

Classe quinta

PROBLEMA DI IMPIANTI

Una miscela contenente due sostanze organiche, è sottoposta a rettifica continua. La miscela, inizialmente alla temperatura di **40 °C**, viene preriscaldata ed entra nella colonna al **75% liquido** al punto di ebollizione con una portata di **2 Kmol/s**. Le composizioni delle correnti, espresse come frazioni molari del componente più volatile, sono:

Alimentazione $X_F = 0,45$; distillato $X_D = 0,98$; residuo $X_W = 0,015$
Il riflusso viene realizzato con un rapporto effettivo: $R_{eff.} = 1,9 * R_{min.}$

Le temperature di esercizio sono le seguenti:

- temperatura di condensazione dei vapori di testa: **110 ° C**;
- temperatura di ebollizione dell'alimentazione: **125 ° C**;
- temperatura di ebollizione del residuo: **145 ° C**

Il calore latente di condensazione-evaporazione della miscela è di **40 kJ/Kmol**, costante per tutte le composizioni.

Il calore necessario al funzionamento dell'impianto viene fornito con vapore di rete saturo secco a temperatura opportuna.

Il condensatore di testa a fascio tubero viene refrigerato con acqua, avente un calore specifico di **4.18 kJ/kg * °C**, che entra a **35 °C** ed esce a **60 °C**.

Il distillato ed il residuo vengono raffreddati a temperatura prossima a quella ambiente e proseguono verso altre lavorazioni.

Il candidato, sulla scorta dei dati assegnati, calcoli:

- Il **numero di piatti effettivi** considerando un rendimento $\eta = 0,75$
- **I traffici in colonna**
- **la portata di acqua** necessaria al funzionamento del condensatore di testa;
- **l'area di scambio termico** del condensatore di testa sapendo che in esso si realizza un coefficiente globale di scambio termico $U=1,5 \text{ kW}/(\text{m}^2 * \text{°C})$.
- **calore da somministrare al ribollitore** considerando $\lambda_{ev} = 50 \text{ kJ/Kmol}$

La curva passa per i seguenti punti:

X 0 0,06 0,12 0,18 0,25 0,33 0,43 0,54 0,66 0,81 1

Y 0 0,21 0,36 0,49 0,60 0,69 0,78 0,85 0,91 0,96 1

- Traffici in colonna

- **Dai bilanci di materia si ottiene:**

$$D = F * \frac{X_F - X_W}{X_D - X_W} = 2 \text{ Kmol/s} * \frac{0,45 - 0,015}{0,98 - 0,015} = 2 * \frac{0,435}{0,965} = \mathbf{0,90 \text{ Kmol/s}}$$

$$W = F - D = 2 - 0,9 = \mathbf{1,1 \text{ Kmol/s}}$$

- **Retta q** l'equazione è:

$$Y = \frac{q}{q-1} * X - \frac{1}{q-1} * X_F \quad (q = \text{parte liquida dell'alimentazione cioè } \mathbf{0,75})$$

l'intercetta della retta q sull'ordinata è:

$$Y_q = - \frac{1}{q-1} * X_F = - \frac{0,45}{0,75 - 1} = \mathbf{1,8}$$

Dall'intercetta è possibile tracciare la retta q.

Dal punto **(0,45 ; 0,45)** all'intercetta sull'ordinata: **(0 ; 1,8)**
(Il grafico va disegnato con valore max dell'ordinata: **2**, anziché **1**,)

- **Calcolo di R_{eff}.**

Dal grafico considerando le condizioni pinch si ricava una intercetta **Y₀ = 0,573**

$$\text{Da cui si ricava } l'R_{\min} = \frac{X_D}{0,573} - 1 = \frac{0,98}{0,573} - 1 = \mathbf{0,71}$$

$$l'R_{\text{eff.}} = l'R_{\min} * 1,9 = \mathbf{0,71 * 1,9 = 1,35}$$

Pertanto l'intercetta effettiva della retta di lavoro zona di arricchimento sarà:

$$Y_{\text{op}} = \frac{0,98}{(l'R_{\text{eff.}} + 1)} = \frac{0,98}{1,35 + 1} = \mathbf{0,41} \quad \text{Si può adesso tracciare la retta.}$$

Dal punto **(0,98 ; 0,98)** all'intercetta sull'ordinata: **(0 ; 0,39)**

- **Calcolo del numero di piatti:**

Il calcolo è puramente grafico.

Si tracciano i gradini all'interno delle rette di lavoro della zona di arricchimento effettiva e della zona di esaurimento (da **0,015 ; 0,015**) che si incontrano in un punto che si trova nella retta q. Il numero di piatti effettivo si ottiene dividendo il numero di piatti teorici per il rendimento.

- **Portata di vapore in testa colonna**

$$L = D * R = 0,9 * 1,35 = \mathbf{1,215 \text{ Kmol/s}}$$

$$V = L + D = 1,215 + 0,9 \text{ mol/s} = \mathbf{2,115 \text{ Kmol/s}}$$

- **Calore da sottrarre nel condensatore**

$$Q_{\text{condensatore}} = V * \lambda_D = 2,115 * 40 = \mathbf{84,6 \text{ Kw}} \quad (\text{Kj/s})$$

- **Calcolo della portata di acqua al condensazione:**

$$Q_{\text{condensatore}} = F_{\text{Acqua}} * C_p * \Delta t = \quad F_{\text{acqua}} = \frac{\text{Kj/s}}{\text{Kj} * ^\circ\text{C}/\text{Kg} * ^\circ\text{C}}$$

da cui si ricava la portata dell'acqua:

$$F_{\text{Acqua}} = \frac{Q_c}{C_p * \Delta t} = \frac{84,6}{4,18 * (60 - 35)} = \mathbf{0,80 \text{ Kg/s}}$$

- **Calcolo della superficie del condensatore dall'equazione globale di scambio:**

$$Q_c = A * U * \Delta t_{ml}$$

$$\text{Il } \Delta t_{ml} \text{ è} = \frac{(110 - 35) - (110 - 60)}{\ln \frac{75}{50}} = \mathbf{61,66 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

$$A = \frac{Q_c}{U * \Delta t_{ml}} = \frac{84,6}{1,5 * 61,66} = \mathbf{0,91 \text{ m}^2} \quad (\text{superficie del condensatore})$$

- **Calcolo del calore da somministrare al ribollitore:**

$$V^I = V - (1 - q) * F = 2,115 - (1 - 0,75) * 2 = 1,057 \text{ Kmol/s}$$

Pertanto:

$$Q_R = V^I * \lambda_{ev} = 1,057 * 50 = 52,8 \text{ Kw}$$

X	Y
0	0
0,06	0,21
0,12	0,36
0,18	0,49
0,25	0,6
0,33	0,69
0,36	0,72
0,37	0,73
0,43	0,78
0,54	0,85
0,66	0,91
0,81	0,96
1	1

Curva di equilibrio

0,45	0
0,45	0,1
0,45	0,2
0,45	0,3
0,45	0,45

0	0
0,45	0,45
0,5	0,5
1	1

retta a 45°

0,45	0,002
0,437	1,8

Retta q

0	0,98
0,573	0,98

Retta R in condizioni pinch

0	0,98
0,41	0,98

Retta R operativa

0,015	0,385
0,015	0,633

Retta di lavoro zona di esaurimento

