การทดลองที่ 1: มอเตอร์ขนาน (Shunt motor)

1.1 จุดประสงค์การทดลอง: เพื่อหาสมรรถนะในการหมุนขับโหลดของมอเตอร์ขนานตามความสัมพันธ์ต่าง ๆ กันที่กำหนดให้ตามหัวข้อต่อไปนี้

- ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับกระแสอาร์เมเจอร์ : $n = f(I_A)$
- ความสัมพันธ์ระหว่างทอร์คกับกระแสอาร์เมเจอร์ : $T = f(n)$
- ความสัมพันธ์ระหว่างทอร์คกับกระแสอาร์เมเจอร์ : $T = f(I_A)$
- ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับแรงดันอาร์เมเจอร์ :$n = f(V_{A-A})$
- ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับกระแสขดลวดสนามแม่เหล็ก : $n = f(I_f)$
- ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับทอร์ค :$\eta = f(T)$

1.2ทฤษฎีของมอเตอร์ขนาน [1]

มอเตอร์ขนาน เรียกตามลักษณะการต่อขดลวดสนามแม่เหล็ก คือ ต่อขดลวดสนามแม่เหล็กขนาน (Shunt) กับอาร์เมเจอร์และแรงดันเมนV_M = แรงดันเมน, A1-A2: ขดลวดอาร์เมเจอร์และ E1-E2 = ขดลวดสนามแม่เหล็กชุดขนานมอเตอร์ขนานมีจุดมุ่งหมายทั่วไปออกแบบให้หมุนขับงานด้านความเร็วคงที่แต่อาจปรับความเร็วให้หมุนช้าลงได้ตามต้องการด้วยการปรับความต้านทานของรีโอสตาท (Field Rheostat) ซึ่งต่ออนุกรมกับขดลวดสนามแม่เหล็ก ปกติสามาเพิ่มความเร็วได้ไม่เกิน 25% ของความเร็วปกติ ในกรณีที่ต้องการเพิ่มความเร็วให้สูงกว่านี่ ต้องออกแบบเป็นพิเศษเรียกว่า Adjustable – Speed Shunt Motor การปรับความเร็วด้วยรีโอสตาทนั้น ต้องมีพิกัดของความเร็วที่แน่นอนระหว่างความเร็วสูงสุด กับความเร็วต่ำสุด ไม่ควรสูงกว่า 6:1 แต่อัตราการปรับความเร็ว (Speed Regulation) ที่ความเร็วสูงสุด หยาบกว่าที่ความเร็วปกติ มอเตอร์ที่สามารถปรับความเร็วได้สมัยใหม่ จะมี Stabilizing Winding พันไว้อีกชุดหนึ่งเพื่อให้สามารถปรับความเร็วได้ในช่างพิกัดที่กว้างยิ่งขึ้น

วิธีปรับความเร็ว

สามารถปรับความเร็วได้ 2 วิธีดังนี้

1. วิธีปรับค่าเส้งแรงแม่เหล็กในขดลวดสนามแม่เหล็ก

การเพิ่มความเร็วขอมอเตอร์ โดยปรับความต้านทานของรีโอสตาทให้เพิ่มขึ้น เส้นแรงแม่เหล็ก ø ในสนามแม่เหล็กภายในขดลวด และแรงดันเหนี่ยวนำกลับจะลดลง ทำให้มอเตอร์กินกระแสเพิ่มขึ้นขณะเดียวกับความเร็วรอบของมอเตอร์จะเพิ่มขึ้นด้วย

การลดความเร็วของมอเตอร์ ในทางตรงข้าม ถ้าลดความต้านท้ายของรีโอสตาท เส้นแรงแม่เหล็กและแรงดันเหนี่ยวนำกลับของมอเตอร์จะเพิ่มขึ้น กระแสอาร์เมเจอร์และทอร์คจะลดลงทำให้ความเร็วของมอเตอร์ลดลงจนกว่าแรงดันเหนี่ยวนำกลับจะลดลง และกระแสอาร์เมเจอร์จะเพิ่มขึ้น ขณะนี้มอเตอร์หมุนด้วยความเร็วที่ต่ำกว่าปกติ

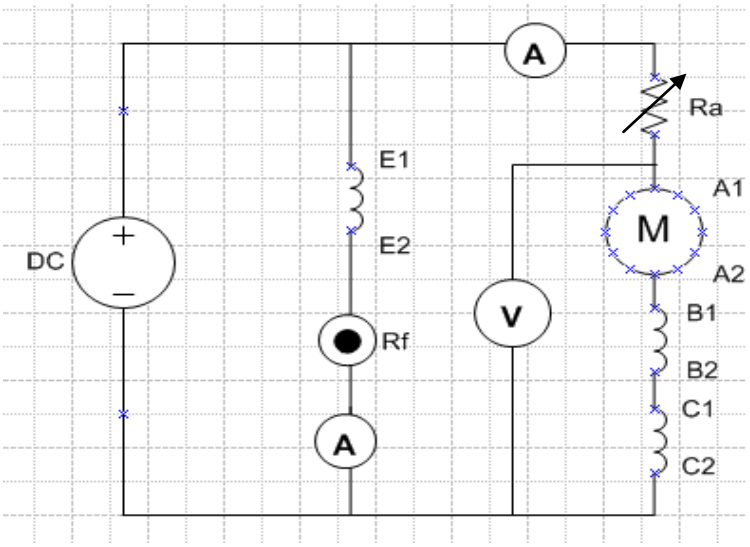
2. วิธีการปรับค่าแรงดันอาร์เมเจอร์

ขดลวดสนามแม่เหล็ก ต่ออยู่กับแรงดัน คงที่ เส้นแรงแม่เหล็ก ø จึงคงที่ตลอดเวลา (ไม่คิดผลกระทบเนื่องจากอาร์เมเจอร์รีแอคชัน) ดันนั้นขณะให้มอเตอร์หมุนขับโหลดด้วยแรงดันเมน กระแสอาร์เมเจอร์และเส้นแรงแม่เหล็กที่คงที่แล้ว ความเร็วของมอเตอร์สามารถปรับได้โดยตรงด้วยการปรับค่าแรงดันอาร์เมเจอร์

1.3 อุปกรณ์การทดลอง

1. มอเตอร์ขนาน
2. แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงที่ป้อนพลังงานไฟฟ้าโดยตรงให้กับขดลวดสนามแม่เหล็ก
3. แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงที่สามารถปรับค่าได้ที่ป้อนพลังงานไฟฟ้าโดยตรงให้กับอาร์เมเจอร์
4. เครื่องวัดความเร็วรอบ
5. โวลต์มิเตอร์
6. แอมมิเตอร์

1.4 วงจรการทดลอง: ให้ติดตั้งเครื่องกล อุปกรณ์ไฟฟ้า และเครื่องมือวัด ตามวงจรไฟฟ้าภาพที่ 1.1



ภาพที่ 3.20: วงจรการทดลองมอเตอร์ขนาน

1.5 วิธีการทดลอง

การหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วมอเตอร์กับกระแสอาร์เมเจอร์ : $n = f(I_A)$

1. ต่อวงจรและอุปกรณ์เครื่องมือวัดตามวงจรที่กำหนดให้
2. ตรวจสอบความถูกของวงจรไฟฟ้า

การปรับความเร็วของมอเตอร์ด้วยวิธีปรับแรงดันอาร์เมเจอร์โดยมอเตอร์ไม่ต่อโหลด

3. จ่ายแรงดันอาร์เมเจอร์ให้มอเตอร์เริ่มหมุนโดยให้ได้แรงดันที่ 200 V
4. ค่อยปรับแรงดันอาร์เมเจอร์ลดลง 5 ระดับ ระดับละ 10 V โดยที่กระแสขดลวดสนามแม่เหล็กคงที่
5. วัดกระแสอาร์เมเจอร์และความเร็วรอบทุกระดับแรงดันให้บันทึกค่าลงในตารางที่ 1.1

การหาความสัมพันธ์ระหว่างทอร์คกับความเร็วอาร์เมเจอร์ : $T = (n)$

6. ทุกระดับการปรับเพิ่มโหลด ให้วัดทอร์คของมอเตอร์ทุกระดับของกระแสโหลด(กระแสอาร์เมเจอร์) แล้วบันทึกไว้ในตารางการวัดที่ 1.1
7. กำลังของมอเตอร์ขณะหมุนโดยไม่ขับโหลด คำนวณได้จากสมการที่ 1.1

$$PM_N = EC_N.IA_N [W] \qquad (1.1)$$

เมื่อ PM_N = กำลังมอเตอร์ขณะให้หมุนตัวเปล่า [w]

EC_N = แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำกลับของมอเตอร์ขณะให้หมุนตัวเปล่า[V]

IA_N = กระแสอาร์เมเจอร์ขณะให้มอเตอร์หมุนตัวเปล่า [A]

กำลังของมอเตอร์ ณ โหลดใด ๆ หาได้เช่นเดียวกัน ตามสมการที่ 1.2

$$P_M = E_C.I_A[W] \quad (1.2)$$

เมื่อ P_M = กำลังของมอเตอร์ ณ โหลดใด ๆ

E_C = แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำกลับของมอเตอร์ ณ โหลดใด ๆ [V]

$= V_M - I_A.R_A$

I_A = กระแสอาร์เมเจอร์ ณ โหลดใด ๆ

8. วัดความเร็วของมอเตอร์ขณะให้ไม่ขับโหลด

9. ให้เพิ่มโหลด 5 ระดับ วัดความเร็วอาร์เมเจอร์ทุกระดับโหลด (กระแสอาร์เมเจอร์) แล้วบันทึกไว้ในตารางที่ 1.2

10. กำลังของมอเตอร์อาจคำนวณได้ตามสมการที่ 1.3 ต่อไปนี้

$$E_C.I_A = 0.104 .n . T \quad [W] \quad (1.3)$$

เมื่อ n,T = ความเร็วและทอร์คของมอเตอร์ ณ โหลด ใด ๆ

11. หรือกำลังของมอเตอร์อาจคำนวณได้ตามสมการที่ 1.4 ต่อไปนี้

$$E_C.I_A = V_M - I_A^2.R_A = 0.104 .n .T[W] \quad (1.4)$$

12. คำนวณค่าต่าง ๆ ณ ความเร็วใด ๆ ของมอเตอร์ในตารางที่ 1.2 ให้สมบูรณ์

การหาความสัมพันธ์ระหว่างโหลดกับกระแสอาร์เมเจอร์: $T = f(I_A)$

13. เพิ่มโหลด 5 ระดับ

14. ให้คำนวนทอร์คของมอเตอร์ทุกระดับของกระแสโหลด

15. บันทึกค่าทอร์คทุกระดับของกระแสโหลดในตารางที่ 1.3

1.6 ผลการทดลอง

ตารางที่ 1.1 : ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับกระแสโหลด ทอร์คกับความเร็วและทอร์คกับกระแสโหลด:n = f(I_A), T = (n) และ T = f(I_A)

ขณะหมุนตัวเปล่า				ขณะหมุนขับโหลด			
V_{A-A}[V]	I_f[mA]	n[r.p.m]	I_A[A]	V_{A-A}[V]	I_f[mA]	n[r.p.m]	I_A[A]

ตารางที่ 1.2 :ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับความเร็วกับกระแสอาร์เมเจอร์

V	n : [rpm]	I_A : [A]

ตารางที่ 1.3 : ตารางการคำนวณค่าต่าง ๆ ของมอเตอร์

ตารางที่ 1.3 : กระแส แรงดัน ความเร็ว ทอร์ค และกำลังไฟฟ้า				
กำลังไฟฟ้า : P_1	E_C[V]	I_A[A]	n[rpm]	T[Nm]
V_M[V] I_A[A]				

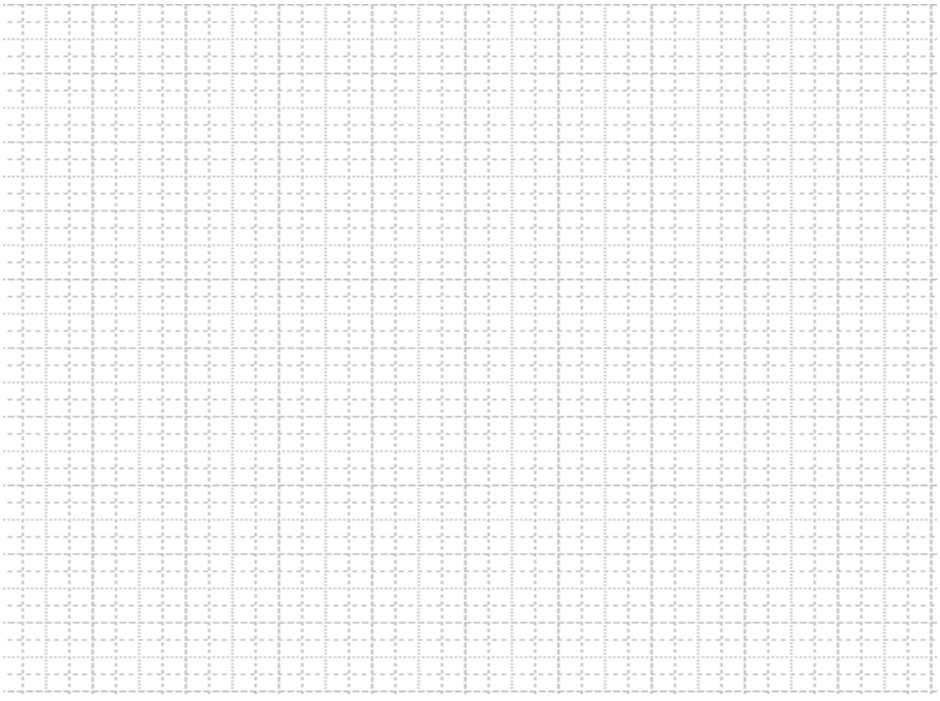
ตารางที่ 1.4 : ความสัมพันธ์ระหว่างทอร์คกับกระแสโหลด

