



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 603 00 804 T2 2006.03.23**

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 394 385 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **603 00 804.6**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **03 254 886.9**

(96) Europäischer Anmeldetag: **06.08.2003**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **03.03.2004**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **08.06.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **23.03.2006**

(51) Int Cl.⁸: **F02C 3/067 (2006.01)**

F02K 3/072 (2006.01)

B64C 11/48 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

223163 19.08.2002 US

(73) Patentinhaber:

General Electric Co., Schenectady, N.Y., US

(74) Vertreter:

Rüger und Kollegen, 73728 Esslingen

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB, IT

(72) Erfinder:

Orlando, Robert Joseph, West Chester, Ohio

45069, US; Moniz, Thomas Ory, Loveland, Ohio

45140, US

(54) Bezeichnung: **Fluggasturbine mit nicht ineinandergreifenden gegenrotierenden Niederdruckturbinen in Tandemanordnung**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft gegenläufige Flugzeuggasturbinen-triebwerke und Niederdruckturbinen mit gegenläufigen Bläsern, die von gegenläufigen Niederdruckturbinen angetrieben werden, und insbesondere solche Triebwerke und Turbinen, die Leitschaufeln enthalten und nicht ineinander greifende gegenläufig rotierende Tandem-Niederdruckturbinen aufweisen.

[0002] Ein Gasturbinen-triebwerk des Turbofan-Typs enthält im Allgemeinen einen vorderen Bläser und einen Boosterkompressor, ein Mittelkerntriebwerk und eine hintere Niederdruckleistungsturbine. Das Kerntriebwerk enthält einen Hochdruckkompressor, eine Brennkammer und eine Hochdruckturbine in serieller Strömungsanordnung. Der Hochdruckkompressor und die Hochdruckturbine des Kerntriebwerks sind miteinander über eine Hochdruckwelle verbunden. Der Hochdruckkompressor, die Turbine und die Welle bilden im Wesentlichen den Hochdruckrotor. Der Hochdruckkompressor wird rotierend angetrieben, um in das Kerntriebwerk eintretende Luft auf einen relativ hohen Druck zu verdichten. Diese Hochdruckluft wird dann mit Brennstoff in der Brennkammer vermischt und gezündet, um einen Hochenergiegasstrom zu erzeugen. Der Gasstrom strömt nach hinten und passiert die Hochdruckturbine, diese und die Hochdruckwelle rotierend antreibend, welche wiederum den Kompressor antreibt.

[0003] Der die Hochdruckturbine verlassende Gasstrom wird durch eine zweite oder Niederdruckturbine expandiert. Die Niederdruckturbine treibt rotierend den Bläser und den Boosterkompressor über eine Niederdruckwelle an, welche alle zusammen den Niederdruckrotor bilden. Die Niederdruckwelle erstreckt sich durch den Hochdruckrotor hindurch. Einige Niederdruckturbinen wurden als gegenläufige Turbinen ausgelegt, welche gegenläufig rotierende Bläser und Booster oder Niederdruckkompressoren antreiben. Die U.S. Patente Nr. 4,860,537, 5,307,622 und 4,790,133 und GB 21747..... offenbaren gegenläufige Niederdruckturbinen, die gegenläufige Bläser und Booster oder Niederkompressoren antreiben. Der größte Teil des produzierten Schubs wird durch den Bläser erzeugt. Laufschaufelreihen oder -stufen von einem Turbinenrotor der gegenläufigen Turbinen greifen mit Laufschaufelreihen oder -stufen einer anderen von den gegenläufigen Turbinen ineinander. Es sind keine stationären Leitschaufeln zwischen den ineinander greifenden Reihen von Laufschaufeln angeordnet. Eine radial äußere Trommel lagert die Laufschaufelreihen von einer der gegenläufigen Turbinen. Diese Laufschaufelreihen ragen von der Trommel aus radial nach innen. Die Trommel erfordert aus strukturellen Gründen einen hohen Masseanteil und ist schwierig rotierend von statischen Rahmen des Triebwerks aus zu lagern.

[0004] Es werden derzeit moderne Gasturbinen-triebwerke mit gegenläufigen vorderen und hinteren Bläsern und gegenläufigen Boostern konstruiert. Es ist erwünscht, ein gegenläufiges Triebwerk mit einer Spitzenleistung zu konstruieren. Es hat sich herausgestellt, dass eine Spitzenleistung erzielt werden kann, wenn der vordere Bläser mit einem höheren Bläserdruckverhältnis und einer höheren Drehzahl als der hintere Bläser arbeitet. Dieses kann zu einer erheblichen Fehlanpassung in Pferdestärke und Drehzahl zwischen den gegenläufigen Rotoren führen. Die gegenläufige Niederdruckturbine muss bei der Drehzahl jedes Bläfers die notwendige Leistung sowohl an den vorderen als auch an den hinteren Bläser liefern. Eine herkömmliche gegenläufige Turbine arbeitet bei einem Spitzenwirkungsgrad, wenn die Leistungsaufteilung zwischen beiden Wellen gleich ist und wenn die Drehzahlen gleich und entgegengesetzt sind. In einem derartigen Falle sind Drehzahl- und Pferdestärkenverhältnisse der zwei Rotoren und Turbinen im Wesentlichen 1. Es ist sehr erwünscht, über ein Gasturbinen-triebwerk mit gegenläufigen Niederdruckturbinen zu verfügen, die unterschiedliche Drehzahl- und Pferdestärkenverhältnisse, wie zum Beispiel Drehzahl- und Leistungsverhältnisse von 1,2 oder mehr zu haben, um einen Spitzenbläserwirkungsgrad zu erzielen. Es ist ferner erwünscht, leichtgewichtige gegenläufige Niederdruckturbinen zu haben, die einfach durch die statischen Rahmen des Triebwerks rotierende gelagert werden.

