เกณฑ์การผ่านการฝึกอบรม

ทำคะแนน มากกว่า 80 % = ผ่านการอบรม

การเข้าเรียน ครบ = 70% ขาด 1/2 วัน = 60% ขาด 1 วัน = 0

งานเขียนวงจรไฟฟ้า 10 %
ส่งภายในวันที่ 3 ของการฝึกอบรม

ความสำเร็จของการดัดแปลง 20 %
งานกลุ่ม

วุฒิบัตรผ่านการอบรมจะดาวโหลดผ่านลิงค์ในกลุ่ม
หลังจบการอบรม 2 สัปดาห์

กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน กระทรวงแรงงาน
DEPARTMENT OF SKILL DEVELOPMENT, MINISTRY OF LABOUR

วุฒิบัตรฉบับนี้ให้ไว้เพื่อแสดงว่า
This is to certify that

[redacted]

ได้สำเร็จการฝึกยกระดับฝีมือ
has completed the upskilling course

หลักสูตร การซ่อมบำรุงรถยนต์ไฟฟ้า จำนวน ๓๐ ชั่วโมง
in Electric Vehicle Maintenance (30 hours)

ระหว่างวันที่ ๑๓ - ๒๑ ธันวาคม ๒๕๖๘
From 13 - 21 December 2025
ให้ไว้ ณ วันที่ ๒๖ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๖๘
Given on 26 December 2025

(นายสมาสภ์ ปัทมะสุคนธ์)
(Mr. Sarmart Pattamasukhon)
อธิบดีกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน
Director-General

(นายวินิจ สืบแต่ตระกูล)
(Mr.Winit Sueptaetrakun)
ผู้อำนวยการสถาบันพัฒนาบุคลากรในอุตสาหกรรมยานยนต์และชิ้นส่วนอะไหล่ยานยนต์
Director of Automotive Human Resource Development Academy

องค์ประกอบหลักสูตร

วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4
ภาพรวม จักรยานยนต์ไฟฟ้า	การต่อวงจร ขับเคลื่อน	ปฏิบัติการ แปลงรถจักยานยนต์ไฟฟ้า	การทดสอบ และการจูน
ส่วนประกอบ อุปกรณ์	การต่อวงจร ไฟแสงสว่าง		การแปลงกลับ เป็นรถสันดาป
ทฤษฎีแบตเตอรี่	สอบ - การต่อวงจร จักรยานยนต์ไฟฟ้า		
ปฏิบัติ - การแพ็คแบตเตอรี่ จักรยานยนต์ไฟฟ้า	การถอด-ประกอบ จักรยานยนต์ไฟฟ้า		

หลักสูตร
การซ่อมบำรุง
และดัดแปลงจักรยานยนต์ไฟฟ้า

(Electric Motorcycle Maintenance and Conversion)

หัวข้อทฤษฎี

ส่วนที่ 1 : พื้นฐาน

- ไฟฟ้าเบื้องต้น
- ความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน

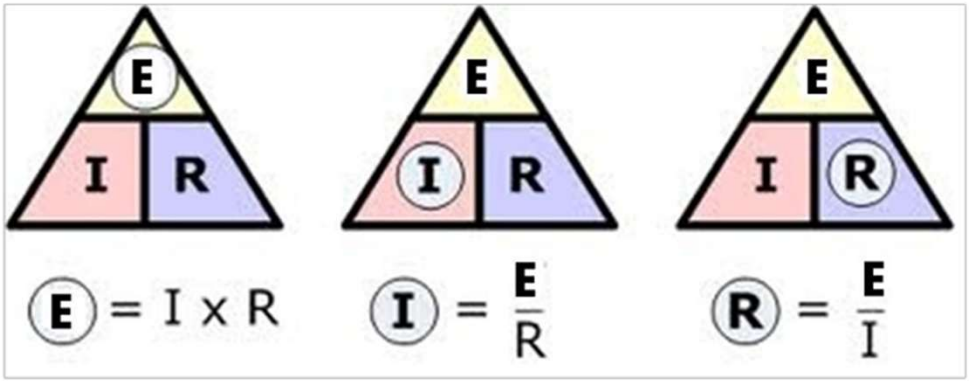
ส่วนที่ 2 : องค์ประกอบจักรยานยนต์ไฟฟ้า

- ระบบขับเคลื่อน [Motor]
- ระบบควบคุม [Controller]
- แบตเตอรี่ [Battery]
- ระบบแปลงไฟฟ้า
- อันตรายจากแบตเตอรี่ลิเธียม (Lithium-ion Battery)

ส่วนที่ 3 : โครงสร้างและส่วนประกอบรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าดัดแปลง

- การปรับจูนกล่องแต่ง Votal
- การดัดแปลงจากรถจักรยานยนต์น้ำมันเป็นรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า
- เครื่องทดสอบแรงม้า แรงบิด (DYNO TEST)

กฎของโอห์ม



รูปที่ 1.1 สามเหลี่ยมหาค่าความสัมพันธ์ตามกฎของโอห์ม

1.1 กฎของโอห์ม

จอร์จ ไซมอน โอห์ม(George Simon Ohm) นักฟิสิกส์ชาวเยอรมันได้ค้นพบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของไฟฟ้าทั้ง 3 ตัว คือ ระหว่างกระแสไฟฟ้า (I) แรงดันไฟฟ้า (E) และตัวต้านทาน (R) และได้สรุปค่าความสัมพันธ์ดังกล่าวไว้ว่า "กระแสไฟฟ้านั่นวงจรไฟฟ้านั้น จะแปรผันตรงกับ แรงดันของแหล่งจ่ายไฟฟ้าแต่จะแปรผกผันกับค่าความต้านทานในวงจรไฟฟ้า" ดังสมการ

$$I = \frac{E}{R} \qquad (1)$$

Gorge Simon Ohm
(1789-1854)

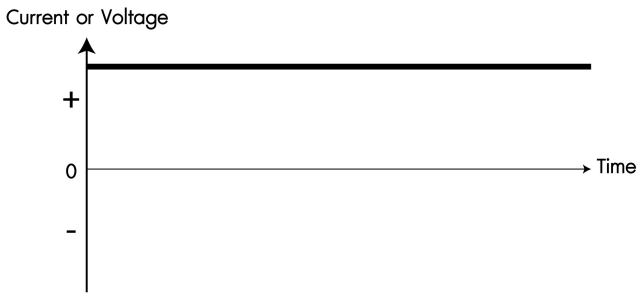
ที่มา : g-tech.ac.th

กระแสไฟฟ้า

ความต่างระหว่างไฟฟ้ากระแสตรง (DC) และกระแสสลับ (AC)

DC (Direct Current)

ไฟฟ้ากระแสตรง (DC)

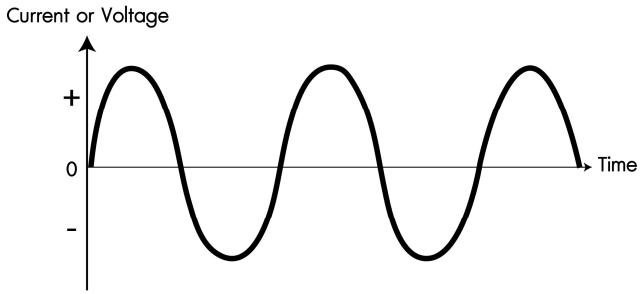


“แรงดันและกระแสมีค่า คงที่ เป็นเส้นตรง ไม่แกว่ง”

⟶ ไฟไหลทิศเดียวจาก + ไป – ตลอดเวลา

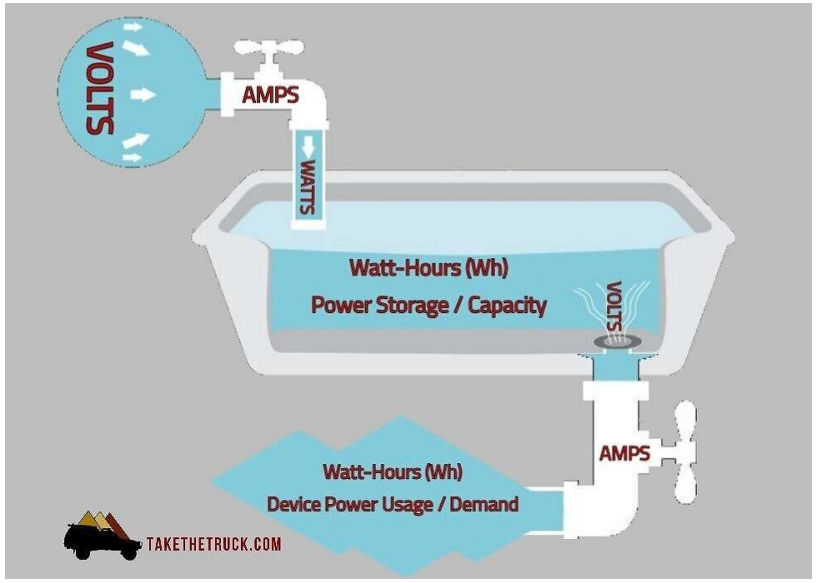
AC (Alternating Current)

ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC)

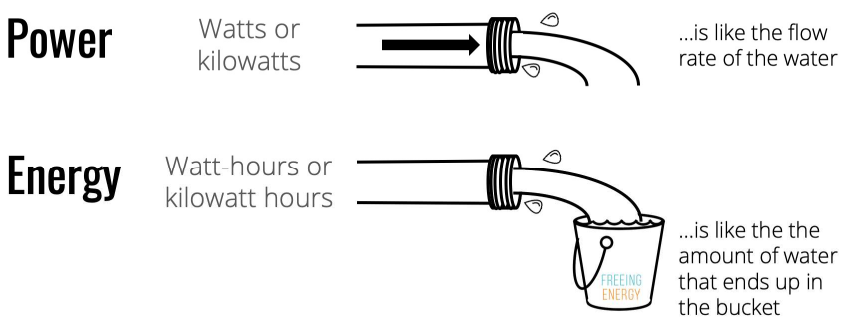


“แรงดันและกระแสเป็น *คลื่นขึ้น–ลง* สลับขั้ว + / – ตามความถี่”

⟶ ไหลสลับทิศทางไป–กลับ 50 ครั้ง/วินาที (50 Hz)



- พลังงาน (Energy SI unit = Joule) หน่วยเป็น Watt-hr
- กำลังงาน (Power SI unit = Watt) หน่วยเป็น Watt
- กระแสไฟฟ้า (Current SI unit = Amp) หน่วยเป็น Amp
- แรงดันไฟฟ้า (Voltage SI unit = Volt) หน่วยเป็น Volt
- ความจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่ หน่วยเป็น Amp-hr

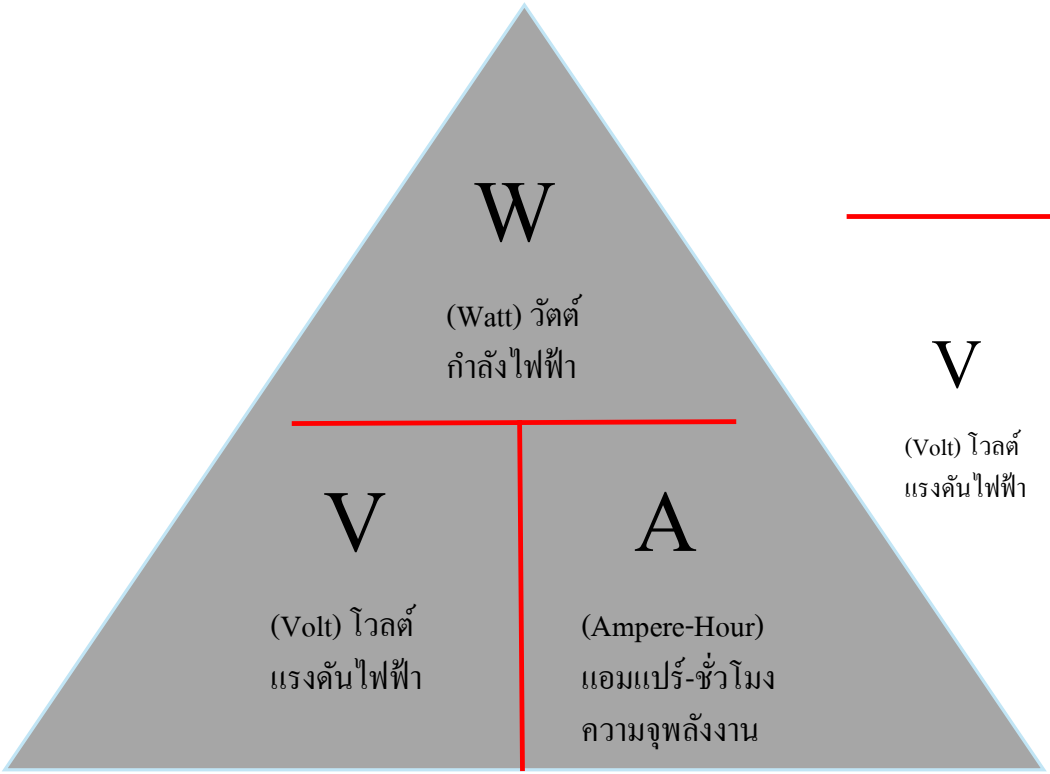


Watt = watt-hour ÷ hour

or

$$W = Wh \div h$$

กฎทางฟิสิกส์ของไฟฟ้า



$$W = V \times A$$

W (Watt) วัตต์ กำลังไฟฟ้า = V (Volt) โวลต์ แรงดันไฟฟ้า x A (Ampere-Hour) แอมแปร์-ชั่วโมง ความจุพลังงาน

$$V = \frac{W}{A}$$

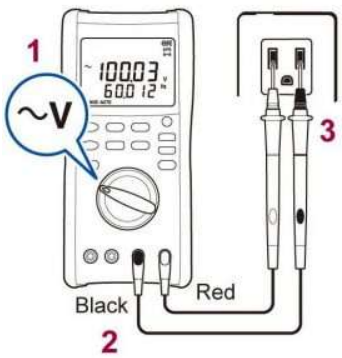
V (Volt) โวลต์ แรงดันไฟฟ้า = W (Watt) วัตต์ กำลังไฟฟ้า / A (Ampere-Hour) แอมแปร์-ชั่วโมง ความจุพลังงาน

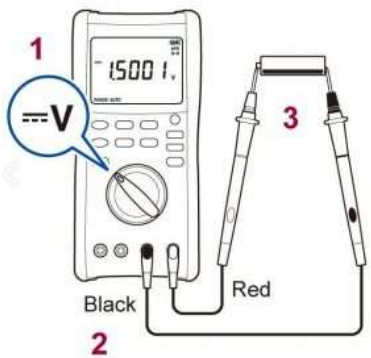
$$A = \frac{W}{V}$$

A (Amper e-Hour) แอมแปร์-ชั่วโมง ความจุพลังงาน = W (Watt) วัตต์ กำลังไฟฟ้า / V (Volt) โวลต์ แรงดันไฟฟ้า

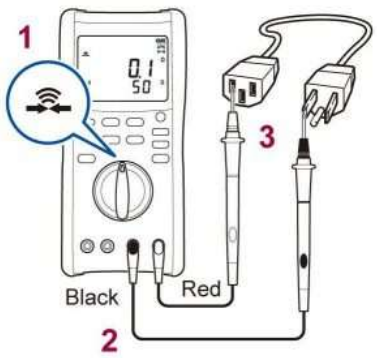
ส่วนที่ 1 พื้นฐานไฟฟ้าและความปลอดภัย

วัดแรงดัน กระแสสลับ / กระแสตรง

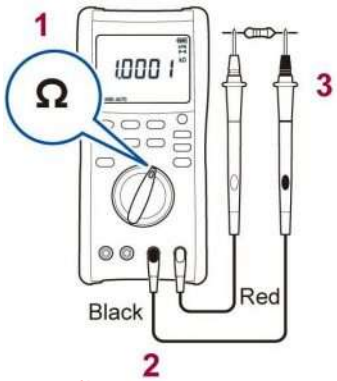




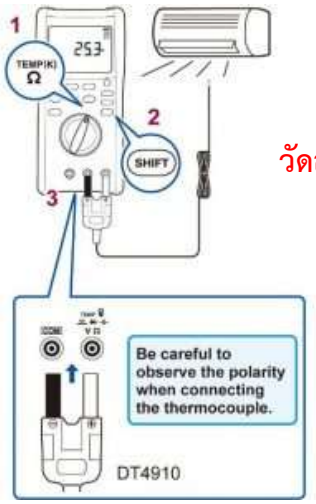
วัดความต่อเนื่อง



วัดความต้านทาน

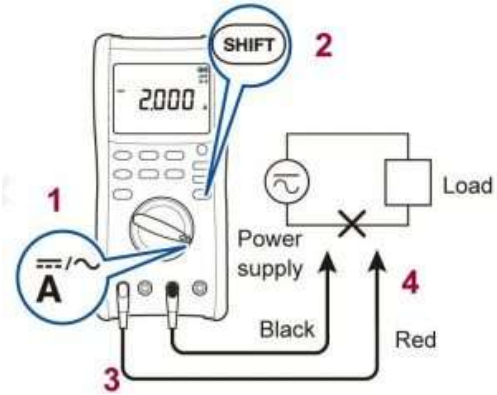


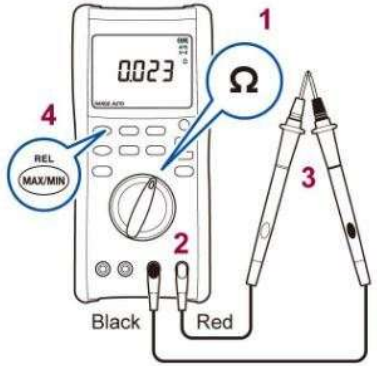
ทำการตั้งค่าศูนย์โดยการกดปุ่ม
"MAX/MIN"
ค้างไว้ประมาณ 1 วินาที



วัดอุณหภูมิ

วัดกระแส





อันตรายจากไฟฟ้าแรงดันสูง

เมื่อร่างกายมนุษย์สัมผัสโดยตรงกับแหล่งพลังงาน กระแสไฟฟ้าจำนวนหนึ่งจะไหลผ่านร่างกายมนุษย์ ส่งผลให้เนื้อเยื่อเสียหาย ทำงานผิดปกติ และถึงขั้นเสียชีวิตได้ มีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อผลของไฟฟ้าช็อตต่อร่างกายมนุษย์ และแต่ละปัจจัยก็มีค่าวิกฤติสูงสุดดังนี้

- ระดับของพลังงาน
- ระยะเวลาของกระแสไฟฟ้า
- สภาพแวดล้อมปัจจุบัน
- ประเภทแหล่งจ่ายไฟ

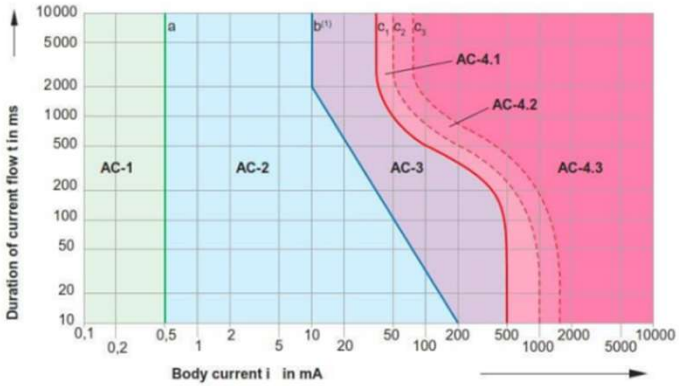
- กระตุกทั้งร่างกาย
- เป็นลม
- ความเสียหายของเนื้อเยื่อ
- หยุดหายใจ
- ความตายทันที

ที่มา : คู่มือฝึกอบรม Changan Thailand

อันตรายจากไฟฟ้าแรงดันสูง

ที่มา : https://powervaultthailand.com/electrical-accidents-that-you-should-know/

กราฟ (IEC 60479 Human Body Current Effect Curve)

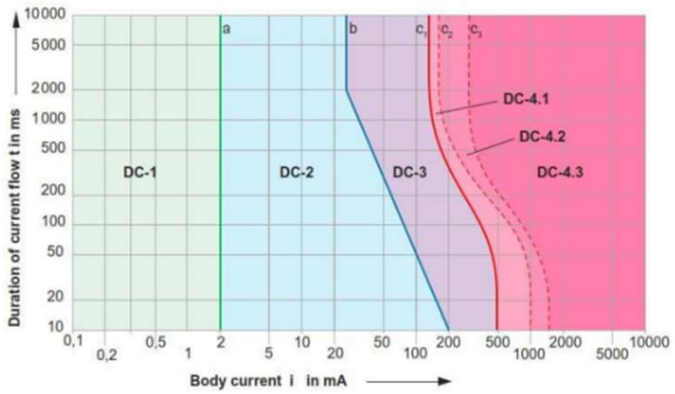


AC-1: ไม่มีปฏิกิริยา ไม่เกิดอันตราย

AC-2: ไม่มีผลทางสรีระร่างกายที่เป็นอันตราย

AC-3: กล้ามเนื้อหดตัว หายใบลำบากหากมีกระแสไหลในร่างกายเกิน 2 นาที การไหลของโลหิตเริ่มมีความผิดปกติเนื่องจากการเต้นของหัวใจผิดจังหวะ

AC-4: เมื่อการไหลของกระแสผ่านร่างการและระยะเวลาเพิ่มขึ้น หัวใจหยุดเต้น หยุดหายใจ เกิดแผลไฟไหม้รุนแรง (AC-4.1 – 4.3 เป็นภาวะที่หัวใจเต้นผิดจังหวะตั้งแต่ 5%, 50% และมากกว่า 50%)



DC-1: รู้สึกคล้ายมีการสัมผัสเพียงเล็กน้อย

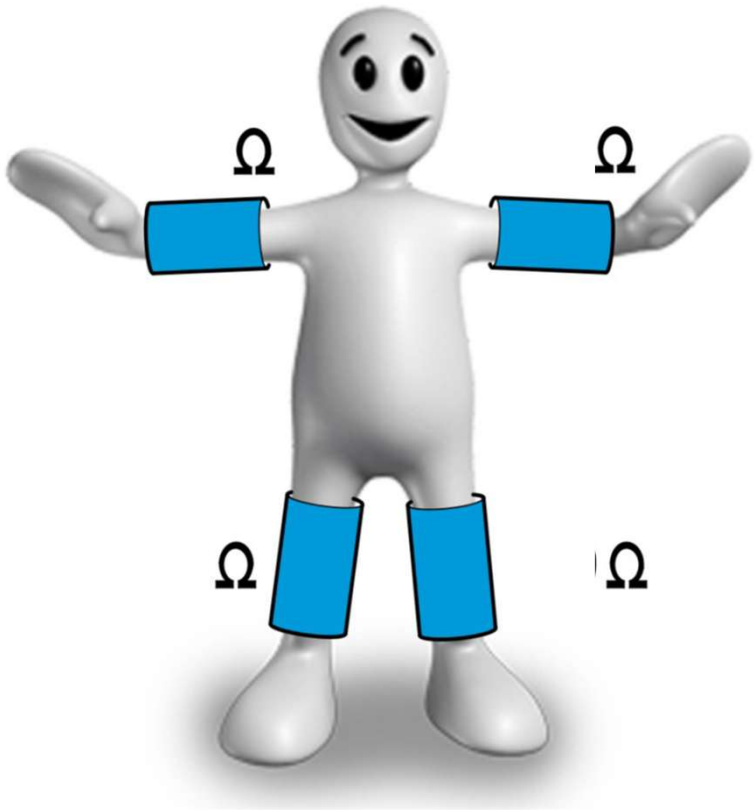
DC-2: อาจเกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อโดยไม่ได้ตั้งใจ โดยเฉพาะเมื่อทำลาย หรือเปลี่ยนแปลงการไหลของกระแสไฟฟ้าอย่างรวดเร็ว แต่โดยปกติแล้วจะไม่มีผลทางสรีระร่างกายที่เป็นอันตราย

DC-3: เกิดปฏิกิริยาของกล้ามเนื้อที่ไม่สามารถควบคุมไม่ได้อย่างรุนแรง ส่งผลต่อการเต้นของหัวใจ โดยเพิ่มขึ้นตามปริมาณกระแสและเวลา โดยปกติแล้วจะไม่เกิดความเสียหายต่ออวัยวะ

DC-4: เมื่อการไหลของกระแสผ่านร่างการและระยะเวลาเพิ่มขึ้น หัวใจหยุดเต้น หยุดหายใจ เกิดแผลไฟไหม้รุนแรง (AC-4.1 – 4.3 เป็นภาวะที่หัวใจเต้นผิดจังหวะตั้งแต่ 5%, 50% และมากกว่า 50%)

ความต้านทานของร่างกาย

Current path	Resistance in Ω	Current in mA
hand to hand	1000	500
hand to foot	750	667
hand to bum	550	909
hand to breast	450	1111



V = 230V AC, t= 1s, I = ?

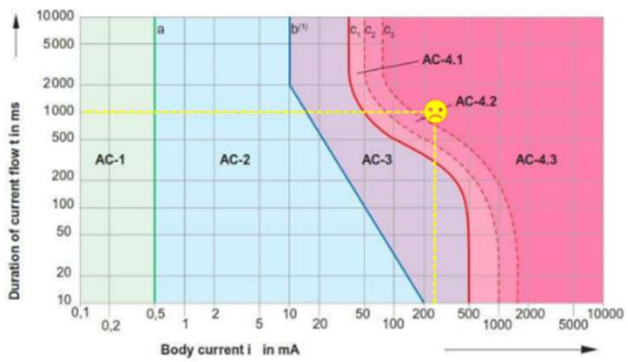
อันตรายหรือไม่ ? (Hand - Hand)

Ohm law V = I R

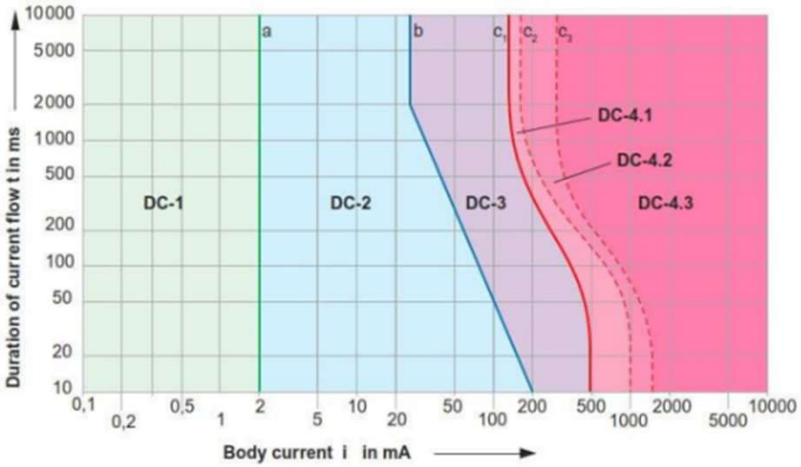
I = V / R

I = 230 / 1000

I = 0.23 A (230 mA)



ที่มา : เอกสารการฝึกอบรม สถาบันเทคโนโลยีจิตรลดา



DC-1: รู้สึกคล้ายมีการสัมผัสเพียงเล็กน้อย

DC-2: อาจเกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อโดยไม่ได้ตั้งใจ โดยเฉพาะเมื่อทำลาย หรือเปลี่ยนแปลงการไหลของกระแสไฟฟ้าอย่างรวดเร็ว แต่โดยปกติแล้วจะไม่มีผลทางสรีระร่างกายที่เป็นอันตราย

DC-3: เกิดปฏิกิริยาของกล้ามเนื้อที่ไม่สามารถควบคุมไม่ได้อย่างรุนแรง ส่งผลต่อการเต้นของหัวใจ โดยเพิ่มขึ้นตามปริมาณกระแสและเวลา โดยปกติแล้วจะไม่เกิดความเสียหายต่ออวัยวะ

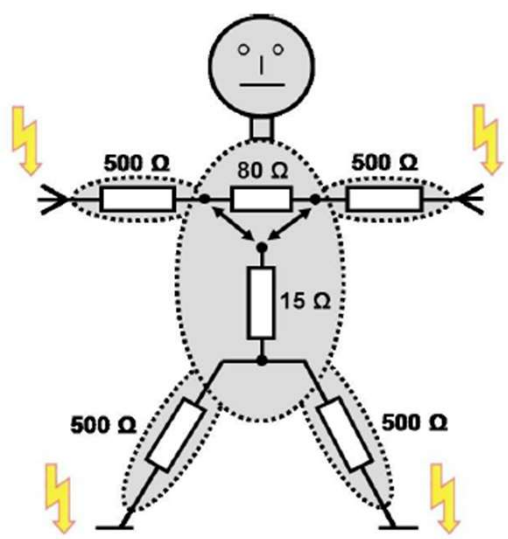
DC-4: เมื่อการไหลของกระแสผ่านร่างการและระยะเวลาเพิ่มขึ้น หัวใจหยุดเต้น หยุดหายใจ เกิดแผลไฟไหม้รุนแรง (AC-4.1 – 4.3 เป็นภาวะที่หัวใจเต้นผิดจังหวะตั้งแต่ 5%, 50% และมากกว่า 50%)

50 VDC, T= 5s, I=?

Hand to Hand

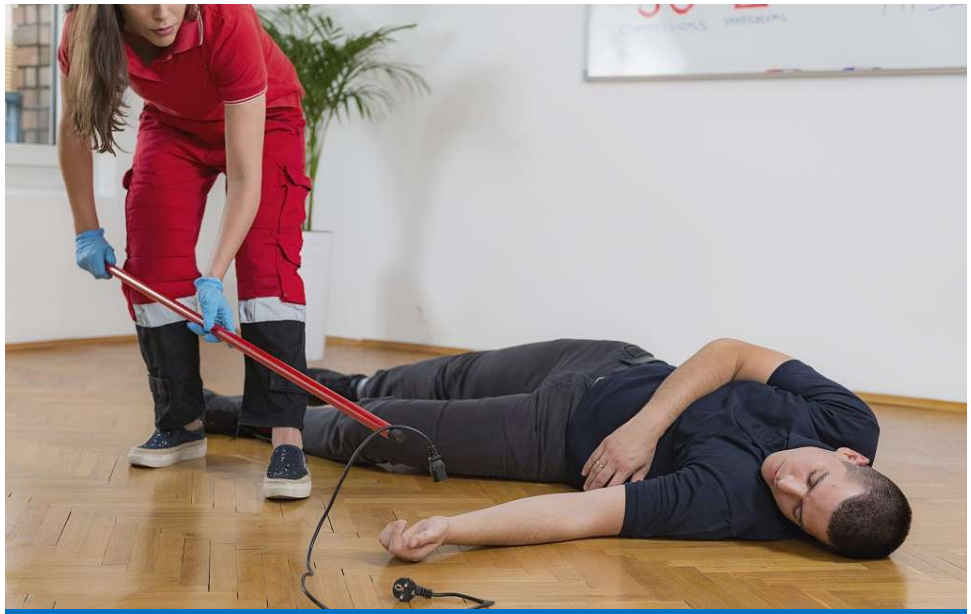
60 VDC, T= 10s, I=?