กระแสอาร์เมเจอร์ :I_A[A]	ทอร์ค: T[Nm]

1.7 สรุปผลการทดลอง

1.ให้คำนวณค่าต่าง ๆ ของมอเตอร์ ตามตารางการคำนวณที่ 1.3 ให้สมบูรณ์

2.ให้เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับกระแสโหลด: n = (I_A)และทอร์คกับกระแสอาร์เมเจอร์: T = (I_A)



ภาพที่ 3.21: กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับกระแสโหลด และทอร์คกับกระแสโหลดของมอเตอร์ขนาน

การทดลองที่ 2 : มอเตอร์อนุกรม (Series Motor)

2.1 จุดประสงค์การทดลอง: เพื่อหาสมรรถนะในการหมุนขับโหลดของมอเตอร์อนุกรมตามความสัมพันธ์ต่าง ๆ ที่กำหนดให้ ตามหัวข้อต่อไปนี้

- ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับกระแสมอเตอร์(กระแสอาร์เมเจอร์) : $n = f(I_A)$
- ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับกระแสมอเตอร์(กระแสอาร์เมเจอร์) : $n = f(I_A)$
- ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับของมอเตอร์ : $\eta = f(T)$
- ความสัมพันธ์ระหว่างทอร์คกับกระแสอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์ : $T = f(I_A)$
- ความสัมพันธ์ระหว่างทอร์คกับกำลังหมุนขับมอเตอร์ : $T = (P_2)$
- ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของมอเตอร์กับแรงดันอาร์เมเจอร์ : $n = f(V_{A-A})$

2.2 ทฤษฎีของมอเตอร์อนุกรม (Series motor) [1]

มอเตอร์อนุกรมเรียกตามลักษณะการต่อขดลาดสนามแม่เหล็ก คืออาร์เมเจอร์ต่อกับขดลวดสนามแม่เหล็ก และต่อโดยตรงกับแรงดันแมน

สัญลักษณ์ : A1-A2: อาร์เมเจอร์

D1-D2:ขดลวดสนามแม่เหล็กชุดอนุกรม

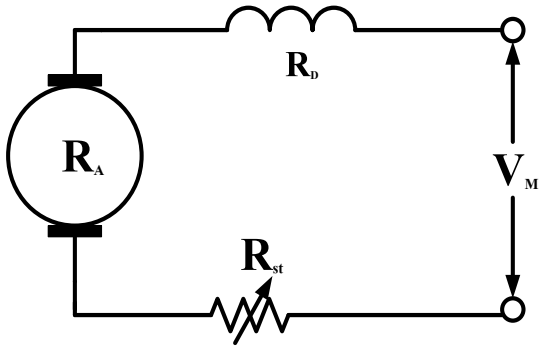
B1-B2:ขดลวดสนามแม่เหล็กช่วย

ลักษณะงานทั่วไป

เมื่อโหลดเปลี่ยนแปลงไปเพียงเล็กน้อย เส้นแรงแม่เหล็กของมอเตอร์จะเปลี่ยนแปลงไป ผลทำให้ความเร็วรอบของมอเตอร์เปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก คือ เมื่อโหลดเพิ่ม ความเร็วลดลง เมื่อโหลดลดลง ความเร็วเพิ่มขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของโหลดเพียงเล็กน้อยทำให้ความเร็วเปลี่ยนแปลงไปอย่างมากจึงเรียกมอเตอร์อนุกรมว่า Variable Speed Machine การต่อใช้งานของมอเตอร์อนุกรม ต้องต่อกับแรงดันแมนคงที่เมื่อโหลดเพิ่มขึ้นต้องลดรีโอสตาทขณะเดียวกันทอร์คจะเพิ่มขึ้น ตามสมการ $T = K*\phi*I_A$ การเพิ่มโหลดจะกระทำได้ด้วยการลดแรงดันเหนี่ยวนำกลับลงเท่านั้นแรงดันเหนี่ยวนำกลับลดลง เส้นแรงแม่เหล็กเพิ่มขึ้น คือ เมื่อโหลดเพิ่มขึ้นความเร็วของมอเตอร์จะลดลงและการลดลงของความเราจะมากกว่าอัตราการเพิ่มขึ้นของเส้นแรงแม่เหล็กขณะเดียวกัน ถ้าลดลงโหลดลงจนกระทั่งกระแสอาร์เมเจอร์ = $I_A / 2$ ความเร็วของมอเตอร์จะเพิ่มขึ้นมากว่า 2 เท่าของความเร็วปกติมอเตอร์อนุกรมไม่สามารถที่จะหมุนด้วยตัวเปล่าได้ เพราะว่าขณะให้หมุนตัวเปล่านั้น กระแส $I_A = 0$ มี ทอร์คดึงกลับน้อยมาก มอเตอร์จะหมุนจนทำให้เกิดแรงเหวี่ยงมากพอที่จะทำให้ตัวนำหลุดออกจากร่องสล็อตของอาร์เมเจอร์ได้

การปรับความเร็ว สามารถแบ่งได้ 2

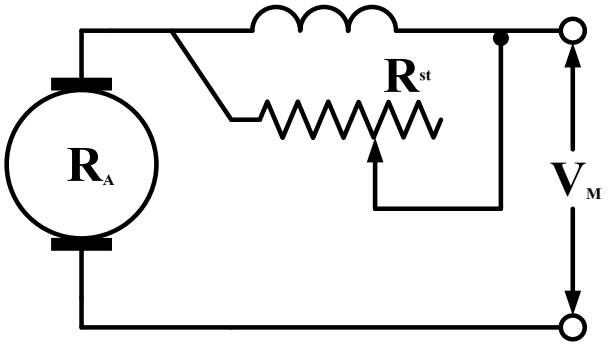
วิธีปรับแรงดันอาเมเจอร์ (Armature Voltage Control) การควบคุมความเร็ววิธีนี้ใช้กันมากที่สุด : ต่อความต้านทานเริ่มหมุน เป็นอนุกรมกับอาร์เมเจอร์ ข้อเสียต่างๆ เช่นอัตราการปรับความเร็วไม่ดี กำลังสูญเสีย เนื่องจากความต้านทานการเริ่มหมุนไม่ต้องคำนึงถึง วิธีนี้ต้องจำกัดกระแสเริ่มหมุน เช่นเดียวกับมอเตอร์ขนาน ทั้งนี้เนื่องจากมอเตอร์จะเริ่มหมุน จะไม่ให้กำเนิดแรงดันเหนี่ยวนำกลับ มอเตอร์จึงกินกระแสสูงมาก : $I_A(V_M-E_C)/R_A$ซึ่งอาจทำให้มอเตอร์ไหม้ได้ดังกล่าวแล้ว ขณะเดียวกัน เมื่อโหลดลดลงความเร็วมอเตอร์จะสูงมาก จนอาจเป็นอันตรายกับมอเตอร์ได้ จึงต้องมี “Over-Load และ Under-Load Release” ใส่ไว้ในวงจรมอเตอร์ด้วย เมื่อ Over-Load และ Over Speed จะตัดอาร์เมเจอร์ออกจากวงจรทันที (มอเตอร์ที่มีขนาดกำลังต่ำกว่า 5-KW สามารถสตาร์ทด้วยการต่อโดยตรงกับแรงดันเมนได้ : Direct Start หรือ Direct on Ling โดยปราศจากอันตรายการควบคุมความเร็วด้วยวิธีปรับแรงดันของ Power Source ไม่ค่อยนิยมใช้กัน เนื่องจากไม่สะดวกหลายๆ ประการ ยุ่งยากในการติดตั้งอุปกรณ์ และราคาค่อนข้างแพง



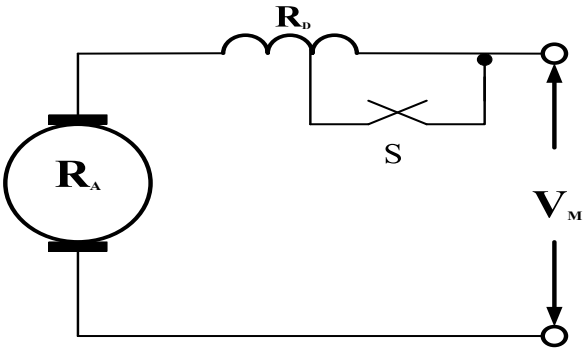
ภาพที่ 3.22วิธีควบคุมความเร็วของมอเตอร์อนุกรมด้วยการปรับแรงดันอาร์เมเจอร์

2.3 วิธีปรับเส้นแรงแม่เหล็กในขดลวดสนามแม่เหล็ก(Field Control) การควบคุมความเร็วด้วยวิธีนี้สามารถกระทำได้ 2-วิธี คือ

2.3.1 ปรับเส้นแรงแม่เหล็กผ่านShunt Field Resistor ซึ่งต่อคร่อมขดลวดสนามแม่เหล็ก เมื่อเพิ่มความต้านทาน เส้นแรงแม่เหล็ก ø จะลดลง และเมื่อลดความต้านทาน เส้นแรงแม่เหล็ก ø จะเพิ่มขึ้น ตามรูปที่ 2.2



ภาพที่ 3.23การควบคุมความเร็วของมอเตอร์อนุกรมด้วยวิธีปรับค่าเส้นแรงแม่เหล็กผ่าน “Shunt Resistor”



ภาพที่ 3.24การควบคุมความเร็วของมอเตอร์อนุกรมด้วยวิธีปรับ (เพิ่มหรือลด) จำนวนรอบของขดลวดสนามแม่เหล็ก

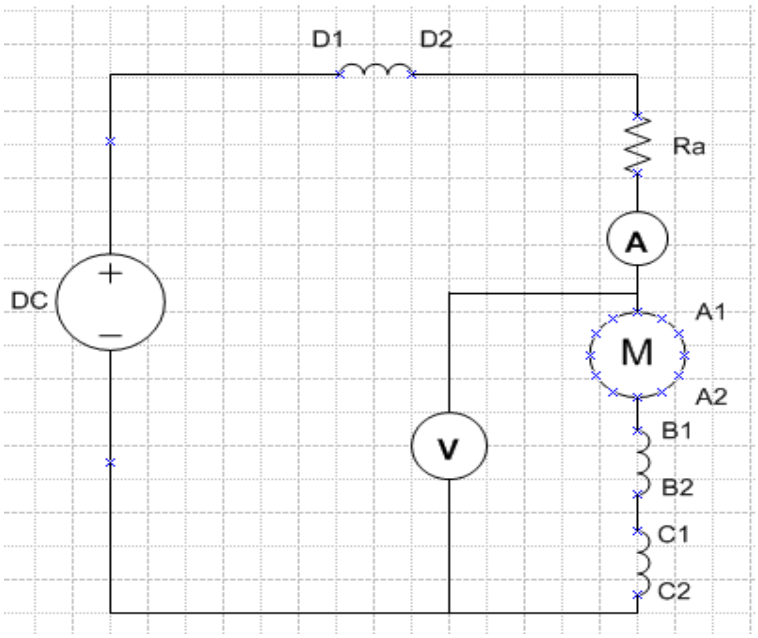
2.3.2ปรับเส้นแรงแม่เหล็กด้วยการลดและเพิ่มจำนวนรอบขดลวดสนามแม่เหล็กตามภาพที่2.2กระแสไหลผ่าน S โดยการลัดวงจรของขดลวดบางส่วน และทั้งสองวิธี 2.3และ 2.4ใช้จำกัดมาก

2.4อุปกรณ์การทดลอง

1. มอเตอร์อนุกรม (Series Motor)
2. แหล่งกำเนิดไฟฟ้าตรงที่สามารถปรับค่าได้
3. มิเตอร์วัดรอบของมอเตอร์
4. โวลต์มิเตอร์
5. แอมมิเตอร์

2.5 วงจรการทดลอง

ให้ติดตั้งเครื่องกล อุปกรณ์ไฟฟ้า และเครื่องมือวัด ตลอดจนต่อวงจรไฟฟ้าของมอเตอร์ตามวงจรไฟฟ้ารูปที่ 2.4



ภาพที่ 3.25 : วงจรการติดตั้งและวงจรไฟฟ้าสำหรับทดลองมอเตอร์อนุกรม (Series motor)

2.6วิธีการทดลอง

1. ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสอาร์เมเจอร์,ความเร็ว และทอร์คของมอเตอร์
2. ให้มอเตอร์หมุนขับโหลดที่แรงดันคงที่
3. เพิ่มโหลดให้กับมอเตอร์
4. ทุกระดับของโหลดให้วัดกระแสอาร์เมเจอร์ ความเร็ว และทอร์คของมอเตอร์แล้วบันทึกค่าไว้

