

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 113/2019
(22) Anmeldetag: 25.03.2019
(45) Veröffentlicht am: 15.08.2024

(51) Int. Cl.: **F02C 6/18** (2006.01)
F02C 1/04 (2006.01)
F02C 1/10 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
WO 9704227 A1

(73) Patentinhaber:
Falkinger Walter Ing.
4030 Linz (AT)

(72) Erfinder:
Falkinger Walter Ing.
4030 Linz (AT)

(54) **Wirkungsgradsteigerung bei Gasturbinen durch nachgeschalteten Heißgasprozess**

(57) Wirkungsgradsteigerung vom Gas - und Dampfturbinenprozess (GuD - Prozess) durch Verwendung eines Heißgasprozesses mit den Medien vorzugsweise CO₂ oder Luft, anstatt des Wasserdampfprozesses, wobei zur weiteren Steigerung nach dem Heißgasprozess ein ORC - Prozess vorgesehen werden kann, dies je nach Gasturbinenwirkungsgrad und Abwärmestromtemperatur ein Gesamtwirkungsgradpotential bis etwa 70 bis 75 % aufweist.

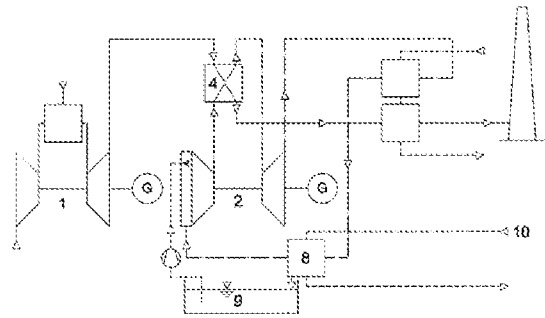


Fig. 1

Beschreibung

WIRKUNGSGRADSTEIGERUNG BEI GASTURBINEN DURCH NACHGESCHALTETEN HEIßGASPROZESS

[0001] Zur Steigerung des Wirkungsgrades von Gasturbinen wird fast ausschließlich ein Wasserdampfprozess im sogenannten Gas - und Dampfturbinenprozess (GuD - Prozess) verwendet. Ein Dampfkraftprozess bringt es mit sich, dass ein erheblicher Anteil des verfügbaren Temperaturgefälles des Abgasstromes aus der Gasturbine für die Verdampfung des Wassers aufgewendet werden muss bzw. als Kondensationswärme dann verloren geht und daher zumeist die Temperatur des Dampfstromes am Dampfturbineeintritt teils deutlich unter der des Abwärmestromes liegt und damit das theoretische Wirkungsgradniveau verringert wird. Verwirklichte Prozesse in diesem Bereich mit Abgastemperaturen von etwa 550° C weisen einen Wirkungsgrad von etwa 20 % bezogen auf das Wärmepotential nach der Gasturbine auf.

[0002] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zu Grunde einen nachgeschalteten Prozess zur Nutzung der Abgaswärme nach der Gasturbine vorzusehen, welcher ein größeres Wirkungsgradpotential als ein Wasserdampfprozess und damit höheren Gesamtwirkungsgrad aufweist.

[0003] Die Erfindung löst die Aufgabe dadurch, dass als nachgeschalteter Prozess zur Nutzung der Wärme des Abgasstromes nach der Gasturbine, anstatt des Wasserdampfprozesses ein Heißgasprozess (in Anlehnung an Patent Veröffentlichungsnr. AT 517636) in erster Linie mit Medium CO₂ oder auch Luft oder Kohlenwasserstoffen verwendet wird, wo die Prozessausgangstemperatur in der Regel abzüglich einer Temperaturdifferenz der Temperatur des Abgasstromes nach dem Austritt aus der Gasturbine entspricht, sowie keine Kondensationswärme abgeführt werden braucht und daher einen höheren Wirkungsgrad als des Wasserdampfkraftprozesses erlaubt. Je nach Temperatur des Mediums am Austritt des Heißgasprozesses sollte noch, wenn keine Heizwärme benötigt wird, ein ORC - Prozess zur weiteren Wirkungsgradsteigerung vorgesehen werden.

[0004] Als Ausgangsparameter wurde ein bekannter GuD - Prozess mit 56 % Wirkungsgrad unterstellt, wobei der Wirkungsgrad der Gastrubine mit 45 % angenommen wurde und jener des Wasserdampfkraftprozesses mit 20 % (Ausnutzung Restwärme von 55 % des gesamten Energieeinsatzes der Gasturbine stehen für ca. 11 % abs. des Gesamtwirkungsgrades zur Verfügung). Als Austrittstemperatur aus der Gasturbine wurden vorläufig 550° C angenommen, dies eine Temperatur des Heißgasprozesses von etwa 500° C ermöglicht.

[0005] Es wurde auch die aus AT 517636 bekannte isothermenähnliche Verdichtung berücksichtigt, wo Wasser feinst zerstäubt am Beginn oder den einzelnen Kompressorstufen eingedüst wird, dies ein wichtiger Aspekt ist und bei Kompressoren nach dem Verdrängungsprinzip (Kolben - oder Schraubenkompressoren) unproblematisch ist, bei Turbokompressoren wahrscheinlich Entwicklungsaufwand bedeutet. Die Verdunstung der Wassertröpfchen bindet die Kompressionswärme und ermöglicht eine niedrigere Kompressionstemperatur und damit geringeren Leistungsbedarf. Es ist eine gewisse Temperaturerhöhung erforderlich, um die Sättigungstemperatur unter Druck nicht zu unterschreiten.

