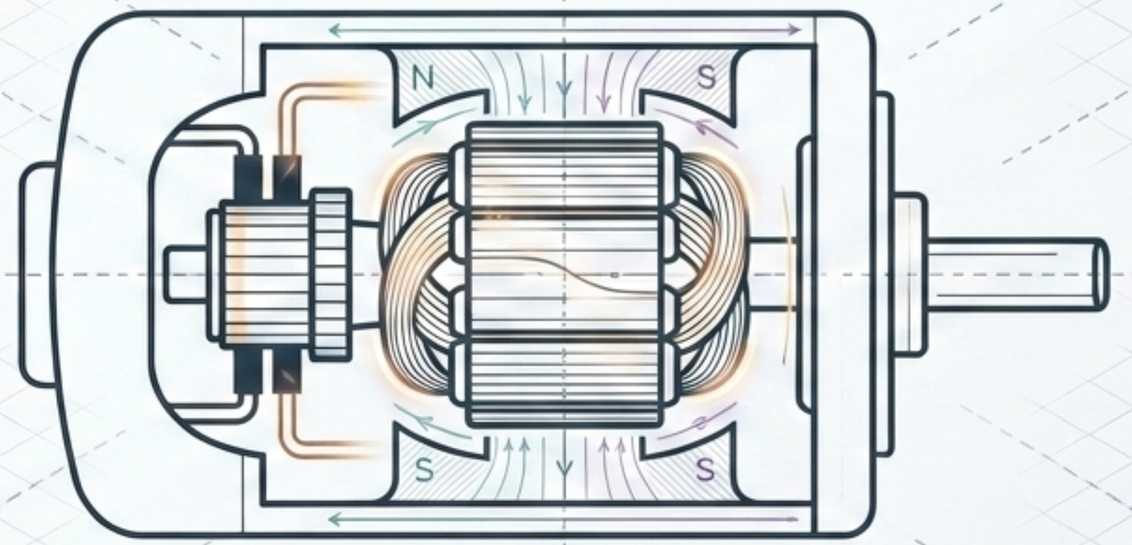
โครงสร้างและหลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

