

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 719 245 A2

(51) Int. Cl.: F02K 3/07 (2006.01)
F02C 9/24 (2006.01)
B64D 27/10 (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 070705/2021

(71) Anmelder:
Envita Management & Development GmbH,
Im Weiherhau 4
5405 Baden - Dättwil (CH)

(22) Anmeldedatum: 13.12.2021

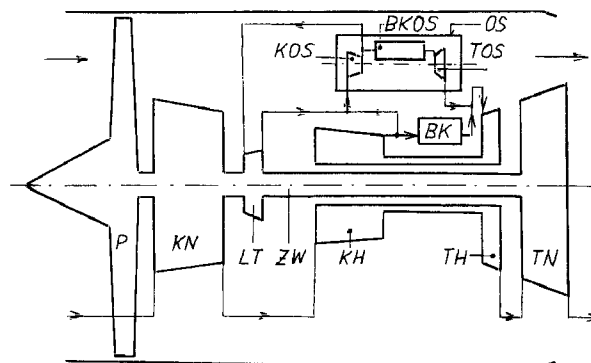
(43) Anmeldung veröffentlicht: 30.06.2023

(72) Erfinder:
Rupert Sunkier, 5405 Baden Dättwil (CH)

(54) Gasturbinentriebwerk für Flugzeugantrieb, dessen Gasturbinenprozess für die Reiseflughöhe auf ein höheres Druckverhältnis umgestellt werden kann.

(57) Die hier vorgestellte Erfindung beschreibt ein Gasturbinentriebwerk für Flugzeugantrieb und ein Verfahren zum Betreiben desselben.

Die Erfindung betrifft ein Gasturbinentriebwerk, dessen Gasturbinenprozess für die Reiseflughöhe zwecks Reduktion des Brennstoffverbrauchs auf ein höheres Druckverhältnis umgestellt werden kann, und ein Verfahren zum Betreiben desselben.



Beschreibung

Gebiet der Erfindung:

[0001] Die hierin offenbarte Erfindung betrifft eine Gasturbine für Flugzeugantrieb und ein Verfahren zum Betreiben einer Gasturbine für Flugzeugantrieb.

Beschreibung des relevanten Standes der Technik und Aufgabe der Erfindung:

[0002] Gasturbinen zum Antrieb von Flugzeugen werden im allgemeinen Sprachgebrauch als „Flugzeugtriebwerk“, „Strahltriebwerk“, „Mantelstromtriebwerk“, „Aero Engine“, „Turbofan-Triebwerk“, „Triebwerk“, „Gasturbinentriebwerk“ oder ähnlich bezeichnet. Im Folgenden wird der Begriff „Gasturbinentriebwerk“ verwendet.

[0003] Ziel der Erfindung ist ein Gasturbinentriebwerk welches möglichst wenig Brennstoff verbraucht, d.h. mit möglichst hohem Wirkungsgrad arbeitet.

[0004] Das Prinzip der Wirkungsgraderhöhung von Gasturbinen mittels Erhöhung des Druckverhältnisses in einer Oberstufe ist bekannt. Es wurde beispielsweise von BBC Brown Boveri in den 1950-er Jahren bei den stationären Gasturbinen Typ 12/8 angewendet.

[0005] Die Erhöhung des Wirkungsgrades mittels zusätzlichen parallel geschalteten Oberstufen wird beschrieben in meiner europäischen Patentanmeldung W02019241898, welche stationäre Gasturbinen betrifft.

[0006] Die Parallelschaltung mehrerer Obergruppen für Flugtriebwerke wurde bereits 1945 von Frank Whittle beschrieben. Siehe Patent US 2,601,194.

[0007] Gasturbinentriebwerke für Flugzeuge sind auf Höchstleistung während des Starts ausgelegt. Bei Reiseflugbedingungen ist die Triebwerkskonfiguration bzw. der thermodynamische Gasturbinenprozess nicht optimal hinsichtlich eines möglichst geringen Brennstoffverbrauchs.

[0008] Die vorgestellte Erfindung löst dieses Problem indem das Gasturbinentriebwerk FIG. 1 mit zwei unterschiedlichen thermodynamischen Prozessen arbeitet, nämlich einem während der Startphase und einem anderen während des Reiseflugs. Es handelt sich also um ein hybrides Triebwerk, bei dem der Gasturbinenprozess auf Reiseflughöhe mit einem anderen, höheren Druckverhältnis arbeitet. Durch das höhere Druckverhältnis ergibt sich aus den thermodynamischen Gesetzmässigkeiten des Gasturbinen-Kreisprozesses ein höherer Wirkungsgrad, d.h. ein geringerer Brennstoffverbrauch.

