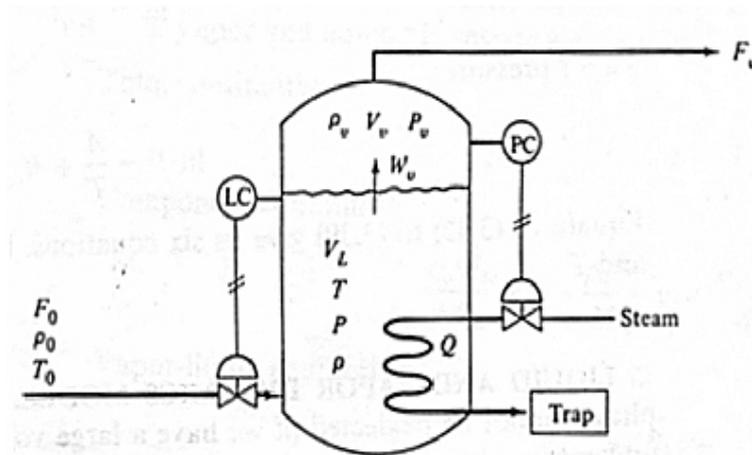


CLASE XXI

PROCESOS Y SISTEMAS QUIMICOS

Algunos modelos matemáticos

I.- Vaporizador con un único componente



Hipótesis del modelo

- Vaporizador alimentado con LPG, alimentado a un tanque presurizado para mantener el nivel del líquido.
- LPG es un componente puro (propano)
- Líquido en el tanque perfectamente mezclado.
- Q = calor agregado por u. de t. para mantener la presión en el tanque por vaporización.
- W_v = masa por u. de t. vaporizada.
- Se desprecian pérdidas de calor y la masa de las paredes.
- F_v = caudal de gas extraído por el tope (variable manipulada o perturb. de carga)

1. Modelo de estado estacionario

$$\rho_v F_v (H_v - h_0) = Q$$

donde: H_v : entalpía del vapor en la salida

h_0 : entalpía de la alimentación líquida.

2. Modelo dinámico de fase líquida

Vol. de la fase vapor pequeño \rightarrow se desprecia su dinámica.

Ecuación de continuidad total

$$\rho \frac{d(V_L)}{dt} = \rho_0 F_0 - \rho_v F_v$$

Balace de energía

$$C_p \rho \frac{d(V_L T)}{dt} = \rho_0 C_p F_0 T_0 - \rho_v F_v (C_p T + \lambda_v) + Q$$

