ภาพรวมการออกแบบและทดสอบระบบขับเคลื่อนไฟฟ้า สำหรับยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย

ดร.บุรินทร์ เกิดทรัพย์

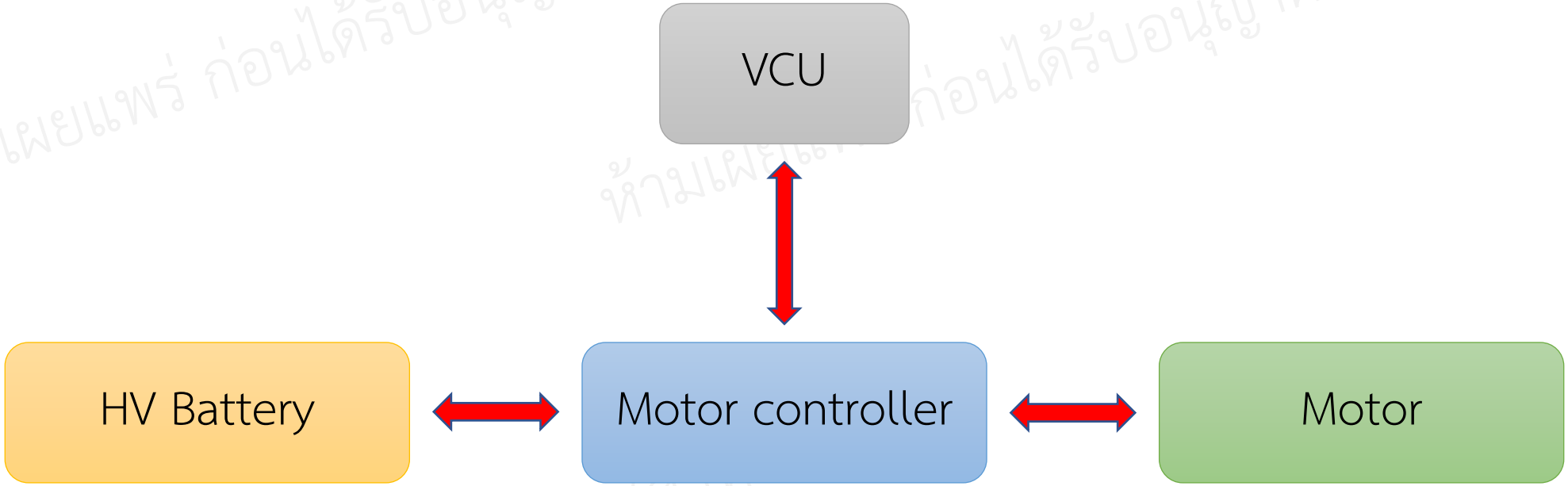
ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (เนคเทค)
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช)

เนื้อหา

- ระบบขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า
- การออกแบบชุดขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า
  - ✓ การเลือกขนาดมอเตอร์ไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า
  - ✓ การทดสอบมอเตอร์ไฟฟ้า
- การทดสอบฮาร์ดแวร์อินเดอะลูป (Hardware-in-the-loop test)
- เครื่องมือที่ใช้ทดสอบอุปกรณ์หลักในยานยนต์ไฟฟ้า

ห้ามเผยแพร่ ก่อนได้รับอนุญาต (สวทช.)

ระบบขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า



Drivetrain:

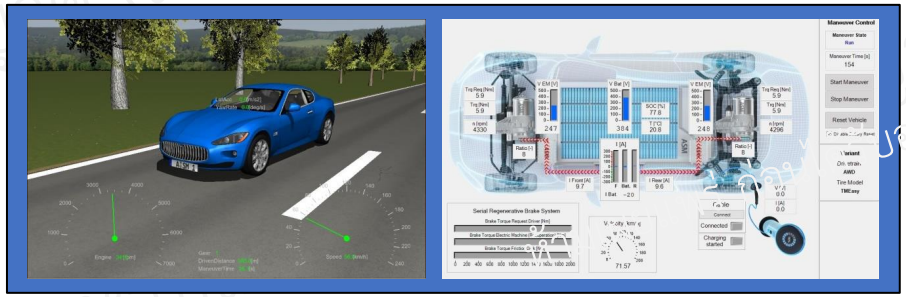
- Clutch
- Gear

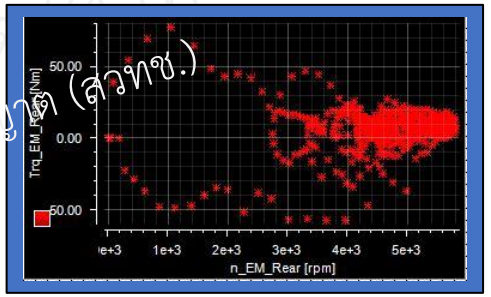
ห้ามเผยแพร่ ก่อนได้รับอนุญาต (สวทช.)

การออกแบบชุดขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า

Specification

- Analytical method
- Automotive simulation model





Electrical motor design

Altair

JMAG

- Analytical method
- Finite element method (FEM)

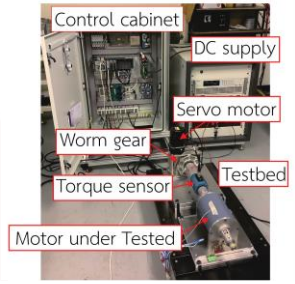
Electrical drive design

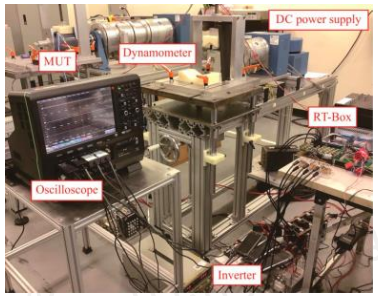
PSIM plexim

- Off-line simulation tools => MATLAB/Simulink, PSIM, PLECS
- Hardware-in-the-loop (HIL) testing => SCALEXIO, RT-Box
- Rapid Control Prototyping => MicroLabBox, RT-Box

Testing and verification

- Motor characteristic test
- Motor performance test
- NVH test





Motor testing Lab @ SMC

การออกแบบมอเตอร์ไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า

SMC a member of EECi ARIPOLIS

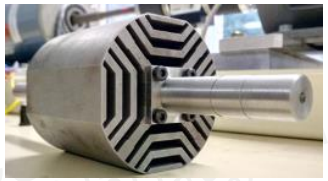
Electrical motor design

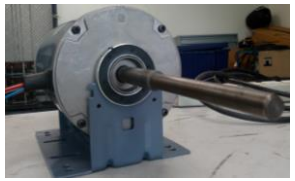
- Analytical method
- Finite element method (FEM) JMAG Altair