[0005] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung enthält ein Flugzeuggasturbinen-triebwerk einen Hochdruckrotor mit einer Hochdruckturbine, die mit einem Hochdruckkompressor über eine Hochdruckwelle antreibend und um eine Triebwerksmittellinie rotierend verbunden ist. Das Triebwerk enthält ferner gegenläufige Niederdruck-Innen- und Außenwellen-Rotoren mit Niederdruck-Innen- bzw. Außenwellen, welche wenigstens teilweise rotierend coaxial und radial innerhalb des Hochdruckrotors angeordnet sind. Das Triebwerk enthält ferner einen Niederdruckturbinenabschnitt der hinter dem Hochdruckrotor angeordnet ist, und einen Niederdruckturbinen-Strömungspfad aufweist, und nicht ineinander greifende gegenläufig rotierende vordere und hintere Tandem-Niederdruckturbinen. Der Niederdruck-Innenwellenrotor umfasst die hintere Niederdruckturbine und der Niederdruck-Außenwellenrotor umfasst die vordere Niederdruckturbine. Die hintere Niederdruckturbine **42** enthält erste Niederdruckturbinen-Laufschaufelreihen, die quer zu dem Niederdruckturbinen-Strömungspfad angeordnet sind und antreibend mit einer ersten Bläser-Laufschaufelreihe über die Niederdruckinnenwelle verbunden sind. Die vordere Niederdruckturbine **42** enthält zweite Niederdruckturbinen-Laufschaufelreihen, die quer zu dem Niederdruckturbinen-Strömungspfad angeordnet sind und antreibend mit einer zweiten Bläser-Laufschaufelreihe über die Niederdruckaußenwelle ver-

bunden sind. Die ersten und zweiten Bläser-Laufschaukelreihen sind innerhalb eines Mantelstromkanals radial außerhalb, begrenzt durch ein Bläsergehäuse angeordnet.

[0006] Die ersten Niederdruckturbinen-Laufschaukelreihen sind abstromseitig von den zweiten Niederdruckturbinen-Laufschaukelreihen entlang des Niederdruckturbinen-Strömungspfad angeordnet. Reihen nichtdrehbarer Niederdruckleitschaukeln sind quer zu dem Niederdruckturbinen-Strömungspfad zwischen den ersten benachbarten Paaren der ersten Niederdruckturbinen-Laufschaukelreihen und zwischen zweiten Paaren der zweiten Niederdrucklaufschaukelreihen angeordnet.

[0007] Eine exemplarische Ausführungsform enthält eine hinterste Reihe von den zweiten Niederdruckturbinen-Laufschaukelreihen, die anstromseitig von einer vordersten Reihe der ersten Niederdruckturbinen-Laufschaukelreihen entlang des Niederdruckturbinen-Strömungspfad angeordnet sind und weist einen ringförmigen Spalt ohne Leitschaukeln zwischen der hintersten Reihe der zweiten Niederdruckturbinen-Laufschaukelreihen und der vordersten Reihe der ersten Niederdruckturbinen-Laufschaukelreihen auf. Eine Turbinendüse ist axial vorne stromaufwärts zu und benachbart zu den Niederdruckturbinen-Laufschaukelreihen angeordnet. Die exemplarische Ausführungsform besitzt eine gleiche Anzahl von den ersten Niederdruckturbinen-Laufschaukelreihen und den zweiten Niederdruckturbinen-Laufschaukelreihen.

[0008] Insbesondere weist die exemplarische Ausführungsform vier von den ersten Niederdruckturbinen-Laufschaukelreihen und vier von den zweiten Niederdruckturbinen-Laufschaukelreihen auf. Die ersten Niederdruckturbinen-Laufschaukelreihen können auf ersten Niederdruckturbinenscheiben des Niederdruck-Innenwellenrotors befestigt sein und die zweiten Turbinenlaufschaukelreihen können auf einer zweiten Niederdruckturbinenscheibe eines Niederdruck-Außenwellenrotors befestigt sein. Alternativ können die ersten und zweiten Niederdruckturbinen-Laufschaukelreihen auf Trommeln der Innen- bzw. Außen-Niederdruckwellenrotoren befestigt sein.

