

2102333: ระบบควบคุมเชิงเส้น 1 และปฏิบัติการ
ห้องปฏิบัติการพื้นฐานระบบควบคุม
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองที่ 2 การจำลองและวิเคราะห์ระบบพลวัตด้วยคอมพิวเตอร์ 2

หมายเลขชุดทดลอง ตอนเรียน คะแนน /20
ชื่อ รหัสนิสิต
ชื่อ รหัสนิสิต
ชื่อ รหัสนิสิต

วัตถุประสงค์

ศึกษาการใช้ Simscape เพื่อจำลองและวิเคราะห์ระบบพลวัตเชิงฟิสิกส์

บทนำ

การทดลองโดยการจำลองระบบด้วย Simulink นั้นมีความใกล้เคียงกับการจำลองระบบจริงเมื่อ แบบจำลองในรูปแบบฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์มีความใกล้เคียงกับระบบจริงมากที่สุด รวมทั้งการจำลองดังกล่าวทำให้มองไม่เห็นวาระบบจริงนั้นเป็นอย่างไร จึงได้มีการคิดค้น Software ชื่อว่า Simscape เพื่อลดขั้นตอนการหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และสามารถทำให้การต่อกันของอุปกรณ์มีความสมจริงขึ้น

Simscape คือ Software จำลองปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทางฟิสิกส์ โดยอาศัยการนำอุปกรณ์ หรือส่วนประกอบต่าง ๆ มาวางต่อกัน ซึ่งจะทำให้เห็นภาพการเชื่อมต่อกันระหว่างอุปกรณ์ได้ดียิ่งขึ้น แต่เนื่องจากการยังคงเป็นการจำลองระบบบนคอมพิวเตอร์ ดังนั้น ในการทดลองนี้จะแสดงให้เห็นว่าสัญญาณที่ใส่ให้กับระบบที่มีความถี่ค่าหนึ่งกับอัตราการสุ่มตัวอย่างเพื่อใช้ในการคำนวณ จะยังคงมีผลต่อผลการจำลองของระบบ ¹

สิ่งที่ต้องเตรียมมาก่อน : ขอให้นิสิตทุกคนทำการลง Library Simscape ล่วงหน้ามาให้เรียบร้อย รวมทั้ง Library Simscape Power electric มาด้วย

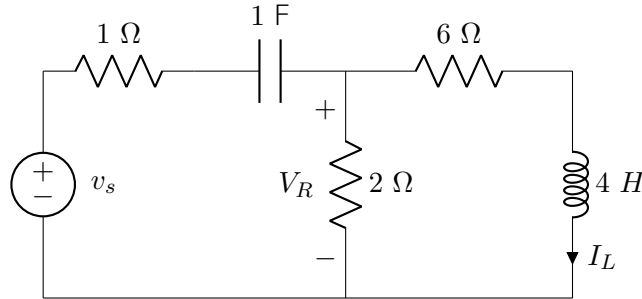
การจำลองระบบด้วย Simscape

Simscape เป็น Library ที่มีอุปกรณ์ที่เกี่ยวกับฟิสิกส์พื้นฐานทั้งทางไฟฟ้า และทางกล ในการทดลองนี้เราจะทดลองเฉพาะ อุปกรณ์ทางไฟฟ้า ส่วนประกอบทางกลต่อการเลื่อนตำแหน่ง และส่วนประกอบทางกลต่อการหมุน

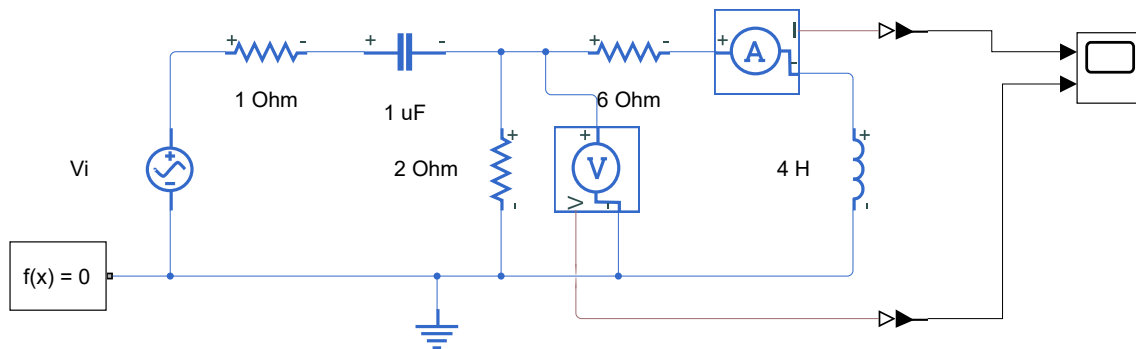
¹Simscape เป็น Library ที่มีความหลากหลายในการทดลอง สามารถศึกษา Library อื่น ๆ ได้จาก[ลิงค์นี้](#)

