การเลือกใช้อุปกรณ์ในชุด EV CONVERSION

PART 1: POWER TRAIN SELECTION

ดวิษ กิระชัยวนิช

ทีมวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมและอิเล็กทรอนิกส์กำลัง (IPP)

NECTEC

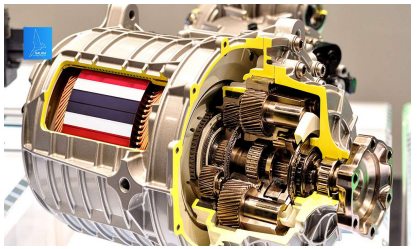
Why EV Conversion?

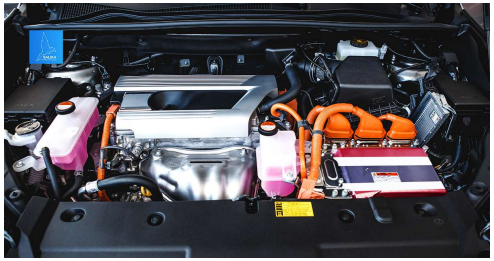
สถานการณ์อุตสาหกรรมยานยนต์ไทยที่ต้องการจะเปลี่ยนไปสู่ EV

"เราแทบจะควบคุมผู้ประกอบการรถยนต์ไม่ได้เลย ที่ควบคุมได้ก็น้อยมาก ทำให้เกิดผลกระทบคือ ในฝั่งดีมานด์จะโต เราจะมีรถยนต์ไฟฟ้าใช้เยอะแยะ มีสถานีชาร์จพร้อม **แต่ทุกอย่างซื้อมาหมด** และที่เรามีเงินหมุนในระบบ 6 หมื่นล้านบาทต่อปี มีการจ้างงาน 8 แสนคน จะหายไปในไม่กี่ปี เพราะเราเป็นผู้ใช้ **เราไม่ได้เป็นผู้ผลิต**"

EV Conversion from Transition to Solution

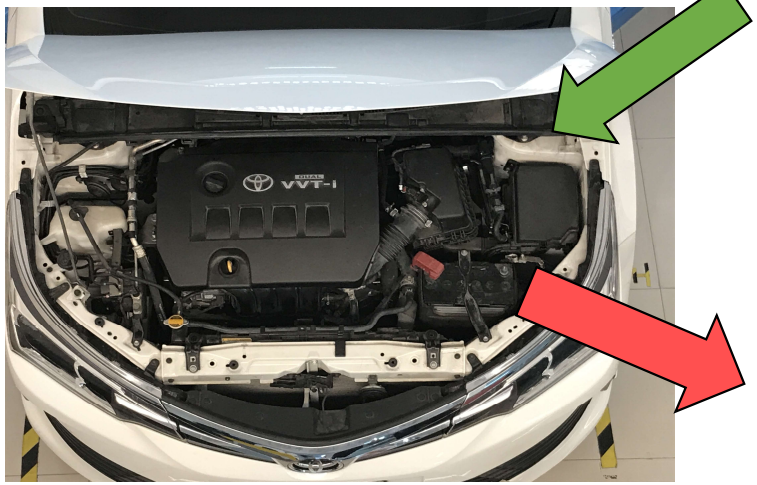
นอกจากจะเป็นอุตสาหกรรมรองรับการเปลี่ยนผ่านจากอุตสาหกรรมรถยนต์น้ำมันไปสู่รถยนต์ไฟฟ้า เรายังสามารถส่งออก "EV conversion Technology" ได้ โดยเราไปจับตลาดที่ยังไม่พร้อมก้าวสู่อุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้า ตลาดที่คนยังใช้รถยนต์จำนวนมาก แต่ยังไม่มีกำลังซื้อรถยนต์ไฟฟ้า เหมือนกับเงื่อนไขที่เกิดในบ้านเรา ถ้าเราทำก่อน เราสามารถจะมีคำตอบ หรือ Solution เราสามารถจะส่งออกคำตอบหรือส่งออก Solution ได้





