UNIVERSIDAD NACIONAL DE MAR DEL PLATA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO ELECTRÓNICA

ÁREA: CONTROL

CÁTEDRA: Sistemas de Control
Guía N° 4: ANALISIS DE SISTEMAS MEDIANTE EL PLANO DE FASE

N°1:

Estudie el régimen libre (*X=0*) del servomecanismo de posición cuyo esquema funcional se muestra en la figura. Considere que para *t=0* se tiene:

$$y = y_0 < 0$$
$$\dot{y} = 0$$

a) - Escriba la ecuación diferencial de la señal de error *e* en función de ω_0 y del coeficiente de amortiguamiento ξ. Defina las siguientes variables de estado:

$$X_1 = e$$
$$X_2 = \frac{\dot{e}}{\omega_0}$$

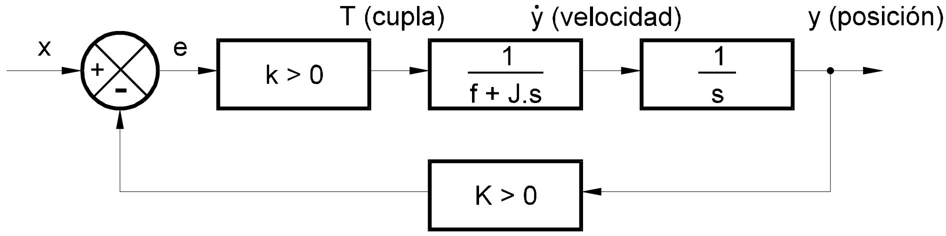
b) - Sean:

$$J = 6.25\,10^{-3}\,\left[J \cdot s^2\right]$$
$$f = 10^{-2}\,\left[J \cdot s^2\right]$$
$$K = 10$$

Conservando las variables de estado elegidas anteriormente, construir las trayectorias de fase utilizando el método de las isoclinas para los casos en que:

$$k = 10^{-4}\left[\frac{J}{V}\right]$$
$$k = 10^{-2}\left[\frac{J}{V}\right]$$

Qué se obtiene si *f = 0*?,
Qué se obtiene si *k < 0*?
Indicar como se comporta el sistema si *x(t) = a.U(t).*



N°2:

El siguiente sistema de ecuaciones representa un sistema no lineal de segundo orden.

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = 2x_2 - signo(x_2) \\ \dot{x}_2 = -2x_1 + signo(x_1) \cdot [signo(x_2) + 1] \end{cases}$$

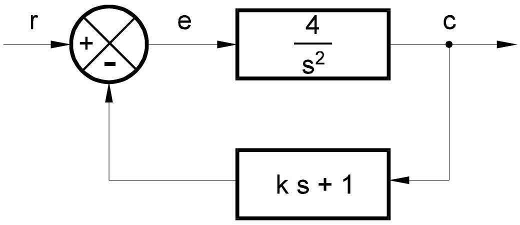
a) Representar el sistema con un diagrama en bloques.
b) Determinar los puntos singulares y analizar el comportamiento en su entorno.
c) Bosquejar el plano de fase para diferentes condiciones iniciales.

N°3:

Para el sistema mostrado en la figura, dibujar el campo de isoclinas y las trayectorias de fase en el plano $(e, \dot{e})$ para el caso en que:

a) - *K = 0*
b) - *K = 1*

Suponer que la entrada *r(t) = 0* para *t>0*.

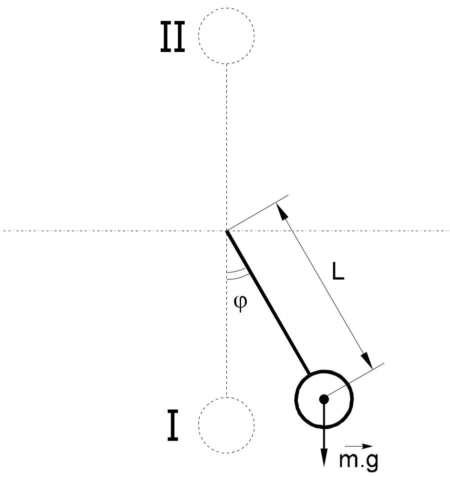


N°4:

Para el péndulo mostrado en la figura siguiente:

a) - Escribir las ecuaciones de estado que lo caracterizan.
b) - Determinar los puntos de equilibrio del sistema.
c) - Hallar la dinámica del sistema para pequeñas perturbaciones entorno de los puntos de equilibrio.
d) - Determinar las trayectorias de fase del sistema sin linealizar, resolviéndolo analíticamente.
e) - Dibujar las trayectorias de fase y analizar los resultados obtenidos.

