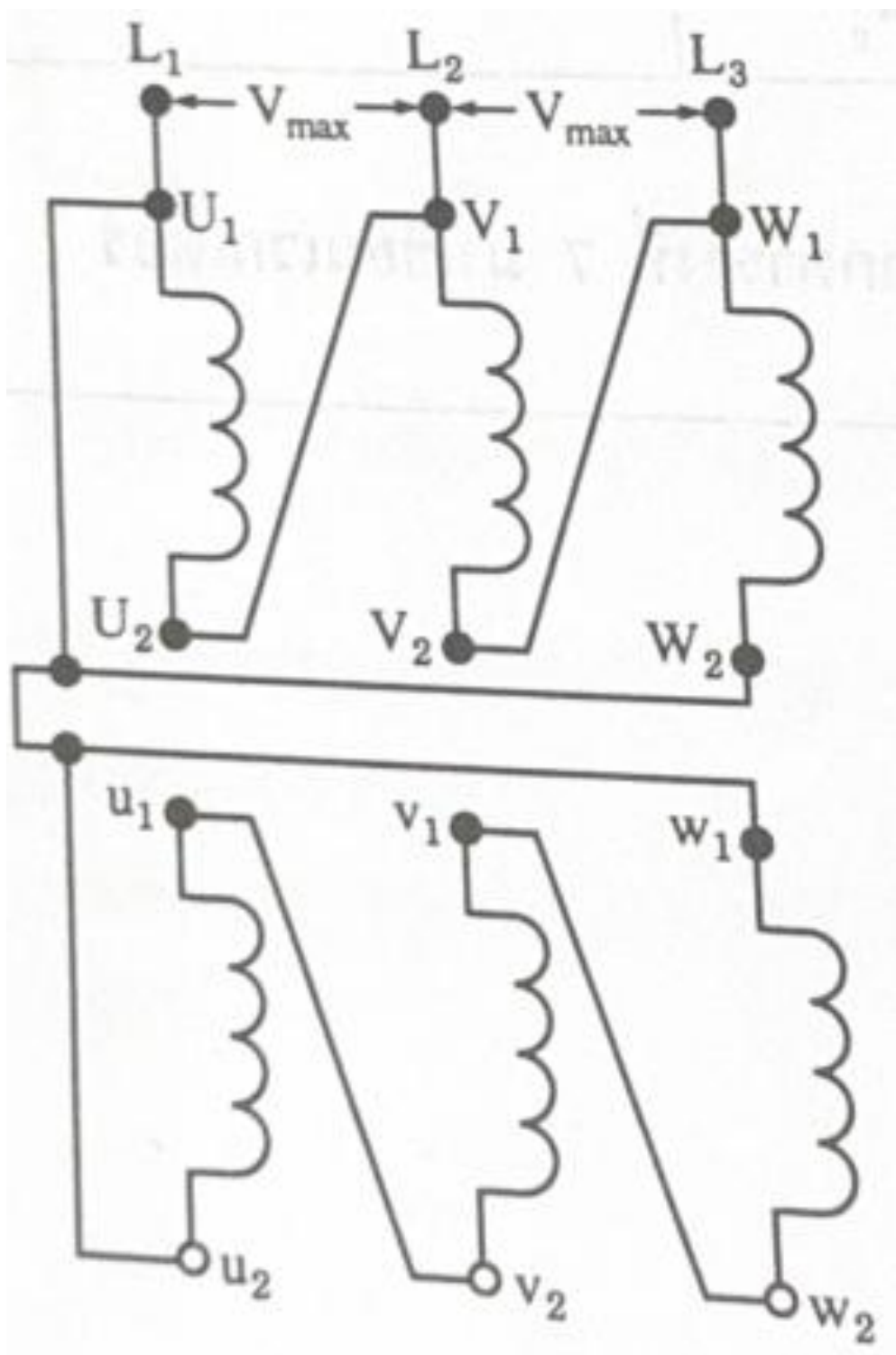
ตารางที่ 7

ขั้วที่วัด	ระดับแรงดัน(V)	ความยาว V:CM
$U_1 - V_1$		
$V_1 - v_1$		
$W_1 - v_1$		
$W_1 - w_1$		
$V_1 - W_1$		