[0006] Vorläufig wurde für diesen nachgeschalteten Heißgasprozess ein Systemdruck von 15 bar abs. unterstellt, wo mit Medium CO₂ etwa 39,6 % Wirkungsgrad der Restwärme erreicht werden (vergleiche Wasserdampf mit etwa 20 %) und mit Medium Luft etwa 33 %. Wenn ich mit diesen Werten den Gesamtwirkungsgrad hochrechne, erreiche ich mit CO₂ etwa 66,7 % und mit Luft etwa 62,6 % (auch Methan oder andere Kohlenwasserstoffe weisen günstigere Werte als Luft auf sind jedoch wegen der Brennbarkeit in der Verwendung problematisch).

[0007] Für Medium CO₂ und Kohlenwasserstoffe ist ein geschlossener Kreislauf erforderlich, wo ein Gaskühler nach dem Austritt aus der Heißgasturbine zum einen der Wasserdampf kondensiert wird (auch bei Verwendung für einen ORC - Prozess) und zum anderen die Kompressoreintrittstemperatur möglichst niedrig gehalten wird. Bei Medium Luft ist ein offener Kreislauf möglich, wo Frischluft vom Kompressor angesaugt wird. Zur Rückgewinnung von Einspritzwasser kann

dies in einem Kondensationswärmetauscher nach der Heißluftturbine oder nach dem Wärmetauscher für den ORC - Prozess zurückgewonnen werden und der entfeuchtete Luftstrom in die Umgebung entlassen werden.

[0008] Die Werte für die Austrittstemperaturen aus dem Heißgasprozess mit CO₂ (bis ca. 170° C durch Berücksichtigung des Turbinenwirkungsgrades) zeigen ferner, dass hier mit 2 Gasströmen, zum einen dem CO₂ Strom nach der Heißgasturbine (ca. 170° C) und zum anderen des Gasstromes aus der Gasturbine nach dem CO₂ Wärmetauscher (ca. 150° C) hier ein ORC - Prozess betrieben werden kann. Die Wärmeströme und die Parameter können so gestalten werden, dass neben der Vorerwärmung und Verdampfung des ORC Mediums mit Sattdampfdruckniveau im Bereich von etwa 100° C evtl. auch eine Überhitzung bis etwa 130° C erfolgen kann und mir daher höhere Wirkungsgrade ermöglicht werden. Ein großer Vorteil von diesen handelnden Temperaturniveaus von Heißgas - und ORC - Prozess ist, dass fast vollständig Normalstahl bei den Wärmetauschern verwendet werden kann mit günstigen Kosten.

[0009] Wenn ich hier die vereinfachte Formel $\eta = 1 - T_1 / T_2$ heranziehe und eine Temperatur des Kondensators mit etwa 30° C heranziehe und eine Erfassung der Wärmeströme durch den Wasserdampfanteil mit etwa 80% unterstelle, erreiche ich eine Ausnutzung der Restgasströme von etwa 19,8 %. Der Wärmestrom sowohl vom CO₂, welches ohnedies durch einen Gaskühler auf Turbineneintrittstemperatur gekühlt werden muss, als auch der Abgasstrom nach dem Heißgaswärmetauscher tragen diese beiden Wärmeströme insgesamt nochmals zu etwa 5 bis 6 % abs. zum Gesamtwirkungsgrad bei, dass hiermit mit Medium CO₂ - und dieses weist ein besseres verwertbares Temperaturniveau als Luft für den ORC - Prozess auf - ein Gesamtwirkungsgrad von etwa 72 % erreicht werden könnte. Medium Luft weist nach der Heißluftturbine nur noch Werte im Bereich von 120° C auf, jedoch der Abgasstrom nach dem Wärmetauscher für den komprimierten Luftstrom weist durch die Temperaturdifferenz zur Sättigungstemperatur etwa 150° C auf, die einen ORC Prozess auch möglich erscheinen lassen.

[0010] Der nachgeschaltete ORC Prozess mag wirtschaftlich vielleicht nicht so ansprechend sein, der Heißgasprozess, Luft oder CO₂, sollte doch sehr genau geprüft werden. Siehe auch nachstehende Berechnung. Bei ca. 500 MW Kraftwerksleistung wären dies immerhin zusätzlich ca. 30 MW. Die thermische Nutzung zu Heizzwecken dieser Wärmequellen nach dem Heißgasprozess sollte Vorrang haben, ist aber in vielen Fällen nicht möglich. Daher ist die Nutzung für die Stromerzeugung allemal sinnvoll, es könnte zumindest optional angeboten werden und dem Kunden die Entscheidung überlassen werden. Unter Umständen lassen sich bei Umbau von Kohlekraftwerken zu solch erwähnten kombinierten Anlagen die Wärmetauscherflächen des Kohlekraftwerkes mit berücksichtigen und so nicht unerhebliche Kosten einsparen.

