

## Control Automático I – ELO270 – 2020 S2

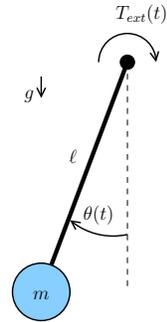
### Tarea 3: Lugar geométrico de raíces y Nyquist

El objetivo de esta tarea es utilizar MATLAB - SIMULINK para el diseño de un lazo de control lineal analizando el Lugar Geométrico de Raíces (LGR), el criterio de estabilidad (robusta) de Nyquist y luego aplicarlo al sistema *verdadero*.

Considere nuevamente el péndulo **no lineal** de Tarea 1 descrito por:

$$J \frac{d^2\theta(t)}{dt^2} = -m g \ell \sin \theta(t) - C \frac{d\theta(t)}{dt} + T_{ext}(t)$$

en que  $J = m\ell^2$  es el momento de inercia del péndulo,  $m$  es la masa en el extremo del péndulo,  $\ell$  es el largo del péndulo,  $g$  es la aceleración de gravedad, y  $C$  es una constante de roce viscoso.



1. Escoja valores para  $0,5 < m \leq 1$ [kg],  $0,5 < \ell \leq 1$ [m],  $0 < C \leq 0,1$ [N m s/rad] y considere como **entrada** del sistema  $u(t) = T_{ext}(t)$  [Nm] : torque externo aplicado en el extremo fijo del péndulo y como **salida**  $y(t) = \theta(t)$  [rad] es el ángulo de desviación respecto a la vertical.
2. Determine el modelo nominal  $G_o(s)$  del péndulo **linealizado** en el punto de equilibrio *superior*, es decir,  $u_Q = 0$  e  $y_Q = \pi$
3. Con ayuda del LGR (teóricamente y luego con `sisotool`), determine si es posible elegir los parámetros de los siguientes controladores tal que el lazo nominal sea internamente estable:

$$C_P(s) = K_p \qquad C_{PD}(s) = K_p \left( 1 + \frac{T_d s}{\tau_d s + 1} \right) = \frac{K(s + c)}{s + p}$$

4. Para los casos en que se obtiene un controlador estabilizante:
  - a) Obtenga los polos de lazo cerrado.
  - b) Obtenga gráficos de la salida  $y(t)$ , cuando  $d_o(t)$  es un escalón unitario.
  - c) Obtenga el diagrama de Bode de  $S_o(s)$  y de  $T_o(s)$ .
  - d) Obtenga el diagrama de Nyquist de  $G_o(s)C(s)$  y determine los márgenes de ganancia y fase y el *peak* de sensibilidad.
5. Considere ahora que el torque  $u(t) = T_{ext}(t)$  [Nm] depende del voltaje  $v_m(t)$  aplicado a un motor eléctrico (el actuador) con función transferencia

$$\frac{T_{ext}(s)}{V_m(s)} = \frac{0,1e^{-T_d s}}{\tau_e s + 1}$$

en que el retardo  $T_d \approx 0,1$ , la constante de tiempo eléctrica  $\tau_e \approx 0,1$  y el voltaje está limitado a  $|v_m(t)| \leq 10$ .

6. ¿Es el lazo lineal *verdadero* estable? ¿Modificaría los parámetros de los controladores anteriores?

7. Con los controladores *modificados* simule el lazo con el péndulo **no lineal** (y con el actuador) para diferentes condiciones iniciales de ángulo cerca de la vertical superior. ¿cuál es el ángulo máximo del péndulo fuera de la vertical superior tal que el controlador aun es capaz de llevarlo a la vertical?
  8. Comente los resultados obtenidos.
- 

### ¡IMPORTANTE!

- La tarea debe entregarse a través de la plataforma Aula, incluyendo:
  - Informe en formato .pdf que detalle el trabajo realizado (explicaciones, cálculos, resultados y gráficos obtenidos, comentarios, etc.). (Máximo 10 páginas)
  - **Archivo(s) MATLAB - SIMULINK usado(s) para generar las simulaciones y que permita, en caso necesario, replicar los resultados presentados en el informe.**
- Las tareas podrán desarrollarlas en **grupos de 2 o 3 personas**, sin embargo, basta que una persona suba la tarea a través de Aula indicando claramente quienes componen dicho grupo.
- Recuerden que, de acuerdo al Protocolo Institucional para la docencia virtual “En caso de fraude académico, el profesor(a) puede calificar la evaluación con nota cero e informar a la Dirección General de Docencia, o alternativamente, presentar el caso a la Comisión Universitaria.”