ในตารางที่ 2.1 และมีความสัมพันธ์ต่อกันตามสมการที่ 2.1และสมการที่ 2.2 ต่อไปนี้

$$P_2 = 0.104 .n . T \quad [W] \tag{2.1}$$

$$P_2 = V_M I_A - I_A^2 (R_{A+D}) - P_K [W] \tag{2.2}$$

เมื่อ P_2 = กำลังหมุนขับที่แกนมอเตอร์

P_K = กำลังสูญเสียคงที่

N = ความเร็วรอบ

T = ทอร์คของมอเตอร์

ความสัมพันธ์ระหว่างทอร์คกับกระแสอาร์เมเจอร์

1. ลดแรงดันเมนของมอเตอร์ให้น้อยลง
2. ค่อย ๆ เพิ่มโหลดให้สูงขึ้นประมาณ 5 ระดับ โดยเริ่มต้นจากศูนย์
3. ทุกระดับของกระแสโหลด ให้วัดทอร์คที่ขับมอเตอร์ แล้วบันทึกค่าไว้ในตารางที่ 2.2

ความสัมพันธ์ระหว่างทอร์คกับความเร็ว

ไม่จำเป็นต้องทำการลองใหม่ เพื่อความสะดวกรวดเร็วในการหาความสัมพันธ์ระหว่างทอร์คกับความเร็ว ให้ดึงค่าทอร์ค ณ ความเร็วใด ๆ จากตารางการวัดที่ 2.1และ 2.2บันทึกไว้ใหม่ในตารางที่ 2.3

2.7ผลการทดลอง

ตารางที่ 2.1: ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสอาร์เมเจอร์ ความเร็ว และทอร์คของมอเตอร์

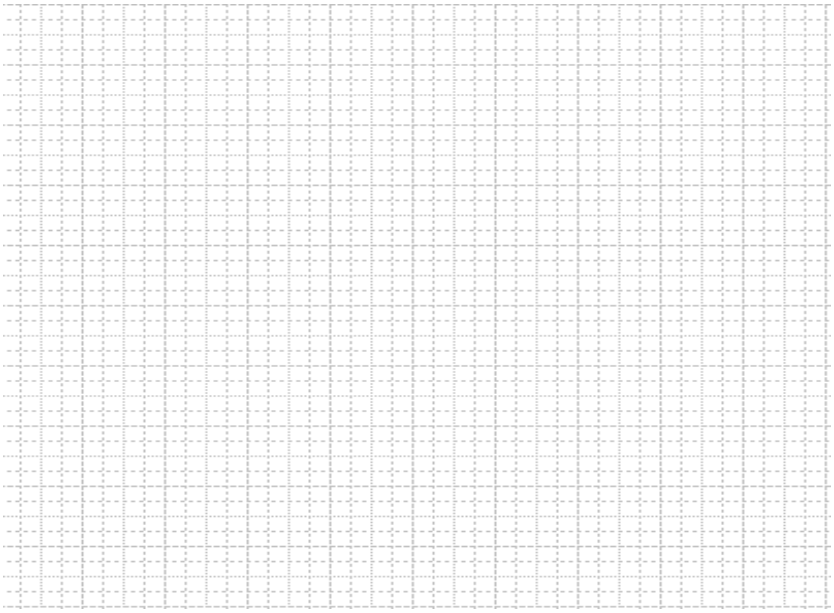
ตารางที่ 2.1 : กระแสอาร์เมเจอร์ ความเร็ว และทอร์ค			
Load	I_A:[A]	n: [rpm]	T: [Nm]
S1			
S2			
S3			
S4			
S5			

ตารางที่ 2.2 : ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสอาร์เมเจอร์กับทอร์ค และตารางที่ 2.3 : ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสอาร์เมเจอร์กับทอร์ค

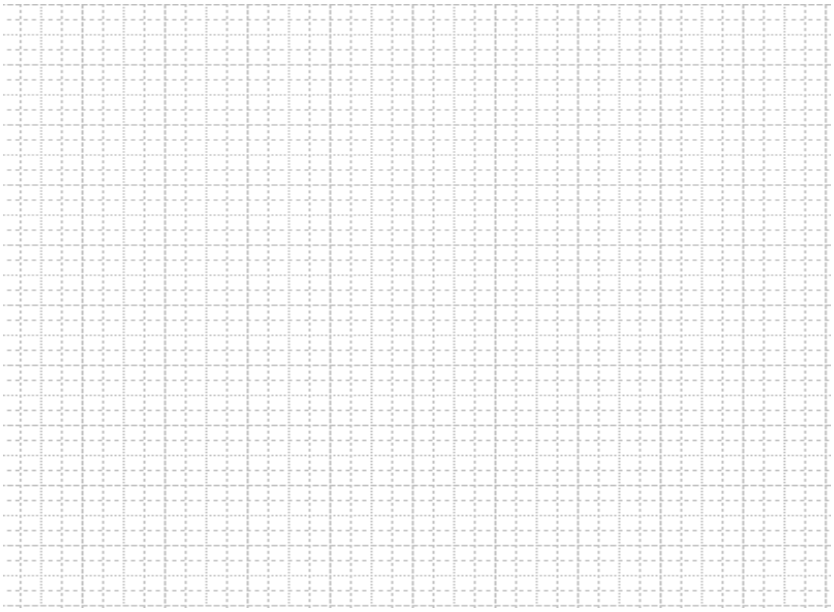
ตารางที่ 2.2 : กระแสกับทอร์ค		ตารางที่ 2.3 : ความเร็วกับทอร์ค	
I_A: ……..[A]	T: ……..[Nm]	n: …….[rpm]	T: ……..[Nm]

2.8สรุปผลการทดลอง

1. นำค่าต่าง ๆ ของมอเตอร์ในตารางที่ 2.1 , 2.2และ 2.3 มาเขียนเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ต่อกันจะได้“สมรรถนะในการหมุนขับโหลด”ของมอเตอร์อนุกรม



ภาพที่ 3.26 : กราฟแสดงสมรรถนะในการหมุนขับโหลดของมอเตอร์อนุกรม



ภาพที่ 3.26 : กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับกระแส

การทดลองที่ 3 : มอเตอร์ผสม (Compound motor)

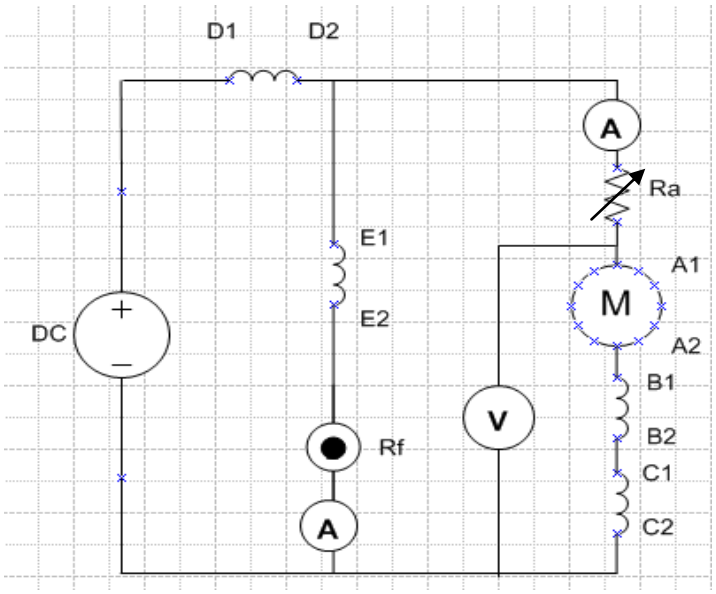
3.1 จุดประสงค์การทดลอง: เพื่อหาสมรรถนะในการหมุนขับโหลดของมอเตอร์ เมื่อให้หมุนเป็นมอเตอร์ขนาน มอเตอร์อนุกรม และมอเตอร์ผสม ตามลำดับ ในหัวข้อต่อไปนี้

- ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับกระแสอาร์เมเจอร์: $n = (I_A)$
- ความสัมพันธ์ระหว่างทอร์คกับกระแสอาร์เมเจอร์: $T = (I_A)$
- ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับกระแสอาร์เมเจอร์:$\eta = (I_A)$

3.2 อุปกรณ์การทดลอง

1. มอเตอร์ผสมชนิดที่สามารถต่อขดลวดสนามแม่เหล็กแยกเป็นอิสระได้ เพื่อต่อให้เป็นมอเตอร์ขนาน , มอเตอร์อนุกรม , และมอเตอร์ผสมตามลำดับ
2. แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงที่สามารถปรับค่าได้
3. เครื่องวัดความเร็วรอบ
4. โวลต์มิเตอร์
5. แอมมิเตอร์

3.3 วงจรการทดลอง



ภาพที่ 3.27 : วงจรไฟฟ้าสำหรับการทดลองมอเตอร์ผสม

3.4 วิธีการทดลอง

1. ต่อมอเตอร์ให้เป็นมอเตอร์ขนาน แล้วทำการลองเช่นเดียวกับการลองที่ 1บันทึกค่าต่างๆ ตามตารางที่ 3.1

2. ต่อมอเตอร์ให้เป็นมอเตอร์อนุกรมแล้วทำการลองเช่นเดียวกับการลองที่ 2 บันทึกค่าต่างๆ ตามตารางที่ 3.2

3. ต่อมอเตอร์ให้เป็นมอเตอร์ผสม ทั้งชนิด Cumulative และ Differential compound motor ให้หมุนขับโหลด ณ โหลดต่าง ๆกันทุกระดับของโหลดให้วัดค่ากระแสอาร์เมเจอร์ ความเร็วและทอร์คแล้วบันทึกค่าไว้ในตารางที่3.3

4. คำนวณกำลังไฟฟ้าและประสิทธิภาพของมอเตอร์ ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับทอร์คและแรงดันเมนกับกระแสมอเตอร์ ตามสมการที่3.1,3.2พร้อมกับบันทึกต่าง ๆไว้ในตารางที่ 3.1, 3.2 และ 3.3ให้สมบูรณ์

5. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ต่อกันของมอเตอร์

3.5 ผลการทดลอง

ตารางที่ 3.1 : แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าต่าง ๆ ของมอเตอร์ผสมเมื่อให้หมุนขับเป็นมอเตอร์ขนาน

ตารางที่ 3.1 : ความสัมพันธ์ต่อกันระหว่างค่าต่างๆของมอเตอร์								
ชนิดของมอเตอร์	T [Nm]	n [rpm]	v_m [Volt]	I [A]	I_f [mA]	P_1 [W]	P_2 [W]	η [%]
มอเตอร์ขนาน :Shuntmotor แรงดันเมน : V_mและกระแส								

ตารางที่ 3.2แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าต่างๆ ของมอเตอร์ผสม เมื่อให้หมุนขับเป็นมอเตอร์อนุกรม

ตารางที่ 3.2 : ความสัมพันธ์ต่อกันระหว่างค่าต่างๆของมอเตอร์								
ชนิดของมอเตอร์	T [Nm]	n [rpm]	v_m [Volt]	I_A [A]	I_f [mA]	P_1 [W]	P_2 [W]	η [%]
มอเตอร์ผสม : Series motor แรงดันเมน : V_m =คงที่ และ					$I_{D=}I_A$			

ตารางที่ 3.3 : ความสัมพันธ์ระหว่างค่าต่างๆ ของมอเตอร์ผสม เมื่อให้หมุนขับโหลดเป็นมอเตอร์ผสม : Compound motor ทั้งชนิด “Cumulative และ Differential”

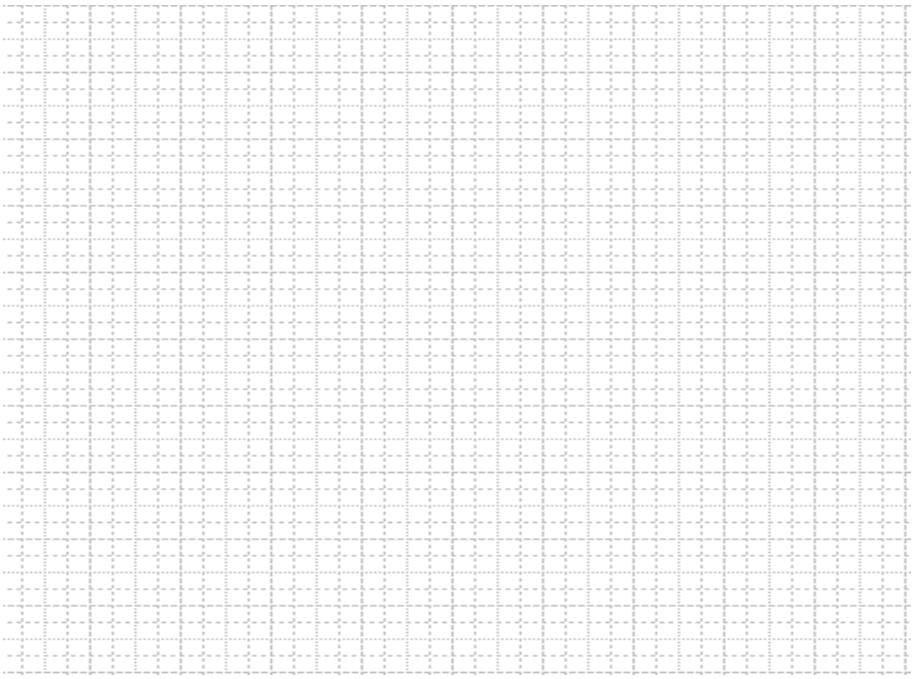
ตารางที่ 3.3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าต่างๆของมอเตอร์ผสม								
ชนิดของมอเตอร์	T [Nm]	n [rpm]	v_m [Volt]	I_A [A]	I_f [mA]	P_1 [W]	P_2 [W]	η [%]
Cumulative compound motor V_M , I_f = คงที่								