Electrical drive design

- Off-line simulation tools => MATLAB/Simulink, PSIM, PLECS
- Hardware-in-the-loop (HIL) testing => SCALEXIO, RT-Box
- Rapid Control Prototyping => MicroLabBox, RT-Box

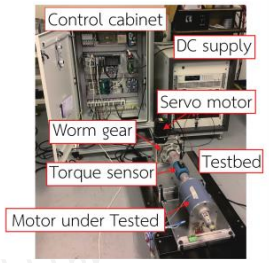
Prototype construction

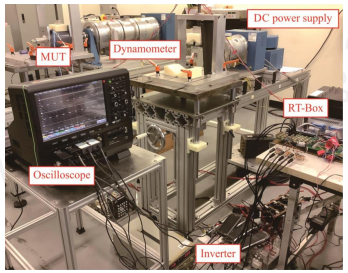




Testing and verification

- Characteristic Test
- Performance Test
- NVH Test





การเลือกขนาดมอเตอร์ไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า

ห้ามเผยแพร่ ก่อนได้รับอนุญาต (สวทช.)

ข้อพิจารณาเลือกมอเตอร์ไฟฟ้าสำหรับ EV (1)

กำหนดคุณลักษณะเฉพาะของยานยนต์ไฟฟ้า:

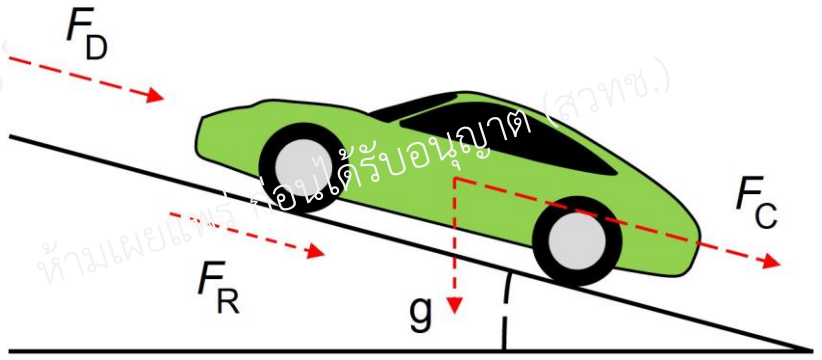
- น้ำหนักรวม (Total mass)
- มิติ (Dimension) => พื้นที่ส่วนหน้า (Vehicle frontal area)
- อัตราส่วนเกียร์ทั้งระบบ (Gear ratio)
- ขนาดล้อ (Wheel)
- เงื่อนไขการใช้งาน (Driving condition) => ค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการเคลื่อนที่ระหว่างล้อยางกับผิวถนน (Rolling resistance coefficient), ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานอากาศ (Coefficient of aerodynamic resistance), ความชันของถนน, Driving cycle

ห้ามเผยแพร่ ก่อนได้รับอนุญาต (สวทช.)

ข้อพิจารณาเลือกมอเตอร์ไฟฟ้าสำหรับ EV (2)

วิธีการคำนวณขนาดกำลังที่ใช้ขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้า

$$F_{Total} = F_D + F_R + F_C + F_a$$



F_D : Aerodynamic drag $\quad F_D = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_D \cdot A \cdot (v + v_{air})^2$

F_R : Rolling resistance $\quad F_R = C_g \cdot m \cdot g$

F_c : Gradability $\quad F_c = m \cdot g \cdot \sin\theta$

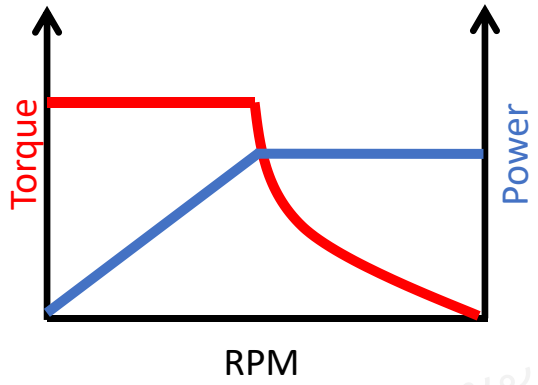
F_a : Acceleration $\quad F_a = m \cdot a$

$$T_{Total} = F_{Total} \cdot r$$

$$P_{Total} = T_{Total} \cdot \omega$$

ห้ามเผยแพร่ ก่อนได้รับอนุญาต (สวทช.)

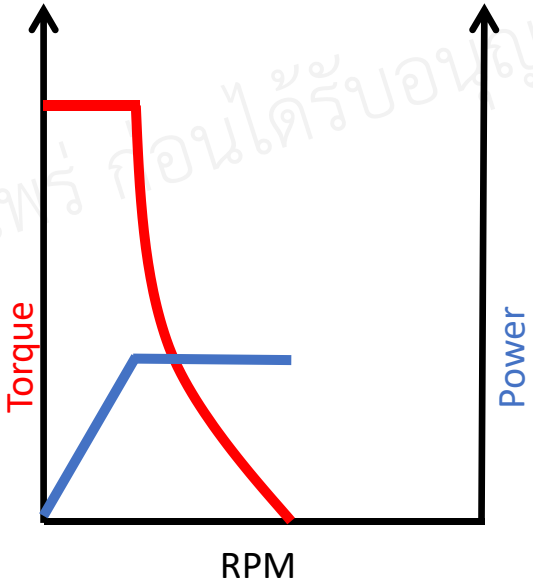
ข้อพิจารณาเลือกมอเตอร์ไฟฟ้าสำหรับ EV (3)



