



(11) **EP 1 793 081 B1**

(12) **EUROPEAN PATENT SPECIFICATION**

(45) Date of publication and mention
of the grant of the patent:
14.04.2010 Bulletin 2010/15

(51) Int Cl.:
F01D 3/04 (2006.01)

(21) Application number: **06125145.0**

(22) Date of filing: **30.11.2006**

(54) **Rotor thrust balancing apparatus and method**

Rotorschubausgleichsvorrichtung und Verfahren

Appareil d'équilibrage de la poussée axiale d'un rotor et méthode

(84) Designated Contracting States:
DE FR GB

(30) Priority: **30.11.2005 US 290114**

(43) Date of publication of application:
06.06.2007 Bulletin 2007/23

(73) Proprietor: **GENERAL ELECTRIC COMPANY**
Schenectady, NY 12345 (US)

(72) Inventors:
• **Ansari, Amid**
Mason, OH 45040 (US)

• **Chouinard, Emil Nelson**
Mason, OH 45040 (US)
• **Stiftar, Edward Joseph**
West Chester, OH 45069 (US)

(74) Representative: **Illingworth-Law, William**
Illingworth
Global Patent Operation - Europe
GE International Inc.
15 John Adam Street
London WC2N 6LU (GB)

(56) References cited:
EP-A2- 1 281 836 US-A- 4 907 943

EP 1 793 081 B1

Note: Within nine months of the publication of the mention of the grant of the European patent in the European Patent Bulletin, any person may give notice to the European Patent Office of opposition to that patent, in accordance with the Implementing Regulations. Notice of opposition shall not be deemed to have been filed until the opposition fee has been paid. (Art. 99(1) European Patent Convention).

Description

BACKGROUND OF THE INVENTION

[0001] This invention relates generally to a system for balancing loads on a thrust bearing of a gas turbine engine, and more particularly, to a system for increasing the range of control for rotor thrust balancing.

[0002] Gas turbine engines include a rotor assembly which is rotatable relative to stationary engine structures, including rotor mounting structure. The rotor assembly includes a number of rotatable components, such as a central shaft, shaft cones, compressor blades and disks, turbine buckets and wheels, and dynamic air seals. Each component is reacted upon by static and/or dynamic axial pressure forces. The vector sum of these forces is a net axial force or thrust in either the forward or aft direction. This net thrust places axial loads on the stationary mounting structure, and a thrust bearing is employed in order to absorb this load without interfering with the free rotation of the rotor assembly. Typically, a rotor thrust bearing is a ball bearing encased within a thrust bearing housing. The load on a thrust bearing varies as the pressures on the various rotor parts change. If net axial thrust is excessive, considerable wear and premature failure of the thrust bearing may occur. A gas turbine engine rotor generates a high thrust, and a rotor thrust bearing must be able to sustain the axial thrust load. In order to limit the amount of net axial force imposed on a rotor thrust bearing and allow for an appropriate safety factor, a thrust balance system is utilized to limit thrust loads on the bearing.

[0003] EP-A-1 281 836 discloses a turbine machine including a housing and a rotor with a rotor shaft having first and second ends rotatably supported in roller bearings in a housing. A turbine expansion stage is mounted to one end of the rotor shaft and a compressor stage is mounted at the other end of the rotor shaft. A rotor piston surface can be acted on by the compressor stage inlet pressure or outlet pressure and a further rotor piston surface can be acted on by the turbine expansion stage inlet pressure or outlet pressure.

[0004] Under certain operating conditions net rotor axial thrust may change direction, a condition known as "cross-over". If cross-over occurs, unloaded ball bearings may allow radial movement of the rotor which may adversely affect seal clearances resulting in deterioration of engine operating characteristics.

BRIEF DESCRIPTION OF THE INVENTION

[0005] Aspects of the present invention are defined in the accompanying claims.

In an exemplary embodiment, an apparatus for balancing thrust bearing load on a rotor thrust bearing employs a first thrust balance piston cavity for exerting an aft directed thrust balancing force and a second balance piston cavity for exerting an independently controlled forward

directed thrust balancing force.

[0006] In an exemplary method, balancing thrust bearing load on a rotor thrust bearing is accomplished by controlling air pressure in a first balance piston cavity configured to provide an aft directed thrust balancing force to an engine rotor component; and independently controlling air pressure in a second balance piston cavity configured to provide a forward directed thrust balancing force.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

[0007] Embodiments of the present invention will now be described, by way of example only, with reference to the accompanying drawings, in which:

Figure 1 is a schematic, longitudinal cross-sectional view of a gas turbine engine including a rotor thrust balancing system;

Figure 2 is an enlarged, schematic, partial cross-sectional view of a prior art thrust control system in a gas turbine engine;

Figure 3 is a schematic, partial cross-sectional illustration of a system for balancing loads on a gas turbine engine thrust bearing including a pair of thrust balance piston cavities;

Figure 4 is a schematic, partial cross-sectional illustration of a system for regulating air pressure within one of the balance piston cavities in a thrust control system shown in Figure 3;

Figure 5 is a schematic, block diagram illustration of a control system for controlling air flow to the balance piston cavities for balancing loads on the rotor thrust bearing depicted in Figures 3 and 4; and

Figure 6 is graphical representation of one technique for pressure regulation in a system as shown in Figure 3.

DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

[0008] Referring now to the drawings in detail, wherein identical numerals indicate the same elements throughout the figures, and in which "upstream" indicates a direction toward the engine air intake, and "downstream" indicates a direction toward the engine exhaust, Figure 1 schematically depicts an aeroderivative gas turbine engine 10. Engine 10 comprises in axial alignment in serial flow sequence a low pressure compressor 12, a high pressure compressor 14, a combustor 16, a high pressure turbine 18, and a low pressure turbine 20, disposed concentrically about longitudinal axis 22. The standard configuration for engines of this type is a dual concentric shaft arrangement, in which low pressure turbine 20 is

drivingly connected to low pressure compressor 12 by low pressure drive shaft 24 and is typically connected to a load (not shown) at its downstream end 29. High pressure turbine 18 is similarly drivingly connected to high pressure compressor 14 by high pressure drive shaft 26 disposed external to low pressure drive shaft 24 and concentrically with longitudinal axis 22 and supported from the stator 25.

[0009] In operation, air is drawn into engine inlet 28, and compressed through low pressure compressor 12 and high pressure compressor 14. Compressed air is delivered to combustor 16 where it is mixed with fuel and ignited to produce air flow through high pressure turbine 18 and low pressure turbine 20, and exits through exhaust nozzle 30. As discussed above, thrust forces are produced within gas turbine engine 10 which act axially at different points or portions in the engine. While a compressor driven by a turbine can compensate to some degree for a net force directed axially downstream in the turbine, at least one rotor thrust bearing is normally used to react the net rotor thrust.

[0010] To regulate the bearing load, at least some known gas turbine engines, such as that shown in Figure 2, use compressor bleed air, to pressurize a forward balance piston cavity 32 and an aft balance piston cavity 34, each of which is a defined volume pressurized by air bled from a selected compressor stage. A crossover tube 36 connects the balance piston cavities 32, 34 to equalize the pressure in the interiors of balance piston cavities 32, 34 in flow communication to limit the thrust load on thrust bearing 38. During thrust balance operation essentially equal pressure is maintained inside balance piston cavities 32 and 34, so that the pressure applied to piston area having radius 37 of rotating surface 33 of forward balance piston cavity 32 is essentially identical to the pressure applied to piston area having radius 39 of rotating surface 35 of aft balance piston cavity 34. The respective radii 37, 39 of surfaces 33 and 35 are selected as a design feature to establish respective fixed design surface areas to establish a fixed ratio of forces to be applied to the rotor, which have been determined by engine design to be optimal for protecting the thrust bearing 38 during engine operation under anticipated operating conditions. The air pressure in the respective balance piston cavities 32, 34 acts to maintain the force ratio to counter anticipated loads acting on the thrust bearing 38 during engine operation.

[0011] In an exemplary embodiment of a rotor thrust balancing system, shown in Figure 3, thrust load on rotor thrust bearing 40 is controlled by a thrust balance system which includes a forward balance piston cavity 42 located upstream of the rotor thrust bearing 40 of the engine 10 and an aft balance piston cavity 46 located downstream of the rotor thrust bearing 40. Balance piston cavity 46 is a closed volume defined at its aft end by rotatable member 43 connected to the high pressure drive shaft 26 of the rotor and defined at the axially opposite forward end by stationary surface 45 connected to the stator 25, and

is pressurized by high pressure compressor discharge air flow via air pressurized volume 72 through seal 41. High pressure compressor discharge air from a compressor stage selected to provide the required air pressure and flow rate pressurizes air pressurized volume 72 and air flow through seal 41 flows into and pressurizes the interior of balance piston cavity 46. The magnitude of force acting in the axially aft direction represented by arrow 74 which can be supplied by balance piston cavity 46 is determined by the air pressure inside balance piston cavity 46 applied to an annular surface area having radius 51 of rotatable member 43. Air pressure relief tube 47 connects the interior of balance piston cavity 46 in flow communication to a control system shown in Figure 5 and described hereinafter.

[0012] As shown in Figure 4, balance piston cavity 42 is defined at its axially forward end by the annular plate 53 connected to high pressure drive shaft 26 of the rotor and at its axially aft end by annular plate 55 connected to the stator 25. High pressure compressor discharge air from a compressor stage selected to provide the required air pressure and flow rate pressurizes air pressurized volume 70 and air flow through seal 52 flows into and pressurizes the interior of balance piston cavity 42. The magnitude of force acting in the axially forward direction represented by arrow 76 which can be supplied by balance piston cavity 42 is determined by the air pressure inside balance piston cavity 42 applied to annular surface area having radius 54 of plate 53. Air pressure relief tube 56 connects the balance piston cavity 42 in flow communication to a control system shown in Figure 5 and described hereinafter.