ตารางที่3.3.2: ความสัมพันธ์ระหว่างค่าต่างๆของมอเตอร์ผสม								
ชนิดของมอเตอร์	T [Nm]	n [rpm]	v_m [Volt]	I_A [A]	I_f [mA]	P_1 [W]	P_2 [W]	η [%]
Differential compound motor $V_M = I_f$ = คงที่								

3.6 สรุปผลการทดลอง

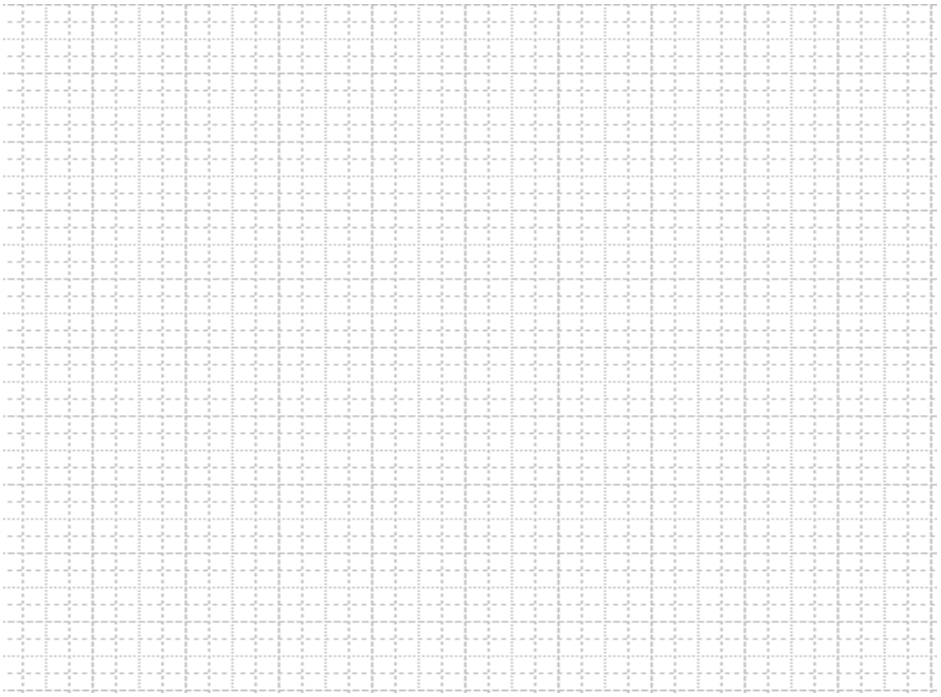
1. ค่าต่างๆ ของมอเตอร์ในตารางที่ 3.1, 3.2 และ 3.2นำไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ ต่อกันดังนี้

- กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับกระแสของมอเตอร์:$n = f(I_A)$ ของมอเตอร์ผสมเมื่อให้หมุนขับโหลดเป็นมอเตอร์ขนาน มอเตอร์อนุกรม และ มอเตอร์ผสม

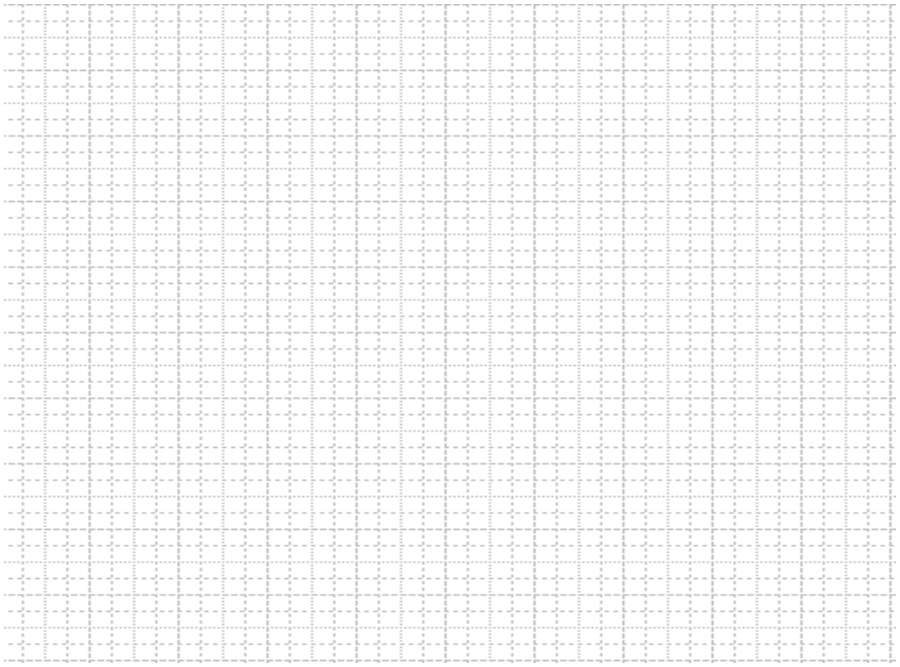


ภาพที่ 3.28กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกระแสของมอเตอร์ จากตารางที่ 3.1

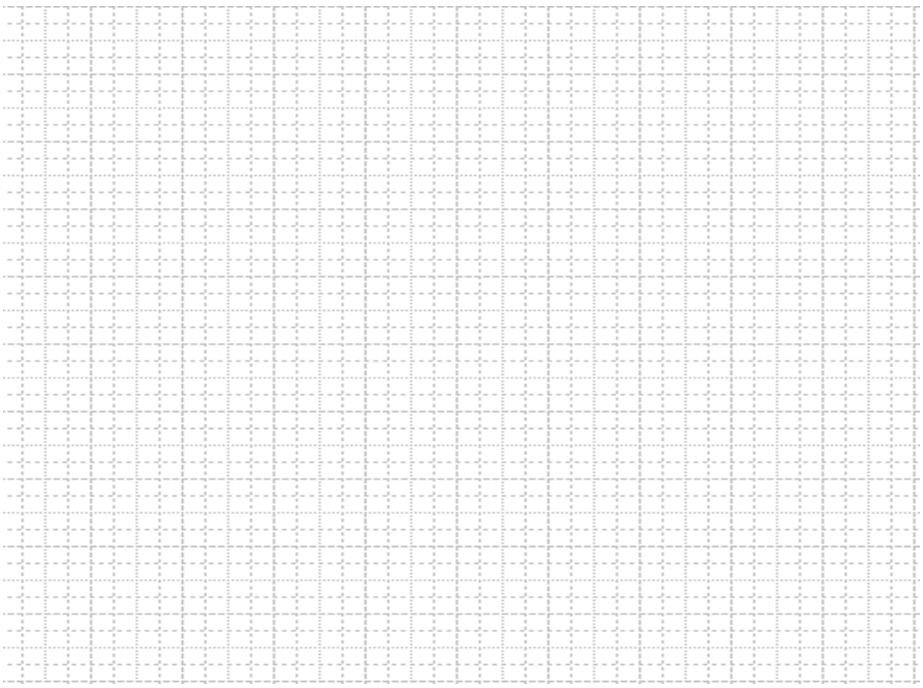
- กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างทอร์คกับกระแสของมอเตอร์: $T = f(I_A)$ ของมอเตอร์ผสมเมื่อให้หมุนขับโหลดเป็นมอเตอร์ขนาน มอเตอร์อนุกรม และมอเตอร์ผสม



ภาพที่ 3.29กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างทอร์คกับกระแสของมอเตอร์ จากตารางที่ 3.2

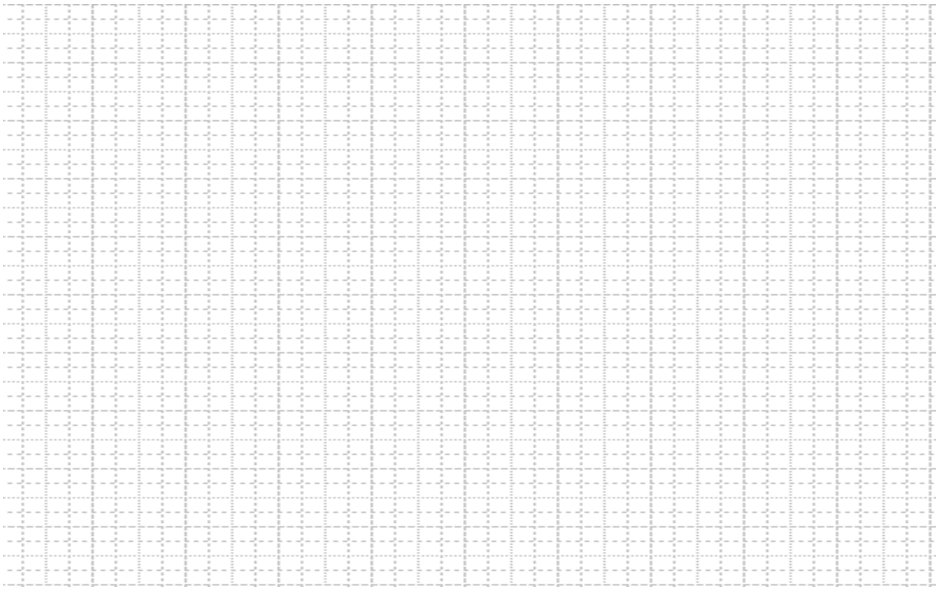


ภาพที่ 3.30กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างทอร์คกับกระแสของมอเตอร์ จากตารางที่ 3.2

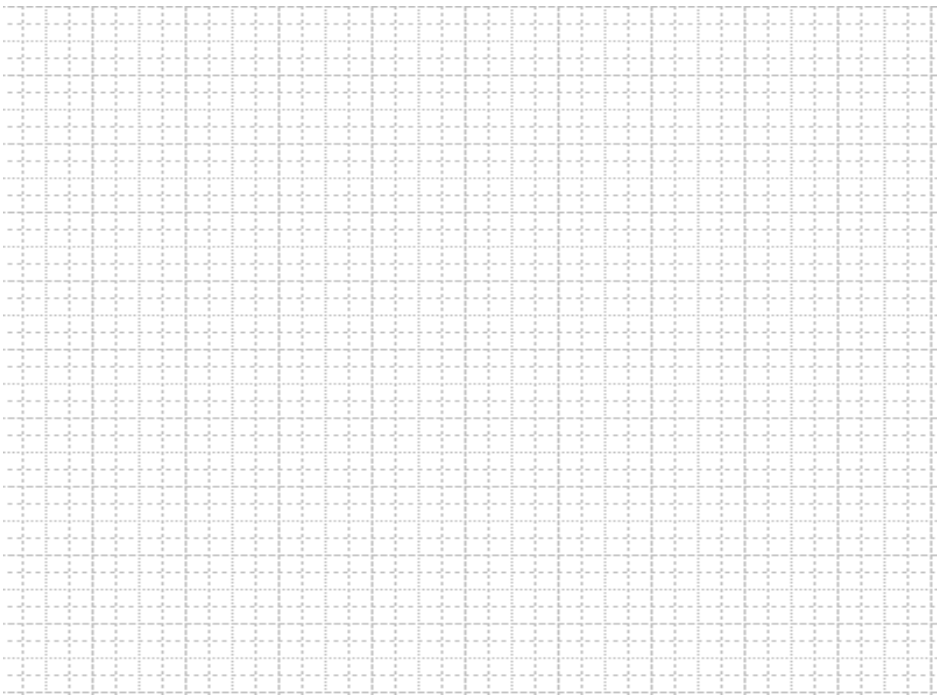


ภาพที่ 3.31กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างทอร์คกับกระแสของมอเตอร์ จากตารางที่ 3.3

