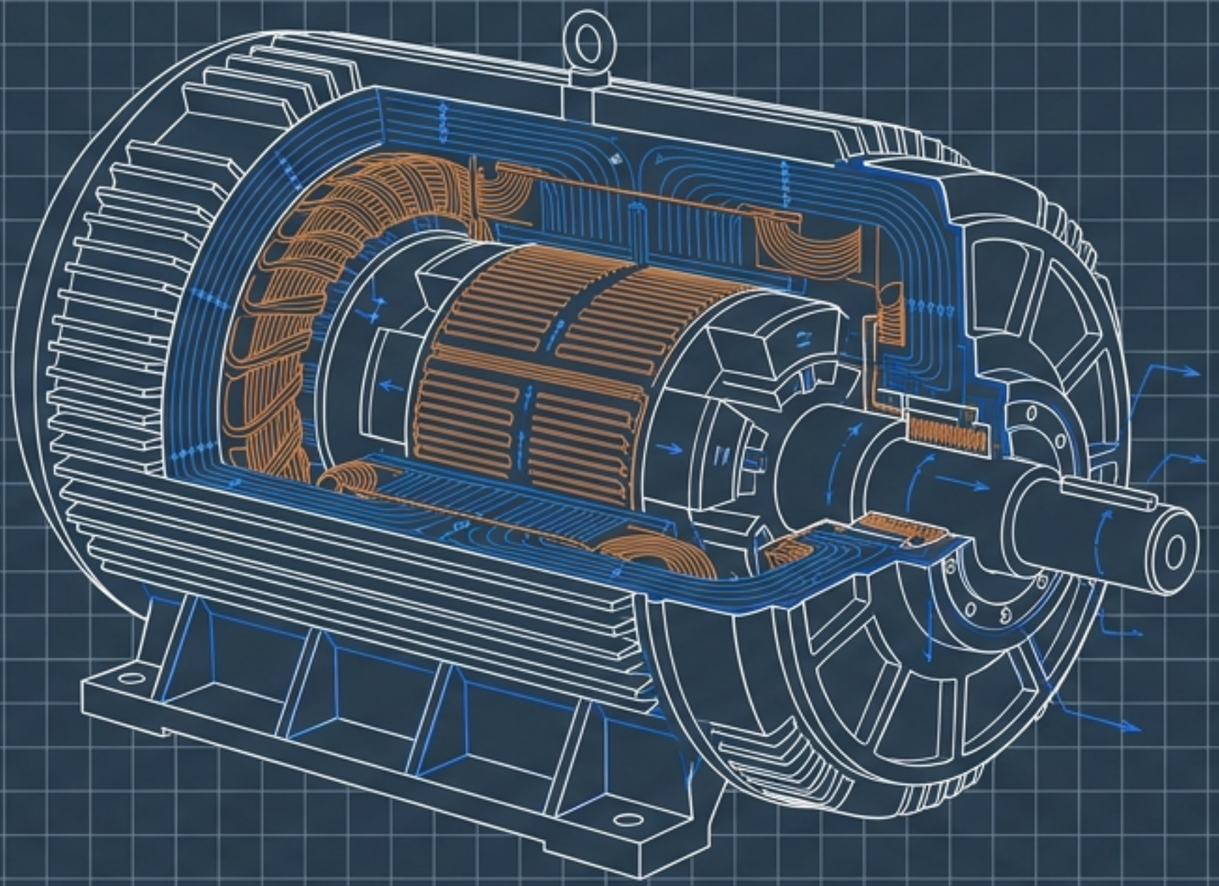


กายวิภาคเชิงวิศวกรรมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

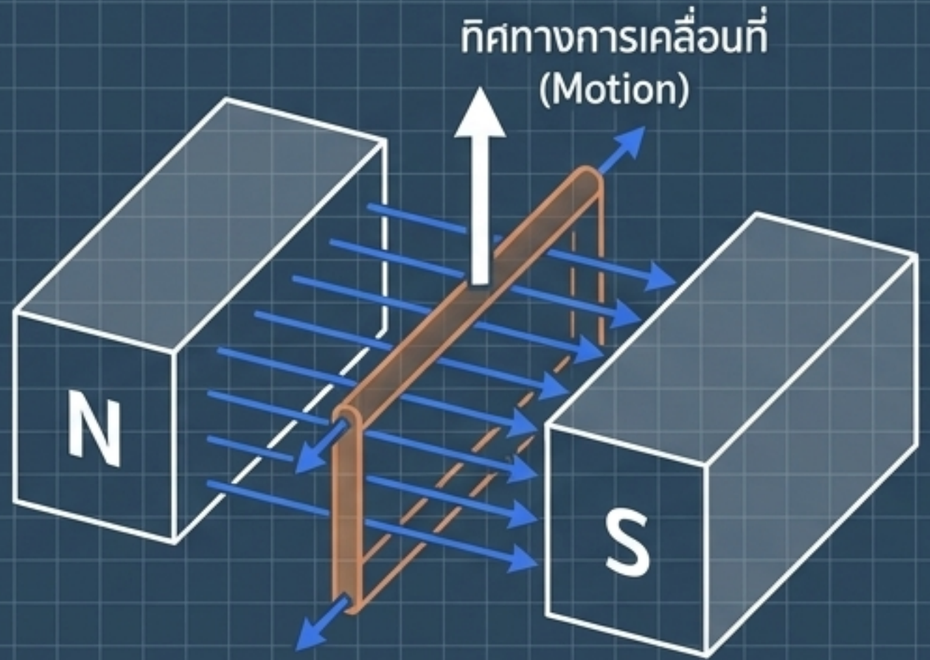
หลักการทำงาน โครงสร้าง สถาปัตยกรรมไฟฟ้า และมาตรฐานการทดสอบสมรรถนะ