[0013] A thrust balance control system is shown in block diagram form in Figure 5. Balance piston cavity 42, pressurized by discharge from high pressure compressor 69 via air pressurized volume 70 through seal 52, is connected via air pressure relief tube 56 to air flow control valve 58 and air exhaust tube 62. Balance piston cavity 46, pressurized by discharge from high pressure compressor 69 via air pressurized volume 72 through seal 41, is connected via air pressure relief tube 47 and air flow control valve 59 to air exhaust tube 64. Exhaust tubes 62, 64 direct air to a downstream area 66 of the engine, which allows the air to contribute to overall engine efficiency, or alternatively may be exhausted to ambient. Control unit 60 receives pressure measurements from respective sensors 82 and 84 in balance piston cavities 42 and 46, respectively. Control unit 60 is operatively connected to provide independent control of air flow control valves 58 and 59. Control unit 60 may be a manually operated system providing readout of the pressure measurements from sensors 82 and 84, so that an operator may manually activate air flow control valves 58 or 59. Alternatively, control unit 60 may be an automatically controlled unit which adjusts settings of air flow control valves 58 or 59 in accordance with a numerical control system. In either manual or automatic configuration air flow control valves 58 and 59 may be independently ac-

tivated by control unit 60 to raise or lower the pressure in each or both of balance piston cavities 42 or 46. The pressure in one balance piston cavity may be raised by a certain pressure, while the pressure in the other may be raised an identical amount, a lesser amount, a greater amount or may be lowered by any amount within the pressure range capability of the system.

[0014] During engine operation control unit 60 may operate air flow control valves 58 and 59 independently to control pressure levels in the respective balance piston cavities 42 and 46. Air pressure inside balance piston cavity 46 is controlled via air pressure relief tube 47 by activation of air flow control valve 59. When air flow control valve 59 is closed, the pressure inside balance piston cavity 46 is held at essentially the maximum pressure available from the high pressure compressor source 72 output to apply proportional pressure to the annular plate 43 as a generally downstream force, represented by arrow 74 in Figure 3, to balance the load on thrust bearing 40. When air flow control valve 59 is fully opened, the pressure inside balance piston cavity 46 drops to approximately the low pressure of downstream area 66 or ambient, and little pressure is applied to annular plate 43. Intermediate valve settings for air flow control valve 59 allow the pressure inside balance piston cavity 46 to be maintained at an intermediate pressure level below the maximum pressure available from the high pressure compressor source 72. Air pressure inside balance piston cavity 42 is controlled via air pressure relief tube 56 by controlling air flow control valve 58. When air flow control valve 58 is closed, the pressure inside balance piston cavity 42 is held at essentially the maximum pressure available from the high pressure compressor source 70 output and applies that pressure to the annular plate 53 as a generally upstream force, represented by arrow 76 in Figure 3, to balance the load on thrust bearing 40. When air flow control valve 58 is opened the pressure inside balance piston cavity 42 drops to the low pressure of downstream area 66 or ambient, and little pressure is applied to annular plate 53. Intermediate valve settings for air flow control valve 58 allow the pressure inside balance piston cavity 46 to be maintained at an intermediate level below the maximum pressure available from high pressure compressor source 70.

[0015] Control unit 60 selectively activates air flow control valve 58 to maintain, raise or lower the pressure inside balance piston cavity 42 and/or selectively activates air flow control valve 59 to maintain, raise or lower the pressure inside balance piston cavity 46. Air flow from balance piston cavity 42 via air pressure relief tube 56 is adjustable independently from air flow from balance piston cavity 46 via air pressure relief tube 47, so that the pressure inside one of balance piston cavities 42, 46 may be lowered while pressure inside the other is maintained or raised. This independent pressure control allows the ratio of aft and forward forces to be adjusted during engine operation, in contrast to the fixed ratio of the prior art system. The separate control of pressure in balance

piston cavity 42 from that of balance piston cavity 46 provides considerably higher thrust pressure level control and flexibility in controlling thrust loads on rotor thrust bearing 40. If control unit 60 is automatically operated, the pressure control will be determined by an algorithm designed to predict rotor thrust levels during engine operation on the basis of measurements of pressure within the balance piston cavities. The control system will selectively adjust the pressure within the respective balance pressure cavities to maintain the proper loads on the thrust bearing 40. As a result, the useful life of a bearing assembly is extended in a highly reliable and cost-effective manner. By separately controlling the pressure supplied to each of the balance piston cavities, i.e. lowering air pressure in one balance piston cavity while raising the air pressure in the other balance piston cavity by the same amount, the piston areas may be effectively added, so that the thrust balance may handle higher total thrust loads.

[0016] Figure 6 graphically illustrates the bearing load versus horsepower relationship and balance piston cavity pressure versus horsepower in the upper and lower graphs, respectively, for a gas turbine engine of the type shown in Figure 3. The top graph of Figure 6 illustrates a typical relationship, but many factors affecting the bearing load, i.e. net rotor thrust, can cause the bearing load versus horsepower relationship to vary so that the curves may have many shapes. The gas turbine engine is designed so that during normal operation the thrust bearing 40 is operating within an acceptable thrust loading range of a nominal design thrust load level relative to horsepower shown at 106 between the maximum acceptable bearing load, shown at 108, and the minimum acceptable load, shown at 110. The difference between maximum load 108 and minimum load 110 at any horsepower setting determines the available range of thrust balancing control. As engine size and horsepower rise, the anticipated thrust bearing load increases and balance piston cavities including air relief tubes and valves are sized to accommodate the anticipated load balancing requirement. The engine is designed so that nominal valve settings for the air flow control valves 58 and 59 maintain the air pressures within the respective balance piston cavities 42, 46 approximately equal along a curve shown at 100 in the lower graph of Figure 6, within a range between maximum operating pressure, approximately the compressor bleed for a particular horsepower, shown by curve 102, and a minimum pressure of ambient shown by curve 104. The difference between the maximum balance piston cavity pressure 102 and minimum balance piston cavity pressure 104 represents the available range of pressure adjustment at a particular engine horsepower level. If pressure sensors in the respective balance piston cavities indicate a pressure rise, a corresponding rise in thrust load in one axial direction on bearing 40 is indicated. The control system is activated to change the pressure inside one or both of the balance piston cavities to limit the axial thrust load on rotor thrust bearing 40 to the