NÄHERUNGSWEISE BERECHNUNG DES WIRKUNGSGRADES

Medium CO₂ Kohlendioxid 15 bar

[0011] Isothermenähnliche Kompression (vorläufig Arbeitshypothese) 15 bar abs. Medium CO₂

$$W = R \times T \times \ln p_1/p_2 =$$

$$0,1889 \text{ kJ / kg.K} \times 293 \text{ K} \times \ln 1 / 15 = - 149,8 \text{ kJ / kg} \text{ (t = 20°C)}$$

$$0,1889 \text{ kJ / kg.K} \times 383 \text{ K} \times \ln 1 / 15 = - 196 \text{ kJ / kg} \text{ (t = ca. 110°C)}$$

$$\text{Arithmetisches Mittel: } - 173 \text{ kJ / kg} \text{ (- = Energiezufuhr)}$$

[0012] Kompression Wasserdampfanteil im Gasstrom:

[0013] Wasserdampfanteil:

Isentrope Kompression:

$$T_2 = T_1 \times p_1 / p_2 \text{ hoch } (k - 1 / k = 0,231) =$$

$$293 \times 15^{0,231} = 548 \text{ K} = 275^\circ \text{ C}; h = t \times \text{cpm} = 275 \times 0,96 \text{ kJ / kg.K} = 263 \text{ kJ / kg}$$

[0014] Sättigungstemperatur ungefähr: 110° C; h = 110 x 0,87 kJ / kg.K = 96 kJ / kg

$$\text{Differenz: } 263 \text{ kJ / kg} - 96 \text{ kJ / kg} = 167 \text{ kJ / kg}$$

$$\text{Enthalpie für Verdampfung 1 \% Wasser} = 25 \text{ kJ / kg}; 167 \text{ kJ / kg} : 25 \text{ kJ / kg} = 6,7 \%$$

[0015] Kompression des Wasserdampfanteiles im Verhältnis der Gaskonstanten 0,4615 kJ /

kg.K, $w = -269 \text{ kJ / kg (100 \%)}$

Angenommen Wasserdampfanteil ca. 3,4 % (fällt als Dampfanteil während des Kompressionsweges an, daher ungefähr 1/2 über gesamten Kompressionsweg)

$-269 \text{ kJ / kg} \times 0,034 = 9,1 \text{ kJ / kg}$

[0016] Kompression gesamt: $173 \text{ kJ / kg} + 9,1 \text{ kJ / kg} = 183 \text{ kJ / kg}$

[0017] Mit Wirkungsgrad Kompression:

$183 \text{ kJ / kg} : 0,92 = \text{ca. } 199 \text{ kJ / kg}$

[0018] Isentropenexponent Kappa = 1,3 CO₂

[0019] Arbeitsgastemperatur 500° C, Systemdruck 15 bar abs.

[0020] Isobare Wärmezufuhr: $q_{zu12} = c_{pm12} \times (T_1 - T_2)$

[0021] Temperatur am Ende der Polytrope:

$T_2 = T_1 \times (p_2/p_1)^{1/k}$ (0,231)

[0022] $773 \times (1/15)^{0,231} = 413 \text{ K} = 141^\circ \text{ C}$

(erreichbare Austrittstemperatur ca. 170° C bei Berücksichtigung Turbinenwirkungsgrad)

[0023] $c_{pm12} = (c_{pm1} \times t_1) - (c_{pm2} \times t_2) / (t_1 - t_2) = 1,017 \text{ kJ / kg.K} \times 500^\circ \text{ C} -$

$0,88 \text{ kJ / kg.K} \times 141^\circ \text{ C} / (500^\circ \text{ C} - 141^\circ \text{ C}) = 384 / 359 = 1,071 \text{ kJ / kg.K}$

$q_{zu12} = c_{pm12} \times (T_1 - T_2) = 1,071 \text{ kJ / kg.K} \times 359 \text{ K} = 384 \text{ kJ / kg} = w_{12}$

[0024] Berücksichtigung 6,7 % Wasserdampfanteil:

[0025] Enthalpie 500° C: $1,977 \text{ kJ / kg.K} \times 500^\circ \text{ C} = 989 \text{ kJ / kg}$

141° C: $1,885 \text{ kJ / kg.K} \times 141^\circ \text{ C} = 266 \text{ kJ / kg}$;

Differenz: $723 \text{ kJ / kg} \times 0,067 = 48 \text{ kJ / kg}$

[0026] Enthalpie gesamt: $384 \text{ kJ / kg} + 48 \text{ kJ / kg} = 432 \text{ kJ / kg}$

[0027] Wirkungsgrad = $\frac{\text{Nutzarbeit}}{\text{Zugeführt Wärme}}$

[0028] Expansionsarbeit - Kompressionsarbeit
Zugeführte Wärme

[0029] Ungefähre Berücksichtigung des Isentropen- / Turbinenwirkungsgrades mit 0,92

[0030] $432 \text{ kJ / kg} \times 0,92 = 397 \text{ kJ / kg}$, Differenz 34 kJ / kg

[0031] Wirkungsgrad mit Berücksichtigung Expansions- und Kompressorwirkungsgrad:

[0032] $(397 \text{ kJ / kg} - 199 \text{ kJ / kg}) / 500 \text{ kJ / kg} = 198 \text{ kJ / kg} / 500 \text{ kJ / kg} = 0,396$

[0033] Anteil am Gesamtwirkungsgrad: $0,396 \times 0,55 = 0,218$

[0034] Gesamtwirkungsgrad nur mit Heißgasprozess CO₂: $0,45 + 0,218 = 0,668$

[0035] Erwärmung Gasstrom Heißgasprozess: In diesem Fall wurde die Temperaturdifferenz von dem ca. 500° C heißen Austrittsgasstrom aus der Gasturbine auf ca. 0° C vereinfacht herangezogen mit einer spez. Wärmekapazität von 1,0 kJ / kg.K.