$$Power = \frac{2 \cdot \pi \cdot T \cdot N}{60}$$

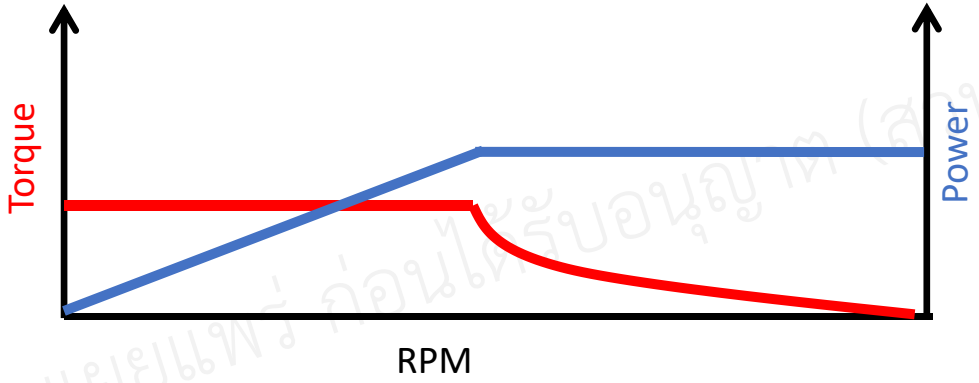
แรงบิดเพิ่ม
รอบลด

เกียร์ต่ำ
2:1



แรงบิดลด
รอบเพิ่ม

เกียร์สูง
1:2



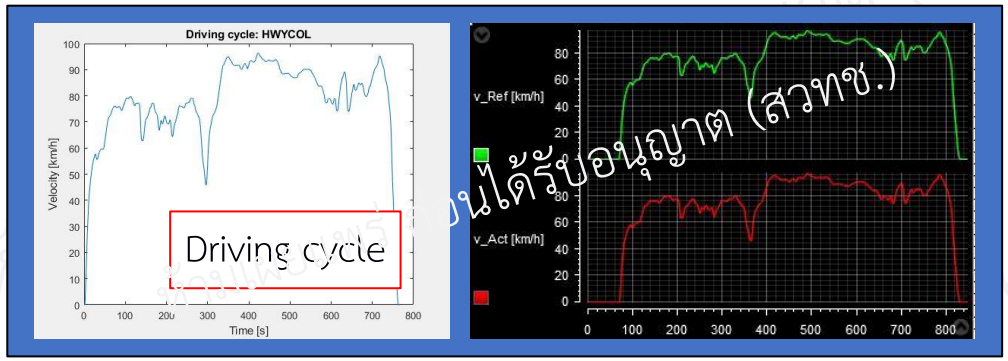
ห้ามเผยแพร่ ก่อนได้รับอนุญาต (สวทช.)

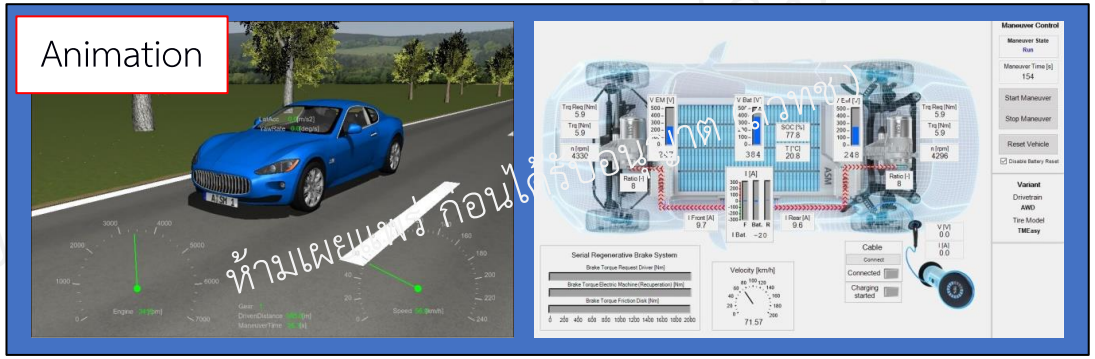
โปรแกรมคำนวณระบบส่งกำลังของ EV (1)

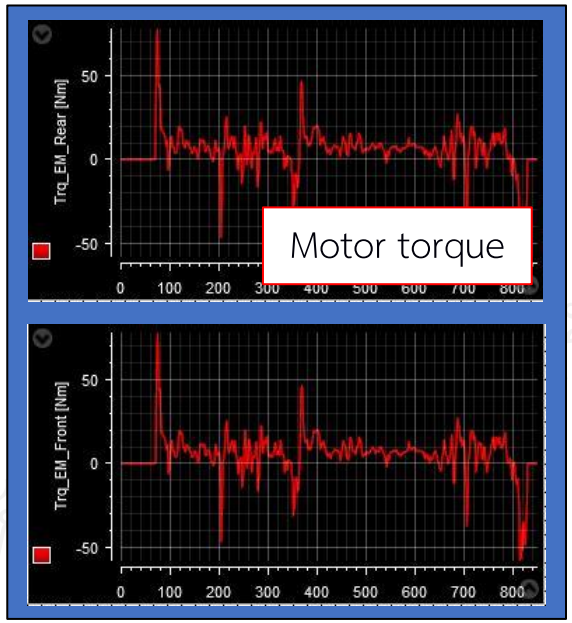
- โปรแกรมสำเร็จรูปที่มีนิยมใช้งานในบริษัทขนาดใหญ่
  - ✓ Automotive Simulation Models (ASM) by dSPACE
- โปรแกรม PowerCal (พัฒนาโดย สวทช.)

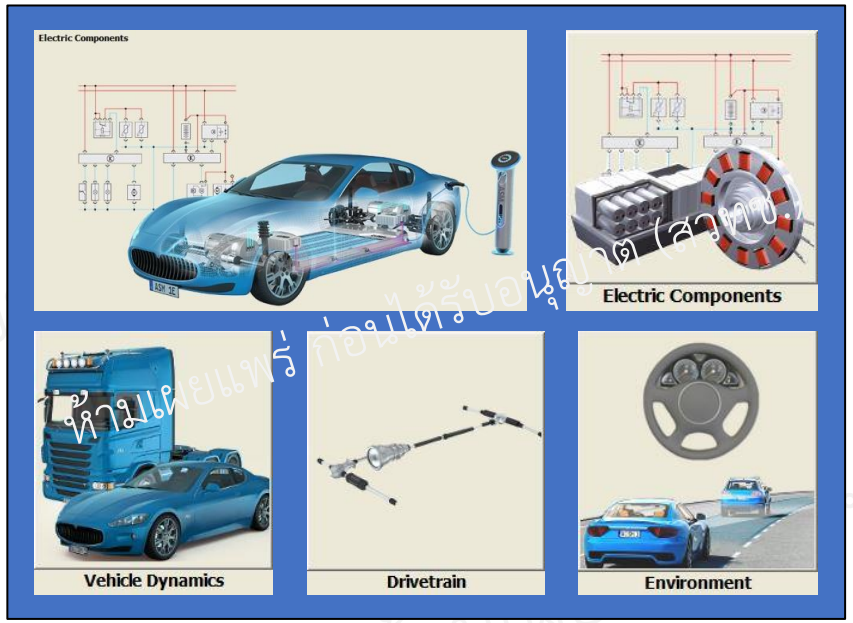
ห้ามเผยแพร่ ก่อนได้รับอนุญาต (สวทช.)