Hand to Hand



การช่วยเหลือผู้ถูกไฟฟ้าดูด

- ความปลอดภัยของผู้ช่วยเหลือมาก่อนเสมอ
- ห้ามสัมผัสผู้ถูกช็อตโดยตรง หากยังไม่แน่ใจว่าไฟถูกตัดครบ
- ตัดแหล่งจ่ายไฟทันที เช่น สวิตช์ เบรกเกอร์ ปลั๊ก (ใน EV = ระบบ 12V หากปลอดภัย)
- หากตัดไฟไม่ได้ ให้ใช้ วัสดุฉนวนแยกร่างผู้ประสบเหตุเช่น ไม้แห้ง พลาสติก เชือกแห้ง หรือตะขอช่วยชีวิต (insulated rescue hook)
- ห้ามใช้โลหะหรือวัสดุเปียก ในการช่วยเหลือ
- ใช้ ถุงมือฉนวน / เครื่องมือฉนวน / PPE เฉพาะผู้ที่ได้รับการฝึกเท่านั้น
- เมื่อแยกออกจากไฟได้แล้ว ⟶ ตรวจการหายใจ ⟶ โทร 1669 ⟶ หากไม่หายใจ ให้ทำ CPR ทันที “1 นาทีแรกสำคัญที่สุด” เนื่องจากผู้ถูกไฟฟ้าช็อตอาจหยุดหายใจหรือหัวใจเต้นผิดจังหวะ



ขั้นแรกให้ถอดสายไฟออกก่อนแล้วจึงช่วยเหลือผู้บาดเจ็บ

ที่มา : คู่มือฝึกอบรม Changan Thailand

ส่วนที่ 1 พื้นฐานไฟฟ้าและความปลอดภัย

PPE ย่อมาจาก Personal Protective Equipment

ซึ่งหมายถึง อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล ที่ใช้เพื่อปกป้องผู้สวมใส่จากอันตรายต่าง ๆ ในสถานที่ทำงานหรือสถานการณ์เสี่ยง

ถุงมือหุ้มฉนวน

รองเท้านิรภัยหุ้มฉนวน

เสื้อผ้าที่เป็นฉนวน

แว่นตา

หมวกนิรภัยหุ้มฉนวน

เครื่องมือฉนวน

แผ่นฉนวน

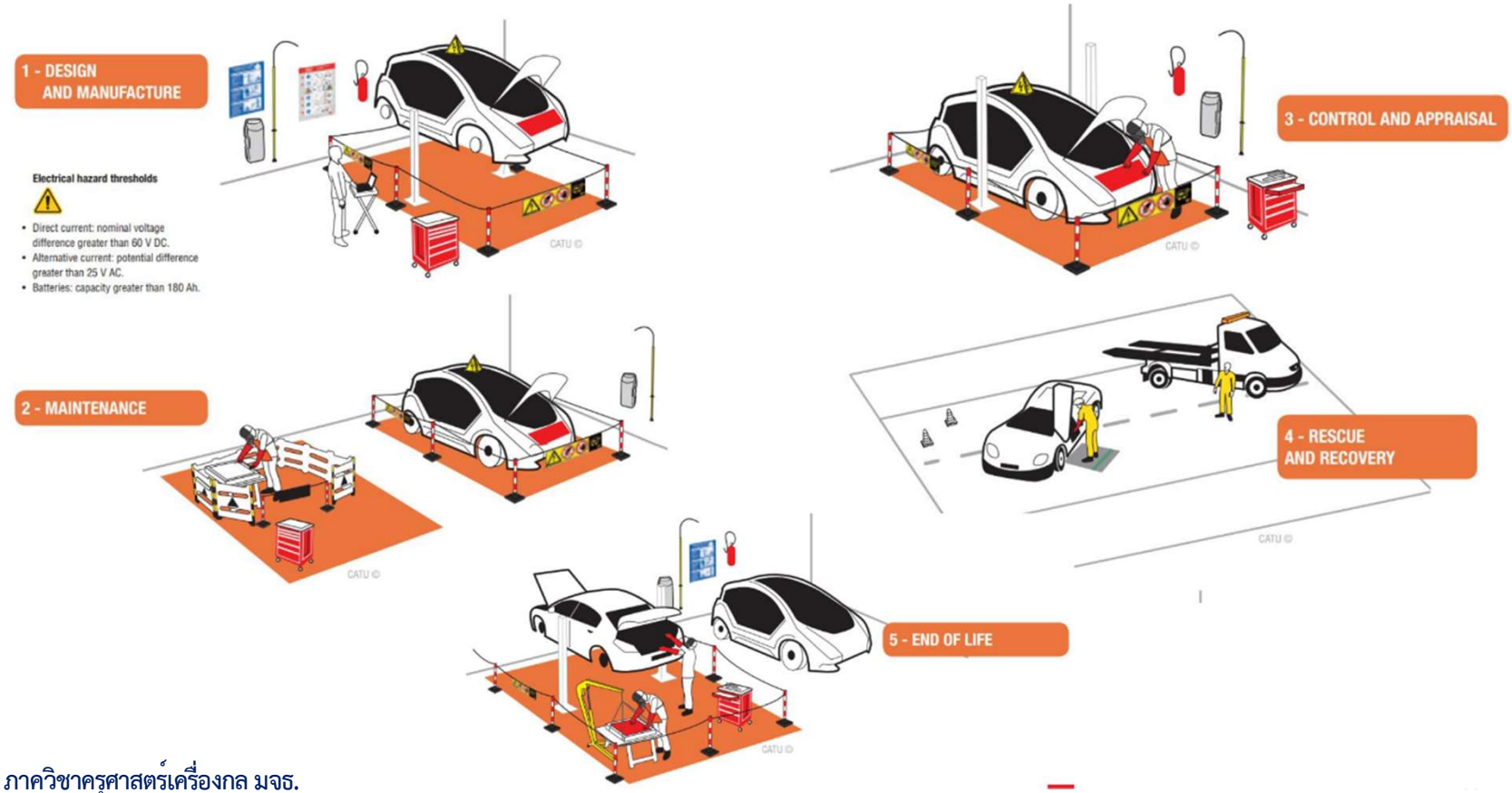
เครื่องดับเพลิง

เข็มขัดเขตความปลอดภัย

ป้ายเตือนการทำงาน

ที่มา : คู่มือฝึกอบรม Changan Thailand

การกั้นพื้นที่ปฏิบัติงาน



ที่มา : เอกสารฝึกอบรม ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล มจธ.

การจัดการอัคคีภัย

มีถังดับเพลิงสำหรับ EV โดยเฉพาะ

- AVD / Lith-Ex ⟶ สำหรับไฟแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน
- ใช้ ควบคุมและชะลอการลุกลาม ไม่ได้ดับ Thermal Runaway ทั้งหมด

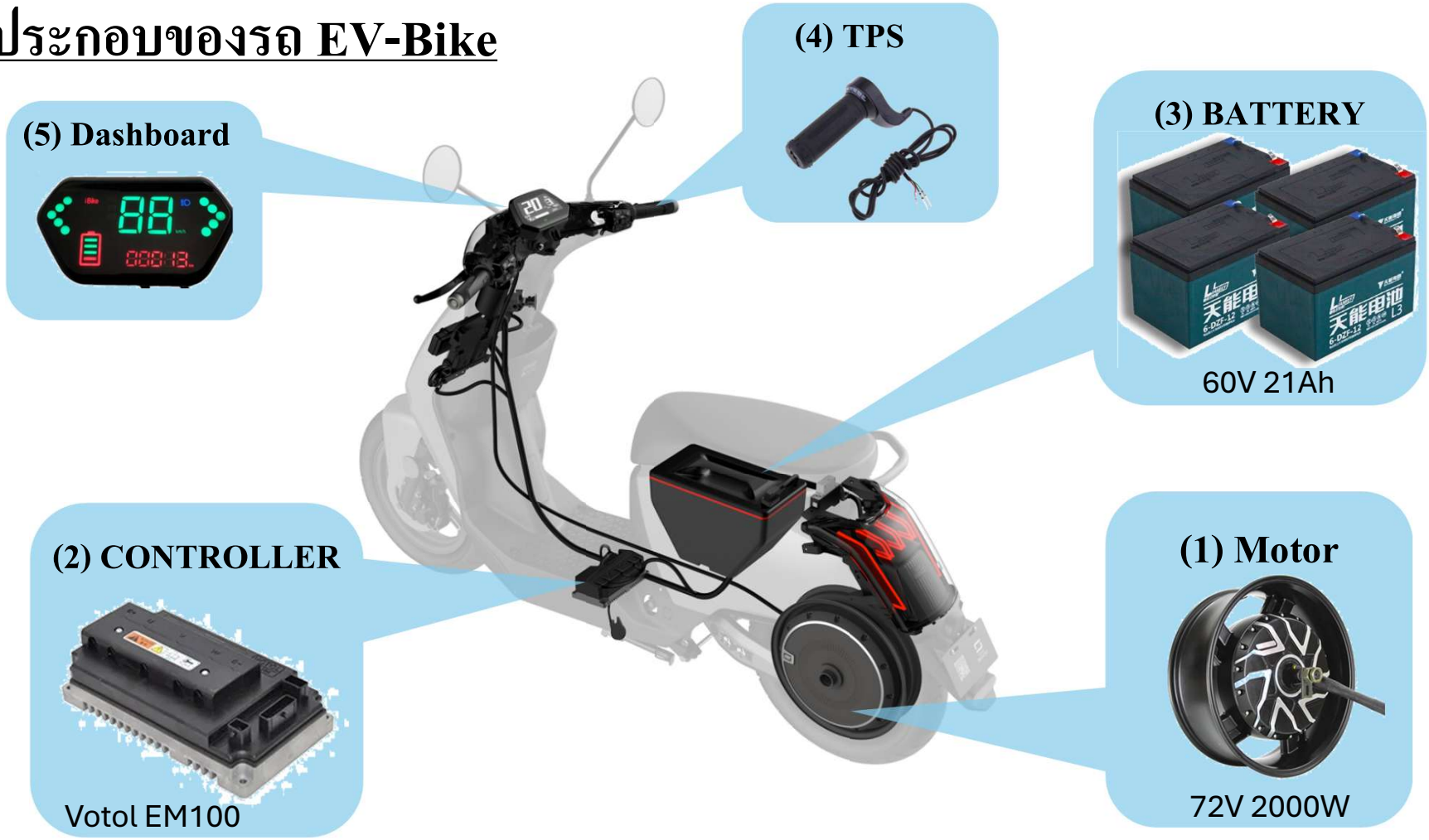
ถังดับเพลิงทั่วไป (ผงเคมี, CO_2, Foam)

- ดับได้เฉพาะไฟรอบ ๆ รถ เช่น พลาสติก ยาง
- ไม่สามารถดับแบตเตอรี่ EV ได้

วิธีที่ได้ผลจริงที่สุดในปัจจุบัน

- ฉีดน้ำปริมาณมากต่อเนื่อง 20,000–30,000 ลิตร เพื่อลดอุณหภูมิ
- หรือ แช่ทั้งรถในบ่อน้ำ (Dunk Tank) เพื่อลดโอกาสลุกไหม้ซ้ำ

ส่วนประกอบของรถ EV-Bike



NEXT

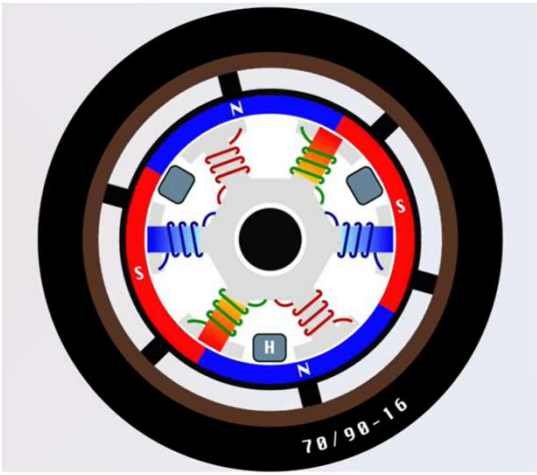
ระบบขับเคลื่อน

ประเภทที่พบในมอเตอร์ไซค์ EV

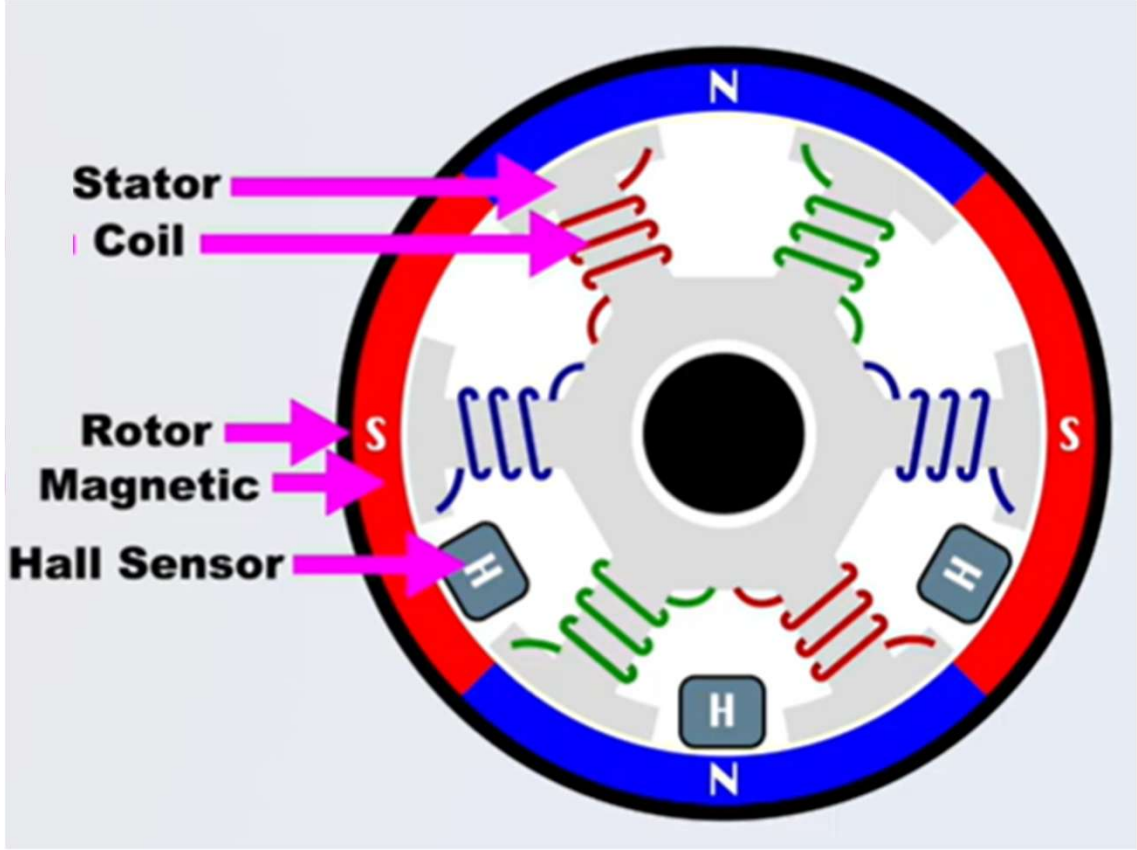
BLDC (Hub / Mid-drive)

มอเตอร์บัสเลส (Brushless DC motor) หรือที่เรียกว่า มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่าน เป็นมอเตอร์ชนิดหนึ่งที่มีหลักการทำงานคล้ายมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบ 3 เฟส แต่ใช้ไฟแรงดันต่ำ โดยมีกล่องควบคุมมอเตอร์ทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสตรง (DC) มาเป็นระบบไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) 3 เฟส

เปรียบเทียบ	Hub Motor	Mid-Drive Motor
ตำแหน่งมอเตอร์	อยู่ในล้อ (มักล้อหลัง)	อยู่กลางรถ ใกล้สวิงอาร์ม
ระบบส่งกำลัง	ไม่มี (Direct Drive)	มีโซ่ / สายพาน / เกียร์
โครงสร้าง	เรียบง่าย ชิ้นส่วนน้อย	ซับซ้อนกว่า
แรงบิดตอนออกตัว	ปานกลาง	**สูงกว่า** (ทดเกียร์ได้)
การไต่ทางชัน / บรรทุก	ไม่เด่น	**เด่นมาก**
ประสิทธิภาพ ที่ความเร็วสูง	ดี	ดี
การซ่อมบำรุง	ง่าย	ต้องดูโซ่/เกียร์
น้ำหนัก Unsprung	**สูง** (กระทบช่วงล่าง)	ต่ำกว่า
ความเงียบ	เงียบมาก	มีเสียงโซ่/เฟือง
ต้นทุน	ถูกกว่า	แพงกว่า
การดัดแปลง	จำกัด	ยืดหยุ่นสูง



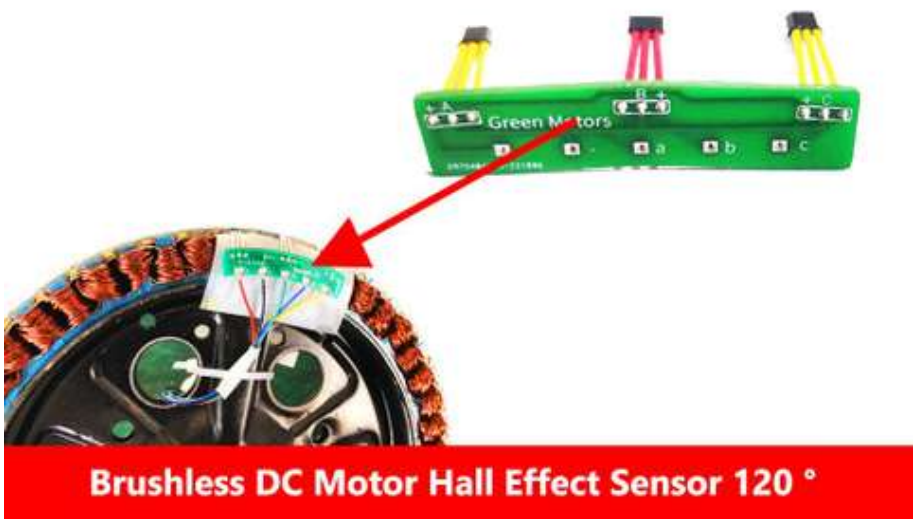
BLDC (Hub motor)

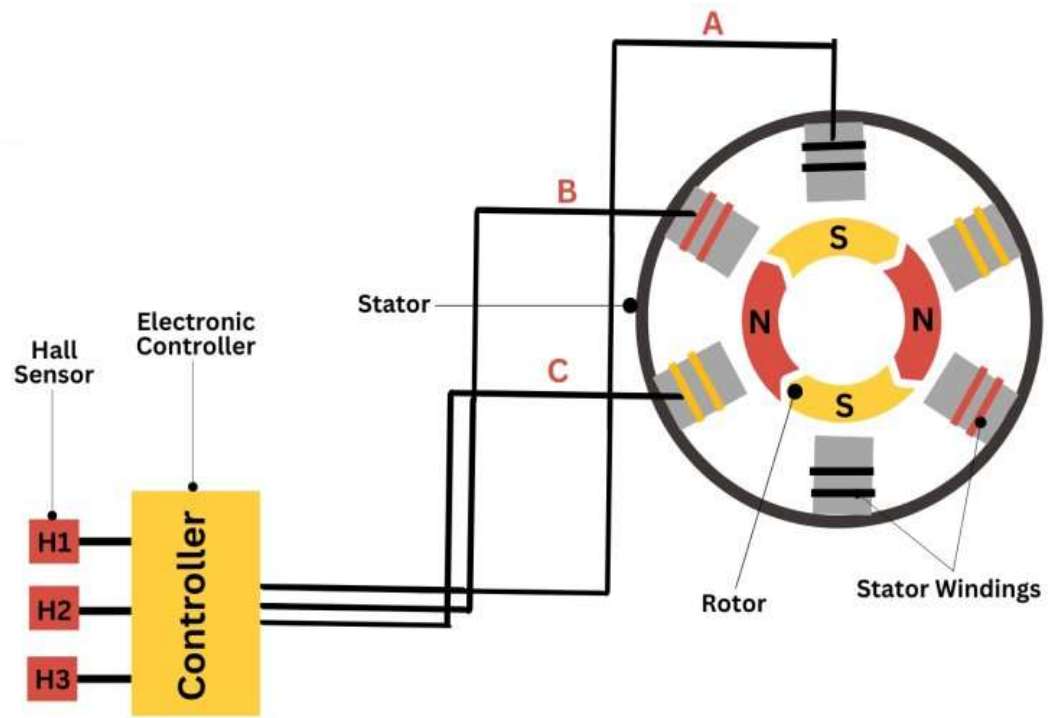


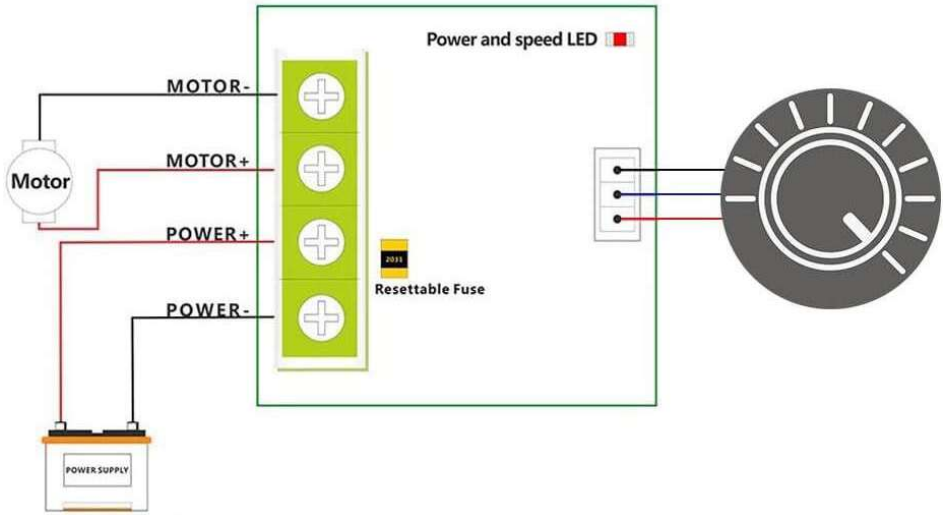
Hall Sensor

คือ **เซนเซอร์ตรวจจับตำแหน่งการหมุนของ Rotor** โดยอาศัย **ปรากฏการณ์ Hall Effect** (การเปลี่ยนแปลงแรงดันเมื่อมีสนามแม่เหล็ก) ใน **BLDC / PMSM** จะใช้ Hall Sensor เพื่อบอก Controller

ว่า “ตอนนี้ Rotor อยู่ตำแหน่งไหน ⟶ ควรจ่ายไฟเฟสไหน”



