เอกสารเผยแพร่สำหรับครูอาจารย์

องค์ความรู้เทคโนโลยียานยนต์พลังงานใหม่และอากาศยานไร้คนขับ (EV & Drone)

สรุปจากการอบรม ณ Hunan Automotive Engineering Vocational University

นครจูโจว มณฑลหูหนาน สาธารณรัฐประชาชนจีน 19 – 30 ตุลาคม 2569



เรียบเรียงโดย

นายอลงกรณ์ ภูคงคา ครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ วิทยาลัยเทคนิคชัยภูมิ

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

คำนำ

เอกสารเล่มนี้จัดทำขึ้นเพื่อเผยแพร่องค์ความรู้ที่ได้รับจากการเข้ารับการฝึกอบรมหลักสูตรสาขา Drone/UAVs และสาขา New Energy Vehicle Technology ณ Hunan Automotive Engineering Vocational University สาธารณรัฐประชาชนจีน ระหว่างวันที่ 19 – 30 ตุลาคม 2569 ให้แก่ครูอาจารย์ในสถานศึกษาอาชีวศึกษาและผู้สนใจ โดยจัดเรียงเนื้อหาตามฐานการเรียนที่ได้เข้าฝึกจริง ได้แก่ ฐาน ASEP ฐาน Li Auto ฐาน BMW ฐาน CRRC และวิทยาลัยการบิน เพื่อให้ผู้อ่านเห็นลำดับการเรียนรู้ตั้งแต่ภาพรวมยานยนต์พลังงานใหม่ ความปลอดภัยไฟฟ้าแรงสูง ระบบสื่อสารข้อมูลในรถยนต์ แบตเตอรี่และการชาร์จ ไปจนถึงการประกอบและตั้งค่าโดรน

เนื้อหาแต่ละบทเรียบเรียงจากบันทึกการอบรม เอกสารแปลสไลด์ และอินโฟกราฟิกที่ผู้เรียบเรียงจัดทำระหว่างการอบรม ร่วมกับเอกสารประกอบการบรรยายของวิทยากร และภาพถ่ายจากการฝึกปฏิบัติ แผนภาพประกอบที่ระบุว่า “แผนภาพเพื่อการเรียนการสอน” จัดทำขึ้นใหม่เพื่อสรุปหลักการให้เข้าใจง่าย ส่วนท้ายเล่มมีชุดการเรียนรู้ ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ 3 หน่วย ใบงาน 11 ใบ พร้อมแนวเฉลยและเกณฑ์การประเมิน ที่ครูสามารถนำไปปรับใช้ได้ทันที

ตัวเลข ค่าแรงดัน และขั้นตอนในเอกสารนี้ใช้เพื่อการเรียนการสอนเท่านั้น การปฏิบัติงานกับรถยนต์จริงต้องยึดคู่มือซ่อมของผู้ผลิตและมาตรการความปลอดภัยไฟฟ้าแรงสูงอย่างเคร่งครัด ผู้เรียบเรียงขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา วิทยาลัยเทคนิคชัยภูมิ คณาจารย์ของ Hunan Automotive Engineering Vocational University และเพื่อนครูในคณะทุกท่าน

นายอลงกรณ์ ภูคงคา

พฤศจิกายน 2569

สารบัญ

คำนำ 2

สารบัญ 3

แผนที่การเรียนรู้: เรียนอะไร ที่ไหน 7

บทที่ 1 ภาพรวมยานยนต์พลังงานใหม่และระบบไฮบริด 9

1.1 ยานยนต์พลังงานใหม่ (NEV) คืออะไร 9

1.2 สถานการณ์อุตสาหกรรมของจีน 9

1.3 โครงสร้างระบบไฮบริด 9

1.4 อุปกรณ์หลักและหน้าที่ 10

บทที่ 2 รถยนต์ไฟฟ้าขยายระยะทาง (REEV) และฟังก์ชันรถทั้งคัน 16

2.1 แนวคิด Range-Extended Electric Vehicle 16

2.2 รถยนต์อัจฉริยะคือระบบรับ–ประมวล–ส่งออกข้อมูล 16

บทที่ 3 ความปลอดภัยไฟฟ้าแรงสูง 22

3.1 หลักคิด “Power OFF ≠ Zero Voltage” 22

3.2 อุปกรณ์ป้องกันและการปฐมพยาบาล 22

บทที่ 4 ECU และการสื่อสาร CAN Bus 25

4.1 ECU และเครือข่ายในรถยนต์ 25

4.2 การอ่านผังไฟฟ้าและรหัสสีสาย 25

บทที่ 5 แบตเตอรี่ขับเคลื่อน BMS และ Pre-charge 30

5.1 จากเซลล์สู่แบตเตอรี่แพ็ก 30

5.2 หน้าที่ของ BMS 30

5.3 วงจร Pre-charge 30

บทที่ 6 ระบบการชาร์จ AC และ DC 34
6.1 เส้นทางพลังงาน 34
6.2 ข้อจำกัดของการชาร์จเร็ว 34
บทที่ 7 BYD Qin EV: ระบบไฟฟ้าแรงสูง การจ่ายไฟ และการวินิจฉัย 36
7.1 การจำแนกชิ้นส่วนแรงดันสูงของ BYD Qin EV 36
7.2 การจ่ายไฟและตัดไฟ (Power-Up / Power-Down) 36
7.3 การวินิจฉัยข้อขัดข้องและอิเล็กทรอนิกส์กำลัง 36
บทที่ 8 เทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับ (อบรม Drone 2 วัน) 38
8.1 วันแรก: องค์ประกอบระบบ การตั้งค่า และระบบจำลอง 38
8.2 วันที่สอง: ประกอบโดรนขนาดเล็กเจ็ดขั้นตอน 38
8.3 การตั้งค่าด้วย Betaflight Configurator 39
8.4 ความปลอดภัยและข้อกำหนด 41
บทที่ 9 DNA ร่วมของ Drone และ EV สู่การสอน IT IoT และ AI 42
9.1 แบบแผนเชิงวิศวกรรมที่เหมือนกัน 42
9.2 โครงงาน Twin Energy Dashboard 42
ส่วนที่ 2 ชุดการเรียนรู้สำหรับครู 48
แผนการสอนหน่วยที่ 1 ระบบ EV และข้อมูลแบตเตอรี่ 49
ผลลัพธ์และการเตรียมการ 49
การประเมินและการปรับกิจกรรม 49
แผนการสอนหน่วยที่ 2 ประกอบและทดสอบโดรนขนาดเล็ก 50
ผลลัพธ์และทรัพยากร 50
เงื่อนไขผ่าน 50

แผนการสอนหน่วยที่ 3 โครงงานข้อมูล EV และ Drone 51
ผลลัพธ์และขอบเขตงาน 51
แนวทางประเมิน 51
ใบงานสำหรับผู้เรียน 52
ใบงาน EV1 เส้นทางพลังงานและองค์ประกอบระบบ 53
ใบงาน EV2 คำนวณแบตเตอรี่และพลังงาน 54
ใบงาน EV3 วิเคราะห์ข้อมูลแบตเตอรี่จำลอง 55
ใบงาน EV4 แดชบอร์ดข้อมูล EV และ Drone 56
ใบงาน D1 หลักการบินและการควบคุม 57
ใบงาน D2 ชิ้นส่วนและข้อกำหนดชุดฝึก 58
ใบงาน D3 การประกอบและบันทึกจุดตรวจ 59
ใบงาน D4 ตรวจก่อนจ่ายไฟ 60
ใบงาน D5 การตั้งค่าและทดสอบโดยถอดใบพัด 61
ใบงาน D6 ตรวจก่อนบินและฝึกตามลำดับ 62
ใบงาน D7 วิเคราะห์ปัญหาอย่างมีหลักฐาน 63
เฉลย แนวให้คะแนน และการประเมิน 64
11.1 เฉลยใบงาน EV 64
11.2 เฉลยใบงาน Drone 64
11.3 แนวเฉลย D7 65
11.4 รูบริกกลางสำหรับประเมินผลงาน 65
ภาคผนวก ก รายการสื่อต้นทางที่ใช้เรียบเรียง 67
ภาคผนวก ข อภิธานศัพท์ 68

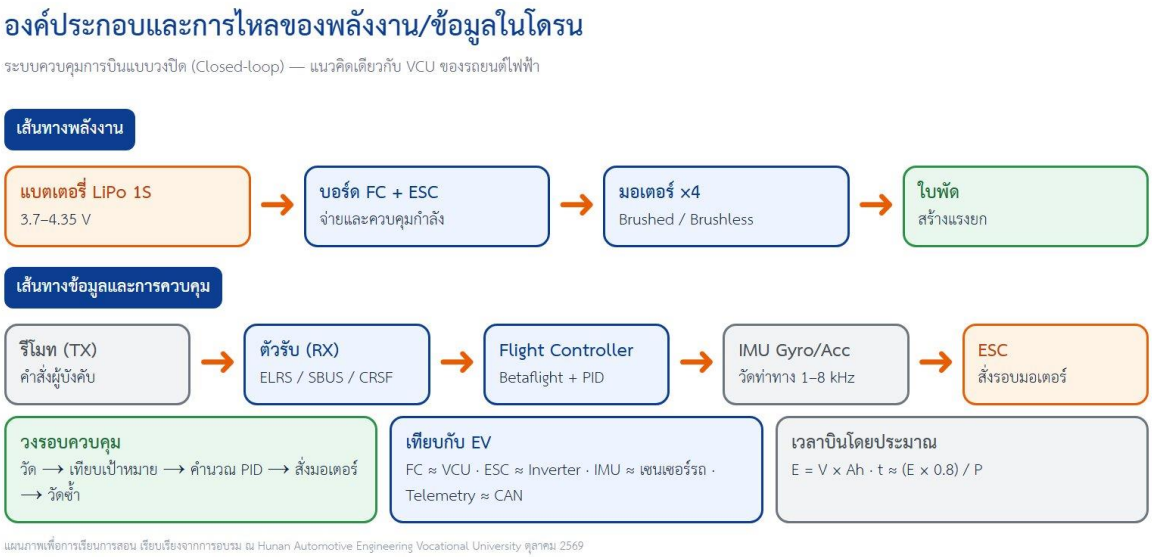
ภาคผนวก ค แหล่งอ้างอิงเพื่อทวนสอบ 69

แผนที่การเรียนรู้: เรียนอะไร ที่ไหน

การอบรมจัดแบบ “ทฤษฎีควบคู่การปฏิบัติ” ณ ฐานฝึกที่มหาวิทยาลัยร่วมจัดกับสถานประกอบการ ตารางต่อไปนี้แสดงความเชื่อมโยงระหว่างฐานการเรียน หัวข้อ บทในเล่ม และสื่อต้นทางที่ใช้เรียบเรียง

ตารางที่ 1 ฐานการเรียนและบทในเล่ม

วันที่	ฐานการเรียน / วิทยากร	หัวข้อหลัก	บท	สื่อต้นทาง
20–21 ต.ค.	ฐาน ASEP / เผิง จิ้น	ภาพรวม NEV ไฮบริด ชิ้นส่วนไฟฟ้าแรงสูง	1	day2, DAY1 Infographics, PPT Hybrid
21–22 ต.ค.	ฐาน Li Auto / เฉิน เยี่ยนหลุน	รถ REEV ห้องโดยสารอัจฉริยะ การบำรุงรักษา แชสซี	2	day2-2, EV/REEV Summary, REEV PPT
23 ต.ค. เช้า	ฐาน Li Auto / เฉิน เยี่ยนหลุน	ความปลอดภัยไฟฟ้าแรงสูง ตรรกะ VCU	3	day3 Infographic, HV Components PPT
23 ต.ค. บ่าย	ฐาน BMW / หลี่ หรง	ECU และ CAN Bus	4	ECU/CAN Guide + Infographic 6 หน้า
24, 26 ต.ค.	ฐาน BMW, Li Auto	แบตเตอรี่ BMS BDU Pre-charge	5	Precharge Notes, day7 Battery Pack
24 ต.ค.	ฐาน BMW / หลี่ หรง	เครื่องชาร์จและการชาร์จ AC/DC	6	AC/DC Charging Guide, PPT การชาร์จ
25–26 ต.ค.	ฐาน CRRC / หลิว เต้า กวาน	BYD Qin EV จ่ายไฟ Simulink วินิจฉัย อิเล็กทรอนิกส์กำลัง	7	PPT วิศวกรรม NEV, ผังวงจร Qin EV
26–28 ต.ค.	วิทยาลัยการบิน / ถัง อี้, เหอ ซูโป้	ระบบโดรน ประกอบ ตั้งค่า Betaflight บิน	8	ภาพสไลด์และวิดีโออบรม Drone
ทุกฐาน	สังเคราะห์	DNA ร่วม EV × Drone และการสอน IT/IoT/AI	9	day3 Report, EV–Drone Infographics



ภาพที่ 1 ภาพรวมแนวคิดที่ใช้ร้อยเรียงทั้งเล่ม: พลังงาน – ภาคกำลัง – ข้อมูล – การควบคุม

บทที่ 1 ภาพรวมยานยนต์พลังงานใหม่และระบบไฮบริด

ฐานการเรียน: ศูนย์ฝึก ASEP (Automotive Service Educational Program) | 20–21 ตุลาคม 2569 | วิทยากร อาจารย์เผิง จิ้น

1.1 ยานยนต์พลังงานใหม่ (NEV) คืออะไร

ยานยนต์พลังงานใหม่ (New Energy Vehicle: NEV) หมายถึงรถยนต์ที่แหล่งพลังงานขับเคลื่อนไม่ได้พึ่งพาเครื่องยนต์สันดาปภายในเพียงอย่างเดียว ครอบคลุมรถยนต์ไฮบริดแบบเสียบปลั๊ก (PHEV) รถยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ (BEV) รถยนต์ไฟฟ้าแบบขยายระยะทาง (REEV/EREV) และรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง (FCEV) ในขณะที่รถไฮบริดทั่วไป (HEV) ซึ่งชาร์จจากภายนอกไม่ได้ มักถูกจัดเป็นรถประหยัดพลังงาน

ตารางที่ 2 การจำแนกยานยนต์ตามแหล่งพลังงาน

ประเภท	มีเครื่องยนต์	ชาร์จจากปลั๊ก	ลักษณะการขับเคลื่อน
HEV	มี	ไม่ได้	เครื่องยนต์ร่วมกับมอเตอร์ แบตเตอรี่รับพลังงานจากเครื่องยนต์และการเบรก
PHEV	มี	ได้	แบตเตอรี่ใหญ่ขึ้น วิ่งไฟฟ้าล้วนได้ระยะหนึ่งก่อนใช้เครื่องยนต์
REEV	มี (ใช้ปั่นไฟ)	ได้	มอเตอร์ขับล้อเสมอ เครื่องยนต์ทำหน้าที่ผลิตไฟฟ้าขยายระยะทาง
BEV	ไม่มี	ได้	ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขับเคลื่อนทั้งหมด

1.2 สถานการณ์อุตสาหกรรมของจีน

สไลด์ NEV Development Status นำเสนอการขยายตัวของการส่งออกรถยนต์จีน และความสำเร็จของ BYD ATTO 3 ในตลาดต่างประเทศ รวมถึงประเทศไทย ผู้เรียบเรียงได้ตรวจสอบตัวเลขกับสถิติของสมาคมผู้ผลิตรถยนต์จีน (CAAM) เพื่อใช้สอนอย่างถูกต้อง ดังตาราง