ที่มา https://www.salika.co/tag/ev-conversion/

เป้าหมายของ EV conversion



Traction Motor

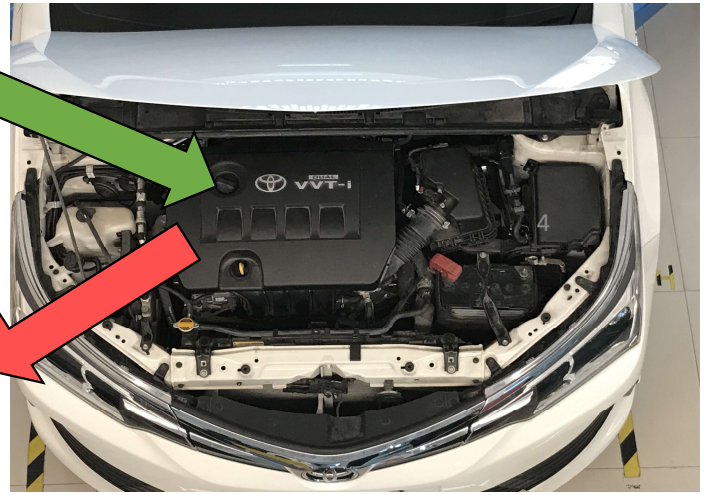
- Clean, zero emission
- High eff. (>80%), low heat
- Quiet
- Low maintenance

ICE

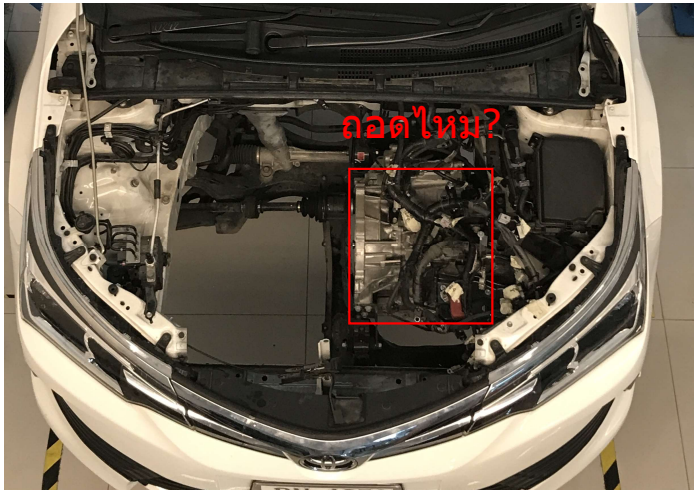
- GHG and PM 2.5 emissions
- Low eff. (25%), high heat
- Noisy
- Need regular maintenance

ชุดเกียร์เดิมมีความจำเป็นหรือไม่

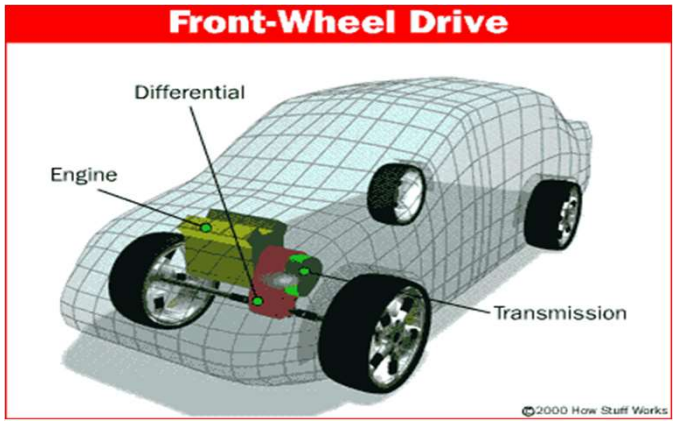
เป้าหมาย

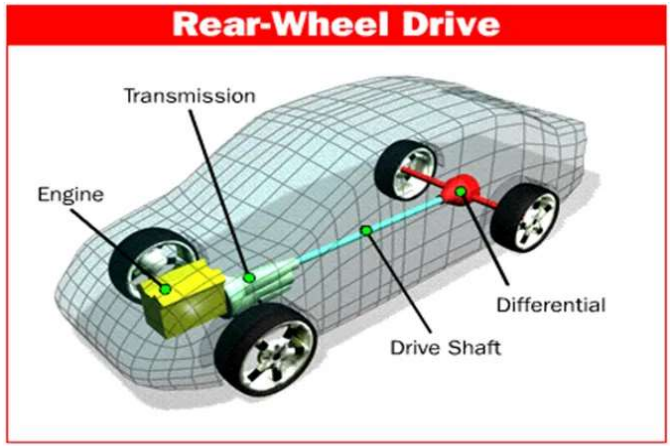


คำถาม: เกียร์ยังต้องใช้ไหม?



