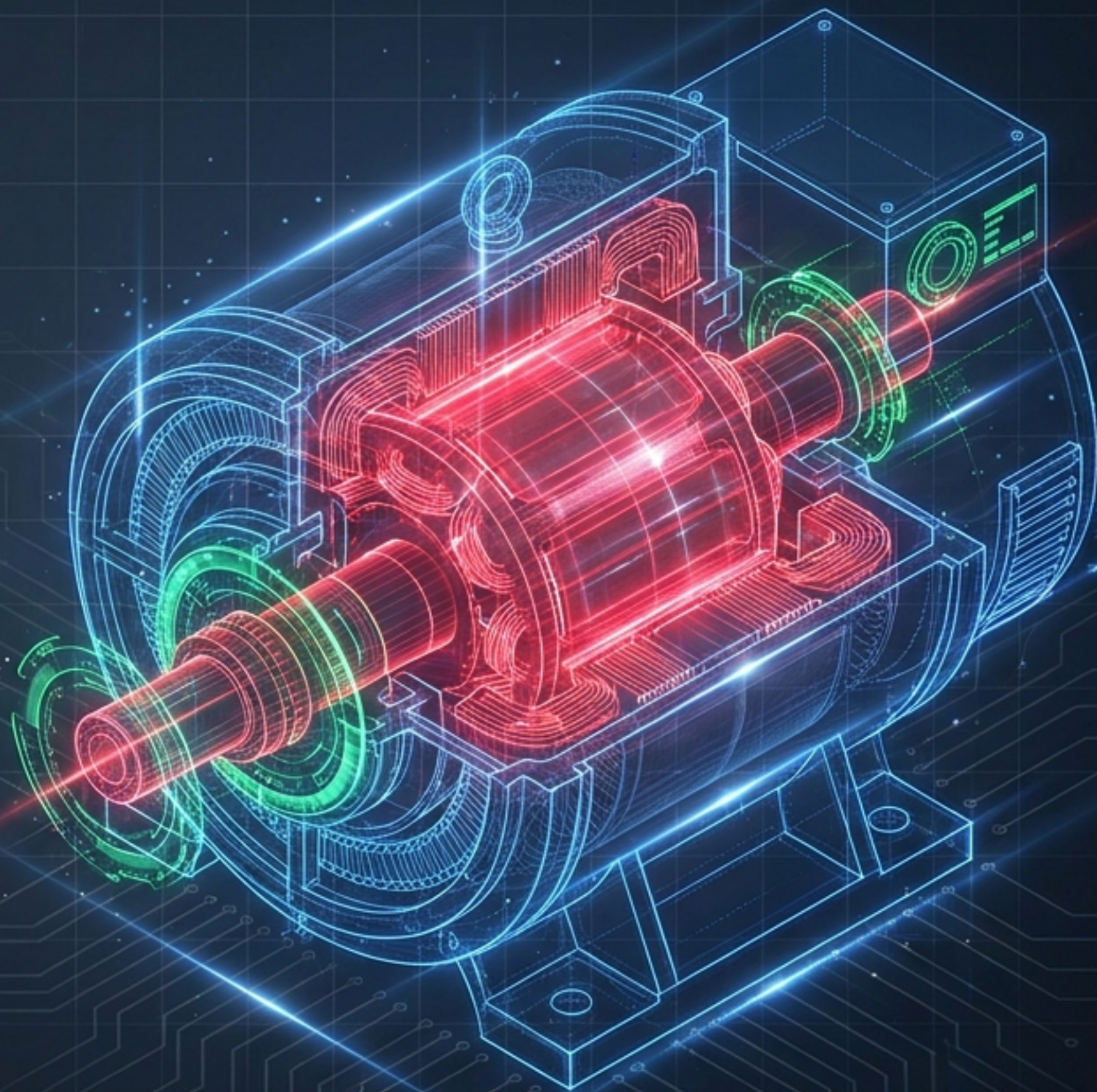


# ผ่าโครงสร้างเครื่อง กำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

เจาะลึกหลักการทำงาน ชิ้นส่วนสำคัญ  
และระบบกระตุ้นแบบไร้แปรงถ่าน  
(Brushless Excitation)

