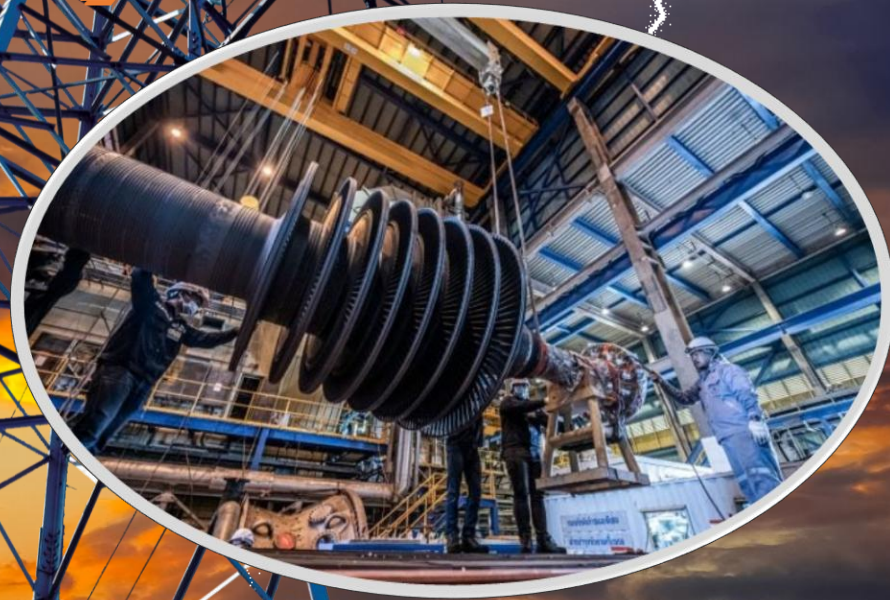
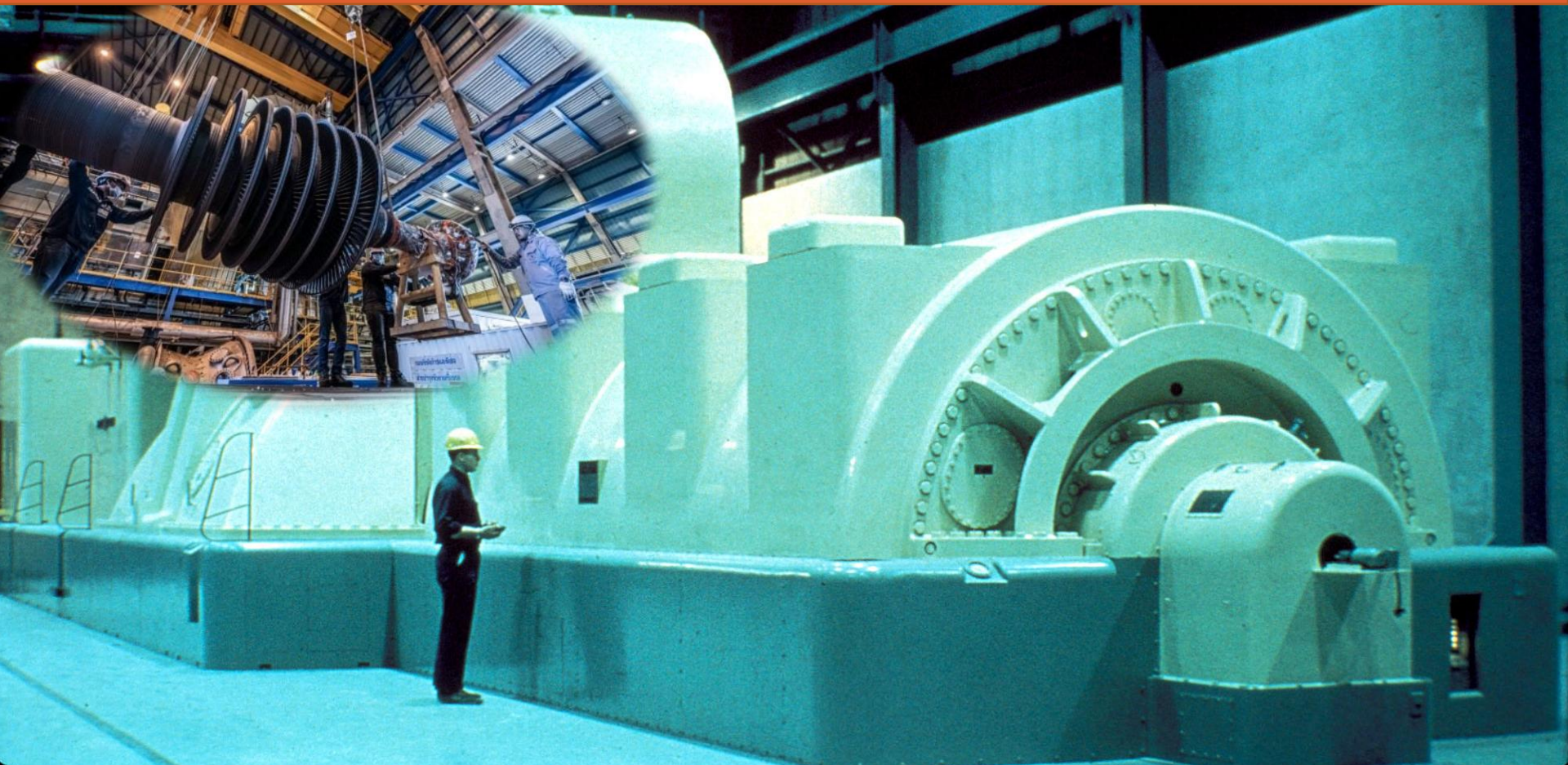


