



Cap. 6.- Ciclos de turbinas de gas.

Cuestiones de autoevaluación



Universidad
Carlos III de Madrid

Escuela Politécnica Superior

Profesores:

Pedro A. Rodríguez Aumente, catedrático de Máquinas y Motores Térmicos

Antonio Lecuona Neumann, catedrático de Máquinas y Motores Térmicos

Rubén Ventas Garzón, profesor visitante lector

Autores:

P.A. Rodríguez

A. Lecuona

R. Ventas



MOTORES DE
COMBUSTIÓN
INTERNA

12.- CUESTIONES DE AUTOEVALUACIÓN [volver](#)

Preguntas:

1. El coeficiente de presión ideal del difusor de una turbina de gas (TG) se calcula **de manera exacta** como la unidad menos el cociente entre la velocidad de salida y la velocidad de entrada, elevado al cuadrado.
2. El rendimiento del difusor de una TG tiene en cuenta las irreversibilidades presentes en el flujo que lo recorre.
3. La temperatura de remanso a la salida de un compresor, para un valor determinado de su relación de presiones de remanso, es tanto mayor cuanto mayor sea su rendimiento isoentrópico.
4. La potencia requerida por un compresor, para conseguir una determinada relación de presiones en un determinado flujo de gas, es tanto mayor cuanto mayor es la temperatura de entrada al mismo.
5. ¿Qué parámetros de entrada, obtenidos del ciclo termodinámico de una TG, se emplean para el dimensionado de un intercambiador de calor (sea interenfriador o regenerador)? ¿Qué parámetros de salida han de obtenerse de dicho dimensionado?
6. El aire que circula por la cámara de combustión de una TG está dividido al menos en dos flujos, denominados aire primario y aire de dilución. ¿Cuál es papel principal de cada uno de ellos?
7. La temperatura de remanso a la salida de una turbina, para un valor determinado de su relación de presiones de remanso, es tanto mayor cuanto mayor sea su rendimiento isoentrópico.



CICLOS DE TURBINAS DE GAS

1. Objetivos
2. Nomenclatura
3. Configuraciones, procesos y modelos
4. Ciclos reversibles
5. Rendimiento de componentes
6. Ciclos húmedos
7. Tipos de TGs
8. Operación de TGs
9. Conclusiones
10. Anexos
11. Ejercicios
- 12. Autoevaluación**
13. Bibliografía

Autores:
P.A. Rodríguez
A. Lecuona
R. Ventas



MOTORES DE
COMBUSTIÓN
INTERNA



12.- CUESTIONES DE AUTOEVALUACIÓN [volver](#)

Preguntas:

8. La potencia obtenida de una turbina, operando con una determinada relación de presión y un determinado flujo de aire, es tanto mayor cuanto mayor es la temperatura de entrada a la misma.
9. La tobera propulsiva de un turborreactor se emplea para incrementar la entalpía de remanso de la corriente de gases, incrementándose con ello el empuje obtenido con el mismo.
10. El coeficiente de presión ideal de una tobera propulsiva se define de manera exacta como la diferencia de presión estática entre la entrada y la salida, dividida por la presión dinámica a la entrada.
11. ¿Cómo se define el rendimiento energético de una TG de potencia, i.e. para una planta fija en tierra?
12. ¿Cómo se relaciona el empuje de un turborreactor con su rendimiento propulsivo?
13. ¿Cómo se define el rendimiento térmico de un turborreactor?
14. El rendimiento global de un turborreactor es el cociente entre la potencia propulsiva y la energía primaria suministrada con el combustible.
15. El rendimiento y el trabajo específico de un ciclo CBE reversible de Brayton dependen exclusivamente de su relación de presiones y del cociente de calores específicos del gas, supuestos constantes.
16. La relación de cogeneración de un ciclo CBE reversible de Brayton con calores específicos constantes es creciente con su relación de presiones.