41. นำข้อมูลจากตารางที่ 7 มาเขียนเวกเตอร์

[illegible]

43. ต่อวงจรตามรูปที่ 10



รูปที่ 10 วงจรการต่อหม้อแปลง 3 เฟส แบบ Dd

44. ทำการตรวจสอบวงจรอีกครั้งก่อนทำการเปิดแหล่งจ่าย
45. ปรับแหล่งจ่ายแรงดันจนทำให้ L_1, L_2, L_3 มีค่าเท่ากับ $\sqrt{3}V_{max}$
46. ทำการวัดค่าแรงดันตามตำแหน่งต่าง ๆ ที่กำหนด ดังตารางที่ 8 และทำการเปลี่ยนขนาดแรงดันให้เป็นความยาว

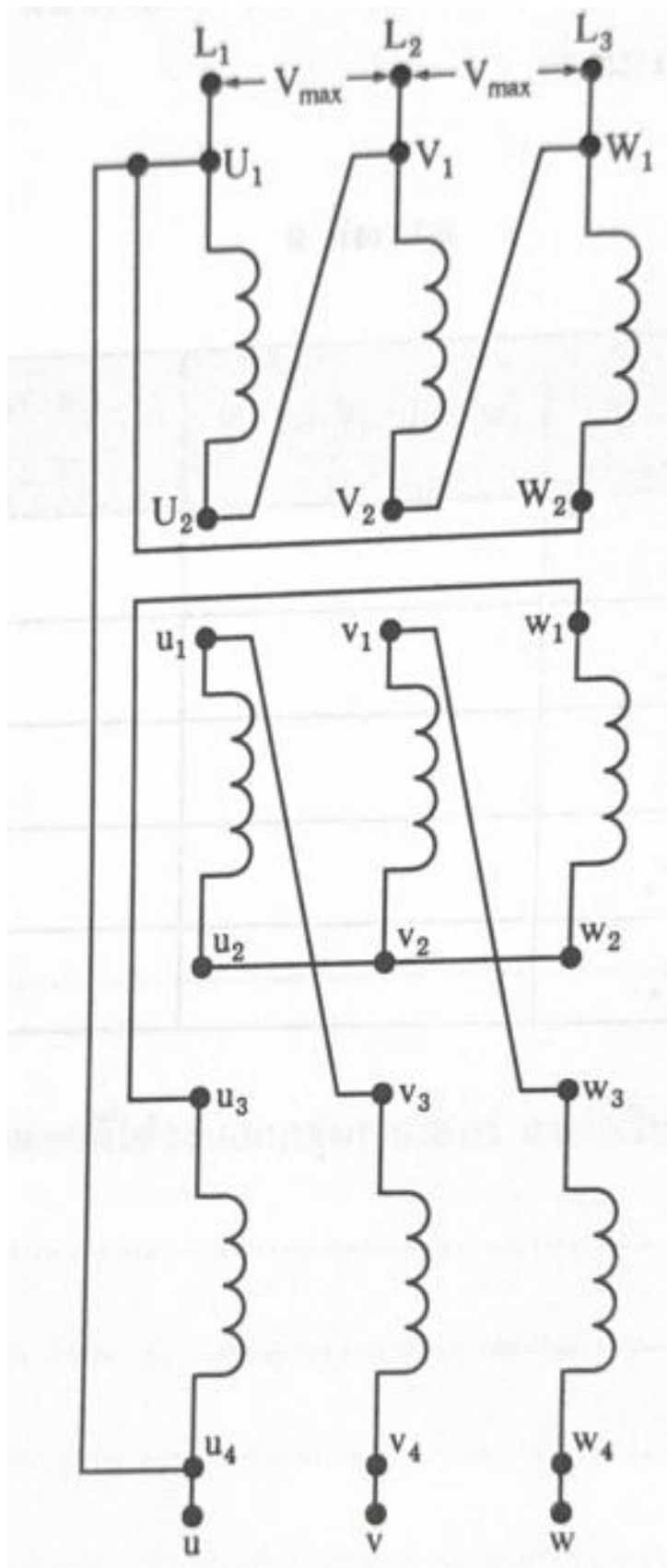
ตารางที่ 8

ขั้วที่วัด	ระดับแรงดัน(V)	ความยาว V:CM
$U_1 - V_1$		
$V_1 - v_1$		
$W_1 - v_1$		
$W_1 - w_1$		
$V_1 - W_1$		

47. นำข้อมูลจากตารางที่ 8 มาเขียนเวกเตอร์

[illegible]

49.ต่อวงจรตามรูปที่ 11



รูปที่ 11 วงจรการต่อหม้อแปลง 3 เฟส แบบ Dz

50. ทำการตรวจสอบวงจรอีกครั้งก่อนทำการเปิดแหล่งจ่าย
51. ปรับแหล่งจ่ายแรงดันจนทำให้ L_1, L_2, L_3 มีค่าเท่ากับ $\sqrt{3}V_{max}$
52. ทำการวัดค่าแรงดันตามตำแหน่งต่าง ๆ ที่กำหนด ดังตารางที่ 9 และทำการเปลี่ยนขนาดแรงดันให้เป็นความยาว