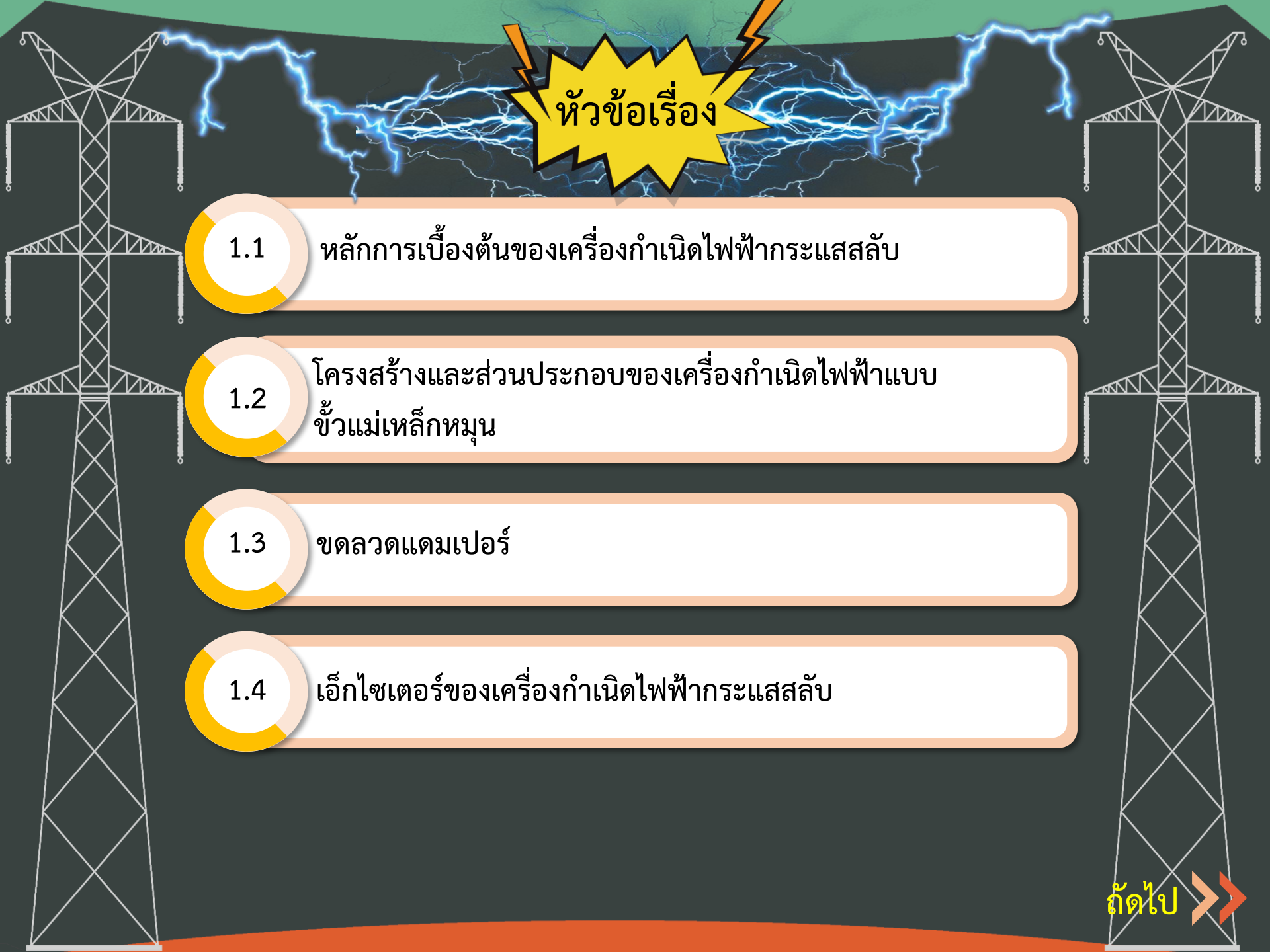
เครื่องกำเนิดไฟฟ้า กระแสสลับ (AC Generator)