อุปกรณ์ทางไฟฟ้า (Circuit)

ในการทดลองนี้จะทดลองเฉพาะอุปกรณ์ประเภท Passive ได้แก่ ความต้านทาน ความเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุ พิจารณาวจรในรูปที่ 1 ซึ่งสิ่งที่สนใจคือ แรงดันที่ตกคร่อมความต้านทาน $2\ \Omega$ และกระแสที่ไหลผ่านขดลวดเหนี่ยวนำ $4\ H$ เราสามารถต่อวงจรได้ดังรูปที่ 2



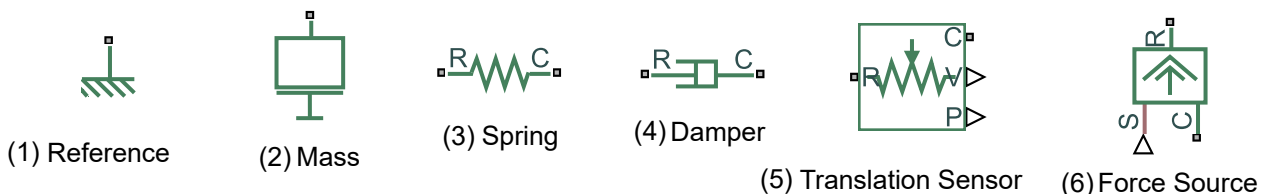
รูปที่ 1: วงจรไฟฟ้าอันดับสอง



รูปที่ 2: วงจรไฟฟ้าบน Simscape

ส่วนประกอบทางกลต่อการเคลื่อนตำแหน่ง (Mass Spring Damper)

ในการเคลื่อนที่สามารถอธิบายเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้โดยอาศัยกฎข้อที่ 2 ของนิวตันในการหาสมการการเคลื่อนที่ ในวิชานี้จะเน้นไปที่การเคลื่อนที่ใน 1 มิติ และมีส่วนประกอบ ได้แก่ มวล (m), สปริง (k) และความหนืด (b) ซึ่งมีสัญลักษณ์ ดังนี้



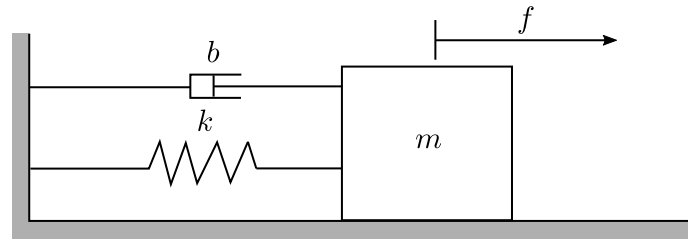
รูปที่ 3: ส่วนประกอบของการเคลื่อนที่ต่อการเคลื่อนตำแหน่ง (1) จุดอ้างอิง (2) มวล (3) สปริง (4) ความหนืด (5) ตัววัดการเคลื่อนที่ (6) ตัวกำเนิดแรง

1. จุดอ้างอิง ใช้สำหรับอ้างอิงตำแหน่งของวัตถุ
2. มวล กรณีต้องการใส่แรงทั้งสองข้างสามารถแก้เป็นรูปแบบที่ 2 ได้
3. สปริง มีทิศจาก R ไป C

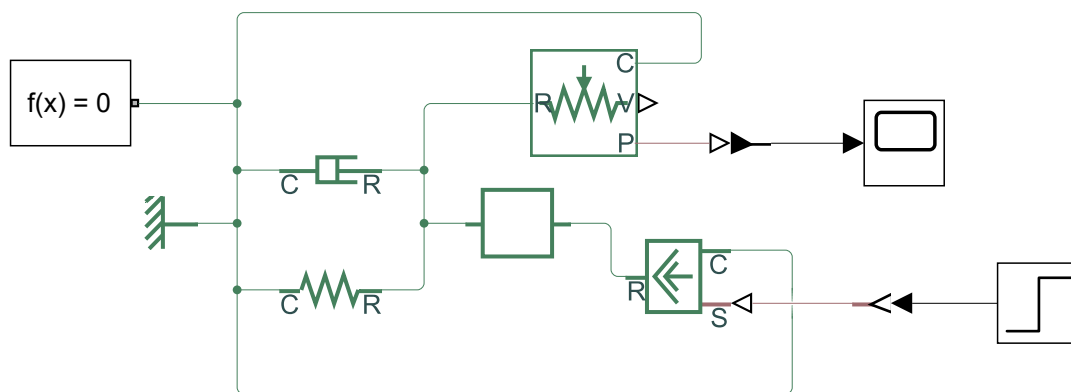
4. ความหนืด มีทิศจาก R ไป C
5. ตัววัดการเคลื่อนที่ แสดงค่าความเร็ว และตำแหน่งที่ตัวแปร V และ P ตามลำดับ ความเร็วเป็นบวกเมื่อค่า R มากกว่า C
6. ตัวกำเนิดแรง ทำหน้าที่สร้างแรงจาก R ไป C ขนาด S