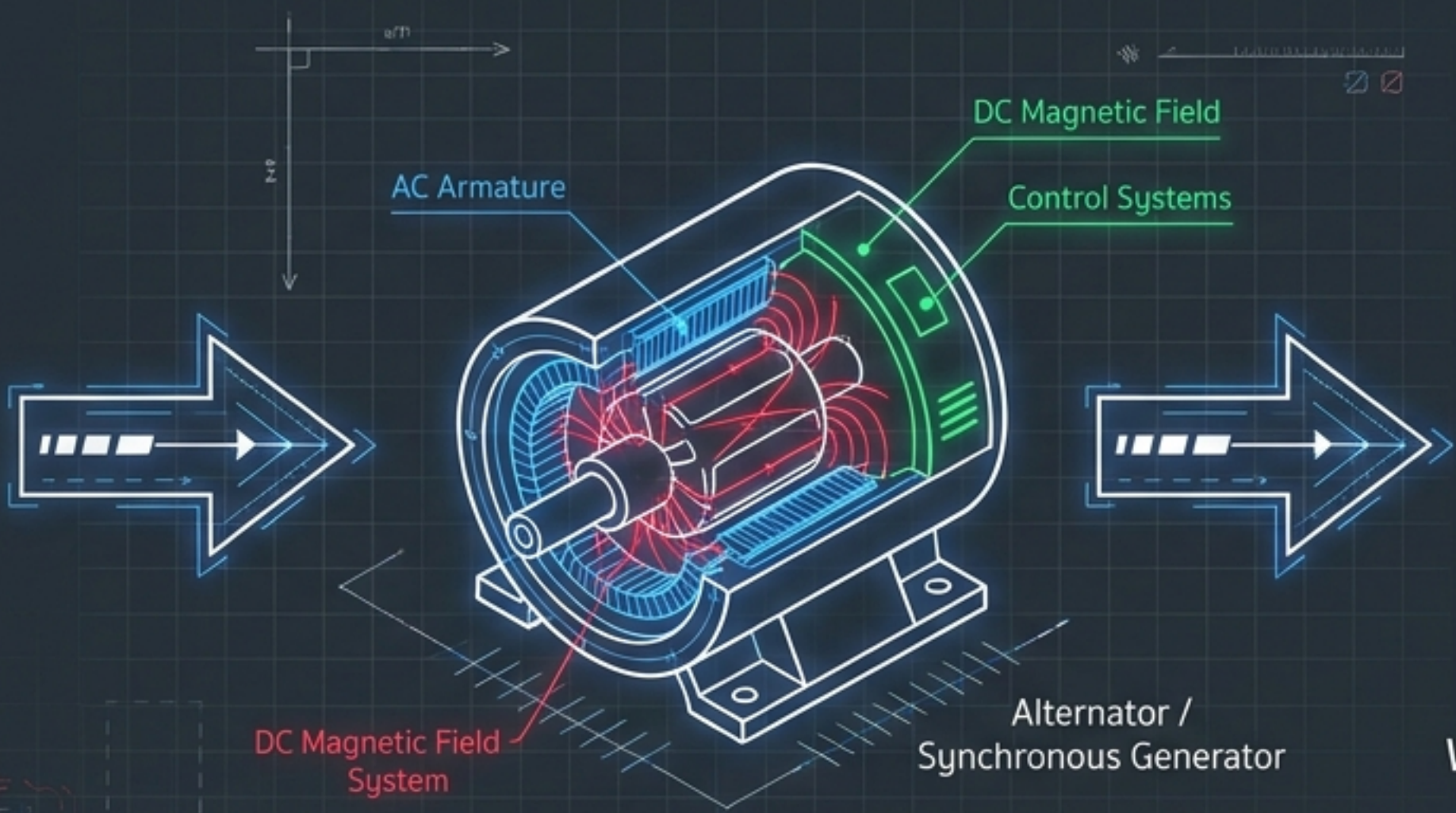


# หัวใจหลักของการกำเนิดไฟฟ้า

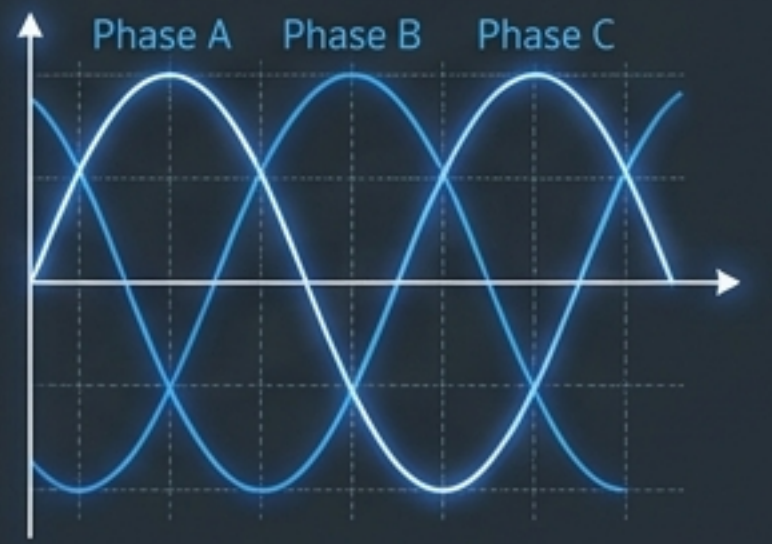
เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternator หรือ Synchronous Generator) ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานกล เป็น พลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ผ่านหลักการตัดกันของสนามแม่เหล็กและขดลวด



พลังงานกล



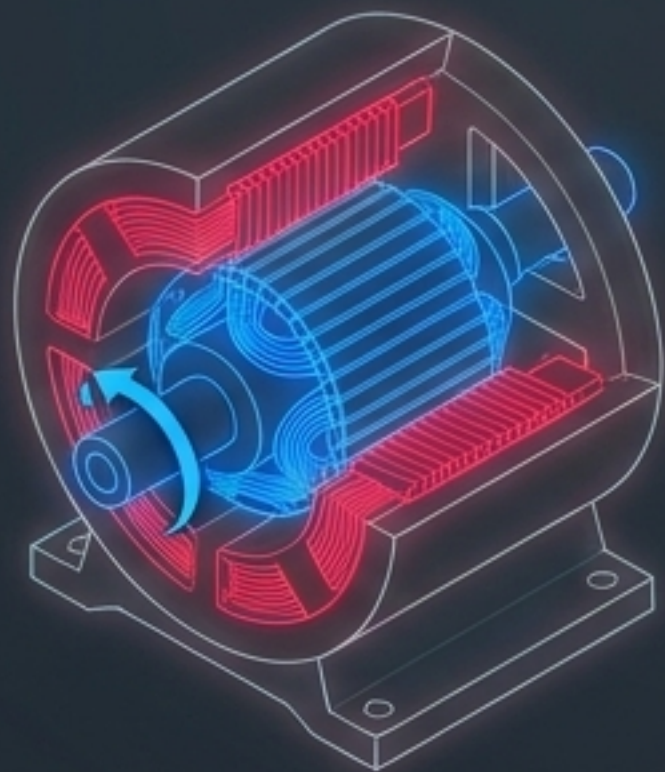
Alternator / Synchronous Generator



พลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ (AC)

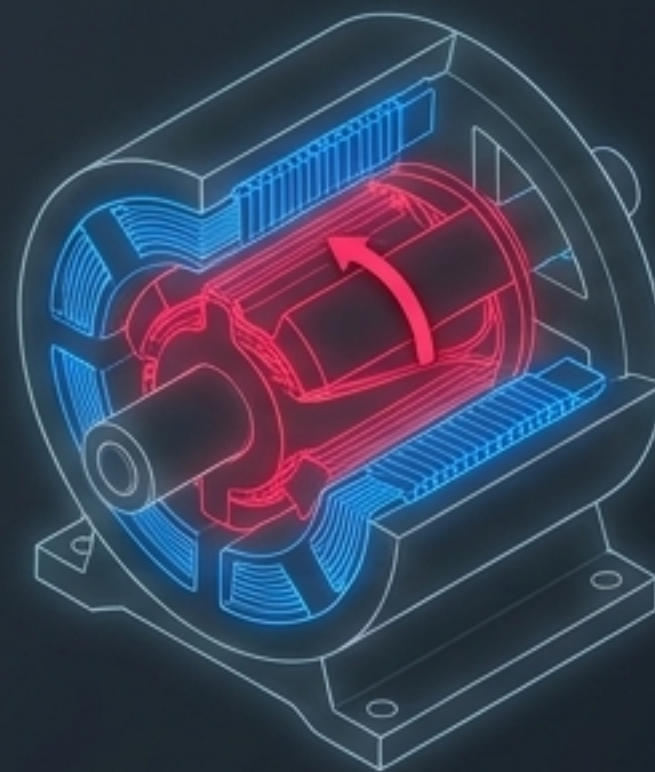
## 2 แนวทางการออกแบบพื้นฐาน: อะไรมุม? อะไรรอยู่กับที่?

### แบบอาร์เมเจอร์หมุน (Rotating Armature)



- ขดลวดแม่เหล็ก (DC) อยู่กับที่ ●
- แกนอาร์เมเจอร์ (AC) หมุนตัดเส้นแรงแม่เหล็ก ●

### แบบขั้วแม่เหล็กหมุน (Rotating Field)



- ขดลวดอาร์เมเจอร์ (AC) อยู่กับที่ ●
- ขั้วแม่เหล็ก (DC) หมุนเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กตัดขดลวด ●

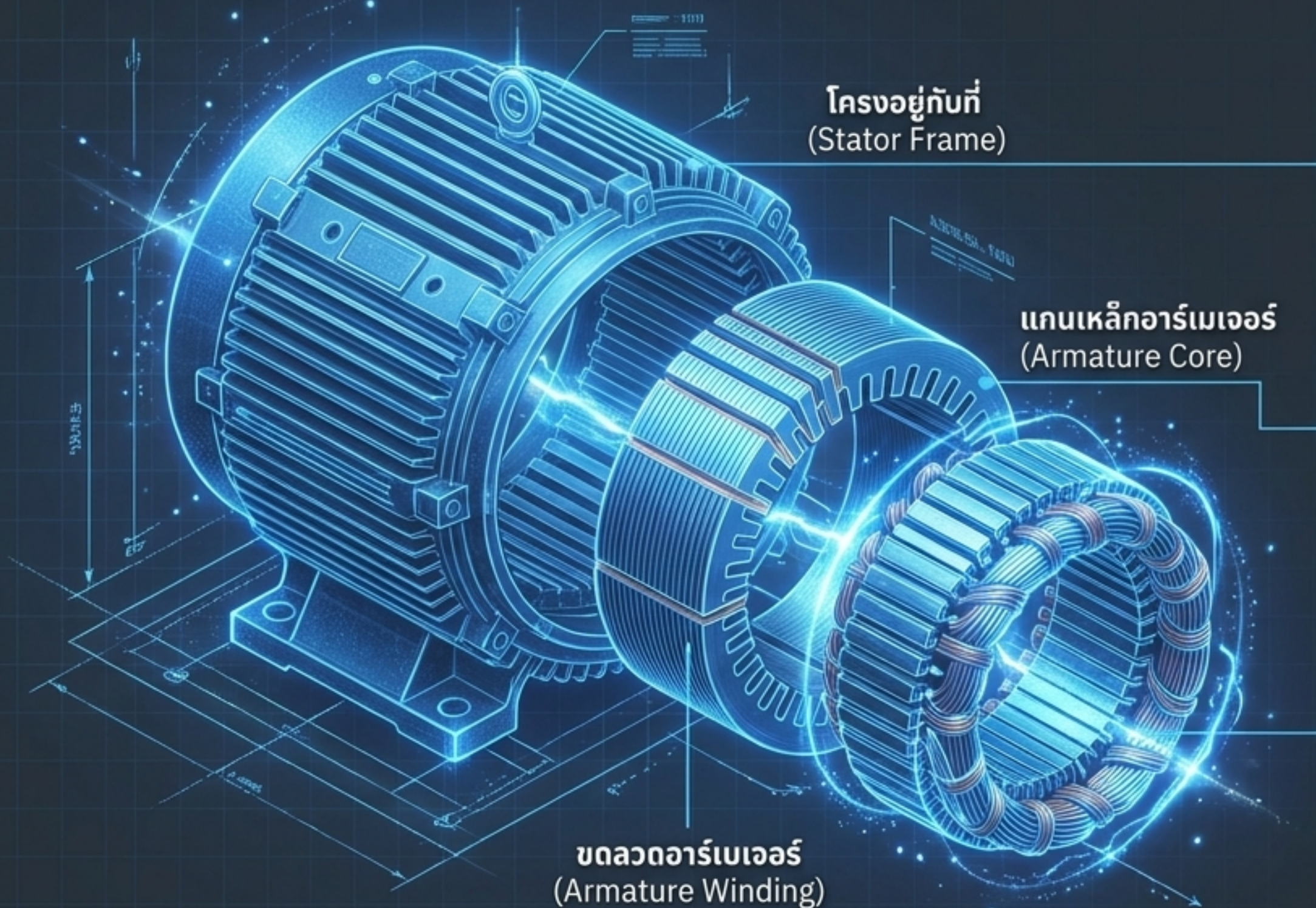
# ทำไมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดใหญ่จึงเลือกใช้ "แบบขั้วแม่เหล็กหมุน"?

Attribute	แบบอาร์เมเจอร์หมุน	แบบขั้วแม่เหล็กหมุน
การจ่ายไฟ DC (DC Supply)	จ่ายตรงเข้าแกนขั้ว	ผ่านแปรงถ่าน/สลิปริง
การจ่ายไฟ AC ออกสู่โหลด (AC Output)	ผ่านสลิปริง (เสี่ยงเกิดประกายไฟ ⚠️)	ต่อตรงจากขดลวดสเตเตอร์ (ไม่มีประกายไฟเมื่อจ่ายโหลด ✅)
พิกัดการสร้างแรงดัน (Voltage Capacity)	ผลิตแรงดันได้ต่ำ เหมาะกับเครื่องขนาดเล็ก	ผลิตแรงดันได้สูง เหมาะกับเครื่องขนาดใหญ่ระดับอุตสาหกรรม



มาตรฐานอุตสาหกรรม: โครงสร้างแบบ 'ขั้วแม่เหล็กหมุน' คือคำตอบสำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ต้องการกำลังและแรงดันสูง

# สเตเตอร์ (Stator): โครงสร้างส่วนที่อยู่กับที่



โครงอยู่กับที่  
(Stator Frame)

**โครงอยู่กับที่ (Stator Frame):**

ทำจากเหล็กหล่อ รองรับน้ำหนักทั้งหมด มีช่องระบายความร้อน

แกนเหล็กอาร์เมเจอร์  
(Armature Core)

**แกนเหล็กอาร์เมเจอร์ (Armature Core):**

เหล็กแผ่นบางอัดซ้อนกัน (Laminated) เคลือบฉนวนเพื่อลดการสูญเสียจากกระแสไหลวน (Eddy Current) และฮิสเทอรีซิส (Hysteresis)

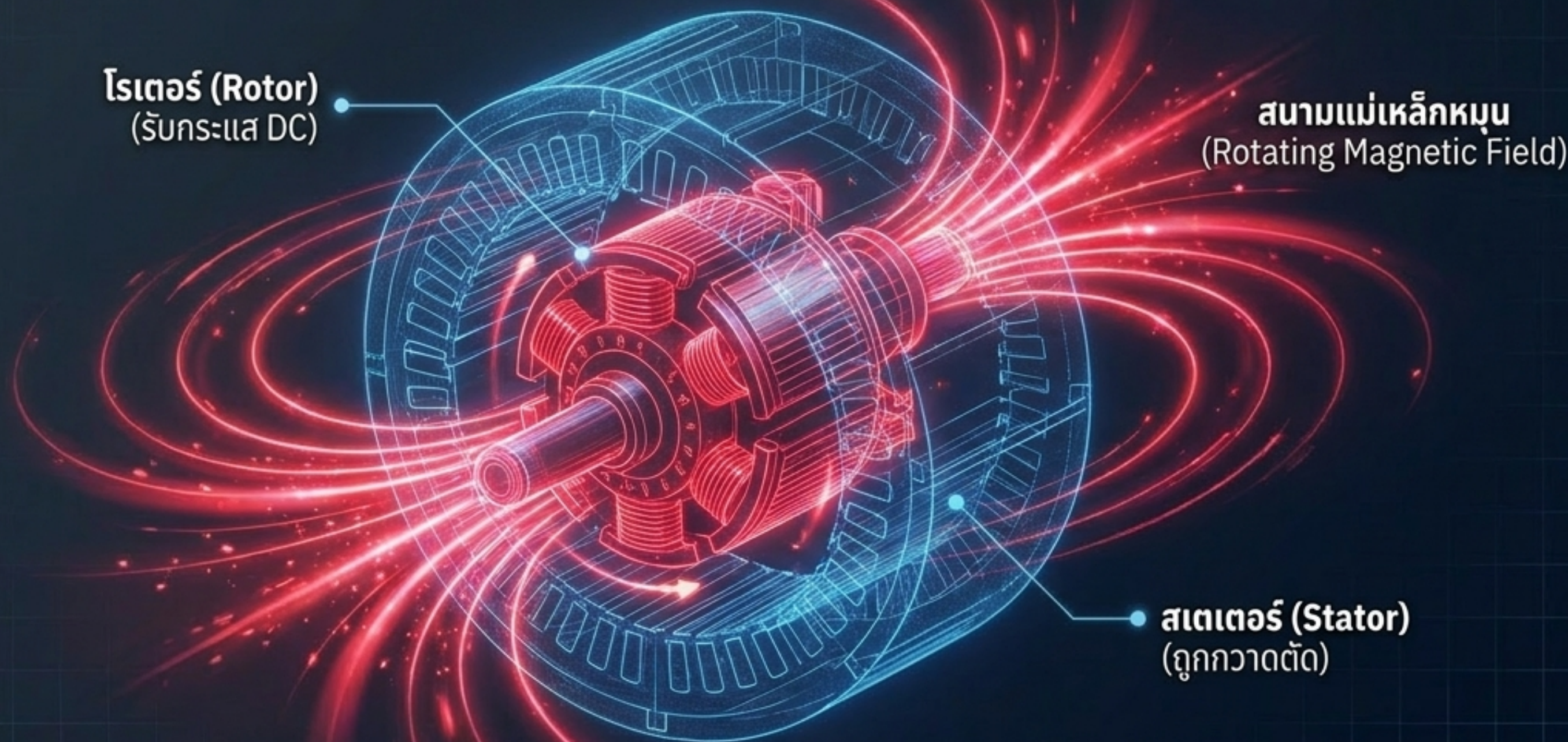
ขดลวดอาร์เมเจอร์  
(Armature Winding)

**ขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature Winding):**

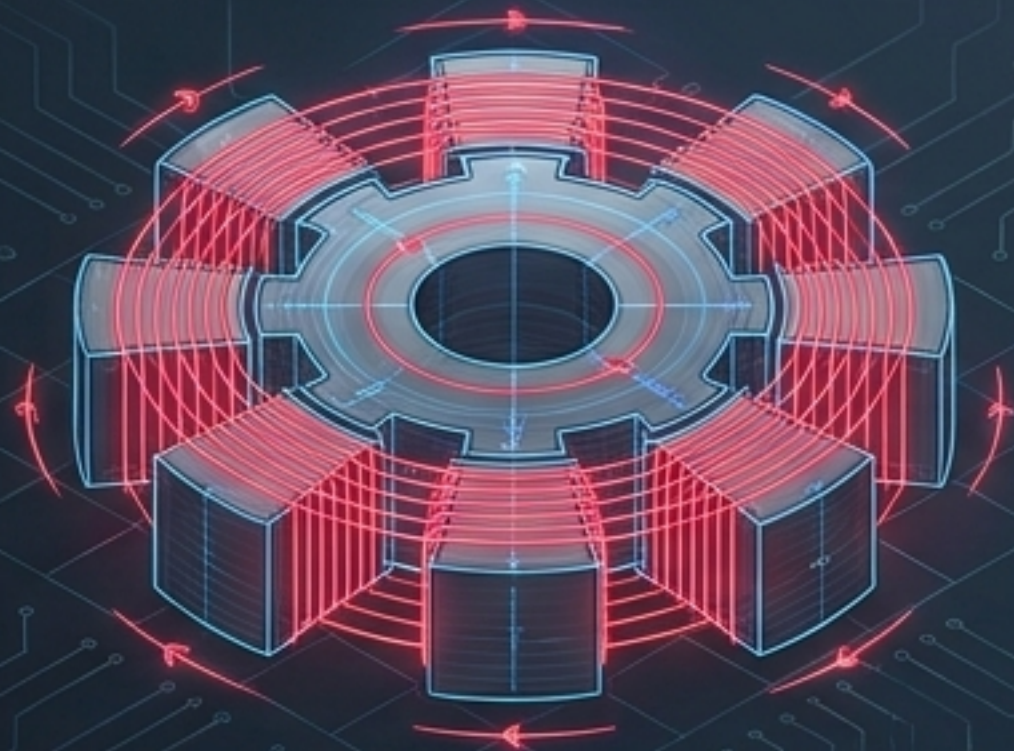
แท่งทองแดงวางในร่องสเตเตอร์ ทำหน้าที่กำเนิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (3 เฟส)

# โรเตอร์ (Rotor): หัวใจของการสร้างสนามแม่เหล็กหมุน

ส่วนที่หมุนทำหน้าที่รับกระแสตรง (DC) เพื่อสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้า เมื่อเพลลาหมุน สนามแม่เหล็กนี้จะไปกวาดสเตเตอร์ รูปแบบของโรเตอร์จะถูกออกแบบให้สอดคล้องกับ “ความเร็วรอบ” ของเครื่องต้นกำลัง ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชนิดหลัก

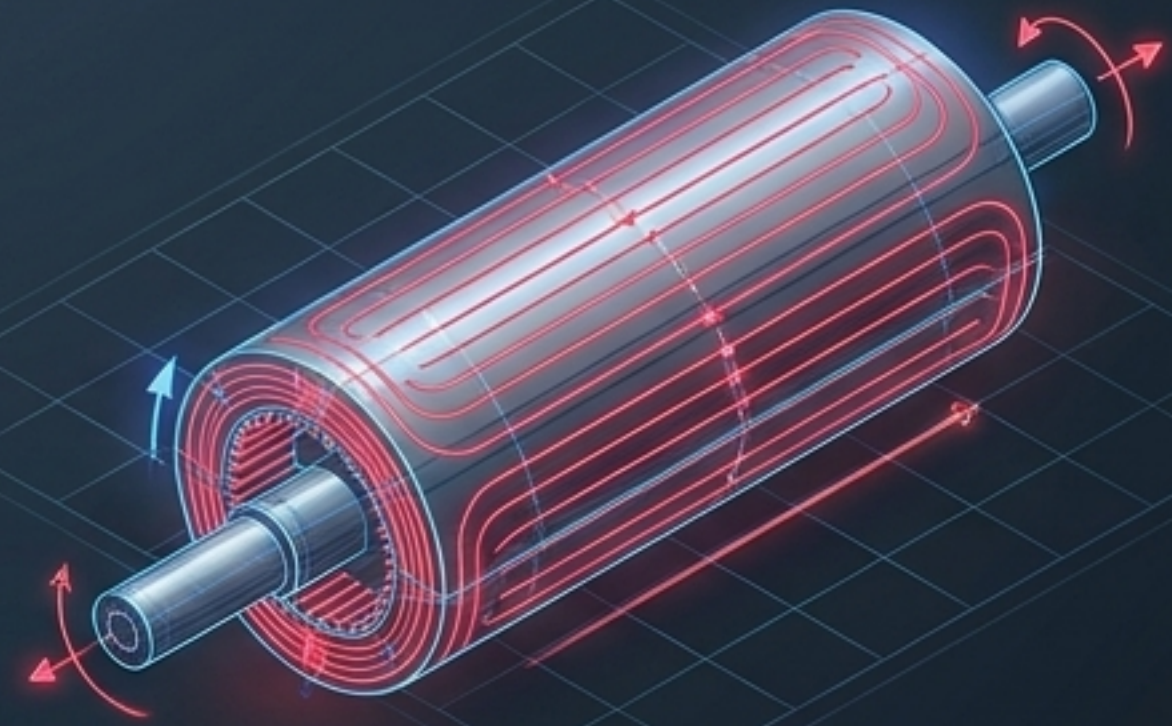


# สถาปัตยกรรมโรเตอร์: ความเร็วรอบกำหนดรูปทรง



## แบบขั้วแม่เหล็กยื่น (Salient Pole)

- ลักษณะ: แกนขั้วยื่นชัดเจน อ้วน-สั้น
- จำนวนขั้ว: 6 ขั้วขึ้นไป
- ความเร็ว: รอบต่ำถึงปานกลาง
- เครื่องต้นกำลัง: กังหันน้ำ, เครื่องยนต์ดีเซล

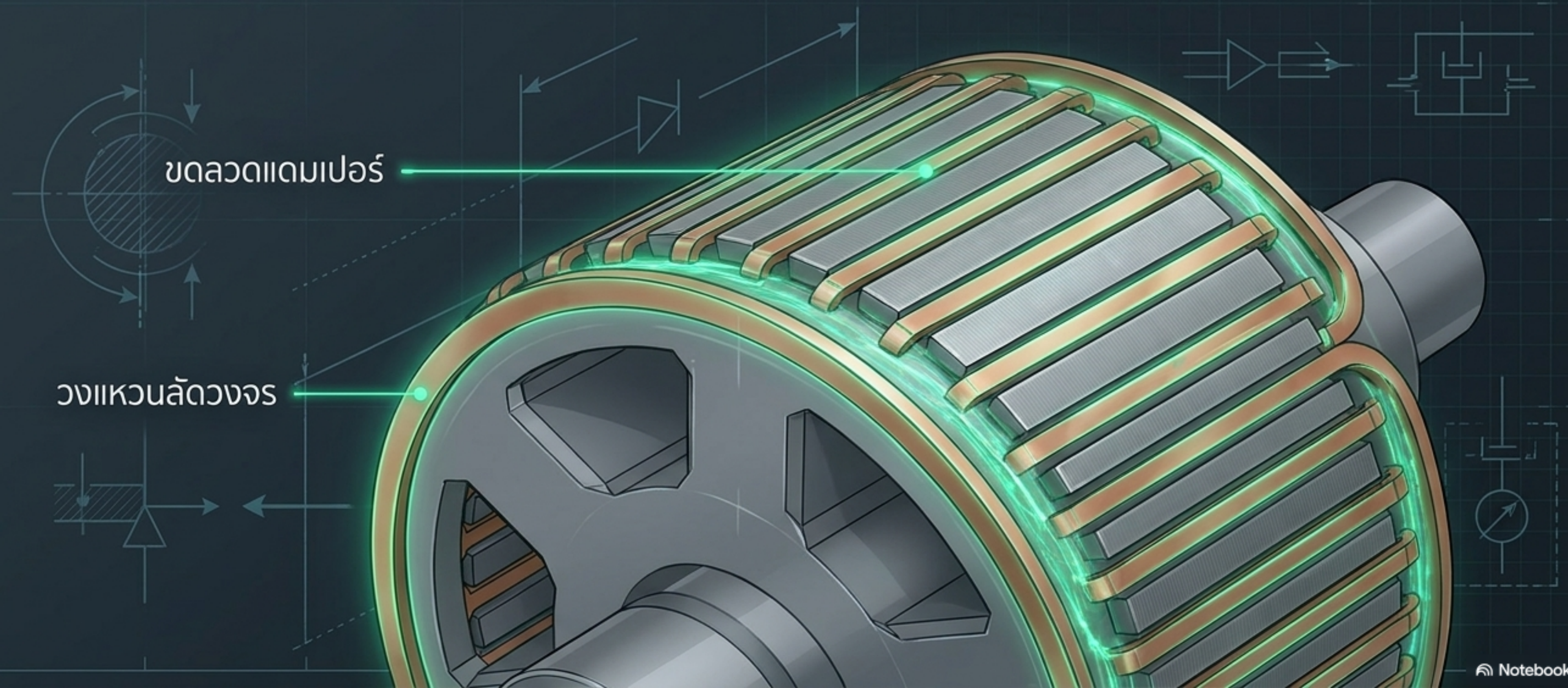


## แบบขั้วเรียบทรงกระบอก (Cylindrical)

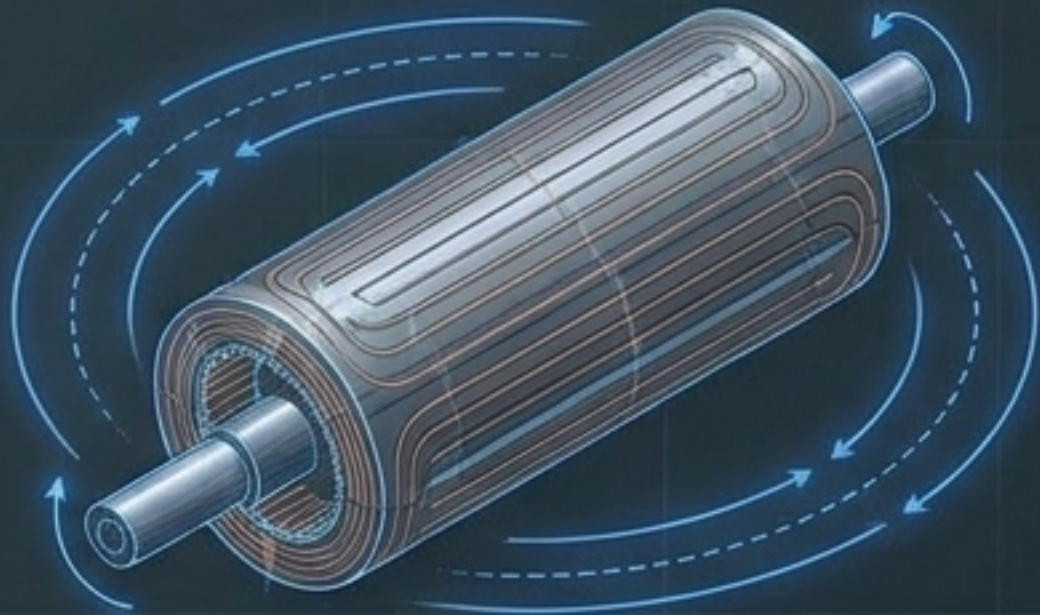
- ลักษณะ: เรียบเสมอกัน พอม-ยาว (ลดแรงหนีศูนย์กลางและแรงต้านลม)
- จำนวนขั้ว: 2 หรือ 4 ขั้ว
- ความเร็ว: รอบสูงมาก
- เครื่องต้นกำลัง: กังหันไอน้ำ, กังหันก๊าซ

# ขดลวดแดมเปอร์ (Damper Winding): ระบบป้องกันการสั่น

แท่งทองแดงฝังอยู่บริเวณหน้าขั้วแม่เหล็กของโรเตอร์ ปลายทั้งสองข้างถูกลัดวงจรด้วยวงแหวนทองแดง ทำหน้าที่คล้ายโช้คอัพ (Shock Absorber) เพื่อหน่วงการสั่น (Oscillation/Hunting) ของโรเตอร์

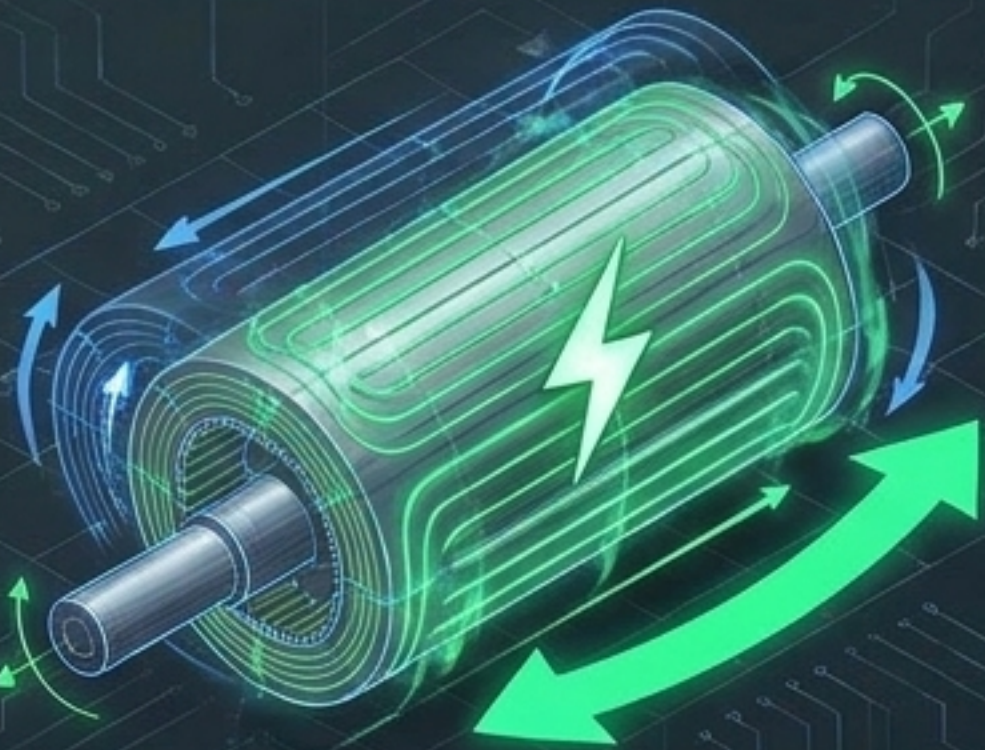


# กลไกการลดการสั่นเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงโหลด



## ภาวะปกติ

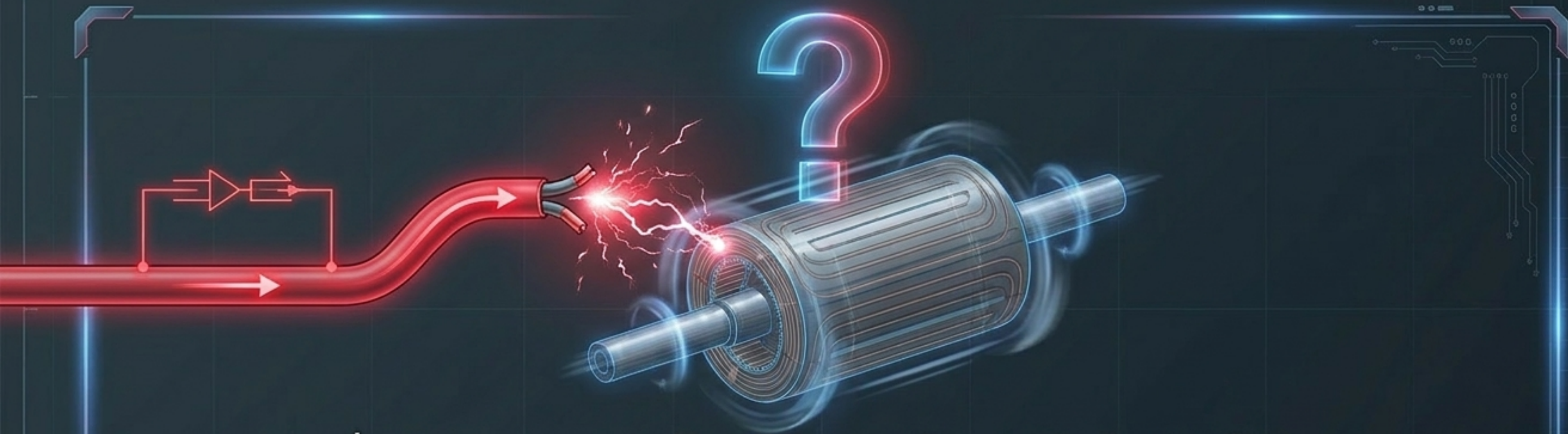
โรเตอร์หมุนด้วย “ความเร็วเชิงโคจร”  
= ขดลวดแอมแปร์ไม่ตัดเส้นแรงแม่เหล็ก  
-> ไม่มีกระแสเหนี่ยวนำ



## ภาวะโหลดเปลี่ยนแปลงกระทันหัน

โรเตอร์เกิดการแกว่ง (ความเร็วไม่สม่ำเสมอ)  
-> แอมแปร์ตัดสนามแม่เหล็ก  
-> เกิดกระแสเหนี่ยวนำลัดวงจร  
-> สร้างสนามแม่เหล็กต่อต้านการสั่น  
ช่วยหน่วงให้โรเตอร์กลับสู่สมดุลเร็วขึ้น

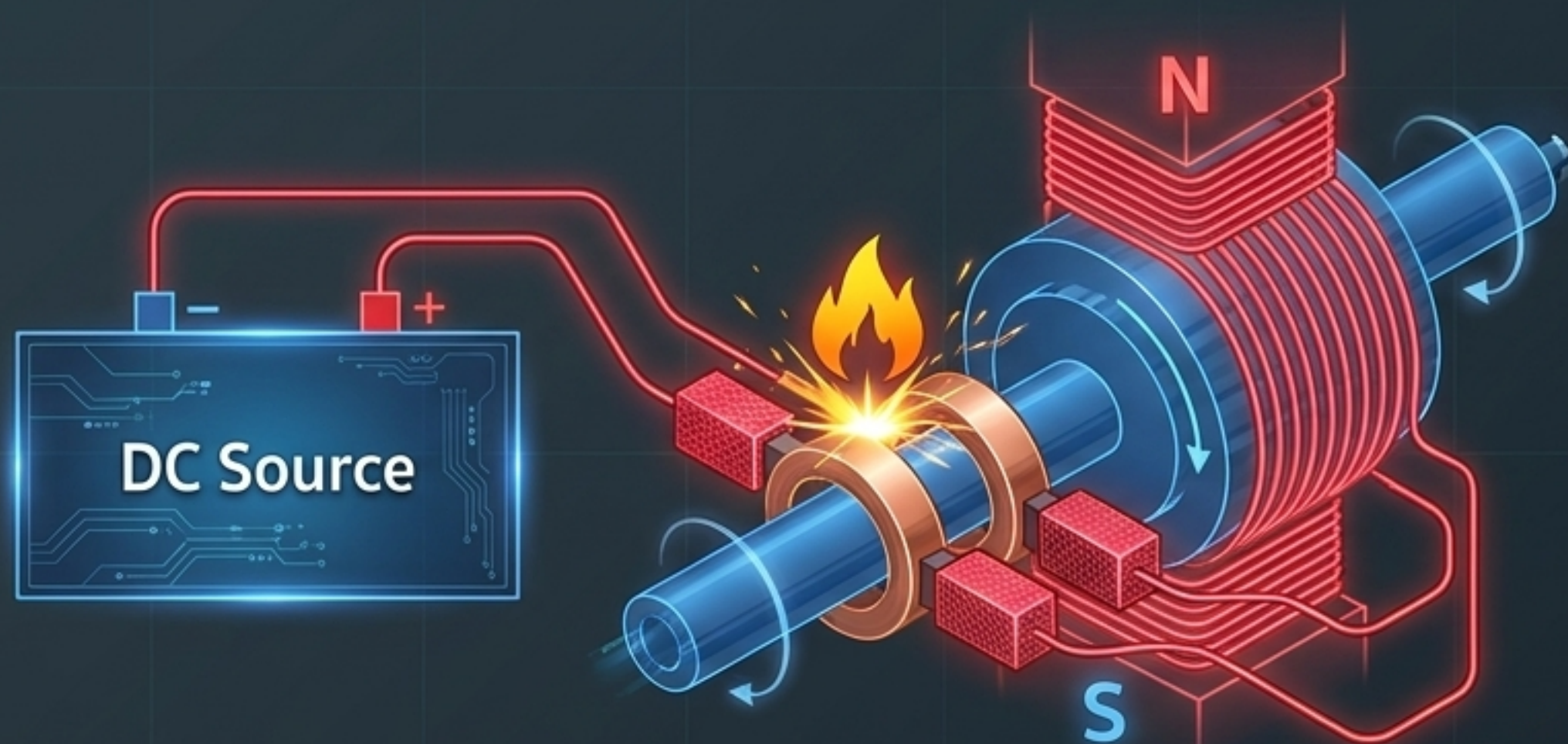
# ปริศนาขั้นสุดท้าย: โรเตอร์เอาไฟ DC มาจากไหน?



เพื่อสร้างสนามแม่เหล็ก ขดลวดบนโรเตอร์จำเป็นต้องได้รับ ไฟฟ้ากระแสตรง (DC) อย่างต่อเนื่อง แต่โรเตอร์กำลังหมุนด้วยความเร็วสูง! เราจะส่งกระแสไฟฟ้าเข้าไปในชิ้นส่วนที่กำลังหมุนได้อย่างไร?

**คำตอบคือระบบ เอ็กไซเตอร์ (Exciter)**

# Gen 1: เอ็นจิเนียเตอร์แบบใช้แหล่งจ่ายภายนอก



แหล่งจ่ายไฟ DC ภายนอก

แปรงถ่าน (Brushes)

วงแหวนสลิปริง (Slip Rings)

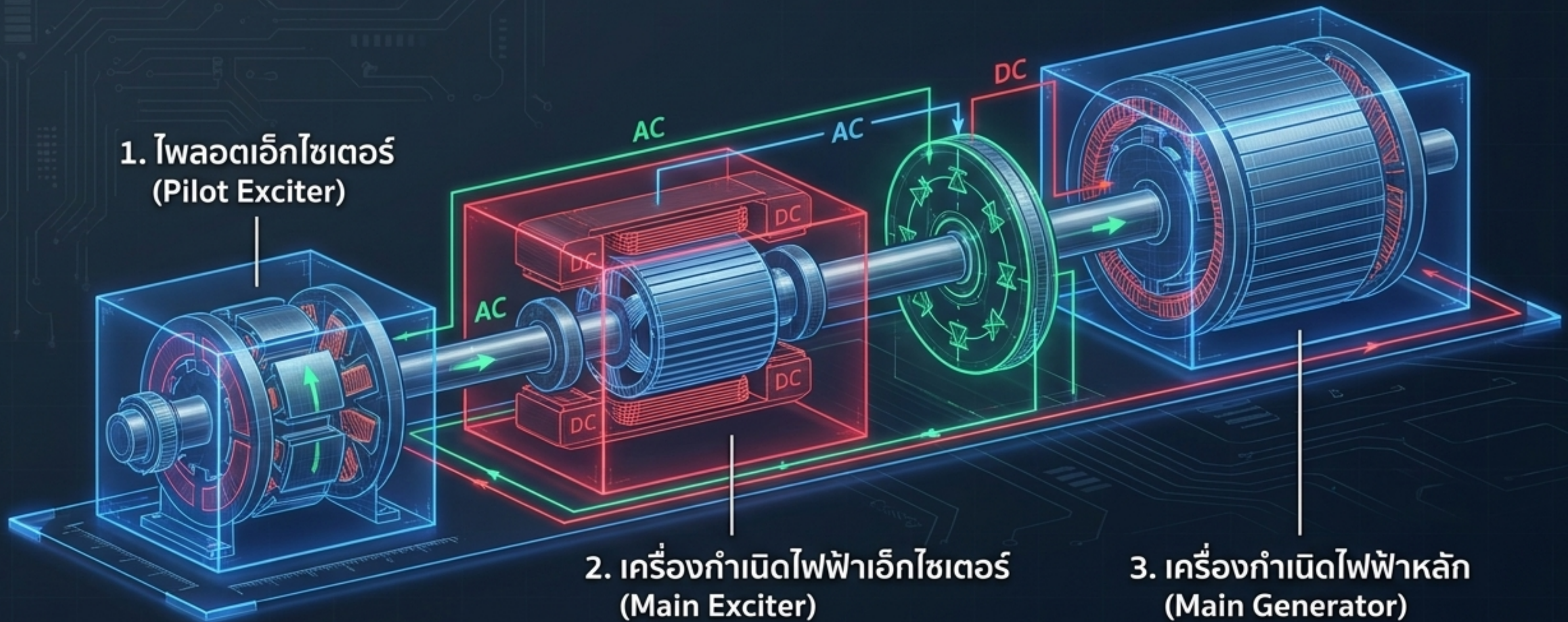
ขดลวดสนามแม่เหล็กบนโรเตอร์



จุดอ่อนสำคัญ: การเสียดสีระหว่างแปรงถ่านและสลิปริงขณะหมุนด้วยความเร็วสูงทำให้เกิด “ประกายไฟ” และการสึกหรอ ต้องบำรุงรักษาอย่างต่อเนื่อง

# Gen 2: วิวัฒนาการสู่ "ระบบกระตุ้นแบบไร้แปรงถ่าน" (Brushless Exciter)

แก้ปัญหาคะพริบไฟด้วยการสร้างแหล่งจ่ายไฟ DC "พิเศษ" ซ้อนเข้าไปบนเพลลาเดียวกับกระแสไฟฟ้าถูกสร้างและแปลงสภาพบนเพลลาที่กำลังหมุน โดยไม่ต้องผ่านการสัมผัสใดๆ ทั้งสิ้น



# เส้นทางกาแปลงพลังงาน: จาก Pilot สู่ Exciter

## Step 1: Pilot Exciter (ผู้ริเริ่ม)



โรเตอร์แม่เหล็กถาวรหมุนสร้างโพล 3 เฟส (AC) -> ผ่านชุดเรียงกระแส (Diode Bridge อยู่กับที่) -> ได้โพล DC ส่งเข้าสู่สเตเตอร์ของ Exciter (ควบคุมกระแสผ่านรีโอสแตต)

## Step 2: Main Exciter (ตัวขยายกำลัง)

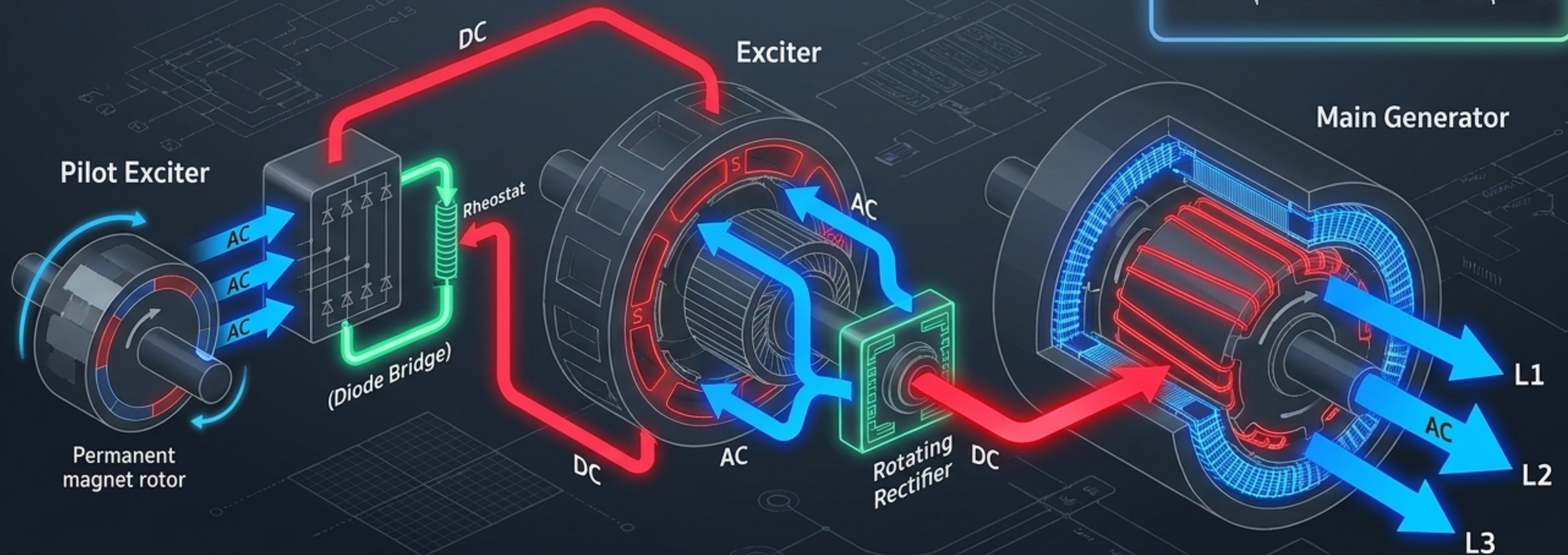


สเตเตอร์รับโพล DC เกิดสนามแม่เหล็ก -> เหนี่ยวนำขดลวดโรเตอร์ที่กำลังหมุนให้เกิดโพล 3 เฟส (AC) -> ผ่านชุดเรียงกระแสที่ "ยึดติดกับแกนหมุน" -> ได้โพล DC ส่งต่อไปยังเครื่องหลัก

# สถาปัตยกรรมแบบ 3-in-1: รวมเป็นหนึ่งเดียว

## Aha Moment

ไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ถูกสร้างและส่งตรงเข้าสู่ขั้วแม่เหล็กหลักบนเพลลาหมุนเบ็ดเสร็จ โดยไม่ต้องมีจุดเชื่อมต่อที่เสียดสีกันแม้แต่จุดเดียว

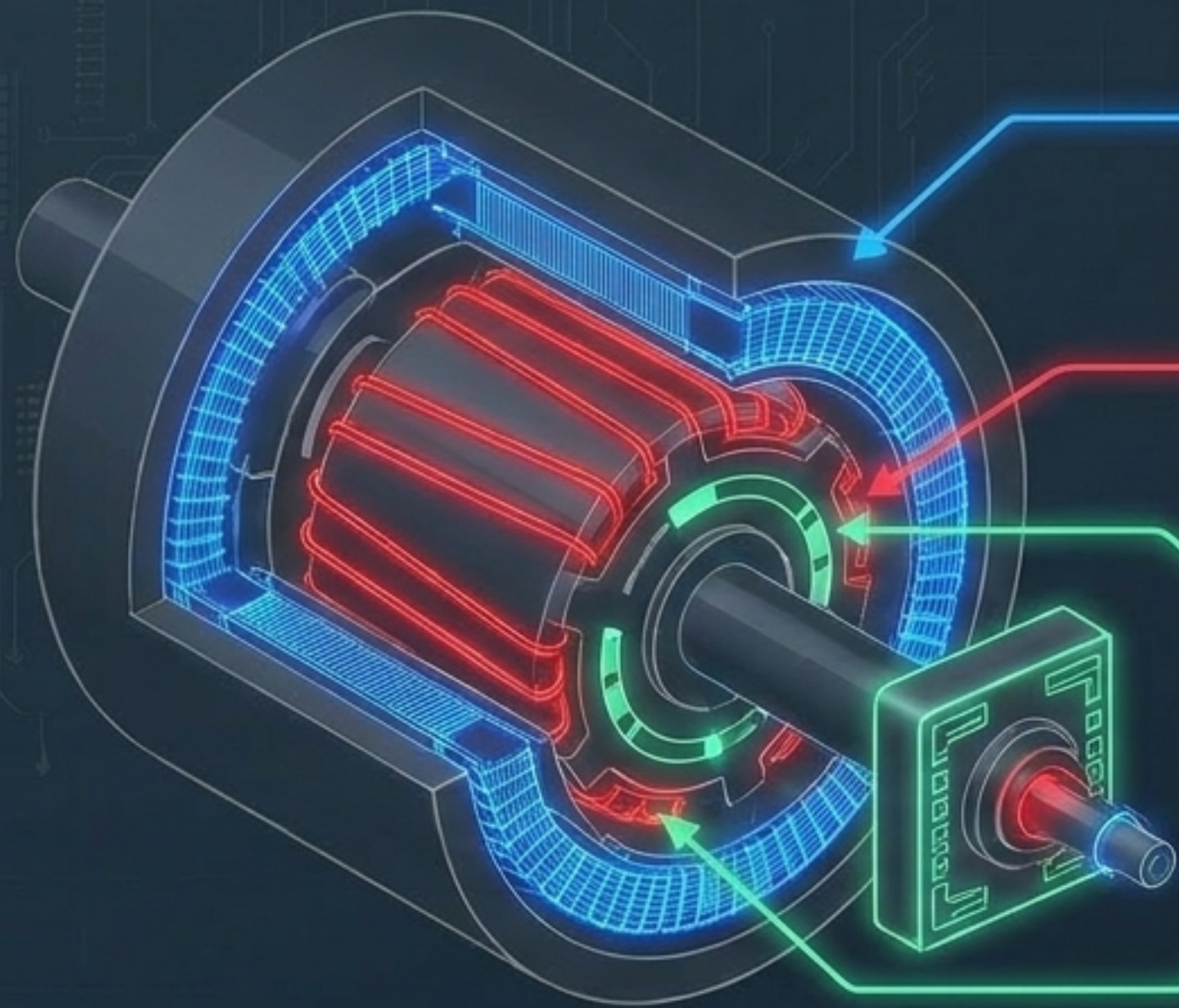


[Pilot]  
สร้างพลังงานตั้งต้น -> (Rectifier 1) ->  
แปลงเป็น DC ควบคุมได้

[Exciter]  
ขยายกำลังบนมอเตอร์ -> สร้างกระแส AC บนเพลลา ->  
(Rotating Rectifier) -> แปลงเป็น DC บนเพลลาหมุน

[Main Generator]  
ขั้วแม่เหล็กหลักรับไฟ DC -> หมุนกวาดสเตเตอร์หลัก  
-> ทำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส จ่ายสู่โครงข่าย

# สรุปโครงสร้างสมบูรณ์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ



- **Stator (อาร์เมเจอร์):** โครงอยู่กัที่คอยรับสนามแม่เหล็กเพื่อง่ายไฟสลับ (AC) สู่ภายนอก
- **Rotor (ขั้วแม่เหล็ก):** ระบบหมุนที่รับไฟกระแสตรง (DC) เพื่อสร้างสนามแม่เหล็กทรงพลัง
- ◆ **Damper Winding:** ระบบหน่วงการแกว่งรักษาเสถียรภาพยามโหลดเปลี่ยน
- ★ **Brushless Exciter:** โรงไฟฟ้าขนาดย่อมบนเพลาดียวกันเลี้ยงกระแส DC ให้ขั้วแม่เหล็กหลักโดยไร้รอยต่อ

การผสานรวมโครงสร้างทางกลและระบบแม่เหล็กไฟฟ้าอย่างสมบูรณ์แบบ  
ทำให้เครื่องจักรนี้คือหัวใจสำคัญในการขับเคลื่อนพลังงานของโลกอุตสาหกรรม