หน่วยที่ 1

โครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กระแสสลับ





หัวข้อเรื่อง

1.1

หลักการเบื้องต้นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

1.2

โครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ
ขั้วแม่เหล็กหมุน

1.3

ขดลวดแฉกเพอร์

1.4

เอ็กไซเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

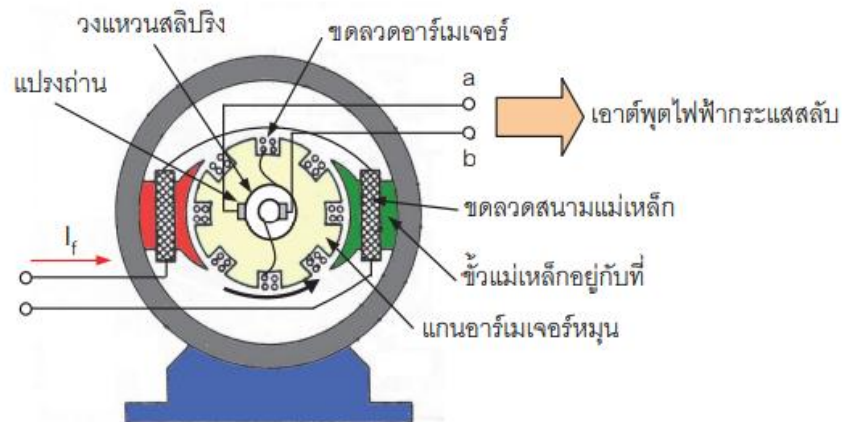
1.1

หลักการเบื้องต้นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับมีชื่อเรียกว่า เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส (Synchronous generator) หรือมีชื่อเรียกกันโดยทั่วไปว่า อัลเทอร์เนเตอร์ (Alternator) ซึ่งมีหน้าที่เปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยกำลังไฟฟ้าที่ได้จะเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งจะมี 2 แบบ คือ

1.1.1 แบบอาร์เมเจอร์หมุน (Rotating armature)

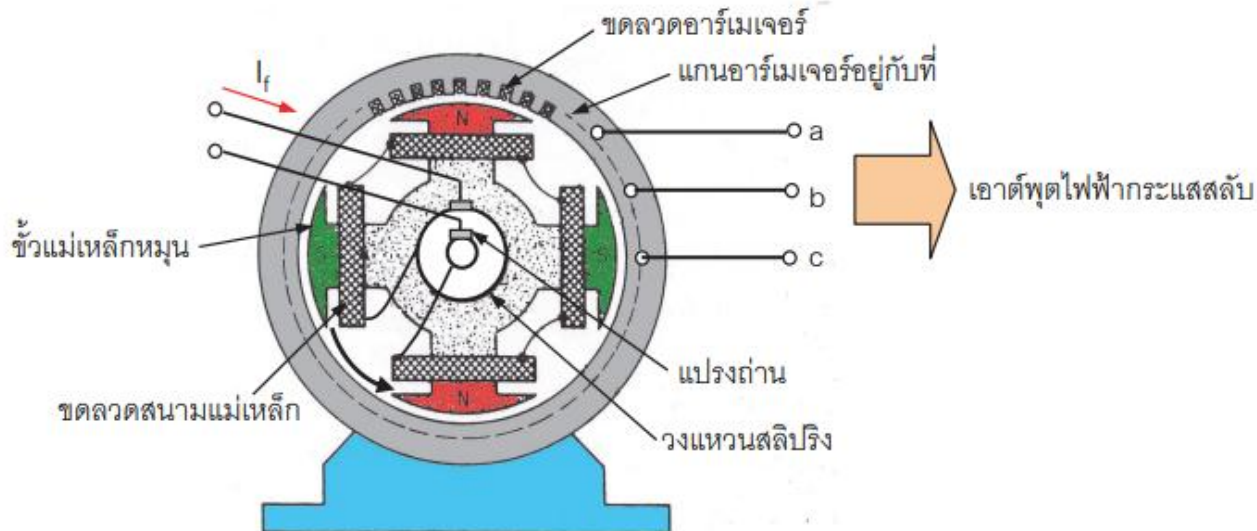
เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบนี้ขดลวดสนามแม่เหล็กและขั้วแม่เหล็กจะยึดติดอยู่กับที่แกนอาร์เมเจอร์จะเป็นส่วนที่หมุน โดยเส้นแรงแม่เหล็กที่แกนขั้วได้จากการจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงเข้าที่ขดลวด สนามแม่เหล็ก (I_f) ซึ่งจ่ายเข้าโดยตรง จากรูปที่ 1.1 เมื่อแกนอาร์เมเจอร์หมุนจะนำพาขดลวดอาร์เมเจอร์ไป ตัดกับเส้นแรงแม่เหล็กที่แกนขั้วทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้น โดยแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ได้จากขดลวดอาร์เมเจอร์ต่อที่วงแหวน สลิปริง (Slip ring) 2 วง ผ่านแปรงถ่านมาที่จุด a กับ b ซึ่งจะเป็นเอาต์พุตของไฟฟ้ากระแสสลับ



รูปที่ 1.1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบอาร์เมเจอร์หมุน

1.1.2 แบบขั้วแม่เหล็กหมุน (Rotating field)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบนี้ขดลวดอาร์เมเจอร์จะอยู่กับที่ในร่องสเตเตอร์ขดลวดสนามแม่เหล็กและขั้วแม่เหล็กจะเป็นส่วนที่หมุน โดยเส้นแรงแม่เหล็กที่แกนขั้วได้จากการจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงเข้าที่ขดลวดสนามแม่เหล็กซึ่งจ่ายออกมาที่แปรงถ่าน 2 อันและผ่านวงแหวนสลิปริงจากรูปที่ 1.2 เมื่อขั้วแม่เหล็กหมุนจะทำให้เส้นแรงแม่เหล็กที่แกนขั้วไปตัดกับขดลวดอาร์เมเจอร์ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้น โดยแรงดันไฟฟ้าที่