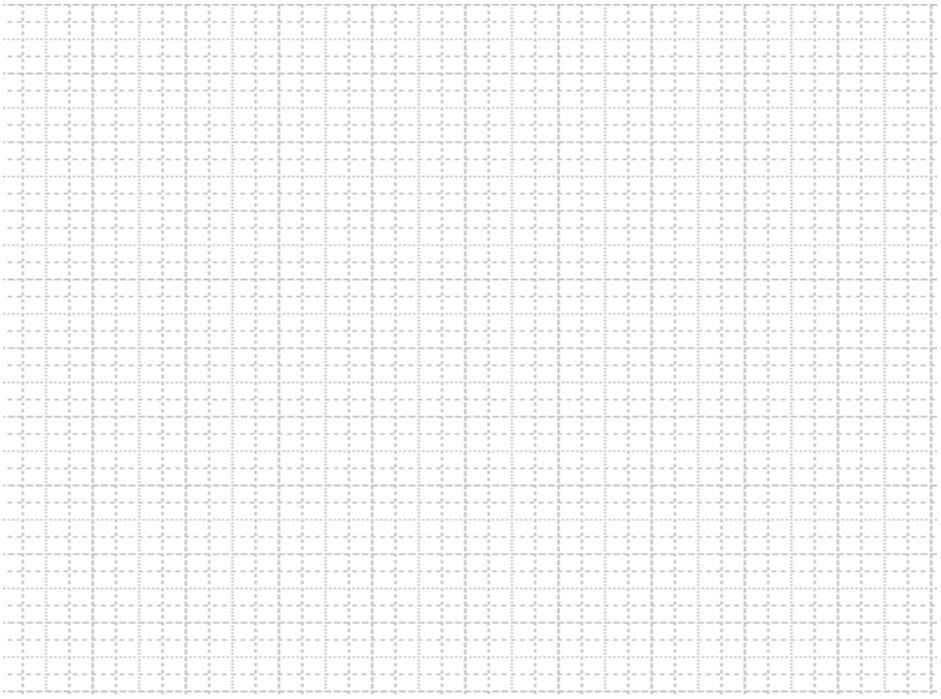
- กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับกระแสอาร์เมเจอร์: $n = f(I_A)$ ของมอเตอร์ผสมที่ให้หมุนขับเป็นมอเตอร์ขนาน มอเตอร์อนุกรม และมอเตอร์ผสม



ภาพที่ 3.32กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับกระแสของมอเตอร์ จากตารางที่ 3.1



ภาพที่ 3.33กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับกระแสของมอเตอร์ จากตารางที่ 3.2



ภาพที่ 3.34กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับกระแสของมอเตอร์ จากตารางที่ 3.3

การทดลองที่ 4: เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ชนิดขั้วแม่เหล็กไฟฟ้ากระตุ้นภายนอก (Separately excited generator) ขณะไม่จ่ายโหลด: No load

4.1 จุดประสงค์การทดลอง: เพื่อหาคุณสมบัติของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขณะไม่จ่ายโหลดตามความสัมพันธ์ที่กำหนดให้ต่อไปนี้

- ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับความเร็วรอบ :E =f [n]
- ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับกระแสขดลวดสนามแม่เหล็ก :E = f [I_F]

4.2ทฤษฎีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดขั้วแม่เหล็กไฟฟ้ากระตุ้นภายนอก (Separately Excited Generator) [2]

เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่นำกระแสจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้าภายนอก เช่น จากแบตเตอรี่ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า หรือแหล่งกำเนิดไฟฟ้าใดๆ มาเลี้ยงขดลวดสนามแม่เหล็ก (ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า) เพื่อสร้างสนามแม่เหล็กที่ไปสร้างให้เกิดแรงแรงดันเหนี่ยวนำขึ้นที่อาร์เมเจอร์ เมื่อพิจารณาในส่วนของอาร์เมเจอร์ เมื่อใช้กฎของแรงดันเคอร์ชอฟฟ์ และสามารถเขียนแรงดันไฟฟ้าในวงจรอาร์เมเจอร์ได้ดังสมการที่ 4.1 และแรงดันที่ส่งออกจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงชนิดนี้เป็นไปตามสมการ 4.2

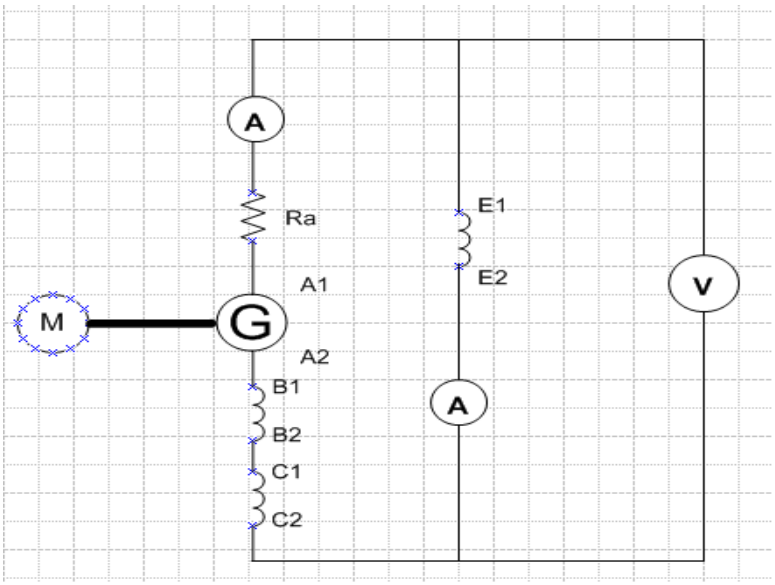
$$E_A = E_g + I_A R_A \quad (4.1)$$

$$E_g = E_A - I_A R_A \quad (4.2)$$

4.3 อุปกรณ์การทดลอง

1. เครื่องต้นกำลัง ชนิดที่สามารถปรับความเร็วได้
2. เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดขั้วแม่เหล็กไฟฟ้ากระตุ้นภายนอก
3. แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงที่สามารถปรับค่าได้
4. มิเตอร์วัดความเร็วรอบ
5. โวลต์มิเตอร์
6. แอมมิเตอร์

4.4 วงจรการทดลอง: ให้ติดตั้งเครื่องมือ อุปกรณ์ไฟฟ้า และต่อวงจรไฟฟ้าตามรูปที่ 4.1



ภาพที่ 3.35: วงจรการทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าตามการทดลองครั้งที่ 4

M :มอเตอร์ที่สามารถปรับความเร็วได้สำหรับให้หมุนขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

n : เครื่องวัดจำนวนรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

A :แอมมิเตอร์วัดกระแสขอลวดสนามแม่เหล็ก: I_F

V :โวลต์มิเตอร์วัดแรงเคลื่อนไฟฟ้า

4.5 วิธีการทดลอง

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับความเร็วรอบ E = f [n]

1. ป้อนกระแสคงที่ให้ไหลผ่านขดลวดสนามแม่เหล็ก ณ ค่ากระแสใด ๆ
2. ปรับความเร็วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยค่อย ๆ เพิ่มแรงดันให้มอเตอร์
3. ทุกระดับความเร็วของเครื่องที่กระแสขดลวดสนามแม่เหล็กคงที่ ให้วัดค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าแล้วบันทึกลงในตารางการทดลองที่ 4.1

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับกระแสขดลวดสนามแม่เหล็ก E = f [I_F]

1. ให้อาร์เมเจอร์หมุนด้วยความเร็วรอบคงที่ ณ ความเร็วใด ๆ
2. ป้อนกระแสให้ขดลวดสนามแม่เหล็กที่ความเร็วคงที่ ให้วัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าแล้วบันทึกลงในตารางการทดลองที่ 4.2

4.6 ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.1การทดลองแรงเคลื่อนไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่กระแสขดลวดสนามแม่เหล็กคงที่

ตารางการทดลองแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ I_F : คงที่		
I_F = [A]	E = [V]	n = [r.p.m]

ตารางที่ 4.2การทดลองแรงเคลื่อนไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ความเร็วคงที่

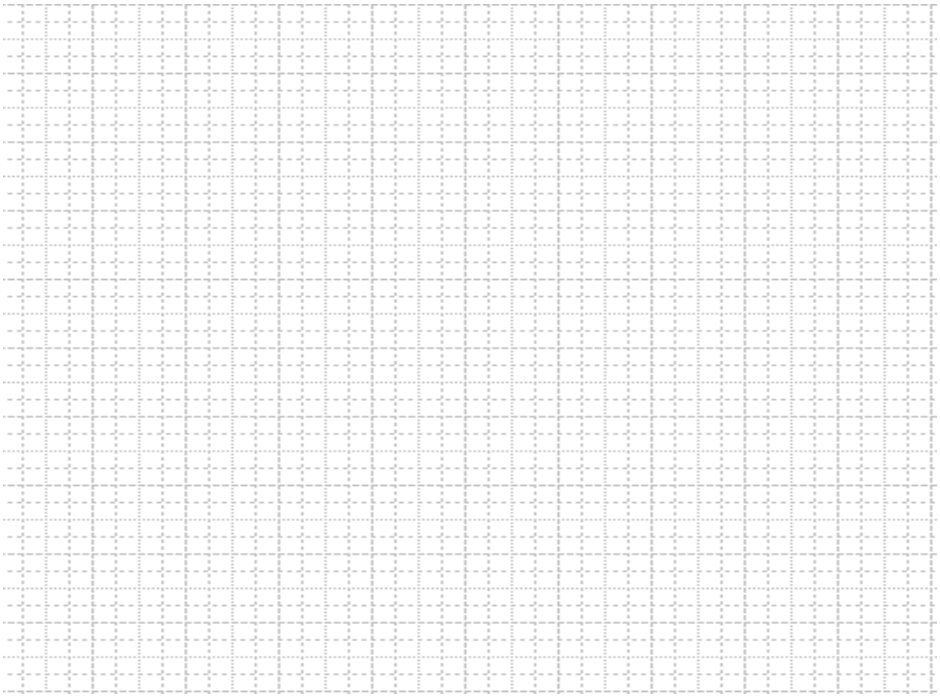
ตารางการทดลองแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ n : คงที่		
I_F[A]	E: [V]	n = [r.p.m]

4.7สรุปผลการทดลอง

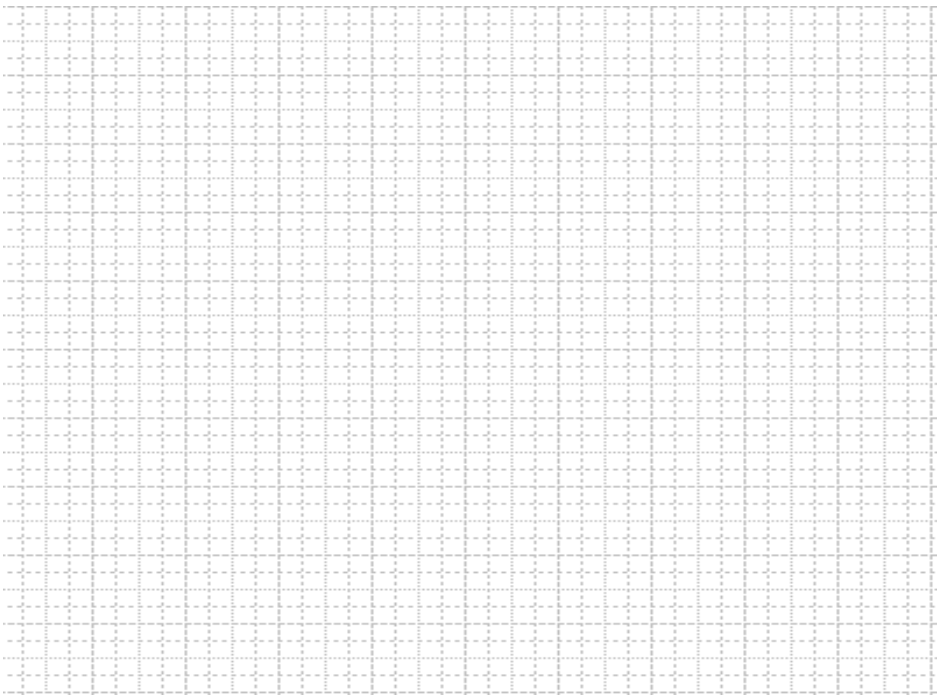
1. ให้เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับความเร็วรอบของอาร์เมเจอร์ที่กระแสขดลวดสนามแม่เหล็กคงที่ (จากตารางการทดลองที่ 4.1) จะได้กราฟ E =f(n) ตามต้องการ (ตามรูปที่ 4.1)

2. ให้เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับกระแสขดลวดสนามแม่เหล็กที่ความเร็วคงที่ (จากตารางการทดลองที่ 4.2) จะได้กราฟ E = (I_F) ตามต้องการ (ตามรูปที่ 4.1)

3. ให้เปรียบเทียบผลที่ได้จากการลองด้วยการแสดงให้เห็นจริง ด้วยทฤษฎีและสมการไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องตลอดจนการคำนวณ



ภาพที่ 3.36: กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับความเร็วรอบ E = (n)



ภาพที่ 3.37: กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับกระแสขดลวดสนามแม่เหล็ก: $E = (I_F)$

การทดลองที่ 5 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดขั้วแม่เหล็กไฟฟ้ากระตุ้นตัวเอง : เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบขนาน(Self excited shunt generator) ขณะไม่จ่ายโหลด: No-load

5.1 จุดประสงค์การทดลอง: เพื่อหาคุณสมบัติของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (สมรรถนะของเครื่อง กำเนิดไฟฟ้า) ขณะไม่จ่ายโหลด ตามความสัมพันธ์ที่กำหนดให้ต่อไปนี้

- ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับความเร็วรอบ $E = f[n]$
- ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับกระแสขดลวดสนามแม่เหล็ก $E = f[I_F]$

5.2 ทฤษฎีการให้กำเนิดแรงดัน (Building Up of Voltage of the Shunt Generator) [2]