คู่มือภาพอ้างอิงเชิงวิศวกรรม

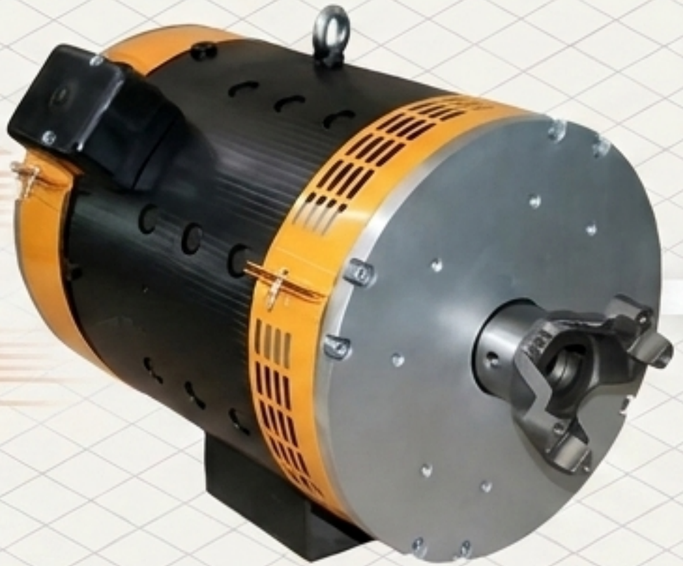


พลังงานไฟฟ้า → พลังงานกล

NotebookLM

แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

กระแสไฟฟ้าที่ไหลทางเดียวคงที่



Black Box

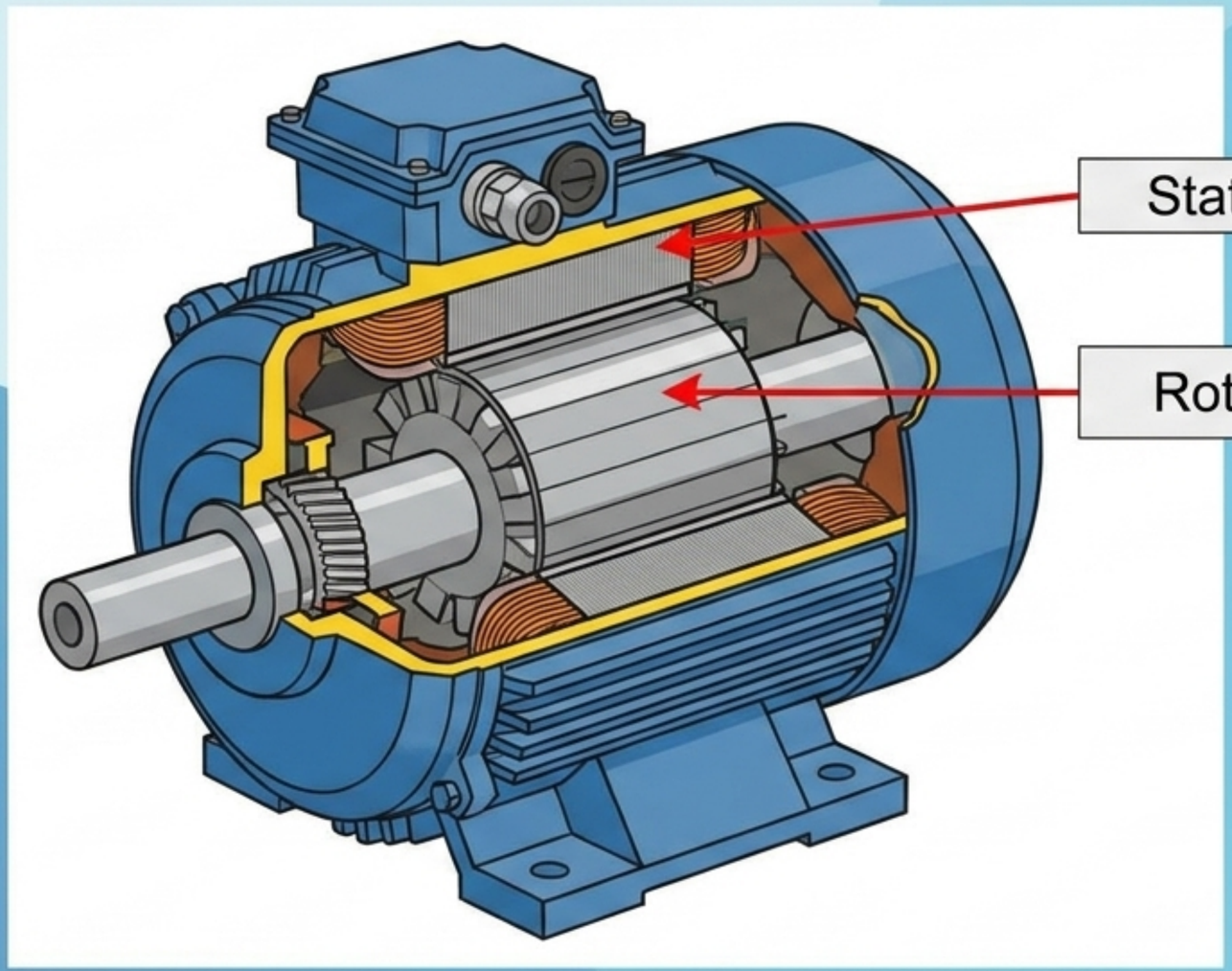
มอเตอร์ไฟฟ้า: หัวใจของการแปลงพลังงาน

พลังงานกล

การหมุนที่ควบคุมความเร็วได้
แม่นยำ ตั้งแต่ต่ำสุดถึงสูงสุด
นิยมใช้ในรถไฟฟ้าและอุตสาหกรรม

NotebookLM

โครงสร้างพื้นฐาน: 2 องค์ประกอบหลัก



NotebookLM

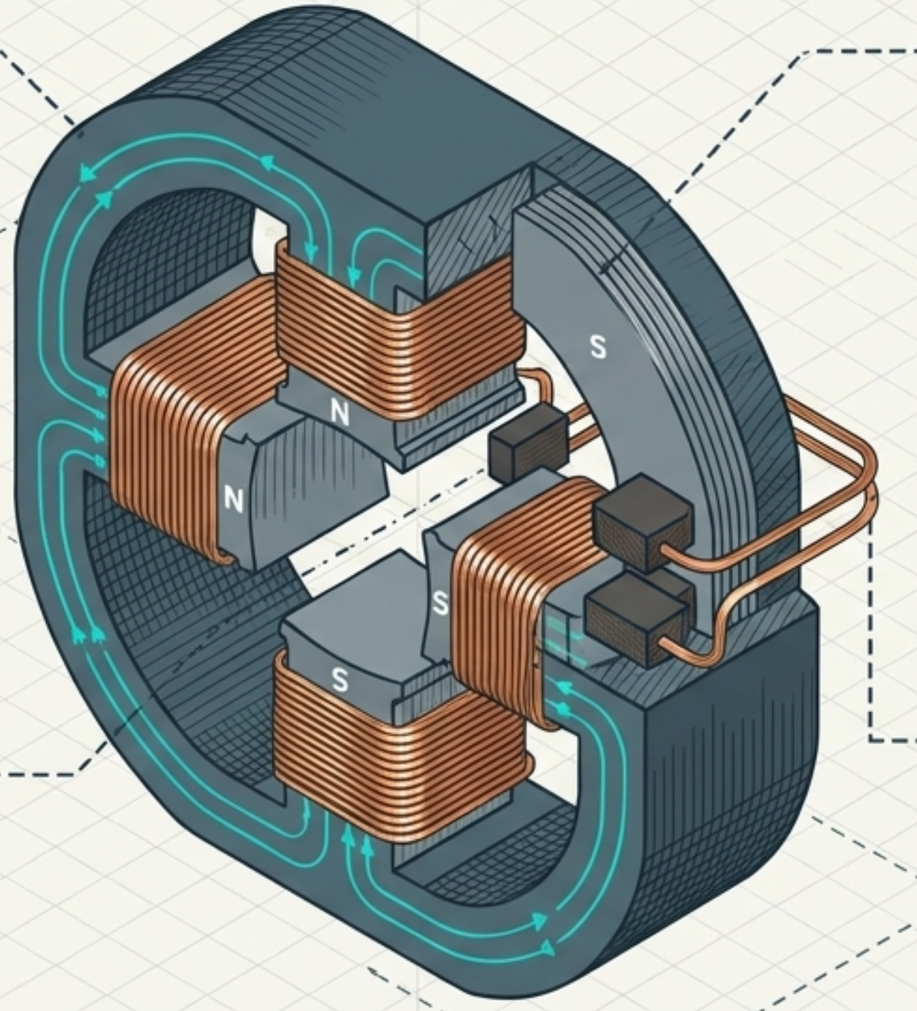
รายละเอียดโครงสร้าง: ส่วนอยู่กับที่ (Stator)