รูปที่ 1.2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบขั้วแม่เหล็กหมุน

ข้อเปรียบเทียบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบอาร์เมเจอร์หมุนกับแบบขั้วแม่เหล็กหมุน ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ข้อเปรียบเทียบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้ง 2 แบบ

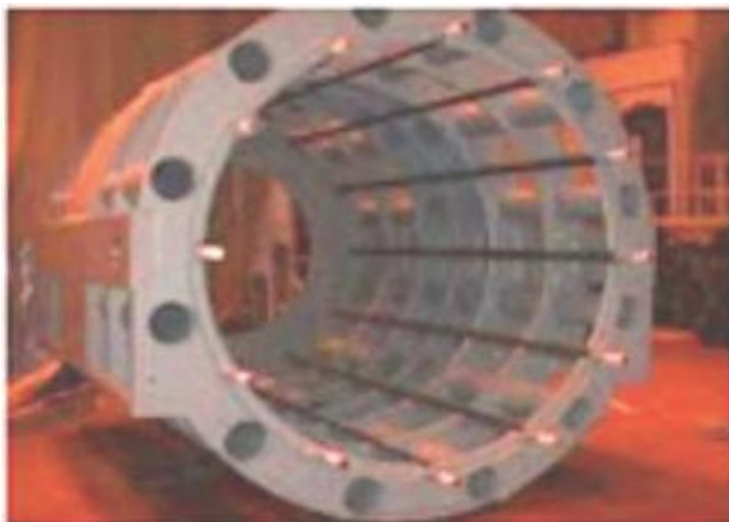
แบบอาร์เมเจอร์หมุน	แบบขั้วแม่เหล็กหมุน
1. ขดลวดสนามแม่เหล็กจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงเข้าโดยตรง เพื่อให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กที่แกนขั้ว 2. แรงดันไฟฟ้าที่ได้จากขดลวดอาร์เมเจอร์ต้องต่อผ่านวงแหวนสลิปริงและแปรงถ่าน ผลทำให้เกิดประกายไฟขึ้นเมื่อจ่ายโหลด 3. ผลิตแรงดันไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์ไม่สูงมากนักและจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับโหลดไม่มากจึงเหมาะสมกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับขนาดเล็ก	1. ขดลวดสนามแม่เหล็กจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจะต้องต่อผ่านแปรงถ่านและวงแหวนสลิปริง เพื่อให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กที่แกนขั้ว 2. แรงดันไฟฟ้าที่ได้จากขดลวดอาร์เมเจอร์จะต่อโดยตรง ดังนั้นการเกิดประกายไฟจะไม่เกิดขึ้นเมื่อจ่ายโหลด 3. ผลิตแรงดันไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์ได้สูงและจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับโหลดได้มากจึงเหมาะสมกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับขนาดใหญ่

1.2

โครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบขั้วแม่เหล็ก หมุน

1.2.1 ส่วนที่อยู่กับที่ มีส่วนประกอบดังนี้

1. โครงอยู่กับที่ (Stator frame) ทำจากเหล็กหล่อซึ่งทำหน้าที่รองรับแกนเหล็กของอาร์เมเจอร์ และ ส่วนประกอบอื่น ๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีความเร็วรอบต่ำโครงอยู่กับที่จะมี เส้นผ่านศูนย์กลางที่ใหญ่ ส่วนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีความเร็วรอบสูงโครงอยู่กับที่จะมีเส้นผ่านศูนย์กลาง ที่เล็กกว่าและโครงที่อยู่กับที่นี้ยังถูกออกแบบให้มีช่องว่างสำหรับระบายความร้อน ดังแสดงในรูปที่ 1.3 (ก)