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาน เป็นเครื่องกำเนิดชนิดขั้วแม่เหล็กไฟฟ้ากระตุ้นตัวเอง (Self Excited Generator) ประกอบด้วยขดลวดสนามแม่เหล็กที่มีความต้านทานค่อนข้างสูง ต่อขนานกับอาร์เมเจอร์และต่อขนานกับโหลดมีวงจรขดลวดสนามแม่เหล็กปิดวงจร (Close circuit) ตลอดเวลา ดังนั้นที่ไม่มีโหลด (No load) เครื่องสามารถให้กำเนิดแรงดันได้ด้วยระบบไฟ แรงดันค่อนข้างจะคงที่ จะอย่างไรก็ตามการให้กำเนิดแรงดันเครื่องต้องเริ่มต้นจาก “Residual Flux” หลังจากนั้นแรงดันจะค่อยๆเพิ่มขึ้นจนกระทั่งได้แรงดันเต็มตามขนาดของเครื่อง

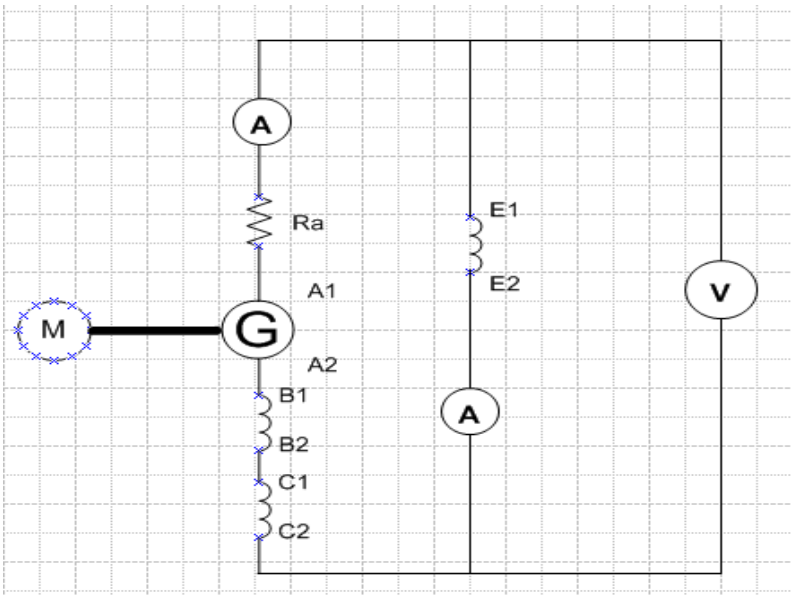
5.2.1 การกำเนิดแรงดัน

เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงที่ไม่ต้องใช้แหล่งจ่ายแรงดันจากภายนอกป้อนให้กับขดลวดฟิลด์ แต่จะใช้อำนาจแม่เหล็กที่เหลือในแกนเหล็ก (Residual Magnetic Flux) ภายในตัวของเครื่องกำเนิดเองความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้าสร้างสนามแม่เหล็ก I_f กับแรงดันไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์ E_A เมื่ออาร์เมเจอร์เริ่มหมุนและยังไม่ต่อโหลด แรงดันไฟฟ้าอาร์เมเจอร์ที่เกิดขึ้น (Voltage Build-up) จะขึ้นอยู่กับกระแสไฟฟ้าที่สร้างสนามแม่เหล็ก I_fและค่าความต้านทาน R จะเป็นตัวจำกัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วE_Aให้ได้ตามต้องการ

5.3 อุปกรณ์การทดลอง

1. เครื่องต้นกำลัง ที่สามารถปรับความเร็วได้
2. เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบขนาน
3. มิเตอร์วัดความเร็วรอบ
4. โวลต์มิเตอร์
5. แอมมิเตอร์

5.4 วงจรการทดลอง



ภาพที่ 3.38: วงจรไฟฟ้าสำหรับการทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในการทดลองที่ 5

5.5 วิธีการทดลอง

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับความเร็วของเครื่อง E = f [n]

1.ปรับความต้านทานของรีโอสตาทให้ลดลง จนกระทั่งตัดออกจากวงจรขดลวดสนามแม่เหล็ก

2. เริ่มสตาร์ทเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้หมุน โดยค่อยๆปรับความเร็วของอาร์เมเจอร์ให้เพิ่มขึ้น

3.ทุกระดับความเร็วให้วัดแรงดันไฟฟ้า แล้วบันทึกไว้ในตารางการทดลองที่ 4.20

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับกระแสขดลวดสนามแม่เหล็ก E = f [I_F]

4.ปรับความเร็วของอาร์เมเจอร์ให้คงที่ ณ ความเร็วใด ๆ

5. ปรับความต้านทานของรีโอสตาท ด้วยการเริ่มต้นจาก “0” ไปเรื่อย ๆ กระแสขดลวดสนามแม่เหล็กจะค่อย ๆ ลดลง โดยเริ่มต้นจากสูงสุดลงมาต่ำสุด

6.ทุกระดับของกระแสขดลวดสนามแม่เหล็กให้วัดแรงดันไฟฟ้าแล้ว บันทึกค่าในตารางการทดลองที่ 4.21

5.6 ผลการทดลอง

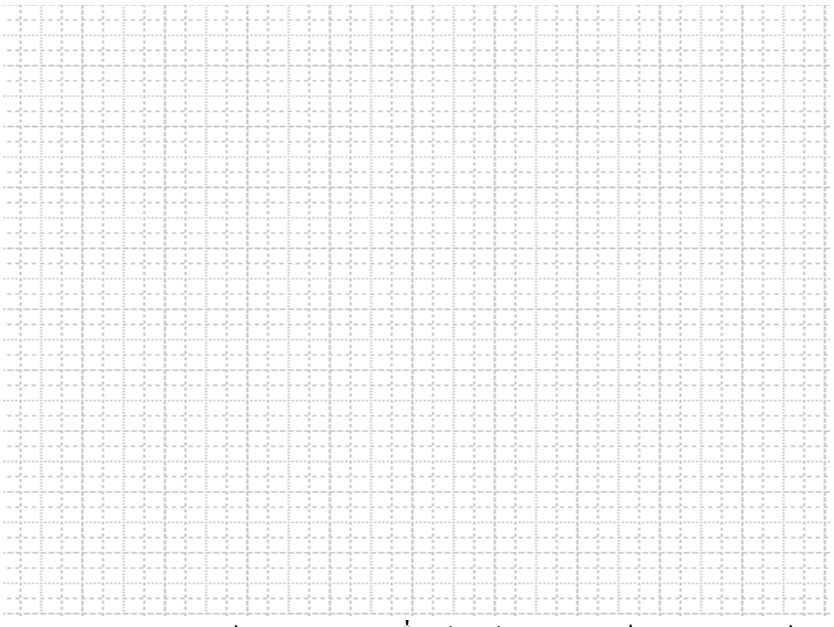
ตารางที่ 5.1: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับความเร็วอาร์เมเจอร์

ตารางที่ 5.2: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับกระแสขดลวดสนามแม่เหล็ก

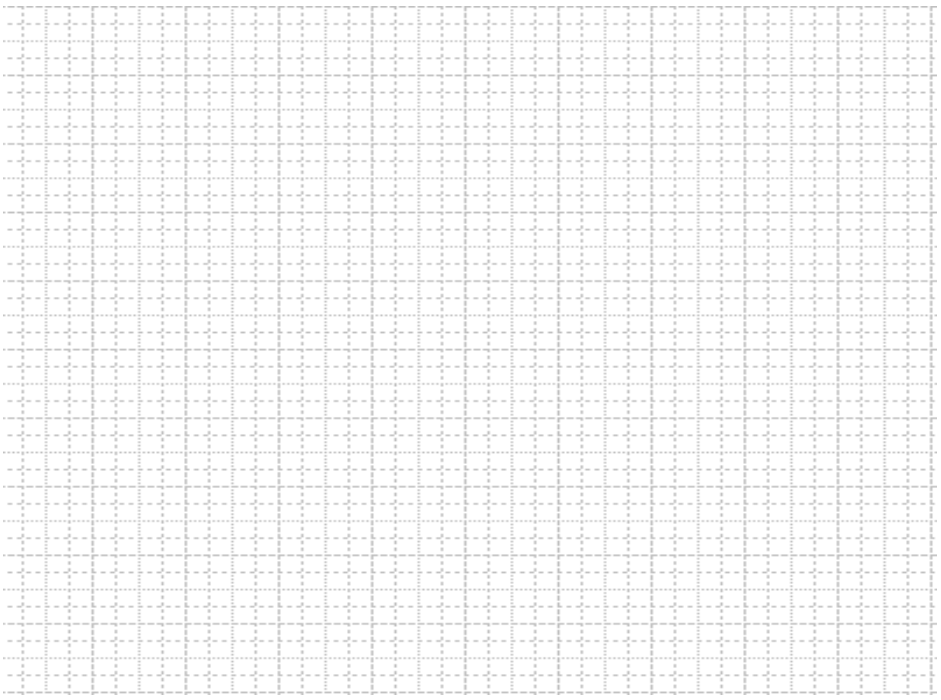
ตารางที่ 5.1: E = (n)		ตารางที่ 5.2:E = (I_f)	
n : [r.p.m]	E:[v]	I_f:[A]	n : [r.p.m]

5.7สรุปผลการทดลอง

1. ให้เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับความเร็วรอบของอาร์เมเจอร์ (จากตารางที่ 5.1) จะได้กราฟ E = (n) ตามต้องการ (ตามภาพที่ 5.2)
2. ให้เขียนกราฟแสดงวามสัมพันธ์ระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับกระแสขดลวดสนามแม่เหล็ก (จากตารางที่ 5.2) จะได้กราฟ E = (I_F) ตามต้องการ (ตามรูปที่ 5.3)



ภาพที่ 3.39: กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับความเร็วรอบของอาร์เมเจอร์



ภาพที่ 3.40: กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับกระแสขดลวดสนามแม่เหล็ก

การทดลองที่ 6: เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดขั้วแม่เหล็กไฟฟ้ากระตุ้นภายนอก (Separately excited generator)ขณะจ่ายโหลด Load Test

6.1จุดประสงค์การทดลอง: เพื่อหาสมรรถนะในการจ่ายโหลดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าE= f (I_A)

6.2 ทฤษฎีคุณสมบัติของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดขั้วแม่เหล็กไฟฟ้ากระตุ้นภายนอก(Performance หรือ Characteristic) [2]

อาจแสดงด้วย “การเปลี่ยนแปลงของแรงดัน” ซึ่งเกิดขึ้นเองโดยอัตโนมัติในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทุกเครื่องทุกชนิด ขณะโหลดเปลี่ยนแปลงการเปลี่ยนแปลงของแรงดันขณะที่โหลดเปลี่ยนแปลงนั้นเรียกว่า “Voltage Regulation” หมายถึงความแตดต่างระหว่างแรงดันไม่มีโหลด (No-Load Voltage) กับแรงดันเต็มโหลด (Full-Load Voltage) มักจะแสดงค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ของแรงดันเต็มโหลด ค่ายิ่งต่ำ คุณสมบัติของเครื่องยิ่งดี (Better Performance)ให้ Reg= Voltage Regulation

V-C = E = V_0 = แรงดันไม่มีโหลด

V-A = V_F = แรงดันเต็มโหลด

$$\text{Reg.} = \frac{Vo - Vf}{Vf}. 100\ [\%] \qquad (6.1)$$

Voltage Regulation ยิ่งต่ำ คุณสมบัติของเครื่องยิ่งดี

6.3 การควบคุม(Control)หมายถึงการทำให้แรงดันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าคงที่ตลอดเวลา ไม่ว่าโหลดจะเปลี่ยนแปลงหรือไม่ก็ตาม ด้วยอุปกรณ์ช่วยควบคุม (manipulation of auxiliary apparatus)แรงดันของเครื่องจะเปลี่ยนแปลงไปตามการเปลี่ยนแปลงของโหลด กล่าวคือ แรงดันจะเพิ่มขึ้นเมื่อโหลดลดลง และแรงดันจะลดลงเมื่อโหลดเพิ่มขึ้น ด้วยเหตุนี้อุปกรณ์ช่วยควบคุมจึงออกแบบให้ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมกระแสขดลวดสนามแม่เหล็ก ด้วยการปรับความต้านทานของวงจรขดลวดสนามแม่เหล็กให้เพิ่มขึ้นหรือลดลงตามการเปลี่ยนแปลงของโหลด จะได้แรงดันคงที่ของเครื่องตามต้องการ ซึ่งจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าแรงดันไฟฟ้าวัดที่ขั้วของเครื่องจะเปลี่ยนแปลงไปตามโหลด คือ :