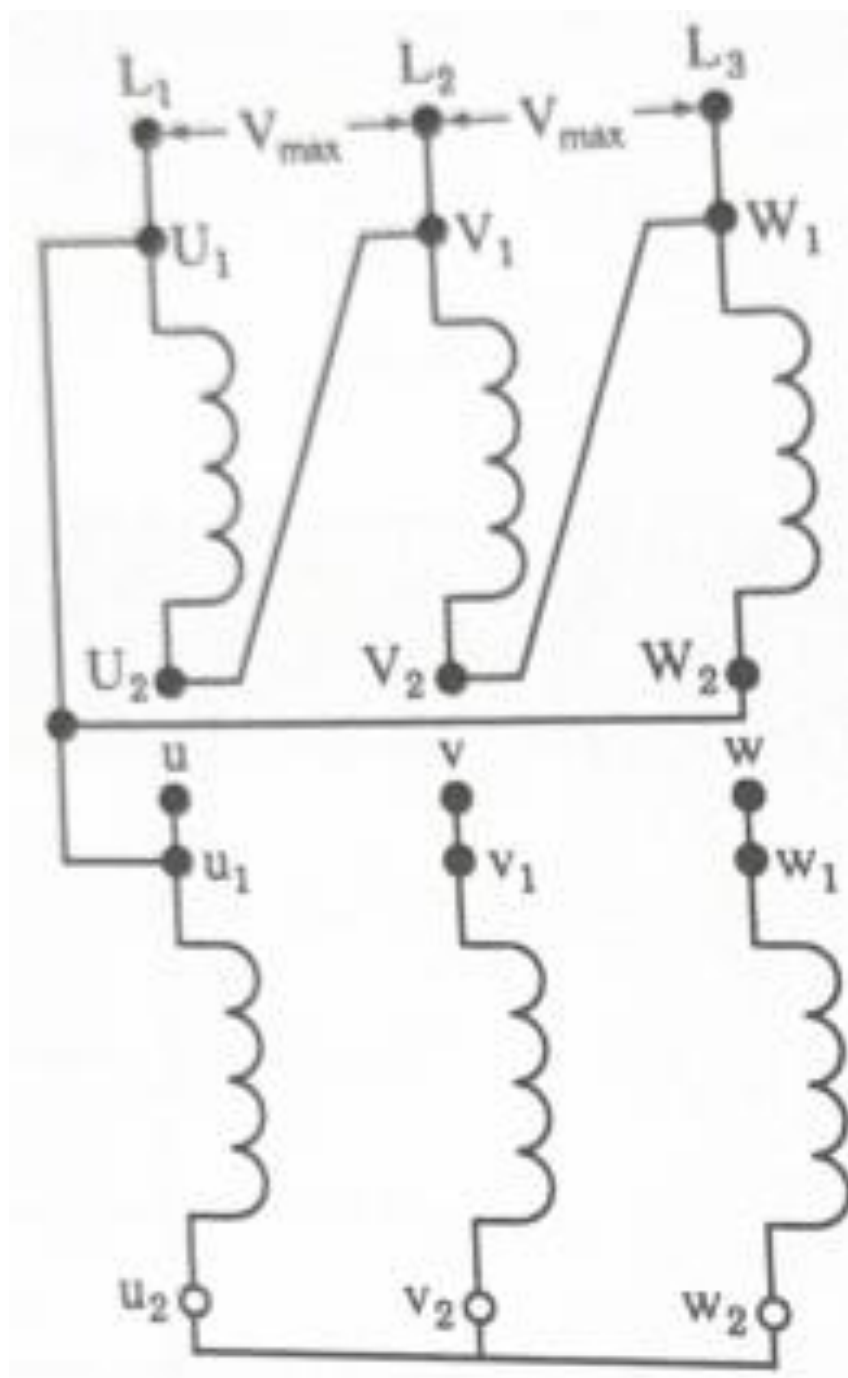
ตารางที่ 9

ขั้วที่วัด	ระดับแรงดัน(V)	ความยาว V:CM
$U_1 - V_1$		
$V_1 - v_1$		
$W_1 - v_1$		
$W_1 - w_1$		
$V_1 - W_1$		

53. นำข้อมูลจากตารางที่ 9 มาเขียนเวกเตอร์

[illegible]

55. ต่อวงจรตามรูปที่ 12



รูปที่ 12 วงจรการต่อหม้อแปลง 3 เฟส แบบ Dy

56. ทำการตรวจสอบวงจรอีกครั้งก่อนทำการเปิดแหล่งจ่าย

57. ปรับแหล่งจ่ายแรงดันจนทำให้ L_1, L_2, L_3 มีค่าเท่ากับ $\sqrt{3}V_{max}$

58. ทำการวัดค่าแรงดันตามตำแหน่งต่าง ๆ ที่กำหนด ดังตารางที่ 10 และทำการเปลี่ยนขนาดแรงดันให้เป็นความยาว

