

$$k \, dv = k \, dc + dc + \beta \frac{d \, dc}{dt}$$

$$k \, dv = (k+1) \, dc + \beta \frac{d \, dc}{dt}$$

$$\frac{k}{k+1} \, dv = dc + \frac{\beta}{k+1} \frac{d \, dc}{dt}$$

$$\sum \frac{dr}{dt} + dr = k_h dv$$

$$\sum \frac{db}{dt} + db = k_h dc$$

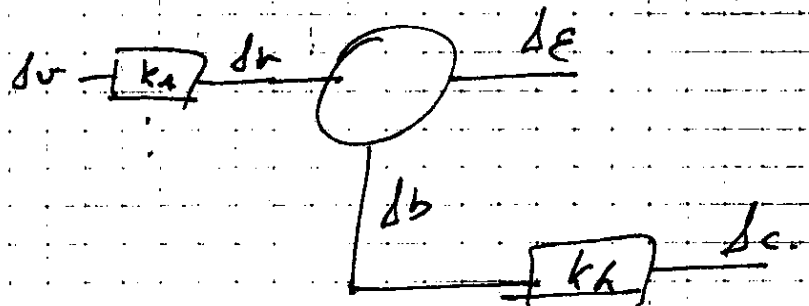
$$dc = k_p dm$$

$$dm = k_u da$$

$$da = k_c de$$

$$de = dr - db$$

$$db$$



$$\boxed{dv - dc}$$

$$dr = k_u dv$$

$$\underline{dr - db}$$

$$db = k_h dc$$

$$k_h (dv - dc) = (dr - db) + \sum \frac{d(dr - db)}{dt}$$

$$dc = k_p dm = k_p k_u da = k_p k_u k_c de = k_p k_u k_c (dr - db)$$

$$\frac{dc}{k_p k_u k_c} = (dr - db)$$

$$k_h (dv - dc) = \frac{dc}{k_p k_u k_c} + \sum \frac{d(dc)}{dt}$$

$$k_h (dv - dc) = dc + \sum \frac{d dc}{dt}$$

$$k_h dv - k_h dc = dc + \sum \frac{d dc}{dt}$$

Ejercicio Nro. 3

Demuestre que un lazo de control que tiene un elemento de medición de primer orden tiene el mismo una conducta dinámica de primer orden. Presente la relación entre la constante de tiempo del elemento de medición y la constante de tiempo del lazo. Explique el efecto que provocan las diferencias entre ambas constantes de tiempo.

Ejercicio Nro. 4

Se tiene un tanque industrial de producción de antibióticos, utilizando microorganismos vivos en un líquido que actúa como medio de cultivo, al que se le agregan nutrientes para que desarrollen los microorganismos en forma apropiada. El proceso de producción de antibióticos dura 60 horas y está compuesto por cuatro fases a saber: preparación del cultivo, desarrollo de los microorganismos, producción del antibiótico propiamente dicha y enfriamiento del tanque. En la primera fase se debe mantener la temperatura del tanque en 40 grados centígrados, mientras que en la segunda fase la temperatura debe subir de 40 a 80 grados centígrados a un ritmo de 2 grados centígrados cada hora. En la tercera fase la temperatura se mantiene constante a 80 grados centígrados y finalmente en la cuarta fase la temperatura debe descender nuevamente a 40 grados en las 10 horas que dura esta última fase. El calentamiento del tanque se logra mediante un quemador de gas natural que se utiliza consumiendo mucho gas durante el calentamiento de 40 a 80 grados centígrados y consumiendo una cantidad mediana durante el mantenimiento en 80 grados centígrados, ya que sólo es necesario compensar las pérdidas de calor hacia el medio ambiente, mientras que en la fase de enfriamiento el consumo de gas es muy reducido y el mismo sólo se utiliza para evitar un enfriamiento demasiado rápido. La cantidad de gas que llega al quemador es manipulada por una válvula de control ubicada en las cercanías del quemador. Al analizar el problema se decide resolverlo mediante una combinación de condiciones lógicas y un lazo de control supervisado. Las condiciones lógicas se crean basándose en el transcurso del tiempo y su único efecto consiste en ir alterando periódicamente (cada 30 segundos) el valor deseado del lazo de control. Al poner en servicio el sistema, se encuentra que el error estacionario al comienzo del ciclo (para 40 grados centígrados) es de 0,5 grados centígrados, pero luego se observa que este error estacionario va aumentando a medida que el valor deseado de la temperatura sube hacia los 80 grados centígrados, llegando a tener un valor máximo de 3 grados centígrados a la temperatura máxima. Obviamente se deduce que este error se debe a que la acción de control es solamente proporcional. **¿Cómo se entiende un error estacionario en un lazo en el que el valor deseado se modifica permanentemente? ¿Es imaginable aplicar un controlador PI o PD o PID en este caso? ¿El uso de alguna de estas acciones de control contribuye efectivamente a disminuir la diferencia entre el valor deseado y el valor real? ¿La variación del valor deseado introduce alguna dificultad especial en el análisis de las acciones de control a aplicar?**