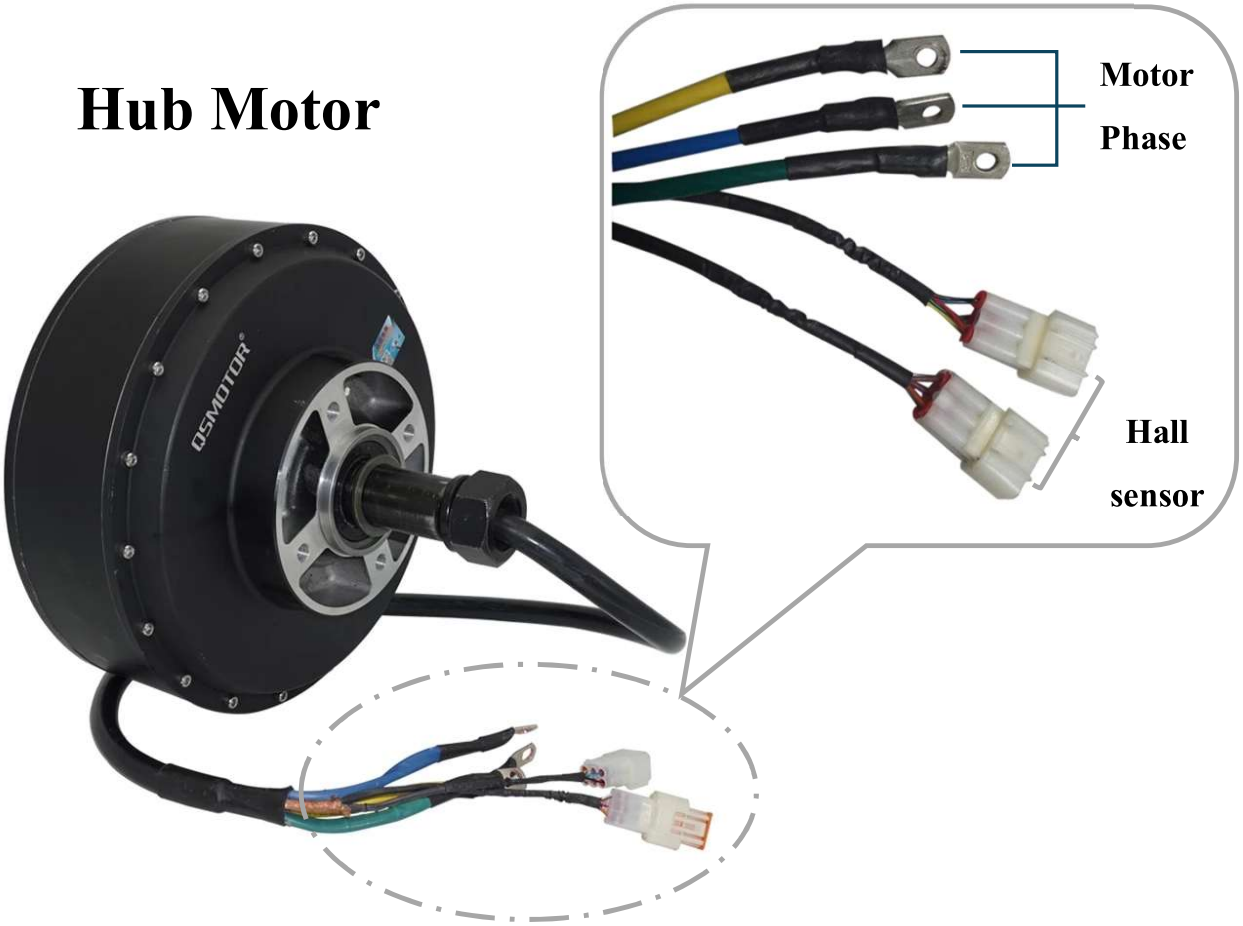




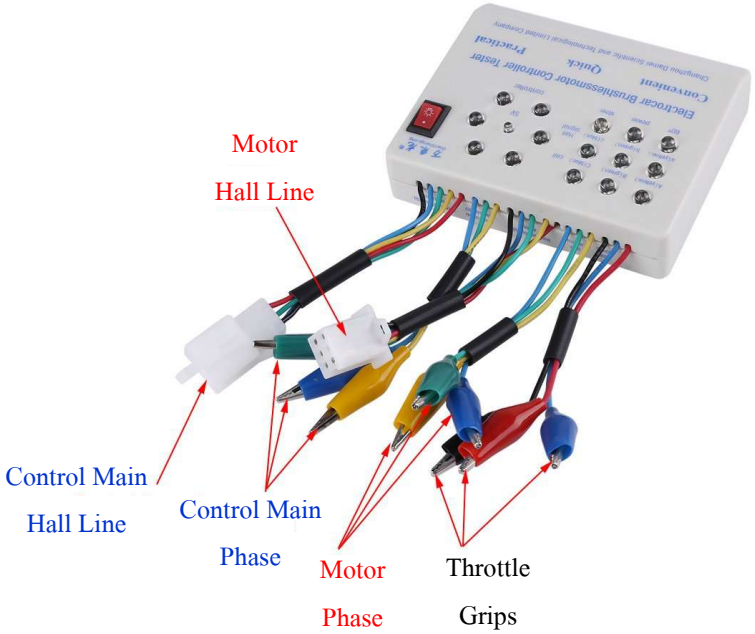
การเพิ่มความเร็วของ BLDC Motor

อุปกรณ์ตรวจเช็ค Hub Motor

Hub Motor



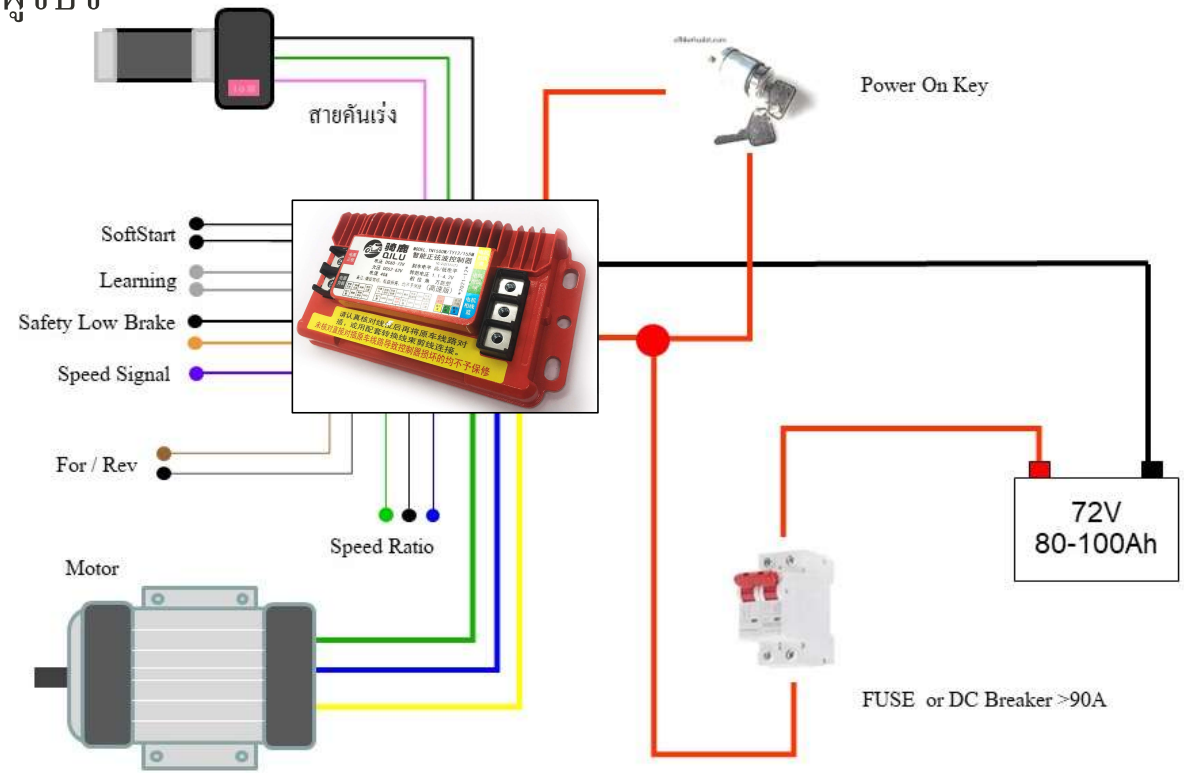
BLDC Tester



NEXT

ระบบควบคุม

Controller : ทำหน้าที่ในการแปลงกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ซึ่งเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เพื่อส่งต่อให้กับมอเตอร์ไฟฟ้า อีกทั้งยังควบคุมความเร็วในการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าในขณะที่รถมีอัตราเร่งหรือหน่วงจากผู้ขับขี่



Controller แบบปรับค่าไม่ได้

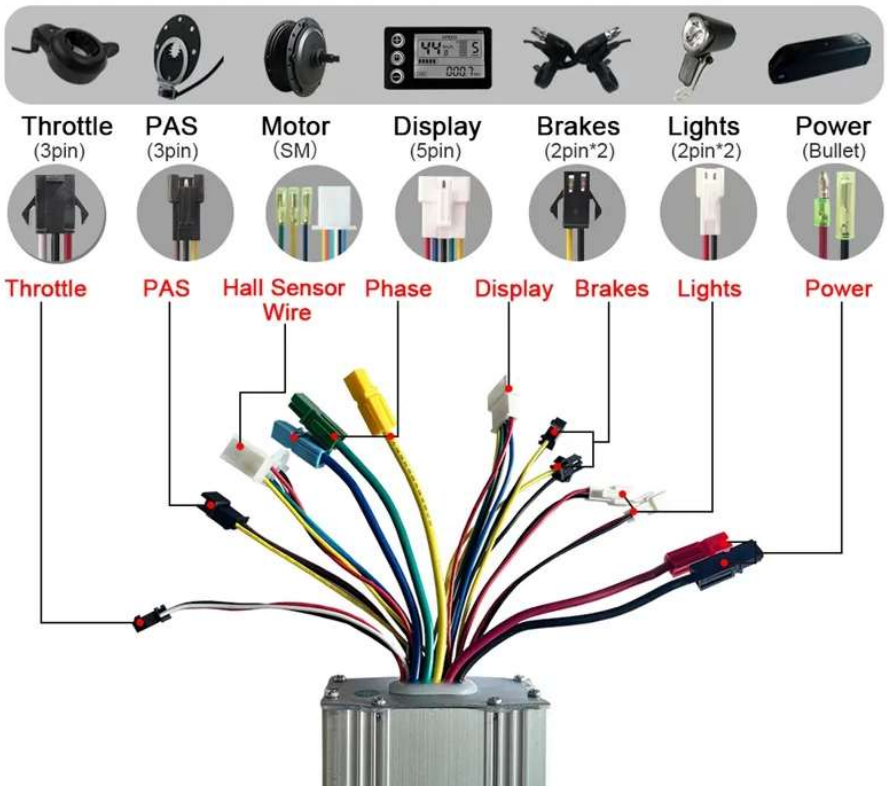
กล่องธรรมดา ที่ถูกโปรแกรมมาจากโรงงาน ค่าแรงดัน (V) และกระแส (A) ถูกล็อคมาแล้ว มีแค่ฟังก์ชันพื้นฐาน (บิด-เบรก-ถอย)

“ เหมาะกับสายเน้นใช้งานทั่วไป เสียบปลั๊กจบ ไม่ชอบยุ่งยาก “

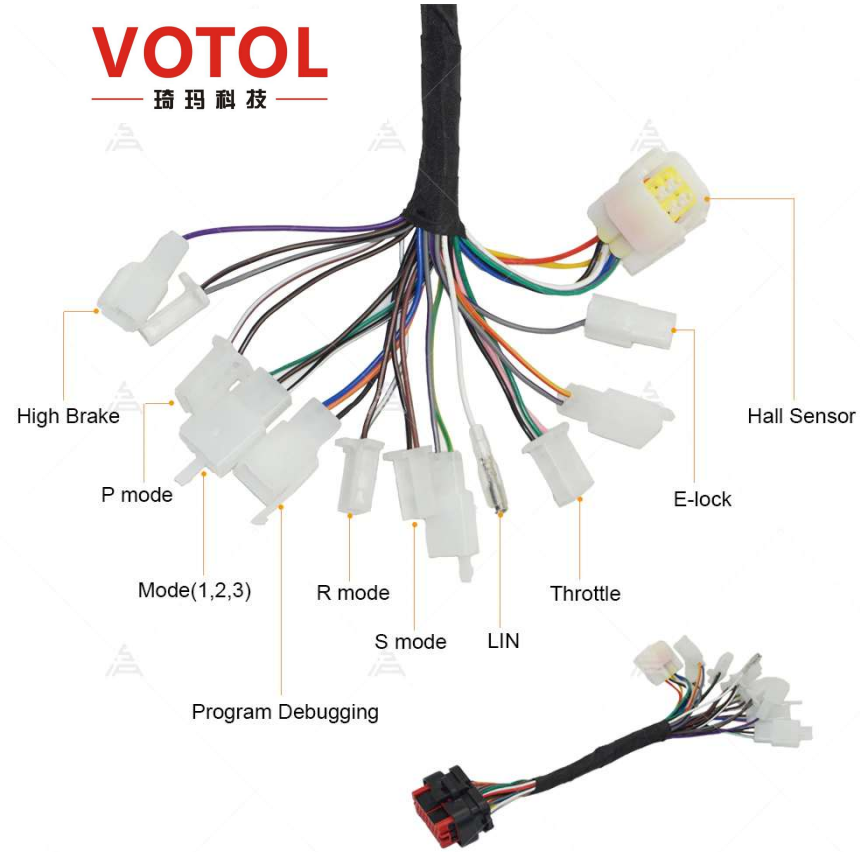
Controller แบบปรับค่าได้

กล่องโปรแกรมได้ : เหมาะกับสายโมดิฟาย (เช่น Votol, FarDriver) ที่ต้องการรีดสมรรถนะมอเตอร์ออกมาให้สุด หรืออยากปรับรถให้เข้ากับสไตล์การขับขี่ของตัวเอง มีฟังก์ชันล้ำๆ เช่น **Regen** (เบรกคืนไฟ), **Boost** หรือโหมดประหยัด

Controller แบบปรับค่าไม่ได้



Controller แบบปรับค่าได้



NEXT

ระบบแปลงไฟฟ้า

DC-DC Converter

รถไฟฟ้า แบตเตอรี่หลักมีแรงดันสูง เช่น 48, 60 หรือ 72 โวลต์
แรงดันระดับนี้ใช้สำหรับขับมอเตอร์เท่านั้น

แต่ระบบไฟรถ เช่น ไฟหน้า ไฟท้าย หน้าจอ แตร รีเลย์
ไม่สามารถใช้ไฟแรงดันสูงได้

ดังนั้น รถไฟฟ้าจึงต้องมี **DC-DC Converter**
เพื่อแปลงไฟจากแบตหลัก มาเป็นไฟ 12 โวลต์
ให้กับระบบไฟของรถทั้งคัน

ถ้า DC-DC เสีย รถจะไม่สามารถเปิดใช้งานระบบไฟได้
แม้ว่าแบตเตอรี่และมอเตอร์จะยังปกติก็ตาม”

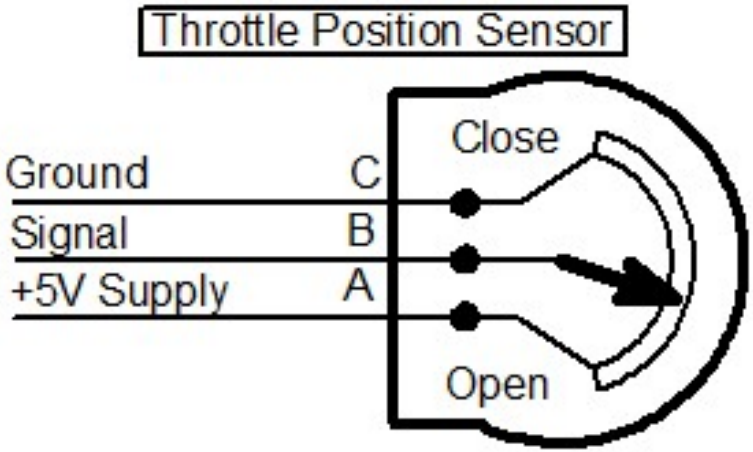
แนวคิดการตรวจเช็ก (พื้นฐาน)

1.วัดแรงดัน **ขาเข้า** DC-DC

2.วัดแรงดัน **ขาออก 12V**

คันเร่งแบบ **ปลอกแฮนด์**

คันเร่งแบบ **สายสลิง**

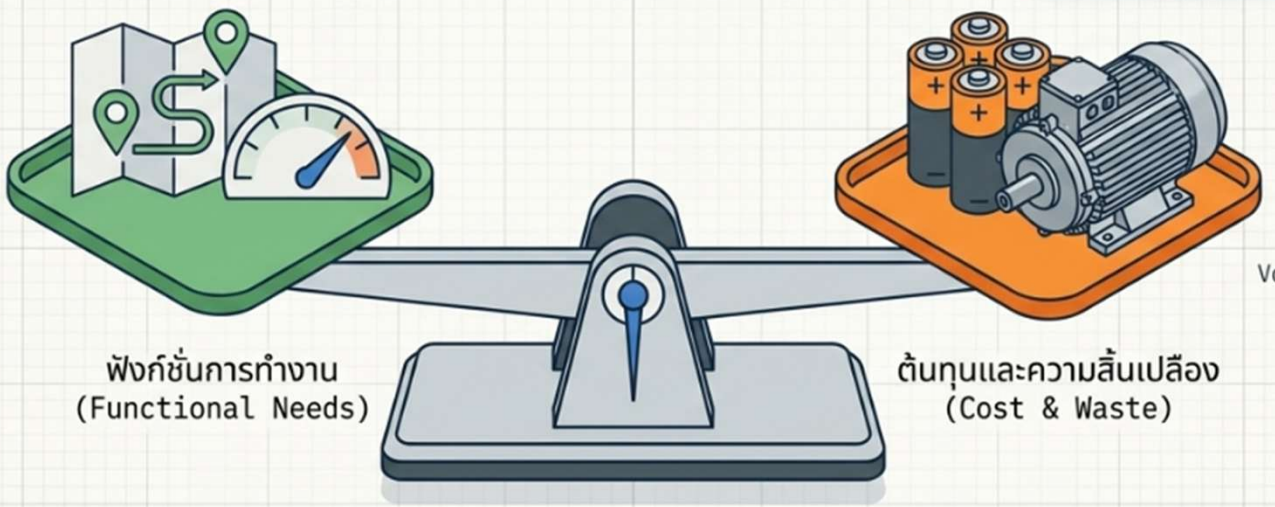


NEXT

การออกแบบรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า

กฎเหล็กข้อแรก: ออกแบบตามการใช้งานจริง

- หลักการ 1: ศึกษาข้อกำหนดและมาตรฐาน
- หลักการ 2: กำหนดคุณลักษณะให้ชัดเจน
- หลักการ 3: ออกแบบจากฟังก์ชั่นจริง (เน้นเป็นพิเศษ)

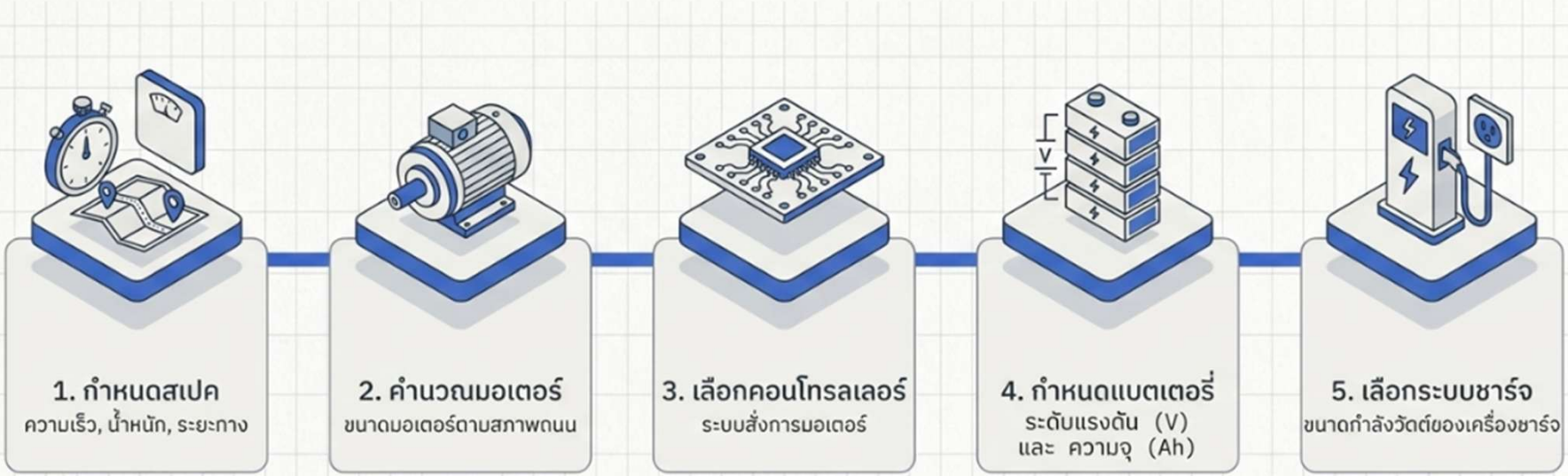


Voltage 2.2 V
Amperage 3.5 mA

"ออกแบบสร้างรถโดยเริ่มจากฟังก์ชั่นการทำงานของรถก่อน...
และต้องไม่เผื่อกำลังด้านสมรรถนะจนเกินไป จึงจะเหมาะสม **ทำให้ราคาไม่แพงจนเกินความจำเป็น**"

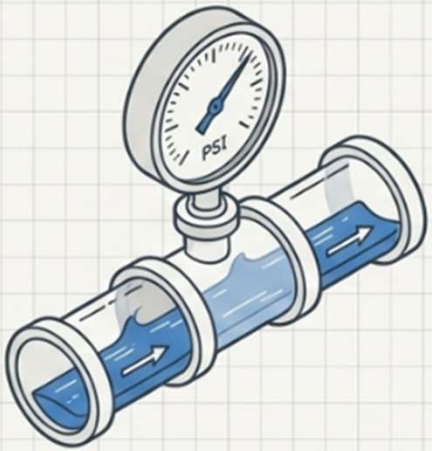
อ้างอิง: รศ.ดร. วีระเชษฐ์ ขันเงิน

5 ขั้นตอนสู่การออกแบบระบบส่งกำลัง EV ที่สมบูรณ์แบบ



3 ตัวแปรหลักของระบบไฟฟ้า (The Core Triangle)

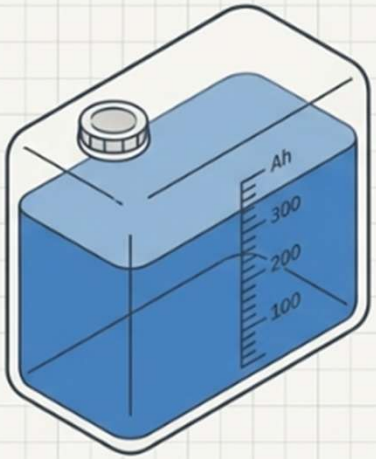
Voltage (V) - แรงดันไฟฟ้า



เปรียบเสมือน: ความดันน้ำ (ความเร็วสูงสุด)

กำหนดความเร็วรอบของมอเตอร์ เลือกระดับ V ต้องตรงกันทั้งระบบ (เช่น 48V, 60V, 72V)

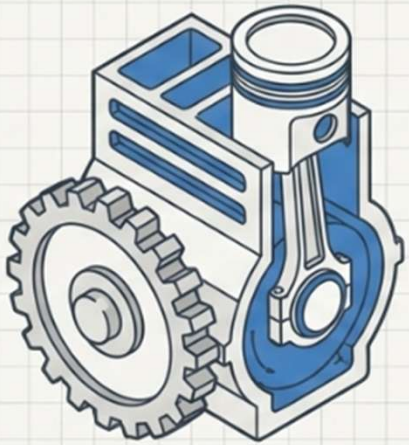
Amp-Hour (Ah) - ความจุแบตเตอรี่



เปรียบเสมือน: ขนาดถังน้ำมัน (ระยะทาง)

ยิ่ง Ah สูง ยิ่งจ่ายไฟได้นาน วิ่งได้ระยะทางไกลขึ้นต่อการชาร์จหนึ่งครั้ง

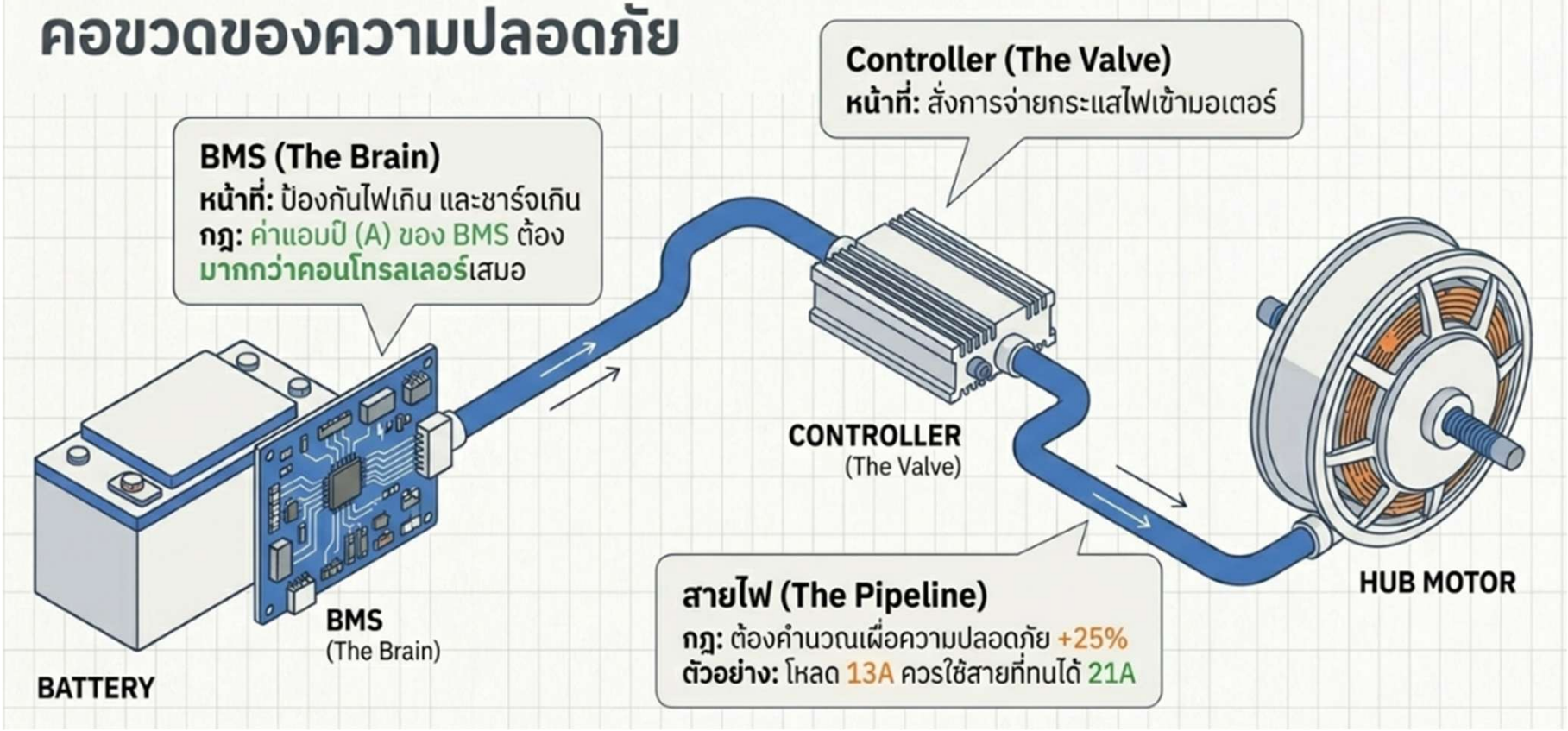
Watt (W) - กำลังมอเตอร์



เปรียบเสมือน: ขนาดกล้ามเนื้อ (อัตราเร่ง)

กินพลังงานสูง ให้ความเร็วและแรงบิดดี แต่ทำให้แบตเตอรี่หมดไวขึ้น

ระบบสั่งการและสายไฟ: คอขวดของความปลอดภัย

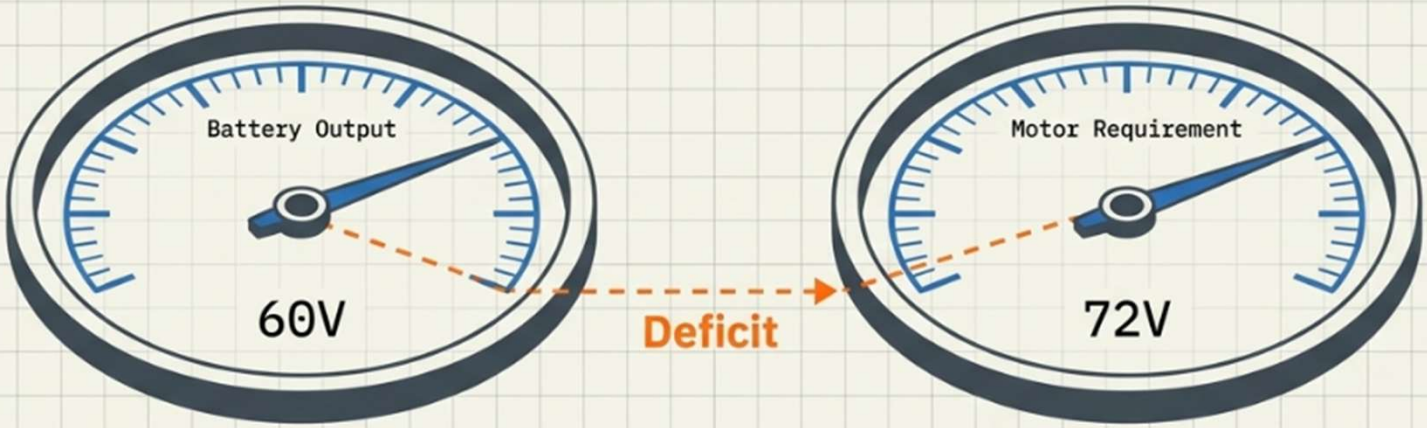


วิเคราะห์สเปค (Diagnostic Evaluation)

สเปคชุดนี้เข้ากันได้หรือไม่?
(Is this a good match?)