[0009] Es können verschiedene Konfigurationen der Niederdruckturbine verwendet werden. Es kann eine gleiche und ungleiche Anzahl der ersten und zweiten Niederdruckturbinen-Laufschaukelreihen vorhanden sein, und es können drei oder vier oder mehr von sowohl von den ersten als auch zweiten Niederdruckturbinen-Laufschaukeln vorhanden sein.

[0010] Die Erfindung wird nun detaillierter im Rahmen eines Beispiels unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben, in welchen:

[0011] [Fig. 1](#) eine Darstellung der Längsschnittansicht eines vorderen Abschnittes einer exemplarischen Ausführungsform eines Flugzeug-Turbofan-Gasturbinentriebwerkes mit gegenläufigen Niederdruckturbinen mit Statorleitschaukeln ist.

[0012] [Fig. 2](#) eine Darstellung der Längsschnittansicht eines hinteren Abschnittes des Triebwerkes ist.

[0013] [Fig. 3](#) eine Darstellung der vergrößerten Ansicht der in [Fig. 1](#) dargestellten gegenläufigen Niederdruckturbine ist.

[0014] In [Fig. 1](#) ist schematisch ein vorderer Abschnitt **10** eines exemplarischen Turbofan-Gasturbinentriebwerkes **10** dargestellt, der um eine Triebwerksmittellinie **8** herum angeordnet ist, und einen Bläserabschnitt **12** aufweist, welcher einen Einlassluftstrom der Umgebungsluft **14** aufnimmt. Das Triebwerk **10** weist eine Rahmenstruktur **32** auf, die einen vorderen oder Bläserahmen **34**, der über das Triebwerkgehäuse **45** mit einem Turbinenmittenrahmen **60** verbunden ist, und einen hinteren Turbinenrahmen **155** enthält. Das Triebwerk **10** ist innerhalb eines oder an einem Flugzeug befestigt beispielsweise durch einen (nicht dargestellten) Pylon befestigt, welcher sich von einem Flugzeugflügel aus nach unten erstreckt.

[0015] Der Bläserabschnitt **12** weist gegenläufige erste und zweite Bläser **4** und **6**, die vordere erste und hintere erste und zweite Bläser-Laufschaukelreihen **13** bzw. **15** enthalten, und, in der hierin dargestellten exemplarischen Ausführungsform der Erfindung, einen Booster **16** auf. Der Booster **16** ist axial hinter den gegenläufigen ersten und zweiten Bläser-Laufschaukelreihen **13** und **15** angeordnet, und ist von einem Teilerling **17** mit einer Teilervorderkante **9** umgeben. Booster sind im Allgemeinen zwischen einer ersten Laufschaukelreihe und einem Kerntriebwerk axial angeordnet und können zwischen gegenläufigen ersten und zweiten Bläser-Laufschaukelreihen angeordnet sein. Dem Bläserabschnitt **12** folgt ein Hochdruckkompressor (HPC **18**), welcher fortgesetzt in [Fig. 2](#) dargestellt ist. [Fig. 2](#) stellt schematisch einen hinteren Abschnitt **22** des Triebwerkes **10** dar.

[0016] Abstromseitig von dem HPC **18** befindet sich eine Brennkammer **20**, welche Brennstoff mit der von dem HPC **18** unter Druck gesetzten Luft **14** vermischt, um Verbrennungsgase zu erzeugen, welche abstromseitig durch eine Hochdruckturbine (HPT) **29** und einen gegenläufigen Niederdruckturbinenabschnitt (LPT) **26** strömen, aus welchem die Verbrennungsgase aus dem Triebwerk **10** ausgegeben werden. Eine Hochdruckwelle **27** verbindet die HPT **29** mit dem HPC **18**, um im Wesentlichen einen ersten oder Hochdruckrotor **33** auszubilden. Der Hochdruckkompressor **18**, die Brennkammer **20** und die

Hochdruckturbine **29** werden zusammen als ein Kerntriebwerk **25** bezeichnet, welches für die Zwecke dieses Patentes die Hochdruckwelle **27** enthält. Das Kerntriebwerk **25** kann modular sein, so dass es als eine einzelne Einheit unabhängig, getrennt von den anderen Teilen des Gasturbinentriebwerks ersetzt werden kann. Das Triebwerk **10** enthält drehbare gegenläufige Niederdruck-Innen- und Außenwellenrotoren **200** und **202** mit Niederdruck-Innen- und Außenwellen **130** bzw. **140**, welche wenigstens teilweise drehbar koaxial zu dem und radial innerhalb des Hochdruckrotors **33** angeordnet sind.

