

Ü 11.1 Nachrechnung eines Otto-Vergleichsprozesses – (1)

Annahmen: Arbeitsmedium ist Luft, die spezifischen Wärmekapazitäten sind konstant

| | |
|-----------------------------|---------------------------|
| Anfangstemperatur | $T_1 = 288 \text{ K}$ |
| Anfangsdruck | $p_1 = 1.013 \text{ bar}$ |
| Maximaltemperatur | $T_3 = 2273 \text{ K}$ |
| Isentropenexponent von Luft | $\kappa = 1.4$ |
| Verdichtungsverhältnis | $\varepsilon = 10$ |

ges.:

- Drücke und Temperaturen in allen Eckpunkten
- Thermischer Wirkungsgrad

Ü 11.2 Nachrechnung eines Otto-Vergleichsprozesses (2)

Annahmen: Arbeitsmedium ist Luft, die spezifischen Wärmekapazitäten sind konstant

| | |
|-----------------------------|------------------------------|
| Verdichtungsverhältnis | $\varepsilon = 7.6$ |
| pro Zyklus zugeführte Wärme | $Q_{zu} = 2.92 \text{ [kJ]}$ |

ges.:

- Thermischer Wirkungsgrad η_{th}
- Technische Arbeit W_K
- Nicht genutzte Wärme Q_{ab}

Ü 11.3 Nachrechnung eines Otto-Vergleichsprozesses (3)

| | |
|---------------------------------|-------------------------------------|
| Verdichtungsverhältnis | $\varepsilon = 7.8$ |
| Temperatur der angesaugten Luft | $T_1 = 20 \text{ [}^\circ\text{C]}$ |
| Umgebungsluftdruck | $p_\infty = 0.09 \text{ [MPa]}$ |

- a) Arbeitsmedium ist Luft, die spezifischen Wärmekapazitäten sind konstant, pro Zyklus zugeführte spezifische Wärme: $q_{zu} = 950 \text{ [kJ/kg]}$**

ges.:

- Thermischer Wirkungsgrad η_{th}
- spezifische technische Arbeit w_K
- Drücke und Temperaturen in allen Eckpunkten des Prozesses

- b) Arbeitsmedium ist Luft, die Temperaturabhängigkeit der spezifischen Wärmekapazitäten ist zu berücksichtigen
Alle Drücke und Temperaturen entsprechen denen von a)**

ges.:

- Thermischer Wirkungsgrad η_{th}
- spezifische technische Arbeit w_K

Ü 11.4: Nachrechnung eines Diesel-Vergleichsprozesses

Mit Luft (ideales Gas) als Arbeitsmedium sollen

a) die Drücke und Temperaturen in den Endzeitpunkten der Zustandsänderungen berechnet werden

b) Einspritzverhältnis
$$\varphi = \frac{V_3}{V_2}$$

c) Thermischer Wirkungsgrad η_{th}

| | |
|-------------------------------------|-----------------------------|
| Anfangstemperatur: | $T_1 = 288 \text{ K}$ |
| Anfangsdruck: | $p_1 = 1.01325 \text{ bar}$ |
| Maximaltemperatur: | $T_3 = 2273 \text{ K}$ |
| Verhältnis der spezifischen Wärmen: | $\kappa = 1.4$ |
| Verdichtungsverhältnis: | $\varepsilon = 21$ |

Ü 11.5: Nachrechnung eines Dieselmotors

Der theoretische Kreisprozeß eines Dieselmotors wird durch folgenden Kreisprozeß angenähert

- 1-2: Polytrope Verdichtung mit $n_V = 1.35$
- 2-3: Isochore Wärmezufuhr
- 3-4: Isobare Wärmezufuhr
- 4-5: Polytrope Expansion mit $n_E = 1.37$
- 5-1: Isochore Wärmeabfuhr

Arbeitsmedium ist Luft als ideales Gas mit konstanten Wärmekapazitäten

geg.: $T_1 = 318 \text{ [K]}$, $p_1 = 83.5 \text{ [kPa]}$
 Maximaler Prozeßdruck $p_{max} = 8.6 \text{ MPa}$
 Verdichtungsverhältnis $\varepsilon = 16$
 spez. zugeführte Wärme bei der Verbrennung $q_{zu} = 1730 \text{ [kJ/kg]}$

- ges.:**
1. Zustandsgrößen p , v und T in allen 5 Eckpunkten
 2. Übertragene Energien bei jeder Zustandsänderung (1-2-3-4-5-1)
 3. Spezifische Arbeit des Kreisprozesses
 4. Thermischer Wirkungsgrad

Ü 11.6 Einfluß des Arbeitsmediums auf Wirkungsgrad und spezifische Arbeit

Wie verändert sich der thermische Wirkungsgrad und die spezifische technische Arbeit unter der Annahme eines Ericson-Prozesses bei Verwendung von Helium anstelle von Luft?