Battery:	60V 21Ah (16S) Microvast
BMS:	JK 100/200A Smart
Controller:	Vetoj EM100
Motor:	72V 2000W

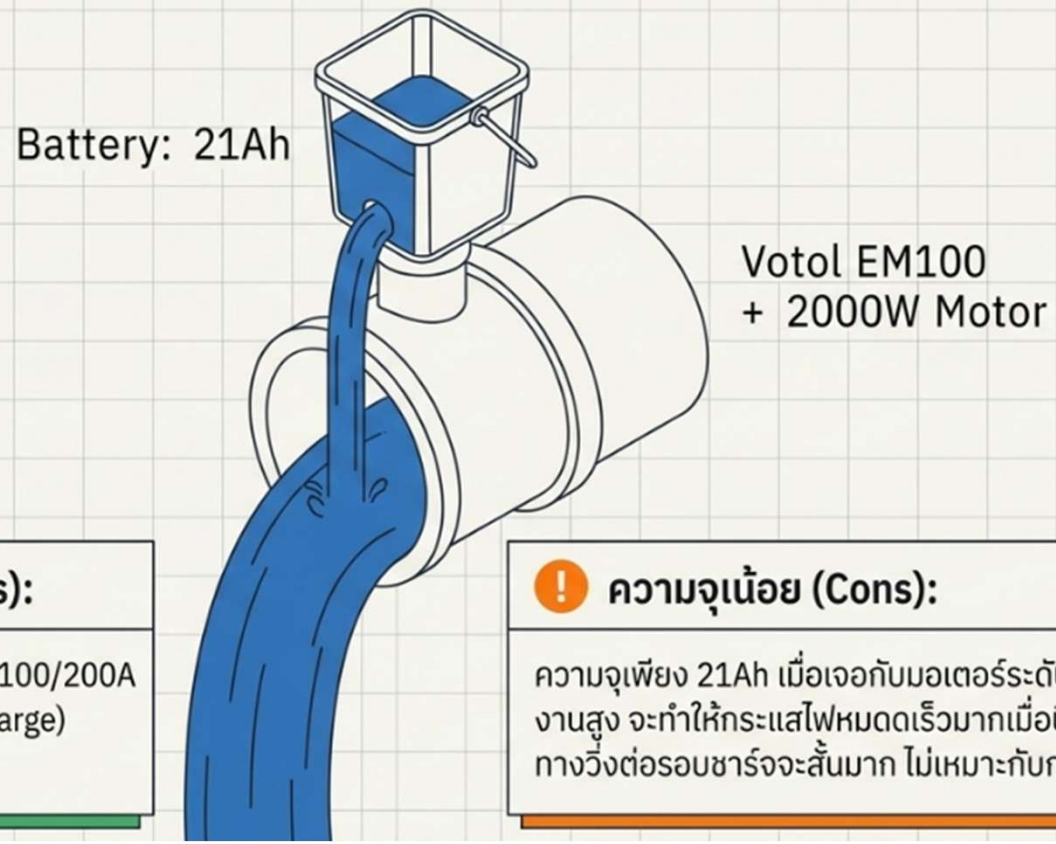
ปัญหาที่ 1: แรงดันไฟฟ้าไม่ตรงกัน (Voltage Mismatch)



ความจริง (What happens):
มอเตอร์จะทำงานได้ แต่ประสิทธิผลจะลดลง (Under-volting)

ผลกระทบ (Impact):
ความเร็วปลาย (Top Speed) จะไม่ถึงจุดสูงสุดที่มอเตอร์ทำได้ และอาจเกิดความร้อนสะสมเนื่องจากประสิทธิภาพการแปลงพลังงานลดลง แบตเตอรี่และมอเตอร์ควรมีระดับ V ที่ตรงกันเพื่อความเสถียร

ปัญหาที่ 2: ถังน้ำมันเล็กเกินไปสำหรับเครื่องยนต์ใหญ่



BMS คุณภาพสูง (Pros):

แบตเตอรี่ Microvast และ JK BMS 100/200A เป็นของเกรดสูง จ่ายกระแส (Discharge) ได้แรงและปลอดภัยแน่นอน

ความจุเน้อย (Cons):

ความจุเพียง 21Ah เมื่อเจอกับมอเตอร์ระดับ 2000W ที่กินพลังงานสูง จะทำให้กระแสไฟหมดเร็วมากเมื่อบิดคันเร่งเต็มที่ ระยะทางวิ่งต่อรอบชาร์จจะสั้นมาก ไม่เหมาะกับการเดินทาง

พิสูจน์ด้วยสมการคำนวณระยะทาง (Range Calculation)

$$[\text{ระยะทาง (กม.)}] = \boxed{V} \times \boxed{(Ah)} \times (\text{ความเร็ว})] \div \boxed{W}$$

$$[(60V) \times (21Ah) \times (\text{สมมติความเร็ว 45 กม./ชม.})] \div [2000W]$$

$$\boxed{= \sim 28.3 \text{ กิโลเมตร (ในทางทฤษฎี)}}$$

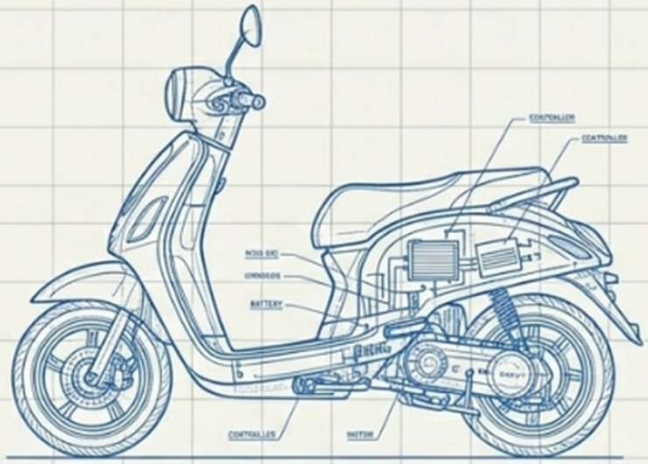
สภาพจริง (Real World Range):

ระยะทางจริงอาจเหลือเพียง 15-20 กม. หากมีการเร่งแซงบ่อย ขึ้นเนิน หรือบรรทุกน้ำหนัก (อ้างอิงจากหลักการประเมินระยะทางสภาพแวดล้อมจริง)

ทางออก A: ปรับสเปคเพื่อ ‘สายวิ่งในเมือง’ (City Commuter)

Redesign:

- **Keep:** Battery 60V 21Ah + JK BMS
- **Change Motor to:** 60V 1000W หรือ 1500W (ให้ V ตรงกันและประหยัดไฟ)
- **Change Controller to:** Votol EM50 (ขนาดพอดีกับมอเตอร์และแบตเตอรี่)



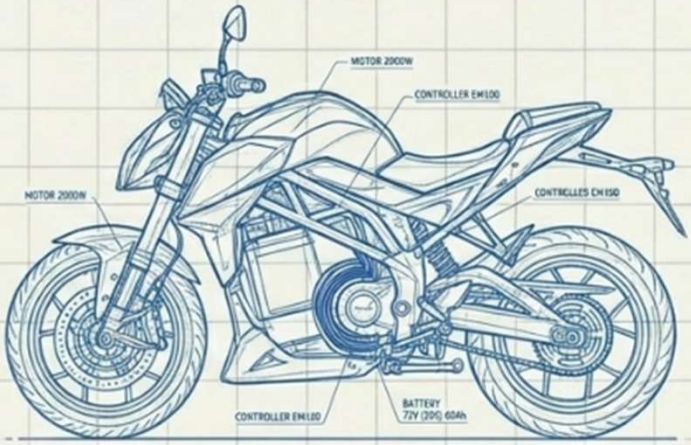
Outcome

ความเร็วสูงสุด:	ปานกลาง (~50-60 km/h)
ระยะทาง:	ดีขึ้นมาก (~40-50 km+)
เหมาะสำหรับ:	ขี่ไปทำงาน, ขับขี่ระยะสั้นในชีวิตประจำวัน, คุ้มค่าและปลอดภัย

ทางออก B: ปรับสเปคเพื่อ ‘สายสมรรถนะสูง’ (Performance Build)

Redesign:

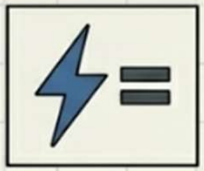
- **Keep:** Motor 72V 2000W + Controller Votol EM100
- **Keep:** BMS JK 100/200A
- **Change Battery to:** 72V (20S) ความจุอย่างน้อย 40Ah - 60Ah



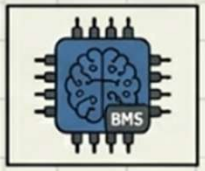
Outcome

ความเร็วสูงสุด:		สูงมาก (ดึงสมรรถนะมอเตอร์ 2000W ได้ 100%)
ระยะทาง:		สมดุลกับความแรง
เหมาะสำหรับ:	ผู้ที่ต้องการความเร็ว, เดินทางไกล, แต่ต้องแลกกับงบประมาณและน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น	

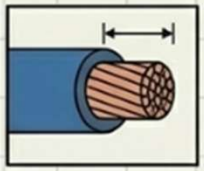
สรุป Checklist ก่อนประกอบรถไฟฟ้า (DIY EV Golden Rules)



1. กฎการจับคู่ (Match V): แบตเตอรี่, คอนโทรลเลอร์, และมอเตอร์ต้องมีแรงดันไฟฟ้า (V) ระดับเดียวกันเสมอ



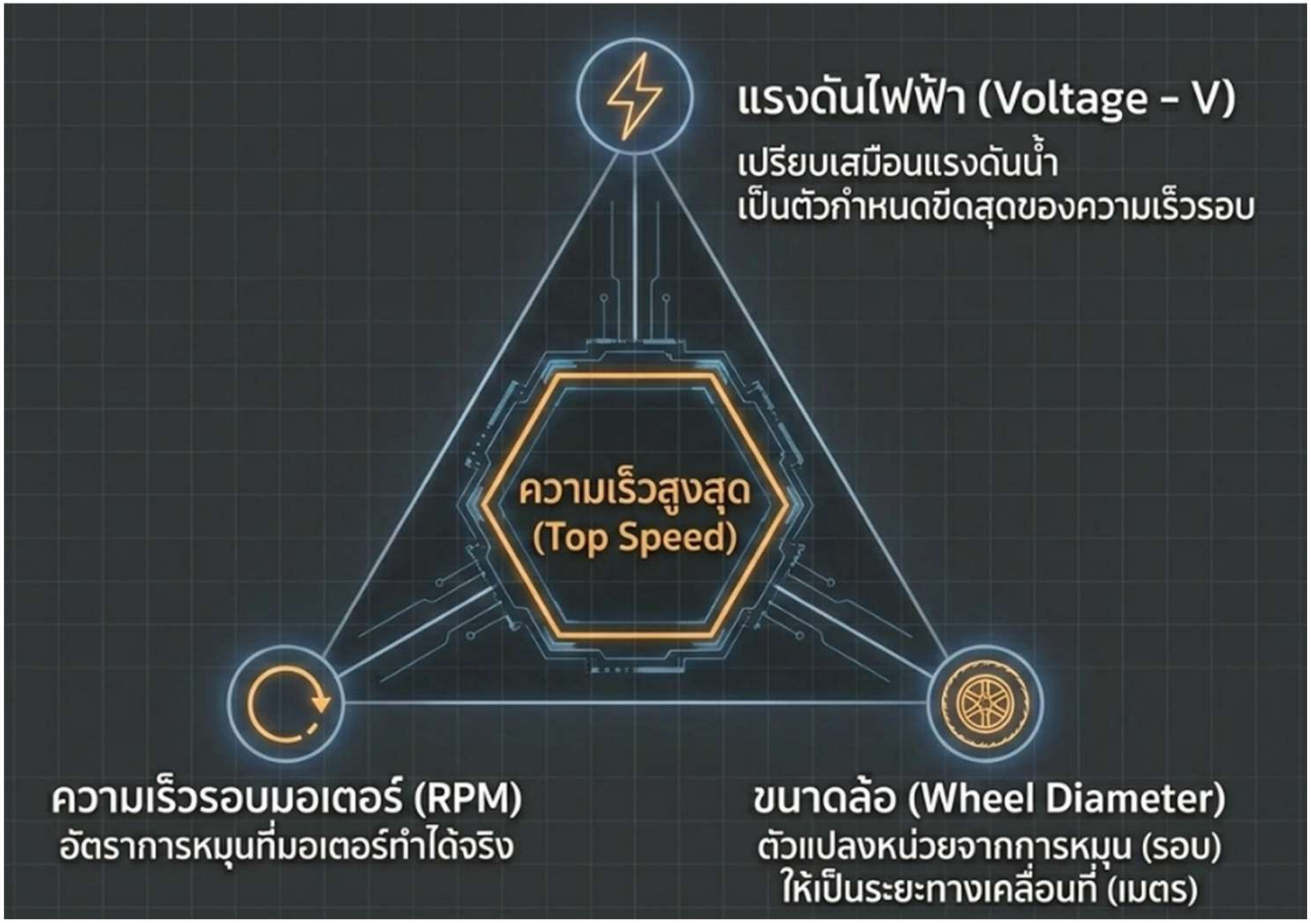
2. กฎของสมองกล (Size BMS): ค่า A ของ BMS ต้องมากกว่าหรือเท่ากับค่า A สูงสุดของคอนโทรลเลอร์



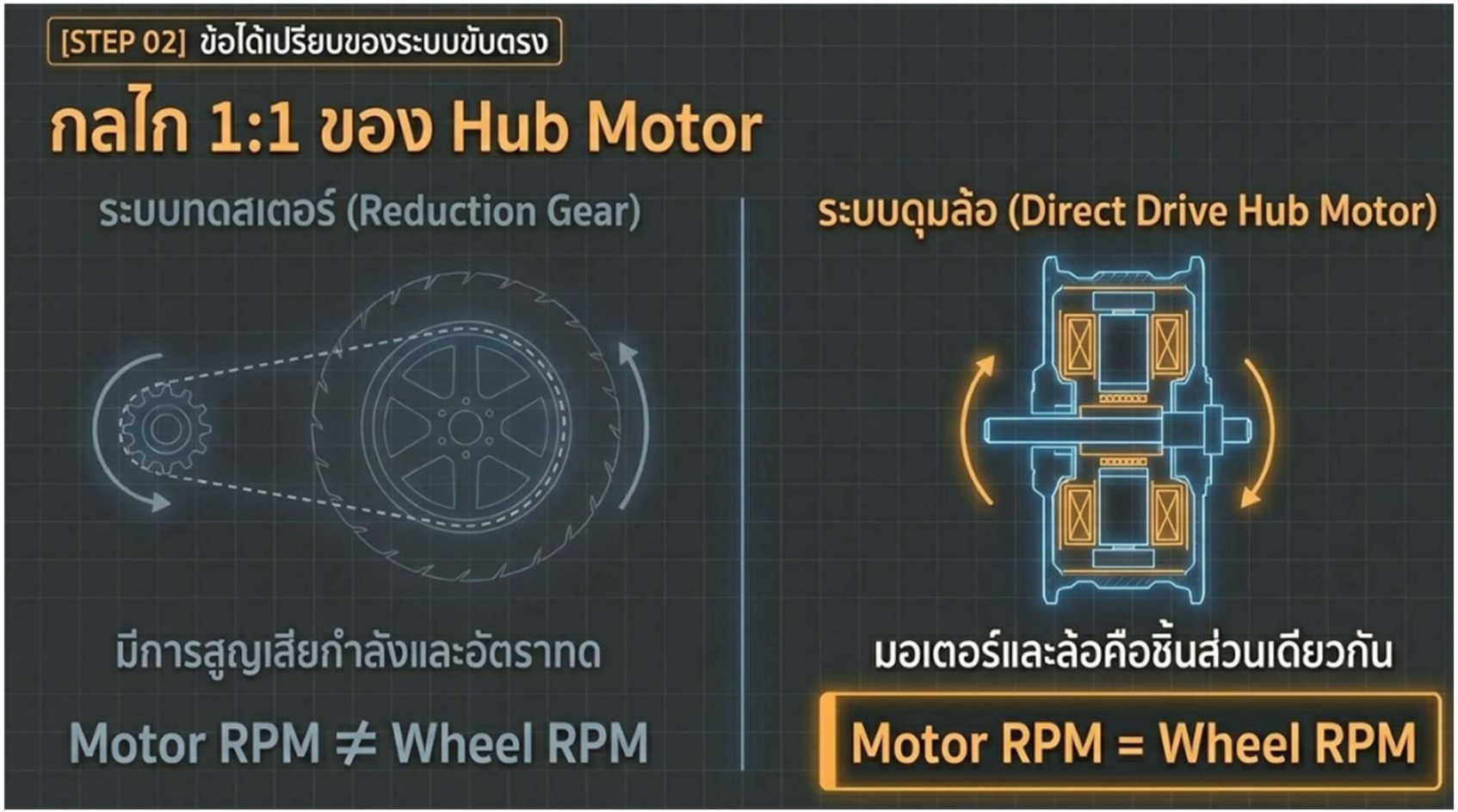
3. กฎของสายไฟ (Wire Margin): เลือกขนาดสายไฟโดยคำนวณเผื่อกระแสไหลผ่านจริงอย่างน้อย +25%

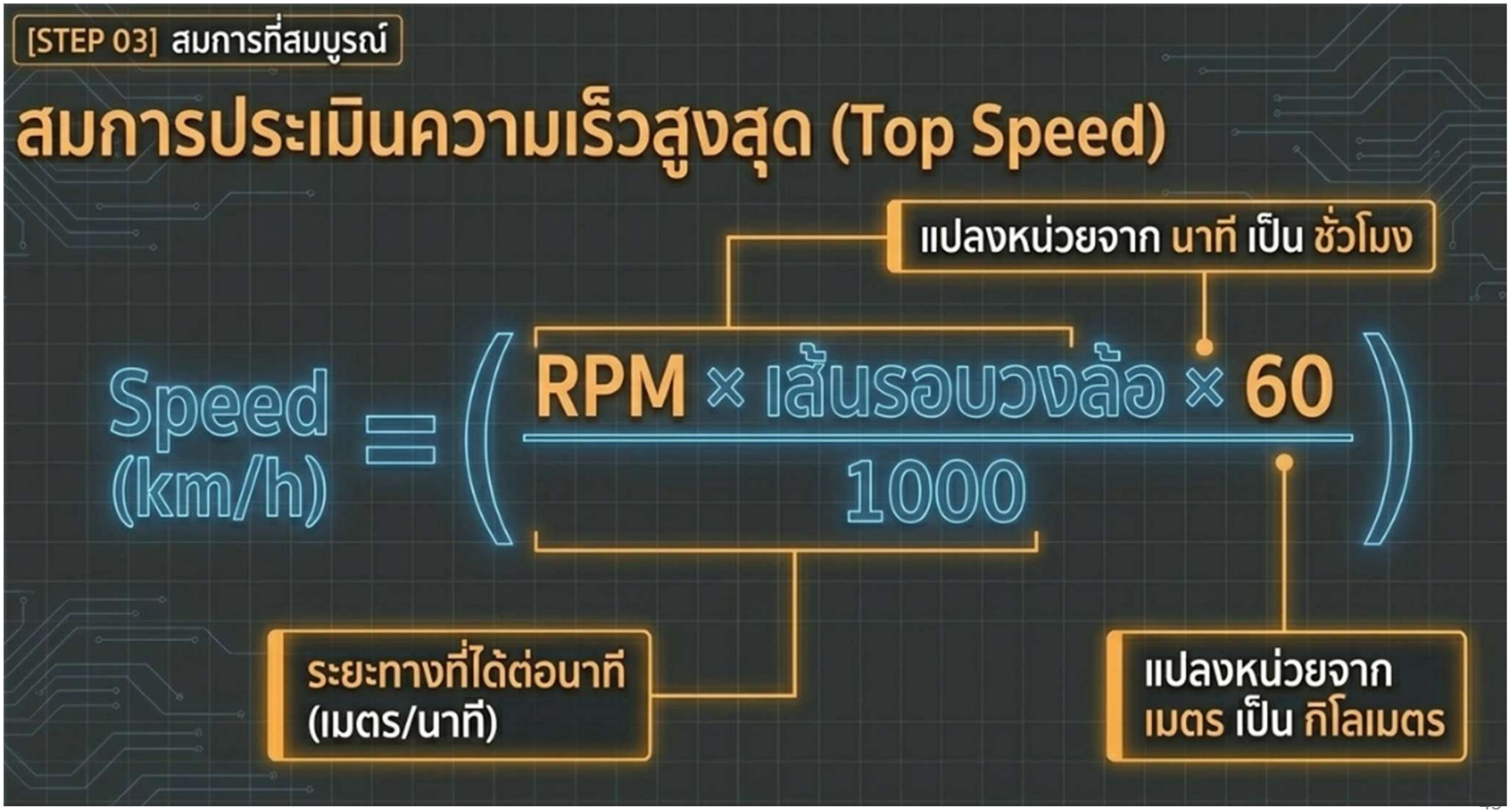
4. กฎของระยะทาง (Balance Ah vs W): มอเตอร์วัตต์สูง (W) กินไฟดุเดือด ต้องจับคู่กับแบตเตอรี่ความจุสูง (Ah) เพื่อไม่ให้ระยะทางสั้นเกินไป

แหล่งพลังงาน
แหล่งพลังงาน
แบตเตอรี่
60V (16S)
สมองกล
สมองกล
กล่องคอนโทรล
Votol EM100
ขุมพลังขับเคลื่อน
ขุมพลังขับเคลื่อน
มอเตอร์ Hub Motor
72V 2000W
จุดสัมผัสพื้น
จุดสัมผัสพื้น
ล้อขนาด 14 นิ้ว
ถ้ารถคันนี้ประกอบเสร็จ จะวิ่งได้ความเร็วสูงสุดเท่าไร?
คำตอบไม่ได้อยู่ที่การคาดเดา แต่อยู่ที่การถอดรหัสตัวแปรพื้นฐาน


แรงดันไฟฟ้า (Voltage - V)
เปรียบเสมือนแรงดันน้ำ
เป็นตัวกำหนดขีดสุดของความเร็วรอบ
ความเร็วสูงสุด
(Top Speed)
ความเร็วรอบมอเตอร์ (RPM)
อัตราการหมุนที่มอเตอร์ทำได้จริง
ขนาดล้อ (Wheel Diameter)
ตัวแปลงหน่วยจากการหมุน (รอบ)
ให้เป็นระยะทางเคลื่อนที่ (เมตร)

A
B
ระยะทาง 1 รอบ (Circumference)
[STEP 01] การหาเส้นรอบวงล้อ
จากวงกลม
สู่ระยะทางเส้นตรง
สมการตั้งต้น : π × D (พาย × เส้นผ่านศูนย์กลาง)
ค่า D (ล้อ 14 นิ้ว แปลงเป็นเมตร) : ≈ 0.3556 เมตร
การรู้ระยะทางต่อ 1 รอบล้อ คือกุญแจสำคัญที่จะ
แปลงค่า RPM ให้กลายเป็นความเร็วบนหน้าปัดรถ


[STEP 02] ข้อได้เปรียบของระบบขับตรง
กลไก 1:1 ของ Hub Motor
ระบบทดสเตอร์ (Reduction Gear)
มีการสูญเสียกำลังและอัตราทด
Motor RPM ≠ Wheel RPM
ระบบดุมล้อ (Direct Drive Hub Motor)
มอเตอร์และล้อคือชิ้นส่วนเดียวกัน
Motor RPM = Wheel RPM


[STEP 03] สมการที่สมบูรณ์
สมการประเมินความเร็วสูงสุด (Top Speed)
แปลงหน่วยจาก นาที เป็น ชั่วโมง
Speed (km/h) = (RPM × เส้นรอบวงล้อ × 60 / 1000)
ระยะทางที่ได้ต่อนาที (เมตร/นาที)
แปลงหน่วยจาก เมตร เป็น กิโลเมตร

ข้อควรระวังเชิงวิศวกรรม: การจับคู่แรงดันไฟฟ้าที่ไม่สมมาตร
มอเตอร์ 72V จะทำรอบสูงสุดได้เมื่อได้รับไฟ 72V เต็มที่ เมื่อจ่ายไฟเพียง 60V จะเกิดปรากฏการณ์ความเร็วรอบตกลง (Voltage Drop Effect) ตามสัดส่วน
60V
72V
2000W
แบตเตอรี่ (16S)
สเปกมอเตอร์

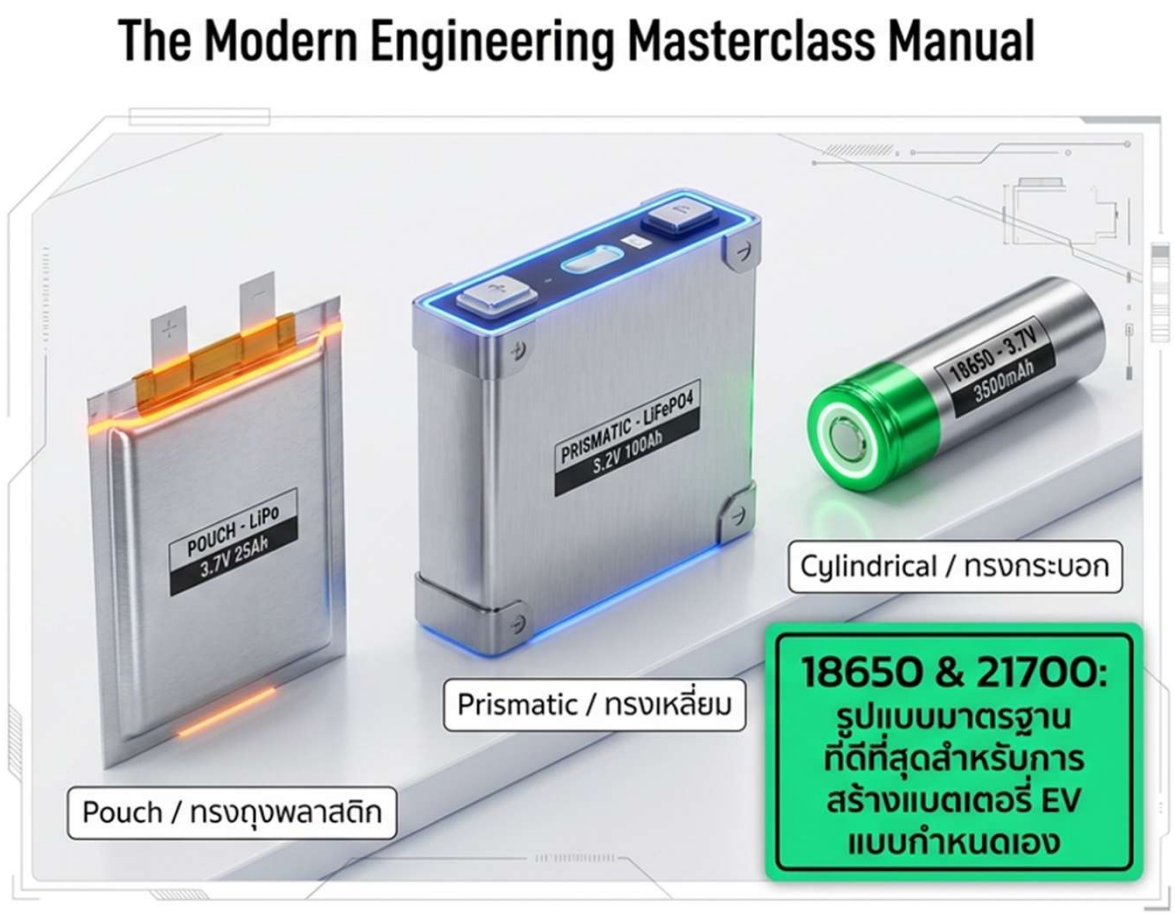
ทฤษฎีตามสเปกมอเตอร์ (Theoretical Spec)	ความเป็นจริงจากโจทย์ (Reality Spec)
ระบบไฟ: 72V	ระบบไฟ: 60V
รอบมอเตอร์ (RPM): 100% (สมรรถนะสูงสุด)	รอบมอเตอร์ (RPM): ≈ 83.3% (คำนวณจาก 60/72)
ความเร็วสูงสุด: วิ่งได้เต็มสเปกที่ระบุบนมอเตอร์	ความเร็วสูงสุด: ลดลงเกือบ 17% จากทฤษฎี