ตัวอย่างการใช้งาน

พิจารณาระบบดังรูปที่ 4 เป็นการยึดสปริง และความหนืดไว้ที่กำแพง และมีแรงดึงออกกระทำต่อมวล เมื่อเชื่อมต่อบน Simscape จะได้ดังรูปที่ 5



รูปที่ 4: ระบบมวล สปริง และความหนืด

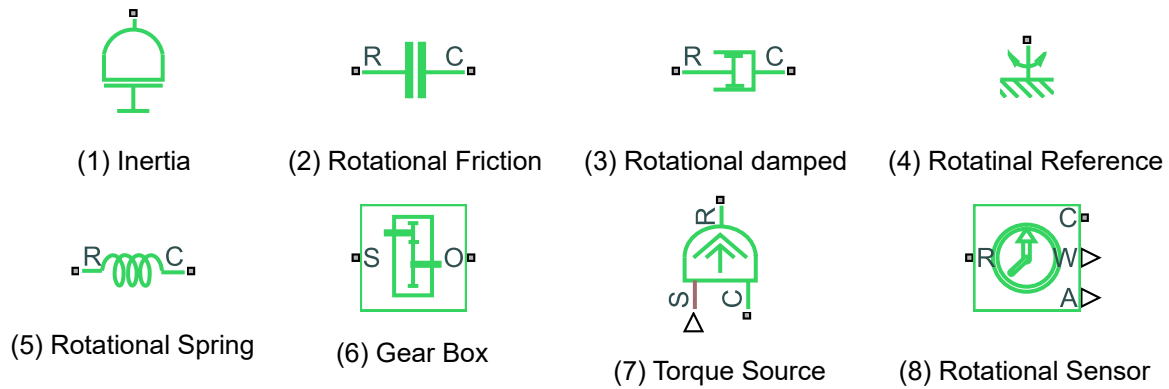


รูปที่ 5: ระบบมวล สปริง และความหนืดบน Simscape

ส่วนประกอบทางกลต่อการหมุน (Spring Inertia Damper)

การหมุนมีสมการที่คล้ายคลึงกับการเคลื่อนที่ต่อการเลื่อนตำแหน่ง นั่นคืออาศัยกฎของนิวตันในการหาสมการอธิบายการหมุนของวัตถุ ในวิชานี้จะเน้นไปที่การหมุนใน 1 มิติ และมีส่วนประกอบ ได้แก่ โมเมนต์ความเฉื่อย (J) ความหนืดต่อการหมุน (b) สปริงต่อการหมุน (k) และเกียร์ทดรอบ (N_i)

1. โมเมนต์ความเฉื่อย กรณีต้องการใส่แรงทั้งสองข้างสามารถแก้เป็นรูปแบบที่ 2 ได้
2. แรงเสียดทานต่อการหมุน มีทิศจาก R ไป C
3. ความหนืดต่อการหมุน มีทิศจาก R ไป C
4. จุดอ้างอิงการหมุน ใช้สำหรับอ้างอิงตำแหน่งของวัตถุ
5. สปริงการหมุน มีทิศจาก R ไป C
6. ชุดเกียร์ โดยสัญญาณขาเข้าคือ S สัญญาณขาออกคือ O



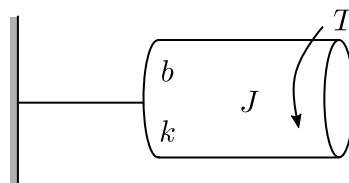
รูปที่ 6: ส่วนประกอบของการหมุน (1) โมเมนต์ความเฉื่อย (2) แรงเสียดทานต่อการหมุน (3) ความหนืดต่อการหมุน (4) จุดอ้างอิงการหมุน (5) สปริงการหมุน (6) ชุดเกียร์ (7) ตัวกำเนิดแรงบิด (8) ตัวรับรู้การหมุน