A VISUAL ENGINEERING GUIDE

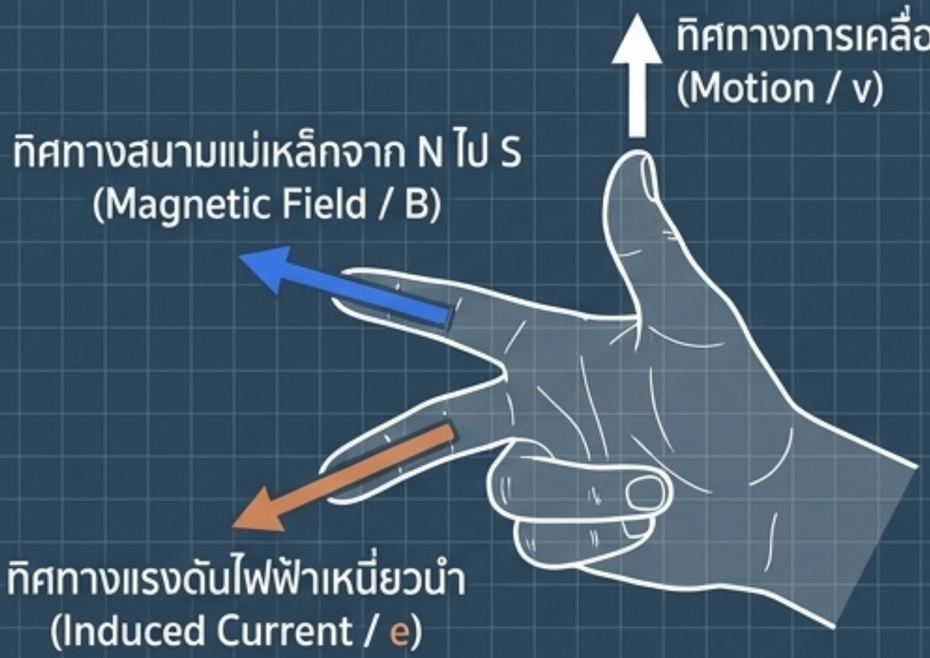
NotebookLM

กฎของฟาราเดย์และกลไกการเหนี่ยวนำ (The Core Principle of Induction)

The Core Principle



The 3 Vectors & Equation



$$e = Blv$$

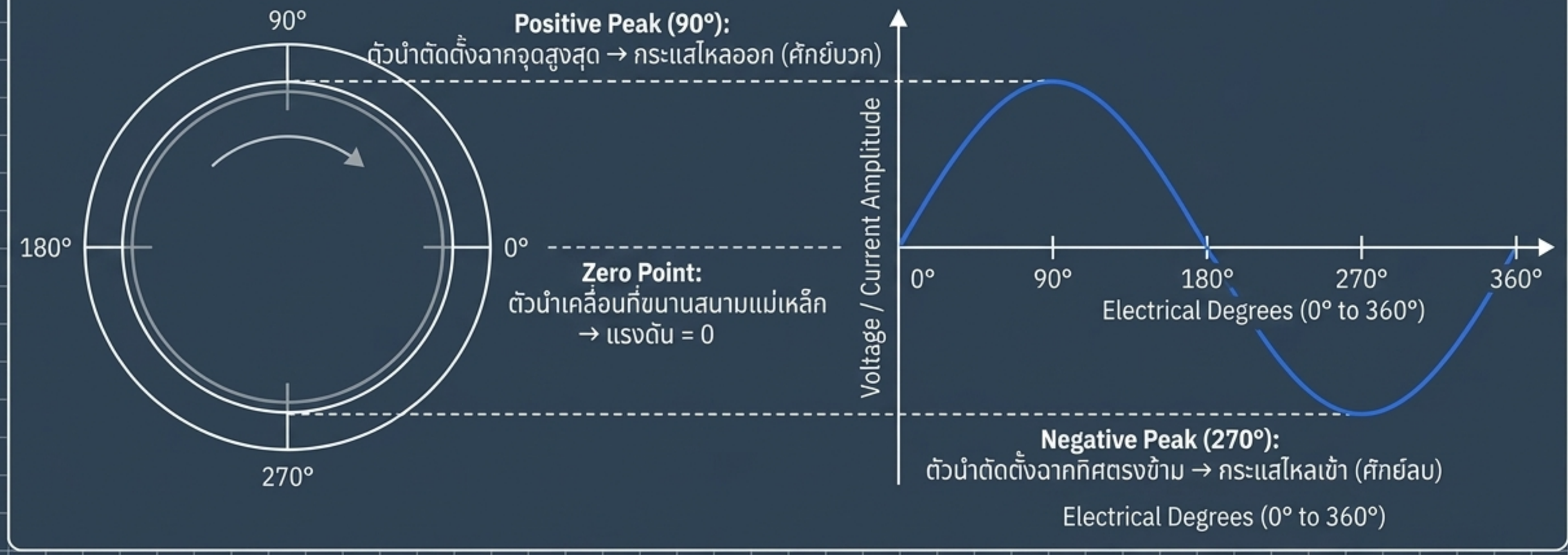
- B = ความหนาแน่นแม่เหล็ก
- l = ความยาวตัวนำ
- v = ความเร็ว

แรงดันไฟฟ้าแปรผันตรงกับความหนาแน่นแม่เหล็ก ความยาวตัวนำ และความเร็วในการตัดผ่าน

NotebookLM

กำเนิดรูปคลื่นไซน์ (Mapping Motion to Electricity)

Sine Wave Generator Map



Key Takeaway: 1 รอบการหมุนทางกล (360° Mechanical) = 1 รอบคลื่นไฟฟ้า (360° Electrical) สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ 2 ขั้ว

