

Modelo de simulación de una columna de destilación binaria Etanol-Agua

Juan Pablo Requez
juanrequez@gmail.com
jrequez@unexpo.edu.ve
jprequez@ucla.edu.ve

Se suministra el modelo de una columna de destilación de presión constante atmosférica y el punto de operación de estado estacionario de ella.

El sistema que consideramos aquí es uno de la mezcla binaria de agua-etanol, que *no* puede considerarse como una mezcla ideal, y la columna de destilación posee 11 platos dentro de la columna, lo que corresponde a un modelo de 13 etapas (recuerda, el condensador es la etapa 1 y el rehovidor será la última etapa, etapa 13). La alimentación se hace en la etapa 6.

Ecuaciones diferenciales

El modelo de la columna se describe a través de las siguientes ecuaciones diferenciales:

Balance en el condensador, $n=1$

$$\frac{dx_n}{dt} = (Vy_{n+1} - Lx_n - Dx_n)/M_n$$

Balance en cualquier plato de la sección de rectificación $n=\{2,3,4,5\}$

$$\frac{dx_n}{dt} = \frac{Lx_{n-1} + Vy_{n+1} - Lx_n - Vy_n}{M_n}$$

Balance en el plato de alimentación $n=6$

$$\frac{dx_n}{dt} = \frac{Lx_{n-1} + Vy_{n+1} + Fz_f - (L + F)x_n - Vy_n}{M_n}$$

Balance en cualquier plato de la sección de agotamiento $n=\{7,8,9,10,11,12\}$

$$\frac{dx_n}{dt} = \frac{(L + F)x_{n-1} + Vy_{n+1} - (L + F)x_n - Vy_n}{M_n}$$

Balance en el rehovidor $n=13$

$$\frac{dx_n}{dt} = \frac{(L + F)x_{n-1} - Bx_n - Vy_n}{M_n}$$

Observación: este modelo tiene 13 ecuaciones diferenciales. Para obtener la expresión explícita de cada ecuación diferencial para cada variable, se sustituye el valor de n indicado en el balance que se comenta.

Otras relaciones adicionales

para el sistema Etanol-Agua se tiene la relación de equilibrio dada por

$$\alpha_n = 55.858x_n^4 - 138.26x_n^3 + 128.32x_n^2 - 55.953x_n + 11.582$$
$$y_n = \frac{\alpha_n x_n}{1 + (\alpha_n - 1)x_n}$$

Además, para mantener el balance de materia se tienen las siguientes relaciones

$$L=V-D$$

$$B=F-D$$

Parámetros y condiciones iniciales

Los valores de los parámetros que consiguen el estado estacionario son:

Flujo de vapor dentro de la columna	V	entrada	8 u(t)	Kmol/hr
Flujo de destilado que sale de la columna	D	entrada	5 u(t)	Kmol/hr
Flujo de alimentación de la columna	F	entrada	15 u(t)	Kmol/hr
Composición del flujo de alimentación de la columna	z_f	entrada	0.25 u(t)	adimensional
Masa retenida en la etapa 1	M_1	Parámetro	10	Kmol
Masa retenida en la etapa 13	M_{13}	Parámetro	10	Kmol
Masa retenida en los platos de la columna (etapas 2 hasta 12)	$M_2 = \dots = M_{12}$	Parámetro	1.3382	Kmol

Y las condiciones de los estados en el estado estacionario son:

Variable de estado	Valor de equilibrio (fracción molar)
X1	0.6875
X2	0.5667
X3	0.4750
X4	0.4024
X5	0.3356
X6	0.2643
X7	0.2642
X8	0.2641
X9	0.2634
X10	0.2585
X11	0.2290
X12	0.1258
X13	0.0314