Ley de los gases ideales

$$\rho_v = \frac{M P}{R T}$$

Ec. para la presión de vapor

$$\ln P = \frac{A}{T} + B$$

Ec. de los controladores

$$Q = f_1(P) \quad F_0 = f_2(V_L)$$

3. Modelo dinámico líquido-vapor

- Velocidad de vaporización

$$W_v = K_{MT} (P - P_v)$$

- Ecuaciones en la fase líquida

Ecuación de continuidad total

$$\rho \frac{d(V_L)}{dt} = \rho_0 F_0 - W_v$$

Balace de energía

$$\rho \frac{d(V_L U_L)}{dt} = \rho_0 F_0 h_0 - W_v H_L + Q$$

Ec. para la presión de vapor

$$\ln P = \frac{A}{T} + B$$

- Ecuaciones en la fase vapor

Ecuación de continuidad total

$$\frac{d(\rho_v V_v)}{dt} = W_v - \rho_v F_v$$

Balace de energía

$$\frac{d(V_v \rho_v U_v)}{dt} = W_v H_L - \rho_v F_v H_v$$

Ley de los gases ideales

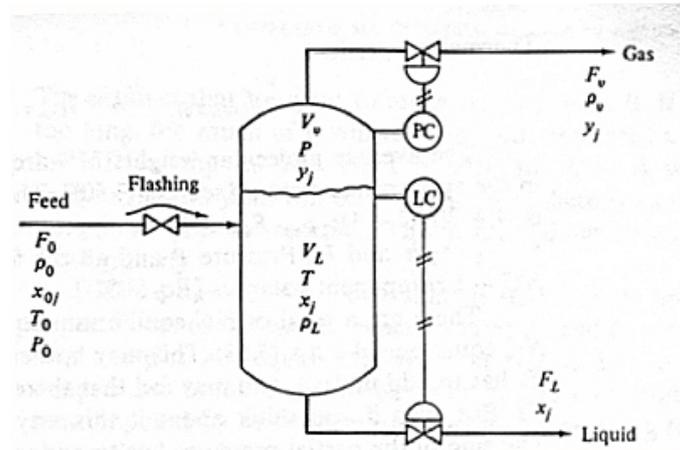
$$\rho_v = \frac{M P_v}{R T_v}$$

- Restricción física: Volumen total del tanque = $V_L + V_v$

4. Modelo de equilibrio térmico

$$\rho C_p \frac{d(V_L T)}{dt} = \rho_0 F_0 C_p T_0 - W_v (C_p T + \lambda_v) + Q$$

II.-Torre de flasheo multicomponente



Densidad del líquido en el tanque

$$\rho_L = f(x_j, T)$$

Ley de los gases ideales (densidad del vapor)

$$\rho_v = \frac{M_v^{prom} P}{RT}$$

Peso molecular promedio del gas

$$M_v^{prom} = \sum_{j=1}^{NC} M_j y_j$$

1. Modelo de estado estacionario

Continuidad total

$$\rho_0 F_0 = \rho_v F_v + \rho_L F_L$$

Continuidad por componentes

$$\frac{\rho_0 F_0}{M_0^{prom}} x_{0j} = \frac{\rho_v F_v}{M_v^{prom}} y_j + \frac{\rho_L F_L}{M_L^{prom}} x_j$$