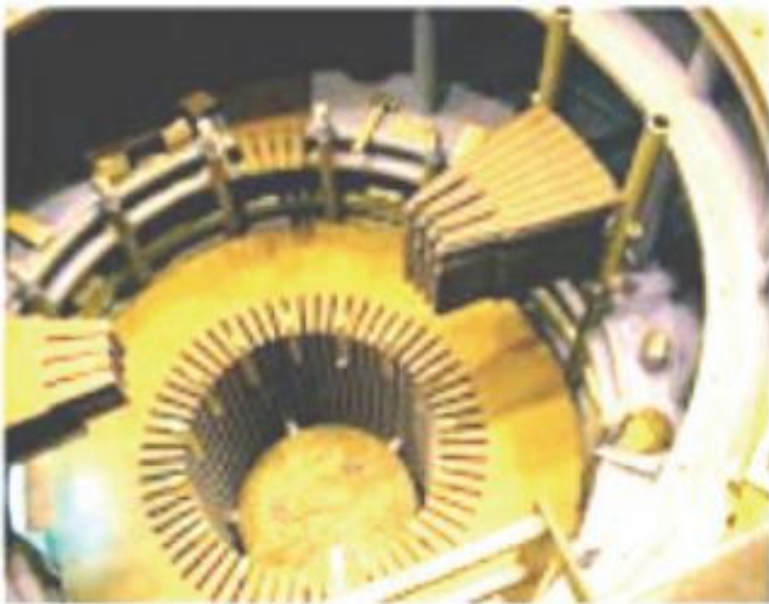
รูปที่ 1.3 (ก) โครงอยู่กับที่

2. แกนเหล็กอาร์เมเจอร์ ทำมาจากเหล็กแผ่นบางๆ (Laminated sheet steel) ปั้นเป็นร่องสำหรับใส่
ขดลวดอาร์เมเจอร์ดังรูปที่ 1.3 (ข) โดยแต่ละแผ่นจะเคลือบด้วยฉนวนแล้วนำมาอัดซ้อนกัน เพื่อลดการ
สูญเสียจากฮิสเทอรีซิสและกระแสไหลวน



รูปที่ 1.3 (ข) แกนเหล็กอาร์เมเจอร์แผ่นบางแบบร่องเปิด

ถ้าเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดใหญ่แกนอาร์เมเจอร์จะทำเป็นส่วน (Segment) บั๊มเป็นร่องเปิดเพื่อความสะดวกในการลงขดลวดพร้อมมีช่องสำหรับให้อากาศผ่านเพื่อช่วยระบายความร้อน แล้วนำแต่ละส่วนมาประกอบเข้าด้วยกัน ดังรูปที่ 1.3 (ค) ถ้าเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กและไม่ใหญ่มากนักจะบั๊มแกนเป็นร่องกึ่งปิด ซึ่งแกนอาร์เมเจอร์จะทำหน้าที่รองรับขดลวดอาร์เมเจอร์



รูปที่ 1.3 (ค) การประกอบแกนอาร์เมเจอร์เข้ากับโครงอยู่กับที่



รูปที่ 1.3 (ง) แกนอาร์เมเจอร์ที่ประกอบเสร็จแล้ว

2. แกนเหล็กอาร์เมเจอร์ ทำมาจากเหล็กแผ่นบางๆ (Laminated sheet steel) ปั้นเป็นร่อง สำหรับใส่ขดลวดอาร์เมเจอร์ดังรูปที่ 1.4)

3. ขดลวดอาร์เมเจอร์ทำมาจากทองแดงอบน้ำยา ถ้าเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กขดลวดอาร์เมเจอร์จะเป็นลักษณะเส้นลวดทองแดงอบน้ำยาและถ้าเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดใหญ่จะมีลักษณะเป็นแท่งทองแดง โดยถูกวางในร่องสเตเตอร์ดังรูปที่ 1.4 โดยมีหน้าที่กำเนิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำเมื่อมีเส้นแรงแม่เหล็กมาตัดผ่าน



รูปที่ 1.4 ขดลวดอาร์เมเจอร์ที่วางอยู่ในร่องของแกนอาร์เมเจอร์

1.2.2 ส่วนที่หมุน โครงสร้างของส่วนที่หมุนหรือขั้วแม่เหล็กหมุนหรือเรียกว่าโรเตอร์มี 2 แบบ คือ

1. แบบขั้วแม่เหล็กยื่น (Salient pole type) โรเตอร์แบบนี้แกนขั้วแม่เหล็กจะสูงขึ้นออกไปจากแกนของโรเตอร์ซึ่งแกนขั้วแม่เหล็กยื่นนี้จะทำมาจากเหล็กแผ่นบาง ๆ แล้วนำมาอัดซ้อนกัน เรียกว่า แผ่นเหล็กลามิเนต (Laminated sheet steel) และมีขดลวดสนามแม่เหล็กที่พันเสร็จแล้วสวมอยู่ที่แกนขั้วแม่เหล็ก ลักษณะของโรเตอร์แบบนี้ขั้วแม่เหล็กจะสูงขึ้นออกมาเห็นเด่นชัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ ความยาวของแกนจะสั้น จึงเหมาะสมกับโรเตอร์ที่หมุนด้วยความเร็วรอบต่ำและความเร็วรอบปานกลาง ซึ่งมีแกนขั้วแม่เหล็กตั้งแต่ 6 ขั้วขึ้นไป



(ก) จำนวนขั้วแม่เหล็ก 6 ขั้ว



(ข) จำนวนขั้วแม่เหล็ก 10 ขั้ว



(ค) จำนวนขั้วแม่เหล็ก 12 ขั้ว



(ง) จำนวนขั้วแม่เหล็ก 14 ขั้ว

รูปที่ 1.5 โรเตอร์แบบขั้วแม่เหล็กยื่นที่มีจำนวนขั้วแม่เหล็กจำนวนต่างๆ



ขดลวดสนามแม่เหล็กไว้ในร่อง ลักษณะของโรเตอร์บริเวณที่เป็นขั้วแม่เหล็กจะไม่มีร่องขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่าแบบขั้วแม่เหล็กอื่น ความยาวของแกนจะยาวเพื่อหลีกเลี่ยงแรงหนีศูนย์กลางและลดการสูญเสียจากแรงลมต้านเมื่อหมุน