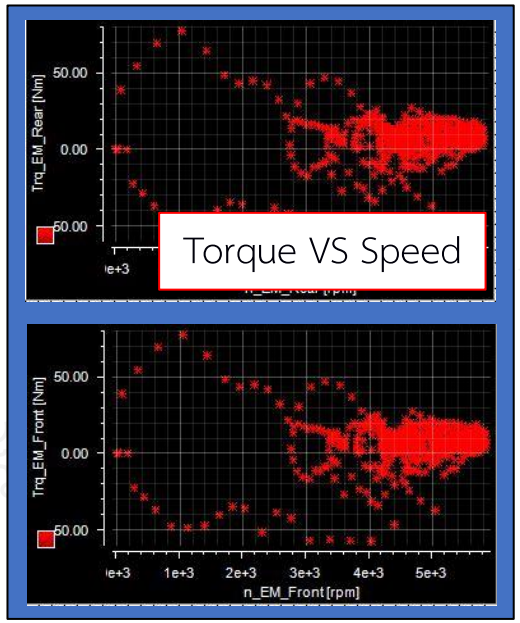
Automotive Simulation Models (ASM)











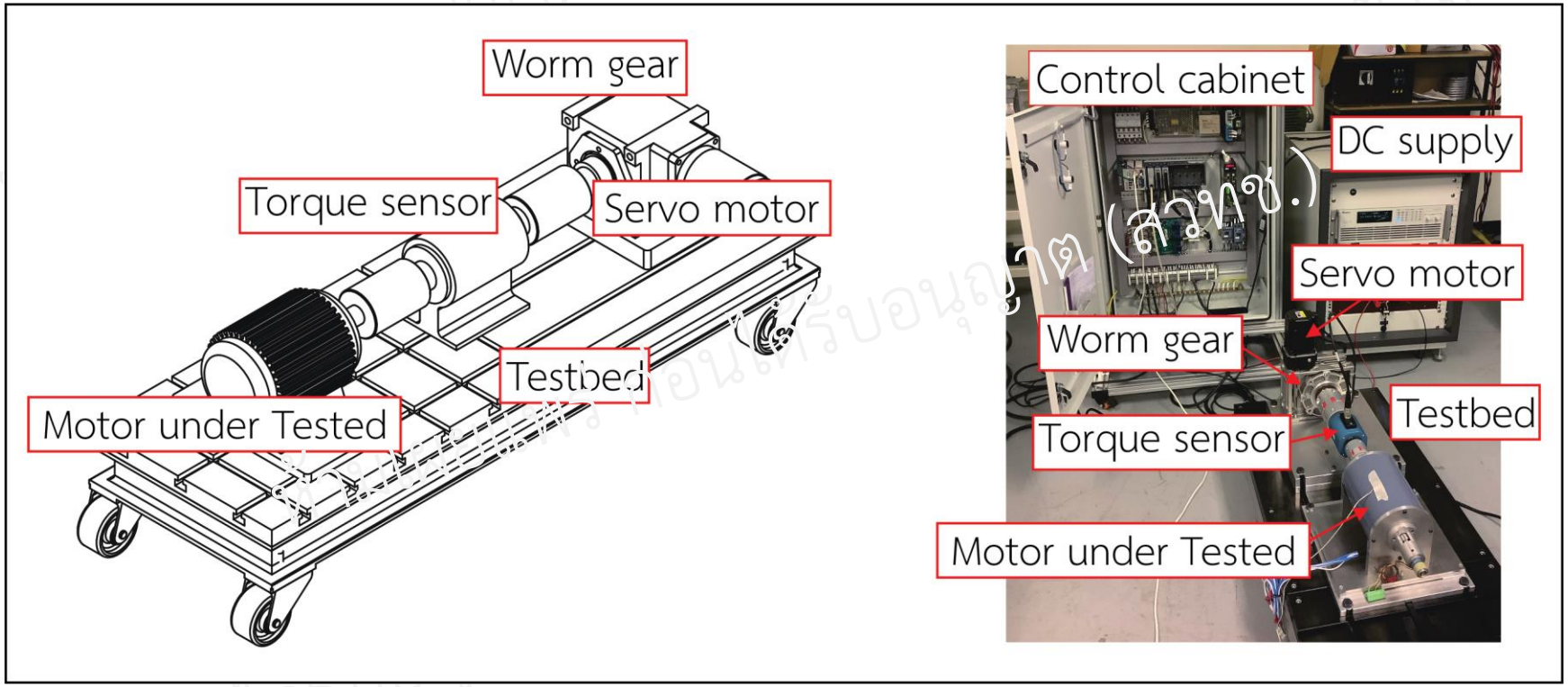
ห้ามเผยแพร่ ก่อนได้รับอนุญาต (สวทช.)

การทดสอบมอเตอร์ไฟฟ้า

- ทดสอบวัดคุณลักษณะมอเตอร์ไฟฟ้า
- ทดสอบวัดประสิทธิภาพมอเตอร์ไฟฟ้า

ห้ามเผยแพร่ ก่อนได้รับอนุญาต (สวทช.)