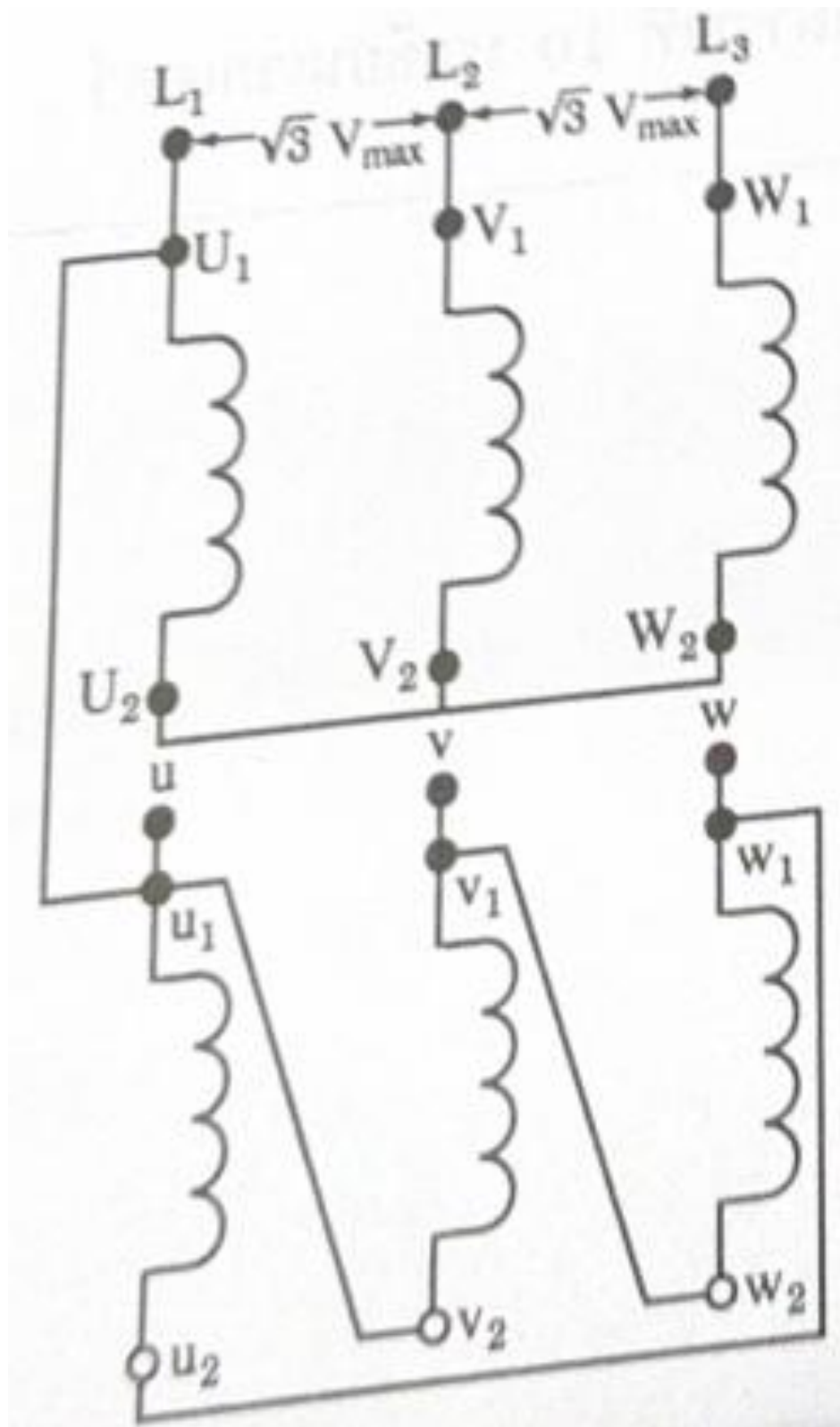
ตารางที่ 10

ขั้วที่วัด	ระดับแรงดัน(V)	ความยาว V:CM
$U_1 - V_1$		
$V_1 - v_1$		
$W_1 - v_1$		
$W_1 - w_1$		
$V_1 - W_1$		

59. นำข้อมูลจากตารางที่ 10 มาเขียนเวกเตอร์

[illegible]

61.ต่อวงจรตามรูปที่ 13



รูปที่ 13 วงจรการต่อหม้อแปลง 3 เฟส แบบ Yd

62. ทำการตรวจสอบวงจรอีกครั้งก่อนทำการเปิดแหล่งจ่าย
63. ปรับแหล่งจ่ายแรงดันจนทำให้ L_1, L_2, L_3 มีค่าเท่ากับ $\sqrt{3}V_{max}$
64. ทำการวัดค่าแรงดันตามตำแหน่งต่าง ๆ ที่กำหนด ดังตารางที่ 11 และทำการเปลี่ยนขนาดแรงดันให้เป็นความยาว

