

# CICLO BRAYTON CON REGENERACIÓN

En los motores de turbina de gas, la temperatura de los gases de escape que salen de la turbina es a menudo considerablemente más alta que la temperatura del aire que sale del compresor. Por lo tanto, el aire a alta presión que sale del compresor se puede calentar transfiriéndole calor desde los gases de escape calientes en un intercambiador de calor a contracorriente, que también se conoce como regenerador o recuperador.

Se muestra un esquema del motor de turbina de gas que utiliza un regenerador y el diagrama T-s del nuevo ciclo. En la Figura 1a y 1b, respectivamente. La eficiencia térmica del ciclo Brayton aumenta como resultado de la regeneración, ya que la porción de energía de los gases de escape que normalmente se rechaza al entorno ahora se usa para precalentar el aire que ingresa a la cámara de combustión. Esto, a su vez, disminuye los requisitos de entrada de calor (por lo tanto, combustible) para la misma producción neta de trabajo. Sin embargo, se recomienda el uso de un regenerador solo cuando la temperatura de escape de la turbina es más alta que la temperatura de salida del compresor. De lo contrario, el calor fluirá en la dirección inversa (hacia los gases de escape), disminuyendo la eficiencia.

Esta situación se encuentra en motores de turbina de gas que funcionan a relaciones de presión muy altas. La temperatura más alta que ocurre dentro del regenerador es  $T_4$ , la temperatura de los gases de escape que salen de la turbina y entran al regenerador. En ningún caso se puede precalentar el aire en el regenerador a una temperatura superior a este valor. El aire normalmente sale del regenerador a una temperatura más baja,  $T_5$ . En el caso límite

(ideal), el aire sale del regenerador a la temperatura de entrada de los gases de escape  $T_4$ .

Suponiendo que el regenerador esté bien aislado y que cualquier cambio en las energías cinética y potencial sea insignificante, las transferencias de calor real y máxima de los gases de escape al aire se pueden expresar como:

$$q_{regen,act} = h_5 - h_2$$

Y

$$q_{regen,Max} = h_5 - h_2 = h_4 - h_2$$

La medida en que un regenerador se acerca a un regenerador ideal se denomina eficacia  $\epsilon$  y se define como:

$$\epsilon = q_{regen,act} = \frac{h_5 - h_2}{h_4 - h_2}$$

Cuando se utilizan los supuestos estándar de aire frío, se reduce a:

$$\epsilon \approx \frac{T_5 - T_2}{T_4 - T_2}$$

Un regenerador con una mayor efectividad obviamente ahorra una mayor cantidad de combustible ya que precalienta el aire a una temperatura más alta antes de la combustión. Sin embargo, lograr una mayor eficacia requiere el uso de un regenerador más grande, que tiene un precio más alto y provoca una mayor caída de presión. Por lo tanto, el uso de un regenerador con una eficacia muy alta no puede justificarse económicamente a menos que los ahorros en los costos de combustible superen los gastos adicionales involucrados. La eficacia de la mayoría de los regeneradores utilizados en la

práctica es inferior a 0,85. Bajo los supuestos estándar de aire frío, la eficiencia térmica de un ciclo Brayton ideal con regeneración es:

$$\eta_{th, regen} = 1 - \left(\frac{T_1}{T_3}\right) (r_p)^{(k-1)/k}$$

Por lo tanto, la eficiencia térmica de un ciclo Brayton ideal con regeneración depende de la relación entre las temperaturas mínima y máxima, así como la relación de presión.

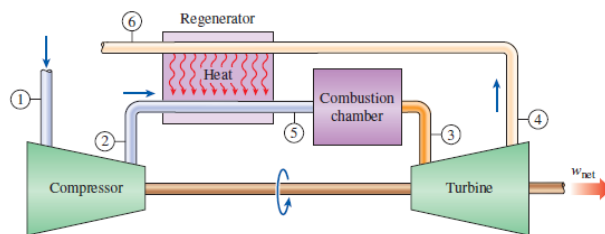


Figura 1. Turbina de gas con regenerador.

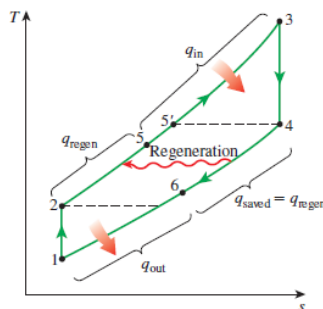


Figura 2. Diagrama T-s del ciclo Brayton con regeneración.

**Referencias:**

Çengel, Y. A., & Boles, M. A. (2009). *Termodinámica* (M. Á. T. Castellanos (ed.); Sexta). McGraw-Hill.

Centro Nacional de Control de Energía (CENACE). (2020). *Informe de la tecnología de generación de referencia* (pp. 1-29).

[https://www.cenace.gob.mx/Docs/02\\_MBP/InformeTGR/2020/Informe TGR en 2020 Preliminar \(v2020-11-23\).pdf](https://www.cenace.gob.mx/Docs/02_MBP/InformeTGR/2020/Informe%20TGR%20en%2020%20Preliminar%20(v2020-11-23).pdf)

Secretaría de Energía. (2018). *Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional* (p. 330). Secretaría de Energía.

Energía, S. de. (2020). *Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2021 - 2035* (p. 224). Secretaría de Energía.