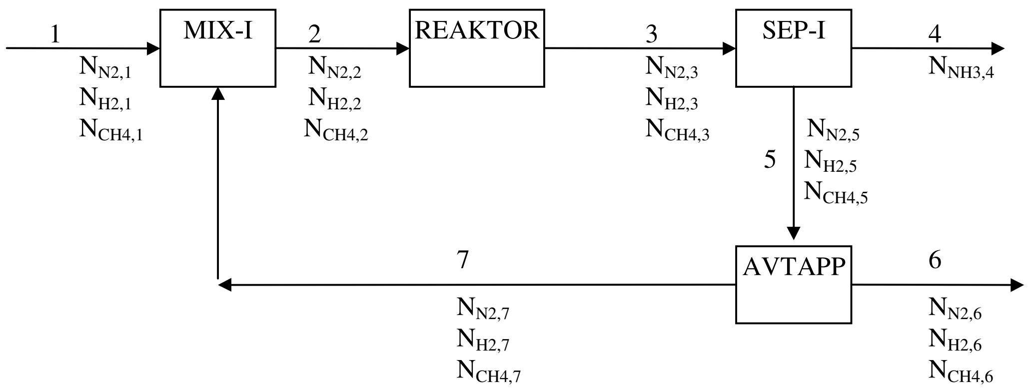
PROSESSTEKNIKK ØVING 5

Øving 18.02.99

<u>Løsninger</u>



a) Velger N_2 = 100 mol/tid som basis fordi vi her lett kan bestemme sammensetningen i strøm 2.

Vet at $N_{H2,1}:N_{N2,1} = 3$ (støkiometrisk forhold) og at forbruksforholdet $H_2:N_2$ i reaksjonen er 3. Forholdet $H_2:N_2$ er dermed konstant og lik 3 i alle strømmer.

Vi kan utfra dette bestemme mengdene i strøm 2:

$N_{CH4,2} = \underline{15.79}$ [mol] (gitt)

$N_{N2,2.} = (100 - 15.79)/4 = \underline{21.053}$

$N_{H2,2} = 3N_{N2,2} = \underline{63.158}$

Når vi skal regne oss over reaktoren, er det flere muligheter. Selv om det kan virke litt komplisert i dette enkle tilfellet, er det å bruke reaksjonsomfang, ξ, en veldig systematisk metode som gir bedre kontroll når man har flere reaksjoner. Mengdene i strøm 3 kan da finnes:

$N_{N2,3.} = N_{N2,2} + \nu_{N2}\xi = 21.053 + (-1)\ \xi$

$N_{H2,3} = N_{H2,2} + \nu_{H2}\xi = 63.158 + (-3)\ \xi$

$N_{NH3,3} = N_{NH3,2} + \nu_{NH3}\xi = 0 + (2)\ \xi$

$N_{CH4,3} = N_{CH4,2} + \nu_{CH4}\xi = 15.79 + 0\xi = \underline{15.79}$ [mol]

Her har vi en omsetningsgrad på 25%. Siden nitrogen og hydrogen fødes i støkiometrisk forhold, kan vi beregne reaksjonsomfanget fra hvilken som helst av dem. Vi prøver oss med nitrogen:

$$\xi = \frac{\text{Mengde nitrogen dannet}}{\text{støkiometrisk faktor}} = \frac{-0.25 * 21.053 mol}{-1} = 5.2633 mol$$

Setter vi denne inn i uttrykkene ovenfor får vi for strøm 3:

$N_{N2,3.} = 21.053 - \xi = \underline{15.79}$

$N_{H2,3} = 63.158 - 3\xi = \underline{47.37}$

$N_{NH3,3} = 2\xi = \underline{10.53}$

$N_{CH4,3} = \underline{15.79}$ [mol]

Balanse over separatoren gir:

$N_{NH3,4} = N_{NH3,3} = \underline{10.53}$

$N_{N2,5} = N_{N2,3} = \underline{15.79}$

$N_{H2,5} = N_{H2,3} = \underline{47.37}$

$N_{CH4,5} = N_{CH4,3} = \underline{15.79}$

$N_5 = 78.95$

Avtapp er splitting av strøm 5, det betyr at sammensetningen er lik i str. 5, 6 og 7.