NotebookLM

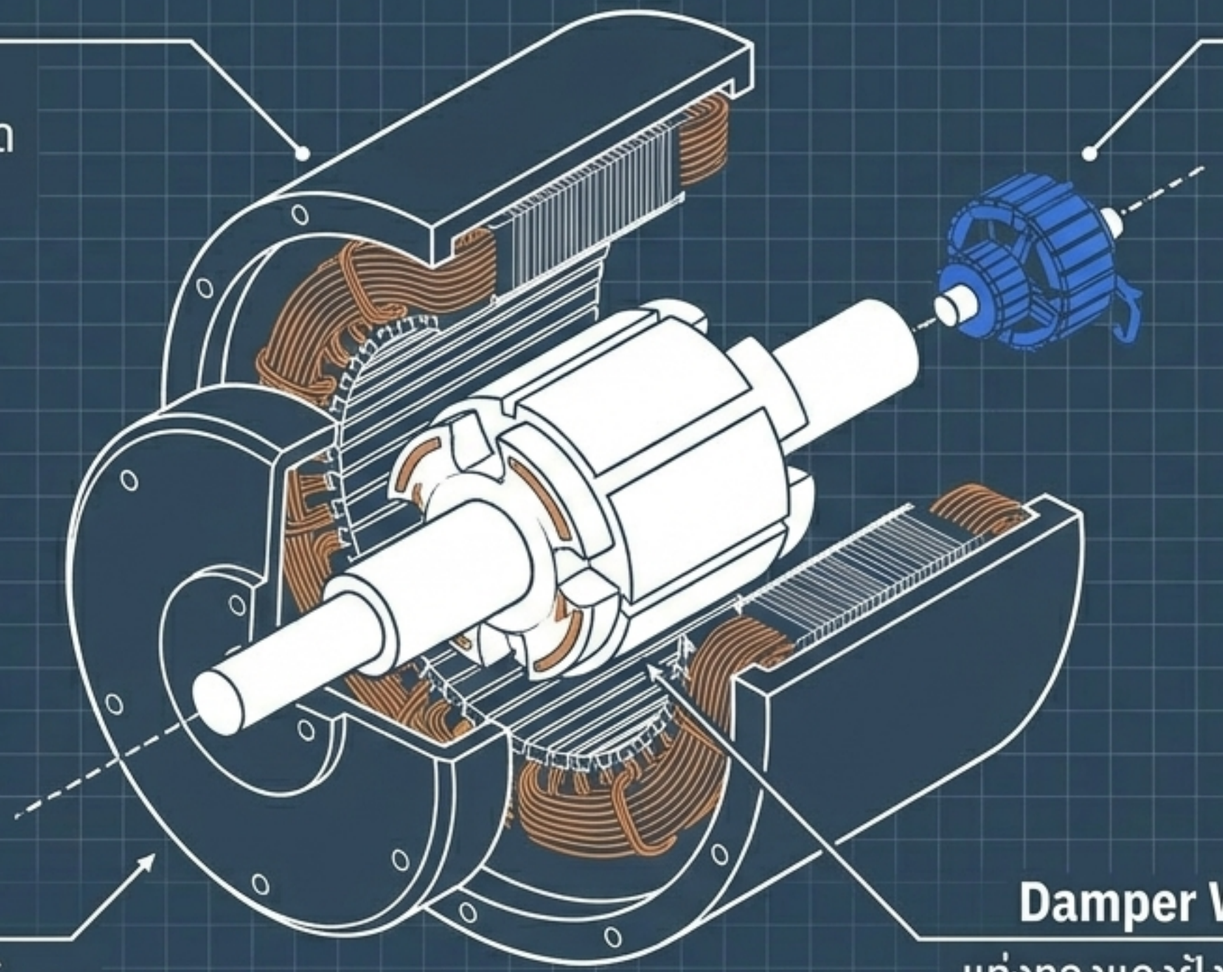
กายวิภาคศาสตร์ของ Alternator (Core Anatomy)

Stator (สเตเตอร์)

โครงอยู่กับที่ แกนเหล็กแผ่นบาง เคลือบฉนวน ทำหน้าที่รองรับขดลวดอาร์เมเจอร์ ผลิตแรงดันไฟฟ้า

Exciter (เอ็กไซเตอร์)

แหล่งกำเนิดไฟ DC ขนาดเล็ก บนเพลาเดียวกับโรเตอร์ ทำหน้าที่กระตุ้นสนามแม่เหล็กหลัก



Rotor (โรเตอร์)

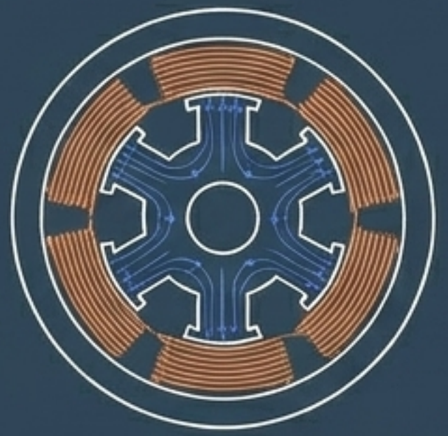
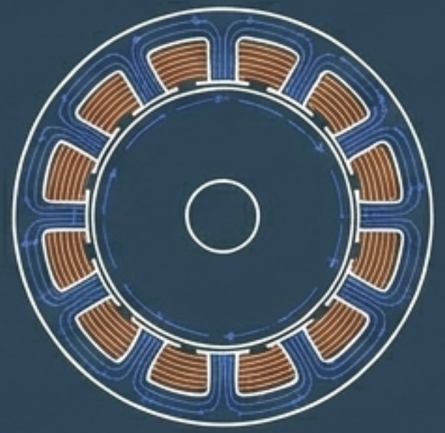
ส่วนหมุนที่เป็นขั้วแม่เหล็ก รับไฟ DC เพื่อสร้างสนามแม่เหล็กหมุนตัดสเตเตอร์

Damper Winding (ขดลวดแดมเปอร์)

แท่งทองแดงฝังหน้าขั้วแม่เหล็ก ป้องกันการแกว่ง/สั่นของโรเตอร์เมื่อโหลดเปลี่ยนแปลงกะทันหัน

NotebookLM

สถาปัตยกรรมโรเตอร์ (Rotor Architecture Matrix)

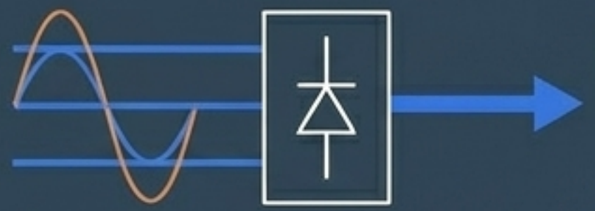
แบบขั้วแม่เหล็กยื่น (Salient Pole)		แบบทรงกระบอก (Cylindrical)	
			
โครงสร้าง	ขั้วแม่เหล็กยื่นออกมา แกนสั้น เส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่	**โครงสร้าง**	เรียบ ไม่มีขั้วยื่น แกนยาว เส้นผ่านศูนย์กลางเล็ก ลดแรงต้านลม
ความเร็ว	เหมาะสำหรับความเร็วรอบต่ำ-ปานกลาง (มี 6 ขั้วขึ้นไป)	**ความเร็ว**	เหมาะสำหรับความเร็วรอบสูง
การใช้งาน	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำ, เครื่องยนต์ดีเซลรอบต่ำ	**การใช้งาน**	กังหันไอน้ำ (Steam Turbine), โรงไฟฟ้าขนาดใหญ่

