

Cuestionario de autoevaluación

Ciclos de turbina de gas

1. Señala cuál/es de las siguientes afirmaciones son verdaderas para un ciclo Brayton de aire estándar ideal:

- a. El ciclo está formado por 4 procesos: 2 procesos isoentrópicos y 2 procesos isocoros.
- b. El proceso de combustión se modela como un intercambiador de calor que recibe calor desde una fuente externa.
- c. En el compresor aumenta la presión y la temperatura del fluido, aumentando la entropía específica.
- d. En todos los estados, el fluido es aire que se comporta como gas ideal.
- e. El compresor y la turbina son adiabáticos.

SOLUCIÓN: b, d, e

- a. El ciclo está formado por 4 procesos: 2 procesos isoentrópicos y 2 procesos isobaros (NO isocoros).
- b. OK.
- c. En el compresor aumenta la presión y la temperatura del fluido, manteniéndose constante la entropía específica.
- d. OK.
- e. OK.

2. Señala cuál/es de las siguientes afirmaciones son verdaderas para un ciclo de potencia con turbina de gas:

- a. La relación de compresión es el cociente entre la presión a la salida de la turbina (P_{\min}) y la presión a la salida del compresor (P_{\max}).
 - b. La relación de trabajos es el cociente entre el valor absoluto del trabajo consumido en el compresor y el trabajo producido por la turbina.
 - c. El rendimiento térmico del ciclo es el cociente entre la suma del trabajo de la turbina y del compresor (trabajo neto del ciclo) dividido entre la suma del calor absorbido y del calor cedido en los intercambiadores de calor.
 - d. Si el ciclo Brayton es de aire estándar frío se considera que el aire se comporta como un gas perfecto con C_p =constante, C_v =constante y $k=C_p/C_v=1.4$ =constante.
-

SOLUCIÓN: b, d

a. Se define justo al revés: La relación de compresión es el cociente entre la presión a la salida del compresor (P_{\max}) y la presión a la salida de la turbina (P_{\min}).

b. OK.

c. El rendimiento térmico del ciclo es el cociente entre la suma del trabajo de la turbina y del compresor (trabajo neto del ciclo) dividido entre el calor absorbido en el intercambiador de calor que modela la cámara de combustión.

d. OK.

3. Señala cuál/es de las siguientes afirmaciones son verdaderas para un ciclo Brayton de aire estándar con irreversibilidades internas:

a. La expansión del aire en una turbina adiabática real (no ideal) va acompañada de un aumento de entropía.

b. La compresión del aire en un compresor adiabático real (no ideal) va acompañada de una reducción de entropía.

c. El rendimiento isoentrópico de una turbina adiabática es el cociente entre el trabajo que produciría la turbina si desarrollase un proceso isoentrópico (adiabático + internamente reversible) y el trabajo real producido en la turbina adiabática.

d. El rendimiento isoentrópico de un compresor adiabático es el cociente entre el trabajo que consumiría el compresor si desarrollase un proceso isoentrópico (adiabático + internamente reversible) y el trabajo real consumido en el compresor adiabático.

e. Los rendimientos isoentrópicos de una turbina o de un compresor adiabático pueden ser mayores que 1.

SOLUCIÓN: a, d

a. OK.

b. La compresión del aire en un compresor adiabático real (no ideal) va acompañada de un aumento de entropía.

c. Se define justo al revés: El rendimiento isoentrópico de una turbina adiabática es el cociente entre el trabajo real producido en la turbina adiabática y el trabajo que produciría la turbina si desarrollase un proceso isoentrópico (adiabático + internamente reversible).

d. OK.

e. Por definición de rendimiento isoentrópico para una turbina o para un compresor adiabático, su valor siempre será menor o igual que 1.

4. Señala cuál/es de las siguientes afirmaciones son verdaderas para un ciclo Brayton de aire estándar:

- a. El rendimiento térmico del ciclo disminuye al aumentar la temperatura de entrada a la turbina.
- b. La eficiencia de un regenerador se define como el cociente entre el calor real intercambiado en el mismo y el calor máximo que se podría llegar a intercambiar si el regenerador se comportase de forma ideal.
- c. Si en un regenerador entra el fluido procedente de la turbina a una temperatura de 900°C , el fluido que sale del compresor se podría llegar a calentar (si el regenerador se comportase de forma ideal) hasta una temperatura máxima de 900°C , independientemente de la temperatura a la que salga el fluido del compresor.
- d. El rendimiento térmico del ciclo aumenta al disminuir la relación de presiones.
- e. La compresión escalonada (ej. en 2 etapas) con refrigeración intermedia reduce el trabajo de compresión y aumenta el trabajo neto del ciclo.
- f. Al incorporar un regenerador, aumentan el rendimiento térmico del ciclo y el trabajo neto del ciclo.
- g. El trabajo neto del ciclo siempre aumenta al aumentar la relación de presiones.

