Guided Questions

ในการออกแบบระบบควบคุม (Controller Design) การจำลองระบบ (Simulation) และการออกแบบตัวประมาณสถานะ (State Estimator) สิ่งสำคัญที่เราจำเป็นต้องทราบคือแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบที่สนใจ เพื่อใช้ในการอธิบายพฤติกรรมของระบบนั้น ๆ ในการ ทดลองนี้จะมุ่งเน้นไปที่ระบบของมอเตอร์แปรงถ่าน (Brushed DC Motor) ซึ่งมีสมการที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

สมการทางไฟฟ้า:

$$V_{in}(t) = V_{emf} + R_m I_m(t) + L_m \frac{dI_m(t)}{dt}$$
(1)

$$V_{emf} = K_e \omega_m(t) \tag{2}$$

สมการทางกล:

$$J_m \frac{d\omega_m(t)}{dt} = T_m - B_m \omega_m(t) \tag{3}$$

$$T_m = K_m I_m(t) (4)$$

เมื่อ $V_{in}(t)$ คือ แรงดังไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์

 $I_m(t)$ คือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านมอเตอร์

 V_{emf} คือ แรงดันไฟฟ้า back emf

 $\omega_m(t)$ คือ ความเร็วเชิงมุมของมอเตอร์

 T_m คือ แรงบิดของมอเตอร์

 K_{ρ} คือ back emf constant

 K_m คือ torque constant

 R_m คือ ค่าความต้านทานไฟฟ้าของมอเตอร์

 L_m คือ ค่าความเหนี่ยวนำของมอเตอร์

 J_m คือ ค่าความเฉื่อย

 B_m คือ ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานหนืด

PART1: SYSTEM MODELLING

1. จากสมการที่ (1) ถึง (4) นักศึกษาคิดว่าระบบของมอเตอร์มี Input และ Output เป็นอะไรบ้าง

2. จากสมการที่ (1) ถึง (4) นักศึกษาเข้าใจว่ามีค่าคงที่ที่ยังไม่ทราบค่าจำนวนกี่ตัว และค่าคงที่เหล่านั้นคืออะไรบ้าง

3. จงพิสูจน์ว่า $K_m=\eta K_e$ เมื่อ Efficiency $(\eta)\in[0,1]$ (Hint! ใช้สมการเกี่ยวกำลัง (Power) ในการพิสูจน์)

4. จงวาด Block Diagram ของระบบ โดยกำหนดให้ $K_m=\eta K_e$

PART2: SYSTEM IDENTIFICATION (RESISTANCE & INDUCTANCE ESTIMATION)

ในการทดลองในส่วนนี้เราจะทำการประยุกต์ใช้องค์ความรู้ทางด้านไฟฟ้าเพื่อที่จะทำการประมาณค่าความต้านทาน R_m และค่าความ เหนี่ยวนำ L_m ของมอเตอร์โดยอุปกรณ์ที่มีให้เพื่อใช้ในการทำการทดลองในครั้งนี้จะประกอบด้วย

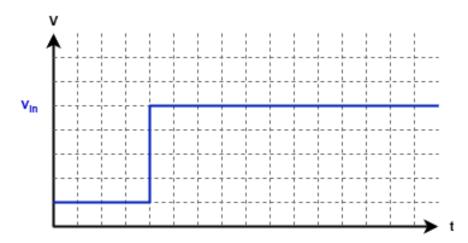
	Oscilloscope แบบ 2 Channel ตัว
	● Multimeter 1 ตัว
	• Power Supply 1 ตัว
	$ullet$ ตัวต้านทาน R_{sh} ที่มีค่าความต้านทาน 6.8Ω และ 8Ω ซึ่งสามารถทนกำลังไฟฟ้าได้ $20W$
5.	หากต้องการลดรูปสมการให้เหลือเฉพาะพจน์ที่เกี่ยวข้องกับ R_m และ L_m ควรดำเนินการอย่างไร? แสดงวิธีการและอธิบายโดยอ้างอิงจากสมการ
	ที่ (1) ถึง (4)
6.	จงเขียนสมการที่ได้หลังการลดรูปพร้อมวาดภาพวงจรไฟฟ้าของสมการที่ได้
7.	เพื่อวัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านมอเตอร์ เราต้องเพิ่มตัวต้านทาน R_{sh} เข้ากับวงจรไฟฟ้า นักศึกษาคิดว่าเราควรเชื่อมต่อตัวต้านทานนี้กับวงจร
	อย่างไร? อธิบายโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า

FRA233 Control Engineering for Robotics

8.	จงเขียนสมการที่ได้หลังการเพิ่มตัวต้านทาน R_{sh} พร้อมวาดภาพวงจรไฟฟ้าของสมการที่ได้
9.	นักศึกษาคิดว่าเราสามารถคำนวณกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรเมื่อเพิ่ม R_{sh} ได้อย่างไร? และต้องการข้อมูลใดเพิ่มเติมเพื่อใช้ในการคำนวณ กระแสไฟฟ้า แสดงคำตอบในรูปแบบสมการทางไฟฟ้า
	ण चर्च वंचव १ प्रवंद १ भू च्या वं । ९ च । भू च्या
10.	หากเราต้องการวัดข้อมูลเพิ่มเติมที่นักศึกษาตอบในข้อที่ 9 โดยใช้ Oscilloscope นักศึกษาควรเชื่อมต่อโพรบกับวงจรอย่างไร? นักศึกษาควรระบุ จุดที่ใช้วัดและขั้วของโพรบให้ชัดเจน พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลในการเลือกจุดเชื่อมต่อนั้น

FRA233 Control Engineering for Robotics

11. จงวาดกราฟแสดงแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมที่ตัวต้านทาน R_{sh} ซึ่งคาดว่าจะวัดได้ โดยสมมุติว่าค่าความต้านทาน R_m มีค่าน้อยมาก



12. นักศึกษาคิดว่าเหตุใดเราจึงไม่ใช้ Multimeter ในการวัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร (ตอบอย่างน้อย 2 เหตุผล)

13. จากวงจรไฟฟ้าในข้อที่ 8 จงพิสูจน์ว่าสมการ $R_m=R_{sh}(rac{v_{in}}{v_{sh}}-1)$ และ $L_m=R_{sh}(rac{ au v_{in}}{v_{sh}})$ เป็นจริง โดยกำหนดให้ au คือ time constant และ V_{sh} คือ แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมที่ตัวต้านทาน R_{sh} (Hint! ลองแบ่งคิดเป็นสองช่วง)

FRA233 Control Engineering for Robotics

14.	ให้นักศึกษาแสดงวิธีการประมาณค่าแรงดันไฟฟ้า V_{in} สูงสุดที่จะทำให้เรามั่นใจว่าจะไม่มีอุปกรณ์ไฟฟ้าในวงจรเสียหายพร้อมอธิบายเหตุผล โดย กำหนดให้มอเตอร์ของเราสามารถทนแรงดันไฟฟ้าสูงสุดได้ที่ 12V โดยให้สมมุติว่าเราจะไม่ทราบและยังไม่สามารถวัดค่าของตัวแปรต่าง ๆ ของ มอเตอร์ได้
15.	นักศึกษาคิดว่าค่าความต้านทาน R_{sh} ที่จะใช้แทนค่าเพื่อหาค่า R_m และ L_m ควรใช้ค่าเป็นค่าความต้านทานตามที่ระบุอยู่บนตัวต้านทานหรือไม่ หากไม่ควรใช้วิธีใดในการหาค่าความต้านทาน R_{sh}