Considérese: *g/L* = 1



N°5:

Considérese un sistema de control no lineal, como se muestra en la figura, donde G_p = *1/(s.(s+1))* y la alinealidad definida según la gráfica.

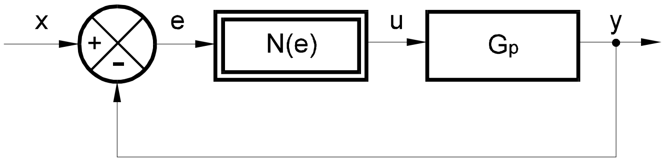
a) - Estudiar la trayectoria de fase en el plano de coordenadas $(e,\dot{e})$. Determinar la naturaleza del punto singular, distinguiendo tres casos:

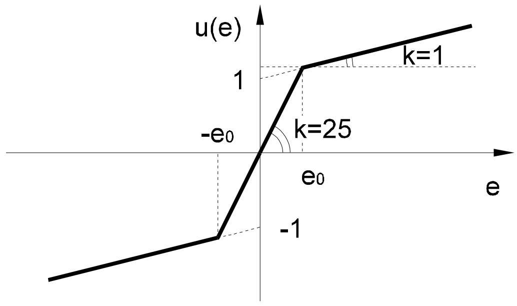
$$e > e_0$$

$$e < -e_0$$

$$|e| < e_0$$

b) - Analizar el comportamiento del sistema si f(e) = 0 para e<0.





N°6:

En el sistema indicado a continuación:

a) - Determinar las trayectorias de fase cuando se excita al sistema con una función escalón $x = x_0.\ u(t)$ y éste se encuentra inicialmente en reposo. Analice los tres casos posibles:

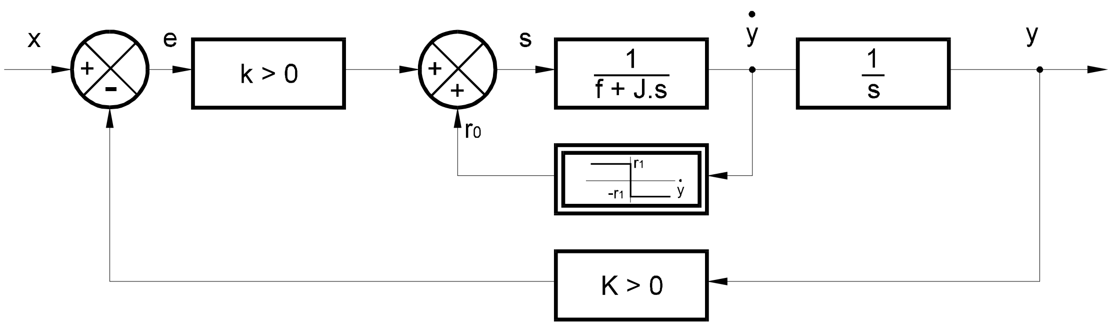
$\dot{y} > 0$

$\dot{y} < 0$

$\dot{y} = 0$

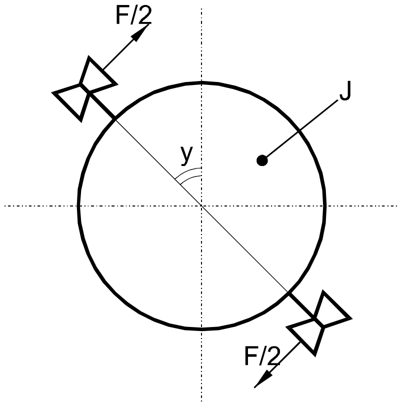
Considérese además que el amortiguamiento del sistema es $\xi = 0.5$.

b) - Graficar las trayectorias obtenidas.



N°7:

Sea el sistema de control de posición para satélite mostrado en la figura.



a) - Determinar las trayectorias de fase del sistema en régimen libre. Elegir como variables:

$$X_1 = \frac{e}{\gamma}$$

$$X_2 = \frac{\dot{e}}{\gamma}$$

donde:

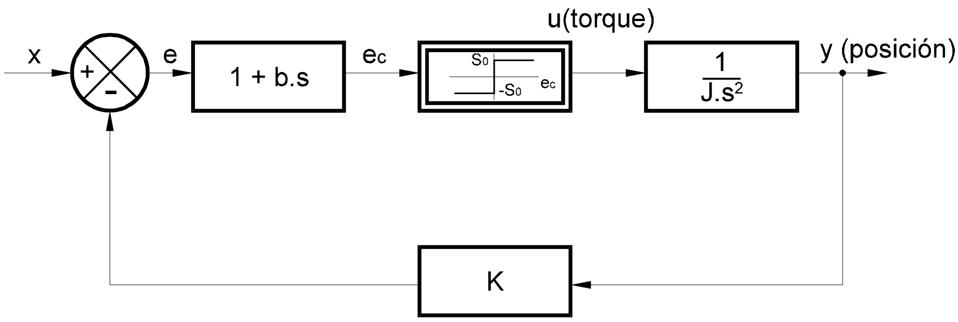
J=momento de inercia
r=radio del satélite)

$$\gamma = K\frac{S_0}{J}$$

S_0=F r

b) - Indicar qué parte del plano corresponde a $u = S_0$ y a $u = -S_0.K$

c) - Cómo se comporta el sistema si $b<0$?



N°8:

En el sistema de masa y resorte mostrado:

a) - Escribir las ecuaciones diferenciales que lo representan. Considerar que la fuerza de rozamiento tiene la característica linealizada que se indica, observando que consta de dos términos: el rozamiento estático para $\dot{y} = 0$ y el dinámico que es una función de $\dot{y}$.

b) - Representar al sistema mediante un diagrama en bloques.

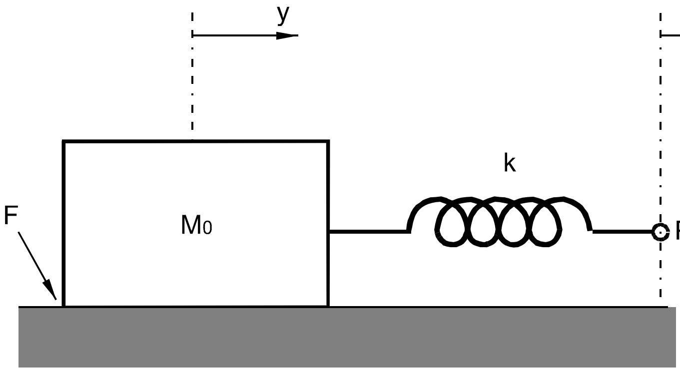
c) - Determinar las trayectorias de fase. Considerar que $x = X + v.t$. Elegir como abscisas y ordenadas del plano de fase: $X_1 = x - y$, y $X_2 = \dot{y}$ respectivamente.

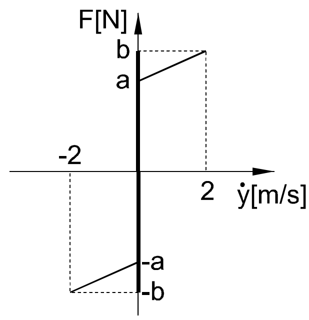
d) - Hallar los puntos singulares.

Para los dos últimos incisos adoptar:

$$|K| = |M| = 1$$
$$a = 1[Newton]$$
$$b = 2[Newton]$$
$$v = 1.75[m/s]$$

e) - Extraer conclusiones de los resultados obtenidos.





N°9:

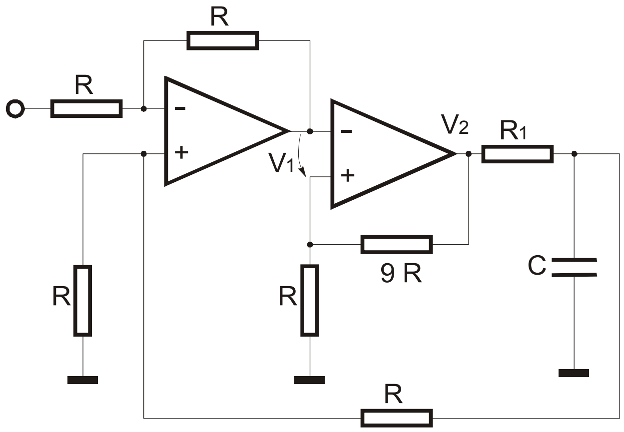
Dado el circuito no lineal de la figura, construir el plano de fase $(e, \dot{e})$ para tres valores diferentes de la señal de entrada:

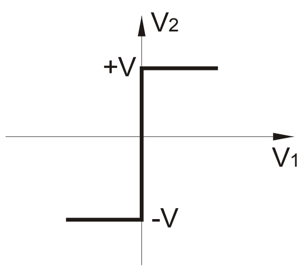
$$V_i(t) = 6u(t)$$
$$V_i(t) = -6u(t)$$
$$V_i(t) = 0$$

Definir para ello: *K = R/(9R+R) = 1/10*
Para graficar adoptar *V = 20V*

¿El sistema es estable? ¿El error está acotado? ¿Presenta ciclo límite? ¿Cómo es la salida V_2 del comparador en función del tiempo? ¿Cómo es el error *e(t)* en función del tiempo ? Graficar.