แรงดันจะเพิ่มขึ้น เมื่อโหลดลดลง

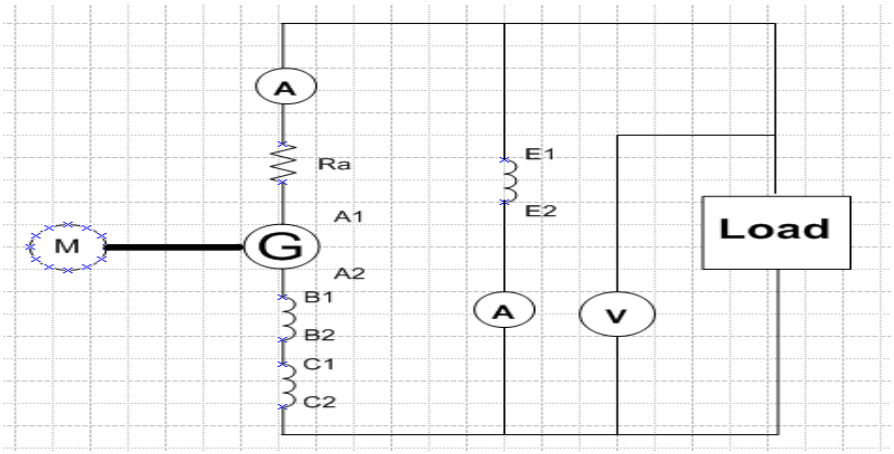
แรงดันจะลดลง เมื่อโหลดเพิ่มขึ้น

อย่างไรก็ตามแรงดันวัดที่ขั้วของเครื่องอาจควบคุมให้คงที่ได้ ด้วยวิธีปรับค่าความต้านทานของ Rheostat ที่ต่ออนุกรมกับขดลวดสนามแม่เหล็กปรับความต้านทานให้เพิ่มขึ้น กระแสขดลวดสนามแม่เหล็กจะลดลง และแรงดันวัดที่ขั้วลดลงด้วย ปรับความต้านทานให้ลดลง กระแสขดลวดสนามแม่เหล็กจะเพิ่มขึ้น แรงดันวัดที่ขั้วเพิ่มขึ้นกรณีที่แรงดันของเครื่องลดลงมากๆ ต้องลดความต้านทานของ Rheostat ให้เป็นศูนย์ หรือตัดความต้านทานของ Rheostat ออกจากวงจรขดลวดสนามแม่เหล็กนั่นเอง ข้อเสียของวิธีนี้ก็คือ เมื่อโหลดเปลี่ยนค่าอย่างรวดเร็ว จำเป็นต้องปรับความต้านทานบ่อยครั้งและอย่างรวดเร็วเช่นเดียวกัน จะอย่างไรก็ตามการปรับค่าความต้านทานควรจะปรับเป็นขั้นๆ อย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ได้แรงดันตามขนาดของโหลดที่ต้องการและให้ปรับความต้านทานจนกระทั่งตัด Rheostat ออกจากวงจรขดลวดสนามแม่เหล็กในที่สุด

6.4อุปกรณ์การทดลอง

1. เครื่องต้นกำลัง ที่ใช้หมุนขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
2. เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดขั้วแม่เหล็กไฟฟ้ากระตุ้นภายนอก
3. แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงที่สามารถปรับค่าแรงดันได้
4. โหลดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่สามารถปรับค่าได้
5. แอมมิเตอร์
6. โวลต์มิเตอร์

6.5วงจรการทดลอง



ภาพที่ 3.41: วงจรไฟฟ้าสำหรับการทดลองที่ 6: เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดขั้วแม่เหล็กไฟฟ้ากระตุ้นภายนอกขณะจ่ายโหลด: Load test

6.6วิธีการทดลอง

1.ให้เริ่มต้นจาการทดลองที่ 1; No-load test

2. ต่อโหลดเข้ากับขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

3. ปรับเพิ่มโหลดประมาณ 5 ระดับ

4. ทุกระดับของกระแสโหลดให้วัดค่าแรงดันไฟฟ้าของเครื่อง แล้วบันทึกค่าในตารางที่ 6.1

6.7ผลการทดลอง

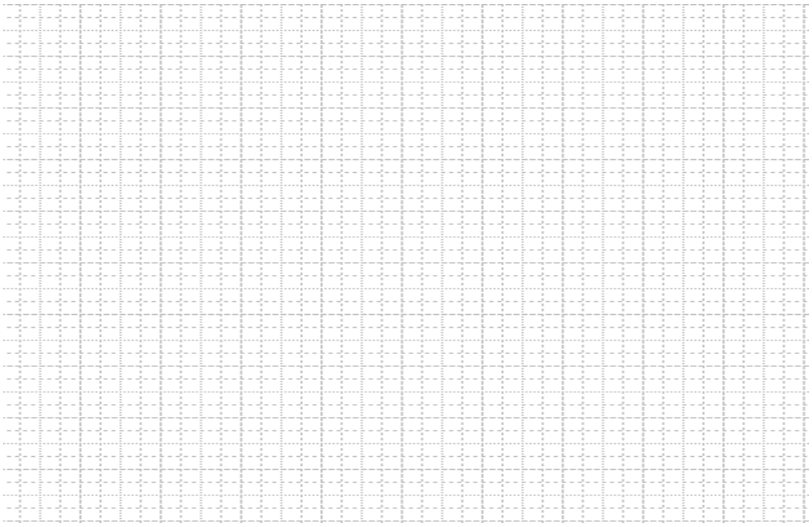
ตารางที่ 6.1: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับกระแสโหลด (กระแสอาร์เมเจอร์) ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดขั้วแม่เหล็กไฟฟ้ากระตุ้นภายนอก

ตารางที่ 6.1 : ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับกระแสโหลด

ระดับโหลด	กระแสโหลด : I_A [A]	แรงดัน : V [v]
S1		
S2		
S3		
S4		
S5		

6.8 สรุปผลการทดลอง

1. ให้เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับการแสโหลด (จากตารางที่ 6.1) จะได้สมรรถนะ ในการจ่ายโหลด: $V = (I_A)$ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดขั้วแม่เหล็กไฟฟ้ากระตุ้นภายนอก

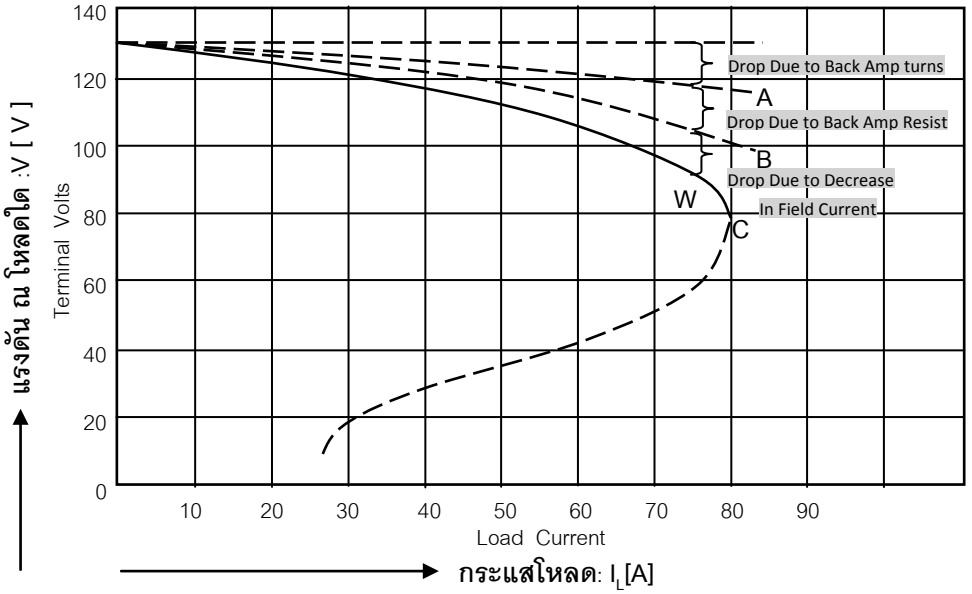


ภาพที่ 3.42กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับการแสโหลด

การทดลองที่ 7: เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดขั้วแม่เหล็กไฟฟ้ากระตุ้นตัวเอง: เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบขนานขณะจ่ายโหลด: Load Test

7.1 จุดประสงค์การทดลอง:เพื่อหาสมรรถนะในการจ่ายโหลดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาน: Self Excited Shunt Generator ตามความสัมพันธ์ที่กำหนดให้ต่อไปนี้

- ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับกระแสโหลด (กระแสอาร์เมเจอร์): $E = (I_A)$
- ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับกระแสขดลวดสนามแม่เหล็ก: $E = (I_F)$



ภาพที่ 3.43: Load Curve และ External Characteristic ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาน (Shunt Generator)

7.2 ทฤษฎีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนานต่อขดลวดสนามแม่เหล็กขนานกับอาร์เมเจอร์ และขนานกับโหลด [2]

ดังนั้นเมื่อโหลดเพิ่มขึ้น ผลของอาร์เมเจอร์รีแอคชันและแรงดันตกคร่อมอาร์เมเจอร์ ทำให้กระแสขดลวดสนามแม่เหล็กลดลงเล็กน้อย เส้นแรงแม่เหล็กลดลงด้วย แรงดันของเครื่องจึงลดลงไปอีก ขณะที่เครื่องกำเนิดชนิดขั้วแม่เหล็กไฟฟ้ากระตุ้นภายนอกต่อขดลวดสนามแม่เหล็กกับแหล่งกำเนิดแรงดันภายนอกถึงแม้โหลดจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรก็ตาม เส้นแรงแม่เหล็กคงที่ตลอดเวลา ด้วยเหตุนี้แรงดันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนานจึงลดลงมากกว่าและรวดเร็วกว่าเครื่องกำเนิดชนิดขั้วแม่เหล็กไฟฟ้ากระตุ้นภายนอกคุณสมบัติในการจ่ายโหลดของเครื่อง [$V = f(I_L)$-Characteristic] ตาม Load Curve

Curve A: แรงดันวัดที่ขั้วของเครื่อง ภายหลังจากส่วนหนึ่งที่หายไปเนื่องจากอาร์เมเจอร์รีแอคชัน

Curve B: แรงดันวัดที่ขั้วของเครื่อง หลังจากส่วนหนึ่งที่หายไปเนื่องจากอาร์เมเจอร์รีแอคชัน และแรงดันตกค่อมอาร์เมเจอร์ ($I_A.R_A$)

Curve C: แรงดันวัดที่ค่าของเครื่อง ณ โหลดใดๆ หรือเป็น “External Characteristic” ของเครื่องจุด w บน Curve C: เป็น “Break-down” Point หมายความว่า หลังจากจุดนี้แล้ว ถ้าเพิ่มโหลดเพียงเล็กน้อย แรงดันของเครื่องจะลดลงอย่างรวดเร็ว ถ้าเพิ่มโหลดต่อไปอีก แรงดันจะลดลง ลดลงจนกระทั่งลัดวงจร (Short Circuited) ในที่สุด ดังนั้นที่จุด c ไม่ควรเพิ่มโหลดอีกต่อไป เพราะหลังจากจุดนี้แล้ว แรงดันของเครื่องจะไม่คงที่ การเปลี่ยนแปลงของโหลดเพียงเล็กน้อย จะมีผลอย่างมากต่อการเปลี่ยนแปลงของ แรงดัน กล่าวคือ ลดโหลดเพียงเล็กน้อย แรงดันจะเพิ่มขึ้นอย่างมากและรวดเร็ว ขณะเดียวกันถ้าเพิ่มโหลดเพียงเล็กน้อย แรงดันจะลดลงอย่างมากและรวดเร็วเช่นเดียวกันสาเหตุที่แรงดันที่ขั้วลดลงเมื่อโหลดเพิ่มขึ้น คือ

1.แรงดันแม่เหล็กไหลย้อนกลับ (Demagnetizing หรือ Back AT) เนื่องจาก Armature Reaction

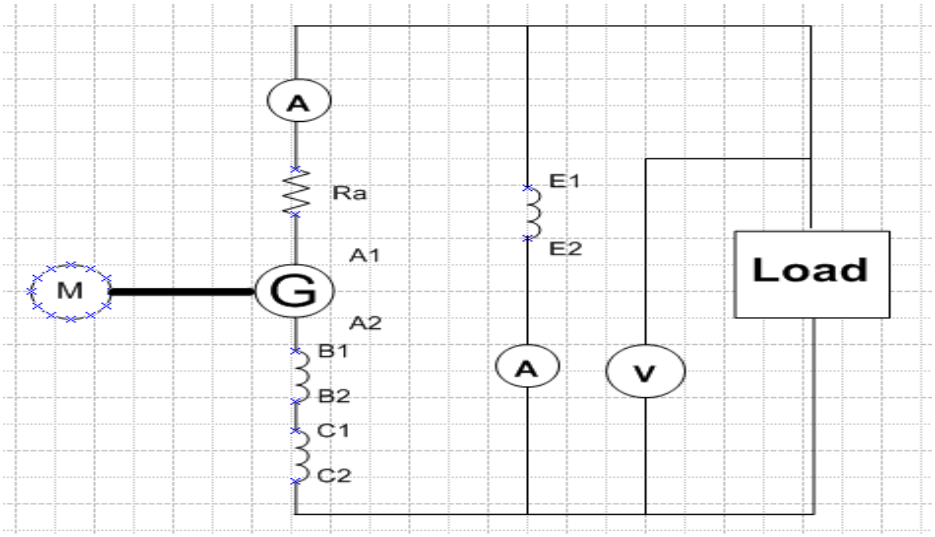
2.แรงดันตกคร่อมความต้านทานของขดลวดอาร์เมเจอร์