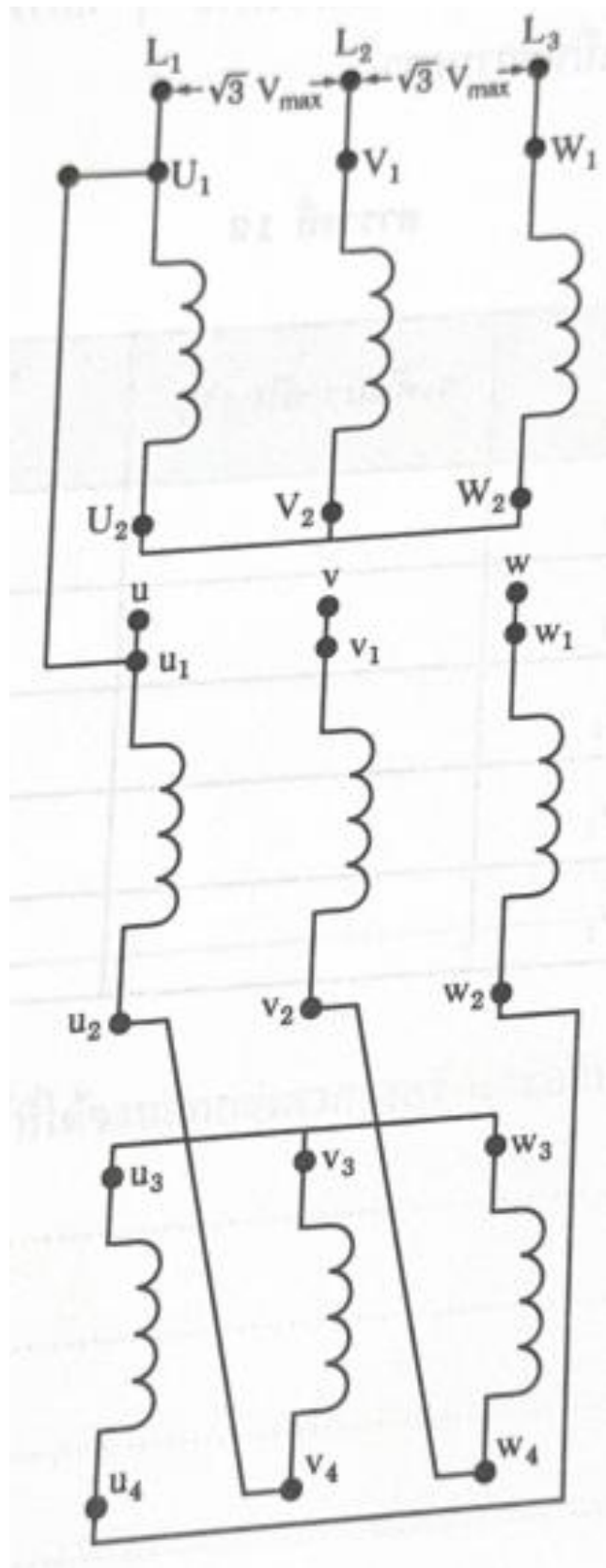
ตารางที่ 11

ขั้วที่วัด	ระดับแรงดัน(V)	ความยาว V:CM
$U_1 - V_1$		
$V_1 - v_1$		
$W_1 - v_1$		
$W_1 - w_1$		
$V_1 - W_1$		

65. นำข้อมูลจากตารางที่ 11 มาเขียนเวกเตอร์

This image shows a full page of a handwriting practice worksheet. It consists of approximately 20 horizontal rows. Each row is defined by two parallel dotted lines, creating a series of uniform gaps for letter height. The lines are evenly spaced across the entire page, providing a guide for consistent letter formation. There is no text or other markings on the page.

67.ต่อวงจรตามรูปที่ 14



รูปที่ 14 วงจรการต่อหม้อแปลง 3 เฟส แบบ Yz

68. ทำการตรวจสอบวงจรอีกครั้งก่อนทำการเปิดแหล่งจ่าย

69. ปรับแหล่งจ่ายแรงดันจนทำให้ L_1, L_2, L_3 มีค่าเท่ากับ $\sqrt{3}V_{max}$

70. ทำการวัดค่าแรงดันตามตำแหน่งต่าง ๆ ที่กำหนด ดังตารางที่ 12 และทำการเปลี่ยนขนาดแรงดันให้เป็นความยาว