ORC - PROZESS:

Verfügbare Wärme von Gesamtprozess:

[0036] Gesamtwärmeeinsatz - Stromertrag Gasturbine - Stromertrag Heißgasprozess =

[0037] $100 - (100 \times 0,45) - (55 \times 0,396) = 33,2 \%$

[0038] Angenommen: Arbeitsgastemperatur ca. 130° C, Kondensatortemperatur ca. 30° C, Wärmestromerfassung ca. 80 %

[0039] Wirkungsgrad vereinfacht $1 - T_1 / T_2 = 1 - (303 \text{ K} / 403 \text{ K}) = 0,196$

[0040] Stromerzeugung am Gesamtenteil: $0,332 \times 0,80 \times 0,196 = 0,052$

[0041] Gesamtwirkungsgrad mit Heißgasprozess + ORC - Prozess: $0,45 + 0,218 + 0,052 = 0,72$

Medium Luft 15 bar

[0042] Isothermenähnliche Kompression (vorläufig Arbeitshypothese) 15 bar abs. Medium Luft

[0043] $W = R \times T \times \ln p_1/p_2 =$

$$0,2872 \text{ kJ / kg.K} \times 293 \text{ K} \times \ln 1 / 15 = - 228 \text{ kJ / kg (t = 20°C)}$$

$$0,2872 \text{ kJ / kg.K} \times 393 \text{ K} \times \ln 1 / 15 = - 306 \text{ kJ / kg (t = 120°C)}$$

$$\text{Arithmetisches Mittel: } - 267 \text{ kJ / kg (- = Energiezufuhr)}$$

[0044] Kompression Wasserdampfanteil im Gasstrom:

[0045] Wasserdampfanteil:

Isentrope Kompression:

$$T_2 = T_1 \times p_1 / p_2 \text{ hoch } (k - 1 / k = 0,285) =$$

$$293 \times 15^{0,285} = 634 \text{ K} = 361^\circ \text{ C}; h = t \times \text{cpm} = 361 \times 1,02 \text{ kJ / kg.K} = 368 \text{ kJ / kg}$$

[0046] Sättigungstemperatur ungefähr: $120^\circ \text{ C}; h = 120 \times 1,008 \text{ kJ / kg.K} = 121 \text{ kJ / kg}$

$$\text{Differenz: } 368 \text{ kJ / kg} - 121 \text{ kJ / kg} = 247 \text{ kJ / kg}$$

$$\text{Enthalpie Verdunstung } 1 \% \text{ Wasser} = 25 \text{ kJ / kg}; 247 \text{ kJ / kg} : 25 \text{ kJ / kg} = 9,9 \%$$

[0047] Kompression des Wasserdampfanteiles im Verhältnis der Gaskonstanten $0,4615 \text{ kJ / kg.K}$, $w = - 423 \text{ kJ / kg (100 \%)}$

[0048] Angenommen Wasserdampfanteil ca. 5 % (fällt als Dampfanteil während des Kompressionsweges an, daher ungefähr 1/2 über gesamten Kompressionsweg)
 $- 423 \text{ kJ / kg} \times 0,05 = 21 \text{ kJ / kg}$

[0049] Kompression gesamt: $267 \text{ kJ / kg} + 21 \text{ kJ / kg} = 288 \text{ kJ / kg}$

[0050] Kompression Luft Wirkungsgrad $0,92 =$
 $288 \text{ kJ/kg} : 0,92 = 313 \text{ kJ/kg}$

[0051] Isentropenexponent Kappa = $1,40$ Luft

Arbeitsgastemperatur 500° C , Systemdruck 15 bar abs.

[0052] Isobarie Wärmezufuhr: $q_{zu12} = \text{cpm}_{12} \times (T_1 - T_2)$

[0053] Temperatur am Ende der Polytrope:

$$T_2 = T_1 \times (p_2/p_1) \text{ hoch } k - 1 / k (0,285)$$

[0054] $773 \times (1/15)^{0,285} = 357 \text{ K} = 84^\circ \text{ C}$

(erreichbare Austrittstemperatur ca. 120° C bei Berücksichtigung Turbinenwirkungsgrad)

[0055] $\text{cpm}_{12} = (\text{cpm}_1 \times t_1) - (\text{cpm}_2 \times t_2) / (t_1 - t_2) = 1,039 \text{ kJ / kg.K} \times 500^\circ \text{ C} -$

$$1,007 \text{ kJ / kg.K} \times 84^\circ \text{ C} / (500^\circ \text{ C} - 84^\circ \text{ C}) = 435 / 416 = 1,046 \text{ kJ / kg.K}$$

$$q_{zu12} = \text{cpm}_{12} \times (T_1 - T_2) = 1,046 \text{ kJ / kg.K} \times 416 \text{ K} = 435 \text{ kJ / kg} = w_{12}$$