การทดสอบวัดคุณลักษณะมอเตอร์ไฟฟ้า (1)



@ TSP: mcTest (PMSM, SynRM, PMA-SynRM)

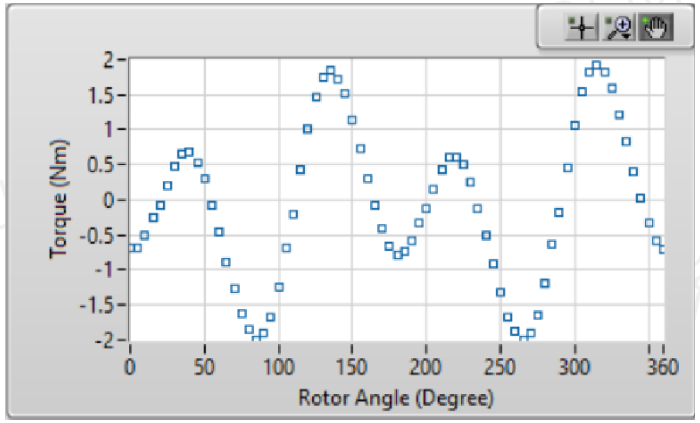
✓ Max. torque = 200 Nm

@ EECi: (+IM)

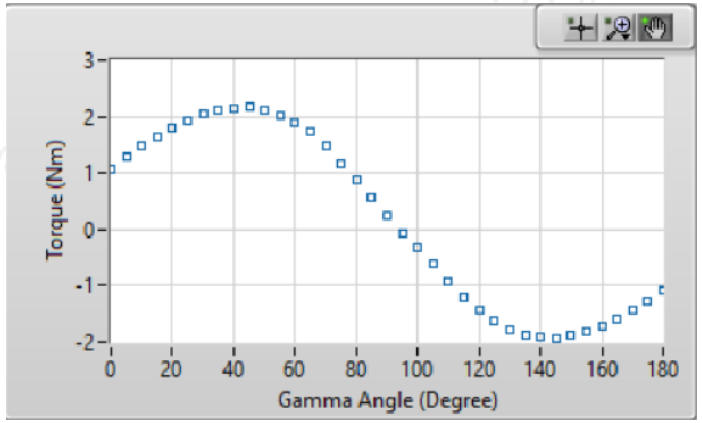
✓ Max. torque > 1,500 Nm

ห้ามเผยแพร่ก่อนได้รับอนุญาต (สวทช.)

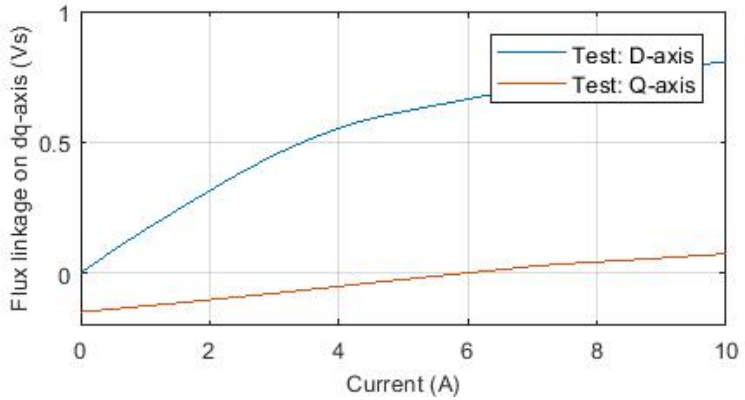
การทดสอบวัดคุณลักษณะมอเตอร์ไฟฟ้า (2)