NotebookLM

ระบบกระตุ้นสนามแม่เหล็ก (The Excitation Flow)

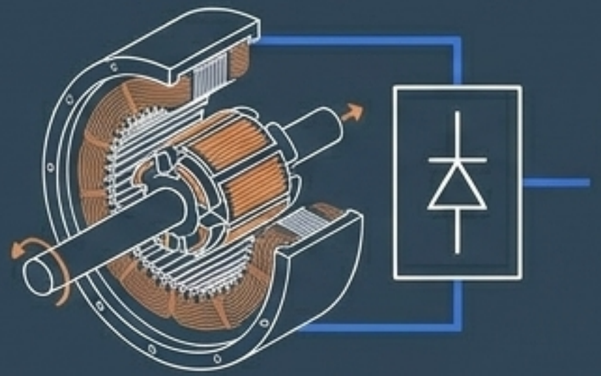
1. Pilot Exciter (ไพลอตเอ็กไซเตอร์)

ผลิตไฟ 3 เฟส ส่งให้ชุดเรียงกระแส (Diode Bridge) แปลงเป็นไฟ DC



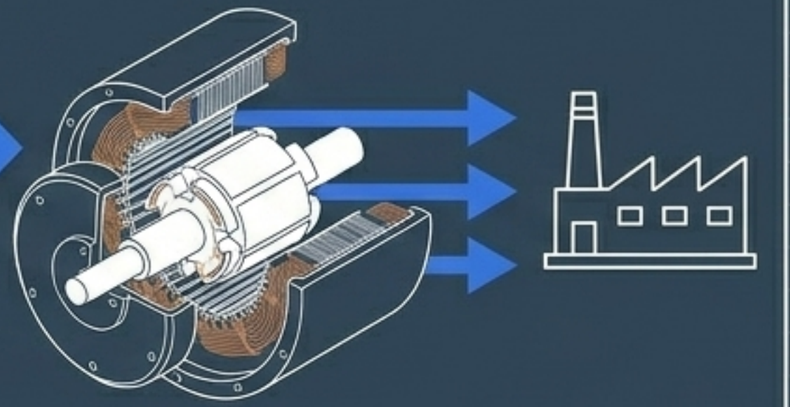
2. Exciter Generator (เอ็กไซเตอร์หลัก)

รับไฟ DC ควบคุมผ่านสเตเตอร์
โรเตอร์หมุนผลิตไฟ 3 เฟส
จ่ายให้ชุดเรียงกระแสบนเพลา



3. Main Generator (เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหลัก)

ขดลวดบนโรเตอร์รับไฟ DC โดยตรง
สร้างสนามแม่เหล็กกำลังสูงตัดกับสเตเตอร์
จ่ายกระแสไฟฟ้าหลักสู่ระบบ



หัวใจสำคัญ: การส่งทอดพลังงานกระแสตรง (DC) เข้าสู่โรเตอร์โดยไม่ต้องใช้แปรงถ่าน (Brushless) ช่วยลดประกายไฟและยืดอายุการบำรุงรักษา

NotebookLM

กลไกควบคุมความถี่ (The Frequency Equation)

$$f = \frac{n \times P}{120}$$

n = Speed (ความเร็วรอบ)

ยิ่งหมุนเร็ว ความถี่ยิ่งสูง

P = Poles (จำนวนขั้วแม่เหล็ก)

จำนวนขั้วเพิ่มขึ้น มุมองศาไฟฟ้าจะทวีคูณ

f = Frequency (ความถี่)

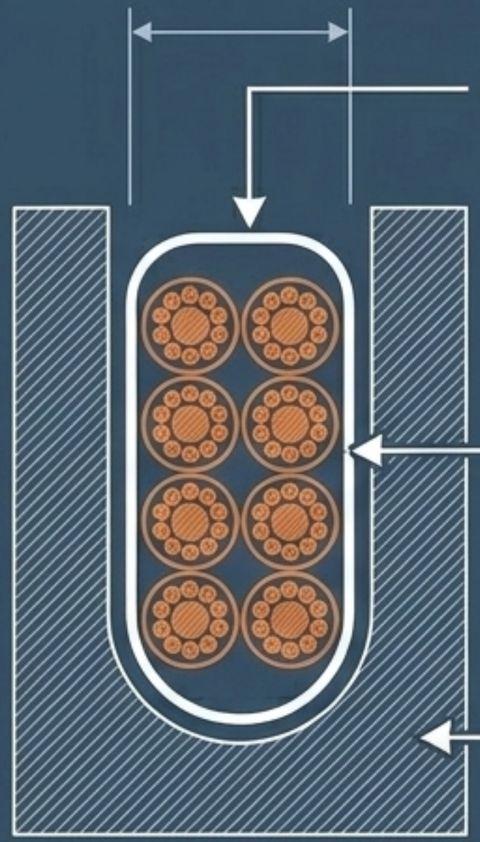
ความถี่เป้าหมายของระบบไฟฟ้ากำลัง

Quick Example: เครื่องยนต์ดีเซล 6 ขั้ว ต้องการความถี่ 50Hz → ต้องเดินเครื่องที่ 1,000 RPM ตลอดเวลาอย่างคงที่

NotebookLM

สถาปัตยกรรมการพันขดลวดสเตเตอร์ (Stator Lap Winding)

สถาปัตยกรรมการสล็อต (Slot Anatomy)

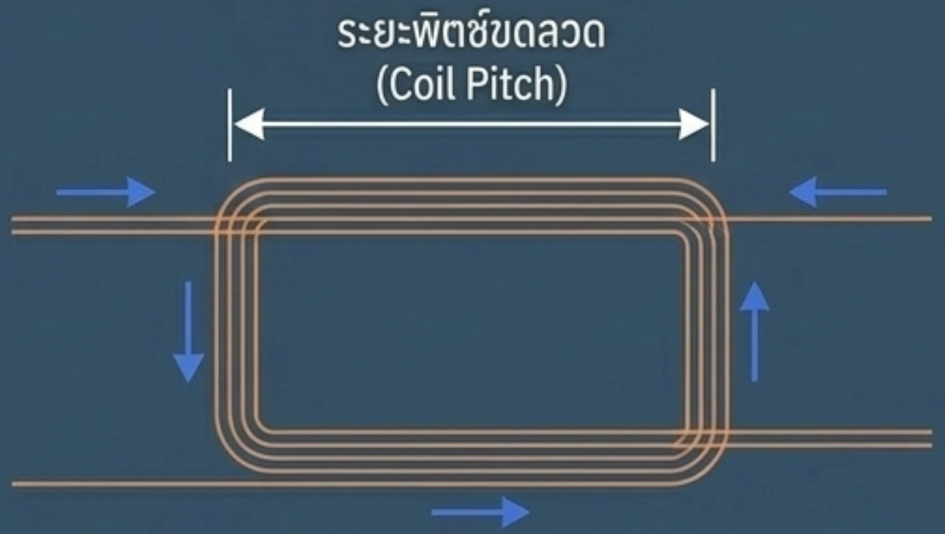


ลักษณะสล็อต (Semi-closed Slot):
สำหรับมอเตอร์ขนาดกลาง

ฉนวนหุ้ม (Insulation):
ผ้าฝ้ายหรือกระดาษกาว

แกนเหล็ก (Laminated Core)