[0056] Erwärmung und Expansion mit ca. 9,9 % Wasserdampf im Verhältnis der spez. Wärmekapazität $\times 2$ $q_{zu12} \text{ Wasserdampf} = 435 \text{ kJ / kg} \times 0,099 \times 2 = 86 \text{ kJ / kg}$

[0057] Gesamt: $435 \text{ kJ / kg} + 86 \text{ kJ / kg} = 521 \text{ kJ / kg}$, Kompression 313 kJ / kg

[0058] Wirkungsgrad = $\frac{\text{Nutzarbeit}}{\text{Zugeführt Wärme}} =$

[0059] Expansionsarbeit - Kompressionsarbeit
Zugeführte Wärme

[0060] Ungefähre Berücksichtigung des Isentropen - / Turbinenwirkungsgrades mit $0,92$

[0061] $521 \text{ kJ / kg} \times 0,92 = 479 \text{ kJ / kg}$, Differenz 42 kJ / kg

[0062] Wirkungsgrad mit Berücksichtigung Expansions- und Kompressorwirkungsgrad:

[0063] $(479 \text{ kJ / kg} - 313 \text{ kJ / kg}) / 500 \text{ kJ / kg} = 166 \text{ kJ / kg} / 500 \text{ kJ / kg} = 0,332$

[0064] Anteil am Gesamtwirkungsgrad: $0,332 \times 0,55 = 0,183$

[0065] Gesamtwirkungsgrad nur mit Heißgasprozess Luft: $0,45 + 0,183 = 0,633$

[0066] Mit Berücksichtigung ORC - Prozess: $0,367 \times \text{ca. } 0,15 \times 0,8 = 0,044 + 0,633 = 0,677$

[0067] Erwärmung Gasstrom Heißgasprozess: In diesem Fall wurde die Temperaturdifferenz von den ca. 500° C heißen Austrittsgasstrom aus der Gasturbine auf ca. 0° C vereinfacht herangezogen mit einer spez. Wärmekapazität von 1,0 kJ / kg.K.

[0068] Formel für die Sättigungstemperatur in Literatur gefunden:

[0069]
$$x_s = \frac{RL \times p_{ws}}{R_{ws} \times (p - p_{ws})}$$

[0070] RL..... Gaskonstante für Luft (0,2872 kJ / kg.K) oder andere Gase möglich

Rws..... Gaskonstante für Wasserdampf (0,4615 kJ / kg.K)

xs..... Feuchtigkeitsgehalt (kg Wasserdampf zu kg Luft)

p..... Systemdruck in mbar

pws..... Wasserdampfpartialdruck bei Temperatur in mbar

[0071] Beispiel: Systemdruck 15 bar abs., Temperatur 120° C,
Wasserdampfpartialdruck bei 120°C 1985 mbar:

[0072] $\frac{0,2872 \times 1985}{0,4615 \times (15000 - 1985)} = 0,0947 \text{ kg Wasserdampf / kg Luft} = \text{ca. } 10 \%$

[0073] Gültig auch für andere Gase unter Verwendung der unterschiedlichen Gaskonstante

BEZEICHNUNGEN:

Fig. 1:

- 1 Gasturbine
- 2 Heißgasturbine (CO₂)
- 4 Wärmetauscher Abgas - CO₂
- 8 Gaskühler CO₂ (Kondensationswärmetauscher)
- 9 Aufbereitung Eindüswasser
- 10 Kühlwasser

Fig. 2:

- 1 Gasturbine
- 2 Heißgasturbine (Luft)
- 4 Wärmetauscher Abgas - Luft
- 8 Kondensationswärmetauscher
- 9 Aufbereitung Eindüswasser

Fig. 1a:

- 1 Gasturbine
- 2 Heißgasturbine (CO₂)
- 3 ORC - Turbine
- 4 Wärmetauscher Abgas - CO₂
- 5 Dampfkessel ORC - Medium
- 6 Dampfkessel ORC - Medium
- 7 Kondensator ORC - Medium
- 8 Gaskühler CO₂ (Kondensationswärmetauscher)
- 9 Aufbereitung Eindüswasser
- 10 Kühlwasser

Fig. 2a:

- 1 Gasturbine
- 2 Heißgasturbine (Luft)
- 3 ORC - Turbine
- 4 Wärmetauscher Abgas - Luft
- 5 Dampfkessel ORC - Medium
- 6 Dampfkessel ORC - Medium
- 7 Kondensator ORC - Medium
- 8 Kondensationswärmetauscher
- 9 Aufbereitung Eindüswasser
- 10 Kühlwasser

Patentansprüche

1. Steigerung des Wirkungsgrades des Gasturbinenprozesses, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Heißgasprozess wegen des höheren Wirkungsgrades mit dem Medium CO₂ (im geschlossenen Kreislauf Fig. 1) oder erst in Folge mit Luft (im offenen Kreislauf Fig. 2) vorgesehen ist, wobei die Kompression isothermenähnlich durch Eindüsung von feinst zerstäubtem Wasser am Verdichtereinlass erfolgt mit geringerem Leistungsbedarf gegenüber der polytropen Verdichtung.
2. Steigerung des Wirkungsgrades des Gasturbinenprozesses nach Anspruch 1. **dadurch gekennzeichnet**, dass mit der Restwärme des Gasstromes des Mediums des Heißgasprozesses nach der Heißgasturbine und Restwärme des Gasturbinenabgasstromes nach dem Wärmetauscher für das Heißgasprozessmedium ein ORC - Prozess (Fig. 1a, 2a) zur weiteren Steigerung des Wirkungsgrades vorgesehen ist.