R_1 = 10 *KΩ*
C = 1 *μF*
R = 1 *MΩ*





N°10:

Dado el siguiente circuito:

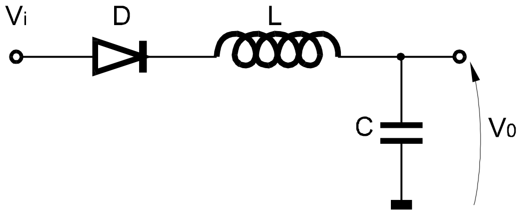
a) - Realizar el plano de fase de coordenadas $(V_0, \frac{\dot{V}_0}{\omega_0})$.

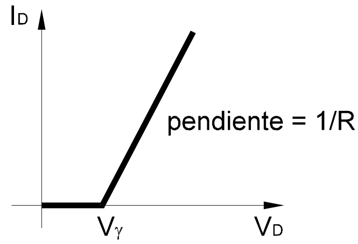
b) - A partir del mismo estimar el valor de V_0 en régimen permanente. Suponer que la entrada al circuito es un escalón de amplitud *V* y que las condiciones iniciales son nulas.

$$\omega_0^2 = \frac{1}{LC}$$

$$2\omega_0\xi = \frac{R}{L}$$

$$\xi << 1$$





Característica del diodo linealizada

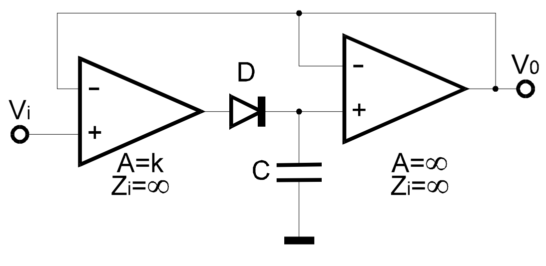
N°11:

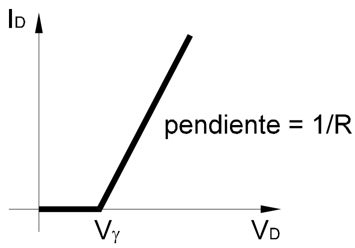
Para el siguiente circuito determinar:

a) - El plano de fase $\dot{e} = f(e)$, donde $e = (V_i - V_0)$.

b) - Calcular el error en régimen permanente.

Considerar que la tensión inicial en el capacitor es nula y se aplica en la entrada un único escalón de amplitud *V*.





Característica del diodo linealizada

N°12:

El circuito que se muestra en la figura es la etapa de potencia de un convertidor CC/CC tipo buck o forward, que utiliza un llave resonante constituida por el SCR, el diodo D_1 y los componentes reactivos C_R y L_R. Para analizar su funcionamiento, considerar que:

- $L_0 >> L_R$ de modo tal que se puede suponer a los fines prácticos, que por L_0 circula una corriente constante de valor I_0.
- Las condiciones iniciales son nulas para C_R y L_R.
- La corriente I_0 circula en t = 0 por el diodo D_2.

- Los dispositivos activos en conducción presentan caída de tensión nula entre sus terminales.
- En el instante t = 0 se aplica al SCR un pulso en su gate de un ancho T_w tal, que lo lleva al estado de cebado pero de duración menor que un medio período de la oscilación de L_R y C_R. Es decir que:

  $T_{ON} < T_w < \pi\sqrt{L_R C_R}$
- Es conveniente realizar el análisis del circuito, dividiéndolo en 4 subcircuitos, de acuerdo con el estado de conducción de los dispositivos activos, D_1, D_2 y T_H.
- Suponer que: $V/Z_n > I_0$.

a) - Efectuar un análisis temporal del funcionamiento del sistema y hallar las ecuaciones que gobiernan la tensión en C_R y la corriente por L_R para cada una de las cuatro etapas.

b) - Construir un diagrama temporal que muestre los resultados del inciso anterior y denotar los valores más importantes. Analizar el efecto de una variación en el valor de I_0.

c) - Construir el plano de fase del sistema, utilizando como variables las siguientes:

$$X_1 = V_{C_R}(t)$$
$$X_2 = I_{L_R}(t)$$

Considerar que:

$$Z_n = \sqrt{\frac{L_R}{C_R}}$$
$$\omega_n = \frac{1}{\sqrt{L_R C_R}}$$

d) - Establecer una correspondencia entre cada segmento del plano de fase y las ecuaciones obtenidas en el análisis temporal.

e) - De acuerdo con los resultados obtenidos deducir la forma que tendría el plano de fase si se eliminara del circuito el diodo D_1.