acceptable levels. Air flow control valve 58 may be activated to lower pressure on balance piston cavity 42 while the pressure in balance piston cavity 46 is maintained to effectively lower the force level applied to piston area 54 increasing net bearing load in the aft direction. If further adjustment is needed, the pressure in balance piston cavity 46 can also be raised by closing air flow control valve 59, hence providing larger adjustment. The total force level adjustment available is the difference between the pressure 102 and the pressure 104 on piston area 51 and 54. If the pressure sensors indicate an excess load in the aft direction, either or both of air flow control valves 58 and 59 may be activated to lower pressure in balance piston cavity 46 and/or raise the pressure in balance piston cavity 42 to apply forward axial pressure on balance piston area 54 and/or less force on piston area 51 to relieve the load on rotor thrust bearing 40, depending on level of adjustment needed.

[0017] While the invention has been described in terms of various specific embodiments, those skilled in the art will recognize that the invention can be practiced with modification within the scope of the claims.

Claims

1. A gas turbine engine (10) comprising a stator (25) and a rotor including a high pressure compressor (14) and a high pressure turbine (18) connected by a high pressure drive shaft (26) rotatable within and supported by said stator (25) and a rotor thrust bearing (40) disposed between said high pressure drive shaft (26) and said stator (25); and a rotor thrust balancing apparatus comprising

(a) a first balance piston cavity (46) for exerting a downstream directed thrust balancing force on a first annular plate (43) connected to a high pressure drive shaft (26); and

(b) a second balance piston cavity (42) for exerting an independently controlled upstream directed thrust balancing force on a second annular plate (53) connected to the high pressure drive shaft (26); wherein

the first balance piston cavity (46) is disposed downstream of said rotor thrust bearing (40) and comprises a closed volume defined at one axial end by a rotatable member (43) connected to said high pressure drive shaft (26) and defined at its other axial end by a stationary surface (45) connected to said stator (25) and connected in air flow communication with a high pressure compressor discharge air and connected in flow communication via a first air flow control valve (59) with a first air exhaust tube (64); and the second balance piston cavity (42) is disposed upstream of said rotor thrust bearing (40) and comprises a closed volume defined at one

axial end by an annular plate (53) connected to the high pressure drive shaft (26) and defined at its other axial end by an annular plate (55) connected to the stator (25) and connected in air flow communication with a second high pressure compressor discharge air and in flow communication via a second air flow control valve (58) with a second air exhaust tube (62).

2. The gas turbine engine of claim 1 wherein:

(a) said first balance piston cavity (46) is connected in flow communication to a first air pressurized volume (72) via a first seal (41) and in flow communication with a first air pressure relief tube (47) connected in flow communication with a first air flow control valve (59) for controlling air pressure in said first balance piston cavity (46); and

(b) said second balance piston cavity (42) is connected in flow communication to a second air pressurized volume (70) via a second seal (52) and in flow communication with a second air pressure relief tube (56) connected in flow communication with a second air flow control valve (58) controllable independently of said first air flow control valve (59) for controlling air pressure in said second balance piston cavity (42).

3. The gas turbine engine of claim 1 or 2 wherein the first balance piston cavity (46) is defined at its axially downstream end by the rotatable member (43) and defined at its axially upstream end by the stationary surface (45) and is connected in flow communication with an air pressure relief tube (47) and via a first air flow control valve (59) to a first air exhaust tube (64); and the second balance piston cavity (42) is defined at its axially upstream end by the annular plate (53) and defined at its axially downstream end by the annular plate (55) and is connected in air flow communication with a second air pressure relief tube (56).

4. A method for balancing rotor thrust bearing loads in a gas turbine engine (10) comprising a stator (25) and a rotor including a high pressure compressor (14) and a high pressure turbine (18) connected by a high pressure drive shaft (26) rotatable within and supported by said stator (25) and a rotor thrust bearing (40) disposed between said high pressure drive shaft (26) and said stator (25);, the method comprising:

controlling air pressure in a first balance piston cavity (46) configured to provide a downstream directed thrust balancing force to an engine rotor component; and independently controlling air pressure in a sec-

ond balance piston cavity (42) configured to provide an upstream directed thrust balancing force **characterized in that** the method also comprises

disposing the first balance piston cavity (46) of said rotor thrust bearing (40) and defining the first cavity (46) as a closed volume defined at one axial end by a rotatable member (43) connected to said high pressure drive shaft (26) and defined at its other axial end by a stationary surface (45) connected to said stator (25) and connecting the first cavity (46) in air flow communication with a high pressure compressor discharge air and connecting the first cavity (46) in flow communication via a first air flow control valve (59) with a first air exhaust tube (64); and disposing the second balance piston cavity (42) upstream of said rotor thrust bearing (40) and defining the second cavity (42) as a closed volume defined at one axial end by an annular plate (53) connected to the high pressure drive shaft (26) and defined at its other axial end by an annular plate (55) connected to the stator (25) and connecting the second cavity (42) in air flow communication with a second high pressure compressor discharge air and connecting the second cavity (42) in flow communication via a second air flow control valve (58) with a second air exhaust tube (62).