[0017] Gemäß nochmaligem Bezug auf [Fig. 1](#), ist ein Mantelstromkanal bzw. Mantelstromkanal **21** radial außerhalb durch ein Bläsergehäuse und zum Teil durch den Teilerring **17** begrenzt. Die ersten und zweiten Bläser-Laufschaufelreihen **13** und **15** sind innerhalb eines Mantelstromkanals **21** angeordnet, welches radial außerhalb durch ein Bläsergehäuse **11** begrenzt ist. Der Teilerring **17** und die Teilervorderkante **9** teilen den Bläser-Luftstrom **23**, der aus der zweiten Bläser-Laufschaufelreihe **15** austritt, in einen ersten Bläserströmungsluftanteil oder Boosterluft in den Booster **16** und einen zweiten Bläserströmungsluftanteil **36**, um den Booster **16** herum in das Mantelstromkanal **21** auf, wo er dann den Bläserabschnitt durch einen Bläserauslass **30** verlässt, der den Schub für das Triebwerk erzeugt. Die durch den Booster **16** verdichtete Boosterluft **31** verlässt den Booster und wird durch einen Einlasskanalteiler **39** in erste und zweite Boosterluftanteile **35** bzw. **37** aufgeteilt. Der Einlasskanalteiler **39** leitet den ersten Boosterluftanteil **35** in einen Kerntriebwerkeinlass **19**, der zu dem Hochdruckkompressor **18** des Kerntriebwerks **25** führt. Der Einlasskanalteiler **39** leitet auch den ersten Boosterluftanteil um das Kerntriebwerk **25** herum in den Mantelstromkanal **21**, in welchem es dann den Bläserabschnitt **12** durch den Bläserausgang **30** verlässt.

[0018] Gemäß [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) umfasst der Niederdruckturbinenabschnitt **26** nicht ineinander greifende gegenläufig rotierende vordere und hintere Tandem-Niederdruckturbinen **40** und **42** und einen Niederdruckturbinen-Strömungspfad **28**. Der Niederdruck-Innenwellenrotor **200** umfasst die hintere Niederdruckturbine **42** und der Niederdruck-Außenwellenrotor **202** umfasst die vordere Niederdruckturbine des Niederdruckturbinenabschnittes **26**. Der hintere Niederdruckturbinenabschnitt **42** umfasst die ersten Niederdruckturbinen-Laufschaufelreihen **138**, die quer zu dem Niederdruckturbinen-Strömungspfad **28** angeordnet sind und antreibend mit der ersten Bläser-Laufschaufelreihe **13** durch die Niederdruckinnenwelle **130** verbunden sind.

[0019] Die vordere Niederdruckturbine **40** umfasst die zweiten Niederdruckturbinen-Laufschaufelreihen **148**, die quer zu dem Niederdruckturbinen-Strö-

mungspfad **28** sind, und antreibend mit einer zweiten Bläser-Laufschaufelreihe **15** über die Niederdruckaußenwelle **140** verbunden sind. In der in [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) dargestellten exemplarischen Ausführungsform gibt es jeweils vier Reihen der ersten und zweiten Niederdruckturbinen-Laufschaufelreihen **138** und **148**. Der Booster **16** ist antreibend mit einer von den Niederdruck-Innen- und Außenwellen **130** und **140** verbunden.

[0020] Gemäß Darstellung in [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) sind die ersten Niederdruckturbinen-Laufschaufelreihen **138** abstromseitig von den zweiten Niederdruckturbinen-Laufschaufelreihen **148** entlang des Niederdruckturbinen-Strömungspfad **28** angeordnet. Reihen nicht-drehbarer Niederdruckleitschaufeln **210** sind quer zu dem Niederdruckturbinen-Strömungspfad **28** zwischen ersten benachbarten Paaren **219** der ersten Niederdruckturbinen-Laufschaufelreihen **138** und zwischen zweiten benachbarten Paaren **218** der zweiten Niederdruckturbinen-Laufschaufelreihen **148** angeordnet. In der in [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) dargestellten exemplarischen Ausführungsform ist eine hinterste Reihe **52** von den zweiten Niederdruckturbinen-Laufschaufelreihen **148** anstromseitig von einer vordersten Reihe **50** der ersten Niederdruckturbinen-Laufschaufelreihen **138** entlang des Niederdruckturbinen-Strömungspfad **28** angeordnet. Ein ringförmiger Spalt **58** ohne Leitschaufeln trennt und ist zwischen der hintersten Reihe **52** der zweiten Niederdruckturbinenlaufschaufeln **148** und der vordersten Reihe **50** der ersten Niederdruckturbinen-Laufschaufelreihen **138** angeordnet.

[0021] Die nicht ineinander greifenden gegenläufig rotierenden vorderen und hinteren Tandem-Niederdruckturbinen **40** und **42** helfen dem Triebwerk an oder nahe an der Spitzenleistung zu arbeiten, indem sie es dem vorderen Bläser ermöglichen, bei einem höheren Bläserdruckverhältnis und höherer Drehzahl als der hintere Bläser zu arbeiten, während gleichzeitig eine erhebliche Fehlanpassung in der Pferdestärke und Drehzahl zwischen den gegenläufigen Niederdruckturbinen und Rotoren vermieden wird.