เปลือก/โครง (Yoke)

วัสดุ: เหล็กหล่อ (Cast Iron)
หน้าที่: ยึดขั้วแม่เหล็กและเป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็ก

ขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field Coil)

วัสดุ: ลวดทองแดง (Copper Wire)
หน้าที่: สร้างเส้นแรงแม่เหล็กเมื่อได้รับกระแสกระตุ้น (Excitation current)



ขั้วแม่เหล็ก (Field Pole)

วัสดุ: แผ่นเหล็กบางอัดซ้อน (Laminated Steel)
หน้าที่: สร้างขั้วเหนือ-ใต้ (N-S)

ชุดแปรงถ่าน (Brush Holder)

วัสดุ: คาร์บอน/แกรไฟต์ (Carbon/Graphite)
หน้าที่: สะพานเชื่อมกระแสไฟฟ้าจากภายนอกสู่ส่วนหมุน

NotebookLM

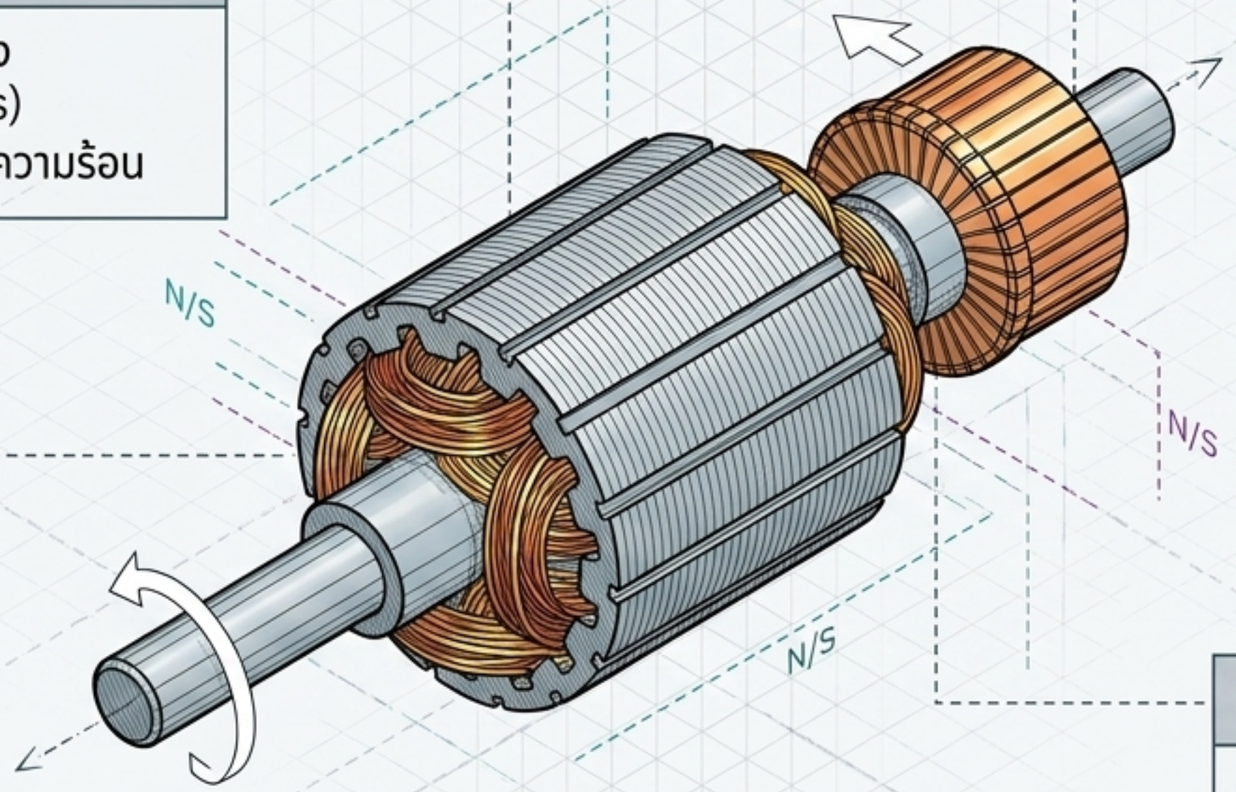
รายละเอียดโครงสร้าง: ส่วนที่เคลื่อนที่ (Rotor)

แกนเหล็กอาร์เมเจอร์ (Armature Core)

วัสดุ: แผ่นเหล็กอัดซ้อนเซาะร่อง (Laminated Steel with Slots)
หน้าที่: บรรจุขดลวดและระบายความร้อน

ขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature Winding)

โครงสร้าง: พันแบบ Lap หรือ Wave
หน้าที่: รับกระแสไฟฟ้าเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กต้านกับสเตเตอร์



คอมมิวเตเตอร์ (Commutator)

วัสดุ: แท่งทองแดงคั่นด้วยไมก้า (Copper separated by Mica)
หน้าที่: เปลี่ยนทิศทางกระแสไฟฟ้าให้หมุนต่อเนื่อง

แกนเพลา (Shaft)

วัสดุ: แกนเหล็กกลม (Steel rod)
หน้าที่: ส่งมอบพลังงานกล (แรงบิด) สู่อุปกรณ์ภายนอก

NotebookLM

Diagnostic Matrix

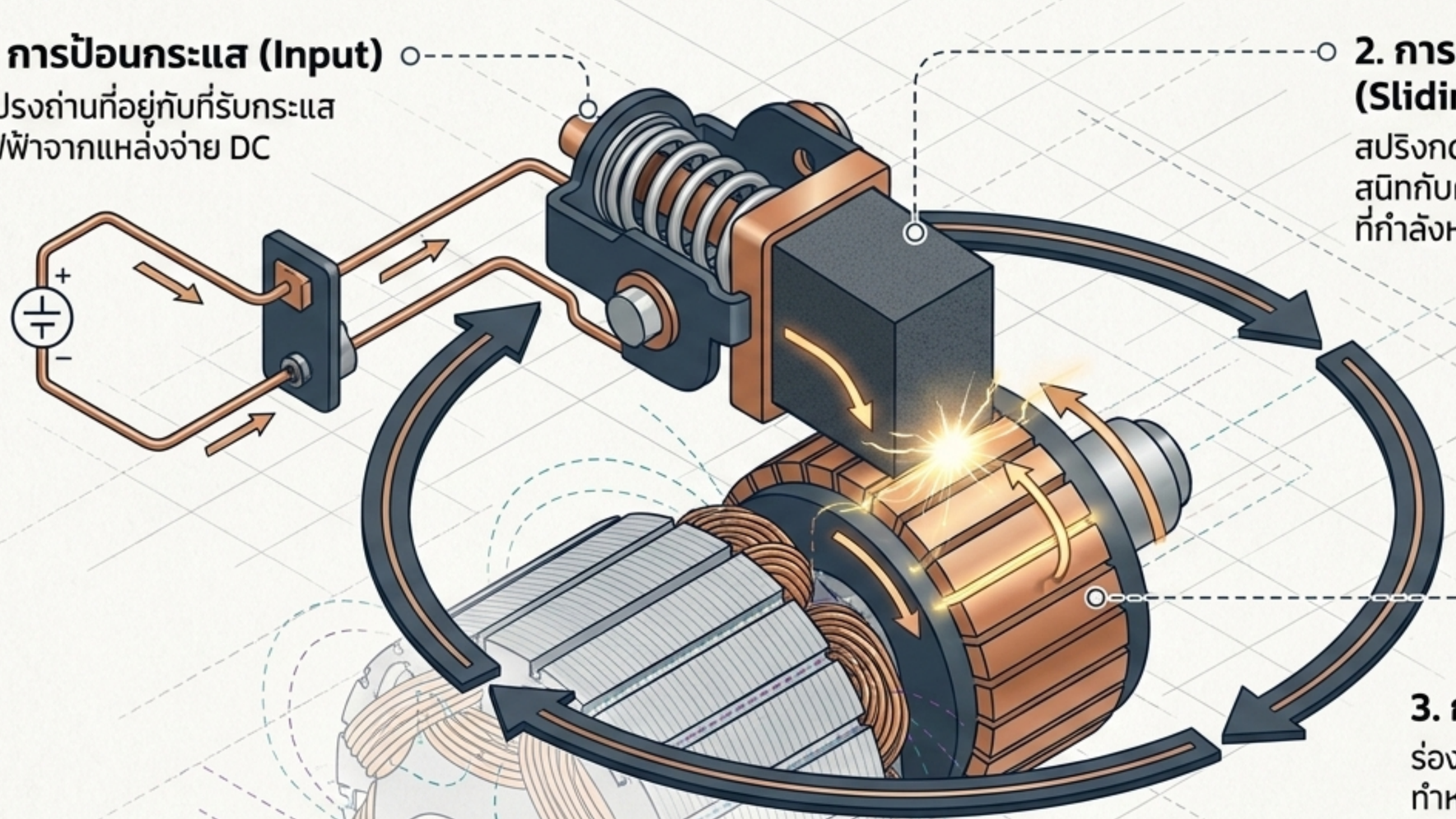
ชิ้นส่วน (Component)	ตำแหน่ง (Location)	วัสดุหลัก (Material)	หน้าที่เชิงวิศวกรรม (Engineering Function)
เปลือกมอเตอร์ (Yoke)	Stator	เหล็กหล่อ	โครงสร้างฐาน & วงจรแม่เหล็ก
ขั้วแม่เหล็ก (Poles)	Stator	แผ่นเหล็กซ้อน	กระจายเส้นแรงแม่เหล็ก
แปรงถ่าน (Brushes)	Stator	คาร์บอน/แกรไฟต์	จุดสัมผัสส่งกระแสไฟฟ้า
อาร์เมเจอร์ (Armature)	Rotor	แผ่นเหล็ก + ลวดทองแดง	สร้างสนามแม่เหล็กผลักดัน
คอมมิวเตเตอร์ (Commutator)	Rotor	ทองแดง + ไมก้า	สลับทิศทางกระแสไฟฟ้าให้หมุนทิศเดียว

NotebookLM

ความลับของการหมุนต่อเนื่อง: แปรงถ่าน & คอมมิวเตเตอร์

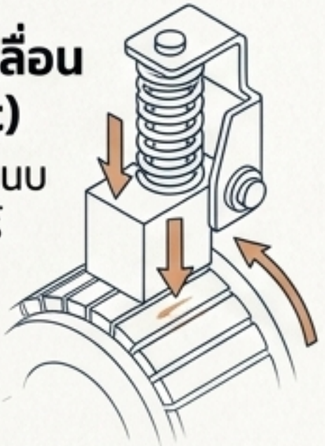
1. การป้อนกระแส (Input)

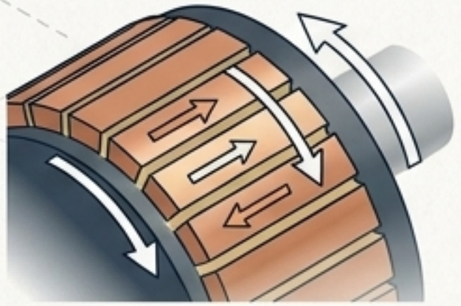
แปรงถ่านที่อยู่กับที่รับกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่าย DC



2. การสัมผัสแบบเลื่อน (Sliding Contact)

สปริงกดแปรงถ่านให้แนบสนิทกับคอมมิวเตเตอร์ที่กำลังหมุน



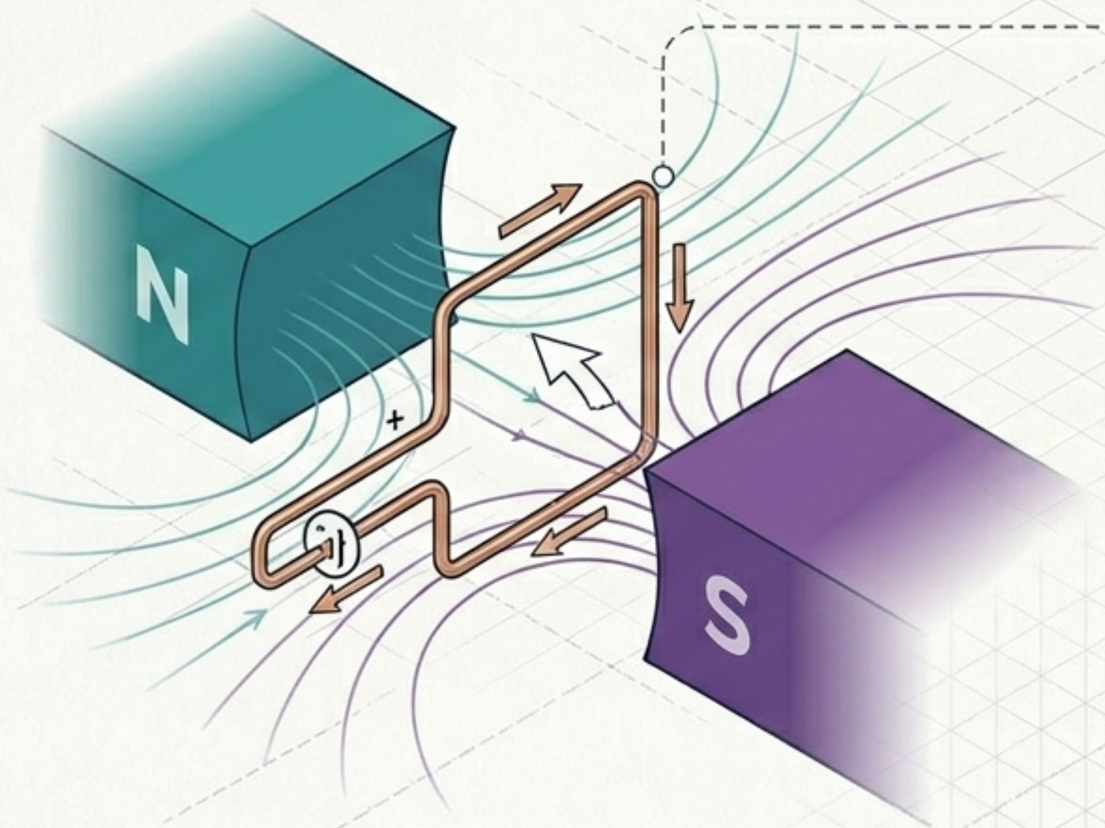


3. การสลับขั้ว (Commutation)

ร่องฉนวนไมก้าแยกระหว่างชิ่ทองแดง ทำหน้าที่สลับทิศทางกระแสไฟฟ้าในขดลวดอาร์เมเจอร์จังหวะที่แม่นยำ เพื่อให้เกิดแรงผลักไปในทิศทางเดิมเสมอ

NotebookLM

ฟิสิกส์ของการขับเคลื่อน: กฎมือซ้ายของเฟลมมิ่ง



นิ้วชี้ (Index):
สนามแม่เหล็ก (Magnetic Field)
ไหลจากขั้ว N ไป S

นิ้วกลาง (Middle):
กระแสไฟฟ้า (Current)
ไหลผ่านอาร์เมเจอร์

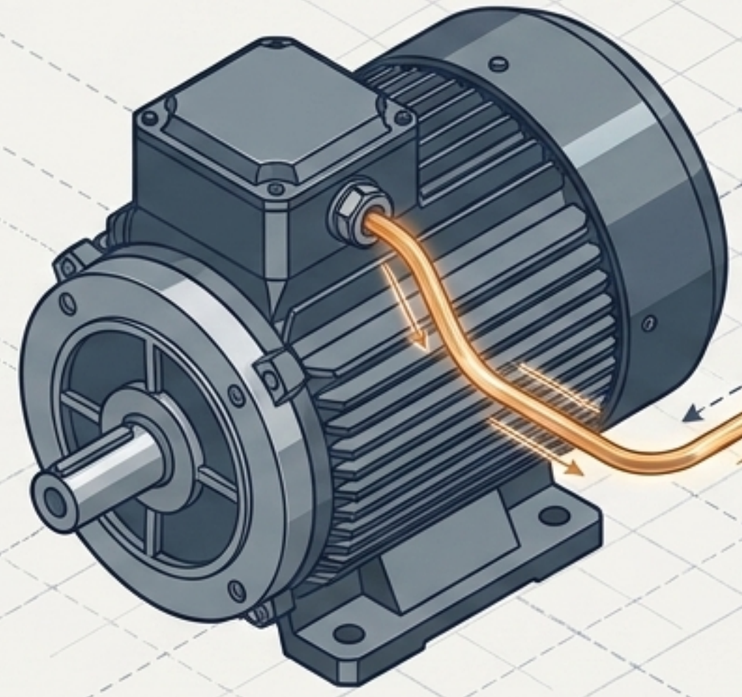
นิ้วโป้ง (Thumb):
แรงกล (Force/Motion)
แรงผลักที่ทำให้เพลาหมุน

สนามแม่เหล็ก + กระแสไฟฟ้า = การเคลื่อนที่

NotebookLM

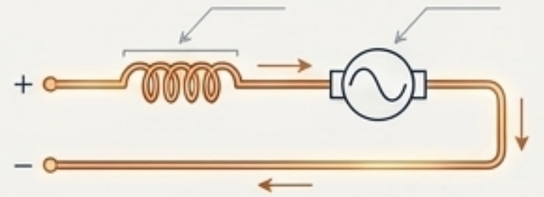
ดีเอ็นเอของมอเตอร์: ส่วนประกอบเดียวกัน พันธุกรรมต่างกัน

Core Insight: มอเตอร์ DC ทุกประเภทมีโครงสร้างทางกายภาพเหมือนกันทุกประการ สิ่งที่สร้างความแตกต่างระหว่าง ‘นักยกน้ำหนัก’ (แรงบิดสูง) และ ‘นักวิ่งมาราธอน’ (ความเร็วคงที่) คือ วิธีการต่อสายไฟ ระหว่างขดลวดสนามแม่เหล็ก และอาร์เมเจอร์



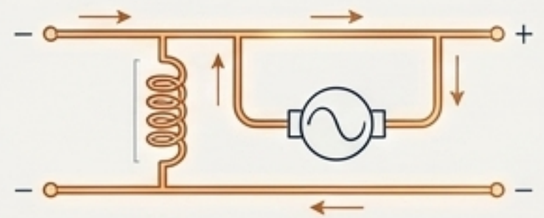
1. ต่อแบบอนุกรม (Series)

เส้นทางเดียว



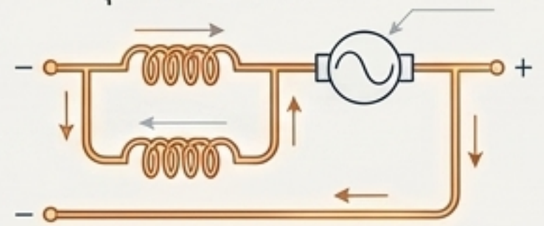
2. ต่อแบบขนาน (Shunt)

แยกสองเส้นทาง



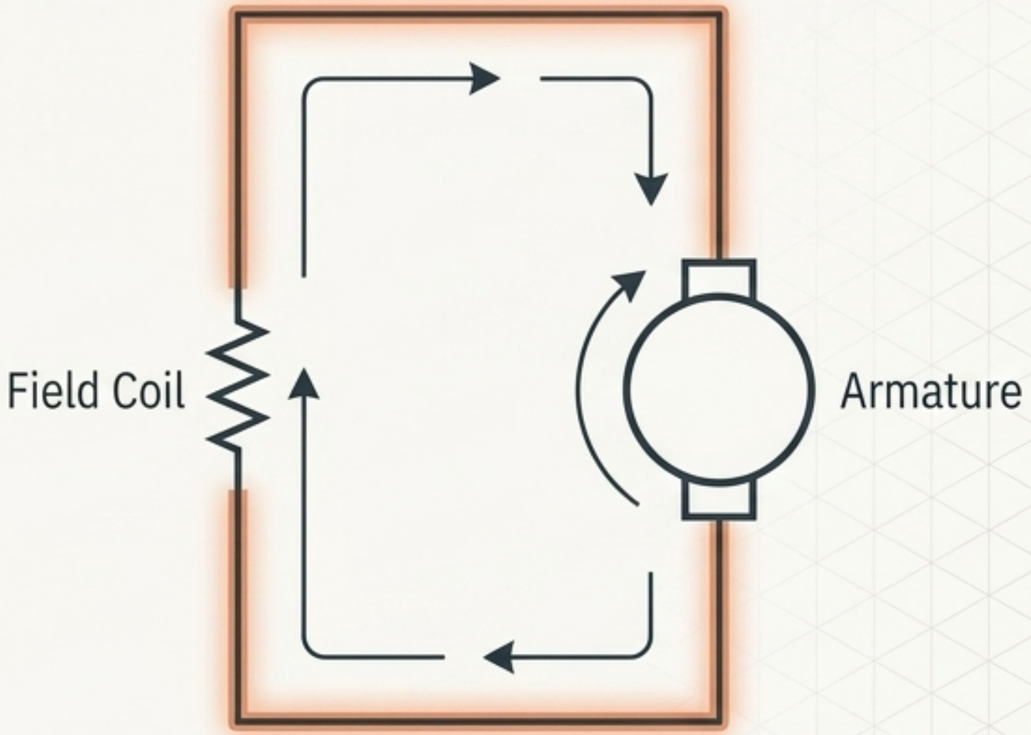
3. ต่อแบบผสม (Compound)

รวมจุดเด่นทั้งสองแบบ



NotebookLM

มอเตอร์แบบอนุกรม (DC Series Motor): จอมพลัง



วงจรไฟฟ้า: ขดลวดซีรีส์ฟิลด์ ต่อ “อนุกรม” กับอาร์เมเจอร์ กระแสทั้งหมดไหลผ่านทั้งระบบ

Performance Dashboard

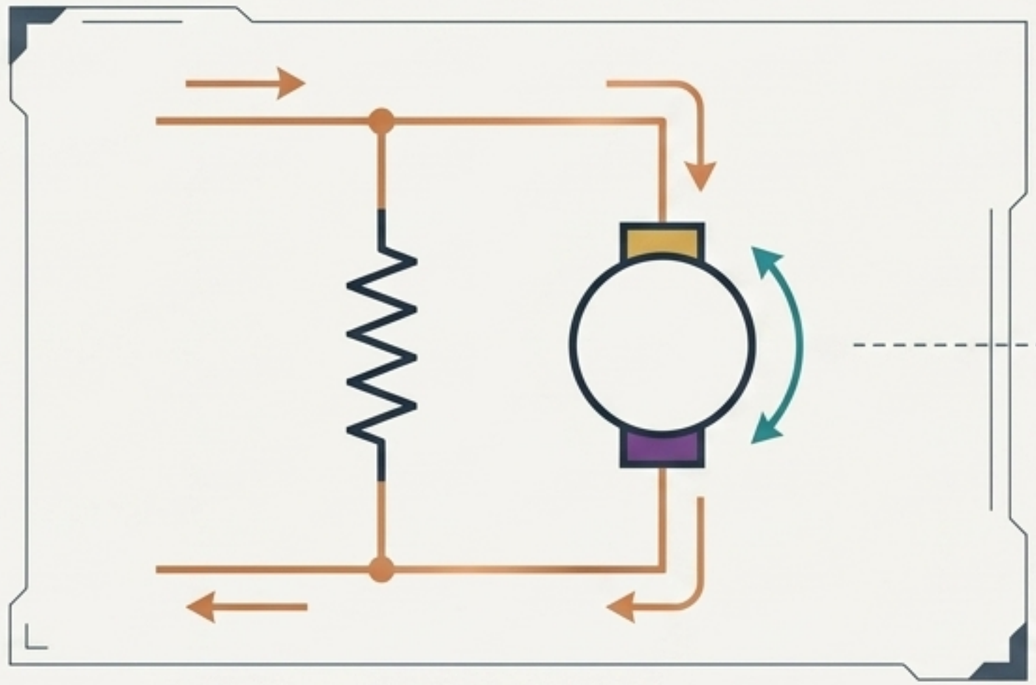
แรงบิดเริ่มหมุนสูงมาก

ความเร็วผันแปรตามโหลด: ยิ่งหนักยิ่งช้า ถ้าไม่มีโหลด ความเร็วจะสูงจนอันตราย

การใช้งาน: รถไฟฟ้ารางเบา, ปั้นจั่น, รอกยกของ, มอเตอร์สตาร์ทรถยนต์

NotebookLM

มอเตอร์แบบขนาน (DC Shunt Motor): ผู้รักความเสถียร

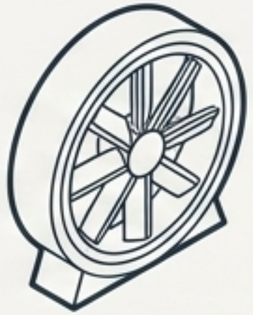


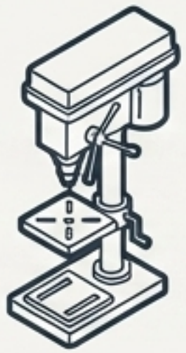
วงจรไฟฟ้า: ขดลวดชันต์ฟิลด์ ต่อ ‘ขนาน’ กับอาร์เมเจอร์ กระแสไฟฟ้าแบ่งไหล

Performance Dashboard

แรงบิดเริ่มหมุนต่ำ

ความเร็วรอบคงที่เสมอ ไม่ว่าโหลดจะเพิ่มหรือลด





การใช้งาน:
เครื่องกลึง, สว่านแท่น, พัดลมอุตสาหกรรม

NotebookLM

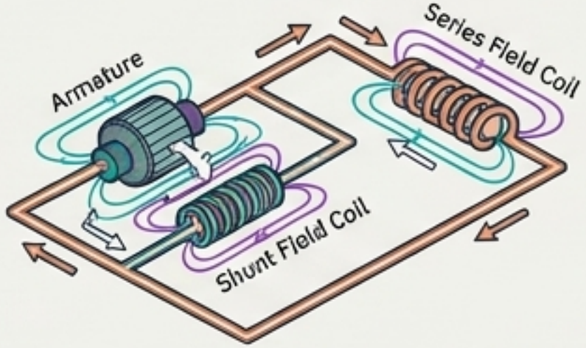
มอเตอร์แบบผสม (DC Compound Motor): ลูกผสมทางวิศวกรรม

นำข้อดีของอนุกรม (แรงบิด) และขนาน (ความเร็วคงที่) มารวมกัน

การต่อวงจร (Wiring Branches)

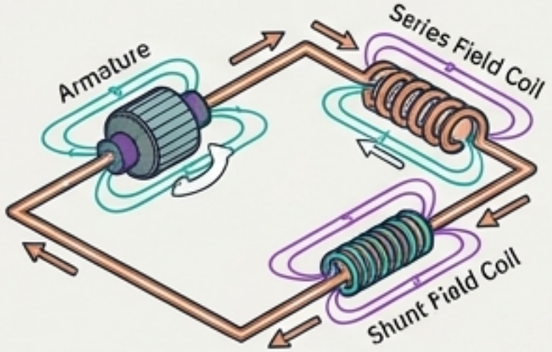
Short Shunt

ขนานแค่อาร์เมเจอร์ -> แรงบิดเริ่มหมุนสูงกว่า



Long Shunt

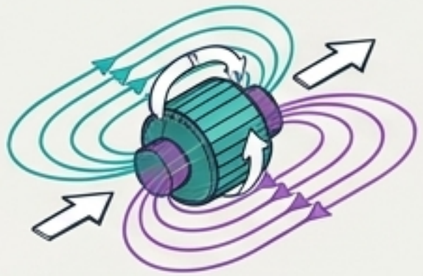
ขนานทั้งวงจร -> ความเร็วคงที่กว่า



ตรรกะแม่เหล็ก (Magnetic Logic Panel)