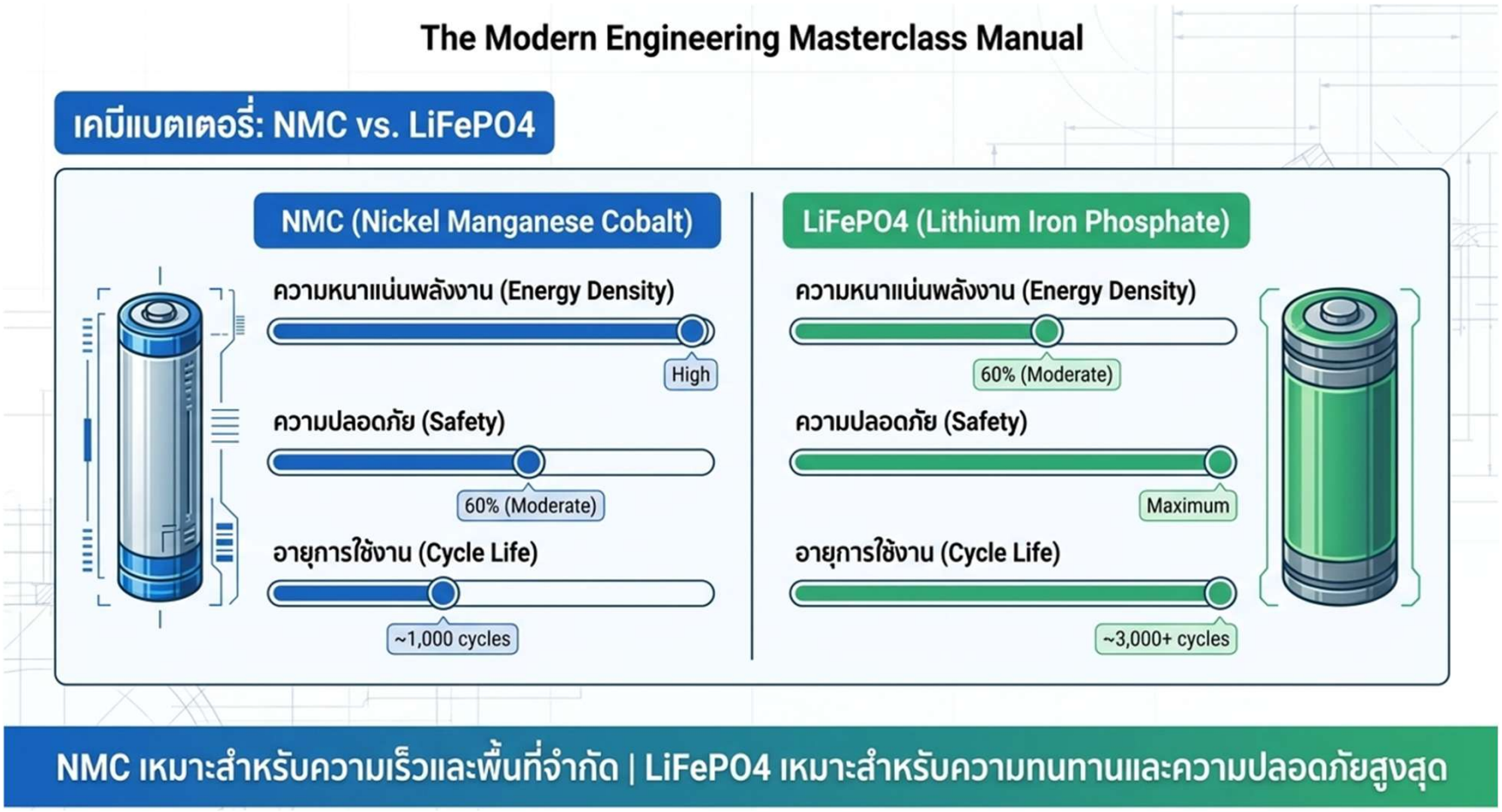
บทสรุป: สเปกฮาร์ดแวร์ไม่ได้ให้สมรรถนะเต็มเสมอไป หากการจับคู่ V-System ไม่สมดุล

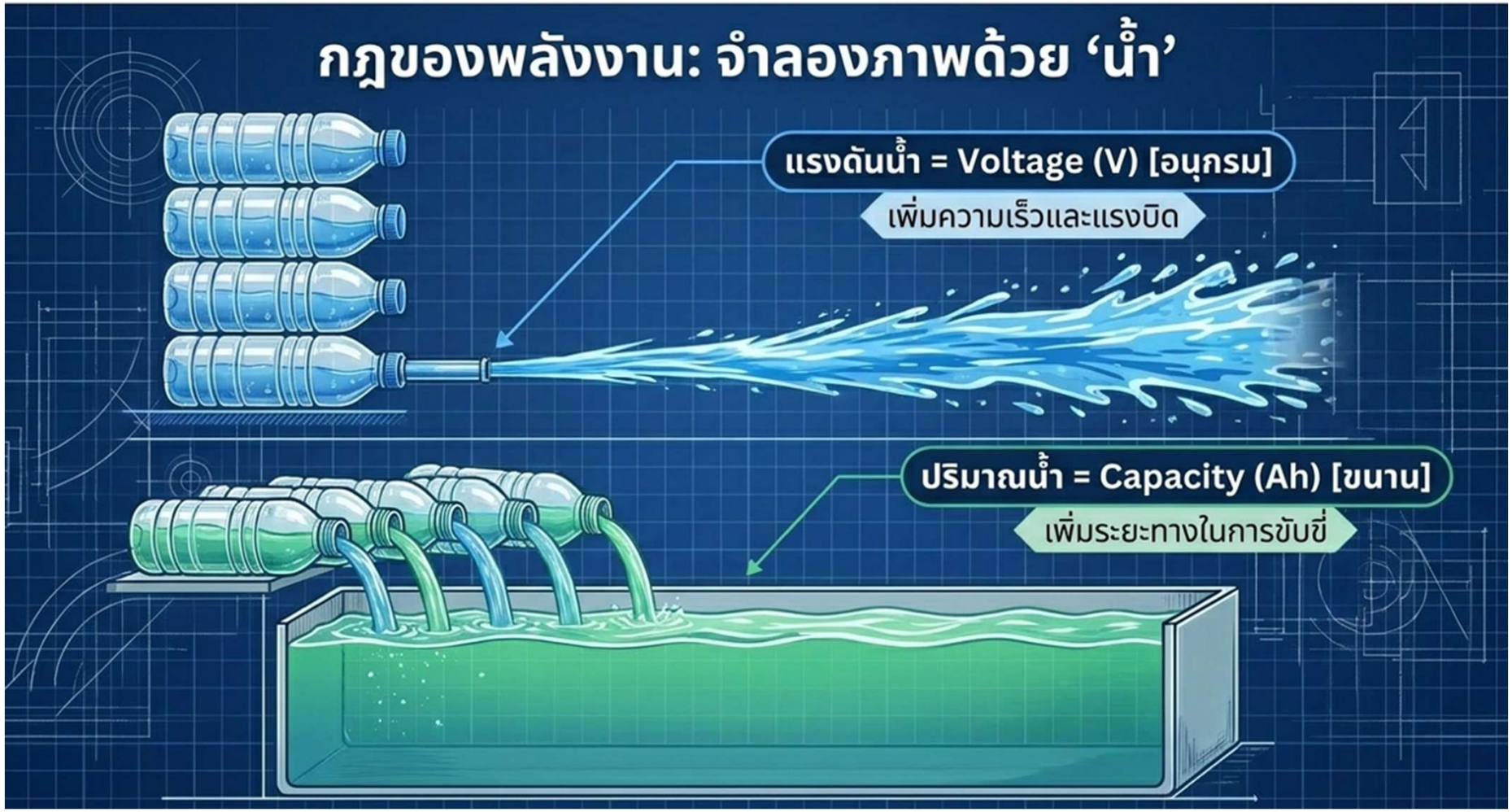
NEXT

Battery packing

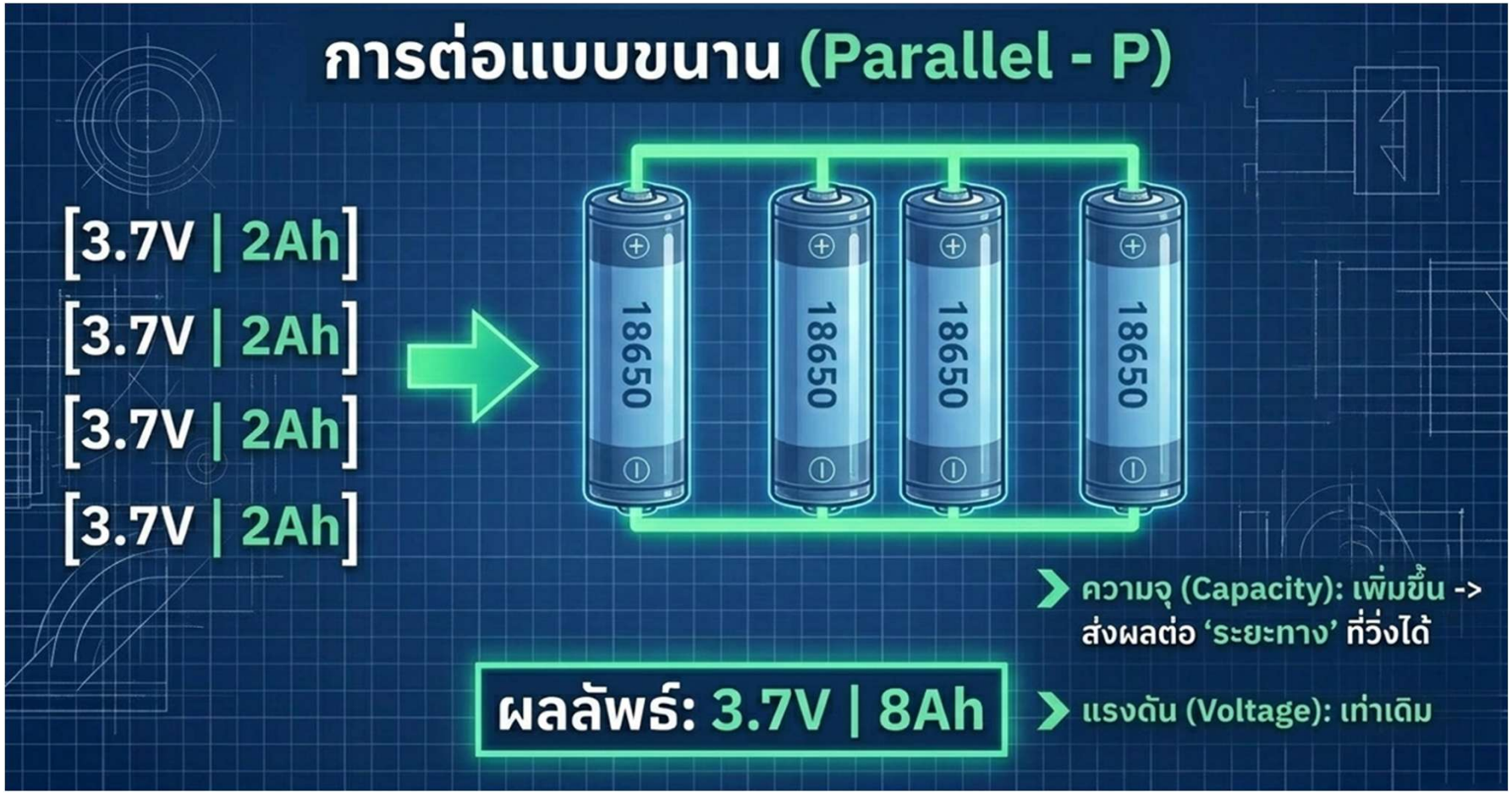
Module 1:
วัสดุตั้งต้น
การสร้างแบตเตอรี่ที่ดี
เริ่มต้นที่การรู้จัก
เซลล์ของคุณ


The Modern Engineering Masterclass Manual
POUCH - LiPo
3.7V 25Ah
PRISMATIC - LiFePO4
3.2V 100Ah
18650 - 3.7V
3500mAh
Cylindrical / ทรงกระบอก
Prismatic / ทรงเหลี่ยม
Pouch / ทรงถุงพลาสติก
18650 & 21700:
รูปแบบมาตรฐาน
ที่ดีที่สุดสำหรับการ
สร้างแบตเตอรี่ EV
แบบกำหนดเอง

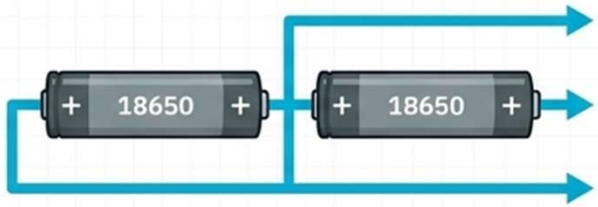
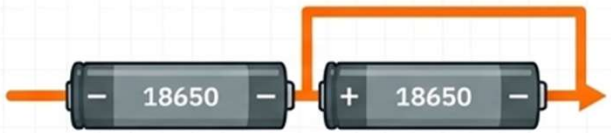

The Modern Engineering Masterclass Manual
เคมีแบตเตอรี่: NMC vs. LiFePO4
NMC (Nickel Manganese Cobalt)
ความหนาแน่นพลังงาน (Energy Density)
High
ความปลอดภัย (Safety)
60% (Moderate)
อายุการใช้งาน (Cycle Life)
~1,000 cycles
LiFePO4 (Lithium Iron Phosphate)
ความหนาแน่นพลังงาน (Energy Density)
60% (Moderate)
ความปลอดภัย (Safety)
Maximum
อายุการใช้งาน (Cycle Life)
~3,000+ cycles
NMC เหมาะสำหรับความเร็วและพื้นที่จำกัด | LiFePO4 เหมาะสำหรับความทนทานและความปลอดภัยสูงสุด


กฎของพลังงาน: จำลองภาพด้วย 'น้ำ'
แรงดันน้ำ = Voltage (V) [อนุกรม]
เพิ่มความเร็วและแรงบิด
ปริมาณน้ำ = Capacity (Ah) [ขนาน]
เพิ่มระยะทางในการขับขี่

การต่อแบบอนุกรม (Series - S)
18650
18650
18650
18650
[3.7V | 2Ah] + [3.7V | 2Ah] + [3.7V | 2Ah] + [3.7V | 2Ah]
ผลลัพธ์: 14.8V | 2Ah
แรงดัน (Voltage): เพิ่มขึ้น -> ส่งผลต่อ 'ความเร็ว' ของมอเตอร์
ความจุ (Capacity): เท่าเดิม


การต่อแบบขนาน (Parallel - P)
[3.7V | 2Ah]
[3.7V | 2Ah]
[3.7V | 2Ah]
[3.7V | 2Ah]
18650
18650
18650
18650
ความจุ (Capacity): เพิ่มขึ้น -> ส่งผลต่อ 'ระยะทาง' ที่วิ่งได้
ผลลัพธ์: 3.7V | 8Ah
แรงดัน (Voltage): เท่าเดิม

ตารางสรุป: อนุกรม (S) vs ขนาน (P)

ขนาน = P (Parallel) P	สัญลักษณ์ (Symbol)	อนุกรม = S (Series) S
	วิธีการต่อ (Wiring)	
ความจุ (Amps) เพิ่มขึ้น ↑	สิ่งที่เพิ่มขึ้น (Effect)	แรงดัน (Volts) เพิ่มขึ้น ↑
P = แอมป์รวม ÷ แอมป์ต่อก้อน	สูตรคำนวณ (Formula)	S = โวลต์รวม ÷ 4.2V

โจทย์ที่ 1: การสร้างแบตเตอรี่ 12V 8Ah

เป้าหมาย (Target)

แรงดัน (Voltage): **12V**

ความจุ (Capacity): **8 Ah**
(หรือ 8,000 mAh)

(Note: 12V ในระบบแบตลิเธียม
แท้จริงคือ 12.6V เมื่อชาร์จเต็ม)

ถ่านที่มีในมือ (Inventory)

ความจุ: **2 Ah**
(หรือ 2,000 mAh)
ต่อก้อน

แรงดัน: **4.2V**
ต่อก้อน

คำนวณทีละสเต็ป (โจทย์ 12V 8Ah)

Step 1: หาค่า P (ขนาน)

8 Ah ÷ 2 Ah
= 4P
(ขนาน 4 ก้อน)

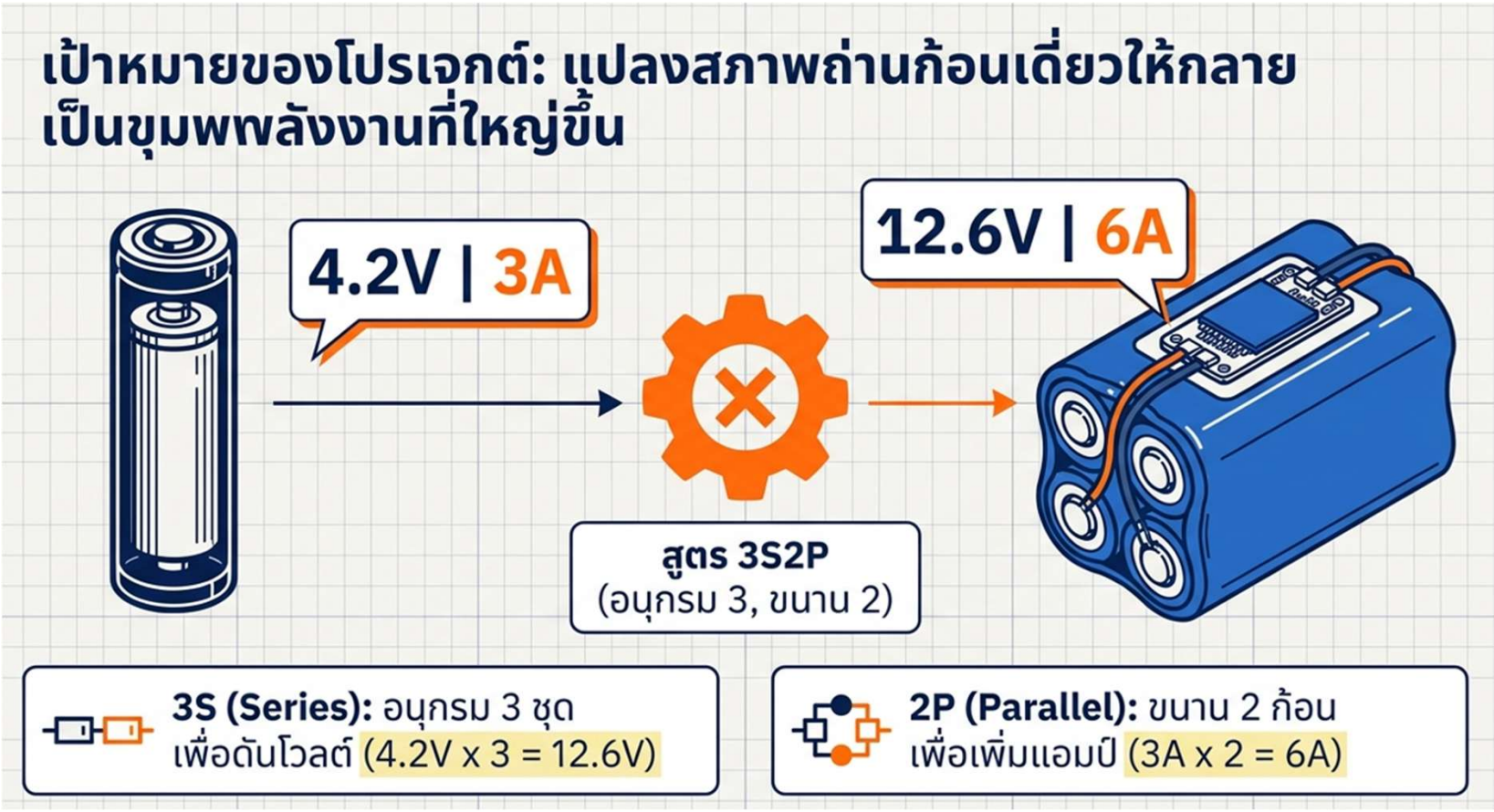
Step 2: หาค่า S (อนุกรม)

12.6V ÷ 4.2V
= 3S
(อนุกรม 3 ชุด)

Step 3: จำนวนก้อนรวม

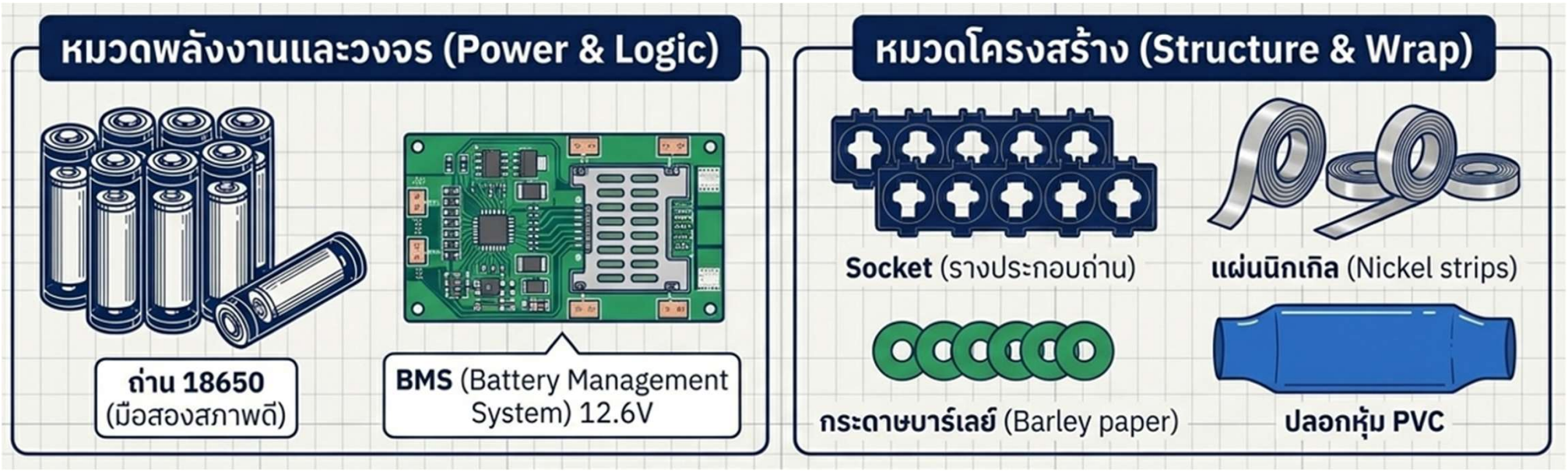
3S × 4P
= 12 ก้อน

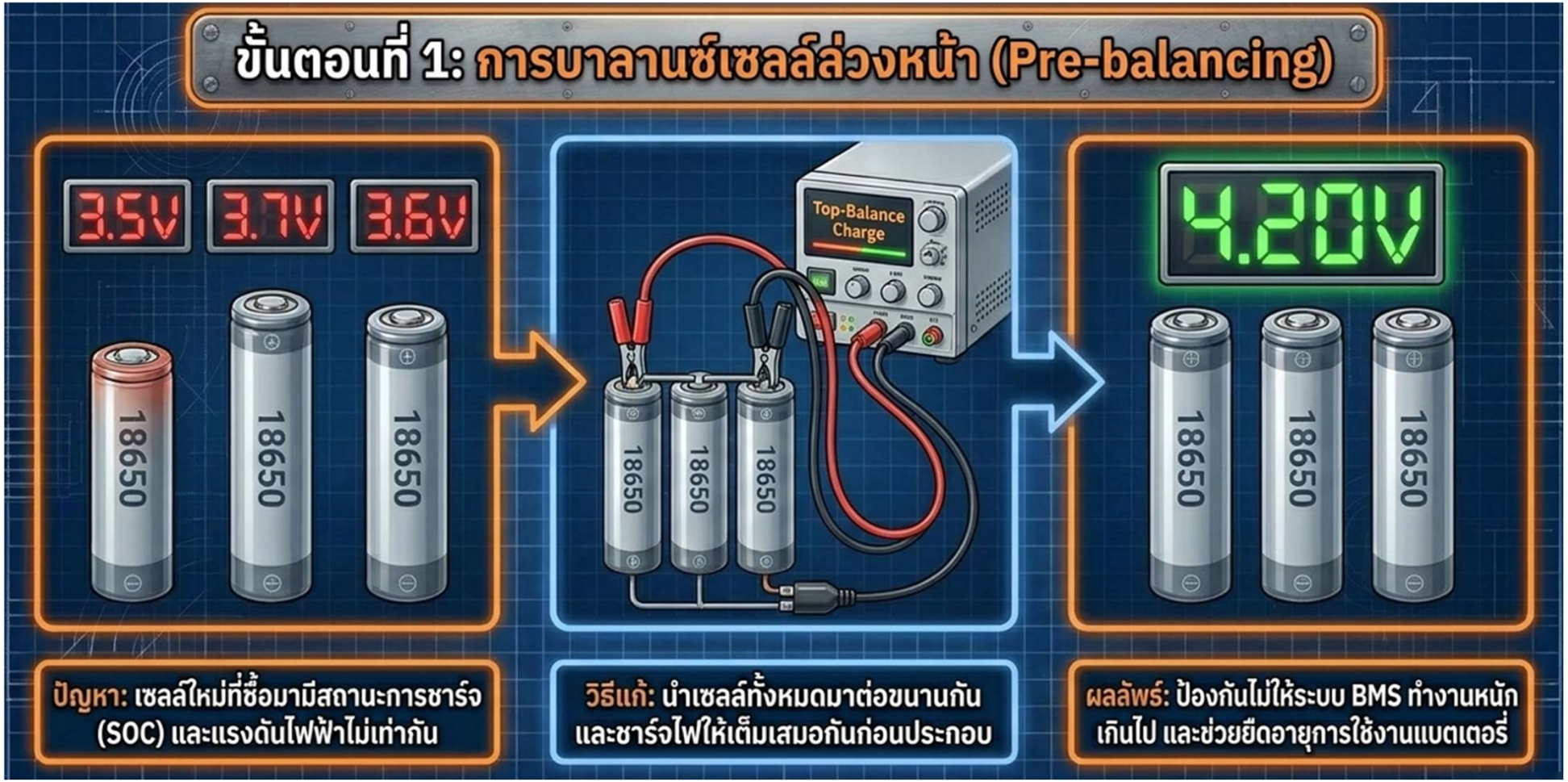
สรุป: โปรเจกต์นี้ต้องใช้สเปค "3S4P" (ถ่าน 18650 จำนวน 12 ก้อน)


เป้าหมายของโปรเจกต์: แปลงสภาพถ่านก้อนเดี่ยวให้กลาย
เป็นขุมพพลังงานที่ใหญ่ขึ้น
4.2V | 3A
12.6V | 6A
สูตร 3S2P
(อนุกรม 3, ขนาน 2)
3S (Series): อนุกรม 3 ชุด
เพื่อดันโวลต์ (4.2V x 3 = 12.6V)
2P (Parallel): ขนาน 2 ก้อน
เพื่อเพิ่มแอมป์ (3A x 2 = 6A)

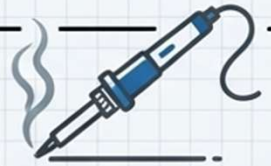
กฎเหล็กของสถาปัตยกรรม: 'ความสม่ำเสมอ'
ห้ามผสมเซลล์ต่างยี่ห้อ
ห้ามผสมความจุต่างกัน
ห้ามผสมเซลล์เก่าและใหม่
Mechanic's Note
ในวงจรอนุกรม แบตเตอรี่ทั้งแพ็คจะมีประสิทธิภาพสูงสุดเท่ากับ 'เซลล์ที่อ่อนแอที่สุด' เท่านั้น

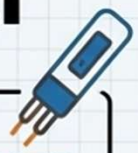
ส่วนที่ 2 : องค์ประกอบจักรยานยนต์ไฟฟ้า : Battery