Hierzu 4 Blatt Zeichnungen

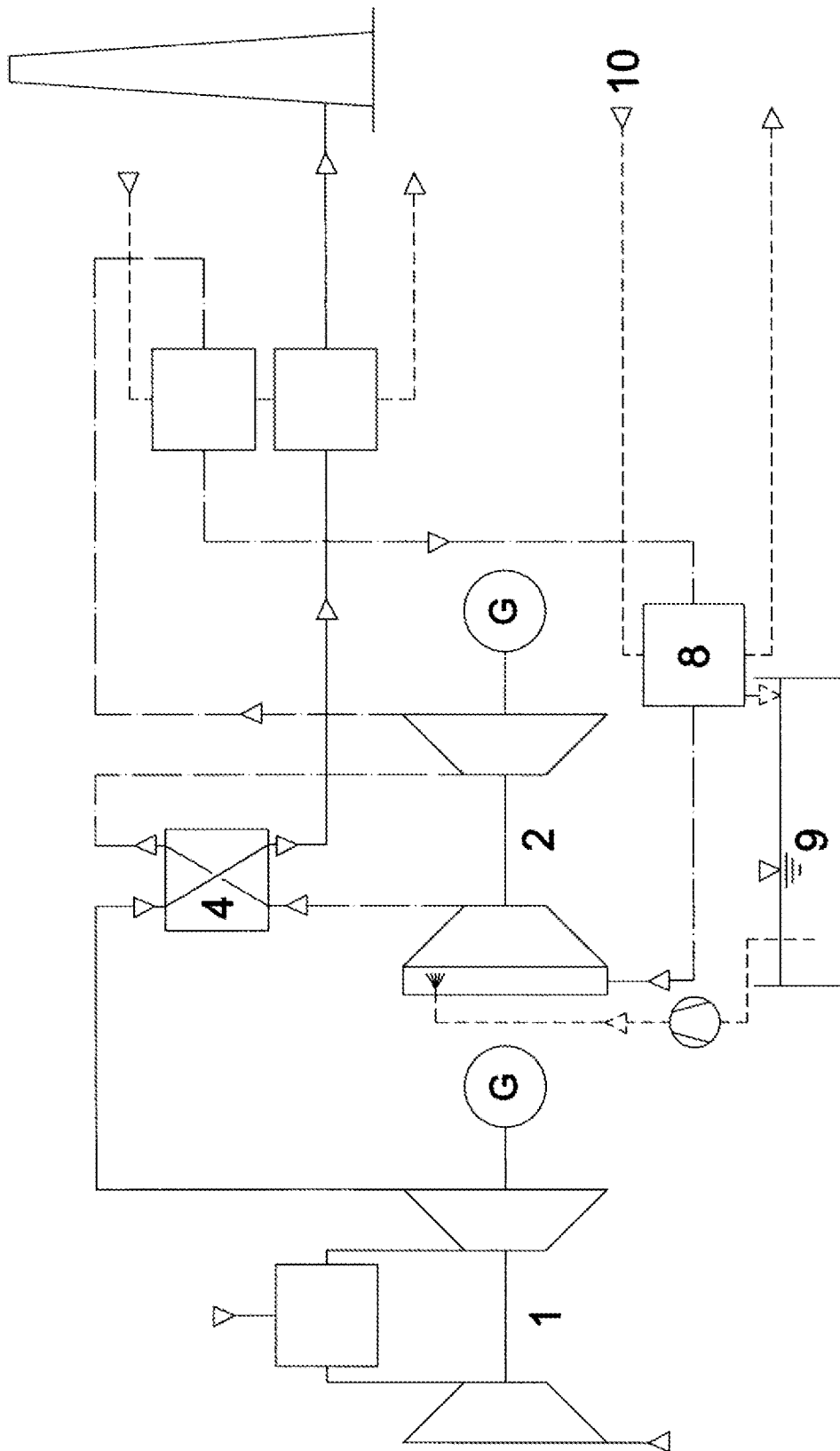


Fig. 1