หน้าที่ของเกียร์

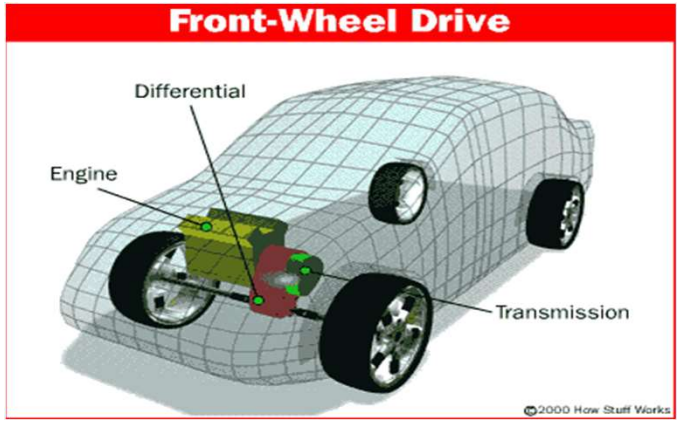




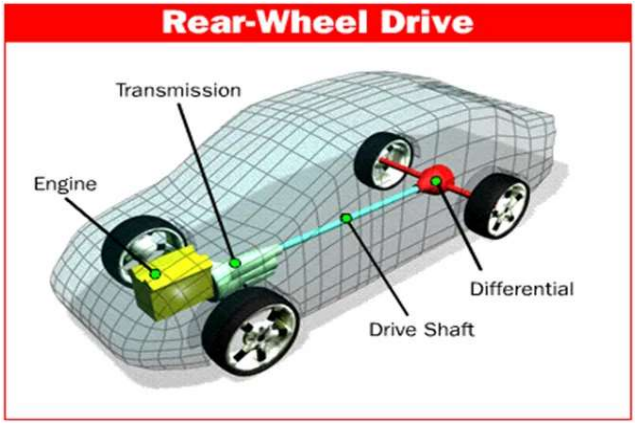
- เพิ่มแรงบิดตอนออกตัว
- รักษารอบประสิทธิภาพของเครื่องยนต์เมื่อรถวิ่งที่ speed สูง
- เปลี่ยนแกน/ระดับการหมุน
- Diff gear ช่วยส่งแรงไปที่ล้อ 2ข้าง และช่วยในการเข้าโค้ง

ความสำคัญของเกียร์กับรถ EV conversion

- เพิ่มแรงบิดตอนออกตัว => ไม่จำเป็นสำหรับ motor
- เพิ่ม top speed => ไม่จำเป็นมาก (ขึ้นกับมอเตอร์)
- เปลี่ยนแกน/ระดับการหมุน => **จำเป็นมาก**
- diff gear ช่วยการเลี้ยว => **จำเป็นมาก**