Ejercicio Nro. 1

Se tiene un sistema de control de temperatura en una caldera industrial que debe producir vapor de agua entre 150 y 160 grados centígrados. A tal efecto se ha instalado un elemento de medición que es capaz de medir temperatura entre 120 y 180 grados centígrados. La caldera es calentada mediante quemadores de gas natural que permiten la circulación de un máximo de 100 m³/hora de gas y un mínimo de 20 m³/hora. El caudal no puede bajar por debajo del mínimo porque existe el riesgo que se apague la llama. Ocurre que cuando el consumo de vapor aumenta se produce un descenso en el nivel de agua en la caldera. Esto trae como consecuencia que la cantidad de gas necesaria para aumentar un grado centígrado la temperatura es diferente, dependiendo efectivamente del nivel de agua. Es así que si el nivel es de 2 metros bastan 3 m³/hora para aumentar la temperatura en un grado pero si el nivel de agua es de 4 metros son necesarios 5 m³/hora para lograr el mismo efecto. En condiciones normales el vapor se produce a 155 grados centígrados, con un nivel de 3 metros en la caldera y un caudal de gas de 50 m³/hora. En estas condiciones el sistema tiene una ligera tendencia a oscilar de tal manera que con la aparición de algún cambio se produce una pequeña oscilación que desaparece rápidamente. **¿Si el nivel del líquido en la caldera desciende que ocurre con las oscilaciones, aumentan o disminuyen? ¿Y si aumenta? Justifique la respuesta.**

Ejercicio Nro. 2

Considere las siguientes implantaciones de lazos de control utilizando diferentes soluciones tecnológicas:

- a) Controlador electrónico analógico (Entrada: de 4 a 20 mA y salida: de 4 a 20 mA)
Válvula neumática (Entrada de 3 a 15 psi)
Elemento de medición electrónico analógico (Salida de 4 a 20 mA)
- b) Control supervisor utilizando un computador para la supervisión y un PLC para el lazo supervisado. (Entrada al PLC: 4 a 20 mA, Salida del PLC: 4 a 20 mA)
Válvula neumática (Entrada de 3 a 15 psi)
Elemento de medición electrónico analógico (Salida de 4 a 20 mA)
- c) Controlador electrónico digital (Entrada: puerto serie y salida de 4 a 20 mA)
Válvula neumática (Entrada de 3 a 15 psi)
Elemento de medición electrónico digital (Salida: puerto serie)

En cada uno de los casos indicar si existen en el lazo alguno de los siguientes elementos:

- * **Conversor Analógico Digital**
- * **Conversor Digital Analógico**
- * **Transductor.**

En caso de existir indicar en que lugar está ubicado y por qué es necesaria su presencia.