ขั้นตอนที่ 1: การบาลานซ์เซลล์ล่วงหน้า (Pre-balancing)
3.5V
3.7V
3.6V
18650
18650
18650
Top-Balance Charge
18650
18650
18650
4.20V
18650
18650
18650
ปัญหา: เซลล์ใหม่ที่ซื้อมามีสถานะการชาร์จ (SOC) และแรงดันไฟฟ้าไม่เท่ากัน
วิธีแก้: นำเซลล์ทั้งหมดมาต่อขนานกัน และชาร์จไฟให้เต็มเสมอกันก่อนประกอบ
ผลลัพธ์: ป้องกันไม่ให้ระบบ BMS ทำงานหนักเกินไป และช่วยยืดอายุการใช้งานแบตเตอรี่

การเชื่อมต่อ: บัดกรี vs. เครื่องเชื่อมจุด

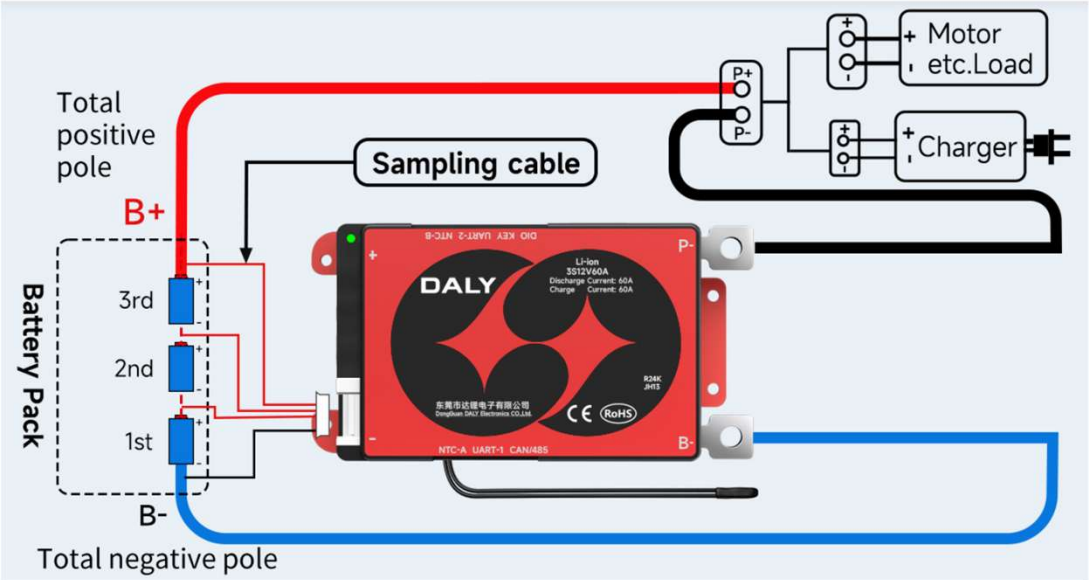


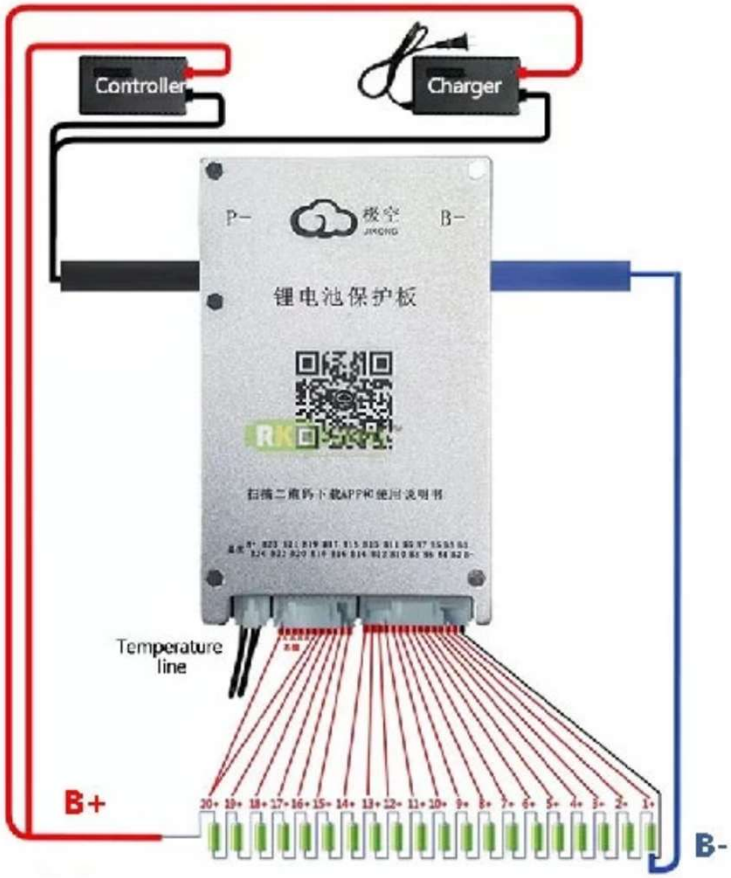


การบัดกรี (Soldering)	การเชื่อมจุด (Spot Welding) - WINNER
สูง (อันตราย) - ความร้อนจากการบัดกรีจะทำลายวัสดุแคโทดเมื่ออุณหภูมิเกิน 80°C	**ต่ำมาก** - จ่ายกระแสไฟสูงในเสี้ยววินาที ความร้อนไม่สะสมในเซลล์
ต่ำ - ตะกั่วไม่เกาะโลหะขั้วแบตเตอรี่ หลุดง่ายเมื่อมีแรงสั่นสะเทือน	**สูงมาก** - หลอมรวมแผ่นนิกเกิลเข้ากับขั้วแบตเตอรี่ ทนทานต่อการตกหล่น
สูง - เสี่ยงฉนวนภายในละลายและลัดวงจร	**ต่ำ** - ปลอดภัยที่สุดสำหรับการประกอบ DIY

สรุป: การบัดกรีลงบนขั้วแบตเตอรี่โดยตรงคือ**ข้อห้ามเด็ดขาด**
ให้ลงทุนใช้**เครื่องเชื่อมจุดเพื่อความปลอดภัยของบ้านและทรัพย์สินของคุณ**

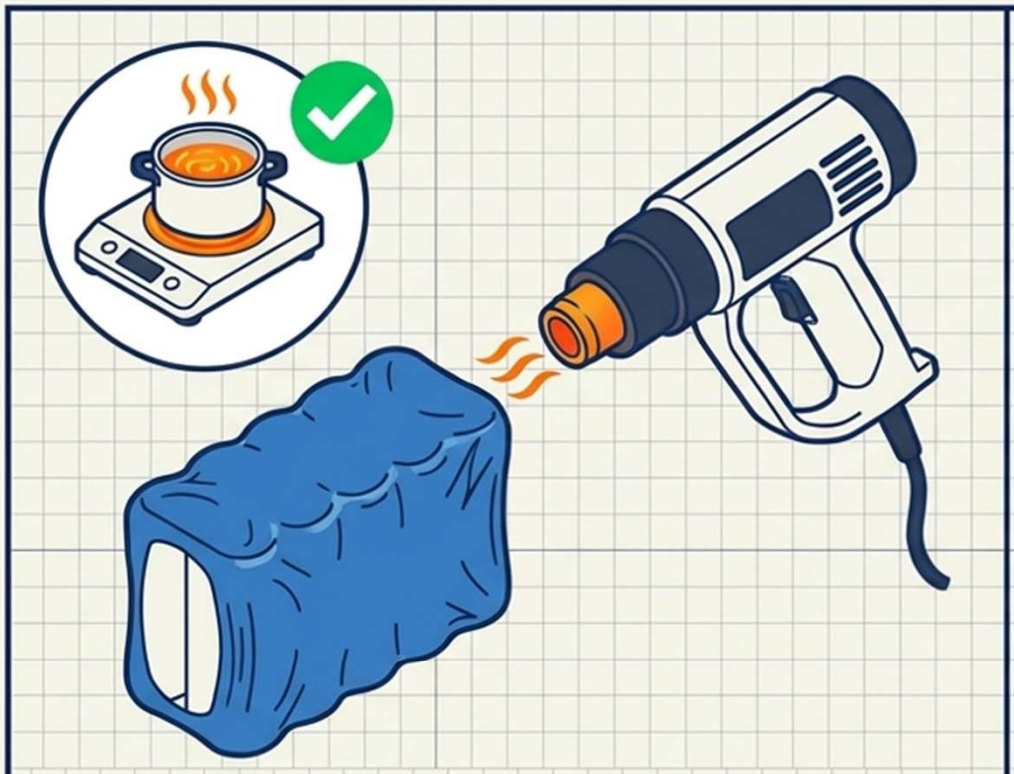
ส่วนที่ 2 : องค์ประกอบจักรยานยนต์ไฟฟ้า : Battery



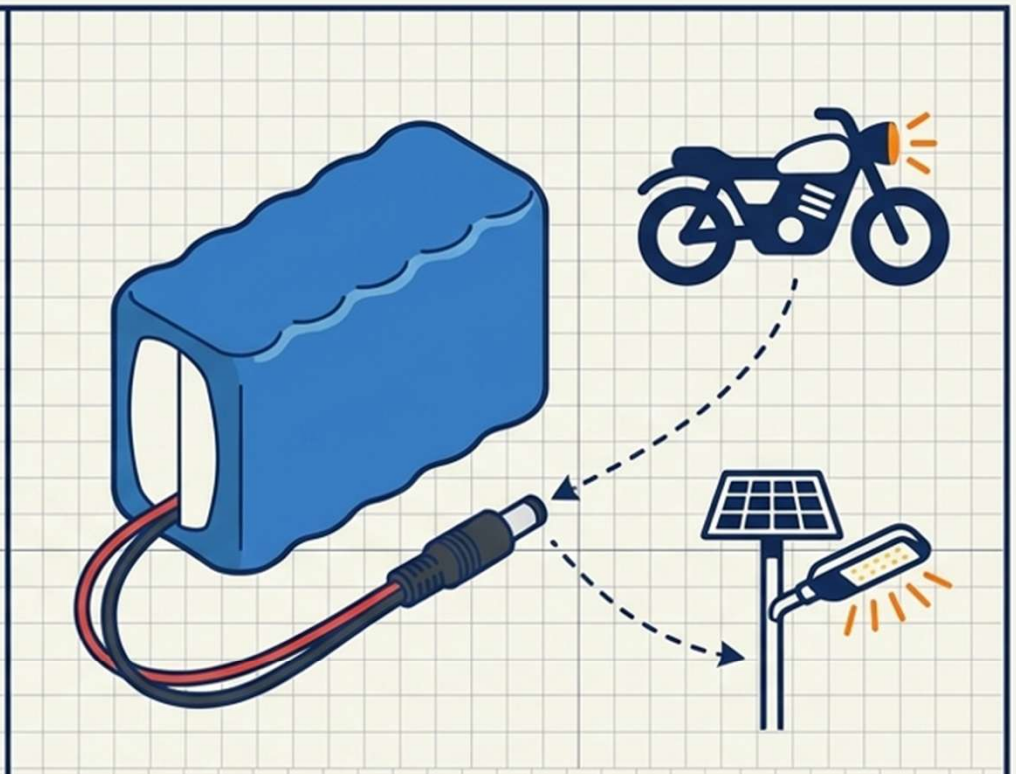


โปรดชมวิธีการต่อบนกระดาน

ส่วนที่ 2 : องค์ประกอบจักรยานยนต์ไฟฟ้า : Battery



การหุ้ม PVC: ใช้เครื่องเป่าลมร้อนเป่าให้ตึง
(Pro Tip: หากไม่มีเครื่องเป่า สามารถใช้ความร้อนแผ่จากเตาแม่เหล็กไฟฟ้าหรือเตาแก๊สแทนได้)



การนำไปใช้งาน: แนะนำให้บัดกรีหัวปลั๊ก DC ไว้ที่ปลายสาย P+ / P- เพื่อให้ถอดเสียบใช้งานแนว DIY ได้ง่ายขึ้น
(เช่น โคมไฟโซล่าเซลล์, ไฟ LED, รถมอเตอร์ไซค์)

NEXT

Wiring Votol controller

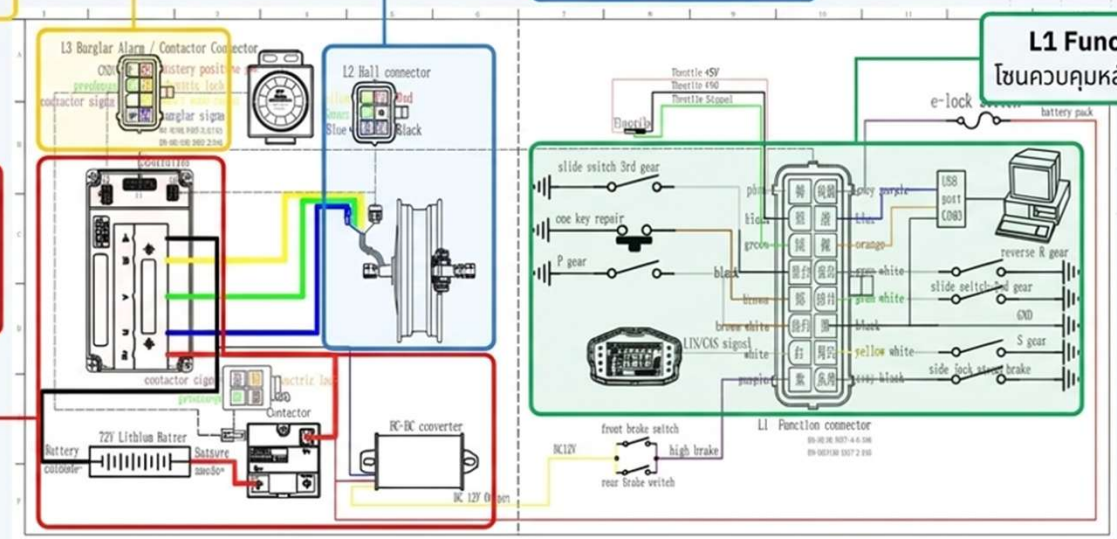
มองภาพรวม: อย่าเพิ่งงงกับสายไฟทั้งหมด!

L3 Alarm Connector
โซนสัญญาณกันขโมย

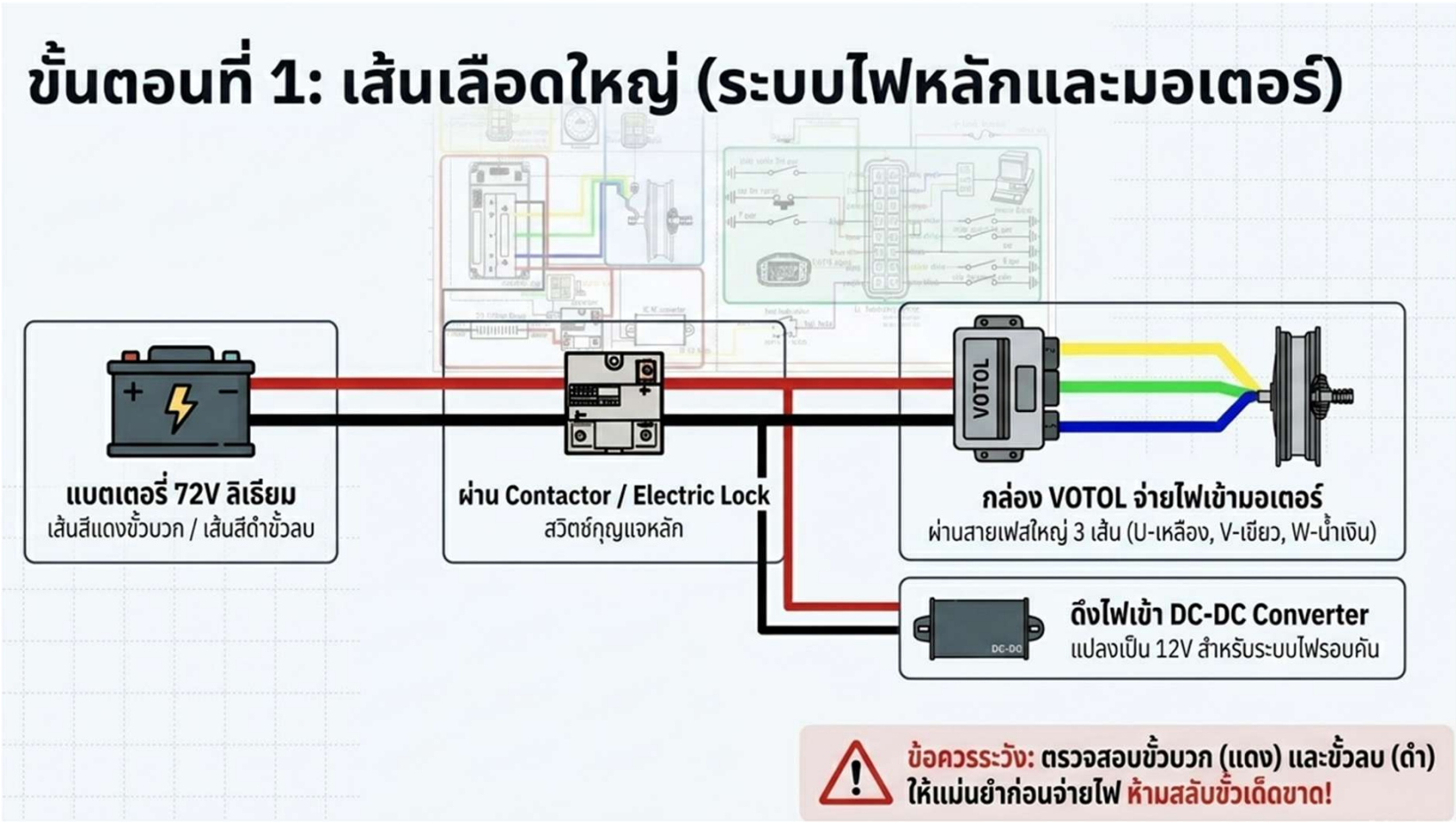
L2 Hall Connector
โซนเซ็นเซอร์อ่านตำแหน่งล้อ

L1 Function Connector
โซนควบคุมหลัก (คันเร่ง/เบรก/เกียร์)

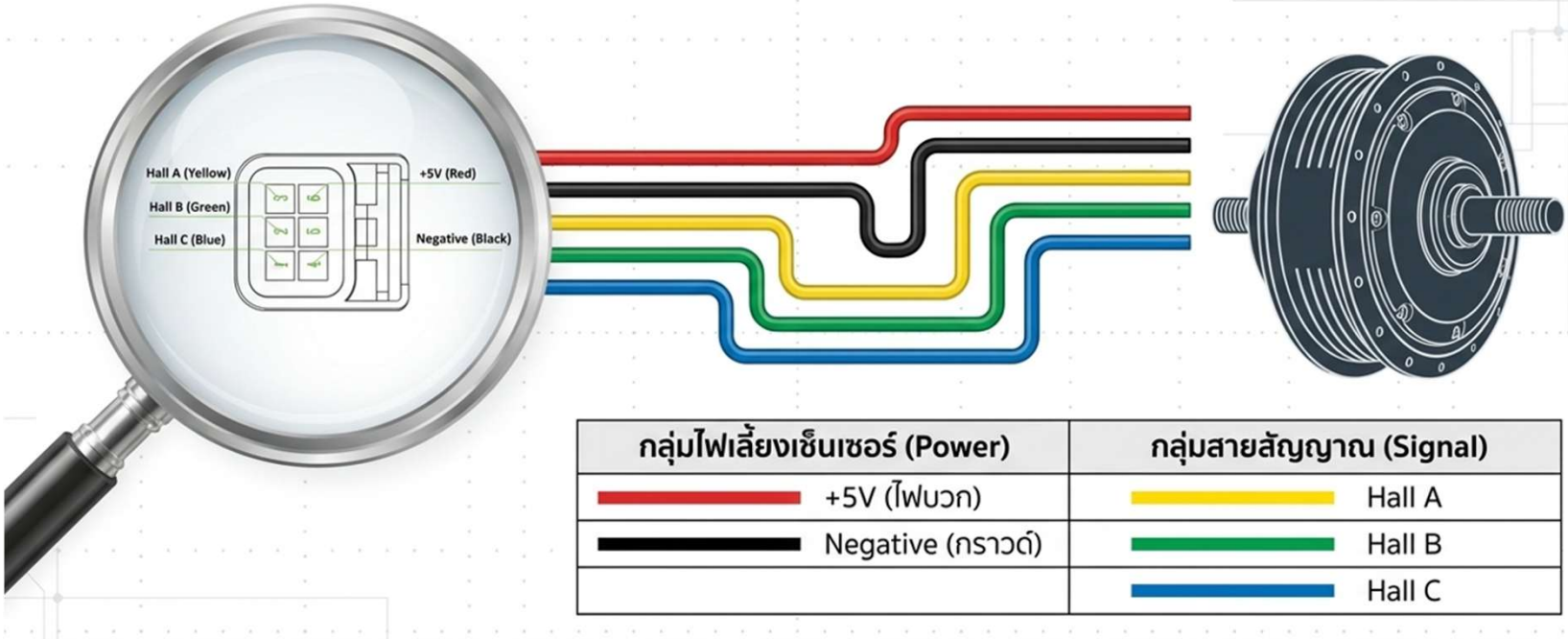
ระบบไฟหลักและมอเตอร์ (Power & Motor)
โซนสายไฟเส้นใหญ่
จ่ายกำลังขับเคลื่อน



แบ่งการต่อสายไฟออกเป็น 4 โซนหลัก ทำทีละสเต็ป รถวิ่งได้แน่นอน


ขั้นตอนที่ 1: เส้นเลือดใหญ่ (ระบบไฟหลักและมอเตอร์)
แบตเตอรี่ 72V ลิเธียม
เส้นสีแดงขั้วบวก / เส้นสีดำขั้วลบ
ผ่าน Contactor / Electric Lock
สวิตช์กุญแจหลัก
VOTOL
กล่อง VOTOL จ่ายไฟเข้ามอเตอร์
ผ่านสายเฟสใหญ่ 3 เส้น (U-เหลือง, V-เขียว, W-น้ำเงิน)
DC-DC
ดึงไฟเข้า DC-DC Converter
แปลงเป็น 12V สำหรับระบบไฟรอบคัน
ข้อควรระวัง: ตรวจสอบขั้วบวก (แดง) และขั้วลบ (ดำ)
ให้แม่นยำก่อนจ่ายไฟ ห้ามสลับขั้วเด็ดขาด!

ขั้นตอนที่ 2: ปลั๊ก L2 (อ่านใจมอเตอร์ด้วย Hall Sensor)



กลุ่มไฟเลี้ยงเซ็นเซอร์ (Power)	กลุ่มสายสัญญาณ (Signal)
+5V (ไฟบวก)	Hall A
Negative (กราวด์)	Hall B
	Hall C

เสียบปลั๊กชุดนี้เพื่อให้กล่อง ECU รู้ตำแหน่งและจังหวะการหมุนของล้อ
หากต่อผิดสี มอเตอร์จะหมุนกระตุกหรือเกิดเสียงดัง

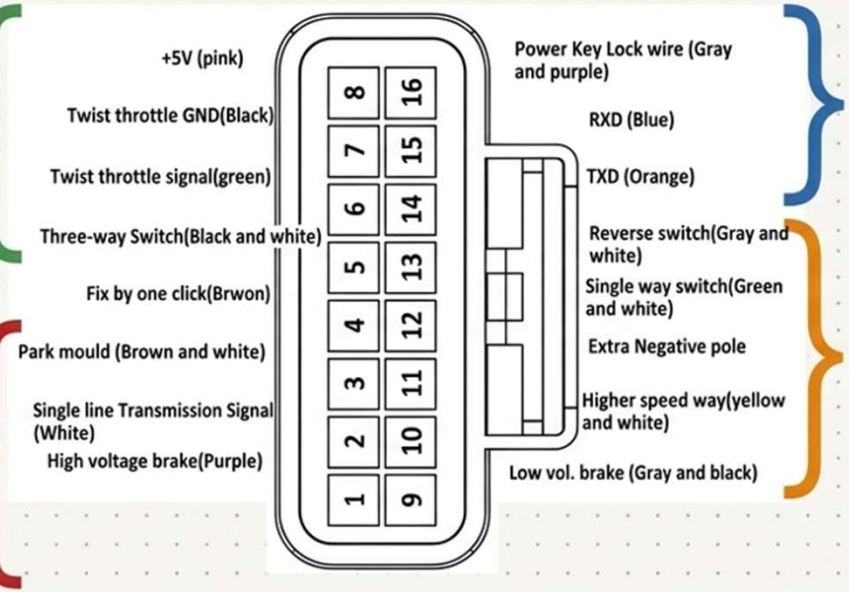
ขั้นตอนที่ 3: ปลั๊ก L1 (Function) – จัดระเบียบหัวใจการขับขี่

1. ขับเคลื่อน (Drive)

คันเร่งไฟฟ้า และ
สวิตช์กุญแจรถ

2. เบรก (Brake)

ระบบตัดการทำงานมอเตอร์
เมื่อกำเบรก



4. ข้อมูล (Data)

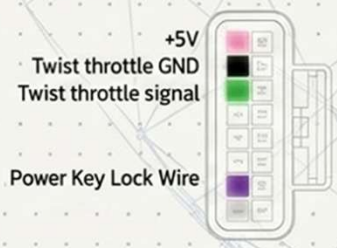
สายเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์/
หน้าจอ (TXD/RXD/LIN)

3. เกียร์ (Gears & Modes)

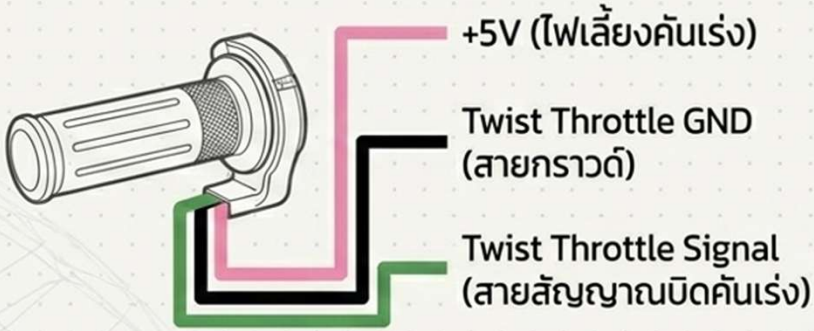
สปีดความเร็ว, เกียร์ถอยหลัง,
และโหมดจอด

ปลั๊ก 16 พินดูซับซ้อน แต่เราสามารถแยกมันออกเป็น 4 ระบบย่อยที่ต่อเข้ากับแฮนด์รถของคุณได้โดยตรง
ในหน้าถัดไปเราจะเจาะลึกเฉพาะส่วนที่จำเป็นต้องใช้

L1 เจาะลึก A: คันเร่งไฟฟ้าและกุญแจรถ (Throttle & Power Lock)