ตารางที่ 12

ขั้วที่วัด	ระดับแรงดัน(V)	ความยาว V:CM
$U_1 - V_1$		
$V_1 - v_1$		
$W_1 - v_1$		
$W_1 - w_1$		
$V_1 - W_1$		

71. นำข้อมูลจากตารางที่ 12 มาเขียนเวกเตอร์

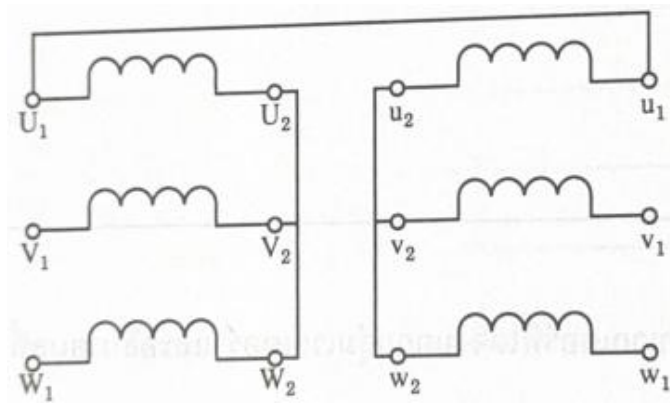
[illegible]

คำถามท้ายการทดลอง

1. จากข้อ 1-6 จงแสดงวิธีการหากลุ่มเวกเตอร์ที่ได้จากการทดลอง

[illegible]

2. จากรูปที่กำหนดให้ เส้นที่ต่อเชื่อมระหว่าง U-u ต่อเอาไว้เพื่ออะไร

[illegible]

3. จากข้อ 2 วงจรที่ให้เป็นหม้อแปลงของกลุ่มเวกเตอร์ใด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. จงเขียนกลุ่มเวกเตอร์ Dzo

[illegible]

ลงชื่อผู้ตรวจ.....วันที่ส่ง.....

	เครื่องจักรไฟฟ้ากระแสตรง		ตัวอักษรแสดงขั้วแบบเดิม	ตัวอักษรแสดงขั้วแบบใหม่
1	อาร์เมเจอร์		A-B	A_1-A_2
2	ขดลวดสนามแม่เหล็กต่อขนาน		C-D	E_1-E_2
3	ขดลวดสนามแม่เหล็กต่ออนุกรม Interpole Winding Compensating Winding ต่อร่วมกันภายในแล้ว		E-F G-H	D_1-D_2 B_1-B_2 C_1-C_2
4				
5	Interpole Winding และ Compensating Winding แยกออกจากกัน	Interpole Winding	GW-HW	B_1-B_2
6		Compensating Winding	GK-HK	C_1-C_2
7	แบ่งขดลวดที่ต่ออนุกรมกับอาร์เมเจอร์ออกเป็นสองด้านเท่า ๆ กัน เพื่อไม่ให้เกิดการรบกวนคลื่นวิทยุ	ขดลวดสร้างสนามแม่เหล็กต่ออนุกรมสำหรับมอเตอร์หมุนขวา	ต่อกับขั้วทางด้าน A_1 ของอาร์เมเจอร์	EA-FA $1D_1-1D_2$
8			ต่อกับขั้วทางด้าน A_2 ของอาร์เมเจอร์	EB-FB $2D_1-2D_2$
9		Interpole Winding	ต่อกับขั้วทางด้าน A_1 ของอาร์เมเจอร์	GA-HA $1B_1-1B_2$
10			ต่อกับขั้วทางด้าน A_2 ของอาร์เมเจอร์	GB-HB $2B_1-2B_2$
11	ขดลวดสร้างสนามแม่เหล็กแบบแยก	ปกติใช้ตัวอักษร		I-K F_1-F_2
12		ออกแบบเพื่อให้ใช้แรงดันไฟฟ้าเดียวกับอาร์เมเจอร์		C-D E_1-E_2