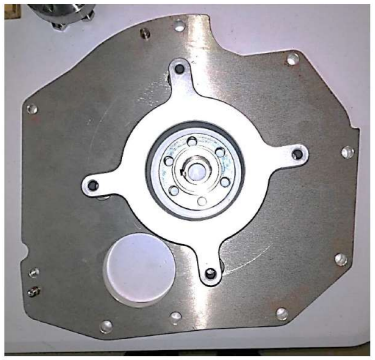


ในรถขับเคลื่อนล้อหน้า differential gear จะรวมอยู่ในชุดเกียร์



ในรถขับเคลื่อนล้อหลัง differential gear จะอยู่บนเพลาหลังและแยกตัวจากชุดเกียร์

การดัดแปลงแบบเก็บเกียร์เดิม



1. ลดค่าใช้จ่ายในการดัดแปลง
2. ลดเวลานารดัดแปลง
3. ความทนทานของชุดเกียร์เดิม

1. การมีเกียร์ทำให้ประสิทธิภาพตกลง
2. น้ำหนักของชุดเกียร์
3. ต้องมีการดูแล

การดัดแปลงแบบไม่ใช้เกียร์เดิม

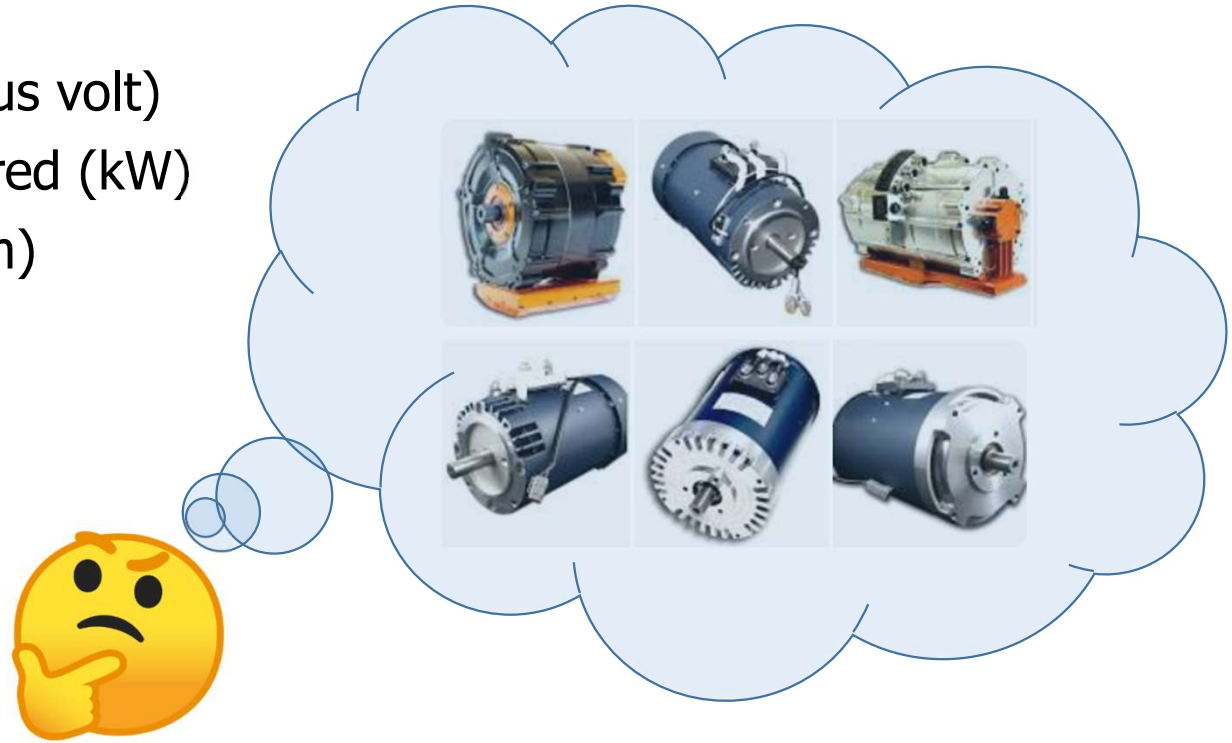
- มอเตอร์ tesla พร้อม diff gear + ดัดแปลงเพลาล้อและช่วงล่างเอง

1. ประสิทธิภาพการขับเคลื่อนสูงกว่า
2. ประหยัดพลังงานในแบตเตอรี่แพ็ก

1. ยุ่งยาก (สำหรับรถขับเคลื่อนล้อหน้า)
2. มีค่าใช้จ่ายสูงกว่า
3. ความทนทานของชิ้นส่วนที่ติดตั้งใหม่

ข้อมูลที่ควรทราบเพื่อสามารถเลือกใช้มอเตอร์อย่างเหมาะสม

- Operating Volt (V, bus volt)
- Output power required (kW)
- Torque required (Nm)



Bus Voltage Selection

< 200V

1. แรงดันต่ำมีอันตรายน้อยกว่า
2. การทำงานมีความเสี่ยงต่ำกว่า

1. กระแสสูง ทำให้เกิดความร้อนตัวนำ
2. สายไฟและอุปกรณ์มีราคาสูง ใหญ่ หนัก
3. Conduction loss สูง => Eff. ลด
4. มาตรฐาน fast charge ไม่รองรับแรงดันที่ต่ำกว่า 200V

200V – 600V

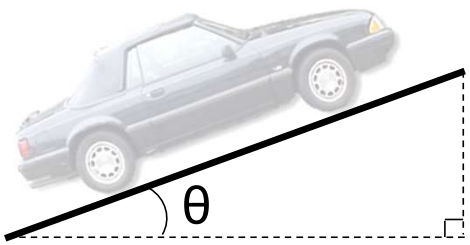
1. กระแสไม่สูง สายไฟเดินยาวได้
2. สายไฟ และอุปกรณ์มีราคาต่ำกว่า
3. สามารถทำ DC fast charge ได้

1. โอกาสเกิดอันตรายจากไฟดูดสูง ต้องมีการป้องกันที่เหมาะสม

สูตรเบื้องต้นในการคำนวณหาขนาด motor

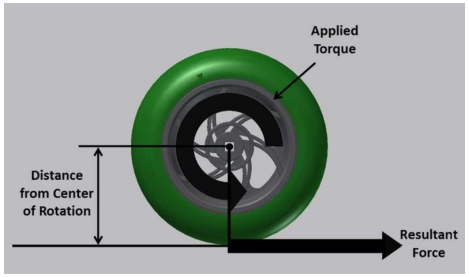
Force

$$F_T = \mu mg + \frac{1}{2} c_d \rho v^2 A + mg \sin\theta$$



μ	rolling coefficient
m	มวลของรถ
c_d	drag coefficient
ρ	ความหนาแน่นของอากาศ มีค่า 1.2 kg/m^3
A	พท. ที่ปะทะกับ flow ของอากาศ

Torque



$$\tau = F_T \times r$$

r รัศมีของล้อ

Output Power

$$P = \frac{F_T v}{\eta}$$

P	กำลังส่งออกของมอเตอร์ (W)
v	ความเร็วของรถ (m/s)
η	ประสิทธิภาพของเกียร์
	0.85 (เกียร์ต่ำ) - 0.97 (ต่อตรง)
F_T	แรงเสียดทานทั้งหมด (N)

คำถาม: จะทราบ นน.ของรถหลังดัดแปลง (m) ได้อย่างไร ??