(ก) แกนโรเตอร์ป้อนเป็นร่องนำมาอัดซ้อนกัน



(ข) การบรรจุขดลวดสนามแม่เหล็กลงในร่อง



(ค) ขดลวดสนามแม่เหล็กบรรจุลงในร่องที่สำเร็จแล้ว



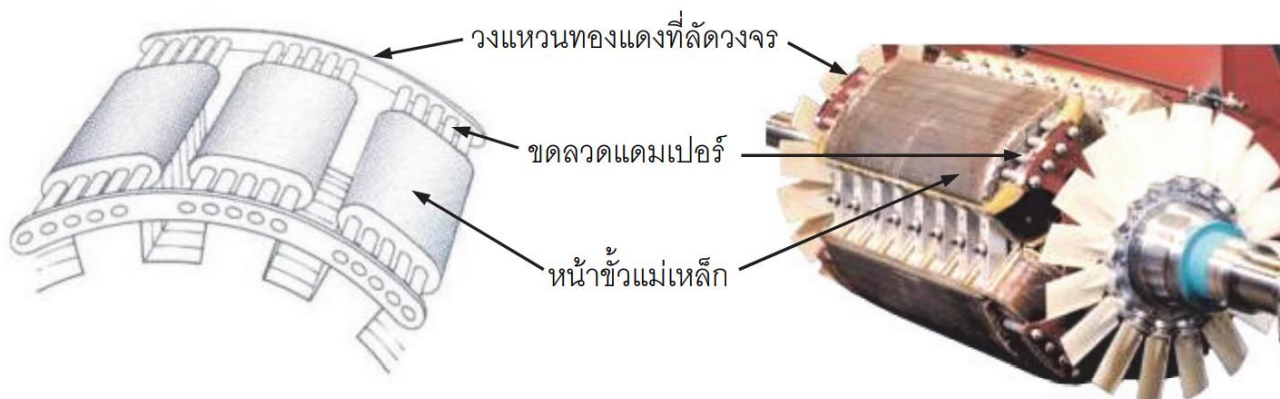
(ง) หน้าขั้วแม่เหล็กจะราบเรียบเป็นรูปทรงกระบอก

รูปที่ 1.6 โรเตอร์แบบขั้วแม่เหล็กเรียบรูปทรงกระบอก

1.3

ขดลวดแถมเปอร์

ทำมาจากแท่งทองแดงและฝังไว้ที่บริเวณหน้าขั้วแม่เหล็กของโรเตอร์แบบขั้วแม่เหล็กยื่น โดยปลายทั้งสองข้างของแท่งทองแดงเหล่านี้จะถูกลัดวงจรด้วยวงแหวนทองแดงทั้งสองด้านคล้ายกับขดลวดกรงกระรอก ดังรูปที่ 1.7 หน้าที่ของขดลวดแถมเปอร์นี้มีไว้เพื่อป้องกันการสั่นหรือการแกว่งของโรเตอร์เนื่องจากการหมุนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ไม่สม่ำเสมอเนื่องจากการเพิ่มหรือลดโหลดลงในทันทีทันใด



รูปที่ 1.7 ขดลวดแถมเปอร์ฝังไว้ที่บริเวณหน้าขั้วแม่เหล็ก

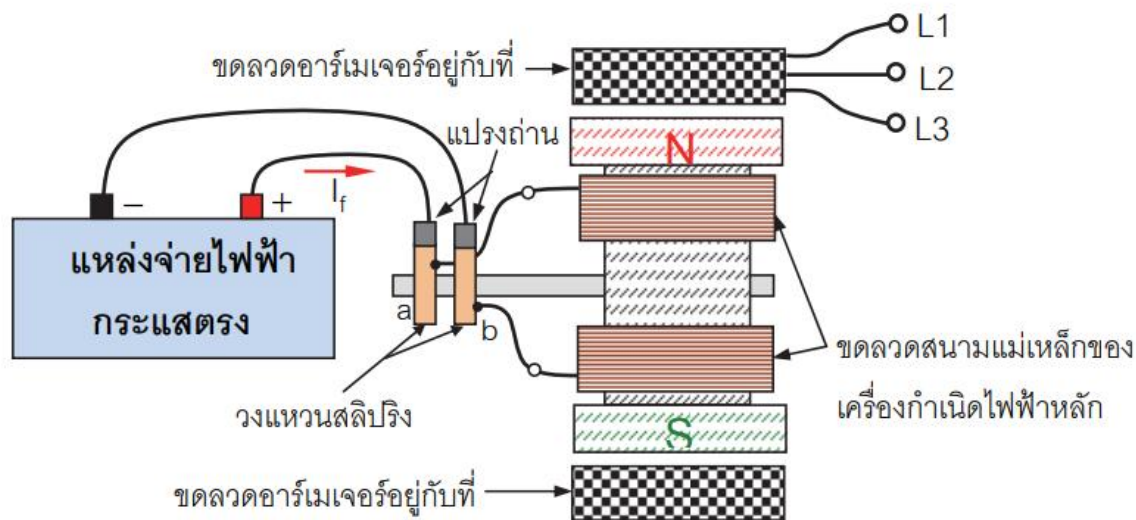
การทำงานของขดลวดแฉกเปเปอร์ ขณะที่โรเตอร์หมุนไปด้วยความเร็วเชิงโคจรนั้นทำให้ขดลวด แฉกเปเปอร์ก็จะหมุนด้วยความเร็วเชิงโคจรด้วย จึงทำให้ขดลวดแฉกเปเปอร์ไม่ตัดกับเส้นแรงแม่เหล็กของ สนามแม่เหล็กหมุนที่ สเตเตอร์แต่เมื่อมีการเพิ่มโหลดหรือลดโหลดลงทันทีทันใดจะทำให้เกิดการสั่นของ โรเตอร์และหมุนด้วยความเร็วไม่สม่ำเสมออาจจะหมุนเร็วหรือช้ากว่าความเร็วเชิงโคจร จึงเป็นผลทำให้เกิดปฏิกิริยาต่อต้านกับการเคลื่อนที่ที่ตัดกับสนามแม่เหล็กหมุนของขดลวดแฉกเปเปอร์จึงทำให้มีแรงต้านการสั่นจากอำนาจแม่เหล็กของ ขดลวดแฉกเปเปอร์กับอำนาจแม่เหล็กของสนามแม่เหล็กหมุนของขดลวดอาร์เมเจอร์ที่สเตเตอร์ซึ่งจะหน่วงการสั่นให้หยุดเร็วขึ้น