Kurzbeschreibung der Erfindung:

[0009] Gasturbinentriebwerke in der Ausführung als Mantelstromtriebwerk bestehen aus dem Kerntriebwerk und dem Propeller, welcher den Mantelstrom erzeugt. Der Propeller von Mantelstromtriebwerken wird auf Englisch üblicherweise als Fan bezeichnet. Das Kerntriebwerk, durch welches der Kernmassenstrom geführt wird, besteht üblicherweise aus zwei oder drei Kompressoren, einer oder mehreren Brennkammern und zwei oder drei Entspannungsturbinen. Die Kompressoren und Turbinen sind üblicherweise coaxial angeordnet. Die Wellenleistung des Kerntriebwerks wird für den Antrieb des Propellers verwendet, der den überwiegenden Teil des Vortriebs des Flugzeuges erzeugt.

[0010] Ziel der hier beschriebenen Erfindung ist, im Reiseflug einen möglichst hohen Wirkungsgrad des Gasturbinentriebwerks zu erreichen und so den Brennstoffverbrauch zu reduzieren.

[0011] Das hier vorgestellte Gasturbinentriebwerk FIG. 1 löst diese Aufgabe, indem der ganze Kernmassenstrom, oder ein Teil desselben, zwischen dem Austritt des Kompressors KH und dem Eintritt der Entspannungsturbine TH in genau einen oder in mehrere parallele Teilströme geführt und der thermodynamische Prozess dieser Teilströme auf höheren Druck angehoben wird.

[0012] Hierfür werden, zwischen Kompressor KH und Entspannungsturbine TH, zusätzliche Gasturbineneinheiten angeordnet, welche für den Betrieb auf hohem Druckniveau ausgelegt sind. In dieser Patentschrift werden im Folgenden diese zusätzlichen Gasturbineneinheiten, jede bestehend aus Kompressor, Brennkammer und Entspannungsturbine, sowohl einzeln als auch gesamthaft als Oberstufen bzw. Oberstufe bezeichnet, weil alle zusammen wie eine gemeinsame Oberstufe wirken.

[0013] Mit der Druckerhöhung, d.h. der Erhöhung des Gesamtdruckverhältnisses, geht nach den Gesetzen der Thermodynamik eine Erhöhung des Wirkungsgrades einher. Die Luftexpansionsturbine LT wird auf Reiseflughöhe mit Druckluft aus dem Kompressor der Oberstufen angetrieben und dient dazu, die mechanische Überschussleistung, die sich aus dem in der Oberstufe OS erzeugten höheren Druckverhältnis des thermischen Gasturbinenprozesses ergibt, in die zentrale Welle ZW abzuführen.

[0014] Die Achsen der Oberstufen können im Raum frei positioniert werden, müssen also nicht parallel zu oder identisch mit der Hauptachse des Triebwerks sein, und können demzufolge konstruktiv optimal an die Gegebenheiten des Triebwerks angepasst werden.

[0015] Gegenstand des Hauptpatentanspruchs ist die Veränderung des thermodynamischen Gasturbinen-Prozesses dergestalt, dass dieser im Reiseflug gegenüber demjenigen in den übrigen Flugphasen ein höheres Druckverhältnis aufweist.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung:

[0016] Die vorstehend genannten sowie weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung sind aus der folgenden detaillierten Beschreibung in Verbindung mit den beiliegenden Zeichnungen FIG. 1 bis FIG. 4 ersichtlich.

[0017] Die Zeichnungen sind stark schematisiert. Für das Verständnis der beschriebenen Gegenstände nicht notwendige Einzelheiten sind weggelassen worden. Weiterhin zeigen die Zeichnungen nur ausgewählte Ausführungsbeispiele und dürfen nicht zur Einschränkung der in den Ansprüchen beschriebenen Gegenstände herangezogen werden. Nicht gezeichnete Ausführungsformen können durchaus von den Ansprüchen abgedeckt sein.

[0018] Weitere, nicht spezifisch offenbarte Ausführungsformen der Lehre dieses Dokuments erschliessen sich dem Fachmann ohne weiteres.

[0019] „Ein“ oder „eine“ sind im Rahmen der vorliegenden Beschreibung als unbestimmte Artikel und nicht als Zahlwort zu verstehen, sofern nicht explizit auf eine andere Bedeutung, beispielsweise durch die Verwendung von „genau ein“ oder „genau eine“ hingewiesen wird.

