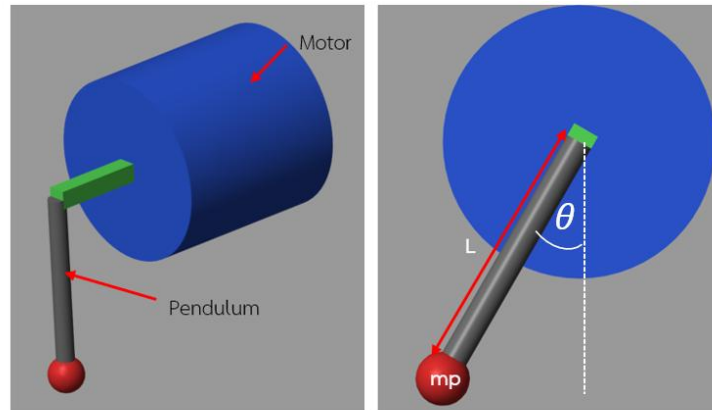


Guided Questions

จากการทดลองในครั้งที่แล้วนักศึกษาจะสามารถหา parameters ที่อยู่ภายในมอเตอร์ได้แล้ว ในครั้งนี้เราจะนำ parameters ที่ได้มาทำการสร้างแบบจำลองของมอเตอร์เพื่อนำมาใช้เป็นระบบส่งกำลังให้กับ Vertical Pendulum ซึ่งจะจำลองให้มีความใกล้เคียงกับ Revolute Joint ในวิชา studio ดังภาพ โดยในการจะเป็นการทดลองออกแบบ ระบบ Controller ให้กับ Vertical Pendulum



ภาพที่ *a. Vertical Pendulum with motor*

ระบบ Vertical Pendulum ประกอบไปด้วย point mass ที่มีมวล mp อยู่ที่ปลาย massless link ยาว L จุดหมุนต่ออยู่กับมอเตอร์โดยตรง โดยมีมุม θ ที่วัดได้เริ่มวัดจากตำแหน่งซึ่งลงเป็น 0 rad และ Pendulum มี input เป็น torque (τ) จากมอเตอร์

- ให้นักศึกษาทำการวาด **Free Body Diagram** และเขียน **Equation of Motion** ของระบบ Vertical Pendulum (ยังไม่ต้องใส่ dynamics ของมอเตอร์)

2. นักศึกษาคิดว่าจาก Equation of Motion ในข้อที่ 1 ของระบบเป็น linear system หรือไม่ เพราะเหตุใด? หากระบบไม่เป็น linear นักศึกษาจะสามารถแก้ไขสมการอย่างไรเพื่อให้ระบบเป็น linear system (Hint: เราสามารถกำหนดอะไรบางอย่างให้เป็น Disturbance ได้)
3. จงเขียนสมการของ linear system ของระบบที่ได้จากข้อก่อนหน้าใน Laplace Domain
4. จงเขียน **block diagram** ของระบบ Position Control ที่ประกอบไปด้วย Plant (Vertical Pendulum), P-Controller, Disturbance Feedforward Controller, Saturation
5. จากสมการในข้อที่ 3 จงหา Disturbance Feedforward Transfer function ของระบบเมื่อกำหนดให้ *Torque* เป็น Input และ V_{in} เป็น Output ของ Transfer function

6. จงออกแบบ P-Controller (หาช่วงของค่า K_p) สำหรับการควบคุมตำแหน่งเชิงมุมของระบบเมื่อกำหนดให้
 - 6.1 Percent Overshoot (PO) ต้องไม่เกิน 10%
 - 6.2 Peak Time (T_p) ต้องไม่เกิน 3s
 - 6.3 แรงดันไฟฟ้า V_{in} ต้องไม่เกิน $\pm 12V$
 - 6.4 ระบบจะต้องอยู่ในช่วง Stable

7. จงเขียน **block diagram** ของระบบ **Cascade-Loop Control** ที่ประกอบไปด้วย Plant (Vertical Pendulum), Position-Controller, Speed-Controller, Disturbance Feedforward Controller, Reference Feedforward Controller, Saturation โดยระบบที่เป็น Cascade-loop ในข้อนี้จะมี Setpoint อยู่ 2 ส่วนได้แก่

$\theta_{ref} (rad)$ คือ Setpoint ของตำแหน่งเชิงมุม

$\omega_{ref} (rad/s)$ คือ Setpoint ของความเร็วเชิงมุม

8. จากสมการในข้อที่ 3 จงหา Reference Feedforward Transfer function ของระบบเมื่อกำหนดให้ ω_{ref} เป็น Input และ V_{in} เป็น Output ของ Transfer function