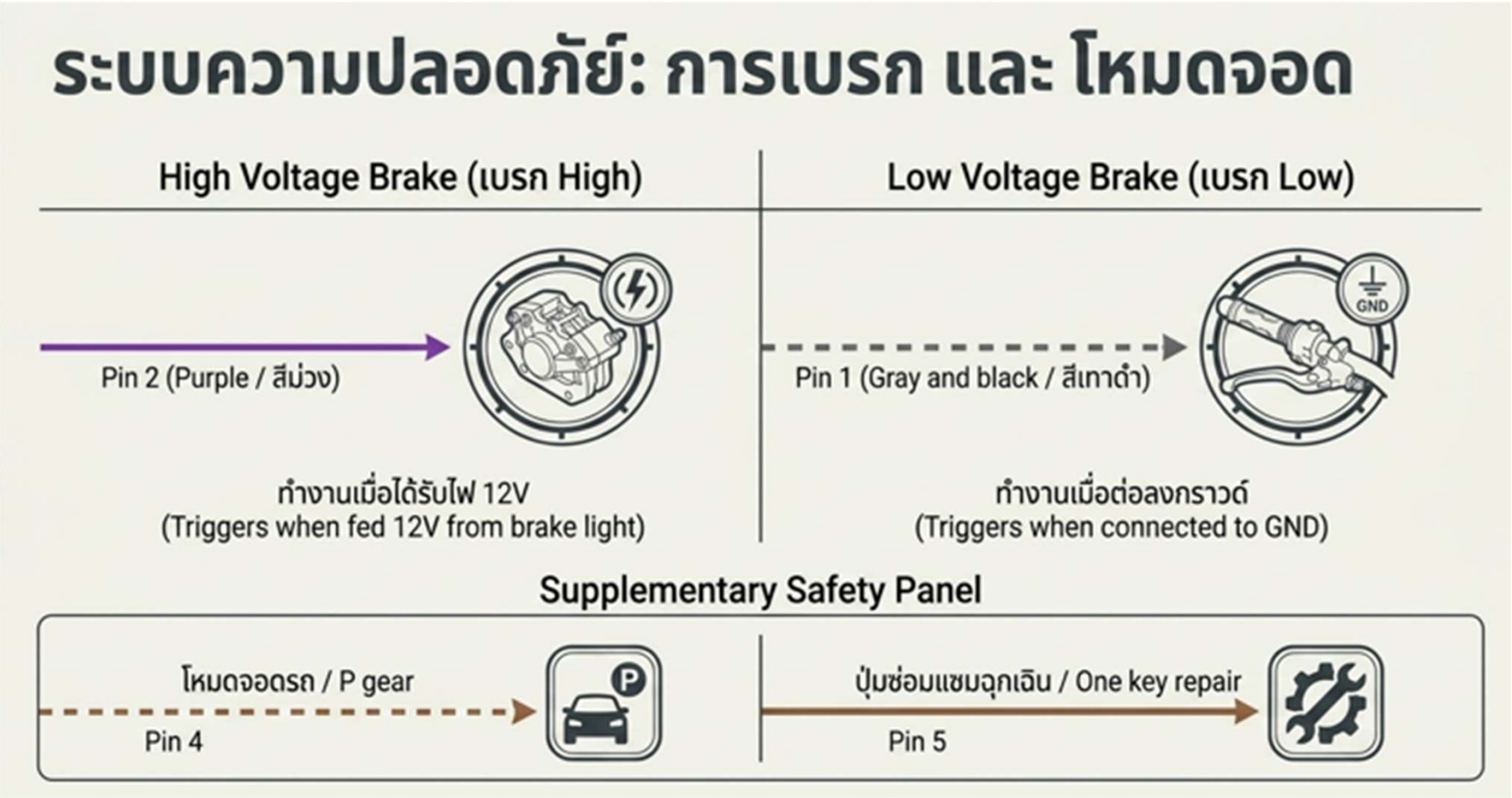
คันเร่งไฟฟ้า (Throttle)



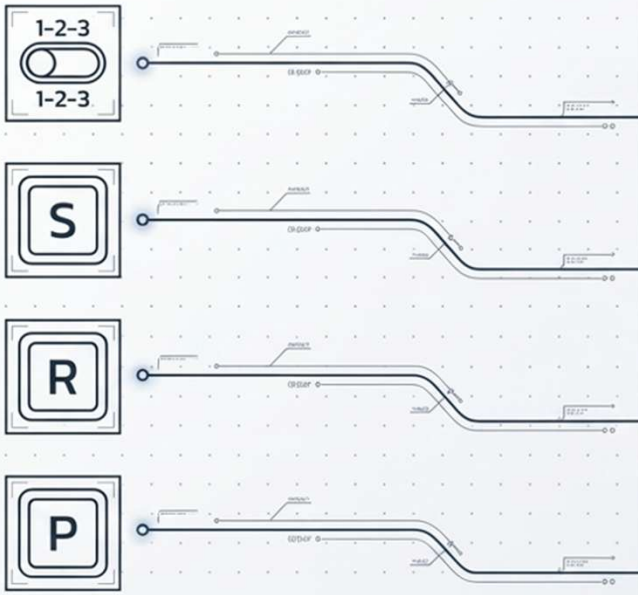
Pro Tip: สายไฟคันเร่งในรถทั่วไปมักมี 3 สีนี้เช่นกัน *ให้ต่อจับคู่สีให้ตรงกัน*

สวิตช์กุญแจ (Power Lock)

Function: ต่อเข้าระบบสวิตช์กุญแจเพื่อสั่งเปิดการทำงานของกล่อง ECU

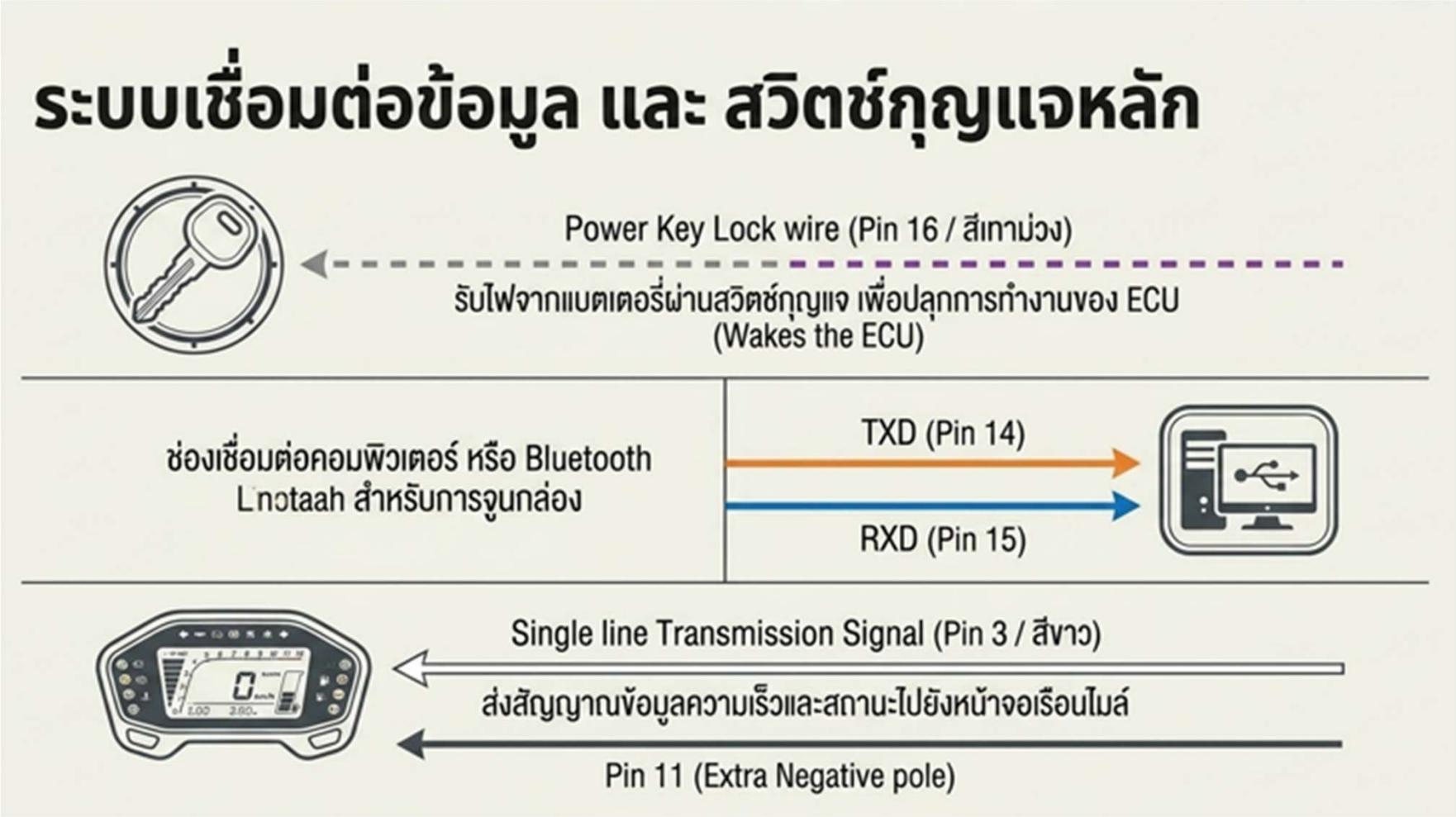

ระบบความปลอดภัย: การเบรก และ โหมดจอด
High Voltage Brake (เบรก High)
Low Voltage Brake (เบรก Low)
Pin 2 (Purple / สีม่วง)
Pin 1 (Gray and black / สีเทาดำ)
GND
ทำงานเมื่อได้รับไฟ 12V
(Triggers when fed 12V from brake light)
ทำงานเมื่อต่อลงกราวด์
(Triggers when connected to GND)
Supplementary Safety Panel
โหมดจอดรถ / P gear
Pin 4
ปุ่มซ่อมแซมฉุกเฉิน / One key repair
Pin 5

L1 เจาะลึก C: เกียร์, ถอยหลัง, และโหมดจอด (Gears & Parking)

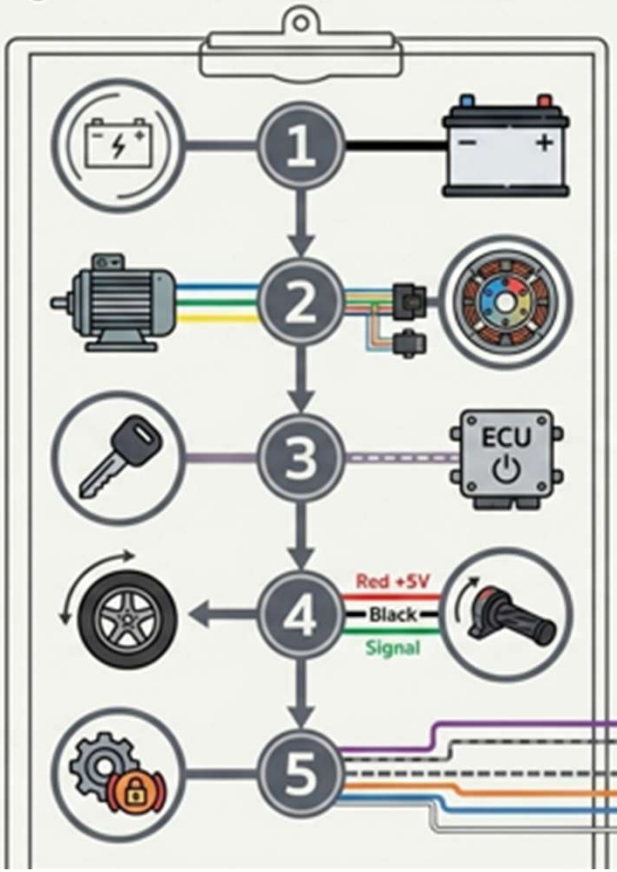


สวิตช์ 3 สปีด (3-way Switch)	
	Black and white
สปีดสูง / โหมดสปอร์ต (S gear / Higher speed)	
	Yellow and white
เกียร์ถอยหลัง (Reverse switch – R gear)	
	Gray and white
โหมดจอดรถ (Park mode – P gear)	
	Brown and white

เลือกต่อเฉพาะสวิตช์ที่รถของคุณมี ไม่จำเป็นต้องต่อครบทุกเส้นหากไม่ได้ใช้งานฟังก์ชันนั้นๆ


ระบบเชื่อมต่อข้อมูล และ สวิตช์กุญแจหลัก
Power Key Lock wire (Pin 16 / สีเทาม่วง)
รับไฟจากแบตเตอรี่ผ่านสวิตช์กุญแจ เพื่อปลุกการทำงานของ ECU
(Wakes the ECU)
ช่องเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ หรือ Bluetooth
Lnotaah สำหรับการจูนกล่อง
TXD (Pin 14)
RXD (Pin 15)
Single line Transmission Signal (Pin 3 / สีขาว)
ส่งสัญญาณข้อมูลความเร็วและสถานะไปยังหน้าจอเรือนไมล์
Pin 11 (Extra Negative pole)

ลำดับการเดินสายไฟที่ถูกต้อง (Safe Wiring & Boot-up Sequence)



☐ **ระบบไฟหลัก (Core Power)**
ต่อสายดิน (-) แบตเตอรี่ก่อน
ตามด้วยสายบวก (+)

☐ **ระบบมอเตอร์ (Motor Senses)**
เชื่อมต่อสายเฟส (U/V/W) และ
ปลั๊กเซ็นเซอร์ฮอลล์ L2 (ห้ามเปิดระบบไฟ)

☐ **ระบบกุญแจ (Wake up)**
ต่อสายสวิตช์กุญแจ (สีเทาม่วง Pin 16)
เพื่อเปิดระบบ ECU

☐ **คันเร่ง (Test Spin)**
ต่อสายคันเร่ง (+5V, GND, Signal)
ยกล้อหลังลอยและทดสอบการหมุน

☐ **ฟังก์ชันเสริม (Accessories)**
เดินสายระบบเบรก, สวิตช์เกียร์,
สัญญาณกันขโมย และหน้าจอ

การแก้ปัญหาเบื้องต้น (Troubleshooting Checklist)

อาการ (Symptom)	จุดที่ต้องตรวจสอบ (Check)	สายไฟอ้างอิง (Wire Reference)
⚠️ **มอเตอร์สั่น, มีเสียงดัง, หรือไม่หมุน** (Motor stutters/noisy)	🔎 ตรวจสอบการเรียงสายเซ็นเซอร์มอเตอร์	L2 Hall wires (เหลือง, เขียว, น้ำเงิน) และสายเฟสหลัก Phase Wires Phase Wires
บิดคันเร่งแล้วไม่มีการตอบสนอง (No response to throttle)	🔎 ตรวจสอบไฟเลี้ยงคันเร่งและสายสัญญาณ	L1 Pin 9 (สีชมพู +5V) และ Pin 7 (สีเขียว Signal) +5V Signal
กล่อง ECU ไม่เปิดทำงาน (ECU won't turn on)	🔎 ตรวจสอบไฟจากสวิตช์กุญแจว่ามาถึงกล่องหรือไม่	L1 Pin 16 (สีเทาม่วง Key Lock) Key Lock
มอเตอร์ตัดการทำงานตลอดเวลา (Motor cuts off constantly)	🔎 ตรวจสอบระบบเบรกว่าค้างหรือไม่	L1 Pin 1 (เบรก Low) หรือ Pin 2 (เบรก High) Brake Low Brake High

NEXT

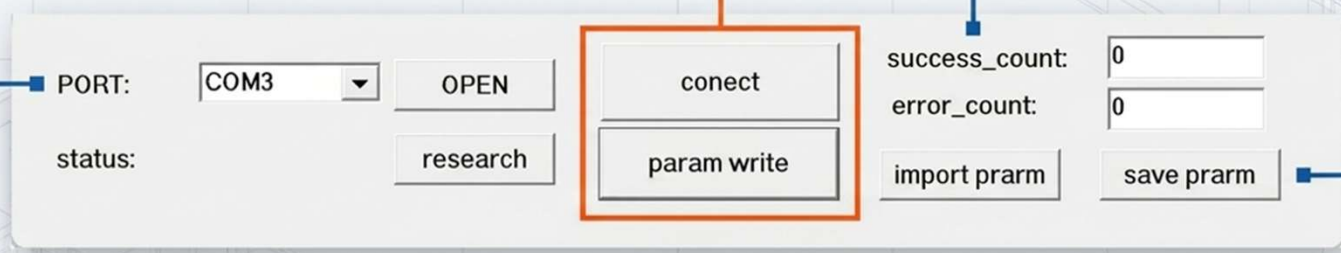
โปรแกรม Tune votol controller

The Control Bar: เครื่องมือหลักในการเชื่อมต่อและจัดการข้อมูล

PORT & Connect:
เลือกพอร์ตสื่อสาร (COM) และกด 'conect'
เพื่อเชื่อมต่อกล่องควบคุมเข้ากับคอมพิวเตอร์
(ไฟ Status จะสว่างเมื่อเชื่อมต่อสำเร็จ)

เขียนค่าลงกล่อง:
ทุกครั้งที่มีการแก้ไขตัวเลข
ต้องกดปุ่มนี้เพื่อส่งค่าไปบันทึก

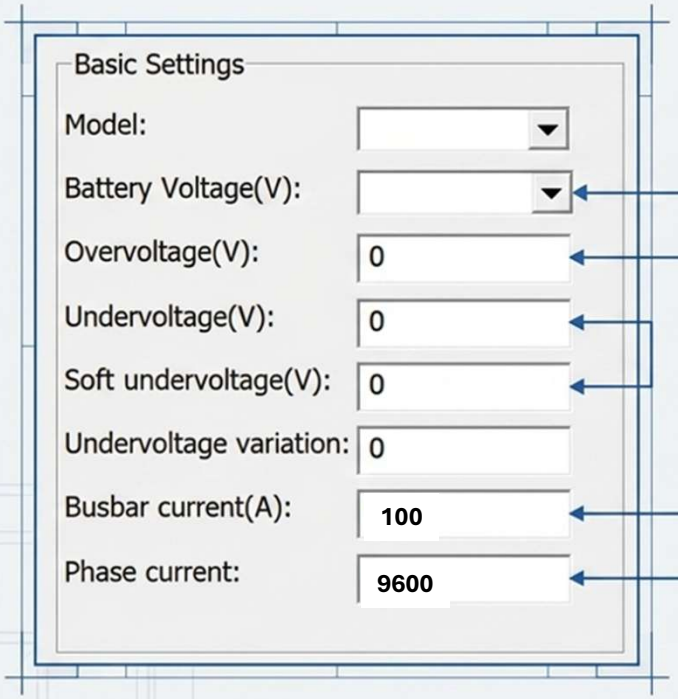
Import / Save prarm: ฟังก์ชั่นสำหรับ
โหลดไฟล์ตั้งค่าเดิม (Import) หรือ
บันทึกค่าที่จูนไว้เป็นไฟล์ในคอม (Save)
เพื่อใช้เป็นโปรไฟล์ (Backup)



จำไว้ว่า: ตั้งค่าเสร็จทุกครั้ง ต้องกด 'param write' เสมอ
ไม่อย่างนั้นค่าที่ปรับไว้จะไม่ถูกบันทึกลงกล่อง!

PAGE 1: การตั้งค่าระบบไฟและขีดจำกัด (Power & Basic Limits)

แท็บนี้คือ "หัวใจ" ของการป้องกันความเสียหาย ใช้ตั้งค่าแบตเตอรี่และกระแสไฟให้แมตช์กับสเปครถ



Battery Voltage / Over-Undervoltage: ตั้งแรงดันแบตเตอรี่ และจุดตัดการทำงานเมื่อไฟตกหรือไฟเกิน เพื่อป้องกันเซลล์แบตเตอรี่พัง

Busbar current (A): กระแสไฟรวม (แอมป์) ที่ดึงจากแบตเตอรี่ (ตัวกำหนดกำลังไฟโดยรวมของระบบ)

Phase current: กระแสไฟเฟสที่จ่ายเข้ามอเตอร์ (ตัวกำหนดแรงบิดและความพุ่ง ยิ่งตั้งค่านี้สูง รถยิ่งออกตัวแรง)

PAGE 1: ปรับแต่งคันเร่งและจังหวะออกตัว (Throttle Response)

throttle voltage set(max. 5.5v)

low protect	0
start voltage:	0
the end of the voltage:	0
high protect	0

Start / End voltage:
กำหนดว่าบิดคันเร่งกี่โวลต์รถถึงเริ่มขยับ
และสิ้นสุดที่กี่โวลต์
(ใช้สำหรับแก้ปัญหาคันเร่งมีช่วงว่าง
หรือคันเร่งค้าง)

start setting

start torque:	0
combinative torque:	0
rate of rise:	10-255
rate of decline:	10-200

Start torque &
Combinative torque:
แรงบิดตอนเริ่มออกตัว
แรงบิดตอนเริ่มออกตัว
(ยิ่งตั้งค่ามาก รถยิ่งกระชาก)

*ใช้สำหรับ Mid drive motor with gear

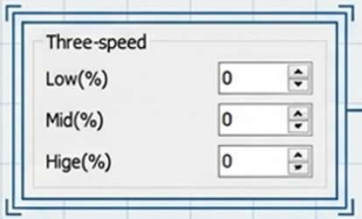
Rate of rise สูง = ออกตัวและเร่งแซงไว
Rate of rise ต่ำ = นุ่มนวล ควบคุมง่าย
Rate of decline สูง = ถอนคันเร่งแล้วรถชะลอเร็ว
Rate of decline ต่ำ = รถไหลต่อมากกว่า ชะลอแบบนุ่มนวล

Rate of rise / decline:
อัตราความไวในการไต่ความเร็ว
และการหน่วงความเร็วเมื่อปล่อยคันเร่ง
(ใช้ควบคุมความนุ่มนวลในการขับขี่)

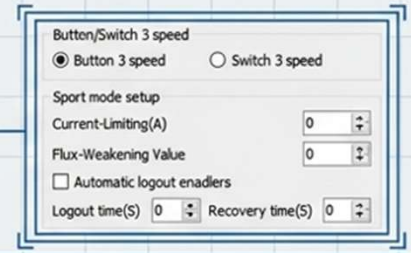
PAGE 2: จูนความเร็วและสไตล์การขับขี่ (Dynamics & Modes)

ควบคุมพฤติกรรมความเร็วในแต่ละเกียร์
และรีดเค้นสมรรถนะขั้นสุดยอด (Top Speed)

Flux-Weakening: *เทคนิคสำคัญ!*
การทำ "โหลอ่อน" เพื่อปลดล็อคความเร็วปลาย
โดยการลดสนามแม่เหล็กเพื่อเพิ่มรอบมอเตอร์
(RPM) ในแต่ละเกียร์



Three-speed (Low/Mid/Hige):
ปรับเปอร์เซ็นต์ความเร็วในแต่ละโหมดเกียร์
(1-2-3) ให้เหมาะสมกับการใช้งาน



Sport mode / Button 3 speed:
ตั้งค่าการทำงานของโหมดสปอร์ต
และเลือกชนิดของสวิตช์เกียร์บนแฮนด์รถ
(แบบปุ่มกด Button หรือแบบสับ Switch)

PAGE 2: ระบบช่วยเหลือและความปลอดภัย (Assists & Safety)

Downhill electric brake assist(HDC/HHC)

- ☐ HHC Enable
- ☐ HDC Enable

HDC lowrst speed: 0

HDC / HHC: ระบบช่วยเหลือบนทางลาดชัน HDC (Hill Descent) ช่วยหน่วงความเร็วเวลาลงเขา และ HHC (Hill Hold) ป้องกันรถไหลเมื่อจอดบนทางชัน

Speed limit setting

- ☐ Speed limited enable

Speed ratio(%): 0

Speed limited enable: การล็อคความเร็วสูงสุดของตัวรถ (ฟังก์ชั่นนี้เหมาะสำหรับทำรถเช่า หรือต้องการจำกัดความเร็วตามกฎหมายจราจร)

Button/Switch 3 speed

detaullt gear

- ◉ Low
- ○ Mid
- ○ Hige

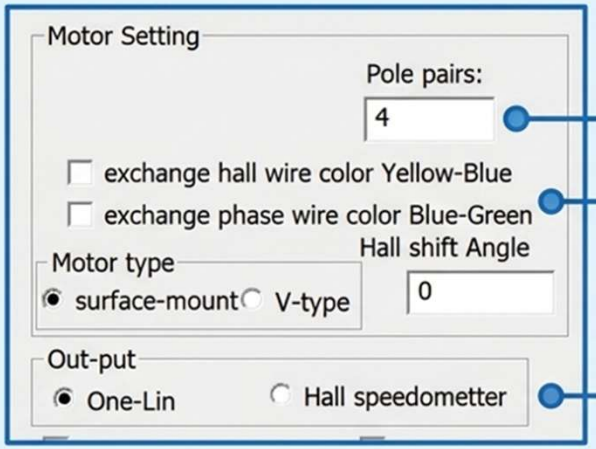
☑ Soft start enabled

Soft start grade: 1

Soft start: ระบบช่วยออกตัวแบบนุ่มนวล ป้องกันอาการหน้าหงาย โดยสามารถเลือกระดับ (Grade) ความนุ่มนวลได้ตามความต้องการ

PAGE 3: การจับคู่ฮาร์ดแวร์ให้ตรงสเปค (Hardware Matching)

⚠ การตั้งค่าหน้านี้สำคัญมาก หากใส่ค่าผิด มอเตอร์อาจสั่น ไม่หมุน หรือเกิดความเสียหายได้

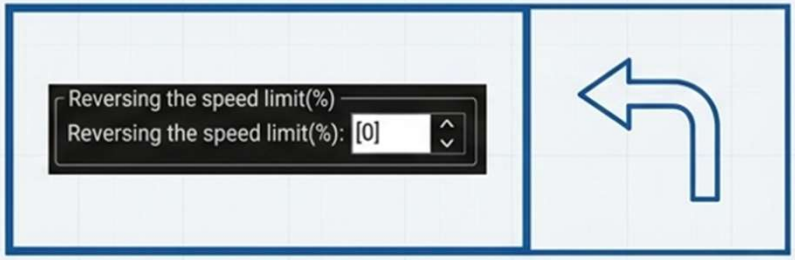


Pole pairs: ระบุจำนวน "คู่แม่เหล็ก" ของมอเตอร์
(ต้องเป๊ะตามสเปคฮาร์ดแวร์ ไม่อย่างนั้นความเร็วและการหมุนจะเพี้ยน)

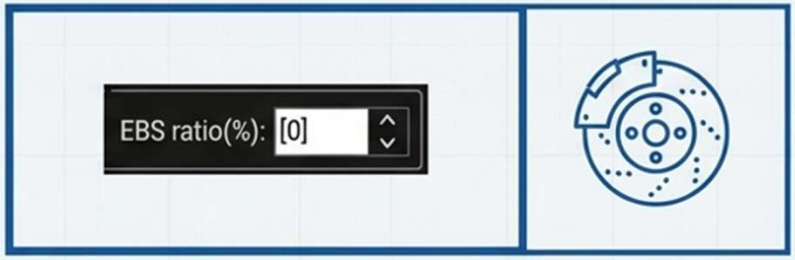
Exchange wire colors: สลับสีสายฮอลล์เซ็นเซอร์หรือสายเฟสผ่านซอฟต์แวร์
(วิธีแก้ปัญหามอเตอร์หมุนกลับทาง หรือเดินสะดุด โดยไม่ต้องไปตัดต่อสายไฟจริง)

Out-put: เลือกระบบส่งสัญญาณไมล์ความเร็วให้ตรงกับหน้าปัดรถ
(เลือกระหว่างสายเดี่ยว One-Lin หรือ Hall speedometer)

PAGE 3: ฟังก์ชั่นเสริมประสิทธิภาพการใช้งาน (Special Features)

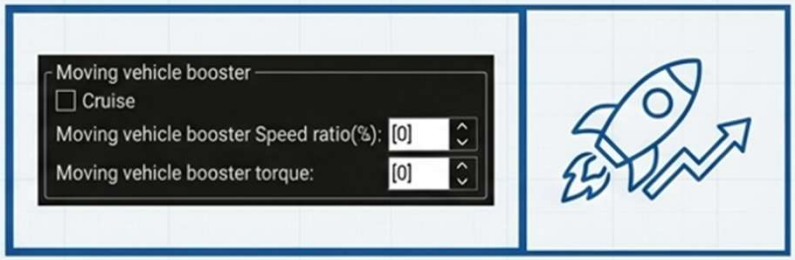


Reversing limit (%): จูนเปอร์เซ็นต์ความเร็วสำหรับการเข้าเกียร์ถอยหลัง (จำกัดไม่ให้รถถอยหลังเร็วเกินไปจนเกิดอันตราย)



EBS ratio (%): ความหนักหน่วงของ Electronic Braking System (เอนจิ้นเบรก) มอเตอร์จะช่วยหน่วงความเร็วและดึงกระแสไฟกลับเข้าแบตเตอรี่