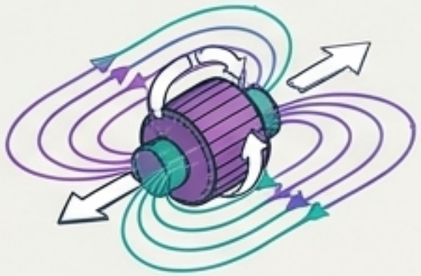
Cumulative (เสริมกัน)

สนามแม่เหล็ก 2 ชุด
ทิศทางเสริมกัน

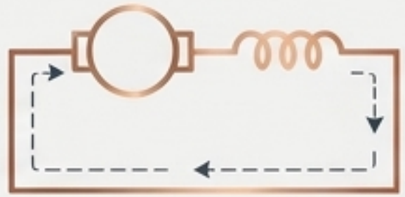
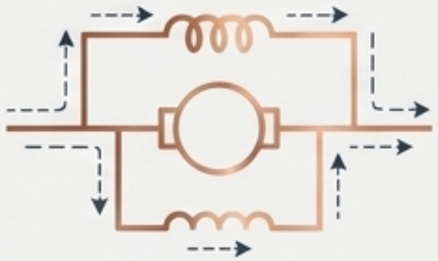


Differential (หักล้าง)

สนามแม่เหล็ก 2 ชุด
ทิศทางหักล้างกัน



NotebookLM

ประเภท (Type)	ไดอะแกรมวงจร (Circuit)	แรงบิดตอนสตาร์ท (Starting Torque)	การคุมความเร็ว (Speed Control)	การประยุกต์ใช้ (Best For)
อนุกรม (Series)		**สูงมาก** (Very High)	**แปรผันตามโหลดหนัก** (Highly variable)	**งานยกน้ำหนัก** (Lifting/Hoisting)
ขนาน (Shunt)		**ปานกลาง-ต่ำ** (Low/Medium)	**คงที่ยอดเยี่ยม** (Extremely stable)	**งานเครื่องมือกล** (Precision machining)
ผสม (Compound)		**สูง** (High)	**ค่อนข้างคงที่** (Relatively stable)	**งานที่โหลดแกว่ง** (Fluctuating heavy loads)

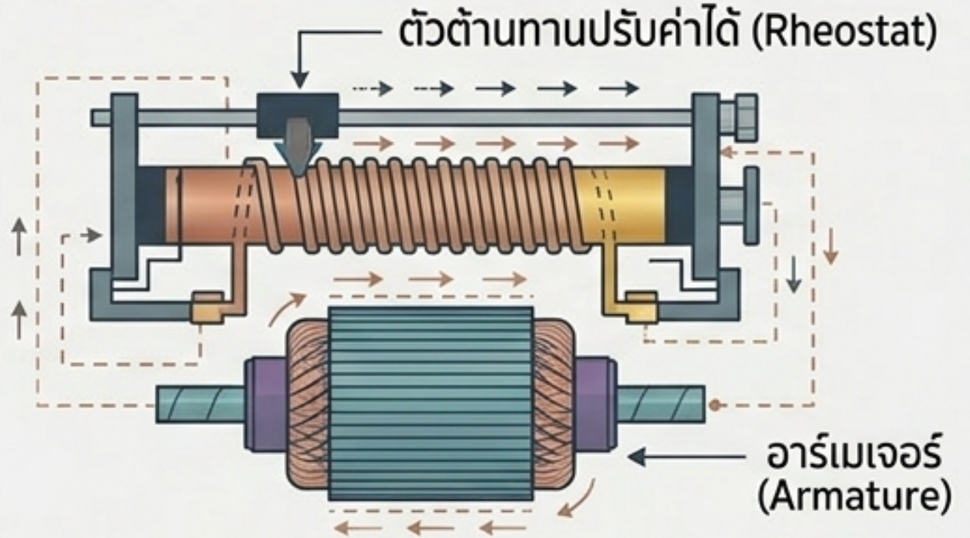
NotebookLM

ระบบควบคุม: ทำไมต้องมีชุดเริ่มเดินมอเตอร์?

ปัญหา

ขณะสตาร์ท อาร์เมเจอร์ยังไม่หมุน ทำให้ไม่มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าต้านกลับ (Back EMF) กระแสไฟกระชากเข้าอาร์เมเจอร์สูงมากจนขดลวดอาจไหม้ได้

ทางออก



ชุดสตาร์ทเตอร์ (Rheostat) ใส่ตัวต้านทานปรับค่าได้เข้าไปในวงจรชั่วคราว เพื่อลดกระแสขณะเริ่มหมุน เมื่อมอเตอร์ได้ความเร็ว จึงค่อยๆ ตัดความต้านทานทิ้งไป

การออกแบบวิศวกรรมไม่ใช่แค่การทำให้เครื่องจักรทำงาน แต่คือการทำให้มันทำงานได้อย่างปลอดภัยและยั่งยืน

NotebookLM