5. The method of claim 4, wherein:

controlling air pressure in said first balance piston cavity (46) comprises controlling the first air flow control valve (59) to control air flow from said first balance piston cavity (46) to control the force of said downstream directed thrust balancing force; and;
controlling air pressure in said second balance piston cavity (42) comprises controlling the second air flow control valve (58) to control air flow from said second balance piston cavity (42) to control the force of said upstream directed thrust balancing force.

6. The method of claim 5, wherein:

controlling air pressure in said first balance piston cavity (46) comprises adjusting said first air flow control valve (59) to increase air flow from said first balance piston cavity (46) to allow air pressure within said first balance piston cavity (46) to drop to reduce the force of the downstream directed thrust balancing force; and
controlling air pressure in said second balance piston cavity (42) comprises maintaining said second air flow control valve (58) unchanged to maintain air pressure within said second air flow

control valve (58) fixed to maintain said upstream directed thrust balancing force constant to produce a net increase in thrust balance force in the axially upstream direction.

7. The method of claim 5, wherein:

controlling air pressure in said first balance piston cavity (46) comprises adjusting said first air flow control valve (59) to increase air flow from said first balance piston cavity (46) to allow air pressure within said first balance piston cavity (46) to drop to reduce the force of the downstream directed thrust balancing force; and
controlling air pressure in said second balance piston cavity (42) comprises adjusting said second air flow control valve (58) to lower air flow from said second balance piston cavity (42) to raise air pressure within said second air flow control valve (58) fixed to increase the force of said upstream directed thrust balancing force to produce a net increase in thrust balance force in the axially upstream direction.

8. The method of claim 5, wherein:

controlling air pressure in said first balance piston cavity (46) comprises adjusting said first air flow control valve (59) to maximize air flow from said first balance piston cavity (46) to minimize air pressure within said first balance piston cavity (46) to drop to minimum level to minimize the force of the downstream directed thrust balancing force; and
controlling air pressure in said second balance piston cavity (42) comprises adjusting said second air flow control valve (58) to minimize air flow from said second balance piston cavity (42) to maximize air pressure within said second balance piston cavity (42) to maximize said upstream directed thrust balancing force constant to produce a maximum net upstream directed thrust balancing force.

9. The method of claim 5, wherein:

controlling air pressure in said second balance piston cavity (42) comprises adjusting said second air flow control valve (58) to maximize air flow from said second balance piston cavity (42) to minimize air pressure within said second balance piston cavity (42) to minimize air pressure within said second balance piston cavity (42) to minimize the force of the upstream directed thrust balancing force; and
controlling air pressure in said first balance piston cavity (46) comprises adjusting said first air flow control valve (59) to minimize air flow from

said first balance piston cavity (46) to maximize air pressure within said first balance piston cavity (46) to maximize air pressure within said first balance piston cavity (46) to maximize said downstream directed thrust balancing force to produce a maximum net downstream directed thrust balancing force.

Patentansprüche

1. Gasturbine (10) mit einem Stator (25) und einem einen Hochdruckverdichter (14) und eine Hochdruckturbine (18), die über eine in dem Stator (25) drehbare und davon gelagerte Hochdruckantriebswelle (26) verbunden sind, enthaltenden Rotor, und einem zwischen der Hochdruckantriebswelle (26) und dem Stator (25) angeordneten Rotorschublager (40); und einer Rotorschub-Ausgleichsvorrichtung, die aufweist:

(a) eine erste Ausgleichskolbenkammer (46) zum Ausüben einer stromabwärts gerichteten Schubausgleichskraft auf eine mit der Hochdruckantriebswelle (26) verbundene erste ringförmige Platte (43); und

(b) eine zweite Ausgleichskolbenkammer (42) zum Ausüben einer unabhängig gesteuerten stromaufwärts gerichteten Schubausgleichskraft auf eine mit der Hochdruckantriebswelle (26) verbundene zweite ringförmige Platte (53); wobei

die erste Ausgleichskolbenkammer (46) stromabwärts von dem Rotorschublager (40) angeordnet ist und ein geschlossenes Volumen aufweist, das an einem axialen Ende durch ein mit der Hochdruckantriebswelle (26) verbundenes drehbares Element (43) definiert ist und an seinem anderen axialen Ende durch eine mit dem Stator (25) verbundene feststehende Fläche (45) definiert ist, und das in Luftströmungsverbindung mit einer Hochdruckverdichterauslassluft verbunden ist und in Strömungsverbindung über ein erstes Luftstromsteuerventil (59) mit einem ersten Luftauslassrohr (64) verbunden ist; und

die zweite Ausgleichskolbenkammer (42) stromaufwärts von dem Rotorschublager (40) angeordnet ist und ein geschlossenes Volumen aufweist, das an einem axialen Ende durch eine mit der Hochdruckantriebswelle (26) verbundene ringförmige Platte (53) definiert ist und an seinem anderen axialen Ende durch eine mit dem Stator (25) verbundene ringförmige Platte (55) definiert ist und das in Luftströmungsverbindung mit einer zweiten Hochdruckverdichterauslassluft verbunden ist und in Strömungsverbindung über ein zweites Luftstromsteuerventil