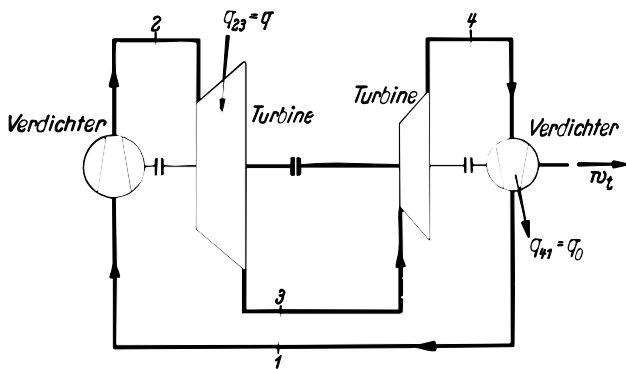
Verdichtungsverhältnis $\pi = p_2/p_1 = 10$, $T_1 = T_2 = 300 \text{ [K]}$, $T_3 = T_4 = 2400 \text{ [K]}$

Ü 11.7 Nachrechnung einer Dampfturbinenanlage

Eine Dampfturbine verarbeitet pro Stunde 170t Frischdampf mit einer Temperatur von 350°C und einem Druck von 100 bar. Die Wassertemperatur vor dem Eintritt in die Speisewasserpumpe beträgt 25°C.

Gesucht werden die Leistung und der thermische Wirkungsgrad nach Clausius-Rankine

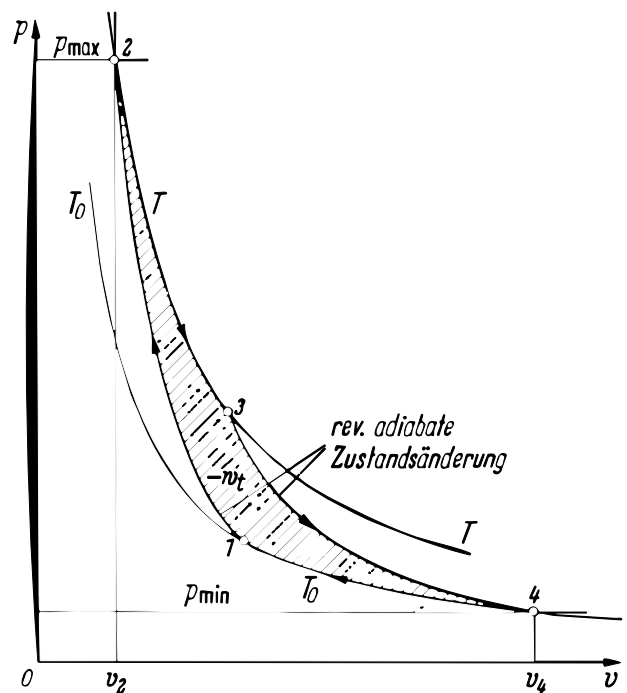
Ü 11.8: Kreisprozeß mit stationär umlaufendem Fluid (Carnot-Prozeß)



Wärmekraftmaschine (Carnot-Prozeß)

Teilprozesse des Carnot-Prozesses:

- Adiabate Verdichtung 1-2
- Isotherme Entspannung 2-3
- Adiabate Entspannung 3-4
- Isotherme Verdichtung 4-1



Mit Helium als Arbeitsmedium sollen die bei den vier Teilprozessen als technische Arbeit und als Wärme aufgenommenen oder abgeführten Energien sowie die spezifische Nutzarbeit des Kreisprozesses berechnet werden.

Temperaturen:

$$T_0 = T_1 = T_4 = 300 \text{ K}$$

$$T = T_2 = T_3 = 850 \text{ K}$$

Druckverhältnisse:

$$\frac{p_{\max}}{p_{\min}} = \frac{p_2}{p_4} = 50$$

Die spezifische Wärmekapazität wird temperaturunabhängig angenommen, Änderungen von kinetischer und potentieller Energie sollen vernachlässigt werden.