Equilibrio líquido-vapor

$$y_j = f(x_j, T, P)$$

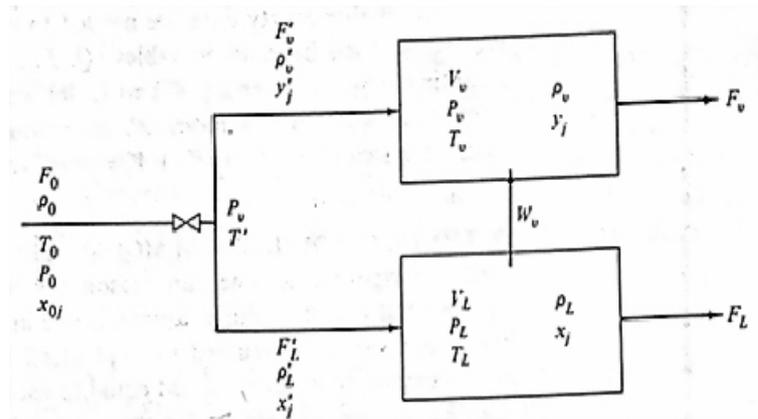
Ecuación de energía

$$h_0 \rho_0 F_0 = h \rho_L F_L + H \rho_v F_v$$

Propiedades térmicas

$$h_0 = f(x_{0j}, T_0) \quad h = f(x_j, T) \quad H = f(y_j, T, P)$$

2. Modelo riguroso



Ec. de los controladores

$$F_L = f(V_L) \quad F_v = f(P_v)$$

3. Modelo práctico

Continuidad total

$$\frac{d(V_L \rho_L)}{dt} = \rho_0 F_0 - \rho_v F_v - \rho_L F_L$$

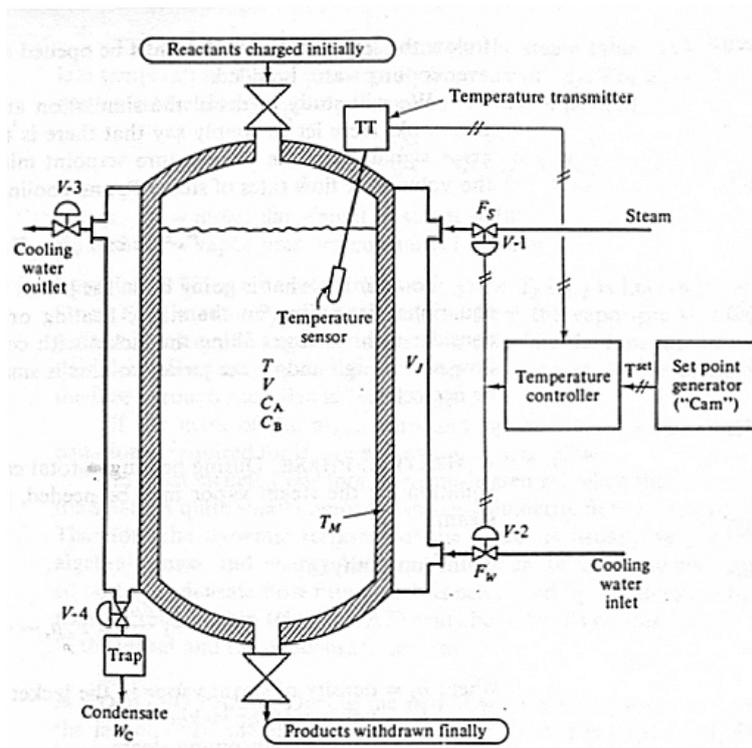
Continuidad por componentes

$$\frac{d\left(\frac{V_L \rho_L x_j}{M_L^{prom}}\right)}{dt} = \frac{\rho_0 F_0}{M_0^{prom}} x_{0j} - \frac{\rho_v F_v}{M_v^{prom}} y_j - \frac{\rho_L F_L}{M_L^{prom}} x_j$$

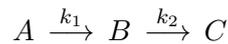
Ecuación de energía

$$\frac{d(V_L \rho_L h)}{dt} = h_0 \rho_0 F_0 - h \rho_L F_L - H \rho_v F_v$$

III.-Reactor batch



Reacciones consecutivas de primer orden



Continuidad total

$$\frac{d(\rho V)}{dt} = 0 - 0$$

Continuidad por componentes, comp. A

$$V \frac{dC_A}{dt} = -V k_1 C_A$$

Continuidad por componentes, comp. B

$$V \frac{dC_B}{dt} = V k_1 C_A - V k_2 C_B$$

Ecuaciones cinéticas

$$k_1 = \alpha_1 e^{-E_1/RT}$$

$$k_2 = \alpha_2 e^{-E_2/RT}$$

Ecuación de energía para el proceso

$$C_p \rho V \frac{d(T)}{dt} = -\lambda_1 V k_1 C_A - \\ - \lambda_2 V k_2 C_B - h_i A_i (T - T_M)$$

Ecuación de energía para la pared metálica

$$C_M \rho_M V_M \frac{d(T_M)}{dt} = h_0 A_0 (T_J - T_M) - h_i A_i (T_M - T)$$

a.- Fase de calentamiento

Ecuaciones para la corriente de vapor

Continuidad total

$$V_J \frac{d\rho_J}{dt} = F_s \rho_s - W_c$$

Ecuación de energía para la corriente de vapor

$$V_J \frac{d(U_J \rho_J)}{dt} = F_s \rho_s H_s - h_0 A_0 (T_J - T_M) - W_c h_c$$

Despreciando los efectos del calor sensible frente al latente,

$$W_c = \frac{h_0 A_0 (T_J - T_M)}{H_s - h_c}$$

b.- Fase de enfriamiento

Ecuación de energía para la camisa

$$C_J \rho_J V_J \frac{d(T_J)}{dt} = F_w C_J \rho_J (T_{J0} - T_J) \\ + h_0 A_0 (T_M - T_J)$$