$x_{k,5} = N_{k,5}/N_5 = x_{k,6} = x_{k,7}$

$x_{CH4,7} = x_{CH4,6} = x_{CH4,5} = 15.79/78.95 = 0.200$

$x_{N2,7} = x_{N2,6} = x_{N2,5} = 15.79/78.95 = 0.200$

$x_{H2,7} = x_{H2,6} = x_{H2,5} = 47.37/78.95 = 0.600$

Balanser for komponene over Mix-I gir (materialbalansen for hydrogen og nitrogen gir samme resultat siden de er i støkiometrisk forhold i alle strrømmer):

(1) Metan: $N_1 * x_{CH4,1} + N_7 * x_{CH4,7} = N_2 * x_{CH4,2}$

(2) Nitrogen: $N_1 * x_{N2,1} + N_7 * x_{N2,7} = N_2 * x_{N2,2}$

Løser (1) mhp. N_1 :

$N_1 = (100 * 0.1579 - N_7 * 0.200)/0.04 = 394.75 - 5 * N_7$

setter inn i (2):

$N_7 = 73.687$

dette gir:

$N_1 = 26.315$

$N_{N2,1} = 26.315 * 0.24 = \underline{6.32}$

$N_{H2,1} = 26.315 * 0.72 = \underline{18.95}$

$N_{CH4,1} = 26.315 * 0.04 = \underline{1.05}$

$N_{N2,7} = 73.687 * 0.200 = \underline{14.74}$

$N_{H2,7} = 73.687 * 0.600 = \underline{44.21}$

$N_{CH4,7} = 73.687 * 0.200 = \underline{14.74}$

Massebalanse over avtapp gir:

$N_{N2,6} = N_{N2,5} - N_{N2,7} = 15.79 - 14.74 = \underline{1.05}$

$N_{H2,6} = N_{H2,5} - N_{H2,7} = 47.37 - 44.21 = \underline{3.16}$

$N_{CH4,6} = N_{CH4,5} - N_{CH4,7} = 15.79 - 14.74 = \underline{1.05}$

Splittforholdet er dermed gitt = $N_6/N_5 = N_{N2,6}/N_{N2,5} = \underline{0.0667}$

<u>Skalerer alle strømmer til $N_1 = 100$!</u>

Skalafaktor: 100/26.315 = 3.800 gir (alle verdier i mol/tid):

Strøm /komp	1	2	3	4	5	6	7
N_2	24	80	60	0	60	4	56
H_2	72	240	180	0	180	12	168
CH_4	4	60	60	0	60	4	56
NH_3	0	0	40	40	0	0	0
Totalt	100	380	340	40	300	20	280

b) Beregner med spesifikasjon $x_{CH4,7} = 0.200$.

Velger basis nå $N_1 = 100$ mol/tid fordi det nå er hensiktsmessig å starte med en totalbalanse.

Som i forrige løsning: $N_{H2,j} / N_{N2,j} = 3$

$N_{N2,1} = \underline{24}$

$N_{H2,1} = \underline{72}$

$N_{CH4,1} = \underline{4}$

Totalbalansen over hele prosessen gir:

$N_{CH4,6} = N_{CH4,1} = \underline{4}$

$x_{CH4,6} = x_{CH4,7} = 0.200$ (gitt)

$N_6 * x_{CH4,6} = N_{CH4,6}$

$N_6 = 20$

kombinerer med forholdet $N_{H2,6}/N_{N2,6} = 3$:

$N_{N2,6} = (20-4)/4 = \underline{4}$

$N_{H2,6} = 3 * (20-4)/4 = \underline{12}$

Totalbalanse mhp nitrogen gir:

$2 * N_{N2,1} = N_{NH3,4} + 2 * N_{N2,6}$

$N_{NH3,4} = 2 * 24 - 2 * 4 = \underline{40}$

Balanse over separatoren:

$N_{NH3,3} = N_{NH3,4} = \underline{40}$

For å regne oss baklengs over reaktoren, bruker vi reaksjonsomfanget til reaksjonen.

$N_{NH3,3} = 2\,\xi = 40$

$$\xi = 20 = \frac{\text{Mengde nitrogen dannet}}{\text{støkiometrisk faktor}} = \frac{-0.25 * N_{N2,2}}{-1} = 0.25 N_{N2,2}$$

$N_{N2,2} = 20 / 0.25 = \underline{80}$ [mol]

$N_{N2,3} = N_{N2,2} - \xi = 80 - 20 = \underline{60}$

$N_{H2,2} = 3 * N_{N2,2} = \underline{240}$

$N_{H2,3} = 3 * N_{N2,2} = \underline{180}$

Balanse over separatoren:

$N_{N2,5} = N_{N2,3} = \underline{60}$

$N_{H2,5} = N_{H2,3} = \underline{180}$

Balanse over avtapp:

Splittfaktor = $N_6/N_5 = N_{N2,6}/N_{N2,5} = 4/60 = \underline{0.0667}$

gir også:

$N_{CH4,6}/N_{CH4,5} = 0.0667$

$N_{CH4,5} = 4/0.0667 = \underline{60}$

Balanse Sep-I:

$N_{CH4,3} = N_{CH4,5} = \underline{60}$

Balanse reaktor:

$N_{CH4,2} = N_{CH4,3} = \underline{60}$

Balanse avtapp:

$N_{k,7} = N_{k,5} - N_{k,6}$

$N_{N2,7} = 60 - 4 = \underline{56}$

$N_{H2,7} = 180 - 12 = \underline{168}$

$N_{CH4,7} = 60 - 4 = \underline{56}$

Vi ser at svaret er det samme som i a).