สถาปัตยกรรมพิตช์ขดลวด (Coil Pitch Architecture)



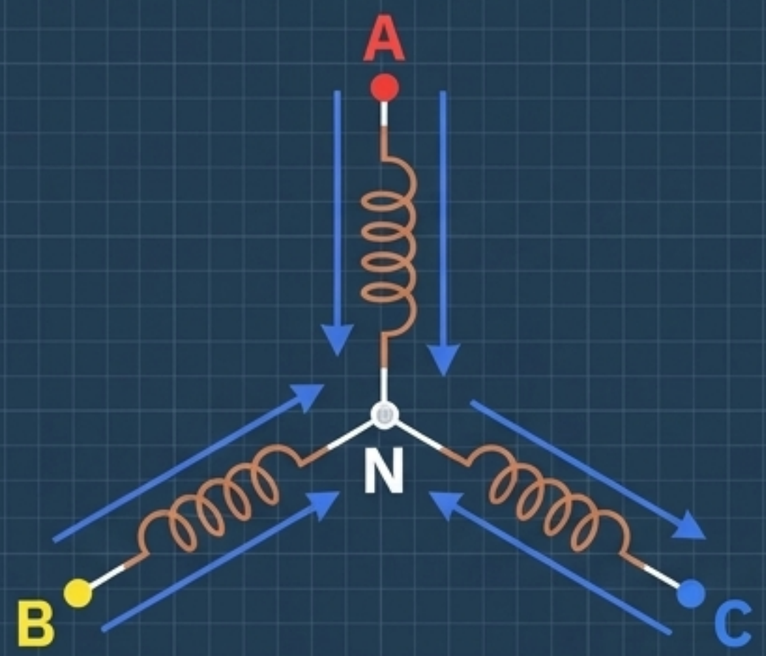
พิตช์เต็ม (Full Pitch):
ระยะห่าง = พิตช์ขั้วแม่เหล็ก (180° ทางไฟฟ้า)

พิตช์เศษส่วน (Fractional Pitch):
ระยะห่างน้อยกว่า 180° (ช่วยลดฮาร์โมนิกส์และประหยัดทองแดง)

NotebookLM

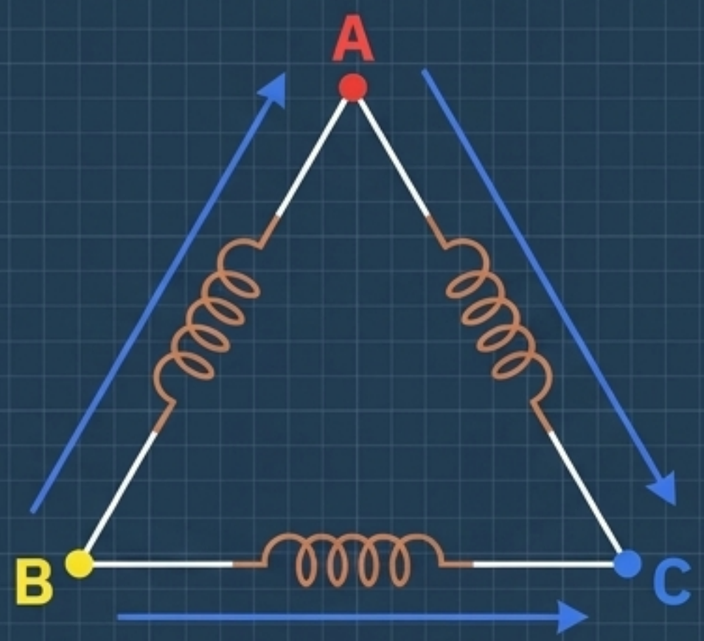
รูปแบบการต่อวงจร 3 เฟส (Wye vs Delta Connections)

Star / Wye (Y) Connection



- Diagram: นำปลายขดลวดมารวมกันเป็นจุด Neutral (N)
- Specs: ได้แรงดัน 2 ระดับ (Phase & Line voltage)
- Use Case: เหมาะสำหรับการจ่ายไฟทั่วไปที่มีทั้งโหลด 1 เฟสและ 3 เฟส

Delta (Δ) Connection



- Diagram: ต่อปลายเฟสเข้ากับต้นเฟสถัดไปเป็นรูปสามเหลี่ยม
- Specs: จ่ายกระแสไฟฟ้าได้สูง ไม่มีจุด Neutral
- Use Case: เหมาะสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมและเครื่องจักรกลหนัก

NotebookLM

มาตรฐานการทดสอบสมรรถนะ (Performance & Load Testing)

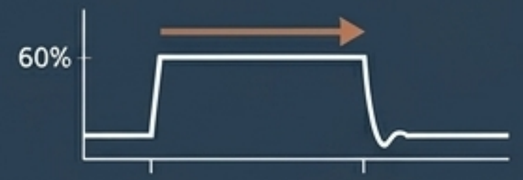
1. On Site Acceptance Test (ทดสอบเพื่อส่งมอบงาน)

Continuous Test:
จ่ายโหลดต่อเนื่องไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง

Data Logging:
บันทึกแรงดัน, ความถี่, กระแส, อุณหภูมิ ทุก 15 นาที

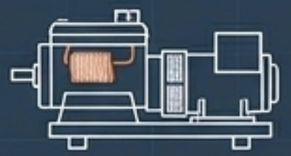
	Voltage	Frequency	Current	Temperature
Voltege	✓	✓	✓	✓
Frequency			✓	✓
Current			✓	✓
Temperature			✓	✓