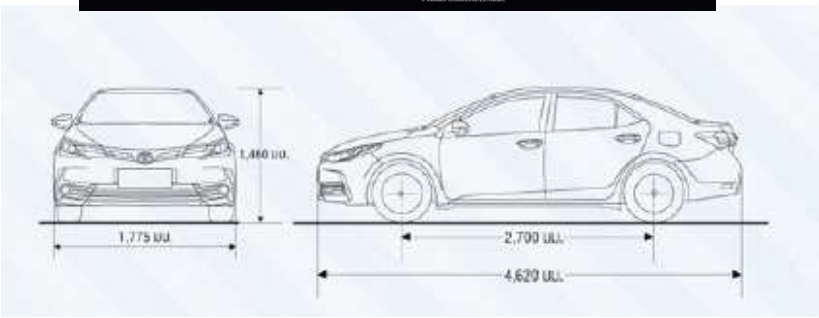
ทางเลือกในการประมาณ นน. หลังดัดแปลง (m)

- ประมาณ 75% ของน้ำหนักของอุปกรณ์ในการดัดแปลง คือน้ำหนักของแบตเตอรี่แพ็ก และน้ำหนักของมอเตอร์
- ตามปกติ curb weight หลังการดัดแปลง > curb weight ก่อนดัดแปลง
- การประมาณ

นน.หลังดัดแปลง ≈ นน.รถเดิม (curb weight) + นน.บรรทุก + นน.แบตเตอรี่แพ็ก

ตัวอย่าง ALTIS 1.6G

ดัดแปลงโดยใช้เกียร์เดิม



รุ่น		1.8V Navi	ESPORT Option	ESPORT	1.8E	1.6G	1.6E CNG	1.6J
ขนาดและน้ำหนัก								
มิติภายนอก	ยาว x กว้าง x สูง มม.	4,620 x 1,775 x 1,460						
ความยาวช่วงล้อ	มม.	2,700						
ความกว้างช่วงล้อ	หน้า / หลัง มม.	1,520 / 1,520						1,530 / 1,535
ระดับต่ำสุดจากพื้น	มม.	130						
น้ำหนักรถ (โดยประมาณ)	กก.	1,290				1,275	1,320	1,205
ความจุถังน้ำมัน	ลิตร	55					50	
รัศมีวงเลี้ยวแคบสุด	ม.	5.4						
เครื่องยนต์								
รุ่น		2ZR-FBE				1ZR-FBE	Bi-Fuel type 1ZR-FBE (CNG)	1ZR-FBE
แบบ		4 สูบแถวเรียง DOHC Dual VVT-i						
ความจุกระบอกสูบ	ซีซี	1,798				1,598		
ความกว้างกระบอกสูบ x ระยะชัก	มม.	80.5 x 88.3				80.5 x 78.5		
อัตราส่วนกำลังอัด		10.0 : 1				10.2 : 1		
ระบบจ่ายน้ำมัน		หัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ EFI						
รองรับการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง E85		•						
แรงม้าสูงสุด EEC not	กิโลวัตต์ (PS) / รอบต่อนาที	104 (141) / 6,000				92 (125) / 6,000		
แรงบิดสูงสุด EEC not	นิวตัน-เมตร (กก.-ม) / รอบต่อนาที	177 (18.05) / 4,000				157 (16) / 5,200		
ระบบขับเคลื่อนและระบบรองรับ								
ระบบส่งกำลัง	แบบ	อัตโนมัติ Super CVT-i 7 สปีด แบบ Gate-Type พร้อม Sequential						ธรรมดา 6 สปีด
อัตราทดเกียร์	Shift lock	•						-
	เกียร์ 1	-						3.538
	เกียร์ 2	-						1.913
	เกียร์ 3	-						1.310
	เกียร์ 4	-						0.971
	เกียร์ 5	-						0.818
	เกียร์ 6	-						0.700
	เกียร์ 7	-						-
	อัตราทดเกียร์	2.480 - 0.396						-
	เกียร์ถอยหลัง	2.604 - 1.680						3.333
	เฟืองท้าย	5.356						4.214
ระบบช่วงล่าง	หน้า	แม็คเฟอร์สันสตรัท พร้อมเหล็กกันโคลง						
	หลัง	ทอร์ชันบีม พร้อมเหล็กกันโคลง						
ระบบเบรก	หน้า	ดิสก์เบรก พร้อมครีบระบายความร้อน						
	หลัง	ดิสก์เบรก						
ล้อและยาง	ขนาด	ล้ออัลลอย 16" พร้อมยางขนาด 205/55 R16	ล้ออัลลอย 17" พร้อมยางขนาด 215/45 R17		ล้ออัลลอย 16" พร้อมยางขนาด 205/55 R16			ล้ออัลลอย 15" พร้อมยางขนาด 195/65 R15
	ล้อและไหล่	ล้อกระทะ 16" พร้อมยางขนาด 205/55 R16	ล้ออัลลอย 17" พร้อมยางขนาด 215/45 R17		ล้อกระทะ 16" พร้อมยางขนาด 205/55 R16		ล้อกระทะ 17" พร้อมยาง Temporary Tire ขนาด T125/70 D17	
พวงมาลัยระบบ EPS (Electric Power Steering)		•						