CICLOS DE TURBINAS DE GAS

1. Objetivos
2. Nomenclatura
3. Configuraciones, procesos y modelos
4. Ciclos reversibles
5. Rendimiento de componentes
6. Ciclos húmedos
7. Tipos de TGs
8. Operación de TGs
9. Conclusiones
10. Anexos
11. Ejercicios
- 12. Autoevaluación**
13. Bibliografía

Autores:
P.A. Rodríguez
A. Lecuona
R. Ventas



MOTORES DE
COMBUSTIÓN
INTERNA



12.- CUESTIONES DE AUTOEVALUACIÓN [volver](#)

Preguntas:

17. El rendimiento de un ciclo regenerativo CBEX reversible con calores específicos constantes aumenta cuando lo hace su relación de presiones.
18. El rendimiento de un ciclo regenerativo CBEX reversible con calores específicos constantes depende de la relación de presiones y el cociente de calores específicos del gas, así como de la relación de temperaturas máxima y mínima del mismo.
19. El rendimiento de un ciclo regenerativo CBEX reversible con calores específicos constantes es mayor que el de un ciclo CBE reversible de Brayton para el mismo valor de la relación de presiones.
20. El rendimiento de un ciclo CBE reversible con calores específicos variables con la temperatura, depende de la relación de temperaturas máxima y mínima.
21. El rendimiento de un ciclo CBE irreversible presenta un máximo para un determinado valor de la relación de presiones.
22. Las curvas características de una TG de ciclo CBE irreversible muestran que su rendimiento disminuye con la carga, cuando ésta se modifica a relación de presiones constante.
23. Las curvas características de una TG regenerativa de ciclo CBEX irreversible muestran un descenso acusado del rendimiento cuando lo hace la carga de la TG, en mayor medida que el de una TG de ciclo CBE.
24. La relación de cogeneración de una TG con ciclo CBEX irreversible disminuye cuando aumenta la carga de la TG, si se mantiene constante la relación de presiones.

CICLOS DE TURBINAS DE GAS

1. Objetivos
2. Nomenclatura
3. Configuraciones, procesos y modelos
4. Ciclos reversibles
5. Rendimiento de componentes
6. Ciclos húmedos
7. Tipos de TGs
8. Operación de TGs
9. Conclusiones
10. Anexos
11. Ejercicios
- 12. Autoevaluación**
13. Bibliografía

Autores:

P.A. Rodríguez

A. Lecuona

R. Ventas



MOTORES DE
COMBUSTIÓN
INTERNA

12.- CUESTIONES DE AUTOEVALUACIÓN [volver](#)

Preguntas:

25. La inyección de agua o de vapor en la cámara de combustión de una TG (ciclos húmedos) se emplea para aumentar la potencia proporcionada por la TG.
26. ¿Qué parámetros se emplean para la selección del punto de funcionamiento de una TG monoeje?
27. ¿Cómo se determina el punto de funcionamiento de la turbina de una TG monoeje a partir de los parámetros correspondientes al punto de operación del compresor?
28. Indique las opciones de que se dispone para modificar el grado de carga de una TG monoeje.
29. Indique las opciones de que se dispone para modificar el grado de carga de una TG con turbina libre o de potencia.
30. ¿Cómo afectan las condiciones ambiente a las prestaciones de las TGs?



CICLOS DE TURBINAS DE GAS

1. Objetivos
2. Nomenclatura
3. Configuraciones, procesos y modelos
4. Ciclos reversibles
5. Rendimiento de componentes
6. Ciclos húmedos
7. Tipos de TGs
8. Operación de TGs
9. Conclusiones
10. Anexos
11. Ejercicios
- 12. Autoevaluación**
13. Bibliografía

Autores:
P.A. Rodríguez
A. Lecuona
R. Ventas



MOTORES DE
COMBUSTIÓN
INTERNA



12.- CUESTIONES DE AUTOEVALUACIÓN [volver](#)

Respuestas:

