



Operación y mantenimiento de equipos electrolizadores de tecnología PEM

TEMA 2

Solución Caso Práctico

Título del Proyecto: “Desarrollo de tecnologías avanzadas de producción, almacenamiento y distribución de Hidrógeno, y su transferencia industrial para la Nueva Era del Hidrógeno en España”.

Órgano concedente: Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades y del CDTI - Centro de Excelencia Cervera: CER-20211002



“Financiado por la Unión Europea –



NextGenerationEU”

TEMA 2. CASO PRÁCTICO

Un electrolizador PEM formado por 10 celdas en serie (configuración bipolar), y área de los electrodos 400cm² está funcionando con una intensidad de corriente de 100A, dando un potencial de 21,5V. El caudal de hidrógeno producido es de 0,4 Nm³/h.

Determina:

- a) La densidad de corriente, en mA/cm²
- b) La eficiencia de Faraday
- c) La eficiencia del voltaje
- d) La potencia eléctrica consumida por el electrolizador, en KW
- e) La eficiencia global
- f) El consumo energético del electrolizador, en KWh/Nm³

DATOS: Densidad del hidrógeno = 0,0899 kg/Nm³; Constante de Faraday = 96485 C/mol; Potencial termoneutro (V_{tn}, a 25°C, 1 bar) = 1,481V; P_m H₂ = Peso molecular H₂ (g/mol) = 2,016 g/mol.

Solución:

a) La densidad de corriente, en mA/cm²

$$\text{Densidad corriente (mA/cm}^2\text{)} = \frac{I(\text{A}) \times 10^3 (\text{mA/A})}{A(\text{cm}^2)} = \frac{100 \times 10^3}{400} = 250 \text{ mA/cm}^2$$

b) La eficiencia de Faraday

Para calcular la eficiencia de Faraday, en primer lugar calculamos los mol H₂ teóricos producidos en 1h:

$$\text{mol H}_2 \text{ teóricos} = \frac{I \times t}{F \times n} \cdot z$$

I = Intensidad de la corriente (A)

t = tiempo (s)

F (constante de Faraday) = 96485 C /mol e⁻

n = n° moles de electrones que circulan por cada mol de H₂ producido (n =2 para el H₂).

z = n° de celdas

Sustituyendo:

$$\text{mol H}_2 \text{ teóricos/h} = \frac{100 \times 3600 \times 10}{96485 \times 2} = 18,66 \text{ mol H}_2/\text{h}$$

En segundo lugar calculamos los mol H₂ producidos en 1h:

$$\text{mol H}_2 \text{ reales/h} = \frac{d (\text{Kg/Nm}^3) \times Q (\text{Nm}^3/\text{h}) \times 10^3 (\text{g/Kg})}{P_m \text{ H}_2 (\text{g/mol})}$$

donde P_m H₂ = Peso molecular H₂ (g/mol)

Sustituyendo:

$$\text{mol H}_2 \text{ reales/h} = \frac{0,0899 \times 0,4 \times 10^3}{2,016} = 17,84 \text{ mol H}_2/\text{h}$$

Calculamos la eficiencia de Faraday:

$$\eta \text{ Faraday H}_2 = \frac{\text{mol H}_2 \text{ reales}}{\text{mol H}_2 \text{ teóricos}} \times 100 = \frac{17,84 \text{ mol H}_2/\text{h}}{18,66 \text{ mol H}_2/\text{h}} \times 100 = \mathbf{95,6\%}$$

c) La eficiencia del voltaje

$$V \text{ celda} = \frac{V \text{ total}}{z (n^\circ \text{ celdas})} = \frac{21,5}{10} = 2,15\text{V}$$

$$\eta \text{ voltaje} = \frac{V_{\text{tn}}}{V_{\text{celda}}} \times 100 = \frac{1,481}{2,15} \times 100 = \mathbf{68,9\%}$$

d) La potencia eléctrica consumida por el electrolizador, en KW

$$P = I \text{ (A)} \times V \text{ (V)} \times 10^{-3} \text{ (KW/W)} = 100 \times 21,5 \times 10^{-3} = 2,15 \text{ KW}$$

e) La eficiencia global

La eficiencia global puede calcularse de dos formas (expresiones equivalentes):

Opción 1:

$$\eta \text{ Global} = \eta \text{ Faraday} \times \eta \text{ Voltaje} \times 100 = 0,956 \times 0,689 \times 100 = \mathbf{65,9\%}$$

Opción 2:

$$\eta \text{ Global} = \frac{\Delta H}{E \text{ eléctrica} + E \text{ térmica}} \times 100$$

Como el electrolizador trabaja a un potencial de celda superior al potencial termoneutro, el sistema no demanda energía térmica, por lo que la expresión puede simplificarse a la siguiente:

$$\begin{aligned} \eta \text{ Global} &= \frac{\Delta H}{E \text{ eléctrica}} \times 100 = \frac{\Delta H \text{ (KJ/mol)} \times \text{mol H}_2 \text{ producidos (mol H}_2/\text{h)} \times 10^3 \text{ J/KJ}}{I \text{ (A)} \times V \text{ (V)} \times t \text{ (s/h)}} \times 100 \\ &= \frac{285,88 \times 17,84 \times 10^3}{100 \times 21,5 \times 3600} = \mathbf{65,9\%} \end{aligned}$$

*En condiciones estándar (25°C, 1 bar): $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2$ $\Delta H^0 = 285,88 \text{ KJ/mol}$

f) El consumo energético del electrolizador, en KWh/Nm³

$$C_e = \frac{P \text{ total (KW)}}{Q \text{ (Nm}^3/\text{h)}} \times 100 = \frac{2,15}{0,4} = 5,375 \text{ KWh/Nm}^3\text{H}_2$$