(58) mit einem zweiten Luftauslassrohr (62) verbunden ist; und

2. Gasturbine nach Anspruch 1, wobei:

(a) die erste Ausgleichskolbenkammer (46) in Strömungsverbindung mit einem ersten unter Luftdruck stehenden Volumen (72) über eine erste Dichtung (41) und in Strömungsverbindung mit einem ersten Luftdruckentlastungsrohr (47) verbunden ist, das in Strömungsverbindung mit einem ersten Luftstromsteuerventil (59) zum Steuern des Luftdruckes in der ersten Ausgleichskolbenkammer (46) verbunden ist; und
(b) die zweite Ausgleichskolbenkammer (42) in Strömungsverbindung mit einem zweiten unter Luftdruck stehenden Volumen (70) über eine zweite Dichtung (52) und in Strömungsverbindung mit einem zweiten Luftdruckentlastungsrohr (56) verbunden ist, das in Strömungsverbindung mit einem unabhängig von dem ersten Luftstromsteuerventil (59) steuerbaren zweiten Luftstromsteuerventil (58) zum Steuern des Luftdruckes in der zweiten Ausgleichskolbenkammer (42) verbunden ist;

3. Gasturbine nach Anspruch 1 oder 2, wobei die erste Ausgleichskolbenkammer (46) an ihrem axial stromabwärts liegenden Ende durch das drehbare Element (43) definiert ist und an seinem stromaufwärts liegenden Ende durch die feststehende Fläche (45) definiert ist und in Strömungsverbindung mit einem Luftdruckentlastungsrohr (47) und über ein erstes Luftstromsteuerventil (59) mit einem ersten Luftauslassrohr (64) verbunden ist; und die zweite Ausgleichskolbenkammer (42) an ihrem axial stromaufwärts liegenden Ende durch die ringförmige Platte (53) definiert ist und an ihrem axial stromabwärts liegenden Ende durch die ringförmige Platte (55) definiert ist und in Luftströmungsverbindung mit einem zweiten Luftdruckentlastungsrohr (56) verbunden ist.

4. Verfahren zum Ausgleichen von Rotor-Schublagerbelastungen in einer Gasturbine (10) mit einem Stator (25) und einem einen Hochdruckverdichter (14) und eine Hochdruckturbine (18), die über eine in dem Stator (25) drehbare und davon gelagerte Hochdruckantriebswelle (24) verbunden sind, enthaltenden Rotor, und einem zwischen der Hochdruckantriebswelle (26) und dem Stator (25) angeordneten Rotorschublager (40); wobei das Verfahren die Schritte aufweist:

Steuern des Luftdruckes in einer ersten Ausgleichskolbenkammer (46), die dafür konfiguriert ist, eine stromabwärts gerichtete Schubausgleichskraft an eine Maschinenrotorkompo-

nente zu liefern; und
unabhängiges Steuern des Luftdruckes in einer
zweiten Ausgleichskolbenkammer (42), die da-
für konfiguriert ist, eine stromaufwärts gerichtete
Schubausgleichskraft zu liefern, **dadurch ge-**
kennzeichnet, dass das Verfahren auch die
Schritte aufweist:

Anordnen der ersten Ausgleichskolben-
kammer (46) stromabwärts von dem Rotor-
schublager (40) und Definieren der ersten
Kammer (46) als ein geschlossenes Volu-
men, das an einem axialen Ende durch ein
mit der Hochdruckantriebswelle (26) ver-
bundenes drehbares Element (43) definiert
ist und an seinem anderen axialen Ende
durch eine mit dem Stator (25) verbundene
feststehende Fläche (45) definiert ist, und
Verbinden der ersten Kammer (46) in Luft-
strömungsverbindung mit einer Hochdruck-
verdichterauslassluft und Verbinden der er-
sten Kammer (46) in Strömungsverbindung
über ein erstes Luftstromsteuerventil (59)
mit einem ersten Luftauslassrohr (64); und
Anordnen der zweiten Ausgleichskolben-
kammer (42) stromaufwärts von dem Ro-
torschublager (40) und Definieren der zwei-
ten Kammer (42) als ein geschlossenes Vo-
lumen, das an einem axialen Ende durch
eine mit der Hochdruckantriebswelle (26)
verbundene ringförmige Platte (53) definiert
ist und an seinem anderen axialen Ende
durch eine mit dem Stator (25) verbundene
ringförmige Platte (55) definiert ist, und Ver-
binden der zweiten Kammer (42) in Luftströ-
mungsverbindung mit einer zweiten Hoch-
druckverdichterauslassluft und Verbinden
der zweiten Kammer (42) in Strömungsver-
bindung über ein zweites Luftstromsteuer-
ventil (58) mit einem zweiten Luftauslass-
rohr (62).

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei:

der Schritt der Steuerung des Luftdrucks in der
ersten Ausgleichskolbenkammer (46) den
Schritt der Steuerung des ersten Luftstromsteu-
erventils (59) aufweist, um den Luftstrom aus
der ersten Ausgleichskolbenkammer (46) zur
Steuerung der stromabwärts gerichteten
Schubausgleichskraft zu steuern; und
der Schritt der Steuerung des Luftdrucks in der
zweiten Ausgleichskolbenkammer (42) den
Schritt der Steuerung des zweiten Luftstrom-
steuerventils (58) aufweist, um den Luftstrom
aus der zweiten Ausgleichskolbenkammer (42)
zur Steuerung der stromaufwärts gerichteten
Schubausgleichskraft zu steuern.