Ü 11.9 Isentroper Wirkungsgrad einer stationären Gasturbine

Eine stationäre Gasturbinenanlage besteht aus den Hauptkomponenten Verdichter V, Brennkammer BK und Turbine T. Verdichter und Turbine sitzen auf einer gemeinsamen Welle.

| | |
|--|---|
| geg.: Umgebungszustand = Ansaugzustand (1): | $p_0 = 1.013 \text{ bar}$ und $t_0 = 15 \text{ °C}$ |
| Luftmassenstrom | $\dot{m} = 7.02 \text{ kg/s}$ |
| Verdichterdruckverhältnis | $\pi_V = 9.5$ |
| Isentropenwirkungsgrad des Verdichters | $\eta_{V,is} = 84 \%$ |
| Isentropenwirkungsgrad der Turbine | $\eta_{T,is} = 86 \%$ |
| Maximale Turbineneintrittstemperatur | $T_{3,max} = 1800 \text{ K}$ |

Annahmen

- in allen Komponenten herrscht gleicher und konstanter Massenstrom
- mechanische Verluste (Lager, Getriebe) können vernachlässigt werden
- der Druckverlust in der Brennkammer kann vernachlässigt werden
- Arbeitsmedium Luft kann als ideales Gas mit konstanten Stoffgrößen betrachtet werden

$$R = 287 \text{ J/kg K}; \kappa = 1.39; c_p = 1023 \text{ J/kg K}$$

1. Skizzieren Sie das Schaltschema der Anlage (Ebenenbezeichnung 1 – 4)
2. Skizzieren Sie das zugehörige T_s – Diagramm
3. Berechnen Sie Druck p_2 und Temperatur T_2 nach dem Verdichter
4. Berechnen Sie die Brennkammerdruck und -austrittstemperatur p_3, T_3
5. Wie groß sind Temperatur T_4 im Turbinenaustritt, wenn die Turbine genau auf den Umgebungsdruck entspannt?
6. Berechnen Sie die abgegebene Nutzleistung P_N der Anlage

Ü 11.10 Dieselmotor mit Abgasturbolader

Die Leistung eines Dieselmotors soll durch einen Abgasturbolader modifiziert werden.

Die Bedingungen im Turbineneintritt des Abgasladers (Zustand III) entsprechen den Zustandsgrößen des Dieselmotors nach dem Expansionstakt, d.h. die Turbineneintrittstemperatur T_{III} entspricht der Abgastemperatur $T_4 = 940 \text{ K}$ des Dieselmotors und der Druck im Turbineneintritt p_{III} ist gleich dem Abgasdruck nach dem Expansionstakt von $p_4 = 3.32 \text{ bar}$.

Für den Abgasturbolader gelten folgende Größen:

| | |
|------------------------------------|---|
| Mechanischer Wirkungsgrad: | $\eta_{mech} = 0.98$ |
| Isentroper Verdichterwirkungsgrad: | $\eta_{V,is} = 0.80$ |
| Isentroper Turbinenwirkungsgrad: | $\eta_{T,is} = 0.82$ |
| Darüber hinaus gilt: | $\dot{m} = \dot{m}_V = \dot{m}_T = 0.15 \text{ kg/s}$ |

Als Arbeitsmedium kann mit Luft (ideales Gas: $R = 287 \text{ J/kgK}$, $\kappa = 1.4$) gerechnet werden. Umgebungsbedingungen: $T_0 = 15\text{°C}$, $p_0 = 1.013 \text{ bar}$

Ü 11.10 Dieselmotor mit Abgasturbolader

1. Skizzieren Sie das Schaltbild des Abgasturboladers (Ebenenbezeichnung I-IV).
 2. Das Abgas expandiert in der Turbine von $p_{III} = p_4 = 3.32$ bar auf den Umgebungsdruck $p_{IV} = p_0 = 1.013$ bar. Berechnen Sie die Temperatur T_{IV} im Turbinenaustritt.
 3. Berechnen Sie die Leistung P_V , die dem Verdichter des Abgasladers zur Verfügung gestellt wird.
 4. Wie hoch ist die Temperatur T_{II} , die sich nach der Vorverdichtung der Umgebungsluft von $p_I = p_0$ auf p_{II} durch den Verdichter ergibt?
 5. Berechnen Sie das Kompressionsverhältnis $\pi_v = p_{II} / p_I$ des Verdichters des Abgasturboladers.
 6. Wie hoch ist der Druck p_{II} , der sich nach der Vorverdichtung der Umgebungsluft von $p_I = p_0$ auf p_{II} durch den Verdichter des Abgasturboladers ergibt?
 7. Die Umgebungsluft wurde durch den Verdichter des Laders bereits auf den Druck p_{II} und die Temperatur T_{II} vorkomprimiert. Welcher Druck p_2^* und welche Temperatur T_2^* würde sich bei einer weiteren isentropen Verdichtung durch den Dieselmotor mit einem unveränderten Verdichtungsverhältnis von $\varepsilon = v_1 / v_2 = 19$ ergeben?
-