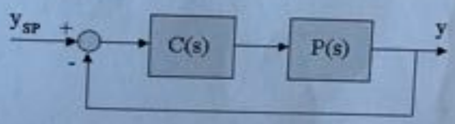
Ejercicio 4 (9 puntos)

Considere el sistema de la figura donde el bloque caracterizado por la transferencia P(s) es una planta y el de C(s) es un controlador PID. Se ha determinado que para el entorno del punto de operación elegido, un buen modelo de la planta viene dado por $P(s) = \frac{4}{(s+2)^3}$.

1) Determine analíticamente los valores de la ganancia crítica ***Ku*** y el período crítico ***Tu***, que surgen del método de ciclo continuo de Ziegler-Nichols para sintonía de un PID serie.

2) Diseñe un controlador proporcional de manera que el margen de ganancia del sistema controlado sea 2.

3) Calcule el margen de fase resultante del diseño de la parte 2).



Justifique todas sus respuestas.

Parcial 2013
Ejercicio 4

$P(s)= \frac{4}{(s+2)^3}$

Por método de Z-N para CC usamos solo el controlador proporcional kp

$H\ CL\ (s) = \frac{4*kp}{(s+2)^3 + 4*kp}$

R-H: (s^2+4s+4)(s+2) + 4kp
s^3+4s^2+4s+2^2+8s+8+4kp
s^3+6s^2+12s+8+4kp

s^3	1	12
s^2	6	8+4kp
s^1	12-[(8+4kp)/6]	
s^0	8+4kp	

36-(4+2kp) > 0 kp=ku=16

Resta hallar Tu que sale de la frecuencia wu Tu=2π / wu

Nota:

Tercer orden genérico: s^3+A*s^2+B*s+C=0

Si s=jw: .-jw^3-A*w^2+jw*B+C=0

.=-w^3+B*w=0
.=-A*w^2+C=0 w= +- sqrt(C/A)

En s^2 de R-H: 6s^2+8+64=0

s^2=-12
s=+- j sqrt(12)
wp= 3,46
Tu= 1,81 seg

**** Veriico que wp=3.46 rad/seg es solución

.=-w^3+B*w=0 0
.=-A*w^2+C=0 0

**** Verificación alternativa
Calculo |P(jwp)|= $\frac{4}{((wp^2)+2^2)^{(3/2)}}$ 0,0625

Como oscilando: k*|P(jwp)|=1 kp= .=1/|P(jwp)| 16

Parte 2

Nos piden MG=2:

k_Parte2 = k_critico/2 = 8

Parte 3

|H OL (jw) | = 1 .=32/sqrt(w^2+2^3)=1 wp=2.46 rad/seg

Arg{H OL (jwp) } = - 3 Arctg (wp/2) = -152.86 grados

MF = 180 + Arg{H OL(jwp)} = 27.14 grados

Ejercicio 2 (10 puntos)

Se desea diseñar un equipo calefactor para una piscina. La piscina recibe un caudal de entrada Q de 5 L/s de agua a 10 °C y se conoce que debido a las pérdidas de agua el volumen de agua se mantiene constante en 2500L a lo largo del tiempo. Las pérdidas de calor al exterior se aproximan constante y de 400 cal/s.

El objetivo es mantener la temperatura de la piscina en (30 ± 4) °C utilizando alguno de los siguientes equipos propuestos:

a) Inyector de vapor a un serpentín (Q = 1000 cal/s)
b) Calefactor a gas (Q=750 cal/s)
c) Recirculación con calentadores solares (Q=500 cal/s)

Decidir qué equipo sería más conveniente adquirir si se desea maximizar el período de oscilación y calcular el mismo. Dibujar la curva de temperatura en función del tiempo y de potencia entregada por el calentador en función de la temperatura del agua.

Nota:
Se asume que la temperatura del agua de la piscina es homogénea e igual a la temperatura del agua de las pérdidas.

Datos del agua:
Capacidad calorífica específica: 1 cal/(kg.°C)
Densidad: 1 kg/L

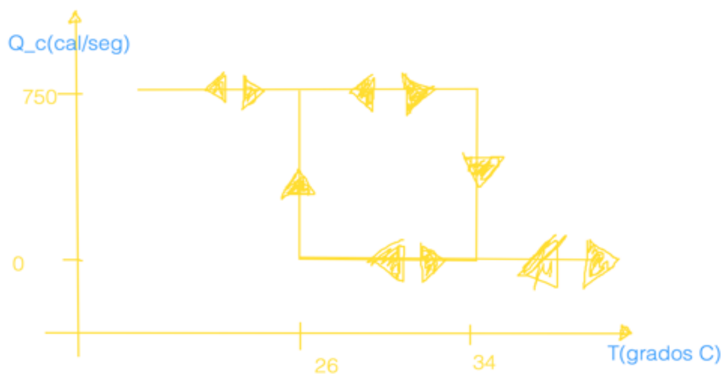
Ejercicio 2

Conservación en el tk: VpC T* = Q_c - Q_ext +mC(T_in-T)
2500 T* = Q_c -400+5(10-T)

Las pérdidas son mayores a T=34: -520

Quiero Q_c > 520

Curva del controldor o de potencia entregada por el calentador en función de la temperatura del agua.



1) Calefactor apagado

2500 T* = -400 -5T + 50
T(0)=34

Laplace: 2500(sT-34)=(-400+50)/s -5T
500(sT-34)= -70/s - T
T(s+1/500)=34 - (70/500)/s

$$T = \frac{34}{s+1/500} - \frac{70/500}{s(s+1/500)} = \frac{34}{s+1/500} + \frac{-70}{s} + \frac{70}{s+1/500}$$

Antitransformo: T(t) = 104 e^(-t/500) - 70

2) Calefactor encendido

2500 T* = +750 -400 -5T + 50
T(0)=26

Laplace: 2500(sT-26)=(750-400+50)/s - 5T
500(sT-26)=80/s - T

$T(s+1/500) = 26 + (80/500)/s$

$$T = \frac{26}{s+1/500} + \frac{80/500}{s(s+1/500)} = \frac{26}{s+1/500} + \frac{80}{s} + \frac{-80}{s+1/500}$$

Antitransformo: $T(t) = -54\, e^{(-t/500)} + 80$

Busco el período de oscilación del sistema:

Tiempo de enfriamiento:

$T(t_{enf}) = 26 = 104\, e^{(t_{enf}/500)} - 70$ $t_{enf} = 40$ segundos

Tiempo de calentamiento

$T(t_{cal}) = 34 = -54\, e^{(-t_{cal}/500)} + 80$ $t_{cal} = 80$ segundos

Período de oscilación = $t_{enf} + t_{cal}$ = 120 segundos