Single Step Test:
จ่ายโหลด 60% ทันที
จับเวลา Recovery Time

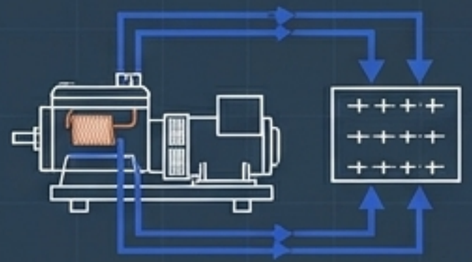


2. Operational Test (ทดสอบขณะใช้งานประจำ)

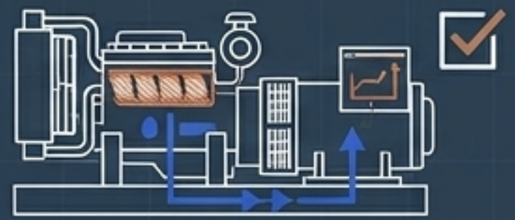
รายสัปดาห์ (Weekly):
เดินเครื่องตัวเปล่า 10 นาที



รายเดือน (Monthly):
เดินเครื่องจ่ายโหลดจริง 30 นาที

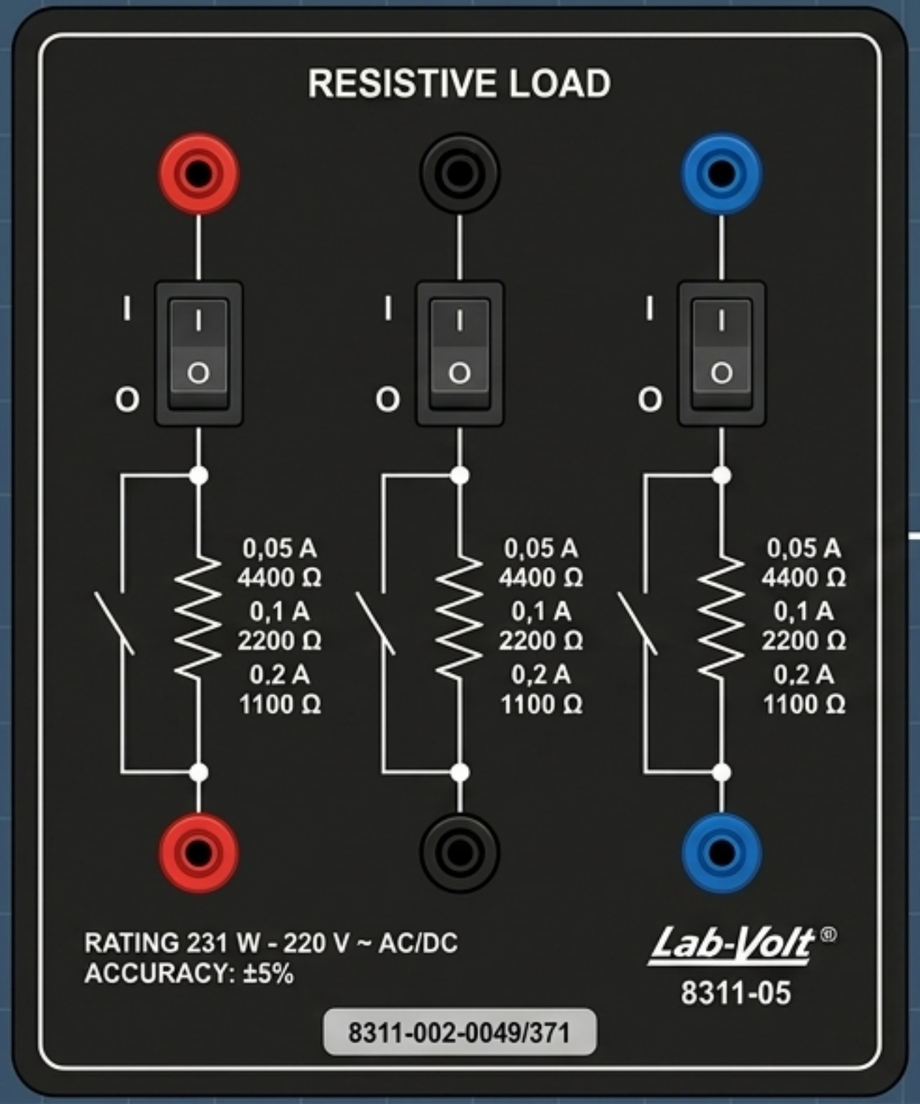


รายปี (Yearly):
จ่ายโหลดเต็มพิกัดเท่าที่ทำได้
ยืนยันสภาพเครื่องยนต์



NotebookLM

คุณลักษณะของโหลดเทียม (Resistive Load Bank Simulation)



ระบบโหลดความต้านทานบริสุทธิ์

ผลิตโหลดที่มีค่า Power Factor (PF) = 1.0 (ไม่มีความต้านทานเหนี่ยวนำ)

การคำนวณเชิงวิศวกรรม

Generator ปกติถูกออกแบบที่ PF = 0.8 ตัวอย่าง: เครื่อง 500 kVA (PF 0.8) จะรับโหลดความต้านทาน (PF 1.0) ได้สูงสุดจริงที่ 400 kW

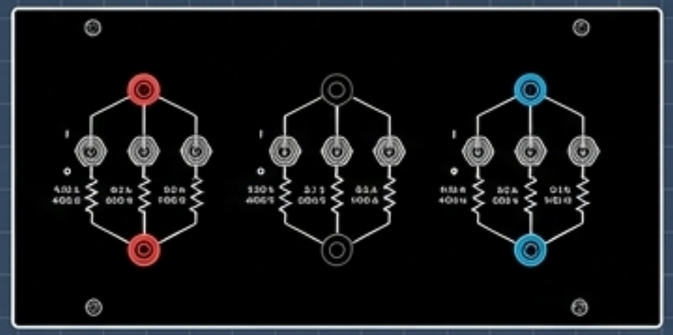
เป้าหมายการทดสอบ

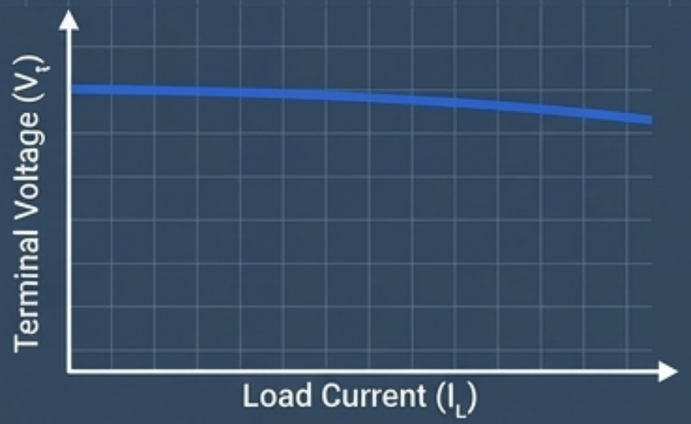
เพื่อพิสูจน์ว่าเครื่องต้นกำลัง (Prime Mover) สามารถขับให้เครื่องจ่ายไฟ 400 kW แบบ Pure Resistive ได้อย่างเสถียร