ตัวอย่างความต้องการในการใช้งานเพื่อประกอบการคำนวณ

- รถใช้งานในครอบครัว เดินทางในเมือง เพื่อไปทำงาน
- จำนวนผู้โดยสารสูงสุด 5 คน (รวมคนขับ)
- ใช้งานวันละไม่เกิน 150 km
- ความเร็วสูงสุด 120 km/h
- วิ่งบนทางชันสูงสุด 6% ด้วยความเร็วไม่น้อยกว่า 50 km/h

ผลการคำนวณจากสูตร

ทางเรียบ (grading 0%)

Tire diameter	26.00	inch
V_car	120	km/h
Curb weight	1,300	kg
Est battery weight	250	kg
Load (5 passengers)	300	kg
m_car	1,850	kg
Eff_gear	0.88	
g	9.81	m/s2
Tire RPM		
N	963.99	rpm
Rolling resistance		
c	0.013	
Fr	235.93	N
Drag resistance		
cd	0.29	
p	1.20	kg/m3
v	33.33	m/s
A	2.25	m2
Fd	435.00	N
Ft	670.93	N
Torque needed	221.54	Nm
Pmotor needed	25,414.03	watts

ทางชัน (grading 6%)

Tire diameter	26.00	inch
V_car	50	km/h
car weight	1,300	kg
est battery weight	250	kg
Load (5 passengers)	300	kg
m_car	1,850	kg
Eff_gear	0.88	
Grading	3.30	deg
Grading	6	%
g	9.81	m/s2
Tire RPM		
N	401.66	rpm
Rolling resistance		
c	0.013	
Fr	234.74	N
Drag resistance		
cd	0.29	
p	1.20	kg/m3
v	13.89	m/s
A	2.25	m2
Fd	75.52	N
Grading		
Fg	1,044.70	N
Ft	1,354.96	N
Torque needed	894.81	Nm
Pmotor needed	21,385.08	watts

Example Motor Choices

AC-51 Model	
Motor Type	3Ø, AC motor
Rated Voltage	144V
Max. Cont. Torque	60 Nm @ 5000 rpm
Max. Peak Torque	146 Nm
Max. Cont. Power	30kW @ 6000 rpm
Max. Peak Power	66 kW
Weight	52 kg