[0022] Dieses ermöglicht es dem Triebwerk mit unterschiedlichen Drehzahl- und Pferdestärkenverhältnissen, wie zum Beispiel Drehzahl- und Pferdestärkenverhältnissen von 1,2 oder mehr zu arbeiten, um es beim Erreichen eines Bläser-Spitzenwirkungsgrades zu unterstützen. Die nicht ineinander greifenden gegenläufig rotierenden vorderen und hinteren Tandem-Niederdruckturbinen weisen auch eine leichtgewichtige Konstruktion auf, und können durch die statischen Rahmen des Triebwerks einfach rotierend gelagert werden.

[0023] Die exemplarische Ausführungsform besitzt eine gleiche Anzahl von den ersten Niederdruckturbinen-Laufschaufelreihen **138** und den zweiten Nieder-

druckturbinen-Laufschaukelreihen **148**. Insbesondere weist die exemplarische Ausführungsform vier erste Niederdruckturbinen-Laufschaukelreihen **138** und vier zweite Niederdruckturbinen-Laufschaukelreihen **148** auf. Die ersten Niederdruckturbinen-Laufschaukelreihen **138** sind auf ersten Niederdruckturbinenscheiben **238** des Niederdruck-Innenwellenrotors **200** montiert dargestellt und die zweiten Turbinenlaufschaukelreihen **148** sind auf zweiten Niederdruckturbinenscheiben **248** des Niederdruck-Außenwellenrotors **202** montiert dargestellt. Alternativ können die ersten und zweiten Niederdruckturbinen-Laufschaukelreihen **138** und **148** auf Trommeln der Niederdruck-Innen- bzw. Außenwellenrotoren **200** und **202** montiert werden. Eine Turbinendüse **220** ist axial vorne, stromaufwärts zu und benachbart zu den zweiten Niederdruckturbinen-Laufschaukelreihen **148** angeordnet.

[0024] Es können verschiedene Konfigurationen der Niederdruckturbine angewendet werden. Es kann eine gleiche oder ungleiche Anzahl der ersten und zweiten Niederdruckturbinenlaufschaukeln vorhanden sein, und es können drei oder vier oder mehr sowohl von den ersten, als auch zweiten Niederdruckturbinen-Laufschaukelreihen vorhanden sein.

Patentansprüche

1. Gasturbinentriebwerk-Turbinenanordnung, aufweisend:
einen Niederdruck-Turbinenabschnitt (**26**) mit einem Niederdruckturbinen-Strömungspfad (**28**) und nicht ineinander greifenden gegenläufig rotierenden vorderen und hinteren Tandem-Niederdruckturbinen (**40**) und (**42**),
wobei die hintere Niederdruckturbine (**42**) erste Niederdruckturbinen-Laufschaukelreihen (**138**) enthält, die quer zu dem Niederdruckturbinen-Strömungspfad (**28**) angeordnet sind,
wobei die vordere Niederdruckturbine (**40**) zweite Niederdruckturbinen-Laufschaukelreihen (**148**) enthält, die quer zu dem Niederdruckturbinen-Strömungspfad (**28**) angeordnet sind,
wobei die ersten Niederdruckturbinen-Laufschaukelreihen (**138**) abstromseitig von den zweiten Niederdruckturbinen-Laufschaukelreihen (**148**) entlang des Niederdruckturbinen-Strömungspfads (**28**) angeordnet sind, und
Reihen nicht-drehbarer Niederdruckleitschaukeln (**210**), die quer zu dem Niederdruckturbinen-Strömungspfad (**28**) zwischen ersten benachbarten Paaren (**219**) der ersten Niederdruckturbinen-Laufschaukelreihen (**138**) und zwischen zweiten benachbarten Paaren (**218**) der zweiten Niederdruckturbinen-Laufschaukelreihen (**148**) angeordnet sind.

2. Anordnung nach Anspruch 1, die ferner eine hinterste Reihe (**52**) von den zweiten Niederdruckturbinen-Laufschaukelreihen (**148**), die anstromseitig

von einer vordersten Reihe (**50**) der ersten Niederdruckturbinen-Laufschaukelreihen (**138**) entlang des Niederdruckturbinen-Strömungspfads (**28**) angeordnet sind, und einen ringförmigen Spalt (**58**) ohne Leitschaukeln zwischen der hintersten Reihe (**52**) der zweiten Niederdruckturbinen-Laufschaukelreihen (**148**) und der vordersten Reihe (**50**) der ersten Niederdruckturbinen-Laufschaukelreihen (**138**) aufweist.

3. Anordnung nach Anspruch 2, wobei eine Turbinendüse (**220**) axial vorne, stromaufwärts zu und benachbart zu den zweiten Niederdruckturbinen-Laufschaukelreihen (**148**) angeordnet ist.

4. Anordnung nach Anspruch 3, die ferner eine gleiche Anzahl von den ersten Niederdruckturbinen-Laufschaukelreihen (**138**) und den zweiten Niederdruckturbinen-Laufschaukelreihen (**148**) aufweist.

5. Anordnung nach Anspruch 4, die ferner eine geradzahlige Anzahl von den ersten Niederdruckturbinen-Laufschaukelreihen (**138**) und von den zweiten Niederdruckturbinen-Laufschaukelreihen (**148**) aufweist.