NotebookLM

ปฏิกิริยาต่อโหลดชนิดต่างๆ (System Reaction to Load Dynamics)

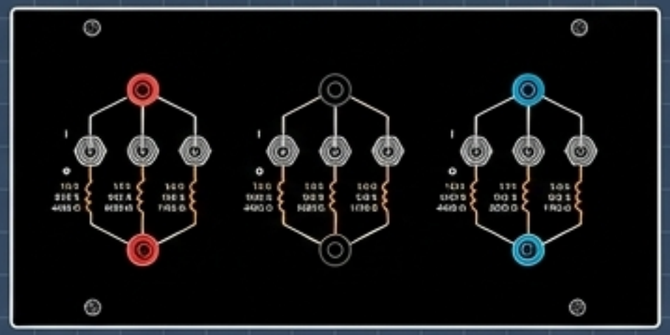
Resistive Load

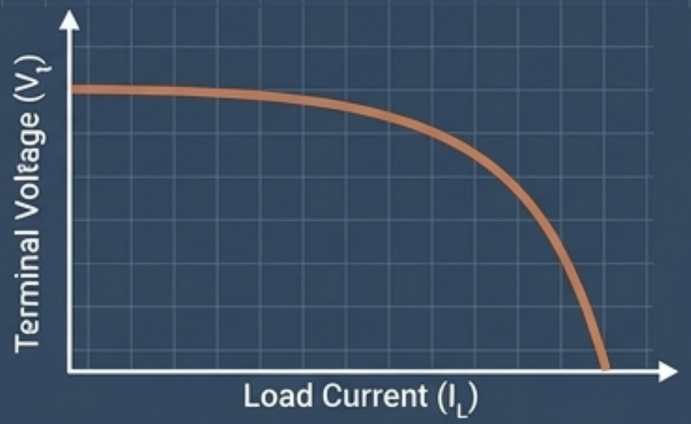




โหลดความต้านทาน (หลอดไฟ, ฮีตเตอร์):
แรงดันไฟฟ้าค่อยๆ ลดลงเล็กน้อยตามกระแสโหลด

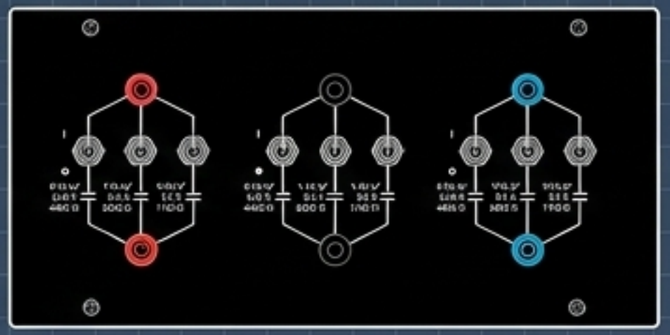
Inductive Load

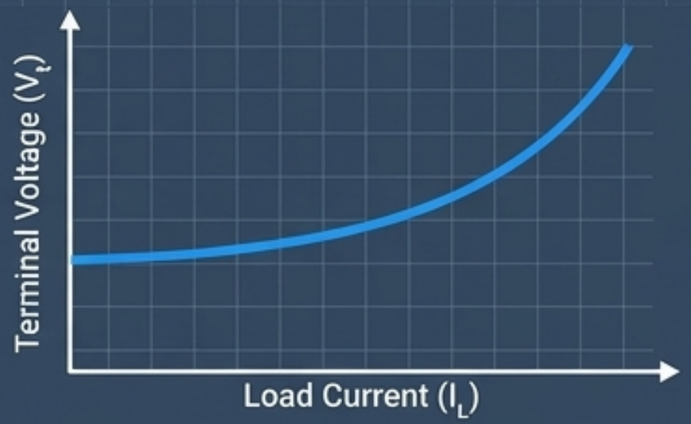




โหลดตัวเหนี่ยวนำ (มอเตอร์):
แรงดันไฟฟ้าลดลงอย่างรวดเร็วมาก
ต้องเพิ่มกระแสกระตุ้น (Excitation) ช่วย

Capacitive Load





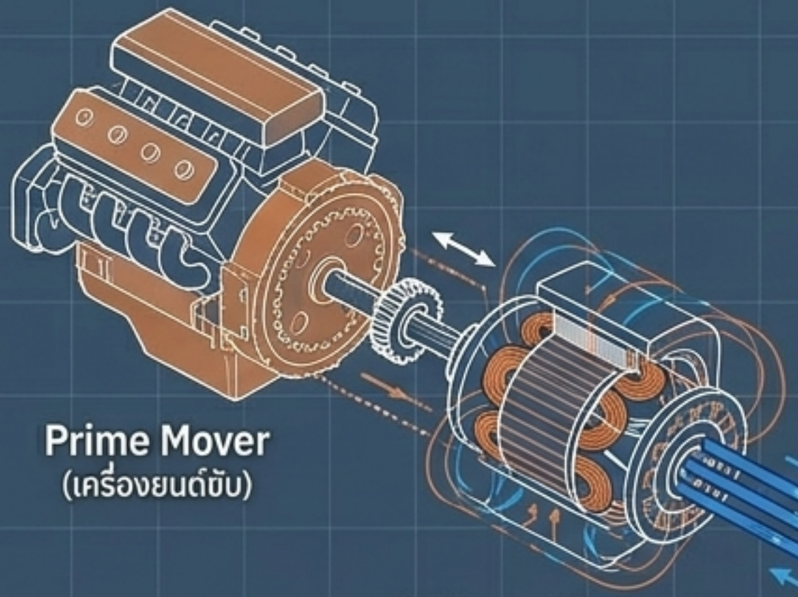
โหลดตัวเก็บประจุ (คาปาซิเตอร์แบงก์):
แรงดันไฟฟ้าขั้วกลับมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเมื่อกระแสเพิ่ม
เสี่ยงต่อระบบ