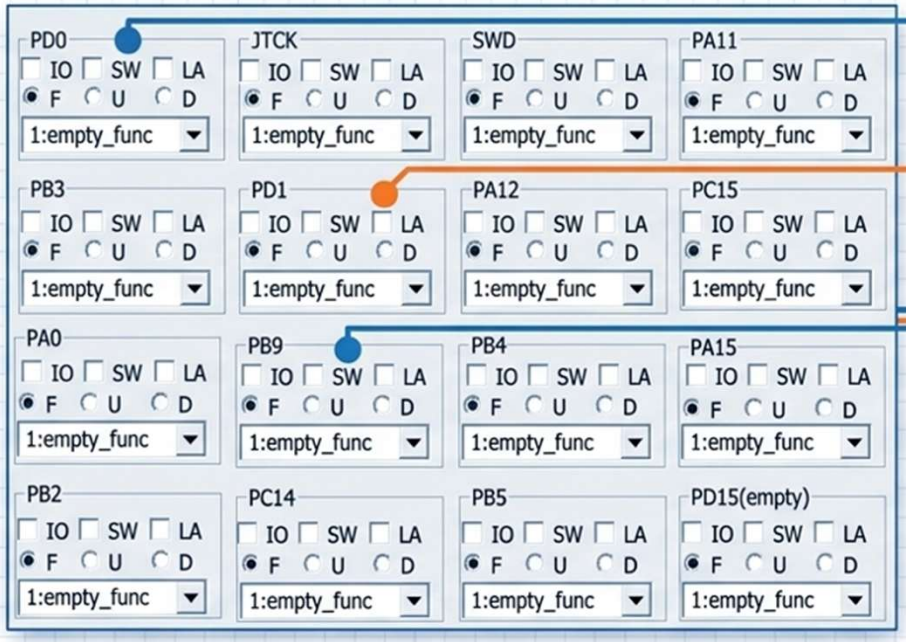
Cruise: เปิดการใช้งานระบบล็อคความเร็วอัตโนมัติเมื่อบิดคันเร่งค้างไว้ตามระยะเวลาที่กำหนด



Moving vehicle booster: ระบบช่วยเสริมกำลัง (Double voltage) สำหรับการปรับแรงดันไฟอัตโนมัติเพื่อเรียกอัตราเร่งชั่วคราว

Port Settings: กำหนดหน้าที่ของสายไฟแต่ละเส้น (I/O Mapping)

แท็บสำหรับ "โปรแกรมสายไฟ" ให้แต่ละพิน (Pin) บนชิปประมวลผลรับ-ส่งสัญญาณอะไร

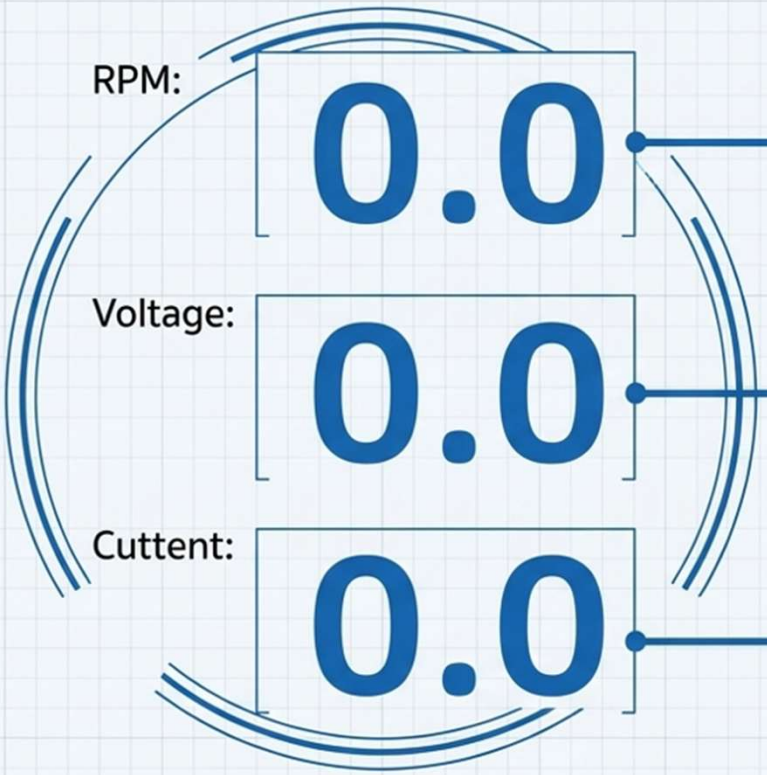


Explanation Box

- หน้าต่างนี้แสดงตำแหน่งขา Pin (เช่น PA0, PD1) ของกล่องควบคุม
- **การใช้งาน**: คุณสามารถเปลี่ยนฟังก์ชั่นการทำงานของสายไฟแต่ละเส้นผ่านเมนู Dropdown (เช่น ตั้งให้พอร์ต PD0 ทำหน้าที่เป็นสวิตซ์เบรก, สวิตซ์สปอร์ต, หรือสวิตซ์เกียร์)
- ข้อควรระวัง: หน้านี้เหมาะสำหรับผู้เชี่ยวชาญ (Advanced Users) หรือเมื่อมีการเดิน**สายไฟระบบใหม่**แบบ Custom เท่านั้น

Display : ติดตามค่าการทำงานแบบเรียลไทม์ (Live Dashboard)

เมื่อรถเริ่มวิ่ง หน้าต่างนี้จะแสดงค่าสถานะสดๆ จากมอเตอร์ เพื่อเช็คว่าการตั้งค่าที่เราทำไปทำงานได้ตามเป้าหรือไม่



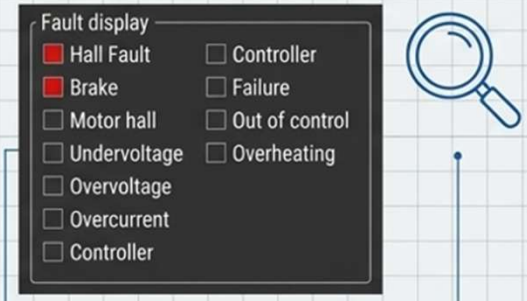
RPM: รอบการหมุนของมอเตอร์ ณ วินาทีปัจจุบัน

Voltage: แรงดันแบตเตอรี่คงเหลือ (เช็คว่าไฟตกมากแค่ไหนเวลาบิดคันเร่ง)

Current (Cuttent): การกินกระแสไฟ (แอมป์) เพื่อดูว่าระบบรับโหลดหนักแค่ไหนในขณะวิ่ง

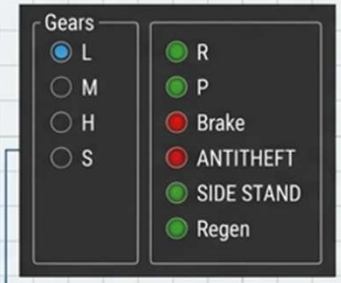
Display: วิเคราะห์ปัญหาและรหัสข้อผิดพลาด (Diagnostics)

Fault Code & Display



ถ้ารถมีปัญหา ไฟเช็คลิสต์จะขึ้นสีแดงตรงสาเหตุนั้นทันที (เช่น Hall Fault = เซ็นเซอร์มอเตอร์เสีย, Undervoltage = แบตหมด/ไฟตก) ช่วยให้ช่างหาจุดซ่อมและจบงานได้ไว

Gears & Status



ตรวจสอบว่ากล่อง "รับรู้" สัญญาณจากฮาร์ดแวร์ถูกต้องหรือไม่ (เช่น สัญญาณการเข้าเกียร์ L/M/H, การกำเบรก Brake, หรือการเอาขาตั้งลง SIDE STAND)

Temperatures

ดูอุณหภูมิความร้อนของกล่อง (Controller temp) แบบเรียลไทม์ เพื่อป้องกันอาการ Overheating ระหว่างการจูน

สรุป: ต้องการทำสิ่งนี้ ต้องไปหน้าไหน? (Task Matrix)

อาการ/เป้าหมาย (Goal)	แท็บ (Tab)	จุดที่ต้องปรับ (Focus Area)
รถไฟตัด / ต้องการแก้จุดตัดไฟแบต	PAGE 1	Basic Settings (Volt / Current)
คันเร่งไม่เนียน / ออกตัวกระชากเกินไป	PAGE 1	Throttle set / Start setting
อยากจูนปลดความเร็ว / รีด Top Speed	PAGE 2	Three-speed / Flux-Weakening
มอเตอร์สั่น / ล้อหมุนกลับทาง	PAGE 3	Motor Setting / Exchange wire
ปรับเบรกไฟฟ้า (เอนจิ้นเบรก)	PAGE 3	EBS ratio
หาสาเหตุรถไม่วิ่ง / ขึ้น Error Code	Display	Fault display / Status
ย้ายสวิตช์สายไฟเบรกหรือสายเกียร์	Port Settings	Dropdown I/O Mapping

กฎเหล็กก่อนเริ่มจูน (Best Practices)

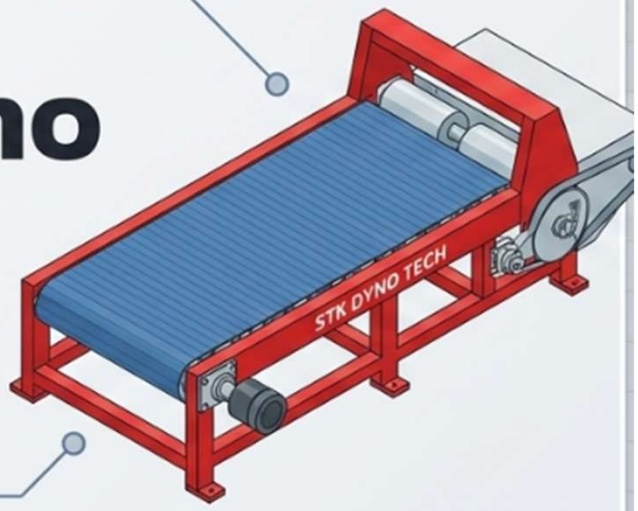
1. **Backup เสมอ:** ก่อนแก้ค่าใดๆ ให้กด ‘save prarm’ เพื่อเซฟไฟล์ค่าเดิมของโรงงานเก็บไว้ในคอมพิวเตอร์เสมอ
2. **ปรับทีละนิด:** ตัวเลขของกระแส (Current) และ ไหลอ่อน (Flux-weakening) ควรปรับขึ้นทีละน้อย แล้วทดสอบวิ่งจริง เพื่อป้องกันอุปกรณ์ไหม้
3. **ตรวจสอบความร้อน:** หมั่นเช็คอุณหภูมิในหน้า **‘Display’** เสมอหลังการทดสอบวิ่ง หากกล่องร้อนเกินไปให้ลดค่า **Phase current** ลงทันที
4. **อย่าลืม Write:** กดปุ่ม **‘param write’** ทุกครั้งหลังปรับตัวเลข เพื่อให้ค่าใหม่ถูกอัปเดตและฝังลงในกล่องควบคุม

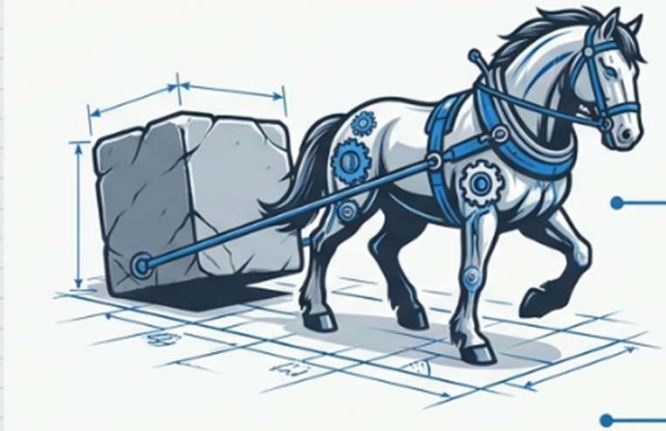
param write

VOTOL-EM-V3 เป็นซอฟต์แวร์ที่ทรงพลัง การทำความเข้าใจแต่ละ Page

คู่มือฉบับเริ่มต้น: เข้าใจและวัดค่า Dyno ด้วยตัวเอง

ไขความลับแรงม้า แรงบิด และขั้นตอนการใช้งานเครื่อง STK EV DYNO อย่างปลอดภัยแบบ Step-by-Step





แรงบิด (Torque) = พลังในการผลักดัน

คือ ‘แรง’ ที่ใช้ในการหมุนล้อ ช่วยให้รถออกตัว
บรรทุกของหนัก หรือขึ้นเขาได้ดี
(เปรียบเหมือนน้ำหนักสูงสุดที่คุณสามารถแบกได้)

หน่วยวัด: นิวตันเมตร (Nm)

แรงม้า (Horsepower) = ความเร็วสูงสุด

คือ ‘ความเร็ว’ ในการปลดปล่อยแรงบิดนั้นออกมา
(Torque x RPM) ยิ่งมีแรงม้ามาก
รถยิ่งทำความเร็วสูงสุด (Top Speed) ได้มากขึ้น

หน่วยวัด: แรงม้า (HP) หรือ กิโลวัตต์ (kW)

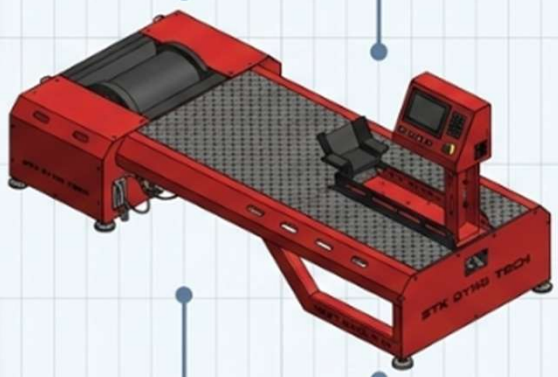
การทำ ‘Dyno Test’ คือการใช้เครื่องจักรเพื่อวัดค่าทั้งสองนี้ออกมาเป็นตัวเลขที่แม่นยำ!

รองรับทั้งสองระบบ

ทดสอบได้ทั้งยานยนต์สันดาปภายใน (ICE) และยานยนต์ไฟฟ้า (EV)

แสดงผล Real-Time

ดูพารามิเตอร์ต่างๆ และประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องยนต์ได้ทันที

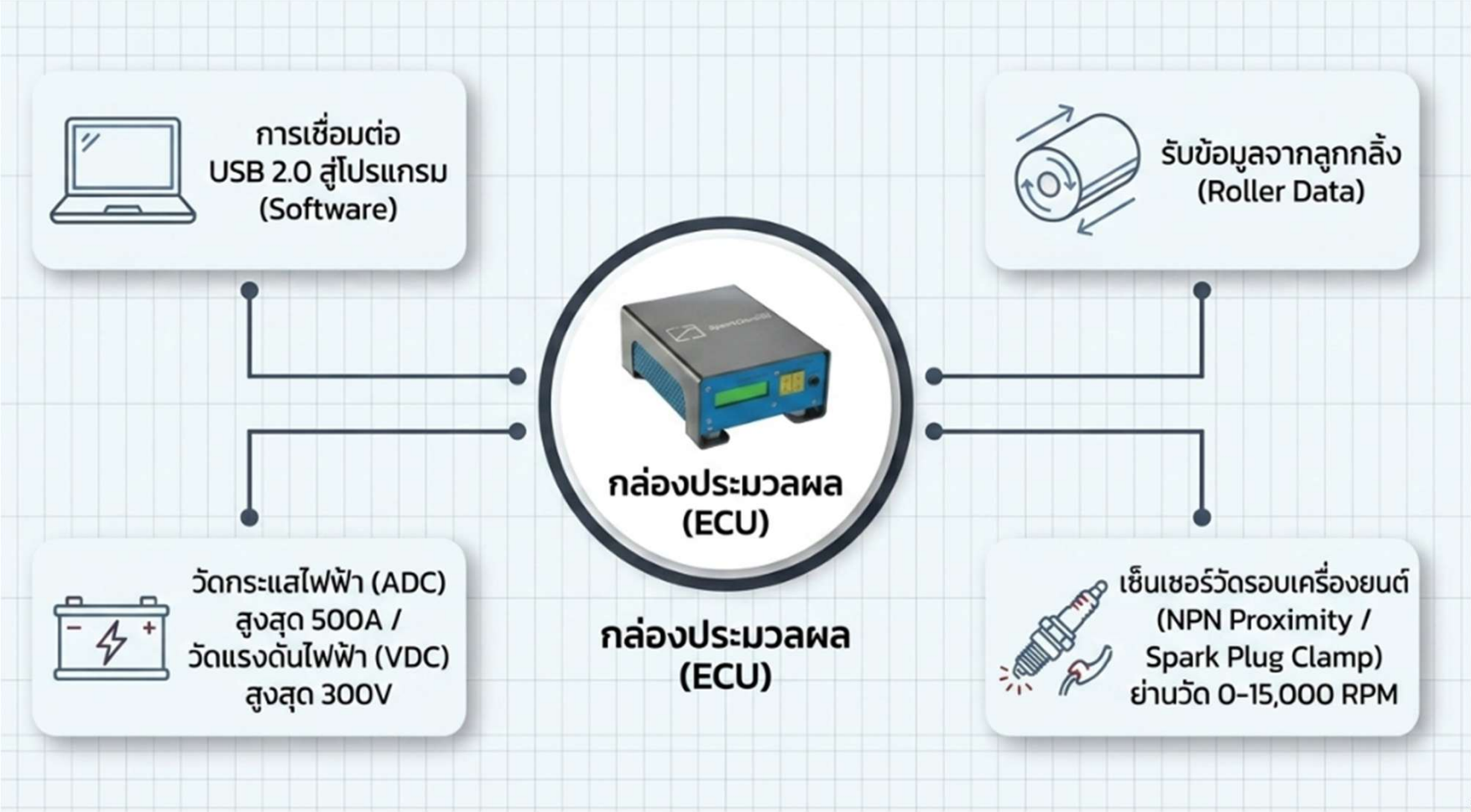


วิเคราะห์เจาะลึก

วัดค่าแรงดันไฟฟ้า (V), กระแสไฟฟ้า (A) และความเร็วรอบ (RPM) เพื่อพล็อตกราฟ

มาตรฐานระดับสากล

ออกแบบและทดสอบตามมาตรฐาน ISO1585, SAE1349, EC95-1


การเชื่อมต่อ
USB 2.0 สู่โปรแกรม
(Software)
รับข้อมูลจากลูกกลิ้ง
(Roller Data)
กล่องประมวลผล
(ECU)
วัดกระแสไฟฟ้า (ADC)
สูงสุด 500A /
วัดแรงดันไฟฟ้า (VDC)
สูงสุด 300V
กล่องประมวลผล
(ECU)
เซ็นเซอร์วัดรอบเครื่องยนต์
(NPN Proximity /
Spark Plug Clamp)
ย่านวัด 0-15,000 RPM

ข้อควรระวังเพื่อความปลอดภัยก่อนใช้งาน

การระบายอากาศ (Ventilation)

ต้องติดตั้งในที่อากาศถ่ายเท หรือมีพัดลมดูดอากาศ เพื่อป้องกันก๊าซพิษคาร์บอนมอนอกไซด์สะสมจากไอเสีย

การยึดเหนี่ยวรถ (Secure Mounting)

ตรวจสอบจุดยึดล้อหน้าและล้อหลังให้แข็งแรงและมั่นคงที่สุดก่อนเริ่มการทดสอบเสมอ

ระวังชิ้นส่วนเคลื่อนที่ (Moving Parts)

อันตรายจากลูกกลิ้งและล้อที่หมุนด้วยความเร็วสูง รักษาระยะห่างของมือ นิ้ว และเสื้อผ้าให้ปลอดภัย

ระวังวัตถุไวไฟ (Fire Hazards)

ห้ามสูบบุหรี่ หรือทำให้เกิดประกายไฟในบริเวณที่มีแบตเตอรี่ EV และน้ำมันเชื้อเพลิงเด็ดขาด

1

1. นำรถขึ้นแท่น

นำรถขึ้นบนเครื่องทดสอบ
ตั้งตัวรถให้ตรงและมั่นคง

2

2. จัดศูนย์กลาง

ปรับตั้งระยะของล้อหลัง
ให้อยู่กึ่งกลางของลูกกลิ้ง
(Roller) พอดี

3

3. ล็อกสายรัด

ล็อกเชือก/สายรัดที่
ท้ายรถเข้ากับจุดยึด
โครงสร้างตัวรถ
ที่แข็งแรง

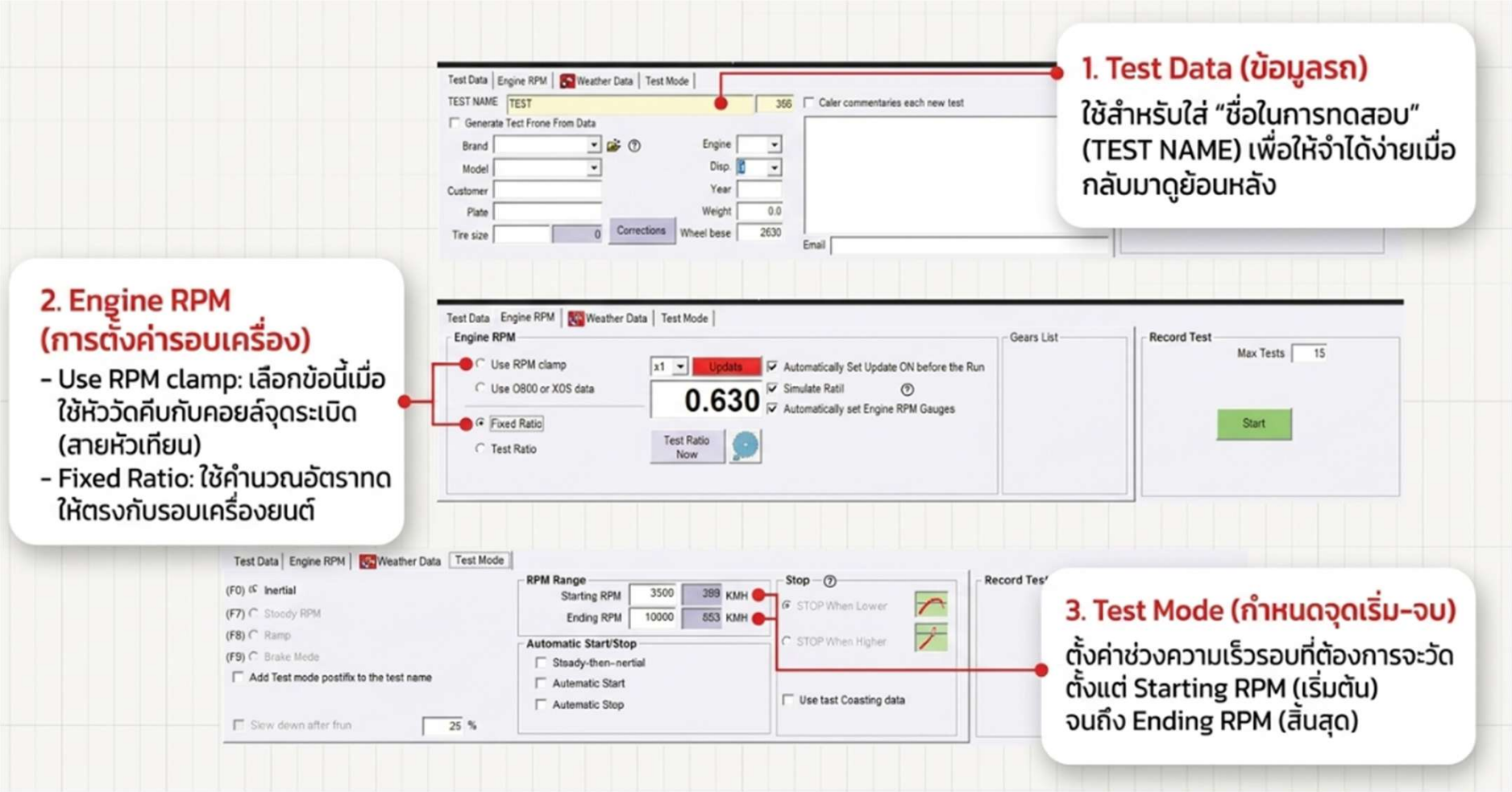
⚠ **ข้อควรระวังขั้นวิกฤต:** ต้องปรับสายรัดทั้งสองด้านให้มีแรงดึงเท่ากัน รถต้องตั้งตรงเป๊ะ ห้ามเอียงไปด้านใดด้านหนึ่งเด็ดขาด!

ขั้นตอนที่ 1: ตรวจสอบการเชื่อมต่อ USB

Connected (SP1 v4) | Idle Mode	✅ ถ้าสำเร็จ: แถบสถานะแสดงพื้นหลังสีเขียว ระบบพร้อมใช้งาน
Disconnected | Idle Mode	❌ ถ้ายังไม่เชื่อมต่อ: แถบสถานะแสดงพื้นหลังสีแดง

หากขึ้น Disconnected ทำอย่างไร?

1. ให้ตรวจสอบสาย USB ว่าเสียบแน่นหรือไม่ ทั้งฝั่งคอมพิวเตอร์และฝั่งกล่อง ECU
2. จากนั้นกดปุ่ม 'Again' บนหน้าต่าง Pop-up จนกว่าระบบจะขึ้นว่า 'Connected'


1. Test Data (ข้อมูลรถ)
ใช้สำหรับใส่ "ชื่อในการทดสอบ" (TEST NAME) เพื่อให้จำได้ง่ายเมื่อกลับมาดูย้อนหลัง
2. Engine RPM (การตั้งค่ารอบเครื่อง)
- Use RPM clamp: เลือกข้อนี้เมื่อใช้หัววัดคีบกับคอยล์จุดระเบิด (สายหัวเทียน)
- Fixed Ratio: ใช้คำนวณอัตราทดให้ตรงกับรอบเครื่องยนต์
3. Test Mode (กำหนดจุดเริ่ม-จบ)
ตั้งค่าช่วงความเร็วรอบที่ต้องการจะวัด ตั้งแต่ Starting RPM (เริ่มต้น) จนถึง Ending RPM (สิ้นสุด)
Test Data
Engine RPM
Weather Data
Test Mode
TEST NAME
TEST
Generate Tect Frone From Data
Brand
Model
Customer
Plate
Tire size
Corrections
Engine
Disp.
Year
Weight
Wheel bese
Email
Use RPM clamp
Use O800 or XOS data
Fixed Ratio
Test Ratio
0.630
Updats
Automatically Set Update ON before the Run
Simulate Ratil
Automatically set Engine RPM Gauges
Test Ratio Now
Gears List
Record Test
Max Tests
15
Start
Inertial
Stoody RPM
Ramp
Brake Mede
Add Test mode postifix to the test name
Slew dewn after frun
RPM Range
Starting RPM
3500
389
KMH
Ending RPM
10000
553
KMH
Automatic Start/Stop
Stsady-then-nertial
Autematic Start
Autematic Stop
Stop
STOP When Lower
STOP When Higher
Use tast Coasting data

▶ กดปุ่ม PLAY (หรือกด Start ที่รีโมท) เพื่อเข้าสู่หน้า 'Warmup' และเริ่มทดสอบ

- **Roller RPM (เข็มวัดวงใหญ่):** แสดงความเร็วลูกกลิ้งแบบ Real-time
- **Current & Voltage:** แสดงค่ากระแสไฟฟ้า (Amp) และแรงดันไฟฟ้า (Volt) สดๆ ระหว่างรัน
- **Calc RPM:** รอบเครื่องยนต์ที่คำนวณได้

Tip: ในหน้านี้คือจังหวะที่คุณต้องเดินคันเร่ง รถจะเริ่มส่งกำลังไปยังลูกกลิ้ง และโปรแกรมจะเริ่มบันทึกข้อมูลแบบ Real-Time!

การอ่านผลลัพธ์ (Reading Your Telemetry Graph)

Max HP (แรงม้าสูงสุด):
เส้นสีแดง – จุดที่เครื่องยนต์สร้างความเร็วสูงสุดได้ดีที่สุด

Max Torque (แรงบิดสูงสุด):
เส้นสีน้ำเงิน/เขียว – จุดที่รถมีกำลังฉุดลากและออกตัวพุ่งที่สุด

TEST_363 | HP 17.2 @ 672, Nm 223.34 @ 484

ดูสรุปตัวเลขสถิติที่ตารางด้านล่าง
เพื่อดูค่าพีกสูงสุดได้ทันทีโดยไม่ต้องกะระยะด้วยสายตา

ส่วนที่ 3 : Dyno test

ส่วนที่ 3 : Dyno test

ส่วนที่ 3 : Dyno test

ส่วนที่ 3 : Dyno test

ส่วนที่ 3 : Dyno test

ส่วนที่ 3 : Dyno test

ส่วนที่ 3 : Dyno test