6. Flugzeuggasturbinen-Triebwerkanordnung (**10**), aufweisend:
einen Hochdruckrotor (**33**) mit einer Hochdruckturbine (**29**), die mit einem Hochdruckkompressor (**18**) über eine Hochdruckwelle (**27**) antreibend verbunden ist und um eine Triebwerksmittellinie (**8**) rotieren kann,
einen Niederdruck-Turbinenabschnitt (**26**), der hinter dem Hochdruckrotor (**33**) angeordnet ist und einen Niederdruckturbinen-Strömungspfad (**28**) besitzt, sowie nicht ineinander greifende gegenläufige vordere und hintere Tandem-Niederdruckturbinen (**40** und **42**),
wobei die hintere Niederdruckturbine (**42**) erste Niederdruckturbinen-Laufschaukelreihen (**138**) enthält, die quer zu dem Niederdruckturbinen-Strömungspfad (**28**) angeordnet sind,
wobei die vordere Niederdruckturbine (**40**) zweite Niederdruckturbinen-Laufschaukelreihen (**148**) enthält, die quer zu dem Niederdruckturbinen-Strömungspfad (**28**) angeordnet sind,
wobei die ersten Niederdruckturbinen-Laufschaukelreihen (**138**) abstromseitig von den zweiten Niederdruckturbinen-Laufschaukelreihen (**148**) entlang des Niederdruckturbinen-Strömungspfads (**28**) angeordnet sind, und
Reihen nicht-drehbarer Niederdruckleitschaukeln (**210**), die quer zu dem Niederdruckturbinen-Strömungspfad (**28**) zwischen ersten benachbarten Paaren (**219**) der ersten Niederdruckturbinen-Laufschaukelreihen (**138**) und zwischen zweiten benachbarten Paaren (**218**) der zweiten Niederdruckturbinen-Laufschaukelreihen (**148**) angeordnet sind.

7. Anordnung nach Anspruch 6, die ferner eine

hinterste Reihe (**52**) von den zweiten Niederdruckturbinen-Laufschaukelreihen (**148**), die anstromseitig von einer vordersten Reihe (**50**) der ersten Niederdruckturbinen-Laufschaukelreihen (**138**) entlang des Niederdruckturbinen-Strömungspfad (**28**) angeordnet sind, und einen ringförmigen Spalt (**58**) ohne Leitschaukeln zwischen der hintersten Reihe (**52**) der zweiten Niederdruckturbinen-Laufschaukelreihen (**148**) und der vordersten Reihe (**50**) der ersten Niederdruckturbinen-Laufschaukelreihen (**13**) aufweist.

8. Anordnung nach Anspruch 7, wobei eine Turbinendüse (**220**) axial vorne, stromaufwärts zu und benachbart zu den zweiten Niederdruckturbinen-Laufschaukelreihen (**148**) angeordnet ist.

9. Anordnung nach Anspruch 8, die ferner eine gleiche Anzahl erster Niederdruckturbinen-Laufschaukelreihen (**138**) und zweiter Niederdruckturbinen-Laufschaukelreihen (**148**) aufweist.

10. Anordnung nach Anspruch 9, die ferner eine geradzahlige Anzahl erster Niederdruckturbinen-Laufschaukelreihen (**138**) und zweiter Niederdruckturbinen-Laufschaukelreihen (**148**) aufweist.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