SOLUCIÓN: b, c, e

- a. El rendimiento térmico del ciclo aumenta al aumentar la temperatura de entrada a la turbina.
- b. OK.
- c. OK.
- d. El rendimiento térmico del ciclo aumenta al aumentar la relación de presiones.
- e. OK.
- f. Al incorporar un regenerador, aumenta el rendimiento del ciclo, pero el trabajo neto del ciclo se mantiene constante.
- g. El trabajo neto del ciclo aumenta al aumentar la relación de presiones hasta llegar a un punto óptimo a partir del cual, si se sigue aumentando la relación de presiones, el trabajo neto del ciclo disminuye, aunque el rendimiento térmico del ciclo siga aumentando.

5. En un ciclo Brayton de aire estándar ideal se conocen las temperaturas: $T_1=300\text{K}$, $T_2=520\text{K}$, $T_3=1300\text{K}$, $T_4=880\text{K}$, en los estados 1: entrada al compresor, 2: salida del compresor, 3: entrada a la turbina y 4: salida de la turbina. Haciendo las hipótesis adecuadas, se pide calcular el trabajo neto y el calor neto del ciclo en kJ/kg, el rendimiento térmico en % y la relación de trabajos en %.

a. $w_{\text{ciclo}} = q_{\text{ciclo}} = 252.87 \text{ kJ/kg}$, $\eta = 30.03\%$, $r_w = 55.34\%$

b. $w_{\text{ciclo}} = q_{\text{ciclo}} = 261.97 \text{ kJ/kg}$, $\eta = 39.23\%$, $r_w = 46.03\%$

c. $w_{\text{ciclo}} = q_{\text{ciclo}} = 252.87 \text{ kJ/kg}$, $\eta = 30.03\%$, $r_w = 55.34\%$

d. $w_{\text{ciclo}} = q_{\text{ciclo}} = 261.97 \text{ kJ/kg}$, $\eta = 30.03\%$, $r_w = 46.03\%$

SOLUCIÓN: d

Entrando a la tabla de propiedades del aire como gas ideal (Tabla A.22) con los valores conocidos de T_1 , T_2 , T_3 y T_4 , se obtienen las entalpías específicas de los 4 estados: $h_1=300.19 \text{ kJ/kg}$, $h_2=523.63 \text{ kJ/kg}$, $h_3= 1395.97 \text{ kJ/kg}$, y $h_4= 910.56\text{kJ/kg}$.

$$w_{\text{ciclo}} = w_t + w_c = (h_3 - h_4) + (h_1 - h_2) = (1395.97 - 910.56) + (300.19 - 523.63) = 485.41 - 223.44 = 261.97 \text{ kJ/kg} = q_{\text{ciclo}}$$

Se puede comprobar que $w_{\text{ciclo}} = q_{\text{ciclo}}$:

$$q_{\text{ciclo}} = q_{\text{ent}} + q_{\text{sal}} = (h_3 - h_2) + (h_1 - h_4) = (1395.97 - 523.63) + (300.19 - 910.56) = 872.34 - 610.37 = 261.97 \text{ kJ/kg}$$

$$\eta = 100 \cdot (w_t + w_c) / q_{\text{ent}} = 100 \cdot ((h_3 - h_4) + (h_1 - h_2)) / (h_3 - h_2) = 100 \cdot ((1395.97 - 910.56) + (300.19 - 523.63)) / (1395.97 - 523.63) = 100 \cdot 261.97 / 872.34 = 30.03\%$$

$$r_w = 100 \cdot \text{abs}(w_c) / w_t = 100 \cdot \text{abs}(h_1 - h_2) / (h_3 - h_4) = 100 \cdot \text{abs}(300.19 - 523.63) / (1395.97 - 910.56) = 100 \cdot 223.44 / 485.41 = 46.03\%$$

6. Para un ciclo de potencia con turbina de gas señala cuál de las siguientes afirmaciones es incorrecta:

- a. La sustancia que realiza el ciclo permanece siempre en fase gaseosa en todos los estados.
- b. En un ciclo abierto, a la entrada de la turbina se tiene una mezcla de gases resultantes de la combustión del gas (CO_2 , H_2O , O_2 , N_2 , CO , etc.) a alta presión y temperatura.
- c. En un ciclo cerrado, la temperatura a la salida de la turbina coincide con la temperatura a la entrada del compresor.
- d. En un ciclo cerrado, la presión a la salida de la turbina coincide con la presión a la entrada del compresor.

SOLUCIÓN: c

- a. Esta afirmación es correcta.
- b. Esta afirmación es correcta.
- c. En un ciclo cerrado, la temperatura a la salida de la turbina será mayor que la temperatura a la entrada del compresor, debiendo considerarse un intercambiador de calor “ficticio” entre la turbina y el compresor para poder cerrar el ciclo.
- d. Esta afirmación es correcta.