

ESTABILIDAD DE SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

Estabilidad de Sistemas Dinámicos

Fecha de entrega: 26 de mayo de 2022.

Consideremos la ecuación diferencial

$$\begin{cases} \frac{d\delta}{dt} = \omega \\ M \cdot \frac{d\omega}{dt} = -D\omega + P_m - P_e \cdot \sin(\delta) \end{cases}$$

que modela una máquina síncrona conectada a una barra infinita. Las constantes M , D , P_m , P_e , son parámetros del sistema. Se pide:

1. Observando que los puntos de equilibrio del sistema están sobre el eje $\omega = 0$ discutir, en función de la relación entre P_m y P_e , el número de puntos de equilibrio con δ en el intervalo $[-2\pi, 2\pi]$.
2. Determinar los puntos de equilibrio y estudiar la estabilidad de los mismos linealizando el sistema.

De ahora en más los valores, con unidades adecuadas, son los siguientes:

$$M = 0,0438 \text{ , } P_m = 2,8588 \text{ , } P_e = 9,4876$$

3. Asumamos que $D = 0,31$. Consideremos el punto de equilibrio asintóticamente estable. Sea A la matriz que se obtiene al linealizar el sistema en torno a dicho punto. Utilizando la función *lyap* de Matlab, hallar una matriz $P = P^T > 0$ tal que $A^T P + P A = -I$, siendo I la matriz identidad (se sugiere leer la descripción de la función *lyap* y verificar que P satisface la igualdad pretendida).

4. **a)** Modelar el sistema utilizando algún simulador numérico (por ejemplo Simulink).

Limitando el paso máximo de tiempo a 0.01, estudiar las trayectorias que se inician en el punto

$$\begin{bmatrix} \delta_0 \\ \omega_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -3,4467 \\ 0,0099 \end{bmatrix}$$

para distintos valores de D , tratando de identificar cambios cualitativos en el comportamiento del sistema (por ejemplo: $D = 0,31$ y $D = 0,031$).

- b)** La variación de D , si bien no afecta la estabilidad local, modifica sustancialmente el comportamiento dinámico de la trayectoria observada. Esto da lugar a lo que se denomina *bifurcación global*. Mediante bipartición, halle aproximadamente el valor D_{crit} que separa los dos comportamientos observados en a) y b). Busque hasta 8 cifras después de la coma.
- c)** El punto de inicio elegido es esencialmente un punto de equilibrio inestable desplazado ligeramente en la dirección de su autovector de valor propio positivo. Observar que en los últimos casos la trayectoria pasa prácticamente por el otro punto de equilibrio inestable. ¿Qué puede afirmar respecto de la región de atracción para los valores de D estudiados antes?