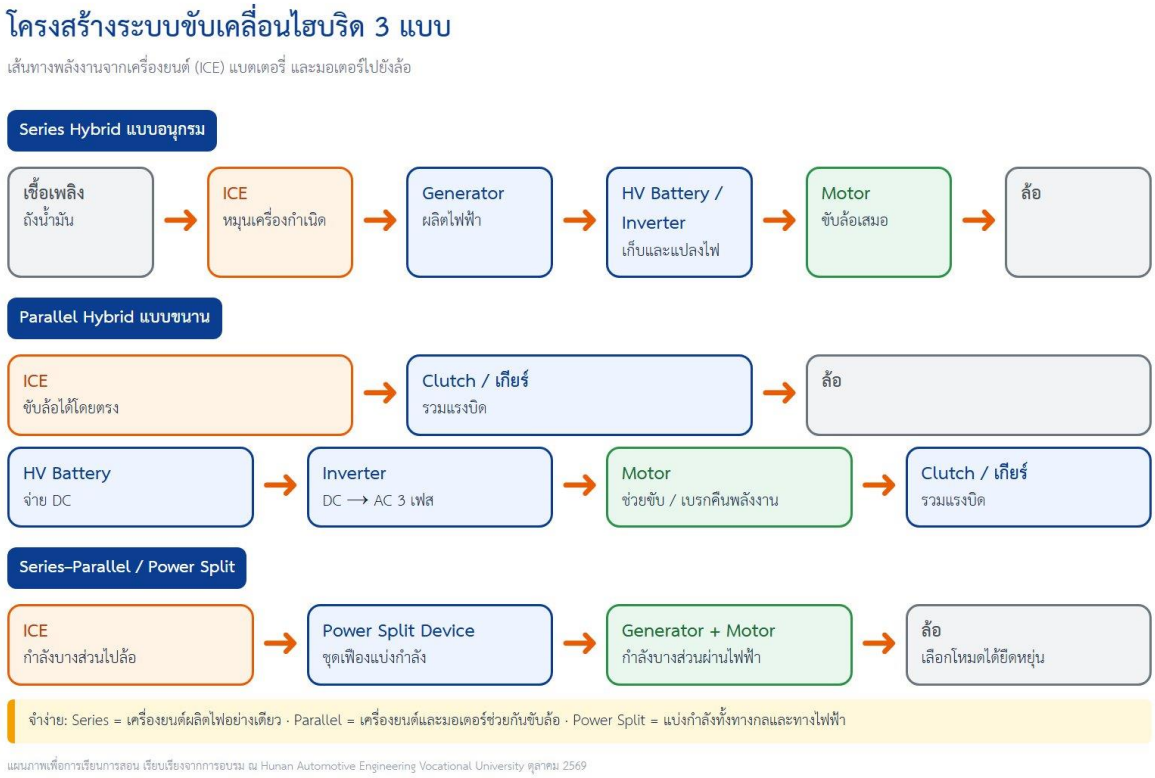
ตารางที่ 3 สถิติการส่งออกรถยนต์ของจีน (ที่มา: CAAM)

ปี	การส่งออกรถยนต์ของจีน	อัตราการเติบโต
2022	3.111 ล้านคัน	+54.4%
2023	4.910 ล้านคัน	+57.9%
2024	5.859 ล้านคัน	+19.3%

1.3 โครงสร้างระบบไฮบริด

คำว่า Hybrid หมายถึงการผสมแหล่งกำลังมากกว่าหนึ่งแบบ โครงสร้างหลักมี 3 แบบ ได้แก่ แบบอนุกรม (Series) ที่เครื่องยนต์ทำหน้าที่ปั่นไฟอย่างเดียวและมอเตอร์ขับล้อเสมอ แบบขนาน (Parallel) ที่

เครื่องยนต์และมอเตอร์ส่งแรงบิดไปที่ล้อแยกหรือร่วมกันได้ และแบบผสมหรือแบ่งกำลัง (Series–Parallel / Power Split) ที่กำลังบางส่วนไปทางกลและบางส่วนผ่านระบบไฟฟ้า การเลือกโครงสร้างเป็นการออกแบบให้เหมาะกับการใช้งาน ไม่ใช่ว่าแบบใดดีที่สุดในทุกกรณี



ภาพที่ 2 โครงสร้างระบบขับเคลื่อนไฮบริด 3 แบบ

1.4 อุปกรณ์หลักและหน้าที่

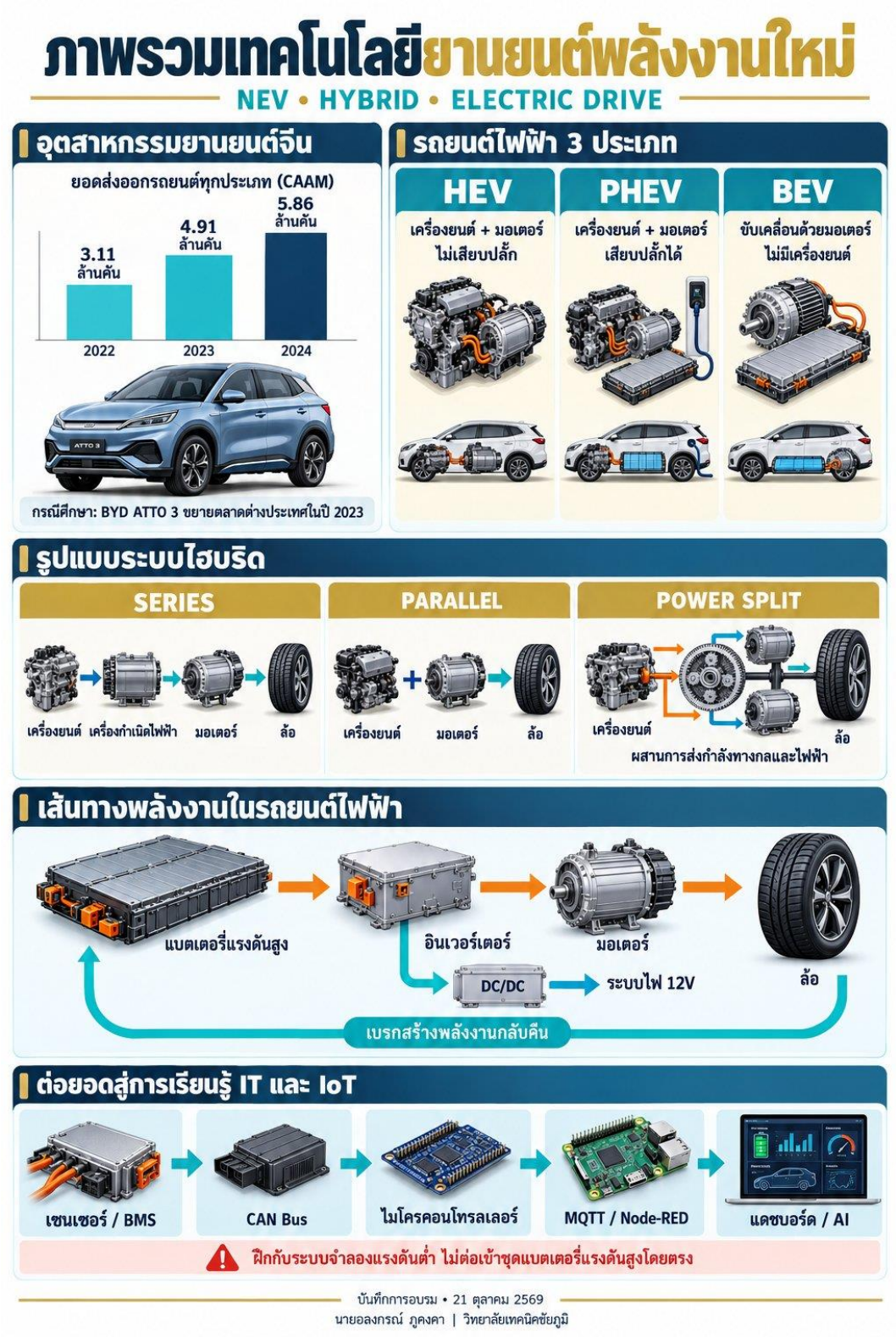
ตารางที่ 4 อุปกรณ์หลักในระบบไฮบริดและไฟฟ้า

อุปกรณ์	หน้าที่ทางเทคนิค
Motor/Generator	เป็นมอเตอร์ขับล้อ และเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเบรกเพื่อเก็บพลังงานคืน (Regenerative Braking)
HV Battery	เก็บพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงสำหรับการขับเคลื่อน
Inverter	แปลง DC เป็น AC สามเฟสเพื่อควบคุมความเร็วและแรงบิดมอเตอร์ และแปลงกลับเมื่อรับพลังงานคืน
DC/DC Converter	ลดแรงดัน DC สูงลงสำหรับระบบ 12 V และชาร์จแบตเตอรี่แรงดันต่ำ (ไม่ใช่หน้าที่ของ Motor/Generator)
OBC / ระบบชาร์จ	แปลงไฟ AC จากภายนอกเป็น DC เพื่อชาร์จแบตเตอรี่ (PHEV/BEV)
Clutch Coupling	ตัดหรือต่อแรงบิดจากเครื่องยนต์เข้าสู่ระบบส่งกำลัง

ในโหมดไฟฟ้าล้วน พลังงานไหลจาก HV Battery ⟶ Inverter ⟶ Motor ⟶ เกียร์ ⟶ เพลาขับ ⟶ เฟืองท้าย ⟶ ล้อ ส่วนขณะชะลอความเร็ว มอเตอร์ทำหน้าที่เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ส่งพลังงานกลับผ่าน Inverter เข้าสู่แบตเตอรี่ ข้อควรเน้นกับผู้เรียนคือ “Series” ในบริบทไฮบริดหมายถึงการต่อเส้นทางกำลังแบบอนุกรม ไม่ใช่การสื่อสารแบบอนุกรม (Serial Communication)

ประเด็นสำหรับครู IT

1. จำลองการเลือกโหมด Motor/Generator ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์และมอเตอร์แรงดันต่ำ
2. ส่งค่าแรงดัน กระแส อุณหภูมิ และสถานะแบตเตอรี่จำลองผ่าน MQTT ไปแสดงบน Node-RED Dashboard
3. ห้ามเชื่อมต่อวงจรทดลองเข้ากับแบตเตอรี่แรงดันสูงของรถจริงทุกกรณี



ภาพที่ 3 อินโฟกราฟิกภาพรวมเทคโนโลยียานยนต์พลังงานใหม่ (จัดทำจากบันทึกวันที่ 21 ต.ค.)



ภาพที่ 4 อินโฟกราฟิก DAY 1: รู้จักยานยนต์พลังงานใหม่และระดับการใช้ไฟฟ้า



ภาพที่ 5 อินโฟกราฟิก DAY 1: องค์ประกอบหลัก 6 ส่วนของรถยนต์ไฟฟ้า BEV



ภาพที่ 6 อินโฟกราฟิก DAY 1: จากยานยนต์ไฟฟ้าสู่ IT และ IoT

ที่มาของเนื้อหา: บันทึกการอบรม day2 (21 ต.ค. 2569), DAY1 NEV Public Infographics, สไลด์ Hybrid and Electric Drive / Hybrid Systems / Categories (Full, Mild Hybrid), สถิติ CAAM

บทที่ 2 รถยนต์ไฟฟ้าขยายระยะทาง (REEV) และฟังก์ชันรถทั้งคัน

ฐานการเรียน: ศูนย์ฝึกบุคลากรบริการหลังการขาย Li Auto | 21–22 ตุลาคม 2569 | วิทยากร อาจารย์เผิง จิ้น และอาจารย์เฉิน เยี่ยนหลุน

2.1 แนวคิด Range-Extended Electric Vehicle

รถยนต์ REEV ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขับล้อตลอดเวลา โดยมีแบตเตอรี่ขนาดใหญ่ชาร์จจากภายนอกได้ และมีเครื่องยนต์ขนาดเล็กทำหน้าที่ปั่นไฟฟ้าเมื่อพลังงานในแบตเตอรี่ลดลง จึงให้ความรู้สึกขับขี่แบบรถไฟฟ้าแต่ลดความกังวลเรื่องระยะทาง เอกสารฝึกอบรม Range-Extended Electric Vehicle – Product Training อธิบายโครงสร้างระบบ การแบ่งระบบแรงดันต่ำและแรงดันสูง ระบบเซนเซอร์ช่วยขับ และส่วนติดต่อผู้ใช้แบบหลายจอ

2.2 รถยนต์อัจฉริยะคือระบบรับ–ประมวล–ส่งออกข้อมูล

จากการเรียนรู้ฟังก์ชันรถทั้งคันบนรถจริง ผู้เรียบเรียงสรุปว่ารถยนต์อัจฉริยะทำงานเป็นระบบ Input ⟶ Control ⟶ Output ทุกฟังก์ชัน เช่น กุญแจอัจฉริยะ การจดจำเบาะ ระบบปรับอากาศ จอภาพ และระบบช่วยขับ ล้วนรับข้อมูลจากผู้ใช้หรือเซนเซอร์ ประมวลผลโดยหน่วยควบคุม และสั่งงานอุปกรณ์ปลายทาง สถานะของรถเปลี่ยนเป็นลำดับ เช่น LOCKED ⟶ ACCESSORY ⟶ READY ⟶ PARK ซึ่งเป็นตัวอย่าง State Machine ที่นำไปสอนการเขียนโปรแกรมได้โดยตรง

ตารางที่ 5 สาระจากการเรียนรู้รถ REEV ทั้งคัน

หัวข้อ	สาระสำคัญ
ระบบเข้าถึงรถ	กุญแจอัจฉริยะ ปลดล็อกเมื่อเข้าใกล้ ล็อกเมื่อเดินออก การจดจำตำแหน่งเบาะและกระจก
การเปิด–ปิดระบบขับเคลื่อน	Power On เมื่อเปิดประตู ⟶ เหยียบเบรกเพื่อเข้าสถานะ READY ⟶ ระบบปิดเองเมื่อจอดเกียร์ P และผู้ขับลุกออก ⟶ Full Power Off
ระบบช่วยขับ ADAS	เซนเซอร์อัลตราโซนิก 12 ตัว เรดาร์คลื่นมิลลิเมตร 5 ตัว กล้องหน้า 1 ตัว และกล้องรอบคัน 4 ตัว ทำงานร่วมกันแบบ Sensor Fusion เช่น ACC, LKA, LCA
ระบบจอภาพ 4 จอ	เรือนไมล์ดิจิทัล จอกลาง จอความบันเทิงผู้โดยสาร และจอควบคุมฟังก์ชันรถ ตัวอย่างการออกแบบ HMI
พลังงานและการชาร์จ	โหมดพลังงาน การรักษาระดับ SOC การเบรกคืนพลังงาน และระบบจัดการความร้อน



ภาพที่ 7 ศูนย์ฝึก Li Auto



ภาพที่ 8 ศึกษาระบบใต้ท้องรถบนลิฟต์ยก



ภาพที่ 9 อินโฟกราฟิก EV/REEV: ภาพรวมระบบยานยนต์ EV และ REEV



ภาพที่ 10 อินโฟกราฟิก EV/REEV: ระบบควบคุมและสถานะของรถ (State Transition)



ภาพที่ 11 อินโฟกราฟิก EV/REEV: ADAS และการรวมข้อมูลเซนเซอร์



ภาพที่ 12 อินโฟกราฟิก EV/REEV: การประยุกต์ EV สู่ IT IoT และ AI

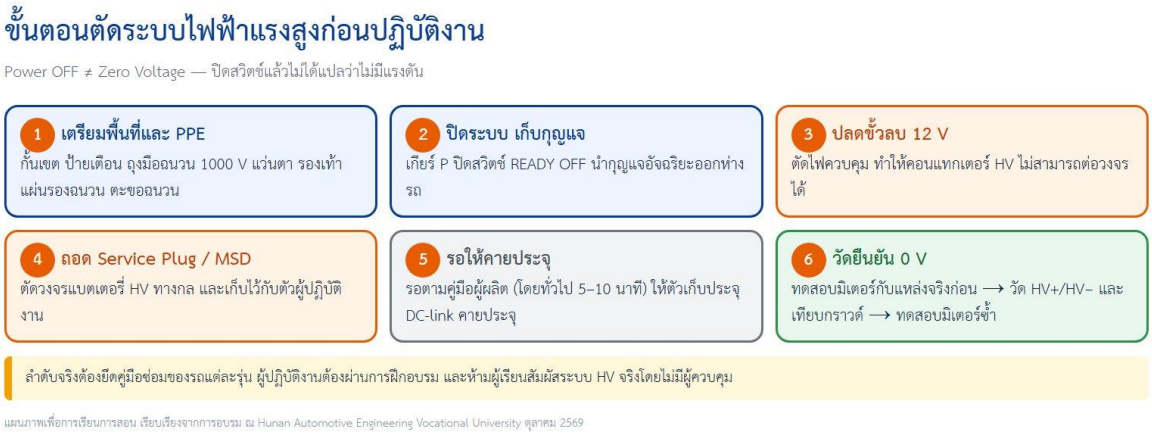
ที่มาของเนื้อหา: บันทึกการอบรม day2-2 (22 ต.ค. 2569), EV/REEV Complete Training Summary, EV/REEV Real Photos Infographics, สไลด์ Range-Extended Electric Vehicle – Product Training

บทที่ 3 ความปลอดภัยไฟฟ้าแรงสูง

ฐานการเรียน: พื้นที่ฝึกปฏิบัติกับรถจริง ฐาน Li Auto | 23 ตุลาคม 2569 ภาคเช้า | วิทยากร อาจารย์เฉิน เยี่ยนหลุน

3.1 หลักคิด “Power OFF ≠ Zero Voltage”

ระบบไฟฟ้าแรงสูงของรถยนต์ไฟฟ้ามีแรงดันหลายร้อยโวลต์ และตัวเก็บประจุ DC-link ภายในอินเวอร์เตอร์ยังคงเก็บประจุได้หลังปิดสวิตช์ การปิดระบบจึงไม่ได้แปลว่าไม่มีแรงดัน ผู้ปฏิบัติงานต้องตัดวงจรตามลำดับและวัดยืนยันทุกครั้ง สายไฟแรงสูงมีสีส้ม และชิ้นส่วนแรงดันสูงหลัก ได้แก่ แบตเตอรี่ขับเคลื่อน อินเวอร์เตอร์และมอเตอร์ OBC DC/DC คอมเพรสเซอร์ไฟฟ้า และฮีตเตอร์ PTC



ภาพที่ 13 ขั้นตอนตัดระบบไฟฟ้าแรงสูงก่อนปฏิบัติงาน

3.2 อุปกรณ์ป้องกันและการปฐมพยาบาล

ตารางที่ 6 อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลสำหรับงานไฟฟ้าแรงสูง

อุปกรณ์	ข้อกำหนด/วิธีใช้
ถุงมือฉนวน	พิกัดไม่น้อยกว่า 1000 V ตรวจรอยรั่วด้วยการม้วนอัดลมก่อนใช้ทุกครั้ง สวมถุงมือหนังทับเมื่อจับชิ้นงานคม
แว่นตา/หน้ากากนิรภัย	ป้องกันประกายอาร์กและสารเคมีจากแบตเตอรี่
แผ่นรองฉนวน	ปูบริเวณที่ยืนปฏิบัติงาน ลดเส้นทางกระแสผ่านร่างกาย
ตะขอฉนวน (Rescue Hook)	ใช้ดึงผู้ถูกไฟฟ้าดูดออกจากแหล่งไฟโดยไม่สัมผัสตัวโดยตรง
เครื่องมือหุ้มฉนวน / มัลติมิเตอร์ CAT III	ใช้วัดยืนยันแรงดันศูนย์ ทดสอบมิเตอร์กับแหล่งจริงก่อนและหลังการวัด

ตรรกะการควบคุมรถทั้งคันที่เรียนในช่วงเดียวกัน คือ ตัวควบคุมรถ (VCU) รับคำสั่งจากคันเร่ง เบรก และตำแหน่งเกียร์ ตรวจสถานะจาก BMS และตัวควบคุมมอเตอร์ แล้วคำนวณแรงบิดที่ร้องขอและกระจายแรงบิด รวมทั้งควบคุมลำดับเวลาการจ่ายไฟและตัดไฟแรงสูงให้ปลอดภัย



ภาพที่ 14 อินโฟกราฟิกสรุปการอบรมช่วงเช้า 23 ต.ค.: High Voltage Safety



ภาพที่ 15 อินโฟกราฟิก EV/REEV: ความปลอดภัยระบบไฟฟ้าแรงสูง

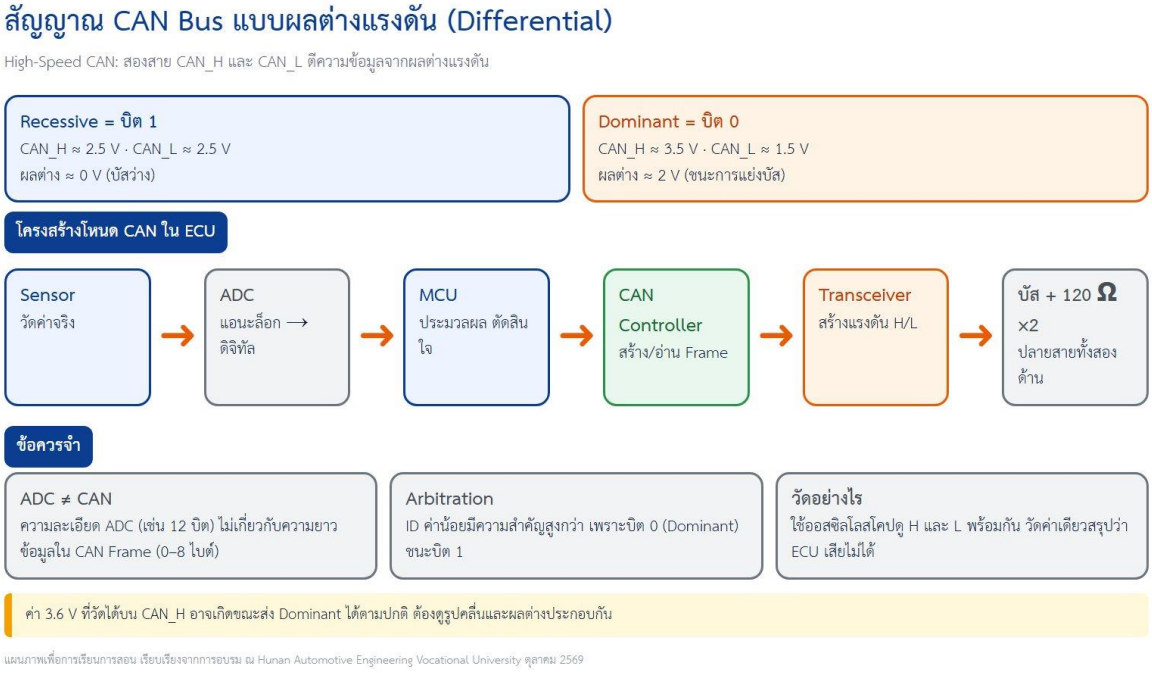
ที่มาของเนื้อหา: Infographic High Voltage Safety (23 ต.ค. 2569), สไลด์ High Voltage Components, EV/REEV Summary ส่วนที่ 4 กระบวนการตัดระบบไฟฟ้าแรงสูง

บทที่ 4 ECU และการสื่อสาร CAN Bus

ฐานการเรียน: ห้อง 102 ฐาน BMW | 23 ตุลาคม 2569 ภาคบ่าย | วิทยากร อาจารย์หลี่ หรง

4.1 ECU และเครือข่ายในรถยนต์

ECU (Electronic Control Unit) ประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจรรับสัญญาณ วงจรขับและส่วนเชื่อมต่อเครือข่าย ข้อมูลจากเซนเซอร์แอนะล็อกต้องผ่าน ADC ก่อนประมวลผล จากนั้นส่งต่อระหว่าง ECU ผ่าน CAN Controller และ CAN Transceiver โดยใช้แรงดันต่างศักย์ของสองสาย การเรียนใช้ผังไฟฟ้ารถยนต์ BMW 5 Series GT (กล่อง DME รหัส A46) เป็นกรณีศึกษา ซึ่งมีทั้ง PT-CAN, PT-CAN2 และ FlexRay



ภาพที่ 16 สัญญาณ CAN Bus แบบผลต่างแรงดันและโครงสร้างโหนด

4.2 การอ่านผังไฟฟ้าและรหัสสีสาย

ตารางที่ 7 ตัวอย่างสัญญาณจากผัง DME (BMW)

สัญญาณ	รหัสสี	ความหมาย
15WUP	GN/RT	สัญญาณปลุกระบบ (Wake-up)
PT_CAN_H / PT_CAN_L	BL/RT / –	Powertrain CAN High / Low
PT_CAN2H / PT_CAN2L	WS/GE / WS/BL	CAN ช่องที่ 2
FR_BP_1 / FR_BM_1	0.35 mm²	FlexRay Plus / Minus

รหัสสีสายของ BMW อิงภาษาเยอรมัน เช่น BL น้ำเงิน RT แดง WS ขาว GE เหลือง GN เขียว SW ดำ BR น้ำตาล RS ชมพู VI ม่วง ดังนั้น BL/RT คือสายน้ำเงินคาดแดง ข้อสรุปสำคัญคือค่า CAN_H ประมาณ 3.6 V อาจเกิดขึ้นได้ตามปกติขณะส่งบิต Dominant แต่ไม่เพียงพอที่จะยืนยันว่า ECU ปกติหรือเสีย และไม่

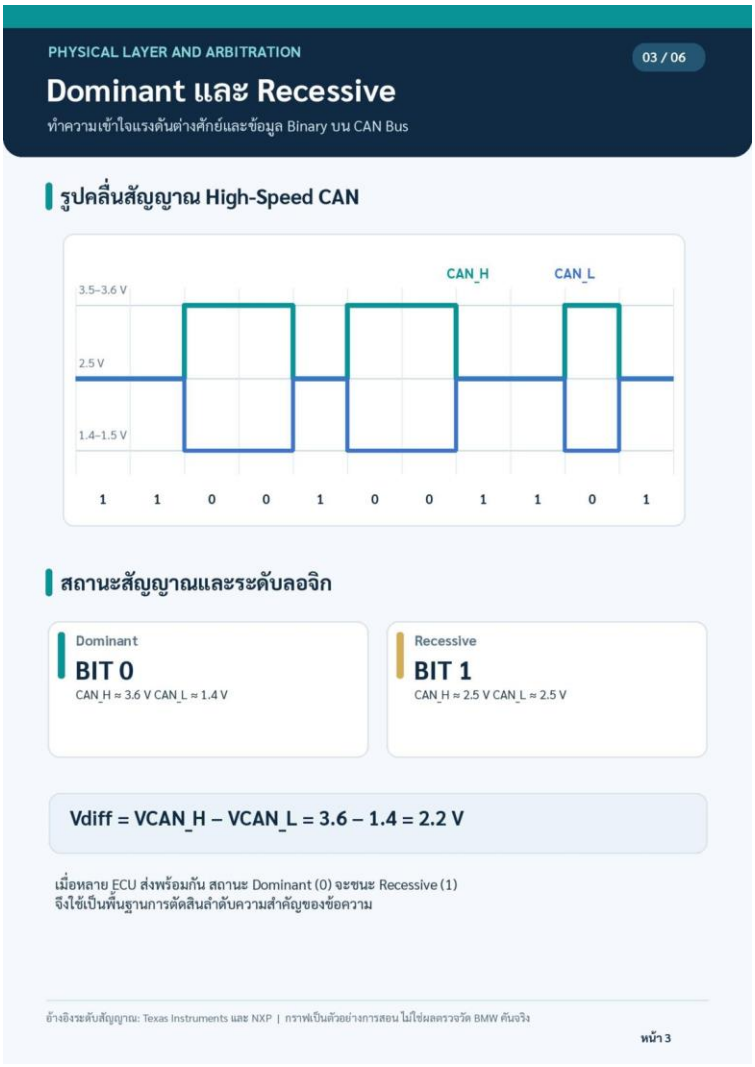
สามารถใช้บอกจำนวนบิตของ ADC ได้ ต้องดูรูปคลื่นของทั้งสองสายด้วยออสซิลโลสโคป และตรวจความต้านทานปลายสาย (ประมาณ 60 Ω เมื่อวัดคร่อม H–L ขณะปิดระบบ)

การวิเคราะห์ข้อขัดข้องอย่างเป็นระบบ

1. ตรวจไฟเลี้ยงและกราวด์ของ ECU ก่อนสรุปว่าเครือข่ายเสีย
2. วัดความต้านทานคร่อม CAN_H–CAN_L (ปกติประมาณ 60 Ω จากตัวต้านทานปลายสาย 120 Ω สองตัว)
3. ดูรูปคลื่นด้วยออสซิลโลสโคปสองช่องพร้อมกัน สังเกตความสมมาตรและสัญญาณรบกวน
4. ใช้เครื่องมือวินิจฉัยอ่านรหัสข้อขัดข้อง (DTC) แล้วยืนยันด้วยการวัดจริง



ภาพที่ 17 อินโฟกราฟิก ECU/CAN: ECU และเครือข่ายข้อมูลยานยนต์



ภาพที่ 18 อินโฟกราฟิก ECU/CAN: Dominant และ Recessive



ภาพที่ 19 อินโฟกราฟิก ECU/CAN: วิเคราะห์แรงดัน 3.6 V



ภาพที่ 20 อินโฟกราฟิก ECU/CAN: CAN Bit กับ ADC ต่างกัน

ที่มาของเนื้อหา: ECU CAN Bus Teaching Guide (ไทย) และ ECU CAN Infographic 6 หน้า (day4–day5), ภาพผังไฟฟ้า BMW จากการอบรม

บทที่ 5 แบตเตอรี่ขับเคลื่อน BMS และ Pre-charge

ฐานการเรียน: ฐาน BMW (24 ต.ค. แบตเตอรี่ G38/F49 ด้วย VR) และฐาน Li Auto (26 ต.ค. การซ่อมแบตเตอรี่) | วิทยากร อาจารย์หลี่ หรง และอาจารย์หลิว เต้ากวาน

5.1 จากเซลล์สู่แบตเตอรี่แพ็ก

แบตเตอรี่ขับเคลื่อนจัดโครงสร้างเป็นลำดับ Cell ⟶ Module ⟶ Pack เซลล์ต่ออนุกรมเพื่อเพิ่มแรงดันและต่อขนานเพื่อเพิ่มความจุ ตัวอย่างการสอน: เซลล์ 3.7 V 2 Ah จัดแบบ 4S2P ได้ 14.8 V 4 Ah พลังงานประมาณ 59.2 Wh ภายในแพ็กมีบัสบาร์ ตัวเรือนและซีลกันน้ำ ระบบหล่อเย็นด้วยของเหลว หน่วยตรวจวัดเซลล์ (CMU) ระบบจัดการแบตเตอรี่ (BMS) และชุดตัดต่อแบตเตอรี่ (BDU) ซึ่งรวมคอนแทกเตอร์ ฟิวส์ และวงจร Pre-charge

ตารางที่ 8 สถาปัตยกรรมแบตเตอรี่ 4 ชั้น

ชั้นหน้าที่	ส่วนประกอบหลัก	หน้าที่สำคัญ
Energy Storage	Cell, Module, Pack	เก็บพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง
Monitoring & Control	CMU, BMS, Sensors, CAN	วัดแรงดัน กระแส อุณหภูมิ ประเมิน SOC/SOH ตัดสินใจตามเงื่อนไข
Power Switching & Protection	BDU, Contactor, Fuse, Pre-charge, HVIL	ต่อ–ตัดวงจรแรงสูงอย่างปลอดภัย ป้องกันกระแสเกินและการเปิดฝาขณะมีไฟ
Thermal Management	แผ่นหล่อเย็น ท่อ ปั๊ม เซนเซอร์อุณหภูมิ	รักษาอุณหภูมิเซลล์ให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม

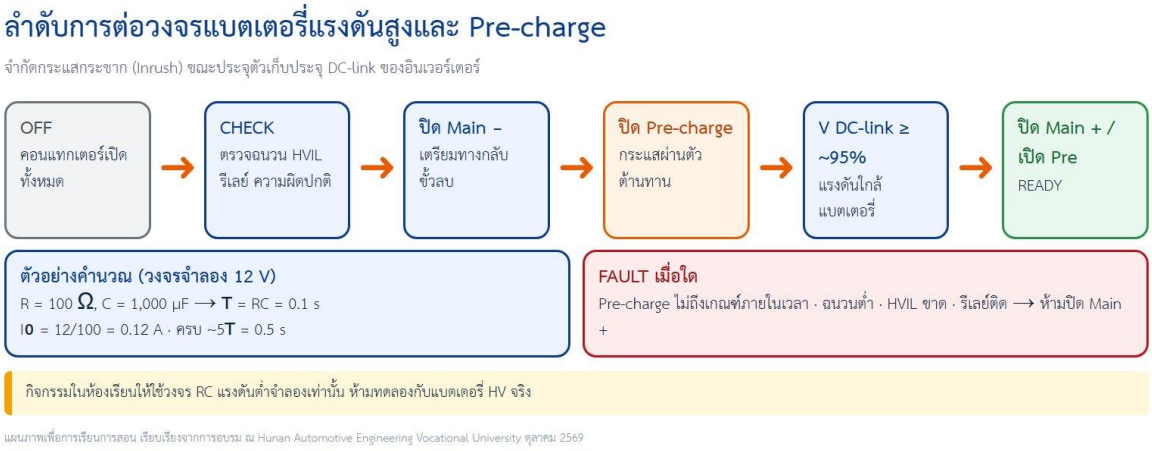
5.2 หน้าที่ของ BMS

1. **ตรวจวัด:** แรงดันแต่ละเซลล์ กระแสรวม และอุณหภูมิหลายจุด
2. **ประเมินสถานะ:** SOC (ประจุคงเหลือ) SOH (สุขภาพ) และกำลังที่จ่าย/รับได้ (SOP)
3. **ปรับสมดุลเซลล์:** ให้แรงดันเซลล์ใกล้เคียงกัน แบบ Passive หรือ Active
4. **ป้องกัน:** แรงดันเกิน/ต่ำ กระแสเกิน อุณหภูมิผิดปกติ ความต้านทานฉนวนต่ำ
5. **ควบคุม:** สั่งคอนแทกเตอร์และลำดับ Pre-charge ร่วมกับ VCU
6. **สื่อสาร:** รายงานข้อมูลผ่าน CAN ไปยัง VCU เครื่องชาร์จ และหน้าปัด

5.3 วงจร Pre-charge

วงจรประกอบด้วยคอนแทกเตอร์หลักขั้วบวก (Main Positive) คอนแทกเตอร์หลักขั้วลบ (Main Negative) และคอนแทกเตอร์ Pre-charge ที่ต่ออนุกรมกับตัวต้านทาน ทั้งกิ่ง Pre-charge ต่อขนานกับ Main Positive เมื่อตัวเก็บประจุ DC-link ยังไม่มีประจุ หากปิด Main Contactor ทันทีจะเกิดกระแสกระชาก (Inrush)

สูง ทำให้หน้าสัมผัสอาร์กหรือหลอมติด ระบบจึงปล่อยกระแสผ่านตัวต้านทานก่อน เมื่อแรงดัน DC-link ใกล้แรงดันแบตเตอรี่ (โดยทั่วไปราว 90–95%) จึงปิด Main Positive และเปิด Pre-charge ตามลำดับ



ภาพที่ 21 ลำดับการต่อวงจรแบตเตอรี่และ Pre-charge

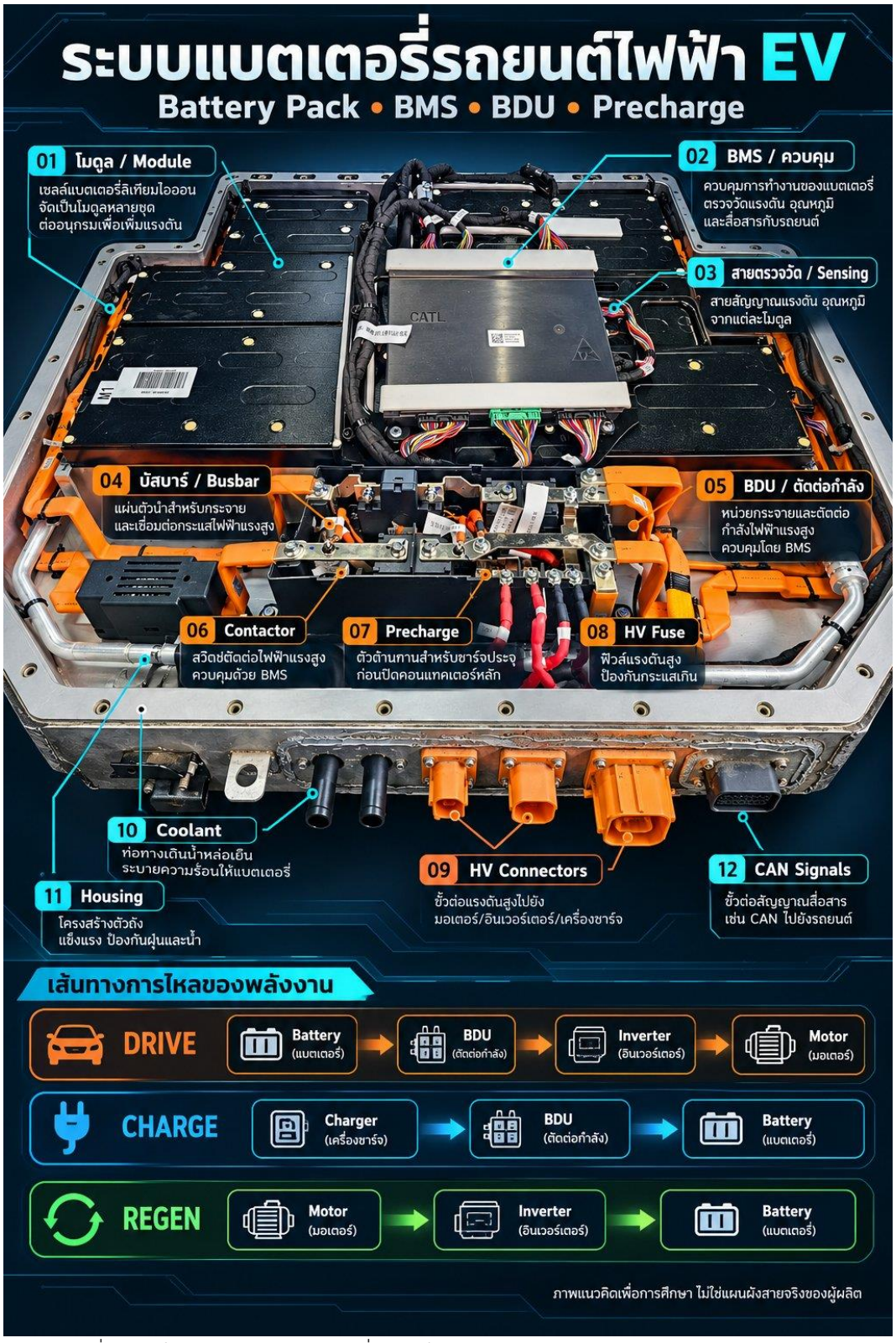
ตัวอย่างวงจรจำลองสำหรับห้องเรียน: แหล่งจ่าย 12 V ตัวต้านทาน 100 Ω ตัวเก็บประจุ 1,000 μF ได้ค่าคงตัวเวลา τ = RC = 0.1 วินาที กระแสเริ่มต้น I_0 = 12/100 = 0.12 A และแรงดันตัวเก็บประจุ Vc(t) = 12(1 − e^(−t/τ)) ซึ่งถึงประมาณ 95% ที่ 3τ (0.3 วินาที) ผู้เรียนสามารถเขียนโปรแกรมบันทึกค่า Vc แล้วเทียบกับทฤษฎีได้



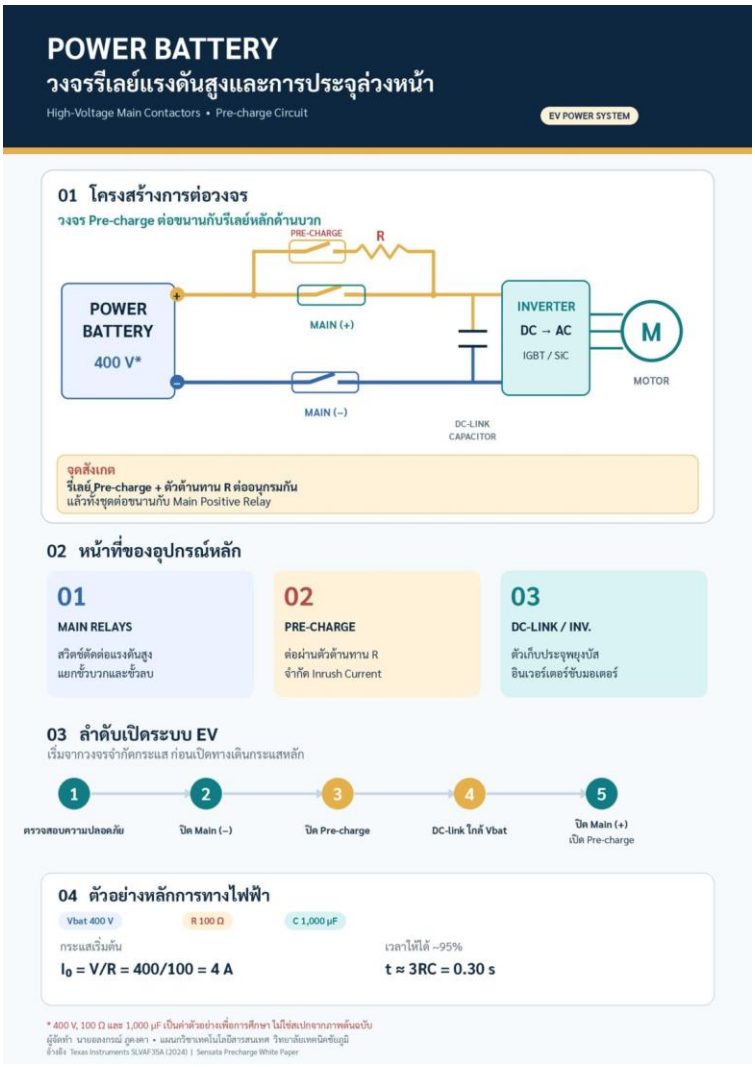
ภาพที่ 22 ถอดประกอบแบตเตอรี่แพ็ก ฐาน BMW



ภาพที่ 23 ทดสอบความต้านทานฉนวน



ภาพที่ 24 อินโฟกราฟิกระบบแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า: Battery Pack • BMS • BDU • Pre-charge



ภาพที่ 25 อินโฟกราฟิกวงจร Power Battery และ Pre-charge

สื่อเสริม: โปรแกรมจำลองแบบโต้ตอบ (ev-battery-interactive-offline.html) แสดงโหมด OFF, PRECHARGE, DRIVE/READY, DC CHARGE, REGEN และ FAULT เปิดใช้ได้แบบออฟไลน์ในเว็บไซต์เผยแพร่

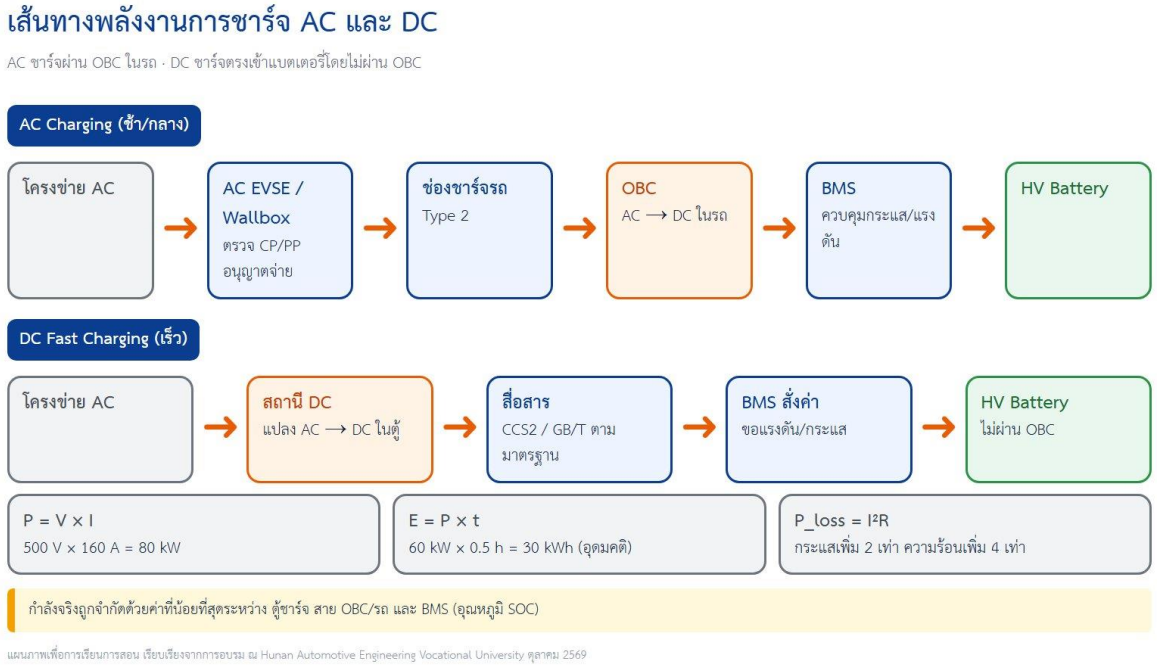
ที่มาของเนื้อหา: EV Power Battery Precharge Teaching Notes และ Infographic (day4), EV Battery Pack Complete Teaching Guide และ Interactive HTML (day7), สไลด์ Components – HV Battery

บทที่ 6 ระบบการชาร์จ AC และ DC

ฐานการเรียน: ห้อง 102 ฐาน BMW (การใช้งานเครื่องชาร์จไฟฟ้าแรงสูง) | 24 ตุลาคม 2569 | ประกอบกับสไลด์ “พัฒนาการและหลักการเทคโนโลยีการชาร์จยานยนต์พลังงานใหม่”

6.1 เส้นทางพลังงาน

การชาร์จแบบ AC ใช้เครื่องชาร์จในรถ (OBC) แปลงไฟกระแสสลับเป็นกระแสตรง กำลังจึงถูกจำกัดด้วยพิกัด OBC เช่น 6.6–11 kW ส่วนการชาร์จเร็วแบบ DC แปลงไฟภายในตู้ชาร์จแล้วส่งไฟกระแสตรงเข้าแบตเตอรี่โดยตรงโดยไม่ผ่าน OBC ตู้และรถต้องสื่อสารกันตลอดเวลา (เช่น CCS2 ใช้ PLC, GB/T ใช้ CAN) โดย BMS เป็นผู้ร้องขอแรงดันและกระแสตามสภาพแบตเตอรี่



ภาพที่ 26 เส้นทางพลังงานการชาร์จ AC และ DC

6.2 ข้อจำกัดของการชาร์จเร็ว

1. **อัตราการรับประจุของแบตเตอรี่ (C-rate):** ค่า 1–2C เป็นตัวอย่าง ขึ้นกับเคมีเซลล์ อุณหภูมิ และ SOC
2. **ความร้อนในสายและจุดต่อ:** การสูญเสีย I^2R เพิ่มตามกำลังสองของกระแส สายกระแสสูงจึงต้องระบายความร้อน
3. **ความเชื่อถือได้ของการสื่อสาร:** หากข้อมูลขาดหาย ระบบต้องหยุดจ่ายไฟเพื่อความปลอดภัย
4. **กำลังหน้าตู้ไม่ใช่กำลังชาร์จจริง:** ค่าจริงคือค่าต่ำสุดระหว่างตู้ สาย รถ และ BMS

ตารางที่ 9 โจทย์คำนวณการชาร์จพร้อมแนวคำตอบ

โจทย์	วิธีคิด	คำตอบ

โจทย์	วิธีคิด	คำตอบ
AC EVSE 22 kW แต่ OBC 6.6 kW	ถูกจำกัดด้วยอุปกรณ์ที่พิกัดต่ำกว่า	≈ 6.6 kW
ตู้ DC 500 V × 160 A	$P = V \times I$	80 kW
สาย R = 0.005 Ω, I = 100 A และ 200 A	$P = I^2R$	50 W และ 200 W (เพิ่ม 4 เท่า)
ชาร์จคงที่ 60 kW นาน 30 นาที	$E = P \times t$	30 kWh (อุดมคติ)
ตัวเลขบนกระดาน 1000 A × 3.2 V	$P = V \times I$	3.2 kW (ระดับเซลล์)

ที่มาของเนื้อหา: EV AC/DC Charging Teaching Guide 2569 (day4), สไลด์ 新能源充电技术发展历程与原理 (ฉบับภาษาอังกฤษ)

บทที่ 7 BYD Qin EV: ระบบไฟฟ้าแรงสูง การจ่ายไฟ และการวินิจฉัย

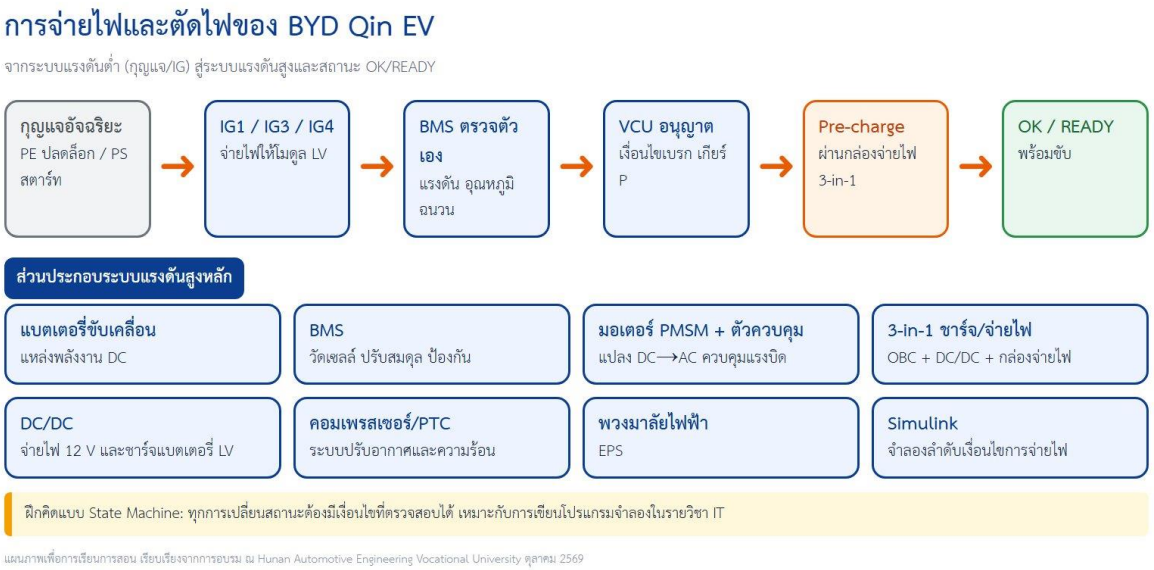
ฐานการเรียน: ฐาน CRRC และฐาน Li Auto | 25–26 ตุลาคม 2569 | วิทยากร อาจารย์หลิว เต้ากวาน (Daokuan Liu)

7.1 การจำแนกชิ้นส่วนแรงดันสูงของ BYD Qin EV

รถยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ประกอบด้วยระบบขับเคลื่อนไฟฟ้า แชสซี และตัวถัง โดยระบบขับเคลื่อนไฟฟ้าเป็นหัวใจสำคัญ BYD Qin EV ใช้มอเตอร์ซิงโครนัสแม่เหล็กถาวรกระแสสลับ (PMSM) ควบคุมด้วยตัวควบคุมมอเตอร์ ส่งแรงบิดผ่านชุดเฟืองลดรอบไปยังเพลาขับ ระบบจัดการแบตเตอรี่ดูแลเซลล์และแพ็กทั้งหมด เครื่องชาร์จในรถ (OBC) ทำหน้าที่ชาร์จจากไฟ AC และแหล่งจ่ายไฟเสริมกับ DC/DC จ่ายไฟให้ระบบแรงดันต่ำ รุ่นนี้รวม OBC, DC/DC และกล่องจ่ายไฟแรงสูงไว้ในชุด 3-in-1

7.2 การจ่ายไฟและตัดไฟ (Power-Up / Power-Down)

ระบบแรงดันต่ำควบคุมการเข้าถึงด้วยกุญแจรีโมท ระบบเข้ารถโดยไม่ใช้กุญแจ (Passive Entry: PE) และสตาร์ทโดยไม่ใช้กุญแจ (Passive Start: PS) ซึ่งต้องผ่านเงื่อนไขพร้อมกันหลายข้อ เช่น กุญแจอยู่ในระยะ ประตูปิด เกียร์ P และเหยียบเบรก วงจร IG1, IG3 และ IG4 จ่ายไฟให้โมดูลต่าง ๆ จากนั้น BMS ตรวจสอบตัวเอง VCU อนุญาต และระบบดำเนินการ Pre-charge ก่อนเข้าสู่สถานะ OK/READY การฝึกครั้งนี้ใช้ Simulink สร้างแบบจำลองลำดับการจ่ายไฟแรงสูงและแรงต่ำ ทำให้เห็นว่าการควบคุมรถเป็นลำดับสถานะที่มีเงื่อนไขชัดเจน



ภาพที่ 27 การจ่ายไฟและส่วนประกอบระบบแรงดันสูงของ BYD Qin EV

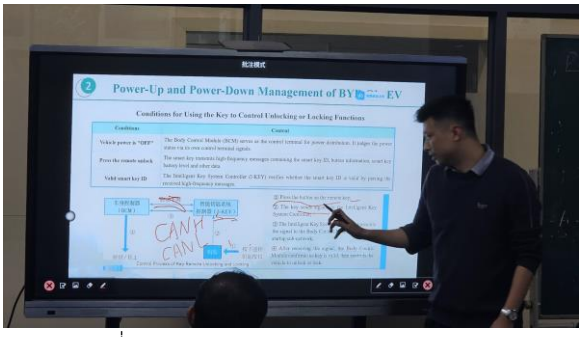
7.3 การวินิจฉัยข้อขัดข้องและอิเล็กทรอนิกส์กำลัง

การวินิจฉัย Qin EV เริ่มจากอาการ (เช่น ไม่ขึ้น OK, ไฟเตือนระบบไฟฟ้า) ⟶ อ่านรหัสข้อขัดข้อง ⟶ ตรวจตามผังวงจรว่าเงื่อนไขใดไม่ครบ (ไฟเลี้ยง สัญญาณ CAN สถานะคอนแทกเตอร์ ฉนวน HVIL) ⟶ วัดยืนยัน ⟶ แก้ไขและทดสอบซ้ำ ผู้เข้าอบรมฝึกบนรถจริงและแท่น BMS โดยใช้ผังวงจร Qin EV ฉบับการแข่งขัน ในหัวข้ออิเล็กทรอนิกส์กำลังได้ต่อวงจรเรียงกระแสบริดจ์เฟสเดียว วงจรสวิตช์ MOSFET ทดสอบ

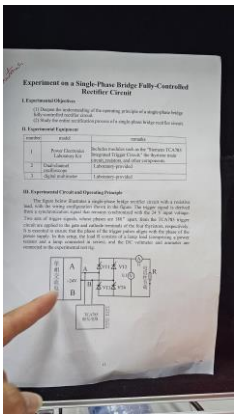
ทรานซิสเตอร์และไดโอด และต่อวงจรมอเตอร์ BSG พร้อมทั้งฝึกทดสอบการชาร์จ คายประจุ และปรับสมดุลโมดูลแบตเตอรี่ BYD



ภาพที่ 28 สาธิตระบบรถยนต์ไฟฟ้าพร้อมจอแสดงภาพ ฐาน CRRC



ภาพที่ 29 บรรยาย Power-Up/Power-Down Management



ภาพที่ 30 ใบงานวงจรเรียงกระแสบริดจ์



ภาพที่ 31 ทดสอบแบตเตอรี่แพ็ก

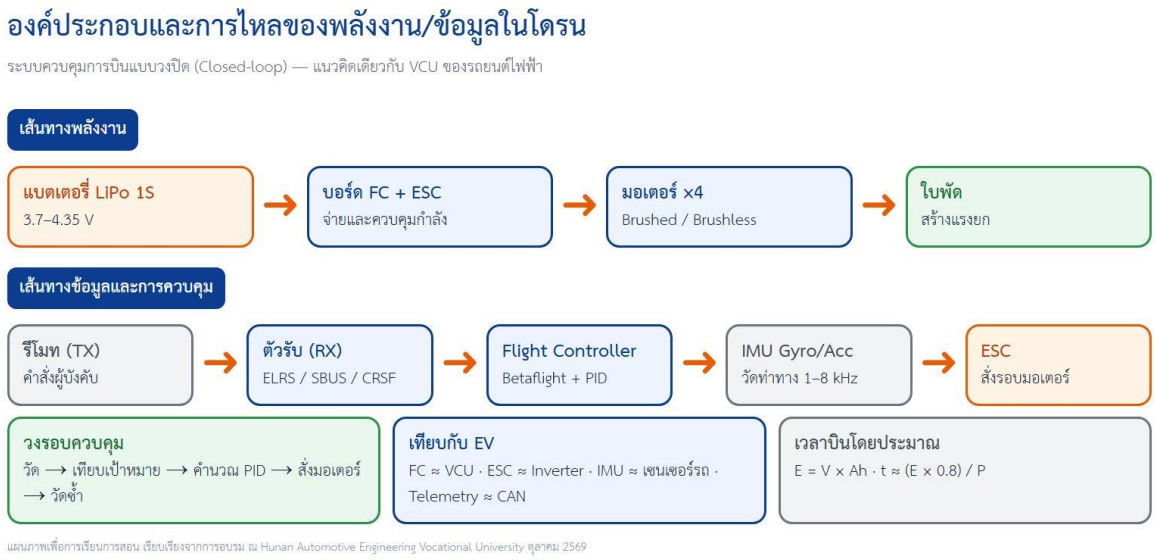
ที่มาของเนื้อหา: สไลด์ 新能源汽车工程技术 (New Energy Vehicle Engineering Technology) ของวิทยากร, ผังวงจร 全新秦 EV 电路图竞赛版, เอกสาร 秦-理论知识

บทที่ 8 เทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับ (อบรม Drone 2 วัน)

ฐานการเรียน: วิทยาลัยการบิน อาคารช่างซาน ห้อง 205/209/211 | 26–28 ตุลาคม 2569 | วิทยากร อาจารย์ถัง อี้ และอาจารย์เหอ ซูโป๋

8.1 วันแรก: องค์ประกอบระบบ การตั้งค่า และระบบจำลอง

ภาคทฤษฎีอธิบายองค์ประกอบของระบบอากาศยานไร้คนขับ ได้แก่ โครง มอเตอร์ ใบพัด ตัวควบคุมความเร็ว (ESC) บอร์ดควบคุมการบิน (Flight Controller) เซนเซอร์ IMU แบตเตอรี่ ระบบส่งภาพ รีโมทคอนโทรล และตัวรับสัญญาณ จากนั้นฝึกตั้งค่าพารามิเตอร์รีโมทและเครื่องรับสัญญาณ ตั้งค่าระบบควบคุมการบิน ประกอบอากาศยานด้วยการบัดกรีและเดินสายในห้องปฏิบัติการ และฝึกบินในระบบจำลองเสมือนจริงสำหรับอากาศยานไร้คนขับระดับอุตสาหกรรม ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนฝึกการบังคับได้โดยไม่เสี่ยงต่ออุปกรณ์



ภาพที่ 32 องค์ประกอบและการไหลของพลังงาน/ข้อมูลในโดรน



ภาพที่ 33 ห้องปฏิบัติการประกอบอากาศยานไร้คนขับ



ภาพที่ 34 ห้องปฏิบัติการระบบจำลองการบิน

8.2 วันที่สอง: ประกอบโดรนขนาดเล็กเจ็ดขั้นตอน

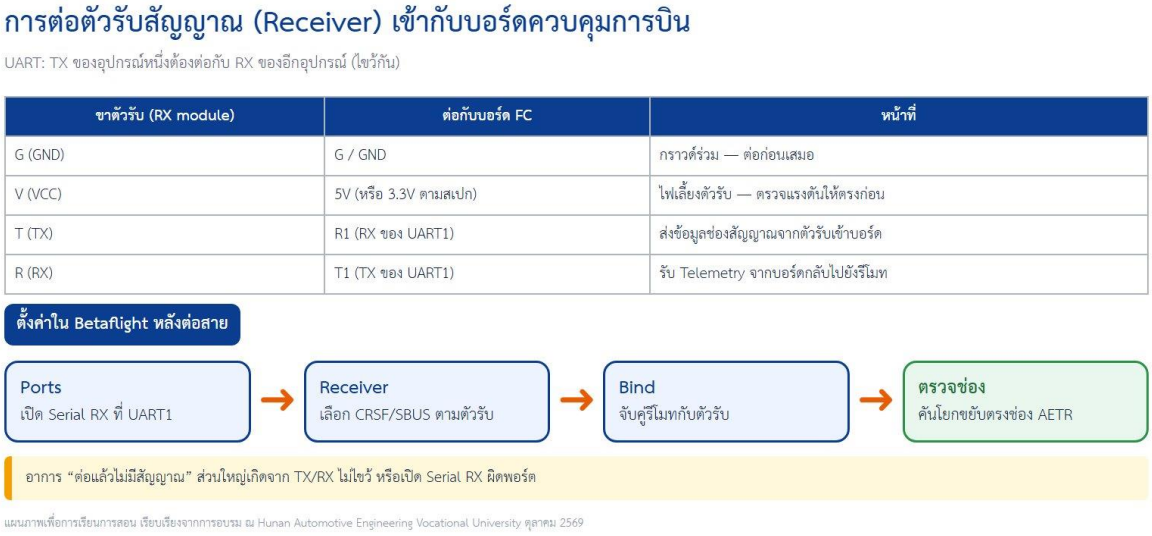
ภาคปฏิบัติวันที่ 28 ตุลาคม ใช้ชุดโดรนขนาดเล็กแบบมีโครงกันใบพัด ประกอบด้วยโครง มอเตอร์ 4 ตัว ใบพัด บอร์ดควบคุมการบินแบบรวม ESC ตัวรับสัญญาณ และแบตเตอรี่ลิเธียมโพลิเมอร์ 1 เซลล์

สไลด์ภาษาไทยของวิทยากรสรุปลำดับงาน “เจ็ดขั้นตอนเสร็จ สี่ขั้นห้ามสลับ” โดยเน้นว่าลำดับนี้มาจากประสบการณ์จริง และแต่ละขั้นช่วยให้ขั้นต่อไปรื้อแก้น้อยที่สุด



ภาพที่ 35 เจ็ดขั้นตอนประกอบโดรนขนาดเล็ก

การติดตั้งบอร์ด: หันลูกศรบนบอร์ดไปทางหัวโดรน ให้พอร์ต USB อยู่ด้านที่เสียบสายได้ ยึดด้วยยางกันสะเทือน เพราะบอร์ดรับรู้การหมุนของตัวเองผ่านไจโรสโคป หากติดกลับด้านหรือหลวม โดรนจะบินผิดทิศหรือสั่น การต่อตัวรับสัญญาณใช้พอร์ตอนุกรม UART โดยต่อสาย TX กับ RX แบบไขว้



ภาพที่ 36 การต่อตัวรับสัญญาณเข้ากับบอร์ดควบคุมการบิน

8.3 การตั้งค่าด้วย Betaflight Configurator

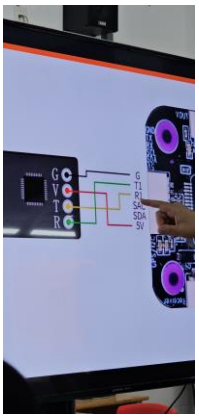
หลังต่อสาย USB แล้วเปิด Betaflight Configurator (เวอร์ชัน 10.10) วิทยากรแนะนำให้รู้จักจุดสำคัญบนหน้าจอ ได้แก่ แถบเมนูด้านซ้าย ภาพจำลอง 3 มิติที่ต้องเอียงตามโดรนจริง สถานะเซนเซอร์ด้านบน และปุ่มบันทึกค่า จากนั้นตั้งค่าพอร์ตอนุกรม ชนิดตัวรับสัญญาณ สวิตช์ ARM และโหมดการบิน ทดสอบมอเตอร์ทีละตัวโดยถอดใบพัด ตรวจทิศหมุนให้ถูกต้อง แล้วจึงติดใบพัดและบินทดสอบในพื้นที่ปลอดภัย นอกจากนี้ยังสามารถตั้งค่าบางส่วนผ่านแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์ได้



ภาพที่ 37 จุดสำคัญใน Betaflight Configurator



ภาพที่ 38 สไลด์เจ็ดขั้นตอนประกอบ



ภาพที่ 39 สไลด์การต่อตัวรับสัญญาณ G V T R



ภาพที่ 40 ชุดชิ้นส่วนโดรนขนาดเล็ก



ภาพที่ 41 การประกอบโดรน



ภาพที่ 42 ตั้งค่าผ่านแอปพลิเคชัน



ภาพที่ 43 ตั้งค่าบอร์ดด้วย Betaflight ร่วมกับวิทยากร

8.4 ความปลอดภัยและข้อกำหนด

1. ถอดใบพัดทุกครั้งที่ต่อ USB ตั้งค่า หรือทดสอบมอเตอร์
2. ตรวจขั้วแบตเตอรี่และวัดลัดวงจรด้วยมัลติมิเตอร์ก่อนจ่ายไฟครั้งแรก
3. ชาร์จแบตเตอรี่ LiPo ด้วยเครื่องชาร์จที่ตั้งค่าถูกต้อง เก็บในถุงกันไฟ ไม่ชาร์จทิ้งไว้โดยไม่มีผู้ดูแล
4. ฝึกบินในพื้นที่ปิดหรือมีตาข่าย ใช้โดรนขนาดเล็กก่อน และฝึกในระบบจำลองให้คล่อง
5. การบินนอกอาคารในประเทศไทยต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดของสำนักงานการบินพลเรือนแห่งประเทศไทย (CAAT) และ กสทช. รวมถึงการขึ้นทะเบียนตามประเภทโดรน

ที่มาของเนื้อหา: ภาพสไลด์และวิดีโอการอบรม Drone 81 ภาพ 15 คลิป (โฟลเดอร์ อบรมDrone 28 ต.ค. 2569), ภาพการอบรมวันที่ 27 ต.ค. 2569, Betaflight Configurator

บทที่ 9 DNA ร่วมของ Drone และ EV สู่การสอน IT IoT และ AI

บทสังเคราะห์: เชื่อมความรู้จากทุกฐานเข้ากับรายวิชาสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ

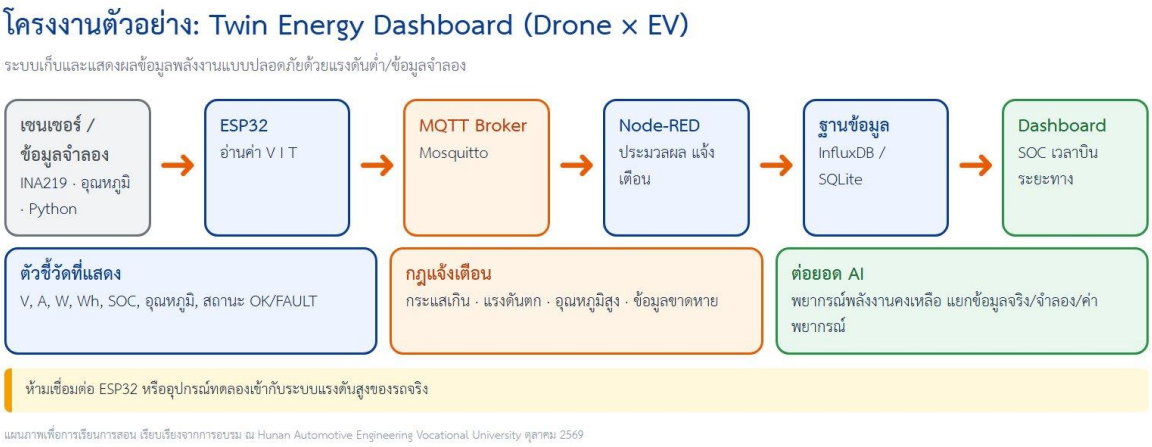
9.1 แบบแผนเชิงวิศวกรรมที่เหมือนกัน

ตารางที่ 10 เปรียบเทียบ DNA ทางเทคโนโลยีของ EV และ Drone

ด้าน	รถยนต์ไฟฟ้า (EV)	โดรนไฟฟ้า
แหล่งพลังงาน	แบตเตอรี่ HV หลายร้อยโวลต์	แบตเตอรี่ LiPo 1S–6S
ภาคกำลัง	Inverter แปลง DC ⟶ AC 3 เฟส	ESC ควบคุมมอเตอร์ไร้แปรงถ่าน
ตัวควบคุมหลัก	VCU / BMS / MCU	Flight Controller
เซนเซอร์	กระแส แรงดัน อุณหภูมิ ความเร็วล้อ เรดาร์ กล้อง	IMU (Gyro/Acc) บารอมิเตอร์ GPS กล้อง
การสื่อสาร	CAN / CAN FD / Ethernet	UART / CRSF / MAVLink / Telemetry
การกู้คืนพลังงาน	เบรกคืนพลังงานได้จริง	โดยทั่วไปไม่กู้คืนพลังงาน

ทั้งสองระบบใช้การควบคุมแบบวงปิด “วัดผล ⟶ เปรียบเทียบเป้าหมาย ⟶ คำนวณคำสั่ง ⟶ สั่งภาคกำลัง ⟶ วัดซ้ำ” และใช้สมการพลังงานพื้นฐานเดียวกัน คือ $P \approx V \times I$ และ $E \approx V \times Ah$ ตัวอย่าง: แบตเตอรี่โดรน 22.2 V × 5 Ah ≈ 111 Wh หากใช้ได้ 80% และกำลังเฉลี่ย 300 W จะบินได้ประมาณ 111 × 0.8 / 300 × 60 ≈ 17.8 นาที (สมมติฐานเพื่อการศึกษา) ข้อควรระวังคือไม่ควรสรุปเกินจริงว่าโดรนเก็บพลังงานคืนได้เหมือนรถยนต์

9.2 โครงงาน Twin Energy Dashboard



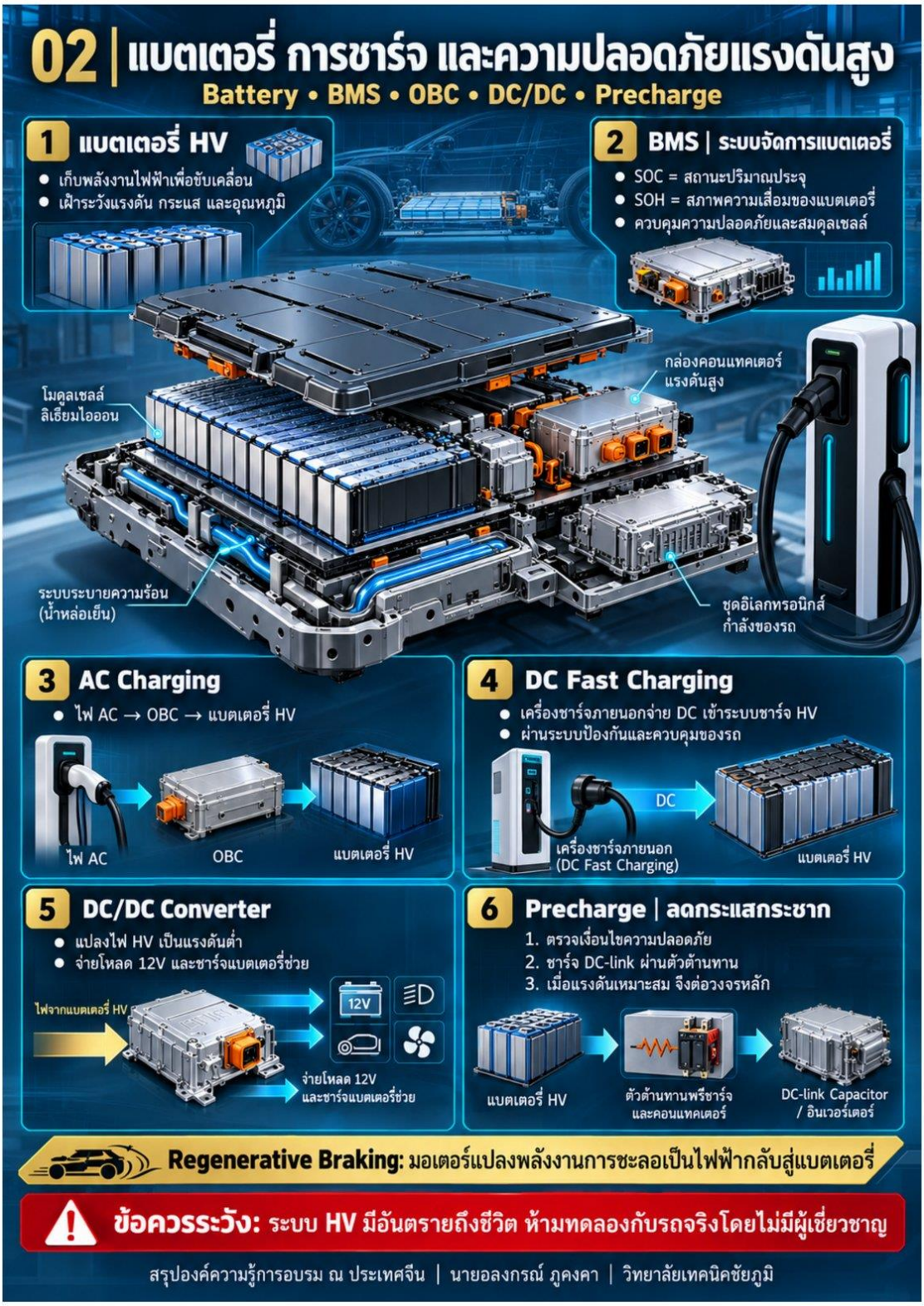
ภาพที่ 44 โครงงานตัวอย่าง Twin Energy Dashboard (Drone × EV)

ตารางที่ 11 การบูรณาการเข้าสู่รายวิชาสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ

รายวิชา/กลุ่มสาระ	เนื้อหาที่บูรณาการ	ผลงานผู้เรียน
การเขียนโปรแกรม / สมองกลฝังตัว	State Machine ของการจ่ายไฟ, PID เบื้องต้น	โปรแกรมจำลองสถานะบน ESP32
ระบบเครือข่าย / สื่อสารข้อมูล	CAN Frame, UART, MQTT	ถอดรหัสข้อความและส่งข้อมูลขึ้น Broker
IoT / ฐานข้อมูล	การเก็บข้อมูลอนุกรมเวลา	Dashboard Node-RED + ฐานข้อมูล
AI / วิเคราะห์ข้อมูล	ตรวจจับค่าผิดปกติ พยากรณ์พลังงาน	แบบจำลองพยากรณ์ SOC/เวลาบิน



ภาพที่ 45 อินโฟกราฟิก EV–Drone ตอนที่ 1: ภาพรวมระบบขับเคลื่อน Hybrid–EV



ภาพที่ 46 อินโฟกราฟิก EV–Drone ตอนที่ 2: แบตเตอรี่ การชาร์จ และความปลอดภัย



ภาพที่ 47 อินโฟกราฟิก EV–Drone ตอนที่ 3: ระบบควบคุมอัจฉริยะและเครือข่ายยานยนต์



ภาพที่ 48 อินโฟกราฟิก EV–Drone ตอนที่ 4: Drone × EV เทคโนโลยีร่วมและการสอน IT

ที่มาของเนื้อหา: Training Report Integrated Hybrid EV Drone (day3), EV Drone Infographics A3 4 หน้า (day4)

ส่วนที่ 2 ชุดการเรียนรู้สำหรับครู

ส่วนนี้นำแผนการจัดการเรียนรู้ ใบงาน แนวเฉลย และเกณฑ์การประเมินจากเล่มคู่มือถ่ายทอดความรู้ฉบับเดิมมารวมไว้ เพื่อให้ครูใช้ร่วมกับเนื้อหาบทที่ 1–9 ได้ทันที ประกอบด้วย แผนการสอน 3 หน่วย ใบงานด้านยานยนต์ไฟฟ้า EV1–EV4 ใบงานด้านโดรน D1–D7 และแนวการประเมิน

หน่วย/ใบงาน	ใช้ร่วมกับบท
หน่วยที่ 1 ระบบ EV และข้อมูลแบตเตอรี่ / EV1–EV3	บทที่ 1, 5, 6
หน่วยที่ 2 ประกอบและทดสอบโดรนขนาดเล็ก / D1–D7	บทที่ 8
หน่วยที่ 3 โครงงานข้อมูล EV และ Drone / EV4	บทที่ 4, 9

แผนการสอนหน่วยที่ 1 ระบบ EV และข้อมูลแบตเตอรี่

เวลา 180 นาที | กลุ่มเป้าหมาย ปวช. ตอนปลายหรือ ปวส. | กลุ่มละ 2–3 คน

ผลลัพธ์และการเตรียมการ

เมื่อจบหน่วย ผู้เรียนอธิบายเส้นทางพลังงานของ BEV ได้ แยกกำลังจากพลังงาน คำนวณแบตเตอรี่เชิงทฤษฎี และเสนอข้อสรุปจากข้อมูลพร้อมข้อจำกัดได้ ครูเตรียมแผนภาพระบบ ชุดข้อมูลจำลอง คอมพิวเตอร์และโปรแกรมตารางคำนวณ ไม่มีงานเปิดแพ็กหรือวัดรถจริง

นาที	กิจกรรมครูและผู้เรียน	หลักฐาน
0–15	ครูใช้ภาพระบบตั้งคำถาม ผู้เรียนตอบก่อนเรียนและเขียนสิ่งที่ยังสงสัย	คำตอบตั้งต้น
15–50	ครูอธิบายเส้นทางพลังงาน ผู้เรียนทำ EV1 และตรวจไขว้ระหว่างกลุ่ม	แผนภาพพร้อมคำอธิบาย
50–90	ผู้เรียนทำ EV2 ครูทวนหน่วยและสมมติฐาน	ตารางคำนวณ 4S2P และพลังงาน
90–100	พักและตรวจความเข้าใจก่อนเปลี่ยนงาน	คำถามสั้น
100–150	ทำ EV3 วิเคราะห์ข้อมูลจำลองและเสนอวิธีตรวจต่อ	กราฟ ตารางเหตุการณ์และข้อจำกัด
150–170	แต่ละกลุ่มนำเสนอหลักฐาน ครูใช้คำถามแยกข้อสังเกตกับข้อสรุป	บันทึกสะท้อนคิด
170–180	ประเมินท้ายหน่วยและกำหนดงานซ่อมเสริม	คำตอบรายบุคคล

การประเมินและการปรับกิจกรรม

ใช้ EV1–EV3 รวม 60 คะแนน เกณฑ์ผ่านที่เสนอคือร้อยละ 70 และต้องไม่มีการสรุปสาเหตุจากหลักฐานที่ไม่รองรับ ผู้เรียนที่ไม่ผ่านคำนวณหน่วยให้ทำสถานการณ์ใหม่ ผู้เรียนที่ทำได้เร็วให้ปรับอัตราสิ้นเปลืองหรือข้อมูลหายและเปรียบเทียบผล การปรับกิจกรรมนี้เป็นข้อเสนอสำหรับทดลองสอนและบันทึกผลจริงในภายหลัง

แหล่งเนื้อหา พัฒนาจาก [4] และองค์ความรู้ในบทที่ 4–6

แผนการสอนหน่วยที่ 2 ประกอบและทดสอบโดรนขนาดเล็ก

เวลา 360 นาที ไม่รวมพัก | กลุ่มเป้าหมาย ปวช. หรือ ปวส. ที่มีพื้นฐานไฟฟ้าเบื้องต้น | กลุ่มละ 2 คน

ผลลัพธ์และทรัพยากร

ผู้เรียนอธิบายการควบคุมสี่แกน ระบุและประกอบชิ้นส่วนตามคู่มือ ตรวจการตั้งค่าและบันทึกผลทดสอบได้ การฝึกบินขึ้นกับความพร้อมของพื้นที่ อุปกรณ์และผู้กำกับ หากเงื่อนไขไม่ครบให้ใช้ระบบจำลองและเลื่อนการประเมินภาคบินออกไป โดยระบุว่ายังไม่ผ่านสมรรถนะบินจริง

ครูเตรียมชุดคิตที่ตรวจแล้ว รีโมต แบตเตอรี่และเครื่องชาร์จที่ตรงชนิด คอมพิวเตอร์พร้อมโปรแกรมที่เข้ากัน เครื่องมือพื้นฐาน แว่นตาและพื้นที่ป้องกันการเข้าถึงตามความเสี่ยง ให้ครูหนึ่งคนกำกับเครื่องที่กำลังทดสอบหรือบิน และจัดผู้เรียนที่เหลือทำงานวิเคราะห์หรือบันทึก เพื่อไม่ให้มีเครื่องหมุนหลายจุดโดยไม่มีผู้กำกับ

นาที	กิจกรรม	ใบงาน
0–40	ชี้แจงขอบเขต ซ้อมคำสั่งหยุด อธิบายแรงขับและสี่แกน	D1
40–70	ตรวจนับชิ้นส่วน อ่านผังและข้อกำหนดชุดฝึก	D2
70–140	ประกอบตามลำดับ มีจุดหยุดตรวจของครู	D3
140–165	ตรวจขั้ว สายและความพร้อมก่อนจ่ายไฟ	D4
165–240	ตรวจเซนเซอร์ Receiver โหมด มอเตอร์และ failsafe โดยถอดใบพัด	D5
240–320	ตรวจพื้นที่และฝึกทีละเครื่อง หรือฝึกจำลองเมื่อยังไม่พร้อม	D6
320–345	วิเคราะห์สถานการณ์ขัดข้องและสรุป	D7
345–360	ถอดแบต ตรวจเก็บอุปกรณ์และสะท้อนคิด	บันทึกพฤติกรรม

เงื่อนไขผ่าน

ใช้ใบงาน D1–D7 รวม 95 คะแนน และพฤติกรรมความรับผิดชอบ 5 คะแนน รวม 100 คะแนน เสนอเกณฑ์ผ่านร้อยละ 70 โดย D4 และรายการความปลอดภัยใน D5–D6 ต้องผ่านทุกข้อ ผู้เรียนที่ยังไม่ผ่านต้องหยุดขั้นทดสอบที่เกี่ยวข้องและรับการสอนซ่อมเสริม ไม่ใช้คะแนนส่วนอื่นชดเชยเงื่อนไขความปลอดภัย เวลาตามแผนเป็นเวลาขั้นต่ำที่ปรับเพิ่มได้ตามจำนวนเครื่องและผู้เรียน

แหล่งเนื้อหา ปรับจาก [5] และทวนสอบหลักการกับ [10–12]

แผนการสอนหน่วยที่ 3 โครงงานข้อมูล EV และ Drone

เวลา 240 นาที | กลุ่มเป้าหมาย ปวส. สาขา IT หรือกลุ่มบูรณาการ | กลุ่มละ 3 คน

ผลลัพธ์และขอบเขตงาน

ผู้เรียนออกแบบโครงสร้างข้อมูล สร้างการแสดงผล และทดสอบความผิดปกติของข้อมูลได้ โดยส่งมอบไฟล์ข้อมูล โปรแกรมหรือสูตรที่ใช้ และรายงานผลทดสอบที่ทำซ้ำได้ ใช้ EV4 เป็นใบงานหลัก ห้ามเชื่อมชุดทดลองเข้ากับรถจริงหรือควบคุมโดรนระหว่างบินเพื่อทำโครงงานนี้

เวลา	กิจกรรม	สิ่งส่งมอบ
0–30 นาที	วิเคราะห์ผู้ใช้และคำถามที่แดชบอร์ดต้องตอบ	ข้อกำหนดงานและนิยามหน่วย
30–70 นาที	จัดทำข้อมูลจำลองและตรวจคุณภาพ	ไฟล์ CSV และพจนานุกรมข้อมูล
70–150 นาที	สร้างกราฟ ตัวสรุปและบันทึกเหตุการณ์	แดชบอร์ดที่ระบุข้อมูลจำลอง
150–200 นาที	ทดสอบข้อมูลปกติและผิดปกติอย่างน้อย 4 กรณี	ตารางผลทดสอบและข้อบกพร่อง
200–240 นาที	นำเสนอ สาธิตซ้ำและอภิปรายข้อจำกัด	รายงานรายกลุ่มและคำตอบรายบุคคล

แนวทางประเมิน

ประเมิน EV4 จำนวน 20 คะแนน โดยให้ความสำคัญกับความถูกต้องและที่มาของข้อมูล การทดสอบ และการอธิบาย มากกว่าความสวยงามของหน้าจอ ครูควรถามผู้เรียนแต่ละคนให้ติดตามข้อมูลหนึ่งแถวตั้งแต่รับเข้าจนปรากฏบนกราฟ เพื่อประเมินความเข้าใจทั้งเส้นทาง

ตัวชี้วัดขยายผลที่เหมาะสม ได้แก่ จำนวนกลุ่มที่ส่งงานทำซ้ำได้ จำนวนผู้เรียนที่อธิบายหน่วยและข้อจำกัดได้ และชนิดข้อผิดพลาดที่พบ ข้อมูลเหล่านี้ใช้วางแผนสอนซ้ำได้ดีกว่ารายงานเพียงจำนวนชิ้นงานที่สร้างสำเร็จ

ใบงานสำหรับผู้เรียน

ใบงานแบ่งเป็น EV1–EV4 และ D1–D7 ครูเลือกใช้ตามแผนสอนหรือใช้แยกหน่วยได้ ให้เก็บผลงานควบคู่กับหลักฐานรายบุคคลและแบบบันทึกของครู ตัวเลขและข้อมูลที่ระบุว่าเป็นสถานการณ์สมมติใช้เพื่อการเรียนรู้ ไม่ใช่ข้อมูลทดสอบรถหรือโดรนจริง

ใบงาน	เวลาแนะนำ	คะแนน	ผลงานหลัก
EV1 เส้นทางพลังงาน	35 นาที	20	แผนภาพและคำอธิบาย
EV2 แบตเตอรี่และพลังงาน	40 นาที	20	คำนวณพร้อมหน่วยและสมมติฐาน
EV3 วิเคราะห์ข้อมูล	50 นาที	20	กราฟ ข้อสังเกตและแผนตรวจต่อ
EV4 แดชบอร์ดบูรณาการ	240 นาที	20	ระบบแสดงผลและตารางทดสอบ
D1 หลักการบิน	40 นาที	10	แผนภาพสี่แกน
D2 ชิ้นส่วนและข้อกำหนด	30 นาที	10	บัญชีชิ้นส่วน
D3 ประกอบ	70 นาที	20	บันทึกประกอบและจุดตรวจ
D4 ก่อนจ่ายไฟ	25 นาที	10	รายการตรวจผ่านทุกข้อ
D5 ตั้งค่าและทดสอบ	75 นาที	20	บันทึกค่าจริง
D6 ฝึกบิน	80 นาที	15	ผลแต่ละด่าน
D7 วิเคราะห์ปัญหา	25 นาที	10	สมมติฐานและลำดับตรวจ

ใบงาน EV1 เส้นทางพลังงานและองค์ประกอบระบบ

เวลาแนะนำ 35 นาที | คะแนน 20 คะแนน

ชื่อ ..... ชั้น ..... กลุ่ม ..... วันที่ .....

จุดประสงค์ อธิบายการทำงานร่วมกันของอุปกรณ์และแยกพลังงานออกจากข้อมูล

สถานการณ์สมมติ รถ BEV มีแบตเตอรี่ขับเคลื่อน อินเวอร์เตอร์ มอเตอร์ DC/DC แบตเตอรี่แรงดันต่ำ OBC และตัวควบคุม

1. วาดแผนภาพอุปกรณ์และลูกศรเส้นทางพลังงานขณะขับ พร้อมแยกเส้นข้อมูลอีกลักษณะหนึ่ง (8 คะแนน)
2. เพิ่มเส้นทางชาร์จ AC และระบุจุดแปลง AC เป็น DC (4 คะแนน)
3. อธิบายความต่างของเส้นทางพลังงานใน BEV กับระบบ REEV แบบอนุกรม (4 คะแนน)
4. อธิบายว่าทำไมภาพหน้าจอดับจึงไม่ยืนยันว่าไม่มีพลังงานในระบบ (4 คะแนน)

พื้นที่วาดแผนภาพและอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตรวจตนเอง ☐ ระบุหัวลูกศร ☐ แยกพลังงานกับข้อมูล ☐ ใช้คำศัพท์ตรงหน้าที่

ใบงาน EV2 คำนวณแบตเตอรี่และพลังงาน

เวลาแนะนำ 40 นาที | คะแนน 20 คะแนน

ชื่อ ..... ชั้น ..... กลุ่ม ..... วันที่ .....

จุดประสงค์ คำนวณโดยใช้หน่วยและสมมติฐานอย่างถูกต้อง

ใช้การคำนวณเท่านั้น ไม่ประกอบเซลล์จริง กำหนดเซลล์พิกัด 3.7 V ความจุ 2 Ah จัด 4S2P

ข้อ	งานที่ต้องทำ	คำตอบพร้อมหน่วย
1	แรงดันพิกัดและความจุแพ็ก (4 คะแนน)	
2	พลังงานพิกัดโดยประมาณ (4 คะแนน)	
3	ถ้าโหลดใช้ 10 W คงที่และสมมติใช้พลังงานได้ทั้งหมด จะนานเท่าใด (4 คะแนน)	
4	รถสมมติมีพลังงานใช้ได้ 40 kWh สิ้นเปลือง 0.16 kWh/km ระยะทางเท่าใด (4 คะแนน)	
5	ระบุอย่างน้อย 2 เหตุผลที่ค่าคำนวณต่างจากการใช้งานจริง (4 คะแนน)	

แสดงวิธีคำนวณและอธิบายสมมติฐาน

.....

.....

.....

.....

.....

ใบงาน EV3 วิเคราะห์ข้อมูลแบตเตอรี่จำลอง

เวลาแนะนำ 50 นาที | คะแนน 20 คะแนน

ชื่อ ..... ชั้น ..... กลุ่ม ..... วันที่ .....

จุดประสงค์ แยกข้อสังเกตจากข้อสรุปและเสนอวิธีตรวจต่อ

ข้อมูลจำลองนี้ใช้ฝึกวิเคราะห์ หน่วยและช่วงค่าไม่ใช่เกณฑ์ป้องกันแบตเตอรี่รุ่นใด

เวลา s	แรงดัน V	กระแส A	อุณหภูมิ °C
0	14.8	0.0	28
10	14.5	2.0	29
20	14.2	2.1	30
30	13.9	2.2	31
40	13.8	ไม่มีข้อมูล	32
50	13.7	2.0	55

1. สร้างกราฟแรงดันและอุณหภูมิตามเวลา แสดงหน่วยและชื่อข้อมูลจำลอง (4 คะแนน)
2. คำนวณกำลัง ณ 10 และ 20 วินาที (4 คะแนน)
3. ระบุข้อมูลหายและเหตุการณ์ที่ควรตรวจเพิ่ม โดยไม่เติมค่าหายเป็นศูนย์โดยอัตโนมัติ (4 คะแนน)
4. เสนอสมมติฐานอย่างน้อย 2 ทางสำหรับค่าอุณหภูมิแถวสุดท้าย พร้อมข้อมูลที่จะใช้แยกสาเหตุ (4 คะแนน)
5. สรุปสิ่งที่ข้อมูลบอกได้และสิ่งที่ยังยืนยันไม่ได้ (4 คะแนน)

.....

.....

.....

ใบงาน EV4 แดชบอร์ดข้อมูล EV และ Drone

เวลาแนะนำ 240 นาที | คะแนน 20 คะแนน

ชื่อ ..... ชั้น ..... กลุ่ม ..... วันที่ .....

จุดประสงค์ สร้างการแสดงผลและทดสอบคุณภาพข้อมูลที่ทำซ้ำได้

ให้ใช้ข้อมูลสังเคราะห์สองอุปกรณ์ อย่างน้อยอุปกรณ์ละ 30 แถว มี timestamp, device_id, source, voltage_V, current_A และ temperature_C

1. เขียนคำถามของผู้ใช้ 2 ข้อ และพจนานุกรมข้อมูลพร้อมหน่วยและความหมายเครื่องหมายกระแส
2. สร้างกราฟและตัวสรุปที่ตอบคำถาม ระบุชัดเจนว่าเป็นข้อมูลจำลองและไม่ใช่ระบบป้องกัน
3. ทำตารางทดสอบอย่างน้อย 4 กรณี ได้แก่ ปกติ ข้อมูลหาย หน่วยหรือชนิดข้อมูลผิด และเวลาเรียงผิด
4. ส่งไฟล์ข้อมูล สูตรหรือโปรแกรม คู่มือเปิดงาน และบันทึกผลที่ได้จริง

กรณีทดสอบ	ผลที่คาดหวัง	ผลที่ได้จริงและหลักฐาน
ข้อมูลปกติ		
ข้อมูลหาย		
หน่วยหรือชนิดข้อมูลผิด		
เวลาเรียงผิด		

คะแนน ข้อมูลและหน่วย 5 การแสดงผล 5 การทดสอบ 5 การอธิบายและทำซ้ำ 5

ข้อจำกัดของผลงานและงานที่ควรปรับปรุง

.....

.....

.....

ใบงาน D1 หลักการบินและการควบคุม

เวลาแนะนำ 40 นาที | คะแนน 10 คะแนน

ชื่อ ..... ชั้น ..... กลุ่ม ..... วันที่ .....

จุดประสงค์ อธิบายแรงขับและการควบคุมสี่แกน

1. อธิบายแรงขับที่ทำให้เครื่องลอยและสภาวะลอยตัวแนวราบ (2 คะแนน)
2. อธิบายเหตุผลที่มอเตอร์ไม่ได้หมุนทิศเดียวกันทั้งหมด (2 คะแนน)
3. เติมตารางการควบคุมสี่แกนตามรีโมตที่ครูกำหนด (4 คะแนน)
4. อธิบายว่า Angle ช่วยอะไร และไม่ได้รับประกันอะไรเกี่ยวกับตำแหน่งหรือความสูง (2 คะแนน)

คำสั่ง	คันบังคับหรือสวิตช์	ผลต่อท่าทางและแรงขับ
Throttle		
Roll		
Pitch		
Yaw		

วาดเครื่องมองจากด้านบน ระบุหัวเครื่องและทิศหมุนตามผังชุดฝึกที่ใช้

.....

.....

.....

.....

.....

ใบงาน D2 ชิ้นส่วนและข้อกำหนดชุดฝึก

เวลาแนะนำ 30 นาที | คะแนน 10 คะแนน

ชื่อ ..... ชั้น ..... กลุ่ม ..... วันที่ .....

จุดประสงค์ ระบุหน้าที่และยืนยันความเข้ากันได้ก่อนประกอบ

รายการ	รุ่นหรือจำนวนจริง	หน้าที่และข้อกำหนดที่ตรวจ
เฟรมและการ์ด		
มอเตอร์และใบพัด		
บอร์ด FC หรือ AIO		
รีซีฟเวอร์และรีโมต		
แบตเตอรี่และเครื่องชาร์จ		

แต่ละแถว 2 คะแนน ให้ 1 คะแนนสำหรับข้อมูลชิ้นส่วน และ 1 คะแนนสำหรับหน้าที่หรือข้อกำหนดที่ถูกต้อง

ชนิดมอเตอร์ที่ใช้ ..... ชนิดแบตเตอรี่ ..... รุ่นคู่มือ .....

รายการขาด ชำรุด หรือข้อมูลที่ยังต้องถามครู

.....

.....

.....

.....

ใบงาน D3 การประกอบและบันทึกจุดตรวจ

เวลาแนะนำ 70 นาที | คะแนน 20 คะแนน

ชื่อ ..... ชั้น ..... กลุ่ม ..... วันที่ .....

จุดประสงค์ ประกอบตามคู่มือและอธิบายเหตุผลของลำดับงาน

ไม่ต่อแบตเตอรี่และยังไม่ติดใบพัดระหว่างประกอบวงจร ให้ครูตรวจตามจุดที่กำหนด

ขั้น	สิ่งที่ต้องตรวจ	ผลหรือชื่อผู้ตรวจ
1	วางตำแหน่งชิ้นส่วน ระบุหัวเครื่องและผังมอเตอร์	
2	ยึดเฟรมและมอเตอร์ ไม่โยกหรือกดเสียรูป	
3	ยึดบอร์ดถูกทิศ ช่อง USB เข้าถึงได้	
4	ต่อมอเตอร์ตามผังและตรวจช่องตรงกัน	
5	ต่อรีซีฟเวอร์ตามแรงดันและผังขารุ่นจริง	
6	จัดสาย ไม่หนีบ ไม่ผ่านแนวใบพัด ไม่มีเศษวัสดุ	

ขั้นที่ 1–6 ขั้นละ 2 คะแนน รวม 12 คะแนน

อธิบายเหตุผลที่ต้องจัดงานกลก่อนจ่ายไฟ และเหตุผลที่ต้องทดสอบทิศบอร์ดก่อนบิน ข้อละ 4 คะแนน

.....

.....

.....

.....

ใบงาน D4 ตรวจก่อนจ่ายไฟ

เวลาแนะนำ 25 นาที | คะแนน 10 คะแนน

ชื่อ ..... ชั้น ..... กลุ่ม ..... วันที่ .....

จุดประสงค์ ยืนยันความพร้อมก่อนจ่ายไฟภายใต้การตรวจของครู

รายการนี้เป็นเงื่อนไขบังคับ ต้องผ่านทุกข้อก่อนจ่ายไฟ การวัดต้องทำตามวิธีที่ครูอนุมัติ ไม่วัดความต่อเนื่องขณะมีไฟเลี้ยง

☐ ผ่าน ☐ ต้องแก้ไข ถอดแบตเตอรี่และใบพัดก่อนตรวจวงจร

☐ ผ่าน ☐ ต้องแก้ไข ตรวจชนิดแบตเตอรี่ ขั้วปลั๊กและแรงดันไฟเลี้ยงบอร์ดจากคู่มือ

☐ ผ่าน ☐ ต้องแก้ไข ไม่มีสายชำรุด ขั้วหลวม เศษตะกั่วหรือสกรูบนบอร์ด

☐ ผ่าน ☐ ต้องแก้ไข ตรวจการลัดวงจรในวงจรที่ไม่มีไฟตามวิธีที่ครูกำหนด บันทึกผลแทนการตัดสินจากเสียงบี๊ปอย่างเดียว

☐ ผ่าน ☐ ต้องแก้ไข แบตเตอรี่ไม่บวม ไม่รั่ว ไม่ชำรุด และใช้เครื่องชาร์จตรงชนิด

☐ ผ่าน ☐ ต้องแก้ไข ครูตรวจยืนยันก่อนจ่ายไฟครั้งแรก และมีวิธีหยุดจ่ายไฟที่เข้าถึงได้

ผลการตรวจทางไฟฟ้าและเงื่อนไขวัด

.....

.....

.....

ครูผู้ตรวจ ..... เวลา ..... ☐ อนุญาต ☐ ยังไม่อนุญาต

คะแนน 10 เมื่อผ่านครบและบันทึกถูกต้อง หากยังไม่ผ่านให้แก้ไขและตรวจซ้ำก่อนเริ่มงานถัดไป

ใบงาน D5 การตั้งค่าและทดสอบโดยถอดใบพัด

เวลาแนะนำ 75 นาที | คะแนน 20 คะแนน

ชื่อ ..... ชั้น ..... กลุ่ม ..... วันที่ .....

จุดประสงค์ ตรวจเซนเซอร์ ช่องควบคุม มอเตอร์และการสูญเสียสัญญาณ

รุ่นบอร์ด ..... เฟิร์มแวร์ ..... โปรแกรม .....

งานตรวจ	บันทึกผลจริง	ผ่านหรือแก้ไข
โมเดลสามมิติตรงกับการเอียงทุกแกน		
Receiver ตอบสนองถูกช่องและถูกทิศ		
ARM และ ANGLE ตรงกับสวิตช์		
M1–M4 ตรงตำแหน่งและทิศตามผัง		
Failsafe ตามวิธีที่ครูกำหนด โดยถอดใบพัด		
บันทึก เปิดใหม่และตรวจค่าซ้ำ		

บันทึกตำแหน่งและทิศมอเตอร์ M1 ..... M2 ..... M3 ..... M4 .....

คะแนน เซนเซอร์ 3 Receiver 3 โหมด 3 มอเตอร์ 4 Failsafe 4 บันทึกซ้ำ 3

เงื่อนไขบังคับ ถอดใบพัดขณะทดสอบ และครูยืนยันผล ARM มอเตอร์และ failsafe ก่อนขึ้นบิน

การเปลี่ยนค่าที่ทำและเหตุผล

.....

.....

.....

ใบงาน D6 ตรวจก่อนบินและฝึกตามลำดับ

เวลาแนะนำ 80 นาที | คะแนน 15 คะแนน

ชื่อ ..... ชั้น ..... กลุ่ม ..... วันที่ .....

จุดประสงค์ ควบคุมเครื่องขนาดเล็กและบันทึกผลอย่างรับผิดชอบ

ก่อนฝึก ต้องผ่าน D4–D5 ครูตรวจพื้นที่และข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องแล้ว

☐ พื้นที่แยกจากผู้ชมและมีผู้กำกับ

☐ แบตเตอรี่และใบพัดพร้อมใช้งาน

☐ คันเร่งต่ำ ARM ปิดก่อนเริ่ม

☐ สาธิตคำสั่งหยุดและ DISARM ได้

☐ ไม่มีบุคคลหรือสิ่งกีดขวางในเขตที่ครูกำหนด

ด่าน	ภารกิจและเกณฑ์ตัวอย่าง	ผลจริง
1	ขึ้นและลงในเขตที่กำหนด ไม่พลิกหรือกระโดดผิดปกติ	
2	ลอยต่ำภายใต้การกำกับ คงอยู่ในเขต 10 วินาที	
3	เลื่อนหน้าและกลับอย่างช้าในแนวที่กำหนด	
4	เลื่อนซ้ายและขวาโดยไม่ออกเขต	
5	หันหัวตามสั่งและลงจอดในเป้าอย่างควบคุมได้	

ด่านละ 3 คะแนน ให้ 3 เมื่อทำได้ตามเกณฑ์ 2 เมื่อต้องชี้แนะ 1 เมื่อทำได้บางส่วน 0 เมื่อยังไม่ทำหรือหยุดเพื่อความปลอดภัย

☐ ฝึกบินจริง ☐ ฝึกจำลองเท่านั้น ยังไม่ประเมินบินจริง

เวลาฝึก ..... นาที ปัญหาและการแก้ไข .....

ครูผู้กำกับ ..... เงื่อนไขความปลอดภัย ☐ ผ่าน ☐ ต้องฝึกซ้ำ

ใบงาน D7 วิเคราะห์ปัญหาอย่างมีหลักฐาน

เวลาแนะนำ 25 นาที | คะแนน 10 คะแนน

ชื่อ ..... ชั้น ..... กลุ่ม ..... วันที่ .....

จุดประสงค์ เสนอสมมติฐานและการทดสอบที่ปลอดภัย

แต่ละข้อ 2 คะแนน ให้ระบุสาเหตุที่เป็นไปได้และวิธีตรวจต่อ ไม่ใช้การเดาเปลี่ยนอุปกรณ์ทันที

เสียบ USB แล้วโปรแกรมไม่พบอุปกรณ์

.....

.....

เอียงตัวเครื่องแล้วโมเดลบนจอเคลื่อนกลับทิศ

.....

.....

ขยับรีโมตแล้วช่องควบคุมบนจอไม่ตอบสนอง

.....

.....

เครื่องพลิกหรือหมุนผิดปกติเมื่อเริ่มยกตัว

.....

.....

แก้ค่าแล้วเปิดใหม่ค่าหายหรือไม่เป็นไปตามที่ตั้ง

.....

.....

ก่อนตรวจแก้ให้หยุดเครื่อง ถอดแบตเตอรี่และถอดใบพัดตามขั้นตอนที่ครูกำหนด

เฉลย แนวให้คะแนน และการประเมิน

11.1 เฉลยใบงาน EV

ใบงาน	สาระคำตอบและแนวให้คะแนน
EV1	ขับเคลื่อน แบตเตอรี่ ⟶ อินเวอร์เตอร์ ⟶ มอเตอร์ ⟶ ชุดทด ⟶ ล้อ พร้อมแยกทางข้อมูล 8 คะแนน; AC ผ่าน OBC 4 คะแนน; REEV แบบอนุกรมมีเครื่องยนต์ขับเครื่องกำเนิดและมอเตอร์ขับล้อ 4 คะแนน; จอดับไม่ยืนยันพลังงานหมด ต้องใช้วิธีตรวจเฉพาะงาน 4 คะแนน
EV2	4S2P = 14.8 V และ 4 Ah; พลังงาน 59.2 Wh; ที่ 10 W คงที่และสมมติใช้ได้ทั้งหมด = 5.92 ชั่วโมง; 40/0.16 = 250 km; ปัจจัยต่างจากจริง เช่น ประสิทธิภาพ อุณหภูมิ ขอบเขต SOC และโหลด ให้คะแนนตามข้อ ข้อละ 4
EV3	กราฟมีหน่วยและลำดับเวลาถูก 4; กำลัง 10 s = 29.0 W และ 20 s = 29.82 W รวม 4; ระบุข้อมูลกระแสหาย 40 s และอุณหภูมิ 55 °C ต้องตรวจเพิ่ม 4; สมมติฐาน เช่น ความร้อนจริงหรือเซนเซอร์/การบันทึกผิด พร้อมวิธีแยกสาเหตุ 4; ไม่ยืนยันว่าแบตเสียจากตารางเดียว 4
EV4	ยอมรับหลายเครื่องมือเมื่อหน่วยและเส้นทางข้อมูลถูกต้อง มีการทำซ้ำและจัดการข้อมูลผิดปกติได้ ข้อมูล 5 การแสดงผล 5 ทดสอบ 5 อธิบายและทำซ้ำ 5

11.2 เฉลยใบงาน Drone

ใบงาน	สาระคำตอบและแนวให้คะแนน
D1	ลอยตัวแนวราบเมื่อแรงขับรวมสมดุลน้ำหนักโดยประมาณ; มอเตอร์ต่างทิศช่วยจัดสมดุลแรงบิด; Throttle เปลี่ยนแรงขับรวม Roll เอียงข้าง Pitch ก้มเงย Yaw หันหัว; Angle ช่วยคืนแนวราบ ไม่รับประกันตำแหน่งหรือความสูง ให้คะแนนตามใบงาน
D2	ตรวจหน้าที่และข้อมูลเทียบคู่มือจริง ไม่กำหนดว่าทุกชุดมีชิ้นส่วนหรือสีสายเหมือนกัน แถวละ 2 คะแนน
D3	ตรวจผัง ยึดงานกล ติดบอร์ด ต่อมอเตอร์ ต่อรีซีฟเวอร์ จัดสาย ขั้นละ 2; เหตุผลคือลดการรื้อและป้องกันการจ่ายไฟขณะยังไม่พร้อม 4; ทิศบอร์ดผิดทำให้ควบคุมผิดทิศ จึงต้องตรวจตามโมเดล 4
D4	ต้องผ่านทุกข้อและผลตรวจสมเหตุผล ไฟเลี้ยง ขั้วและวิธีตรวจต้องอิงคู่มือ ไม่ตัดสินเสียงบี๊ปชั่วคราวว่าเป็นลัดวงจรเสมอ เพราะตัวเก็บประจุอาจส่งผลต่อการวัด

ใบงาน	สาระคำตอบและแนวให้คะแนน
D5	เกณฑ์ตรงรุ่นและผังจริง เซนเซอร์ 3 Receiver 3 โหมด 3 มอเตอร์ 4 Failsafe 4 และบันทึกซ้ำ 3; ข้อความบนเมนูอาจต่างตามรุ่นซอฟต์แวร์
D6	ให้คะแนนจากผลจริงทีละด่านตามเกณฑ์ ไม่บันทึกว่าบินจริงเมื่อใช้เพียงเครื่องจำลอง ผู้เรียนที่หยุดเพราะเงื่อนไขความปลอดภัยไม่ผ่านต้องได้โอกาสฝึกซ้ำ

11.3 แนวเฉลย D7

1. ไม่พบอุปกรณ์: ตรวจสายข้อมูล พอร์ต แหล่งจ่าย โหมดอุปกรณ์และไดรเวอร์ที่ตรงรุ่น ก่อนพิจารณาเฟิร์มแวร์
2. โมเดลกลับทิศ: ตรวจทิศติดตั้งบอร์ดและค่า alignment จากคู่มือ ทดสอบเอียงซ้ำหลังแก้ทีละค่า
3. Receiver ไม่ตอบสนอง: ตรวจไฟเลี้ยง การจับคู่ โปรโตคอลและพอร์ต ผัง TX/RX ต้องตรงชนิดอินเทอร์เฟซ ไม่ใช่ทุกระบบใช้สายไขว้แบบเดียว
4. เริ่มยกแล้วพลิกหรือหมุน: หยุด ถอดแบตและใบพัด ตรวจผังมอเตอร์ ทิศหมุน ใบพัดและทิศ FC แล้วทดสอบทีละส่วน
5. ค่าหาย: ตรวจการบันทึก โปรไฟล์ รุ่นเฟิร์มแวร์และความผิดพลาดในการเชื่อมต่อ เก็บหลักฐานก่อนแฟลชหรือล้างค่า

ให้ข้อละ 1 คะแนนสำหรับสมมติฐานที่มีเหตุผล และ 1 คะแนนสำหรับลำดับตรวจที่ปลอดภัยและลดขอบเขตสาเหตุได้

11.4 รูบริกกลางสำหรับประเมินผลงาน

ระดับ	ลักษณะหลักฐาน
4 ดีมาก	ทำได้ถูกต้องด้วยตนเอง อธิบายเหตุผลและข้อจำกัด มีบันทึกทำซ้ำได้
3 ผ่านตามเป้าหมาย	ทำได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ ใช้คำแนะนำเล็กน้อยและมีหลักฐานหลักครบ
2 ต้องพัฒนา	ทำได้บางส่วน ยังสับสนหน่วย ลำดับหรือเหตุผล ต้องชี้แนะเป็นช่วง
1 ต้องสอนซ่อมเสริม	ยังอธิบายหรือทำงานหลักไม่ได้ หลักฐานไม่พอ ต้องกลับไปฝึกพื้นฐาน

ครูใช้รูบริกประกอบคะแนนรายข้อโดยไม่บวกคะแนนซ้ำ สำหรับรายวิชา Drone เพิ่มพฤติกรรม 5 คะแนนจากการรับผิดชอบอุปกรณ์ 2 การบันทึกอย่างซื่อสัตย์ 2 และการทำงานร่วมกัน 1 เงื่อนไขความปลอดภัยประเมินแยกเป็นผ่านหรือยังไม่ผ่านและไม่เฉลี่ยกับคะแนนวิชาการ

หลังเรียนให้ผู้เรียนตอบด้วยตนเองว่า สิ่งใดเข้าใจต่างจากก่อนเรียน หลักฐานใดทำให้เปลี่ยนความคิด และจะตรวจอะไรหากทำงานนี้อีกครั้ง ครูบันทึกประเด็นที่ผิดซ้ำเพื่อปรับการสอนรอบถัดไป

ภาคผนวก ก รายการสื่อต้นทางที่ใช้เรียบเรียง

โฟลเดอร์/ไฟล์	ประเภท	ใช้ในบท
day2/ บันทึก NEV Hybrid (21 ต.ค.), day2-2 (22 ต.ค.), อินโฟกราฟิก ภาพรวม NEV	บันทึก/อินโฟกราฟิก	1, 2
day3/ Training Report Hybrid–EV–Drone, Infographic High Voltage Safety	รายงาน/อินโฟกราฟิก	3, 9
day4/ DAY1 NEV Infographics, EV/REEV Summary + Infographics, Precharge Notes, AC/DC Charging Guide, EV Drone Infographics	คู่มือ/อินโฟกราฟิก	1, 2, 5, 6, 9
day4–day5/ ECU CAN Bus Teaching Guide + Infographic 6 หน้า	คู่มือ/อินโฟกราฟิก	4
day7/ EV Battery Pack Teaching Guide, Infographic, Interactive HTML	คู่มือ/สื่อโต้ตอบ	5
สไลด์วิทยากร: Hybrid Systems, Electric Drive, HV Battery, High Voltage Components, REEV Product Training, การชาร์จ, NEV Engineering Technology	สไลด์ (อ้างอิงสาระ)	1–7
ผังวงจร Qin EV ฉบับการแข่งขัน, 秦-理论知识	เอกสารอ้างอิง	7
day8-10/อบรมDrone ภาพ 81 ภาพ วิดีโอ 15 คลิป และภาพ 27 ต.ค.	ภาพ/วิดีโอ	8
แผนภาพเพื่อการเรียนการสอน 11 ภาพ (จัดทำใหม่)	แผนภาพ	1, 3–9

หมายเหตุ: สไลด์และเอกสารของวิทยากรใช้อ้างอิงสาระเพื่อการศึกษา ไม่ได้ทำซ้ำต้นฉบับ ผู้ต้องการต้นฉบับโปรดติดต่อหน่วยงานผู้จัด

ภาคผนวก ข อภิธานศัพท์

คำศัพท์	ความหมาย
NEV	New Energy Vehicle ยานยนต์พลังงานใหม่
HEV / PHEV / REEV / BEV	ไฮบริด / ไฮบริดเสียบปลั๊ก / ไฟฟ้าขยายระยะทาง / ไฟฟ้าแบตเตอรี่
ICE	Internal Combustion Engine เครื่องยนต์สันดาปภายใน
HV / LV	ระบบแรงดันสูง / แรงดันต่ำ
BMS / CMU / BDU	ระบบจัดการแบตเตอรี่ / หน่วยวัดเซลล์ / ชุดตัดต่อแบตเตอรี่
SOC / SOH	ประจุคงเหลือ / สุขภาพแบตเตอรี่
VCU / MCU / ECU	ตัวควบคุมรถ / ตัวควบคุมมอเตอร์ / หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์
OBC	On-Board Charger เครื่องชาร์จในรถ
DC-link	บัสไฟตรงและตัวเก็บประจุด้านเข้าอินเวอร์เตอร์
Pre-charge	การประจุล่วงหน้าผ่านตัวต้านทานเพื่อลดกระแสกระชาก
HVIL	High Voltage Interlock Loop วงจรตรวจการต่อขั้วต่อแรงสูง
MSD / Service Plug	ปลั๊กตัดวงจรแบตเตอรี่สำหรับงานบริการ
CAN_H / CAN_L	สายสัญญาณ CAN High / Low
Dominant / Recessive	สถานะบิต 0 / บิต 1 บน CAN
ADAS	ระบบช่วยเหลือผู้ขับขี่ขั้นสูง
FC / ESC	บอร์ดควบคุมการบิน / ตัวควบคุมความเร็วมอเตอร์
IMU	หน่วยวัดความเฉื่อย (ไจโรสโคปและมาตรความเร่ง)
UART	การสื่อสารอนุกรมแบบอะซิงโครนัส (TX/RX)
Betaflight	เฟิร์มแวร์และโปรแกรมตั้งค่าบอร์ดควบคุมการบิน
MQTT / Node-RED	โพรโทคอลรับส่งข้อความ IoT / เครื่องมือสร้างโฟลว์และแดชบอร์ด

ภาคผนวก ค แหล่งอ้างอิงเพื่อทวนสอบ

China Association of Automobile Manufacturers (CAAM). Automobile Exports, 2022–2024. https://en.caam.org.cn

U.S. Department of Energy, Alternative Fuels Data Center. How Do Hybrid Electric Cars Work? https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-hybrid-electric-cars-work

U.S. Department of Energy, AFDC. Plug-In Hybrid Electric Vehicles. https://afdc.energy.gov/vehicles/electric-basics-phev

ISO 6469-3 Electrically propelled road vehicles — Safety specifications — Electrical safety. https://www.iso.org/standard/81746.html

Bosch Mobility. Battery Management System. https://www.bosch-mobility.com

Infineon. Automotive Battery Management System. https://www.infineon.com

PX4 Autopilot Documentation. ESCs and Motors / Power Modules / MAVLink. https://docs.px4.io

Betaflight. Configurator and Wiki. https://betaflight.com

Federal Aviation Administration. Drones and Lithium Batteries. https://www.faa.gov/hazmat/packsafe/drones

สำนักงานการบินพลเรือนแห่งประเทศไทย (CAAT). ข้อกำหนดการบังคับหรือปล่อยอากาศยานซึ่งไม่มีนักบิน. https://www.caat.or.th