6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei:

der Schritt der Steuerung des Luftdruckes in der
ersten Ausgleichskolbenkammer (46) den
Schritt der Einstellung des ersten Luftstromsteu-
erventils (59) zur Erhöhung des Luftstroms aus
der ersten Ausgleichskolbenkammer (46) auf-
weist, um ein Abfallen des Luftdruckes in der
ersten Ausgleichskolbenkammer (46) zur Ver-
ringerung der stromabwärts gerichteten Schub-
ausgleichskraft zu ermöglichen; und
der Schritt der Steuerung des Luftdruckes in der
zweiten Ausgleichskolbenkammer (42) den
Schritt aufweist, das zweite Luftstromsteuer-
ventil (58) unverändert zu belassen, um den
Luftdruck in dem zweiten Luftstromsteuerventil
(58) auf einem festen Wert zu halten, um die
stromaufwärts gerichtete Schubausgleichskraft
zur Erzeugung einer Nettozunahme in der
Schubausgleichskraft in der axialen Stromauf-
wärtsrichtung konstant zu halten.

7. Verfahren nach Anspruch 5, wobei:

der Schritt der Steuerung des Luftdruckes in der
ersten Ausgleichskolbenkammer (46) den
Schritt der Einstellung des ersten Luftstromsteu-
erventils (59) zur Erhöhung des Luftstroms aus
der ersten Ausgleichskolbenkammer (46) auf-
weist, um ein Abfallen des Luftdruckes in der
ersten Ausgleichskolbenkammer (46) zur Ver-
ringerung der stromabwärts gerichteten Schub-
ausgleichskraft zu ermöglichen; und
der Schritt der Steuerung des Luftdruckes in der
zweiten Ausgleichskolbenkammer (42) den
Schritt der Einstellung des zweiten Luftstrom-
steuerventils (58) zur Verringerung des Luft-
stroms aus der zweiten Ausgleichskolbenkam-
mer (42) aufweist, um den Luftdruck in dem
zweiten Luftstromsteuerventil (58) zu erhöhen,
um die stromaufwärts gerichtete Schubaus-
gleichskraft zur Erzeugung einer Nettozunahme
in der Schubausgleichskraft in der axialen
Stromaufwärtsrichtung zu erhöhen.

8. Verfahren nach Anspruch 5, wobei:

der Schritt der Steuerung des Luftdruckes in der
ersten Ausgleichskolbenkammer (46) den
Schritt der Einstellung des ersten Luftstromsteu-
erventils (59) zur Maximierung des Luftstroms
aus der ersten Ausgleichskolbenkammer (46)
aufweist, um den Luftdruck in der ersten Aus-
gleichskolbenkammer (46) zwecks Abfall auf ei-
nen minimalen Pegel zu minimieren, um die
stromabwärts gerichtete Schubausgleichskraft
zu minimieren; und
der Schritt der Steuerung des Luftdruckes in der

zweiten Ausgleichskolbenkammer (42) den Schritt der Einstellung des zweiten Luftstromsteuerventils (58) zur Minimierung des Luftstroms aus der zweiten Ausgleichskolbenkammer (42) aufweist, um den Luftdruck in der zweiten Ausgleichskolbenkammer (42) zu maximieren, um die stromaufwärts gerichtete Schubausgleichskraft zur Erzeugung einer maximalen stromaufwärts gerichteten Netto-Schubausgleichskraft zu maximieren.

9. Verfahren nach Anspruch 5, wobei:

der Schritt der Steuerung des Luftdruckes in der zweiten Ausgleichskolbenkammer (42) den Schritt der Einstellung des zweiten Luftstromsteuerventils (58) zur Maximierung des Luftstroms aus der zweiten Ausgleichskolbenkammer (42) aufweist, um den Luftdruck in der zweiten Ausgleichskolbenkammer (42) zur Minimierung der stromaufwärts gerichteten Schubausgleichskraft zu minimieren; und
der Schritt der Steuerung des Luftdruckes in der ersten Ausgleichskolbenkammer (46) den Schritt der Einstellung des ersten Luftstromsteuerventils (59) aufweist, um den Luftstrom aus der ersten Ausgleichskolbenkammer (46) zu minimieren, um den Luftdruck in der ersten Ausgleichskolbenkammer (46) zu maximieren, um die stromabwärts gerichtete Schubausgleichskraft zur Erzeugung einer maximalen stromabwärts gerichteten Netto-Schubausgleichskraft zu maximieren.