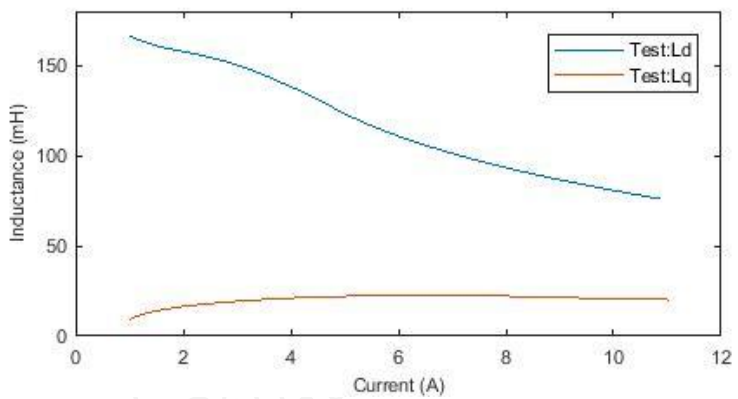
Torque VS Position



Torque VS Gamma



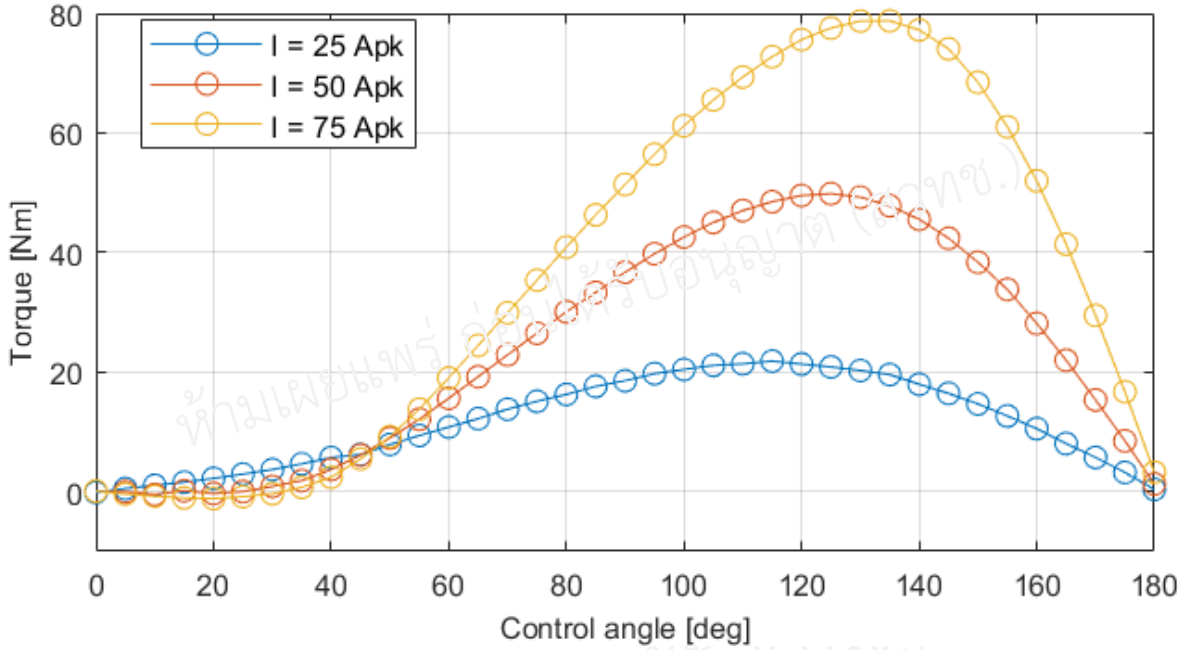
Flux-linkage VS Current



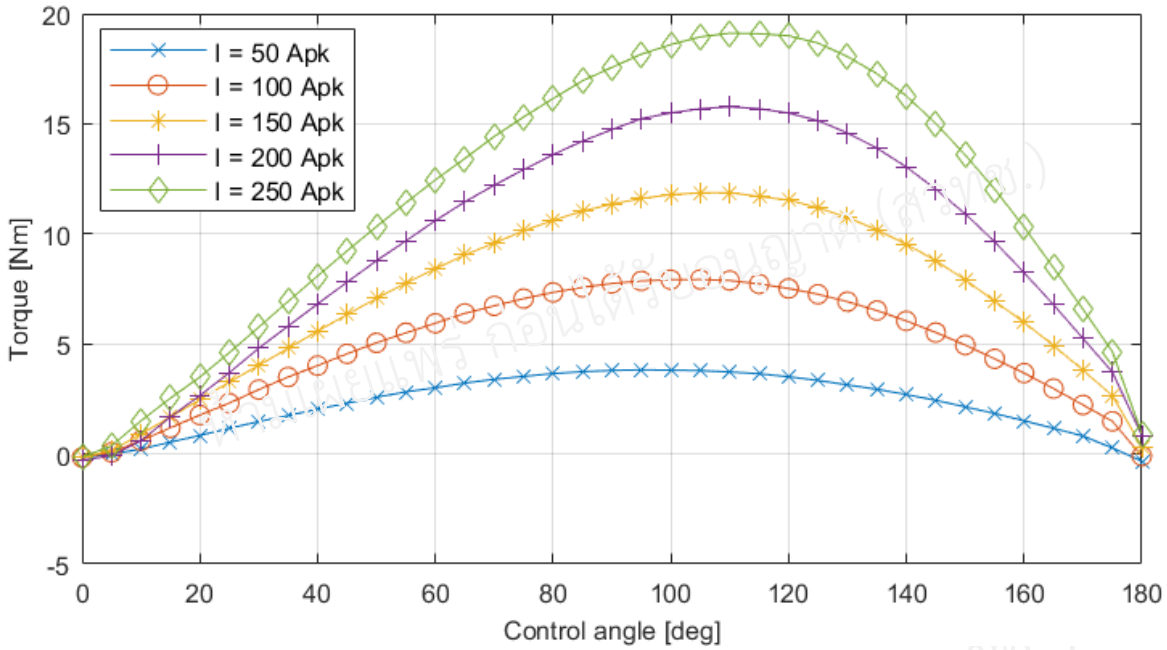
Inductance VS Current

ห้ามเผยแพร่ ก่อน (สวทช.)

ตัวอย่างผลการทดสอบวัดคุณลักษณะมอเตอร์ไฟฟ้า



ตัวอย่างมอเตอร์ไฟฟ้าตัวที่ 1



ตัวอย่างมอเตอร์ไฟฟ้าตัวที่ 2

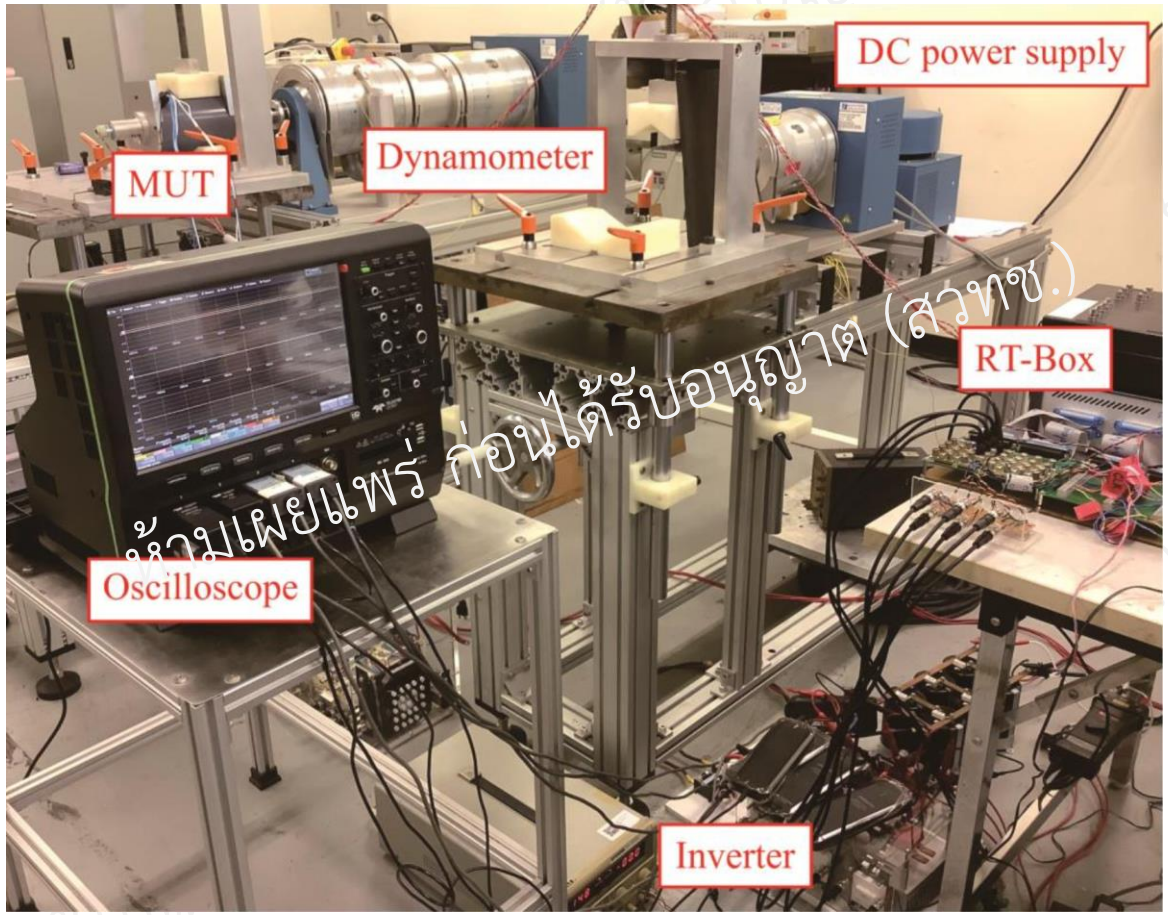
ห้ามเผยแพร่ ก่อนได้รับอนุญาต (สวทช.)