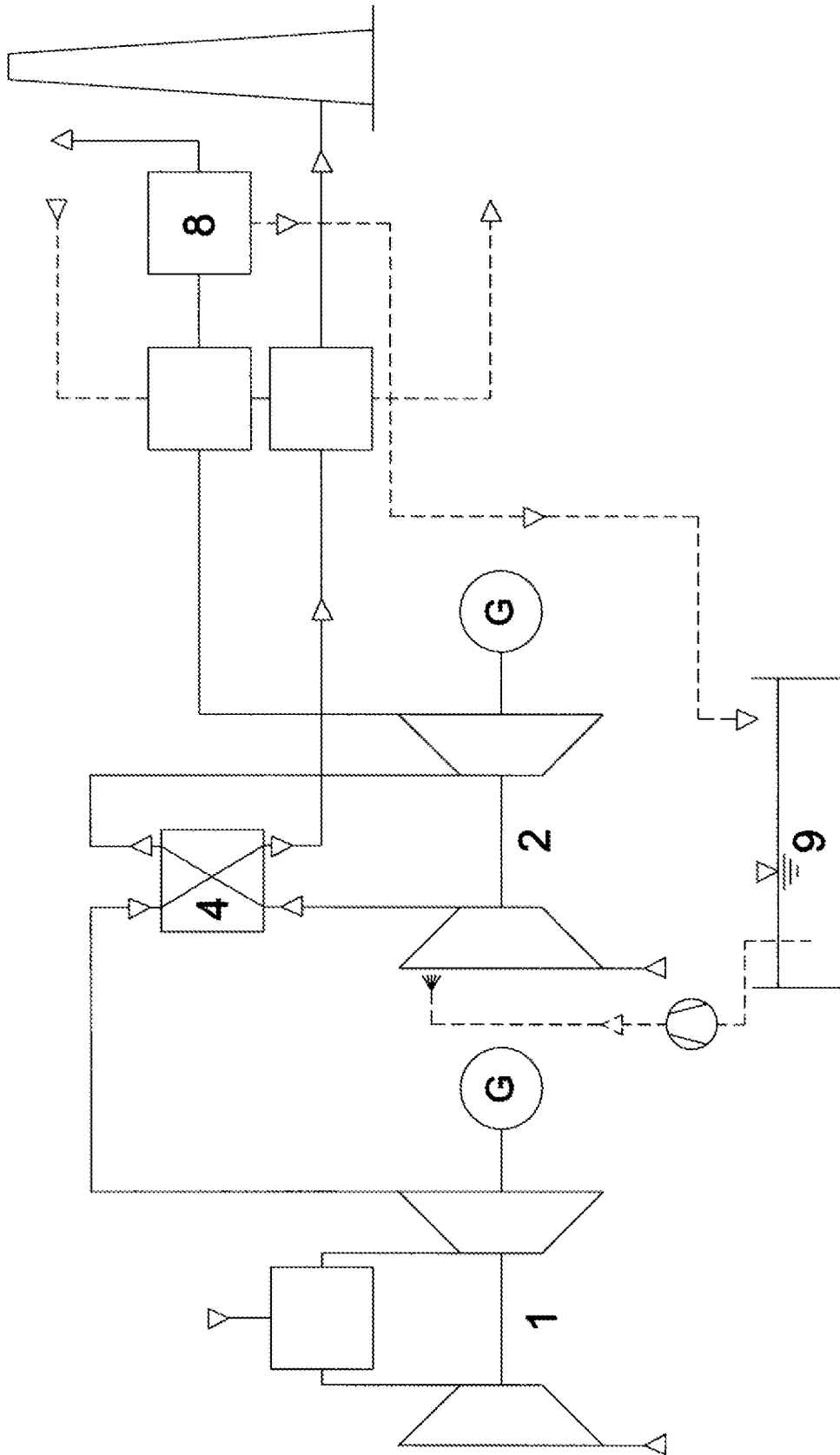


Fig. 2

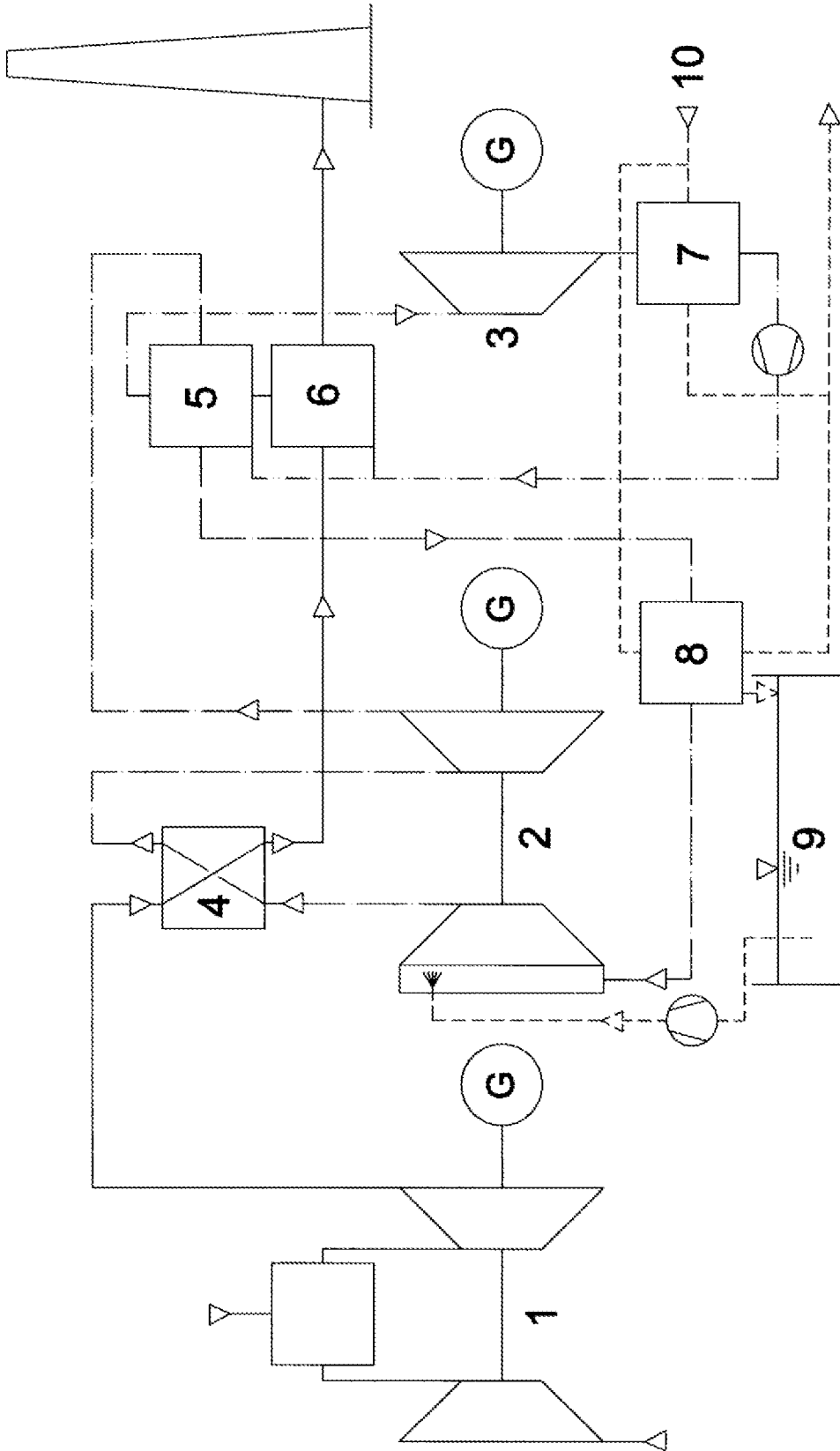