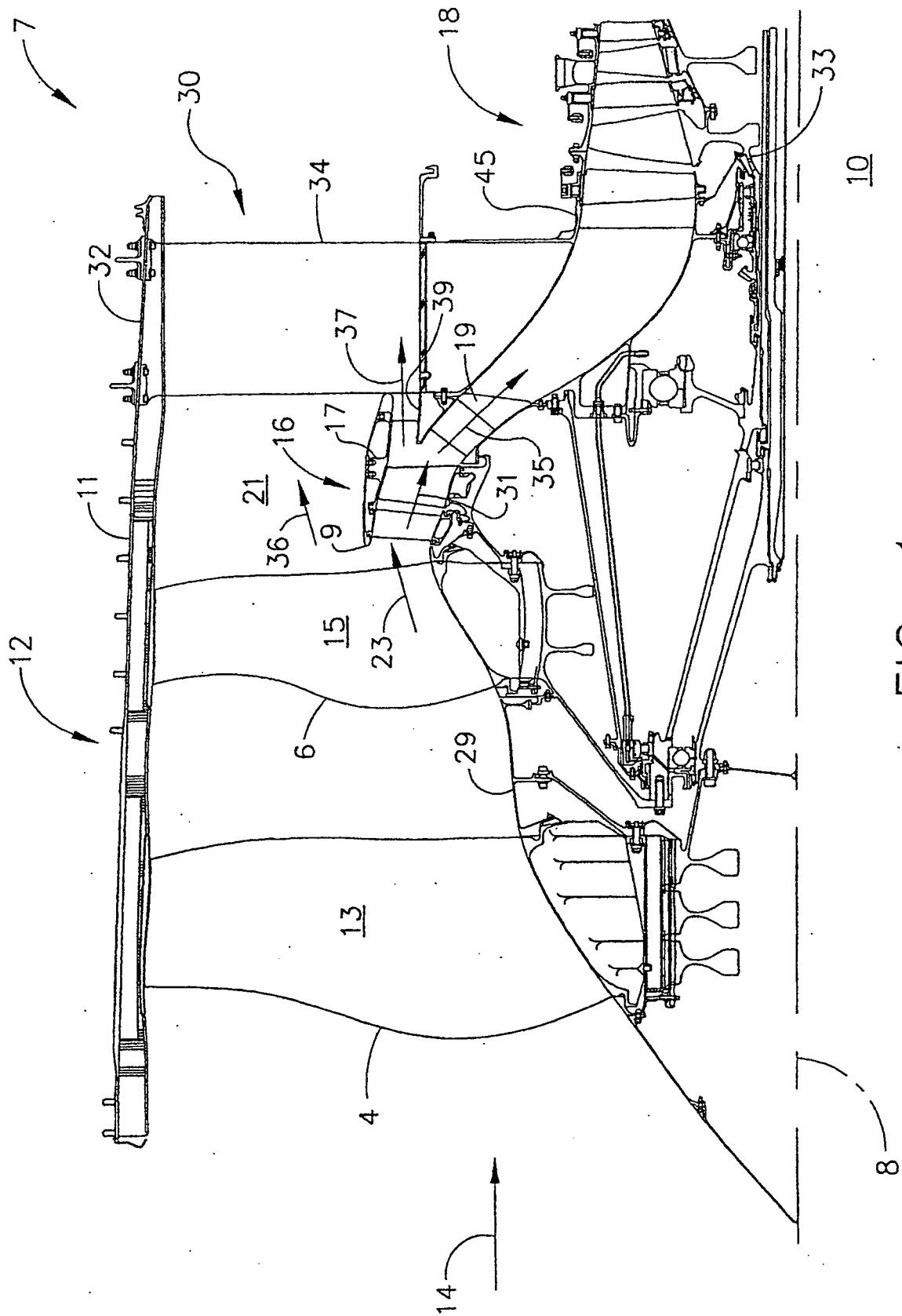


FIG. 1

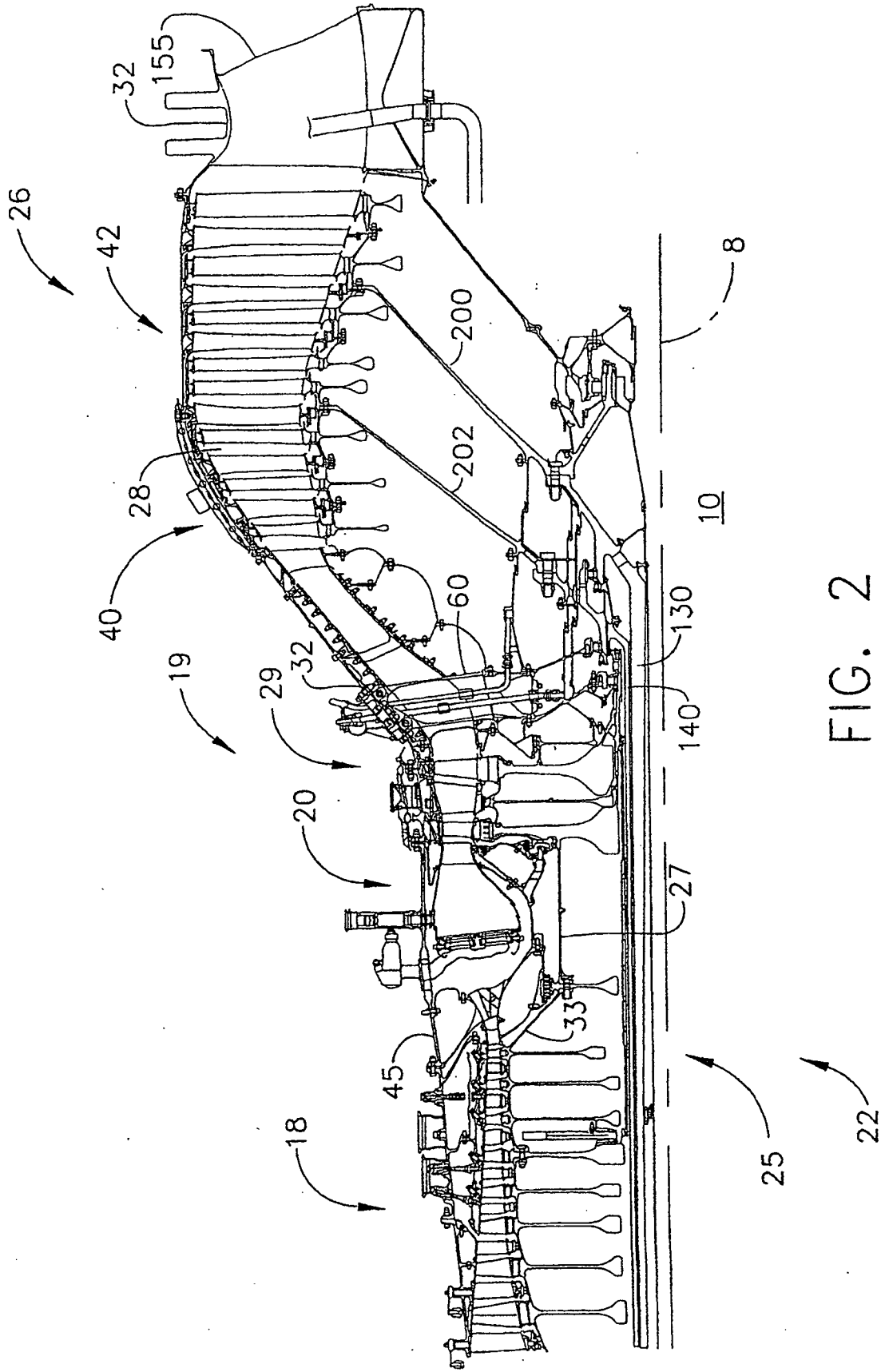