3.กระแสขดลวดสนามแม่เหล็กลดลง เนื่องจากผลข้อ 1 และข้อ 2 ทำให้แรงดันวัดที่ขั้วลดลง

7.3 อุปกรณ์การทดลอง

1. เครื่องต้นกำลังกล ที่สามารถปรับค่าได้ สำหรับให้หมุนขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
2. เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดขั้วแม่เหล็กไฟฟ้ากระตุ้นตัวเอง : เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาน
3. โหลดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่สามารถปรับค่าได้
4. เครื่องวัดความเร็วรอบ
5. แอมมิเตอร์
6. โวลต์มิเตอร์

7.4 วงจรการทดลอง



ภาพที่ 3.44: วงจรการทดลองที่ 7: เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนานขณะจ่ายโหลด: Load Test

7.5 วิธีการทดลอง: ให้ทำการทดลองต่อเนื่องจากการทดลองที่ 6 : เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขณะไม่จ่ายโหลด ดังนี้

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับกระแสอาร์เมเจอร์:

1. ปรับแรงดันขณะไม่มีโหลดให้ได้แรงดันตามขนาดที่ต้องการ
2. เพิ่มโหลดประมาณ 5 ระดับ โดยเริ่มต้นจากกระแสขณะไม่มีโหลด
3. ทุกระดับของกระแสโหลดให้วัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสขดลวดสนามแม่เหล็กแล้วบันทึกค่าไว้ในตารางที่ 7.1

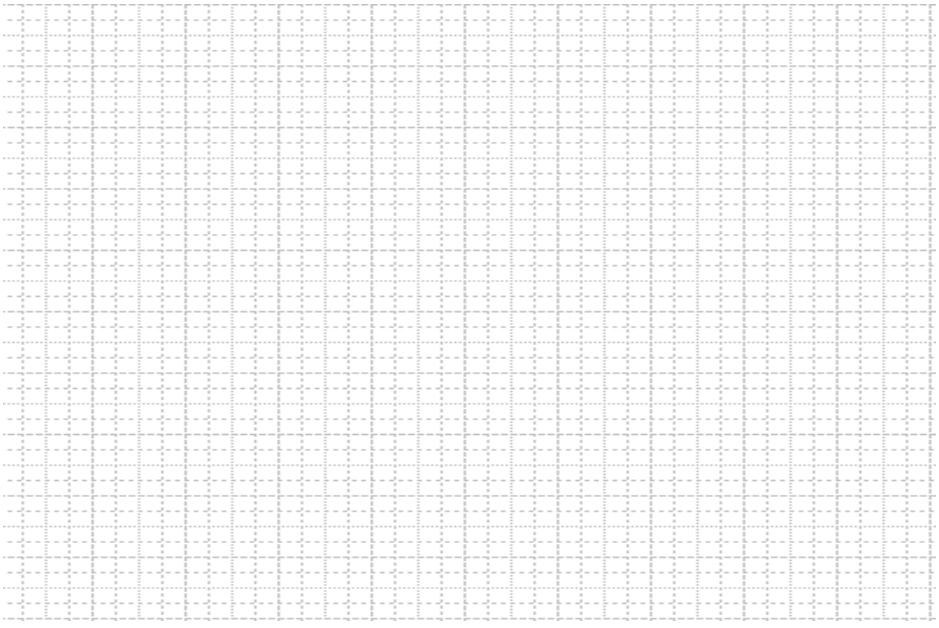
7.6 ผลการทดลอง

ตารางที่ 7.1 : แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับกระแสอาร์เมเจอร์

ตารางที่ 7.1 : ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับกระแสอาร์เมเจอร์			
ระดับโหลด	(I_A) = ...[A]	V :[V]	(I_f) = ...[A]
S1			
S2			
S3			
S4			
S5			

7.7 สรุปผลการทดลอง

1. ให้เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับกระแสโหลด (จากตารางที่ 7.1)E = (I_A)จะได้กราฟแสดงสมรรถนะในการจ่ายโหลดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



ภาพที่ 3.45: กราฟแสดงสมรรถนะในการจ่ายโหลดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาน

2. ให้คำนวณอัตราการปรับแรงดัน (Voltage Regulation) ของเครื่อง ตามสมการที่7.1 ดังนี้

$$Reg. = (V_0 - V_F)100/V[\%] \qquad (7.1)$$

เมื่อ Reg. = อัตราการปรับแรงดัน

V_0 = แรงดันของเครื่องขณะไม่จ่ายโหลด (No – load Voltage): แรงเคลื่อนไฟฟ้า

V_F = แรงดันไฟฟ้าของเครื่องจ่ายขณะโหลดเต็มโหลด (Full – Load Voltage)

การทดลองที่ 8 : เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดขั้วแม่เหล็กไฟฟ้ากระตุ้นตัวเอง: เครื่องกำเนิดไฟฟ้าอนุกรม (Self Excited Series Generator) ขณะจ่ายโหลด: Load Test

8.1 จุดประสงค์การทดลอง: เพื่อหาสมรรถนะในการจ่ายโหลดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอนุกรม : $V = f(I_A)$

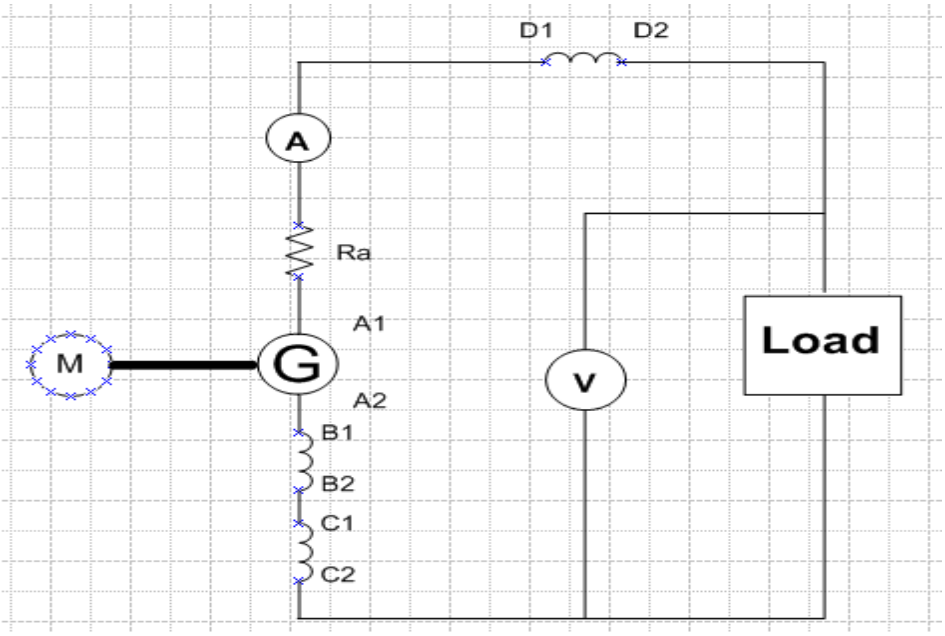
8.2 การให้กำเนิดแรงดัน (Building Up) [2]

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าอนุกรมเป็นเครื่องกำเนิดชนิดขั้วแม่เหล็กไฟฟ้ากระตุ้นตัวเอง (Self Excited Generator) ที่ขดลวดอาร์เมเจอร์ต่ออนุกรมกับขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field Winding) และต่ออนุกรมกับโหลดซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อไม่มีการต่อโหลดวงจรของเครื่องจะเปิด (Open Circuit) ไม่มีกระแสไหลผ่านอาร์เมเจอร์และวงจรขดลวดสนามแม่เหล็ก ดังนั้นที่ไม่มีโหลด (No Load) เครื่องกำเนิดจะไม่ให้กำเนิดแรงดันไฟฟ้าอย่างเด็ดขาด แต่จะให้กำเนิดแรงดันเพียงเล็กน้อย เนื่องจากเส้นแรงแม่เหล็กตกค้าง (Residual Flux) ภายในสนามแม่เหล็กของเครื่องเท่านั้น เครื่องกำเนิดจะให้กำเนิดแรงดันก็ต่อเมื่อต่อเครื่องเข้ากับโหลดปิดวงจรอาร์เมเจอร์ และขดลวดสนามแม่เหล็กเท่านั้น (Close Circuit) เริ่มแรกด้วยกระแสเพียงเล็กน้อยเนื่องจากเส้นแรงแม่เหล็กตกค้าง (Residual Flux) ไหลผ่านวงจรและสร้างเส้นแรงแม่เหล็กในสนามแม่เหล็กให้เพิ่มขึ้น เครื่องจะให้กำเนิดแรงดันเพิ่มขึ้นถ้าความต้านทานของวงจรภายนอก (โหลด) ลดลง กระแสขดลวดสนามแม่เหล็กจะยิ่งเพิ่มขึ้น เส้นแรงแม่เหล็กเพิ่มขึ้น แรงดันของเครื่องเพิ่มขึ้นๆจนกระทั่งเครื่องให้กำเนิดแรงดันเต็มตามขนาดของเครื่องการให้กำเนิดแรงดันลักษณะนี้เรียกว่า “ Building Up”

8.3 อุปกรณ์การทดลอง

1. เครื่องต้นกำลังลัง ที่ให้หมุนขับเครื่องกำหนดไฟฟ้า
2. โหลดที่สามารถปรับค่าได้ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
3. เครื่องวัดความเร็วรอบ
4. โวลต์มิเตอร์
5. แอมป์มิเตอร์

8.4 วงจรการทดลอง: ให้ติดตั้งเครื่องกล อุปกรณ์ไฟฟ้า และเครื่องมือวัดตามรูปที่ 8.1



ภาพที่ 3.46: วงจรไฟฟ้าสำหรับการทดลองที่ 8: เครื่องกำเนิดไฟฟ้าอนุกรมขณะจ่ายโหลด

8.5วิธีการทดลอง

1. ปรับแรงดันขณะไม่มีโหลดให้ได้แรงดันตามขนาดที่ต้องการ
2. เพิ่มโหลดประมาณ 5 ระดับ โดยเริ่มต้นจากกระแสขณะไม่มีโหลด
3. ต่อโหลด และค่อย ๆ ปรับโหลดให้เพิ่มขึ้นประมาณ 5 ระดับ
4. ทุกระดับกระแสโหลด (กระแสอาร์เมเจอร์) ให้วัดแรงดันไฟฟ้า แล้วบันทึกค่าๆในตารางที่ 8.1

8.6 ผลการทดลอง

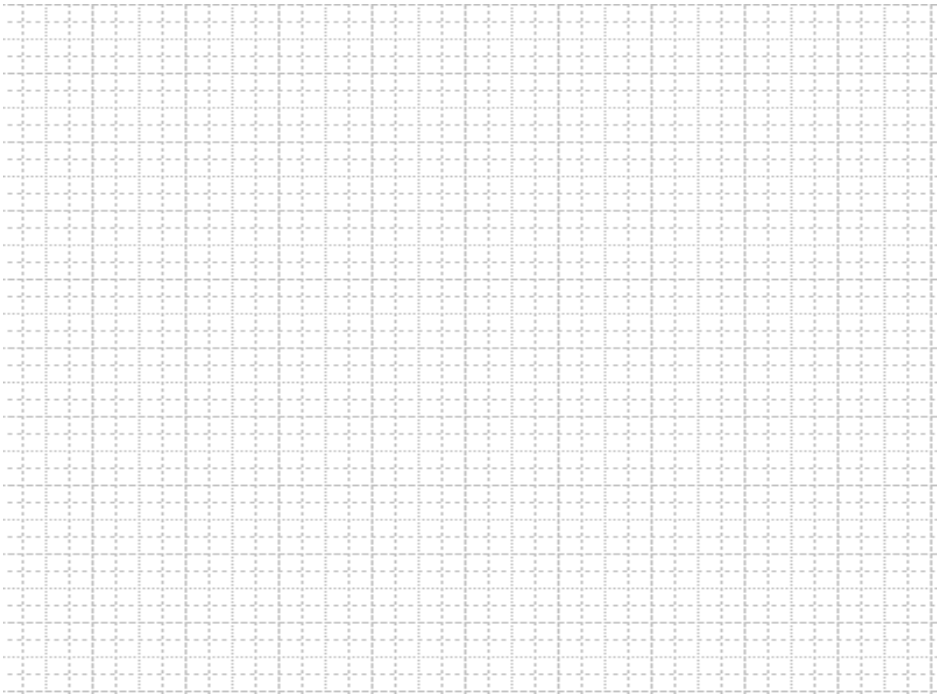
ตารางที่ 8.1: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับกระแสโหลด: $V = f(I_A)$ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอนุกรม

ตารางที่ 8.1 : $V = f(I_A)$		
Load	I_A	

8.7 สรุปผลการทดลอง

1. ค่าในตารางที่ 8.1 ให้นำไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับกระแสโหลดได้กราฟ $V = f(I_A)$ หรือสมรรถนะในการจ่ายโหลด ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอนุกรม

2. ให้คำนวณอัตราการปรับแรงดัน : Voltage Regulation



ภาพที่ 3.47: กราฟแสดงสมรรถนะในการจ่ายโหลดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอนุกรม