มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
การสอบกลางภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561

วิชา INC 341 System Modelling and Analysis วศ. ระบบควบคุมและเครื่องมือวัด ปีที่ 3 (ปกติ, สหกิจ)
สอบ วันจันทร์ที่ 1 ตุลาคม 2561 **เวลา** 09.00 – 12.00 น.

คำเตือน

1. ข้อสอบวิชานี้มี 5 ข้อ รวม 80 คะแนน มี 6 หน้า (รวมใบปะหน้าและตารางสูตร)
2. แสดงวิธีทำทุกข้อและเขียนคำตอบลงในสมุดคำตอบ
3. อนุญาตให้ใช้เครื่องคำนวนตามระเบียบมหาวิทยาลัยฯ
4. ห้ามนำเอกสารทุกชนิดเข้าห้องสอบ

เมื่อนักศึกษาทำข้อสอบเสร็จ ต้องยกมือบอกกรรมการคุมสอบ
เพื่อขออนุญาตออกนอกห้องสอบ

ห้ามนักศึกษานำข้อสอบ กระดาษคำตอบ หรือสมุดคำตอบออกจากห้องสอบไม่ว่าในกรณีใด ๆ
หากฝ่าฝืนจะได้รับการพิจารณาโทษ ให้ได้คะแนน "0" ในการสอบรายวิชานั้นในครั้งนั้น

นักศึกษาซึ่งทุจริตในการสอบ อาจถูกพิจารณาโทษสูงสุดให้พ้นสภาพการเป็นนักศึกษา

(ผศ. ดร. สุดชาย บุญโต)
ผู้ออกข้อสอบ โทร. 0-2470-9091

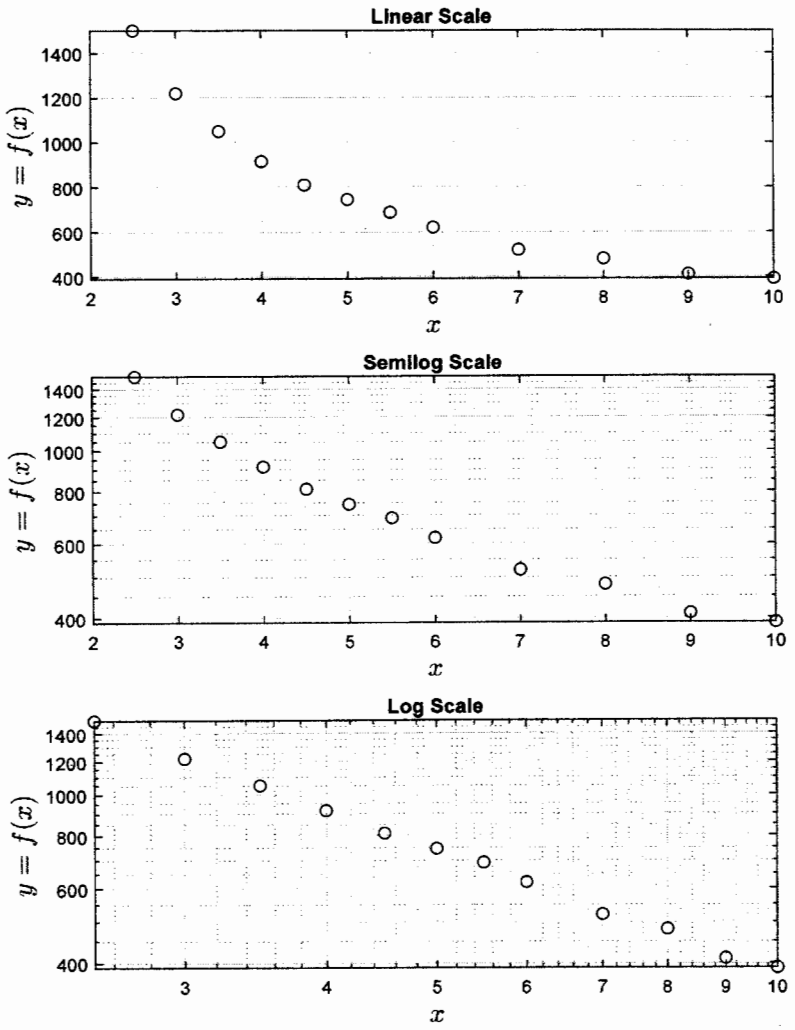
ข้อสอบนี้ได้ผ่านการประเมินจากภาควิชาวิศวกรรมระบบ
ควบคุมและเครื่องมือวัดแล้ว

(ผศ. ดร. สุดชาย บุญโต)
หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม
และเครื่องมือวัด

1. จากข้อมูลที่กำหนดในตาราง

x	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	7	8	9	10
$y = f(x)$	1500	1220	1050	915	810	745	690	620	520	480	410	390

เมื่อนำข้อมูลในตารางมาพล็อตกราฟบน Linear scale , Semilog scale และ log scale จะได้ผลดังในรูปที่ 1



รูปที่ 1: กราฟของ $y = f(x)$

ก) ถ้านักศึกษาต้องการสร้างแบบจำลองสถิต (static model) นักศึกษาจะเลือกฟังก์ชันชนิดใดในการปรับเส้นโค้ง (curve fitting) ระหว่าง

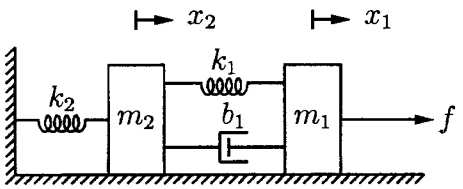
1. affine function $y(x) = mx + b$
2. power function $y(x) = bx^m$
3. exponential function $y(x) = be^{mx}$

จงให้เหตุผล (5 คะแนน)

ข) จากการเลือกในข้อ ก จงคำนวณหาค่า m และ b (10 คะแนน)

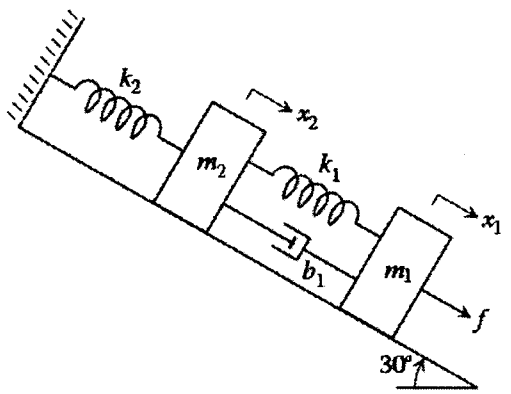
2. สำหรับระบบย่อยแต่ระบบ ถ้าสัญญาณเข้า (input) คือแรง f และสัญญาณออก (output) เป็นระยะการเคลื่อนที่ x_1 และ x_2 ของมวล m_1 และมวล m_2 ตามลำดับ ถ้าไม่สนใจแรงเสียดทานระหว่างมวลและพื้นผิว จงหาสมการพลวัต (Dynamic equation) ของระบบต่อไปนี้

ก) (10 คะแนน)



รูปที่ 2: รูปสำหรับคำถามข้อ 2.ก

ข) (10 คะแนน)



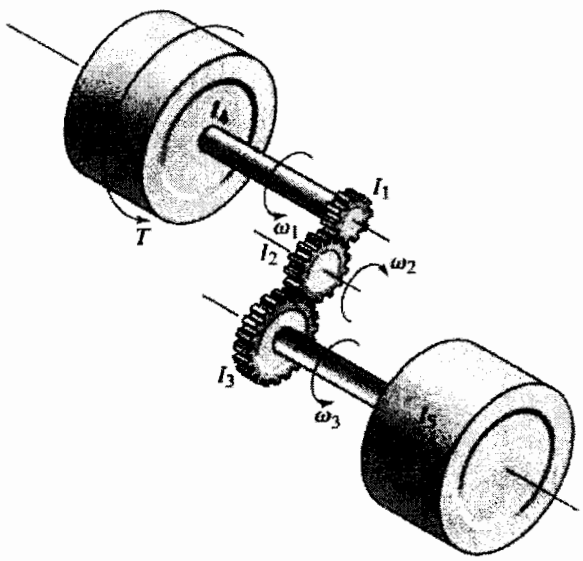
รูปที่ 3: รูปสำหรับคำถามข้อ 2.ข

3. สำหรับระบบเฟือง (gear system) ในรูปที่ 4 สมมติให้ความเฉื่อยของเพลาและเฟือง I_1, I_2 และ I_3 มีค่าน้อยมากและสามารถตัดทิ้งได้ ความเฉื่อยของมอเตอร์และโหลดในหน่วย kg·m^2 มีค่า

$$I_4 = 0.03 \qquad I_5 = 0.15$$

และอัตราส่วนของความเร็วรอบเป็น

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{\omega_2}{\omega_3} = 1.6$$



รูปที่ 4: ระบบเฟืองสำหรับคำถามข้อ 3

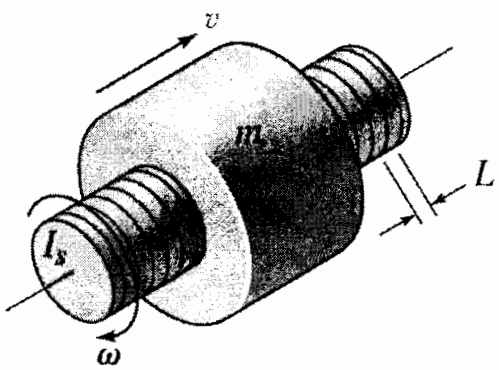
ก) จงหาสมการพลวัตในเทอมของมุม θ_3 และทอร์กอินพุต T (10 คะแนน)

ข) เฟืองชุดกลาง ที่มีความเร็ว ω_2 มีประโยชน์อย่างไร จงอธิบาย (3 คะแนน)

4. Lead screw ดังแสดงในรูปที่ 5 ถูกใช้ในการเปลี่ยนการหมุนของมอเตอร์ไปเป็นการเคลื่อนที่ในแนวราบของมวล m ในหนึ่งรอบของสกรู(screw) มวลจะมีการเคลื่อนที่ L เมตร

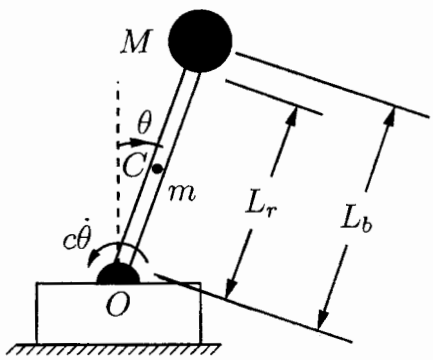
ก) จงหาความเฉื่อยสมมูล (equivalent inertia) ของระบบ โดยกำหนดให้ I_s เป็นความเฉื่อยของสกรู (10 คะแนน)

ข) ถ้าความเร็วรอบของมอเตอร์ ω คงที่ จงอธิบายถึงวิธีการที่จะกำหนดความเร็ว v ในการเคลื่อนที่ของมวล m (2 คะแนน)



รูปที่ 5: รูปสำหรับคำถามข้อ 4

5. จากระบบเพนดูลัมผกผัน (inverted-pendulum) ดังแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งมีมวล M ยึดติดกับก้านยึดที่มีมวล m และมีความยาว L_r จุดศูนย์กลางมวลของก้านยึดอยู่ที่จุด C ระบบเพนดูลัมผกผันจะหมุนรอบ ๆ จุดยึด O ซึ่งที่ฐานและก้านยึดจะมีแรงเสียดทาน $c\dot{\theta}$



รูปที่ 6: รูปสำหรับคำถามข้อ 5

ก) จงหาความเฉื่อยสมมูล (equivalent inertia) J_e ของระบบ (มวลและก้านยึด) ที่จุด O เมื่อกำหนดให้ความเฉื่อยของมวลคือ ML_b^2 และ ความเฉื่อยของก้านยึดที่ศูนย์กลางมวล C เป็น $\frac{1}{12}mL_r^2$ (5 คะแนน)

ข) จงหาจุดศูนย์กลางมวลรวมของมวล M และก้านยึด โดยวัดเป็นระยะจากจุด O และหาสมการการเคลื่อนที่ของระบบ (10 คะแนน)

ค) จงหาการประมาณเชิงเส้นของสมการการเคลื่อนที่ของระบบในข้อ (ข) เมื่อกำหนดให้ θ มีค่าน้อย จากผลลัพธ์ที่ได้ ความถี่ธรรมชาติ (Natural frequency) ของระบบมีค่าเท่าใด (5 คะแนน)

Formulas and Tables

Gear

$$\frac{\theta_2}{\theta_1} = \frac{r_1}{r_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

Kinetic Energy

$$\text{KE} = \frac{1}{2}mv^2 \qquad \text{KE} = \frac{1}{2}J\omega^2$$

Parallel axis theorem

$$J = J_s + md^2,$$

where J_s is the inertia about the symmetry axis and d is a parallel distant.

Motion equation

$$\Sigma F = m\ddot{x}$$
$$\Sigma M = J\ddot{\theta}$$