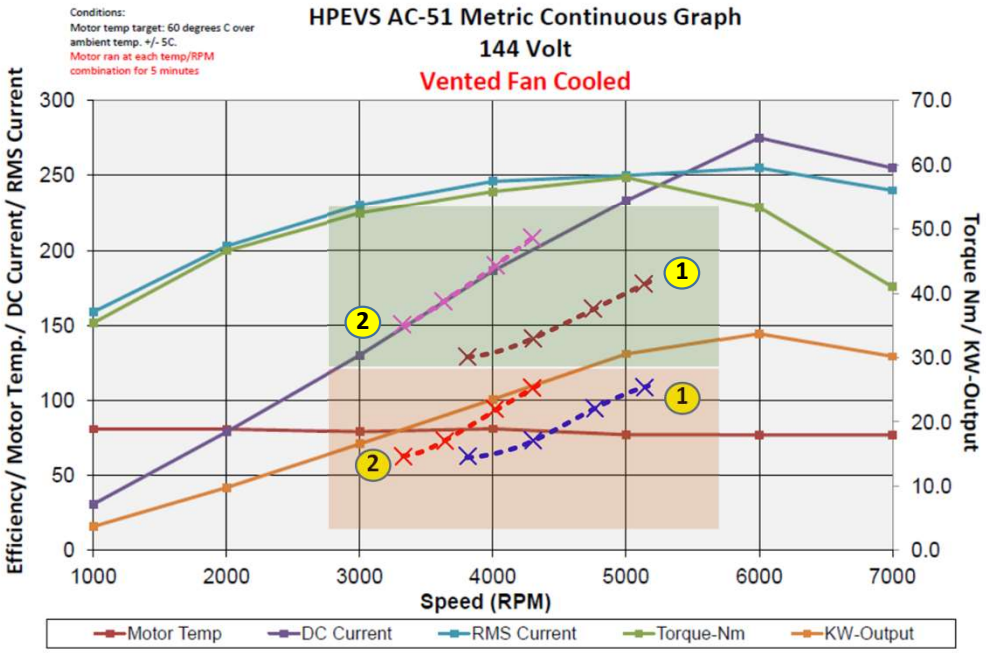
Motor AC-51 บนทางราบ

1 **Gear Ratio = 5.356 (diff. gear only)**

Speed (km/h)	RPM	Torque (Nm)	Power (kW)
120	5,163	41	25
110	4,733	37	21
100	4,303	33	17
90	3,872	30	14

2 **Gear Ratio = 5.356 * 0.85**

Speed (km/h)	RPM	Torque (Nm)	Power (kW)
120	4,386	49	25
110	4,021	44	21
100	3,655	39	17
90	3,290	35	14



Motor AC-51 บนทางชัน

ผลจากการคำนวณก่อนหน้า

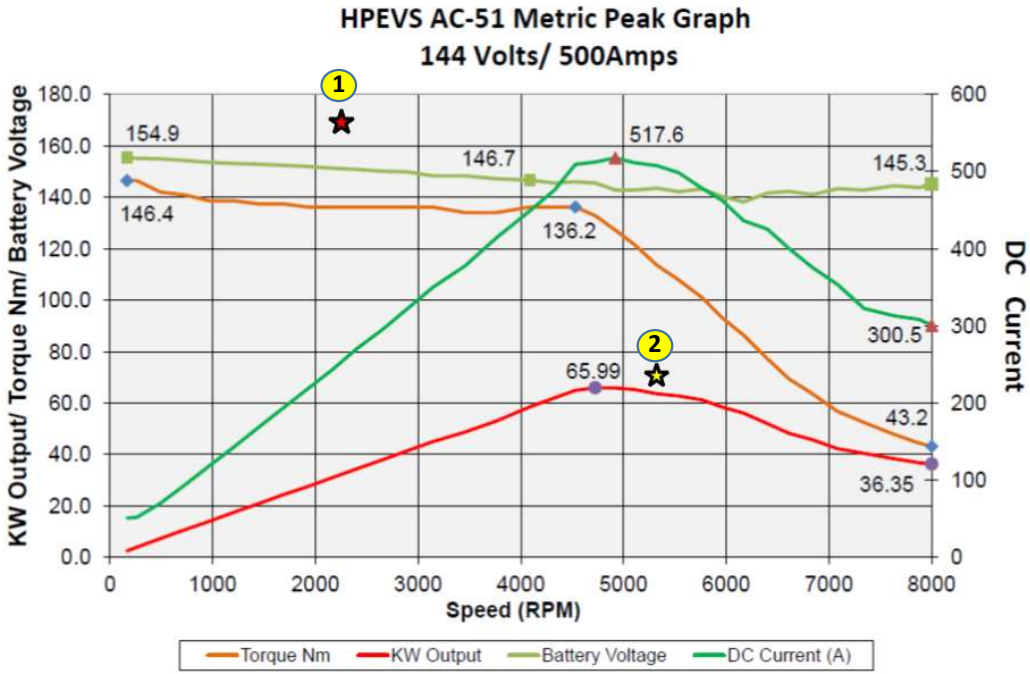
Ft	1,354.96	N
Torque needed	894.81	Nm
Pmotor needed	21,385.08	watts

1 Gear Ratio = 5.356 (diff. gear only)

Speed	RPM	Torque	Power
50	2,151	167	21

2 Gear Ratio = 5.356 * 2.48 = 13.28

Speed	RPM	Torque	Power
50	5,334	67	21



- การทำงานไม่สามารถเป็นจริงได้ด้วย diff gear เพียงอย่างเดียว เนื่องจาก torque ที่ต้องการจากมอเตอร์สูงเกินกว่า peak torque
- การใช้งานต้องอาศัยการปรับเกียร์เข้าช่วย เพื่อทำให้ torque ที่ต้องการจากมอเตอร์ยังไม่เกิน peak torque อย่างไรก็ตามการใช้งานตามเงื่อนไขนี้นานๆ จะทำให้มอเตอร์ร้อนมากกว่าปกติ เพราะ torque ที่ดึงจากมอเตอร์มีค่าสูงกว่า continuous torque