ตัวอย่างทดสอบวัดคุณลักษณะมอเตอร์ไฟฟ้า @ TSP

ตัวอย่างทดสอบวัดคุณลักษณะมอเตอร์ไฟฟ้า @ EECi

ห้ามแพร่ (สวทช.)

การทดสอบวัดประสิทธิภาพมอเตอร์ไฟฟ้า (1)



Properties	No. 1	No. 2
Rated torque [Nm]	56.5	6.2
Max. speed [rpm]	8,000	25,000
Max. power [kW]	14	3.4
Rated power [kW]	12	3

ห้ามเผยแพร่ ก่อนได้รับอนุญาต (สวทช.)

การทดสอบวัดประสิทธิภาพมอเตอร์ไฟฟ้า (2)

Dynamometer specification:

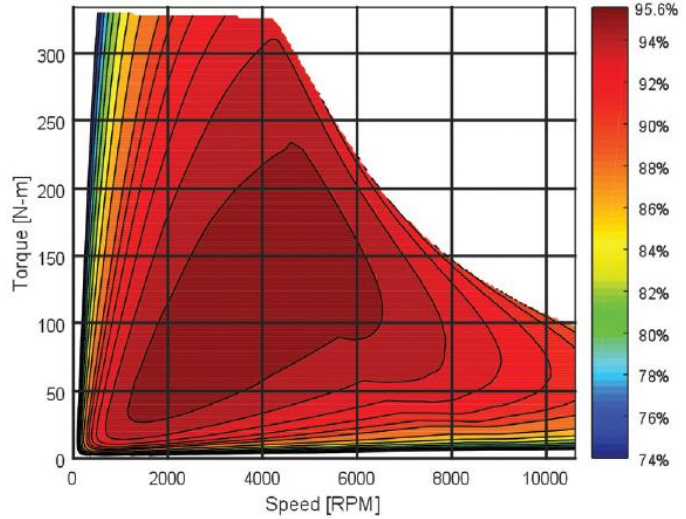
- Power: 380 kW
- Max. torque: 1,800 Nm
- Max. speed: 15,000 rpm

DC power supply specification:

- Power: > 350 kW
- Operating voltage: 20 - 1,000 V
- Maximum current: 800 A

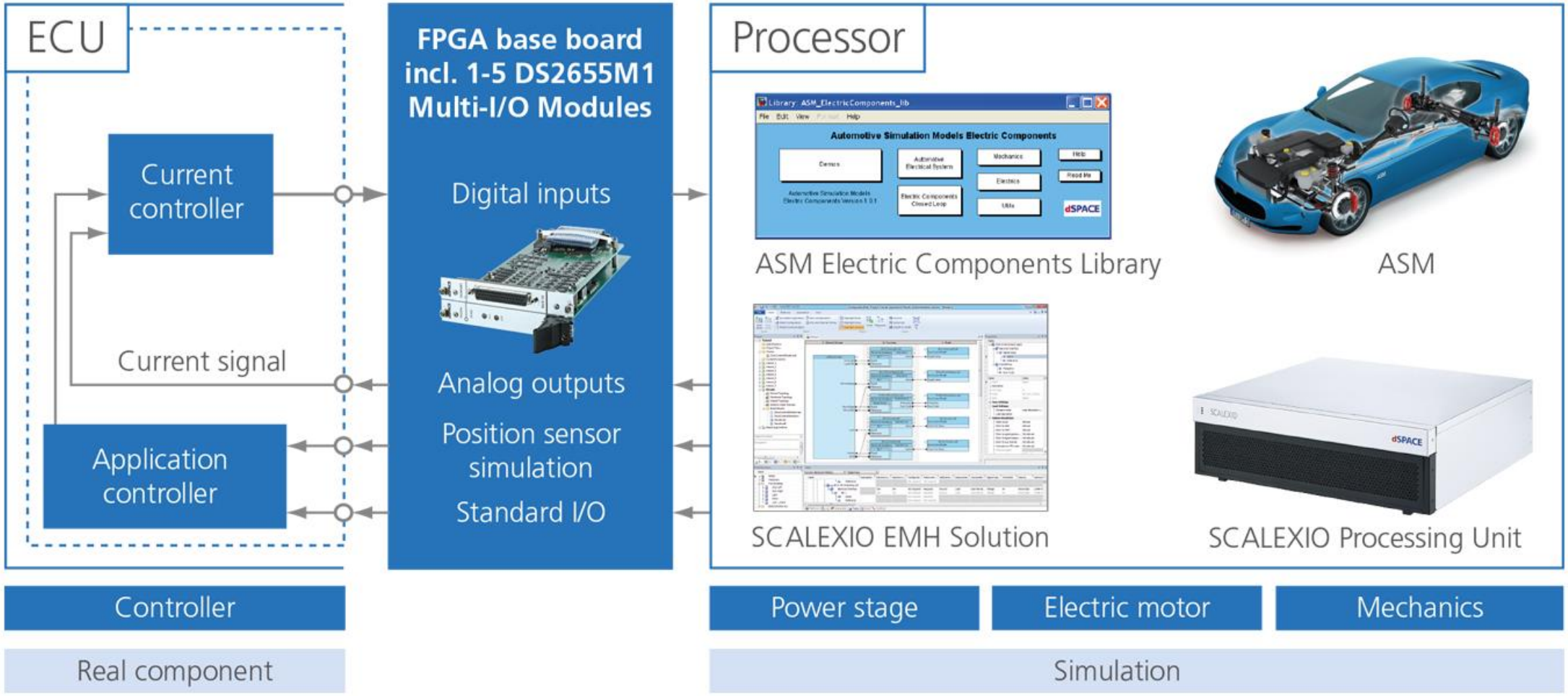
Accessories:

- Power analyzer
- 3-ph inverter



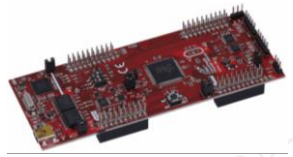
ที่มา: Horiba

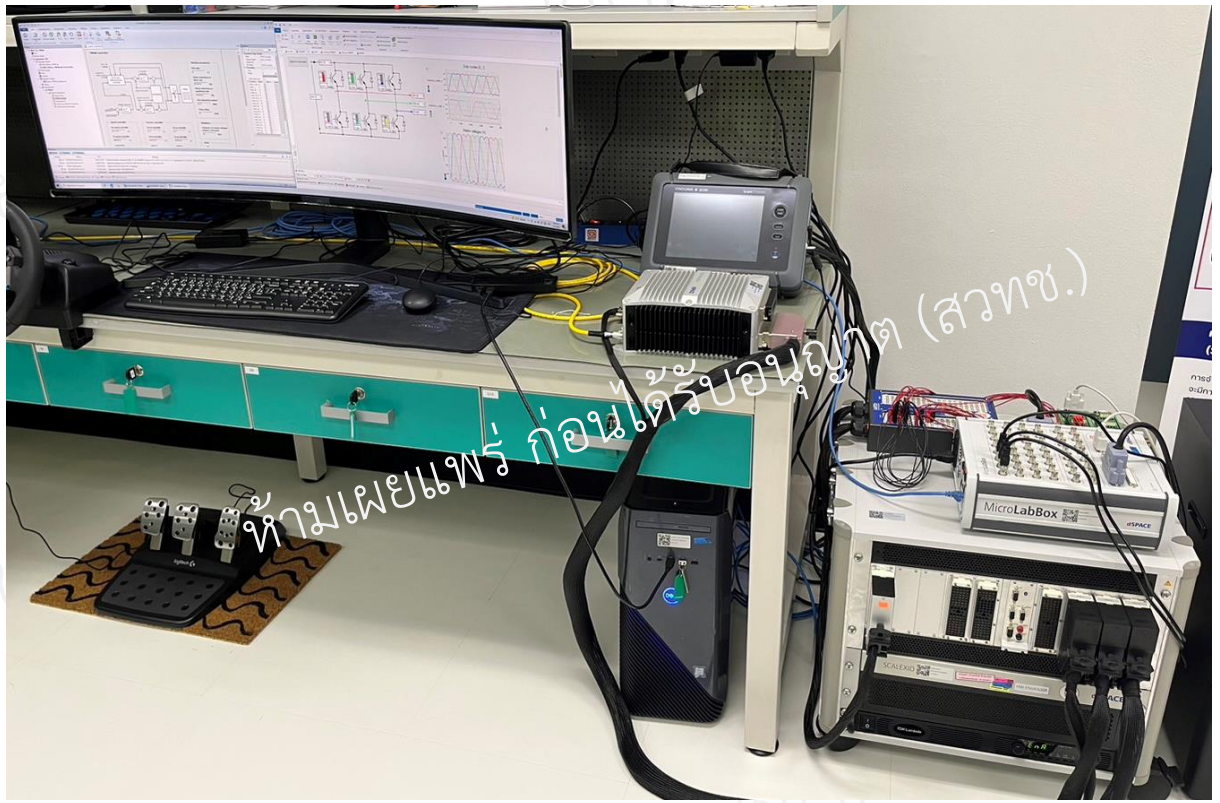
Hardware-in-the-loop (HIL) test



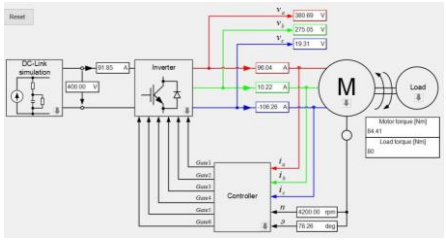
Source: dSPACE GmbH

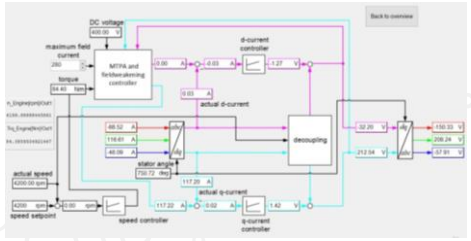
Hardware-in-the-loop: Motor controller





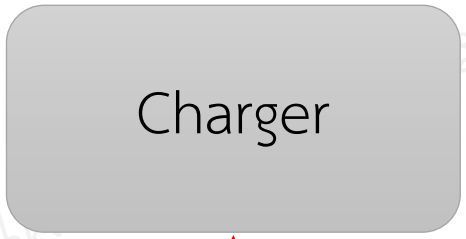
Simulated devices





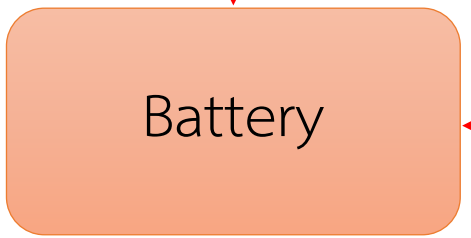
ห้ามเผยแพร่ ก่อนได้รับอนุญาต (สวทช.)

เครื่องมือที่ใช้ทดสอบอุปกรณ์หลักในยานยนต์ไฟฟ้า



Tool:

- Charger analyzer



Tool:

- BMS-HIL
- Battery pack*

Tool: VCU-HIL

Tool:

- Motor testbed (380 kW)
- Motor controller-HIL

ห้ามเผยแพร่ก่อนได้รับอนุญาต (สวทช.)

Key take away !!!

- Motor testbed
  - ✓ Motor performance test
    - -> 3 kW, 6.2 Nm, 25,000 rpm
    - -> 12 kW, 56.5 Nm, 8,000 rpm
    - -> 380 kW, 1800 Nm, 15,000 rpm
  - ✓ Motor characteristic test -> 200 Nm, 1,500 Nm
- เครื่องมือที่ใช้ทดสอบอุปกรณ์หลักในยานยนต์ไฟฟ้า
  - ✓ ระบบมอเตอร์ไฟฟ้าและชุดขับเคลื่อน ➔ Motor testbed (คาดว่าเปิดบริการกลางปีนี้), Motor controller-HIL (พร้อมให้บริการ)
  - ✓ ระบบอื่นๆ ➔ BMS-HIL, Battery pack, VCU-HIL, Charger analyzer

ห้ามเผยแพร่ ก่อนได้รับอนุญาต (สวทช.)

NECTEC a member of NSTDA

EECi | ARI POLIS

SMC a member of EECi ARIPOLIS

ขอบคุณมากครับ

Q&A