1. Incorrecto. Se trata de un cálculo aproximado basado en despreciar la variación de densidad del gas entre la entrada y la salida, lo que conduce a calcular dicho coeficiente como la diferencia de presión estática entre la salida y la entrada, dividida por la presión dinámica a la entrada del difusor.
2. Correcto. A tal efecto se define como el cociente entre el coeficiente de presión real y el coeficiente de presión ideal, resultando con ello inferior a la unidad.
3. Incorrecto. Un rendimiento isoentrópico menor indica una existencia mayor de irreversibilidades, y con ello una mayor degradación de la energía suministra al compresor, lo que ocasiona un mayor incremento de la temperatura del fluido.
4. Afirmativo. Su trabajo específico es proporcional a la temperatura de entrada. La potencia requerida por el compresor es el producto de dicho trabajo específico por el gasto másico de aire cuya presión se desea elevar.
5. En general se conocen las 4 temperaturas que se desean obtener, así como los gastos másicos y las capacidades caloríficas de ambos flujos. Con ellos es posible calcular la efectividad del intercambiador, y a partir de él, el Número de Unidades de Transferencia *NTU* y el valor de *UA* (producto del coeficiente global de transferencia de calor por el área de intercambio). Esto último permite dimensionar el intercambiador de calor. Adicionalmente, una comprobación de la pérdida de carga producida en cada uno de los flujos es indispensable para determinar las secciones de paso adecuadas.

CICLOS DE TURBINAS DE GAS

1. Objetivos
2. Nomenclatura
3. Configuraciones, procesos y modelos
4. Ciclos reversibles
5. Rendimiento de componentes
6. Ciclos húmedos
7. Tipos de TGs
8. Operación de TGs
9. Conclusiones
10. Anexos
11. Ejercicios
- 12. Autoevaluación**
13. Bibliografía

Autores:
P.A. Rodríguez
A. Lecuona
R. Ventas



MOTORES DE
COMBUSTIÓN
INTERNA



12.- CUESTIONES DE AUTOEVALUACIÓN [volver](#)

Respuestas:

6. El aire primario es el que participa de manera directa en la combustión, reaccionando con el combustible inyectado en la cámara de combustión. El aire de dilución se introduce en la cámara de combustión de forma progresiva para: a) completar la combustión, b) refrigerar las paredes de la cámara de combustión y c) disminuir la temperatura de los gases a la entrada de la turbina.
7. Incorrecto. Un rendimiento isoentrópico menor indica una existencia mayor de irreversibilidades, y con ello una mayor degradación de la energía disponible en el flujo de entrada a la turbina, lo que ocasiona una mayor temperatura del fluido a la salida de la turbina.
8. Afirmativo. Su trabajo específico es proporcional a la temperatura de entrada. La potencia obtenida de la turbina es el producto de dicho trabajo específico por el gasto másico de aire que circula por ella. Este hecho constituye el fundamento del ciclo Brayton.
9. Incorrecto. La entalpía de remanso de los gases se conserva a su paso por la tobera. Lo que se consigue en ella es acelerar la corriente a expensas del término de entalpía estática. Ello produce un empuje mayor, al depender su valor del de la velocidad de salida de los gases.
10. Correcto. Sólo si se desea expresar este coeficiente en función exclusivamente de las velocidades de entrada y salida de manera sencilla, se suele hacer la aproximación de suponer la misma densidad a la entrada que a la salida.

Autores:
P.A. Rodríguez
A. Lecuona
R. Ventas



MOTORES DE
COMBUSTIÓN
INTERNA



12.- CUESTIONES DE AUTOEVALUACIÓN [volver](#)

Respuestas:

11. Es el cociente entre la potencia neta de la TG, calculada como la diferencia entre la obtenida de la (o las) turbina (s) y la consumida por el (o los) compresor (es), dividida por la energía suministrada con el combustible, calculada como el producto de su gasto másico por su poder calorífico inferior.
12. El rendimiento propulsivo se define como el cociente entre la potencia propulsiva, definida como el producto del empuje por la velocidad de vuelo de la aeronave, dividida por el incremento de energía cinética de los gases que circulan por el turborreactor entre su entrada y su salida.
13. Es el cociente entre el incremento de energía cinética conseguido en los gases que circulan por el mismo entre su entrada y su salida, y la energía primaria, i.e. la suministrada con el combustible, calculada como el producto de su gasto másico por su poder calorífico inferior.
14. Correcto. Por ello, en función de sus definiciones, se concluye que el rendimiento global de un turborreactor es el producto de su rendimiento propulsivo por su rendimiento térmico.
15. Incorrecto. Se puede afirmar eso respecto del rendimiento, pero no así del trabajo específico, que presenta un máximo cuyo valor y posición dependen de la relación de temperaturas máxima y mínima y del cociente de calores específicos del gas supuestos constantes.