1.4 เอ็กไซเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสลับ

เอ็กไซเตอร์ (Exciter) เป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง ทำหน้าที่จ่ายไฟฟ้ากระแสไฟตรงให้กับ ขดลวด สนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหลักของโรเตอร์แบบขั้วแม่เหล็กหมุน โดยทั่วไปมี 2 แบบ คือ

1.4.1 แบบใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากภายนอก (External direct current source)

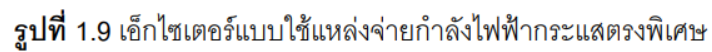
แบบใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากภายนอก แบบนี้จะนำแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้ จากภายนอกมาจ่ายให้กับขดลวดสนามแม่เหล็ก ดังรูปที่ 1.8

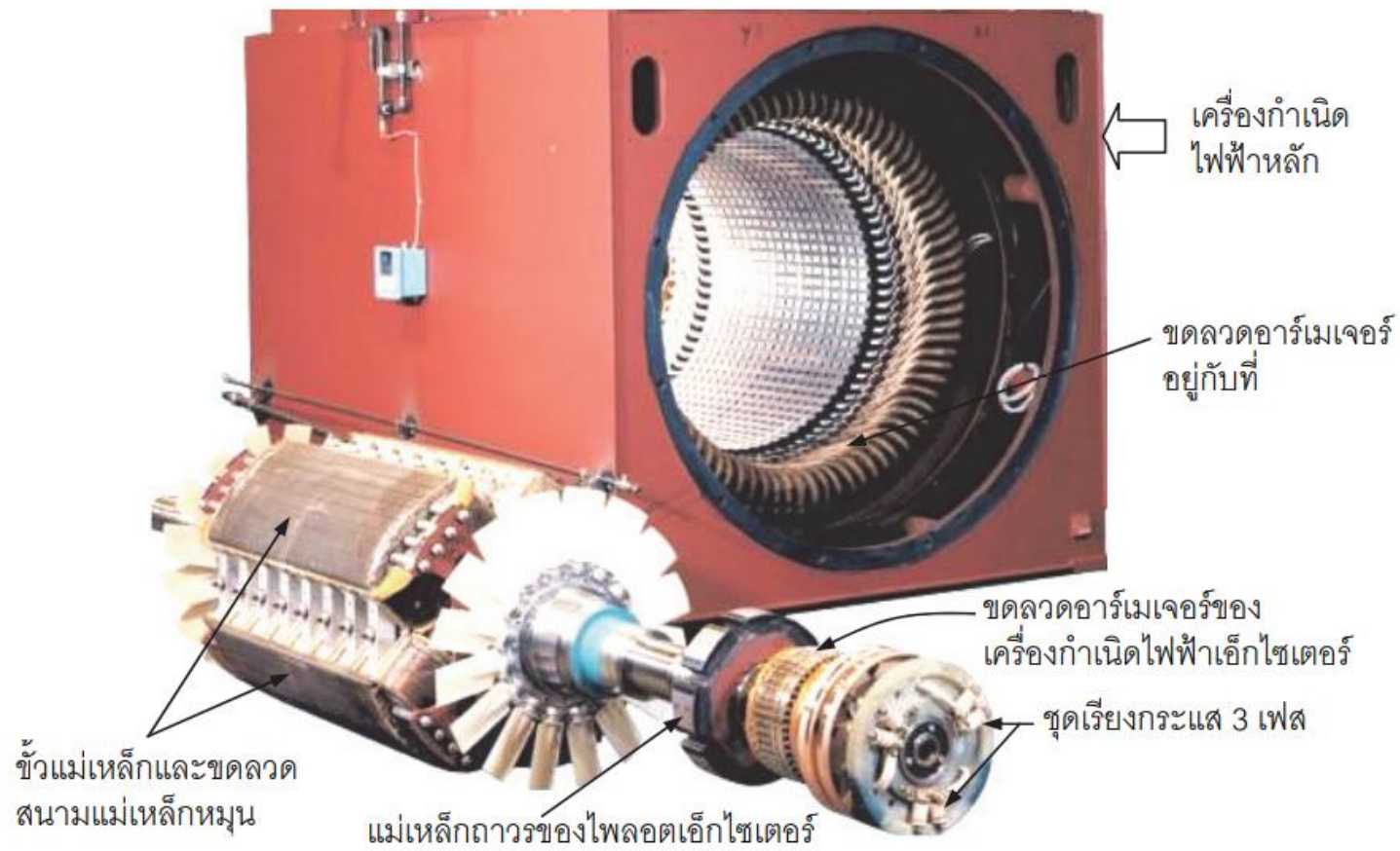


รูปที่ 1.8 เอ็กไซเตอร์แบบใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงภายนอก

1.4.2 แบบใช้แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรงพิเศษ (Special direct current power source)

แบบใช้แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรงพิเศษ แบบนี้จะนำไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับที่ติดตั้งอยู่บนแกนเพลาดียวกันกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหลักมาจ่ายให้กับขดลวดสนามแม่เหล็ก ดังรูปที่ 1.9



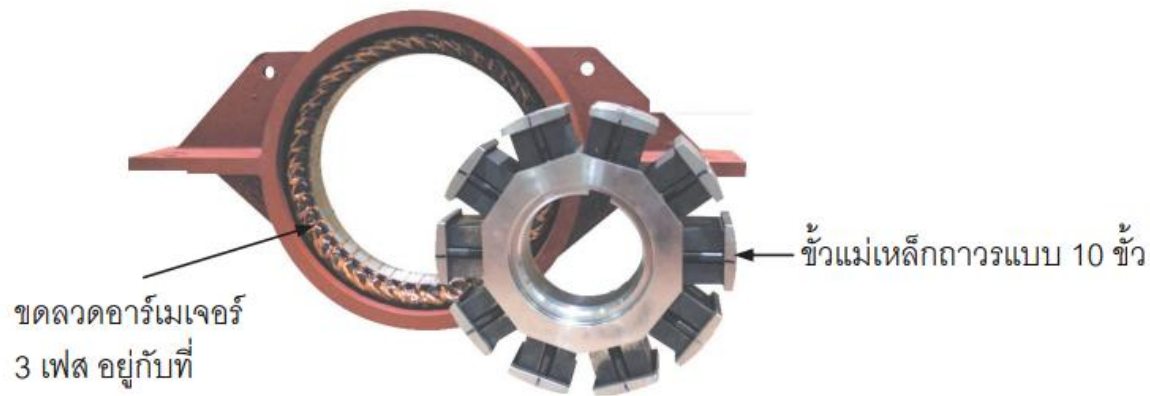


(ค) รูปภาพจริงของแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรงพิเศษ

รูปที่ 1.9 (ต่อ) เอ็กไซเตอร์แบบใช้แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรงพิเศษ

เมื่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าถูกขับให้หมุนก็จะเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำโดยอธิบายการทำงานออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1. **ฟลอตเอ็กไซเตอร์ (Pilot exciter)** มีหน้าที่ผลิตไฟฟ้า 3 เฟสมาจ่ายให้กับชุดเรียงกระแส 3 เฟส ซึ่งเป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำคือไดโอด (Diode) โดยการต่อแบบบริดจ์ซึ่งชุดเรียงกระแสนี้จะอยู่กับที่ โดยจะเรียงกระแสไฟฟ้าสลับ 3 เฟส ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสตรงนี้จะไหลผ่านตัวต้านทานรีโอสแตตเพื่อใช้ควบคุมกระแสไฟฟ้าที่ขดลวดสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเอ็กไซเตอร์อีกครั้งหนึ่ง โครงสร้างของฟลอตเอ็กไซเตอร์ดังรูปที่ 1.10



รูปที่ 1.10 โครงสร้างฟลอตเอ็กไซเตอร์

2. เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเอ็กไซเตอร์ มีหน้าที่ผลิตไฟฟ้า 3 เฟส จากขดลวดอาร์เมเจอร์มาจ่ายให้กับชุดเรียงกระแส 3 เฟส ซึ่งเป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำคือไดโอด (Diode) โดยการต่อแบบบริดจ์เช่นเดียวกันกับแบบไพลอตเอ็กไซเตอร์แต่ทนกระแสไฟฟ้าได้มากกว่า ซึ่งชุดเรียงกระแสนี้จะยึดอยู่กับโรเตอร์แล้วนำกระแสไฟฟ้ามาจ่ายให้กับขดลวดสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหลัก

3. เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหลัก จะเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ซึ่งเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสและมีขนาดใหญ่ มีขั้วแม่เหล็กเป็นส่วนที่หมุนโดยขดลวดสนามแม่เหล็กจะรับไฟฟ้ากระแสตรงจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเอ็กไซเตอร์และมีขดลวดอาร์เมเจอร์เป็นส่วนที่อยู่กับที่ทำหน้าที่ผลิตไฟฟ้า 3 เฟสจากขดลวดอาร์เมเจอร์เพื่อมาจ่ายให้กับโหลดต่อไป