7. ตัวกำเนิดแรงบิด ทำหน้าที่สร้างแรงบิดจาก R ไป C ขนาด S

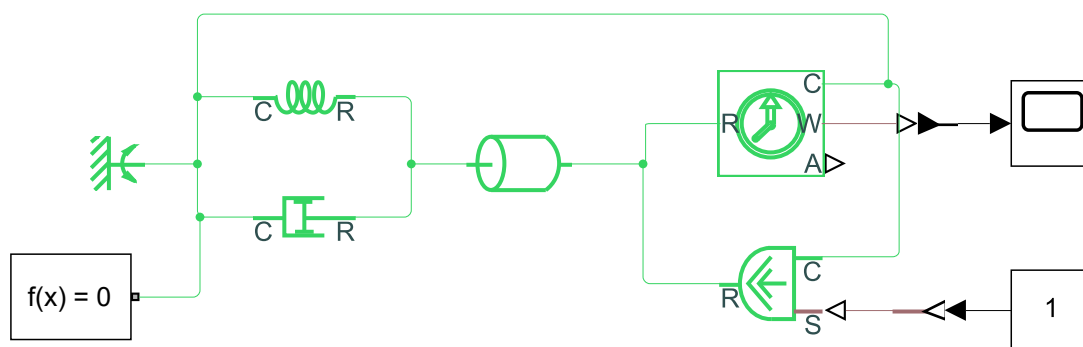
8. ตัววัดการหมุน แสดงค่าความเร็วเชิงมุม และมุมที่ตัวแปร W และ A ตามลำดับ ค่าความเร็วเชิงมุมเป็นบวกเมื่อค่า R มากกว่า C

ตัวอย่างการใช้งาน

พิจารณาระบบดังรูปที่ 7 เป็นการยึดสปริง และความหนืดไว้ที่กำแพง และมีแรงดึงออกกระทำต่อมวล เมื่อเชื่อมต่อบน Simscape จะได้ดังรูปที่ 8



รูปที่ 7: ระบบการหมุน



รูปที่ 8: ระบบการหมุนบน Simscape

การทดลองที่ 2 การจำลองและวิเคราะห์ระบบพลวัตด้วยคอมพิวเตอร์ 2

หมายเลขกลุ่ม

ตอนเรียน

คะแนน

/20

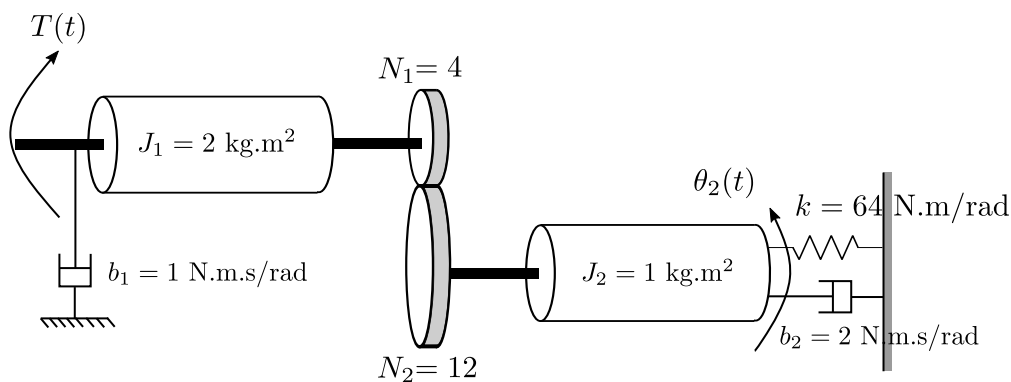
1. ชื่อ
2. ชื่อ
3. ชื่อ

1. รหัสนิสิต
2. รหัสนิสิต
3. รหัสนิสิต

การทดลอง การจำลองการหมุนของวัตถุ

ขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อระบบการหมุนดังรูปด้านล่าง บนหน้า Simulink ด้วย Library Simscape โดยให้สัญญาณแรงบิดที่กระทำต่อทรงกระบอก J_1 เป็นสัญญาณสี่เหลี่ยม แอมพลิจูด 10 N.m ความถี่ 0.02 Hz และตั้งค่าการทดลองเป็น Fixed-step size เป็น $1e-5$ และ Time Stop มีค่า 50 วินาที



รูปที่ 9: ระบบการหมุน

2. กด Run เพื่อดำเนินการแสดงผลการจำลอง แล้วบันทึกผลตอบสนอง $\theta_2(t)$
3. เปลี่ยนให้ค่า $b_1 = 10$ N.m.s/rad และค่า $b_2 = 2$ N.m.s/rad แล้วบันทึกผลตอบสนอง $\theta_2(t)$
4. ให้ค่า $b_1 = 1$ N.m.s/rad และค่า $b_2 = 20$ N.m.s/rad แล้วบันทึกผลตอบสนอง $\theta_2(t)$

ผลการทดลอง

1. แสดงแผนภาพ Simscape ที่ต่อได้
2. แสดงผลตอบสนองทั้งสามกรณี
3. แสดงวิธีการหาฟังก์ชันถ่ายโอน $H(s) = \frac{\Theta_2(s)}{T(s)}$ โดยให้อยู่ในรูป $J_1, J_2, b_1, b_2, k, N_1$ และ N_2
4. สรุปผลการทดลองผลตอบสนองจากการเปลี่ยนแปลงค่าความหน่วงต่อการหมุน