FIG. 1

[0020] Die hier vorgestellte Erfindung betrifft Gasturbinentriebwerke für Flugzeuge. Im Beispiel in FIG. 1 ist das Triebwerk als Mantelstromtriebwerk dargestellt. Das Triebwerk gemäss der vorgestellten Erfindung in diesem Beispiel besteht sowohl aus den Komponenten Niederdruckkompressor KN, Hochdruckkompressor KH, Brennkammer BK, Hochdruckentspannungsturbine TH, Niederdruckentspannungsturbine TN und Propeller P, als auch aus den zusätzlichen Komponenten Oberstufe OS und Luftexpansionsturbine LT. Der Propeller P ist fest auf der zentralen Welle ZW montiert. Diese wird von der Turbine TN und - auf Reiseflughöhe - der Luftexpansionsturbine LT angetrieben. Die Luftexpansionsturbine LT dient dazu, die mechanische Überschussleistung, die sich aus thermodynamischer Gesetzmässigkeit aus dem in der Oberstufe OS erzeugten höheren Druckverhältnis des Gasturbinenprozesses ergibt, in die zentrale Welle abzuführen. Der Kompressor KOS ist demzufolge so dimensioniert, dass die mechanische Energie, die für die Mehrluftmenge aufgewendet wird, der erwähnten Überschussleistung entspricht. Die Luftexpansionsturbine LT wird auf Reiseflughöhe mit Druckluft aus dem Kompressor KOS angetrieben, d.h., wenn die Oberstufe in Betrieb ist.

[0021] Die Oberstufen OS sind separate Gasturbineneinheiten. Diese sind frei laufend, ähnlich wie es bei Turboladern der Fall ist, wobei die mechanischen Leistungen von Kompressor KOS und Turbine TOS ausgeglichen sind. Der Kompressor KOS der Oberstufe ist, wie oben erwähnt, mit vergrösserter Luftmenge ausgeführt, wobei die Mehrmenge durch die Luftexpansionsturbine LT zirkuliert.

[0022] Es besteht die Möglichkeit, nicht nur eine einzelne OS einzusetzen, sondern mehrere, verteilt auf den Umfang des Gasturbinentriebwerks. Die einzelnen Oberstufen können gleich gross oder unterschiedlich gross sein.

FIG. 2

[0023] FIG. 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer Oberstufe OS.

[0024] Die Oberstufen können mit Axialbeschaukelung, Radialbeschaukelung oder mit kombinierten Radial-Axialbeschaukelungen ausgeführt werden. In FIG. 2 ist als Beispiel die Ausführung mit 1-stufigem Radialverdichter und 1-stufiger Turbine gezeigt.

Details:

[0025] Detail 1, Lufteintritt: Hier strömt der Luftmassenstrom, vom Kompressor KH kommend, in die OS ein.

[0026] Detail 2, OS-Kompressor KOS: Dieser erhöht den Druck des Luftmassenstroms. In diesem Beispiel, basierend auf einem Druckverhältnis P_i von 2.3, wird ein 1-stufiger Radialverdichter gezeigt. Der Luftmassenstrom aller OS-Kompressoren zusammen ist um diejenige Menge grösser, die zur Luftexpansionsturbine LT geführt wird von dieser nach der Entspannung wieder zum Eintritt von KOS zurückströmt. Optimale Werte für P_i und den Faktor, um den der Luftmassenstrom erhöht wird, ergeben sich rechnerisch aus dem thermodynamischen Prozess.

[0027] Detail 3, Brennkammer der Oberstufe BKOS: Diese kann ausgeführt werden als eine oder mehrere Rohrbrennkammern oder als Ringbrennkammer.

[0028] Detail 4, Entspannungsturbine der Oberstufe TOS: In diesem Beispiel ist diese als 1-stufige Axialturbine ausgeführt.

[0029] Detail 5, Abgasstrom: Der Abgasstrom der Oberstufe wird - über ein Übergangsstück US - in FIG. 2 nicht gezeichnet - zum Eintritt der Hochdruckentspannungsturbine TH geleitet.

[0030] Detail 6, Anschluss Eintritt Starterluft

[0031] Detail 7, Anschluss Austritt zur Luftexpansionsturbine LT: Von hier wird ein Teil des Massenstroms des OS-Kompressors zum Eintritt der Luftentspannungsturbine LT geleitet.

[0032] Detail 8, Anschluss Rückleitung von der Luftentspannungsturbine LT

[0033] Detail 9, Anschluss Schmieröl zu den Lagern

[0034] Detail 10, Anschluss Kühlmittel zur Entspannungsturbine: Wegen den sehr kleinen Dimensionen der Entspannungsturbine wird in diesem Beispiel eine Flüssigkeitskühlung eingesetzt.

[0035] Detail 11, Regelventil RV

[0036] Detail 12, Vorleitreihe VLR

Beschreibung, Vorteile:

[0037]

- Die Oberstufen können so dimensioniert werden, dass im Reiseflug der gesamte Brennstofffluss von den Brennkammern BKOS der Oberstufen verarbeitet wird, d.h. dass die Brennkammern BK abgestellt werden können. Die Oberstufen werden im Steigflug vor oder bei Erreichen der Reiseflughöhe gestartet.
- Zum Starten der OS kann geeignete Druckluft in den Stutzen 6 eingeleitet werden, beispielsweise Luft ab Austritt KH. In dieser Art kann der Differenzdruck zwischen Austritt KH und Eintritt TH zum Starten der OS benützt werden.

[0038] Die direkte Luftströmung in die Oberstufe - und damit auch die Einstromung aus dem Übergangsstück ÜS in die Brennkammer BK - kann durch graduelles Öffnen des Regelventils RV eingestellt werden. Die Brennstoffmengen in den Brennkammern BKOS werden graduell gesteigert und die Brennstoffmengen in der Brennkammer BK entsprechend reduziert, und zwar in der Art, dass die Temperatur vor TH immer auf dem gewünschten Wert liegt. Bei Erreichen der Reiseflughöhe können die Brenner in der Brennkammer BK abgeschaltet werden. Beim Eintreten in den Sinkflug erfolgt dasselbe in umgekehrter Weise. Auch falls, aus operationellen Gründen, ein rasches Einleiten des Sinkflugs erforderlich wird, können die Brennkammern BK wieder gestartet und die Brennkammern BKOS abgestellt werden. Beim Start, im Steigflug, im Sinkflug, im Landeanflug und bei der Landung können die Oberstufen ausser Betrieb sein.

- Zur Feineinstellung der Verdichterkennlinie von KOS, beispielsweise je nach Reiseflughöhe, können bei KOS Vorleitgitter und/oder Nachleitgitter eingesetzt werden. In FIG. 2 ist schematisch ein Vorleitgitter, als Vorleitreihe VLR ausgebildet, gezeichnet.
- Im Zusammenhang mit den Anschlüssen 6, 7 und 8 stehende Durchflusskontrollorgane, wie Schieber, Ventile, Klappen, sind nicht gezeichnet. Solche können im Zuge der Detailkonstruktion an geeigneten Stellen im Triebwerk platziert werden.
- Die detaillierte Entwicklung eines Triebwerks mit Oberstufen gemäss der hier offenbarten Erfindung kann auf einem bestehenden Triebwerkstyp aufbauen, d.h. Komponenten wie P, KN, KH, TH und TN müssen nicht notwendigerweise neu entwickelt werden.
- Die Oberstufen OS haben kleine physische Dimensionen.
- Die Oberstufen können mit einfachen und physisch sehr kleinen Kompressor- bzw. Turbinenbeschaufelungen realisiert werden, dadurch fallen die Kosten für den Ersatz der Beschaufelungen niedrig aus.
- Die Standzeiten der Beschaufelung der Oberstufen-Entspannungsturbine können kurz gewählt werden - was höhere Temperaturen am Eintritt derselben erlaubt - weil die Kosten für den Schaufelersatz wegen der kleinen Dimensionen sehr gering ausfallen.
- Die Oberstufen können im Triebwerk konstruktiv so platziert werden, dass sie innert kürzester Zeit herausgenommen und durch neue bzw. neu revidierte ersetzt werden können. Für den Austausch können Oberstufen an Lager gehalten werden.
- Weitere Wirkungen und Vorteile der hier beschriebenen Gegenstände und Verfahren, ob explizit angegeben oder nicht, ergeben sich im Lichte der vorliegenden Beschreibung.
- Die hier vorgestellte Erfindung bringt den Vorteil eines im Reiseflug wesentlich reduzierten Treibstoffverbrauchs.

FIG. 3

[0039] Diese Schnittzeichnung zeigt beispielhaft eine mögliche Ausführung eines Gasturbinentriebwerks gemäss der vorliegenden Erfindung.

Details:

[0040]

KN: Niederdruckkompressor

KH: Hochdruckkompressor,

BK: Brennkammer

TH: Hochdruckentspannungsturbine

TN: Niederdruckentspannungsturbine

P: Propeller

ZW: zentrale Welle

OS: Oberstufe

ÜS: Übergangsstück vom Turbinenaustritt der OS zur Brennkammer BK und weiter zum Eintritt der Entspannungsturbine TH

LT: Luftexpansionsturbine

a: Druckluftleitung von der OS zum Eintritt LT

b: Rückleitung vom Austritt LT zur OS

v: Vakuumentleitung: In diesem Beispiel ist vorgesehen, die Luft aus der Luftexpansionsturbine abzusaugen während denjenigen Betriebsphasen, in denen die OS nicht in Betrieb sind, um Energieverluste und Erwärmung zu vermeiden.

[0041] Bemerkung zu a, b und v: Allfällig benötigte Absperr-oder Steuerungsorgane sind nicht gezeichnet.

Beispiel einer Alternative zu Vakuumleitung v:

[0042] Zur Vermeidung von Energieverlusten und Überhitzung kann die Luftexpansionsturbine in derjenigen Betriebsphase, in der die OS nicht in Betrieb sind, als Luftturbine zugeschaltet werden in der Art, dass der Eintritt von LT mit einer geeigneten Abzapfstelle an KN oder KH verbunden wird, und der Austritt aus der LT stromaufwärts der erwähnten Abzapfstelle wieder dem Hauptluftmassenstrom zugeführt wird. Diese Alternative ist in FIG. 3 nicht gezeichnet.

FIG. 4

[0043] Diese Schnittzeichnung zeigt beispielhaft eine mögliche konstruktive Ausführung des Einbaus der Luftexpansionsturbine LT in das Gasturbinenriebwerk, wobei die Energieübertragung über eine Reibungskupplung erfolgt.

Details:

[0044]

KN: Niederdruckkompressor

P: Propeller

LT: Luftexpanderturbine

ZR: Zwischenrad

KPZR: Kupplung Zwischenrad

iKPZR: Impulsleitung zu KPZR

LG: Lager

KP: Kupplung

iKP: Impulsleitung zu KP

ZW: zentrale Welle

GH: Gehäuse

a: Druckluftleitung von der OS zum Eintritt LT

b: Rückleitung vom Austritt LT zur OS

Beschreibung:

[0045] In diesem Beispiel ist die Luftexpansionsturbine LT als Axialturbine dargestellt, als eine mögliche Version. Die rotierenden Schaufeln der Luftexpansionsturbine LT sind fest mit dem Rotor des Niederdruckkompressors KN verbunden, der seinerseits mit dem Propeller P und der zentralen Welle ZW fest verbunden ist. Die Statorbeschaufelung der Luftexpansionsturbine LT ist fest mit einem Zwischenrad ZR verbunden. Dieses ist drehbar mittels Lager LG auf der zentralen Welle ZW gelagert. Während den Flugphasen, in welchen die Oberstufen nicht in Betrieb sind, ist die Kupplung KP gelöst, während die Kupplung KPZR das Zwischenrad ZR mit dem Rotor des Kompressors KN verbindet - ZR dreht demzufolge in dieser Phase mit KN mit.

[0046] Wenn die Oberstufen OS in Betrieb sind ist das Zwischenrad ZR mittels der Kupplung KP, hier als Reibungskupplung gezeichnet, mit dem Gehäuse des Gasturbinenriebwerks verbunden. Damit besteht Kraftschluss um die mechanische Energie der Luftexpansionsturbine auf KN und damit auf die zentrale Welle ZW zu übertragen. Gleichzeitig ist die Kupplung KPZR gelöst und ZR von KN getrennt.

[0047] Beispiel einer hier nicht gezeichneten Alternative zur Kupplung KP: Anstelle einer Reibungskupplung kann auch eine Freilaufkupplung eingesetzt werden.

Bezeichnung

[0048] Gasturbinenriebwerk für Flugzeugantrieb, dessen Gasturbinenprozess für die Reiseflughöhe zwecks Reduktion des Brennstoffverbrauchs auf ein höheres Druckverhältnis umgestellt werden kann, und ein Verfahren zum Betreiben desselben.

[0049] Es wird ein Gasturbinenriebwerk FIG. 1 vorgestellt, welches sowohl aus Niederdruckkompressor KN, Hochdruckkompressor KH, Brennkammer BK, Hochdruckentspannungsturbine TH, Niederdruckentspannungsturbine TN und Propeller P besteht, als auch aus zusätzlichen Komponenten, nämlich Oberstufe OS und Luftexpansionsturbine LT. Der Propeller P ist fest auf der zentralen Welle ZW montiert. Diese wird von der Turbine TN und - auf Reiseflughöhe - zusätzlich von der Luftexpansionsturbine LT angetrieben. Die Luftexpansionsturbine LT wird mit Druckluft aus dem Kompressor der Oberstufe angetrieben und dient dazu, die mechanische Überschussleistung, die sich aus dem in der Oberstufe OS erzeugten höheren Druckverhältnis des thermischen Gasturbinenprozesses ergibt, in die zentrale Welle abzuführen.

[0050] Die hier vorgestellte Erfindung beschreibt ein Gasturbinenriebwerk für Flugzeugantrieb und ein Verfahren zum Betreiben desselben.

[0051] Gasturbinenriebwerke in der Ausführung als Mantelstromtriebwerk bestehen aus dem Kerntriebwerk und dem Propeller, welcher den Mantelstrom erzeugt. Das Kerntriebwerk, durch welches der Kernmassenstrom geführt wird, besteht üblicherweise aus zwei oder drei Kompressoren, einer oder mehreren Brennkammern und zwei oder drei Entspannungsturbinen. Die Wellenleistung des Kerntriebwerks wird für den Antrieb des Propellers verwendet, der den überwiegenden Teil des Vortriebs des Flugzeuges erzeugt.

[0052] Aufgabe der hier beschriebenen Erfindung ist, im Reiseflug einen möglichst hohen Wirkungsgrad des Gasturbinenriebwerks zu erreichen, und so den Brennstoffverbrauch zu reduzieren. Das hier vorgestellte Gasturbinenriebwerk FIG. 1 löst diese Aufgabe, indem in der Phase des Reiseflugs der Kernmassenstrom zwischen dem Austritt des Kompressors KH und dem Eintritt der Entspannungsturbine TH in eine oder mehrere Oberstufen geführt und der thermodynamische Prozess dieser Teilströme auf einen höheren Druck angehoben wird. Nach den Gesetzen der Thermodynamik geht mit der Erhöhung des Gesamtdruckverhältnisses des thermodynamischen Gasturbinenprozesses eine Erhöhung des Wirkungsgrades und somit eine Verringerung des Treibstoffverbrauchs einher.

[0053] Oberstufe und Luftexpanderturbine sind nur auf Reiseflughöhe in Betrieb. Für die übrigen Flugphasen, z.B. Start und Landung, ändert sich nichts.

Patentansprüche

1. Gasturbinenriebwerk, wie in FIG. 1 schematisch dargestellt, dadurch gekennzeichnet, dass es mit zwei unterschiedlichen thermodynamischen Prozessen arbeiten kann, nämlich einem für den Reiseflug und einem anderen für die übrigen Flugphasen.
2. Gasturbinenriebwerk, nach vorstehendem Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mechanische Leistung aus einer, mehreren oder allen Oberstufen in Form komprimierter Luft aus dem jeweiligen Hochdruckkompressor KOS mittels Fluidverbindung, wie in FIG. 1 schematisch dargestellt, in eine oder mehrere Luftexpanderturbinen LT ausgekoppelt wird, die die zentrale Welle ZW des Triebwerks mit antreibt bzw. antreiben.

3. Gasturbinentriebwerk nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei zwischen Austritt von Kompressor KH und Eintritt von Kompressor Oberstufe KOS ein Regelventil RV platziert wird, welches zur Regelung der zu KOS strömenden Luftmenge dienen kann.
4. Gasturbinentriebwerk, nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Geometrie der Beschaukelung des Oberstufenkompressors KOS mittels Nachleitgitter und/oder Vorleitgitter verstellbar ist.
5. Gasturbinentriebwerk, nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Wellenachsen der strömungsmässig parallel geschalteten und von gleichen oder unterschiedlichen Teilmassenströmen durchströmten Oberstufen von der Wellenachse der zentralen Welle ZW differieren.
6. Gasturbinentriebwerk, nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Wellenachsen der strömungsmässig parallel geschalteten und von gleichen oder unterschiedlichen ersten Teilmassenströmen durchströmten Oberstufen in einem von Null verschiedenen Winkel von der Wellenachse der zentralen Welle ZW abweichen können.
7. Gasturbinentriebwerk, nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Luftexpansionsturbine LT, in denjenigen Betriebsphasen, in denen sie nicht mit Druckluft von den Oberstufen versorgt wird, mit einem Vakuumsystem verbunden wird, um Ventilationsverluste zu reduzieren.
8. Gasturbinentriebwerk, nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Stator der Luftexpansionsturbine LT mittels einer Kupplung KP mit dem Gehäuse des Gasturbinentriebwerks verbunden bzw. von diesem getrennt werden kann.
9. Verfahren zum Betreiben eines Gasturbinentriebwerks nach einem der vorstehenden Ansprüche, dessen Kernmassenstrom in einem Niederdruckkompressor KN und einem Hochdruckkompressor KH zu verdichten, wobei weiter stromab den gesamten Kernmassenstrom des Hochdruckkompressors oder einen Teil desselben in Teilmassenströme aufzuteilen, diese in jeweils einem Oberstufenkompressor KOS weiter zu verdichten, stromab des jeweiligen Oberstufenkompressors Wärme zuzuführen, die Teilmassenströme nach der Wärmezufuhr in jeweils einer Oberstufen-Entspannungsturbine TOS zu entspannen, und anschliessend stromab der Oberstufen-Entspannungsturbine durch ein Übergangsstück ÜS in eine gemeinsame Hochdruckentspannungsturbine TH zusammenzuführen, weiter zu entspannen und anschliessend der Niederdruckentspannungsturbine TN zuzuführen.
10. Verfahren zum Betreiben eines Gasturbinentriebwerks nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei zusätzlich zu Niederdruckkompressor KN und Hochdruckkompressor KH zwischen diesen noch ein Mitteldruckkompressor eingesetzt, und/oder zusätzlich zu Niederdruckentspannungsturbine TN und Hochdruckentspannungsturbine TH zwischen diesen noch eine Mitteldruckentspannungsturbine eingesetzt werden kann.
11. Verfahren zum Betreiben eines Gasturbinentriebwerks nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei mechanische Leistung aus einer, mehreren oder allen Oberstufen in Form komprimierter Luft aus dem jeweiligen Hochdruckkompressor KOS mittels Fluidverbindung in eine oder mehrere Luftexpanderturbinen LT ausgekoppelt wird, die ihrerseits die zentrale Welle des Gasturbinentriebwerks mit antreibt bzw. antreiben.
12. Verfahren zum Betreiben eines Gasturbinentriebwerks nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei im Reiseflug nur die Brennkammer BKOS in Betrieb ist, die Brennkammer BK aber abgeschaltet ist.
13. Verfahren zum Betreiben eines Gasturbinentriebwerks nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei je nach Flugphase nur die Brennkammer BK oder nur die Brennkammern BKOS in Betrieb sind, oder sowohl die Brennkammer BK als auch die Brennkammern BKOS in Betrieb sind.

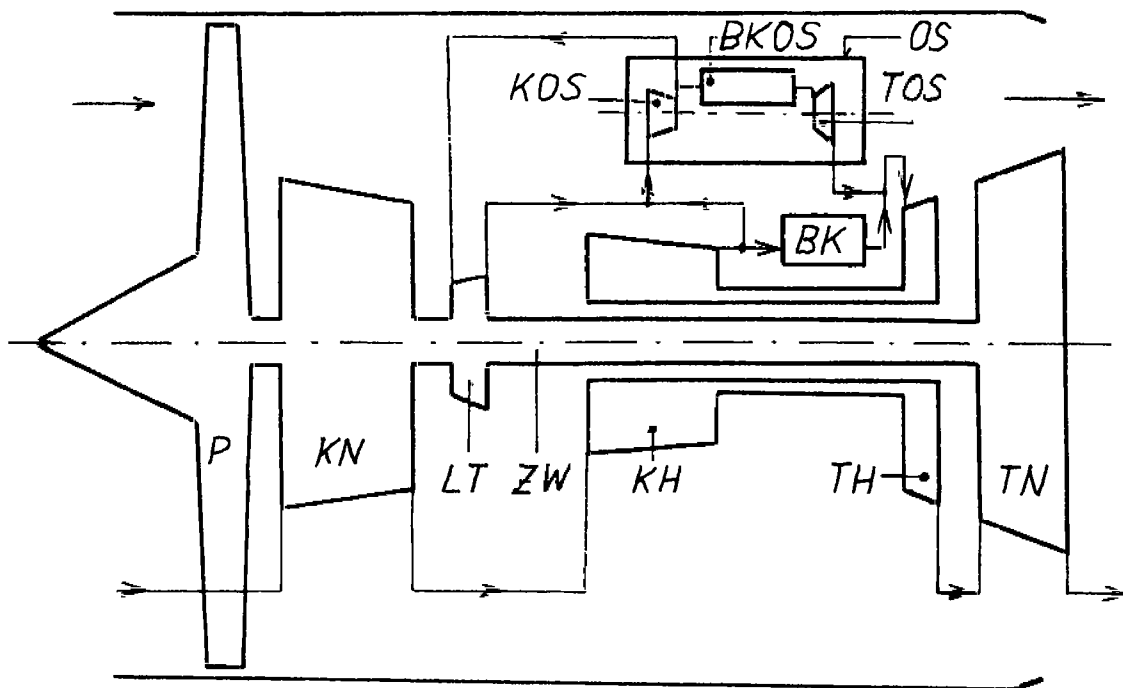


FIG. 1
FIG. 2

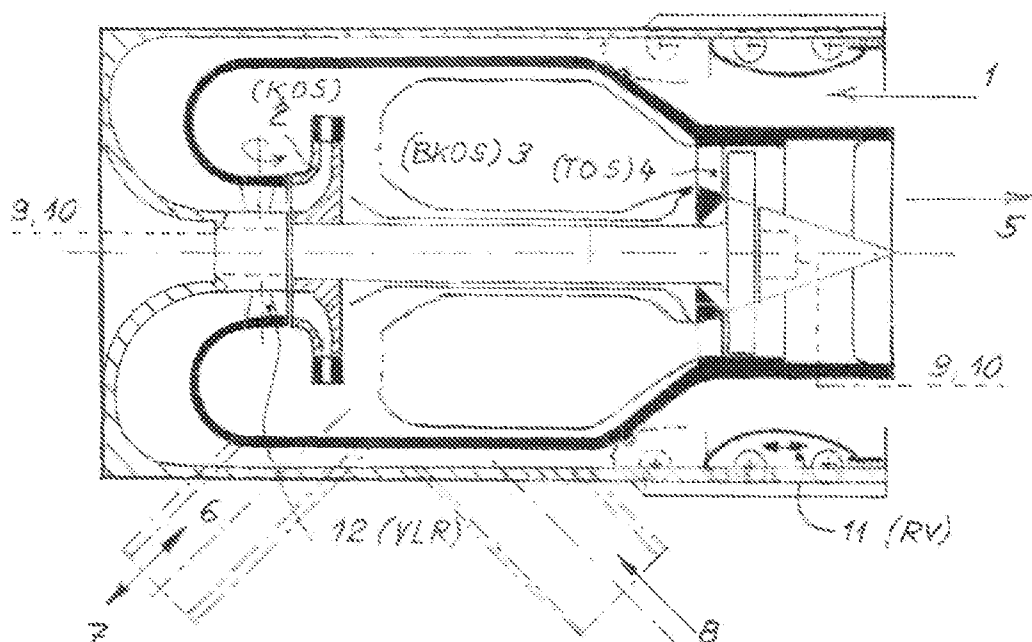


FIG. 3

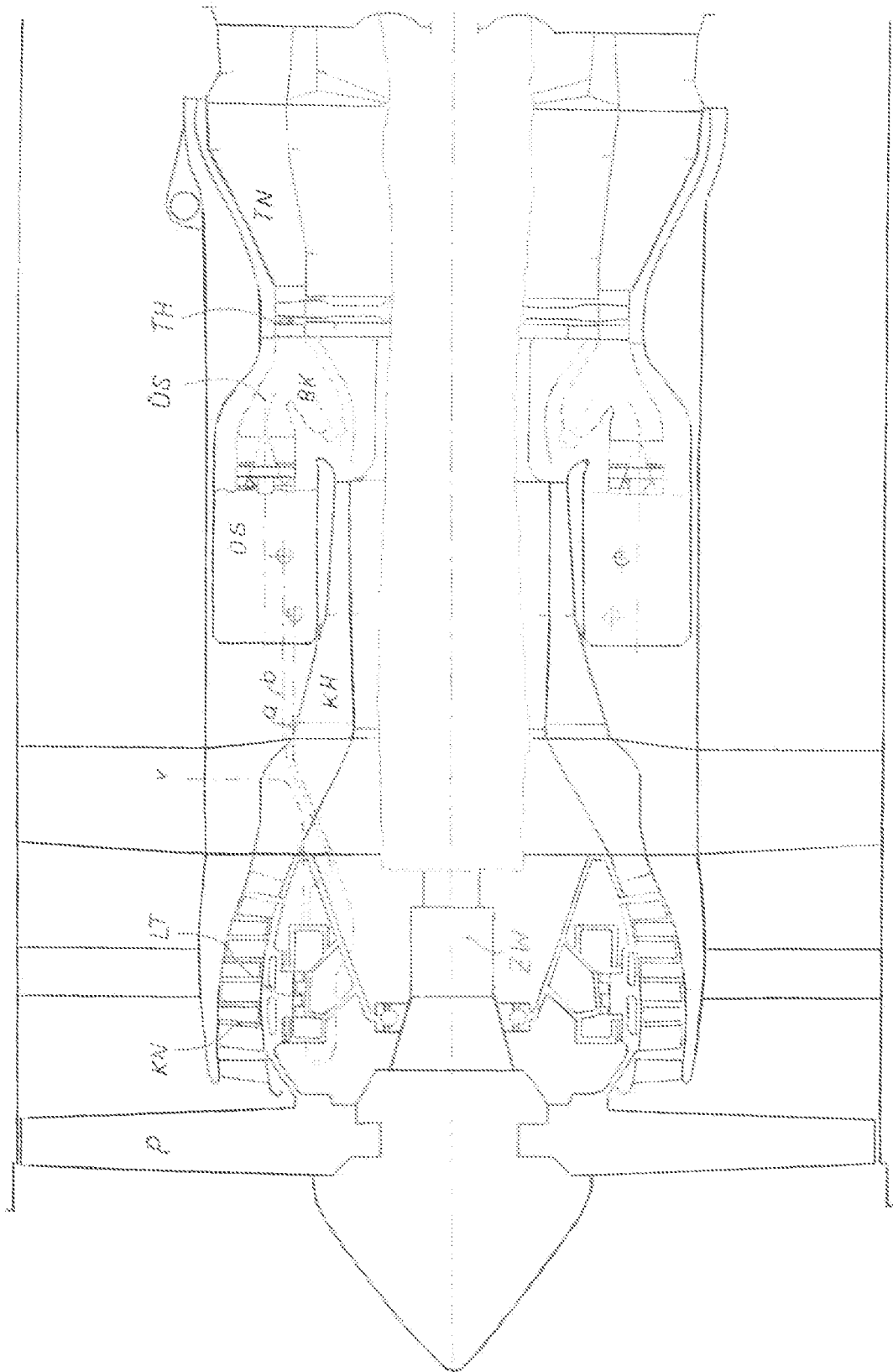


FIG. 4