CICLOS DE TURBINAS DE GAS

1. Objetivos
2. Nomenclatura
3. Configuraciones, procesos y modelos
4. Ciclos reversibles
5. Rendimiento de componentes
6. Ciclos húmedos
7. Tipos de TGs
8. Operación de TGs
9. Conclusiones
10. Anexos
11. Ejercicios
- 12. Autoevaluación**
13. Bibliografía

Autores:

P.A. Rodríguez

A. Lecuona

R. Ventas



MOTORES DE
COMBUSTIÓN
INTERNA

12.- CUESTIONES DE AUTOEVALUACIÓN [volver](#)

Respuestas:

16. Incorrecto. La relación de cogeneración se define como el cociente entre la energía específica útil contenida en el gas de escape y el trabajo específico de la TG. Cuando aumenta la relación de presiones, el rendimiento del ciclo CBE reversible de Brayton con calores específicos constantes también aumenta, quedando menos energía en el escape disponible para cogenerar.
17. Incorrecto. El ciclo CBEX consigue rendimientos mayores cuando es posible precalentar los gases a la salida del compresor, empleando para ello los gases de escape de la TG. Ello es más fácil de hacer cuando la relación de presiones es baja, ya que la temperatura de salida del compresor también lo será, mientras que la de salida de la turbina será más alta, para una temperatura máxima del ciclo dada.
18. Correcto. Una relación de temperaturas máxima y mínima mayor permite un ámbito mayor para la regeneración, al aumentar la diferencia entre la temperatura de salida de la turbina y la de salida del compresor.
19. Correcto. Pero sólo hasta un valor límite de la relación de presiones, para la cual ambos ciclos, y por tanto su rendimiento, coinciden. La regeneración no es posible para relaciones de presiones mayores que esa. Este valor límite depende de la relación de temperaturas máxima y mínima del ciclo así como del cociente de calores específicos del gas.
20. Correcto. Aunque esta dependencia es mucho más débil que la que presenta con respecto a la relación de presiones.



CICLOS DE TURBINAS DE GAS

1. Objetivos
2. Nomenclatura
3. Configuraciones, procesos y modelos
4. Ciclos reversibles
5. Rendimiento de componentes
6. Ciclos húmedos
7. Tipos de TGs
8. Operación de TGs
9. Conclusiones
10. Anexos
11. Ejercicios
- 12. Autoevaluación**
13. Bibliografía

Autores:
P.A. Rodríguez
A. Lecuona
R. Ventas



MOTORES DE
COMBUSTIÓN
INTERNA

12.- CUESTIONES DE AUTOEVALUACIÓN [volver](#)

Respuestas:

21. Correcto. La posición del máximo depende de los rendimientos de componentes (compresor y turbina) así como de la relación de temperaturas máxima y mínima. Este hecho desaconseja el empleo de TGs con elevada relación de presiones cuando los rendimientos de componentes o la temperatura máxima del ciclo no sean lo suficientemente elevados.
22. Incorrecto. Las curvas muestran un crecimiento del rendimiento en función del trabajo específico neto de la TG a relación de presiones constante.
23. Correcto. Si bien, parten de valores más elevados en todo el intervalo de grados de carga, para valores similares de la relación de presiones.
24. Correcto. Ello se debe a que, para una relación de presiones dada y un rendimiento de compresor fijado, la temperatura de salida del compresor se mantiene constante. Con ello la temperatura de los gases de escape también lo es y por lo tanto lo será el calor útil de los gases de escape. Al dividir esta cantidad fija por potencias en el eje crecientes con la carga, se obtiene una relación de cogeneración decreciente con la carga.
25. Incorrecto. Aunque en ciertas condiciones de uso se consiga aumentar la potencia gracias al trabajo desarrollado por el vapor de agua al expansionarse en la turbina, el beneficio no compensa la elevación de costes de operación y mantenimiento a causa de la más rápida degradación de la TG. La razón fundamental es conseguir reducir la temperatura de los gases en la cámara de combustión para emitir menos NOx.