Fig. 1a

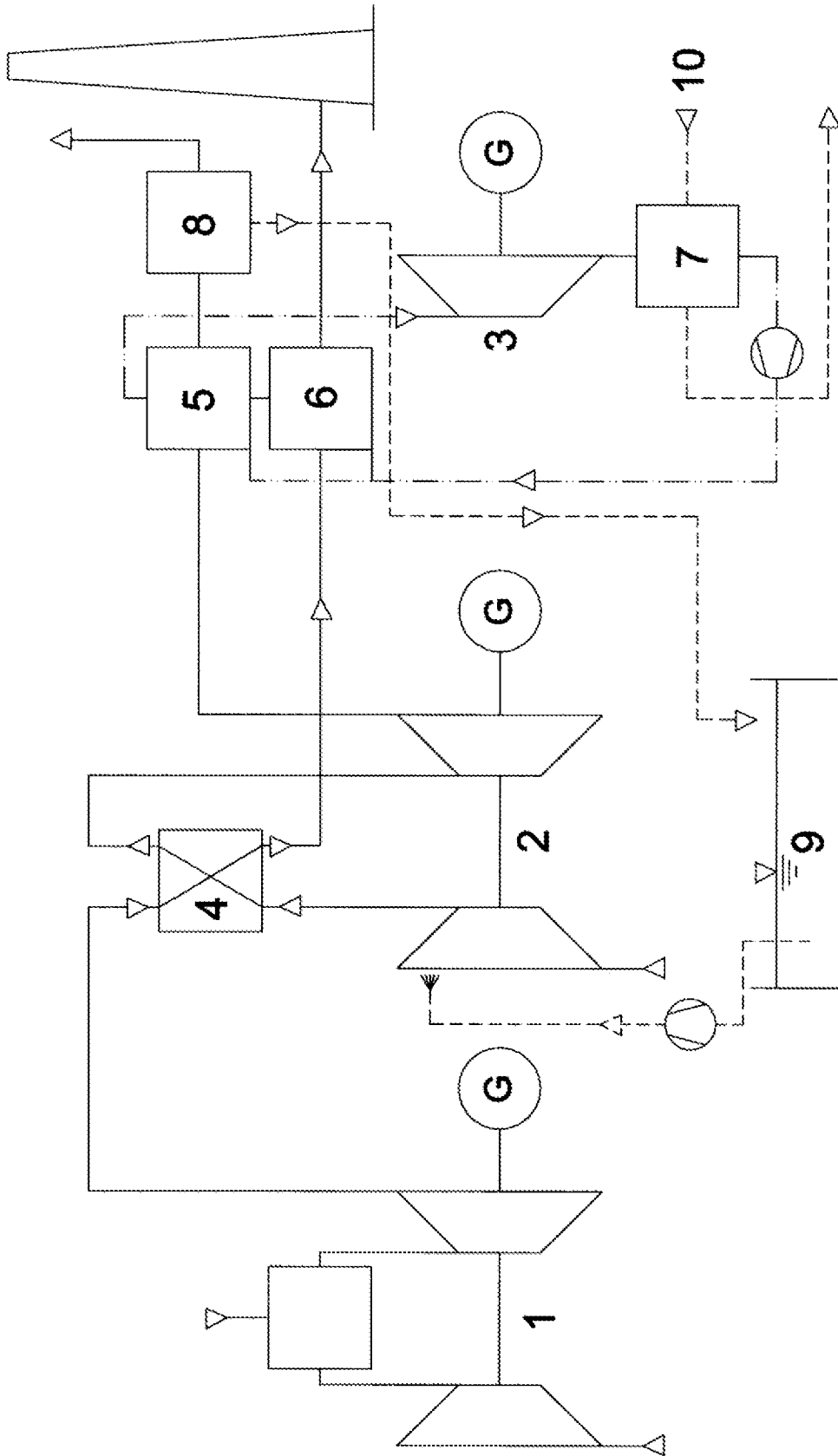


Fig. 2a