NotebookLM

ระบบนิเวศไฟฟ้ากำลังในอุตสาหกรรม (Industrial AC Power Ecosystem)

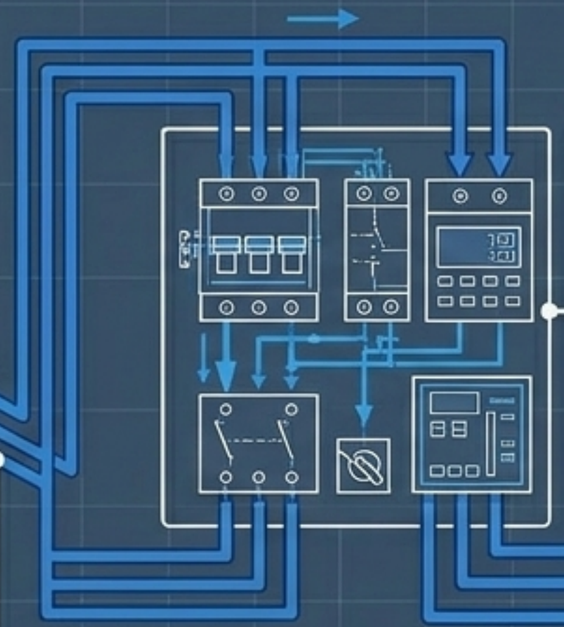
1-Phase vs 3-Phase

ระบบ 3 เฟส จ่ายกำลังไฟนิ่งกว่า
ระบบกำลังไฟสไฟนิ่งกว่า สูญเสียในสายส่งน้อยกว่า
และรองรับโหลดเครื่องจักรขนาดใหญ่ได้สมดุลกว่า

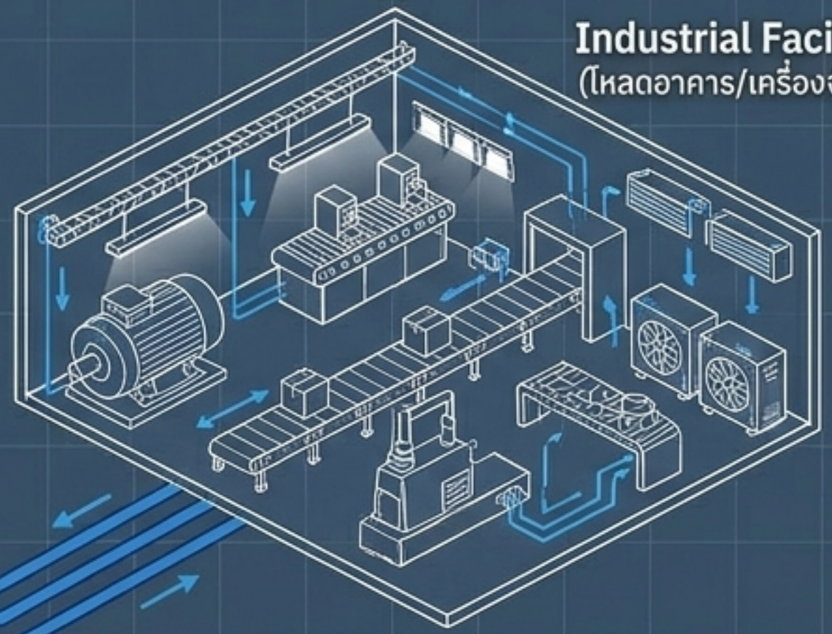


Prime Mover
(เครื่องยนต์ขับ)

3-Phase Alternator
(เครื่องกำเนิดไฟฟ้า)



Transfer Switch
& Control Panel



Industrial Facility
(โหลดอาคาร/เครื่องจักร)

Strategic Advantage

ผลิตไฟฟ้าฉุกเฉินได้ทันที
รองรับ Standalone System
ในพื้นที่ห่างไกลโดยไม่ต้องพึ่งพาสายส่งหลัก

Control & Limits

ต้องมีระบบระบายความร้อน, Transfer Switch
สับเปลี่ยนอัตโนมัติ และตั้งเวลา PM (Preventive
Maintenance) เคร่งครัดเพื่อกัน Downtime

NotebookLM

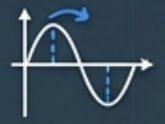
พิมพ์เขียวสรุปข้อมูลเชิงวิศวกรรม (Engineering Quick Reference Blueprint)

Key Formulas

ความถี่: $f = \frac{n \times P}{120}$

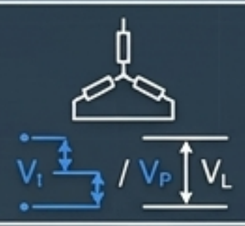
แรงดันเหนี่ยวนำ: $e = Blv$

การแปลงมุมองศา: $\theta_e = \theta_m \times \frac{P}{2}$

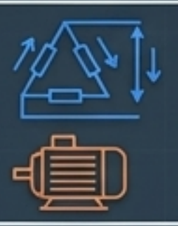


Phase Configurations

Y-Connection (Star):
- มีจุดนิวตรอน (Neutral)
- ให้ 2 ระดับแรงดัน (Phase / Line)

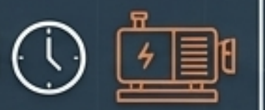


Δ-Connection (Delta):
- กระแสสูง ไม่มีนิวตรอน
- สำหรับมอเตอร์ใหญ่



PM Timeline (การบำรุงรักษา)

Weekly:	เดินเครื่องตัวเปล่า 10 นาที
Monthly:	จ่ายโหลดจริง 30 นาที
3-Yearly:	รันต่อเนื่อง 4 ชั่วโมง (สำหรับ Class>4)



Load Bank Rule

Resistive Test:

Generator **500kVA** @ **PF 0.8**

= **400kW** Pure Resistive Load Test

(**PF 1.0** พิสูจน์ประสิทธิภาพ **Prime Mover**)

NotebookLM