CICLOS DE TURBINAS DE GAS

1. Objetivos
2. Nomenclatura
3. Configuraciones, procesos y modelos
4. Ciclos reversibles
5. Rendimiento de componentes
6. Ciclos húmedos
7. Tipos de TGs
8. Operación de TGs
9. Conclusiones
10. Anexos
11. Ejercicios
- 12. Autoevaluación**
13. Bibliografía

Autores:

P.A. Rodríguez

A. Lecuona

R. Ventas



MOTORES DE
COMBUSTIÓN
INTERNA



12.- CUESTIONES DE AUTOEVALUACIÓN [volver](#)

Respuestas:

26. El parámetro de gasto, la relación de presiones y el parámetro de velocidad, éste último condicionado por la carga (generador eléctrico u otros). Con ellos se fija un punto del diagrama del compresor, p. e. el de máximo rendimiento.
27. Se imponen las condiciones de identidad de relación de presiones, velocidad y gasto. Ello permite determinar el valor de la temperatura de entrada a la turbina que satisface dichas condiciones, lo que determina a su vez el gasto de combustible a suministrar a la TG. Como hay que compatibilizar la potencia entregada en el eje con la carga (generador eléctrico u otros), no siempre es posible operar la TG en las mejores condiciones desde el punto de vista de rendimiento.
28. Modificando la temperatura de salida de la cámara de combustión modificando la relación aire / combustible con la que opera la TG. En general ello conduce a una modificación de la relación de presiones de la TG, lo que en general implica un cambio en el rendimiento.
29. a) modificando la velocidad de giro del generador de gases (compuesto por el compresor, la cámara de combustión y la turbina de alta presión) variando con ello el gasto que entra en la turbina libre. b) modificando la temperatura de salida de la cámara de combustión modificando la relación aire / combustible con la que opera la TG. c) Modificando el gasto de aire que entra en la TG mediante álabes guía de inclinación variable disponibles a la entrada del compresor. d) una combinación de las anteriores.

CICLOS DE TURBINAS DE GAS

1. Objetivos
2. Nomenclatura
3. Configuraciones, procesos y modelos
4. Ciclos reversibles
5. Rendimiento de componentes
6. Ciclos húmedos
7. Tipos de TGs
8. Operación de TGs
9. Conclusiones
10. Anexos
11. Ejercicios
- 12. Autoevaluación**
13. Bibliografía

Autores:
P.A. Rodríguez
A. Lecuona
R. Ventas



MOTORES DE
COMBUSTIÓN
INTERNA



12.- CUESTIONES DE AUTOEVALUACIÓN [volver](#)

Respuestas:

30. Una caída de densidad ambiente supone una caída del gasto másico de aire, reduciendo la potencia para una temperatura máxima del ciclo dada. Además, cambios en la presión y/o en la temperatura ambiente (i.e. las de entrada al compresor) suponen una alteración de los valores de los parámetros de gasto y velocidad de sus curvas características (obtenidas para unas determinadas condiciones de referencia), y con ello un cambio en el rendimiento de la turbomáquina. Las modificaciones se introducen en función de la raíz cuadrada del cociente de temperaturas ambiente y del cociente de presiones ambiente entre las condiciones actuales y las de referencia.

CICLOS DE TURBINAS DE GAS

1. Objetivos
2. Nomenclatura
3. Configuraciones, procesos y modelos
4. Ciclos reversibles
5. Rendimiento de componentes
6. Ciclos húmedos
7. Tipos de TGs
8. Operación de TGs
9. Conclusiones
10. Anexos
11. Ejercicios
- 12. Autoevaluación**
13. Bibliografía

Autores:

P.A. Rodríguez

A. Lecuona

R. Ventas



MOTORES DE
COMBUSTIÓN
INTERNA