FIG. 2

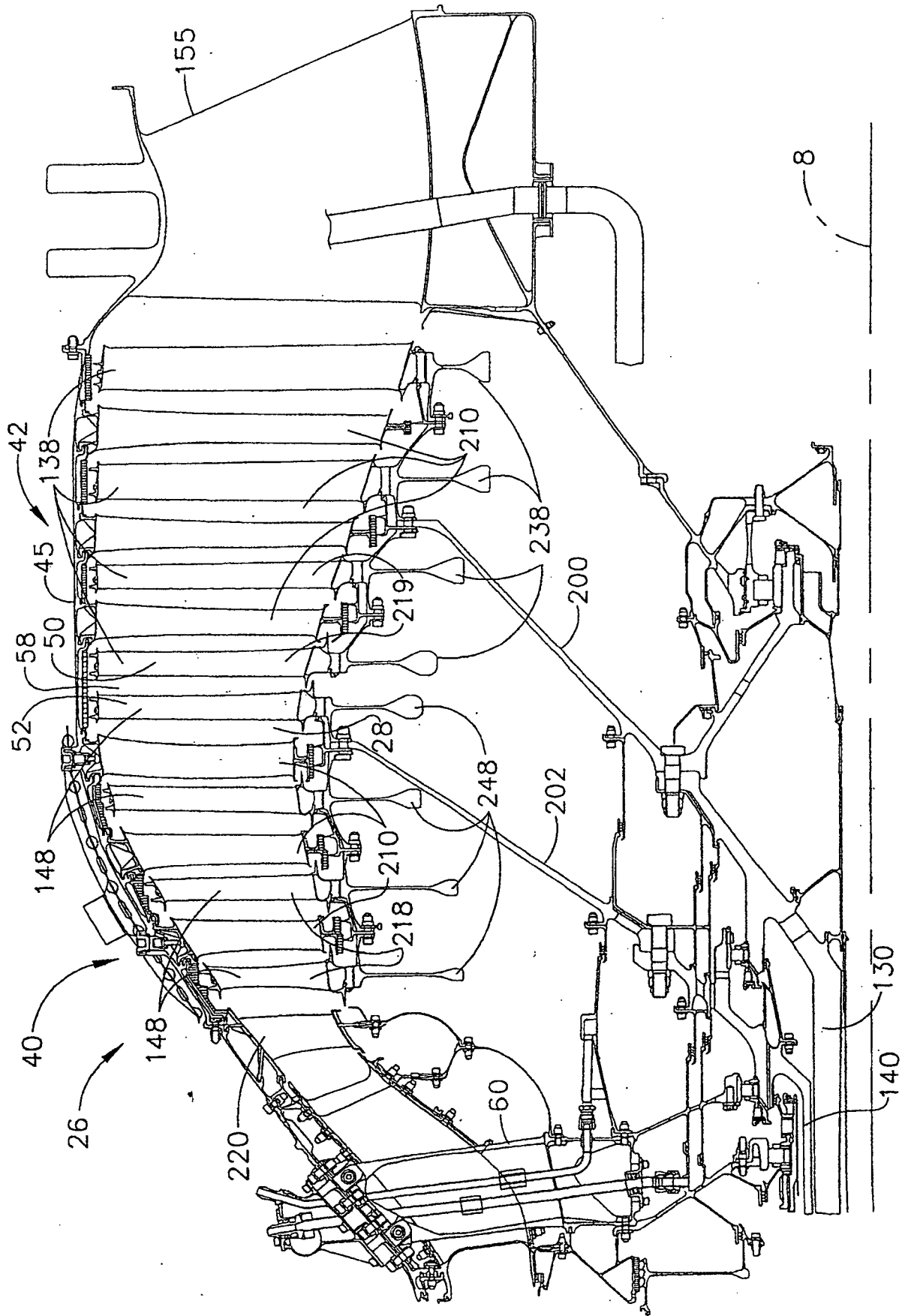


FIG. 3