การประกบมอเตอร์เข้ากับเกียร์

เกียร์ **Manual**

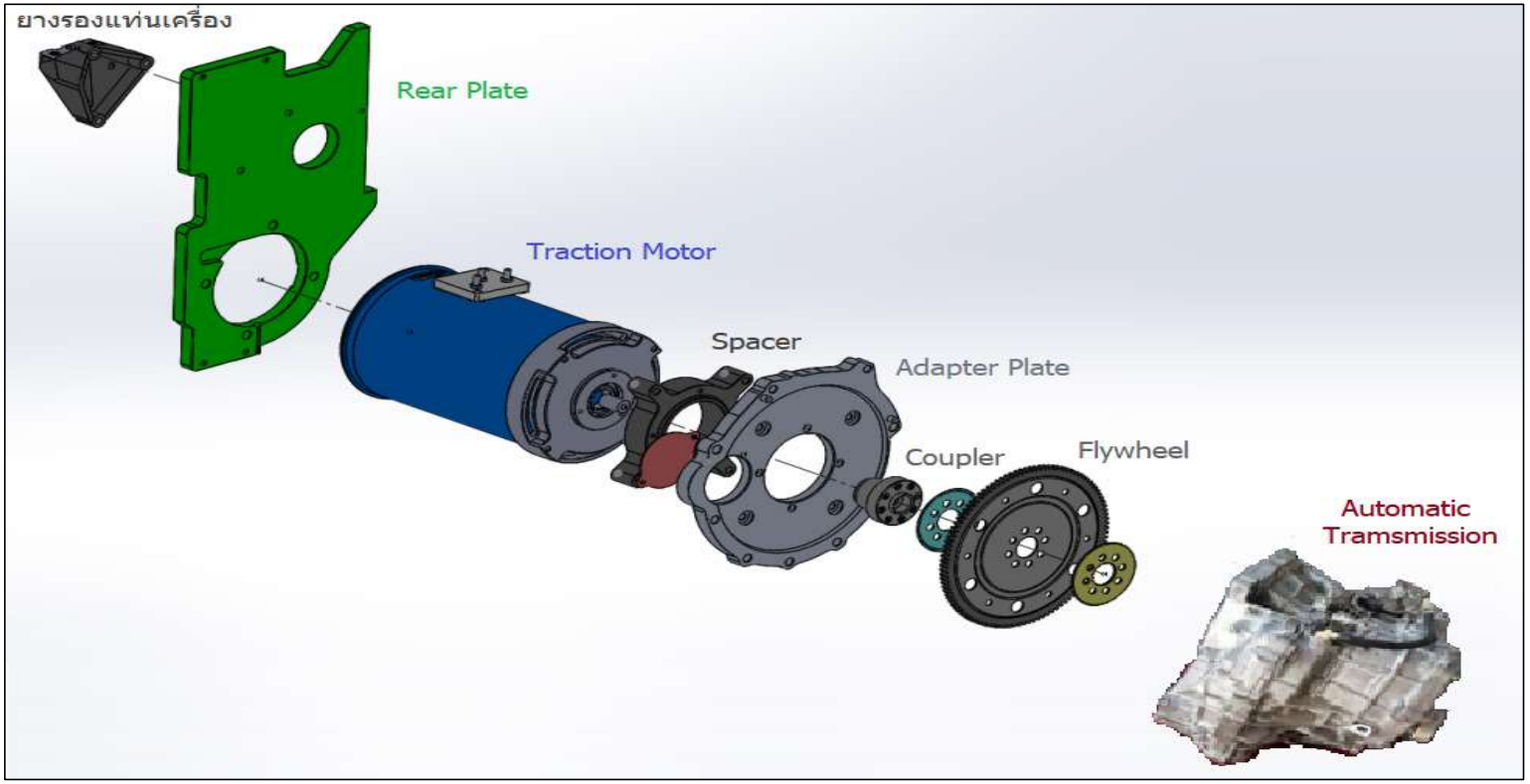
- Adapter Plate
- Motor-> Gear Input shaft
- Or Motor-> Clutch

เกียร์ **Automatic**

- Adapter with service hole
- Motor->Torque converter

Sutat Patomnuphong

ภาพรวมการติดตั้งมอเตอร์เข้ากับเกียร์โดยใช้ Adapter Plate



ชิ้นส่วนช่วยในการประกบมอเตอร์เข้ากับชุดเกียร์

Coupler สำหรับเชื่อมต่อแกนมอเตอร์เข้ากับ flywheel

Adapter plate สำหรับยึดมอเตอร์เข้ากับหัวหมูเกียร์

ตัวอย่างการติดตั้งจริงของ Traction Motor

ตัวอย่างการติดตั้งของ Traction Inverter

Inverter ต้องการ heatsink เพื่อระบายความร้อน

โดย heatsinl จะมีน้ำหล่อเย็นไหลผ่าน