Revendications

1. Moteur (10) à turbine à gaz comprenant un stator (25) et un rotor comportant un compresseur (14) haute pression et une turbine (18) haute pression reliée par un arbre (26) d'entraînement haute pression pouvant pivoter à l'intérieur de, et supporté par ledit stator (25) et un palier (40) de butée de rotor disposé entre ledit arbre (26) d'entraînement haute pression et ledit stator (25) ; et un appareil d'équilibrage de poussée du rotor comprenant
 - (a) une première cavité (46) de piston d'équilibrage permettant d'exercer une force d'équilibrage de poussée dirigée en aval sur une première plaque annulaire (43) reliée à un arbre (26) d'entraînement haute pression ; et
 - (b) une deuxième cavité (42) de piston d'équilibrage permettant d'exercer une force d'équilibrage de poussée commandée de façon indépendante, dirigée en amont sur une deuxième plaque annulaire (53) reliée à l'arbre (26) d'en-

traînement haute pression ; dans lequel la première cavité (46) de piston d'équilibrage est disposée en aval dudit palier (40) de butée de rotor et comprend un volume fermé défini à une extrémité axiale par un élément rotatif (43) relié audit arbre (26) d'entraînement haute pression et défini à son autre extrémité axiale par une surface fixe (45) reliée audit stator (25) et reliée en communication d'écoulement d'air à un air évacué du compresseur haute pression et reliée en communication d'écoulement via une première soupape (59) de régulation du débit d'air à un premier tube (64) d'échappement d'air ; et
la deuxième cavité (42) de piston d'équilibrage est disposée en amont dudit palier (40) de butée de rotor et comprend un volume fermé défini à une extrémité axiale par une plaque annulaire (53) reliée à l'arbre (26) d'entraînement haute pression et défini à son autre extrémité axiale par une plaque annulaire (55) reliée au stator (25) et reliée en communication d'écoulement d'air à un deuxième air évacué du compresseur haute pression et en communication d'écoulement via une deuxième soupape (58) de régulation du débit d'air à un deuxième tube (62) d'échappement d'air.

2. Moteur à turbine à gaz selon la revendication 1 dans lequel :

(a) ladite première cavité (46) de piston d'équilibrage est reliée en communication d'écoulement à un premier volume (72) d'air sous pression via un premier joint (41) d'étanchéité et en communication d'écoulement à un premier tube (47) réducteur de pression d'air relié en communication d'écoulement à une première soupape (59) de régulation du débit d'air pour réguler la pression d'air dans ladite première cavité (46) de piston d'équilibrage ; et
(b) ladite deuxième cavité (42) de piston d'équilibrage est reliée en communication d'écoulement à un deuxième volume (70) d'air sous pression via un deuxième joint (52) d'étanchéité et en communication d'écoulement à un deuxième tube (56) réducteur de pression d'air relié en communication d'écoulement à une deuxième soupape (58) de régulation du débit d'air pouvant être commandée indépendamment de ladite première soupape (59) de régulation du débit d'air pour réguler la pression d'air dans ladite deuxième cavité (42) de piston d'équilibrage.

3. Moteur à turbine à gaz selon la revendication 1 ou 2 dans lequel la première cavité (46) de piston d'équilibrage est définie à son extrémité axialement aval par l'élément

rotatif (43) et définie à son extrémité axialement amont par la surface fixe (45) et est reliée en communication d'écoulement à un tube (47) réducteur de pression d'air et via une première soupape (59) de régulation du débit d'air à un premier tube (64) d'échappement d'air ; et

la deuxième cavité (42) de piston d'équilibrage est définie à son extrémité axialement amont par la plaque annulaire (53) et définie à son extrémité axialement aval par la plaque annulaire (55) et est reliée en communication d'écoulement d'air à un deuxième tube (56) réducteur de pression d'air.

4. Procédé permettant d'équilibrer des charges sur le palier de butée du rotor dans un moteur (10) à turbine à gaz comprenant un stator (25) et un rotor comportant un compresseur (14) haute pression et une turbine (18) haute pression reliée par un arbre (26) d'entraînement haute pression pouvant pivoter à l'intérieur de, et supporté par ledit stator (25) et un palier (40) de butée de rotor disposé entre ledit arbre (26) d'entraînement haute pression et ledit stator (25), le procédé consistant à :

réguler la pression d'air dans une première cavité (46) de piston d'équilibrage configurée pour fournir une force d'équilibrage de poussée dirigée en aval à un élément de rotor du moteur ; et commander indépendamment la pression d'air dans une deuxième cavité (42) de piston d'équilibrage configurée pour fournir une force d'équilibrage de poussée dirigée en amont, **caractérisé en ce que** le procédé consiste également à disposer la première cavité (46) de piston d'équilibrage dudit palier (40) de butée de rotor et définir la première cavité (46) comme un volume fermé défini à une extrémité axiale par un élément rotatif (43) relié audit arbre (26) d'entraînement haute pression et défini à son autre extrémité axiale par une surface fixe (45) reliée audit stator (25) et reliant la première cavité (46) en communication d'écoulement d'air à un air évacué du compresseur haute pression et reliant la première cavité (46) en communication d'écoulement via une première soupape (59) de régulation du débit d'air à un premier tube (64) d'échappement d'air ; et

disposer la deuxième cavité (42) de piston d'équilibrage en amont dudit palier (40) de butée de rotor et définissant la deuxième cavité (42) comme un volume fermé défini à une extrémité axiale par une plaque annulaire (53) reliée à l'arbre (26) d'entraînement haute pression et défini à son autre extrémité axiale par une plaque annulaire (55) reliée au stator (25) et reliant la deuxième cavité (42) en communication d'écoulement d'air à un deuxième air évacué du compresseur haute pression et reliant la deuxième

cavité (42) en communication d'écoulement via une deuxième soupape (58) de régulation du débit d'air à un deuxième tube (62) d'échappement d'air.

5. Procédé selon la revendication 4, dans lequel :

la régulation de la pression d'air dans ladite première cavité (46) de piston d'équilibrage consiste à commander la première soupape (59) de régulation du débit d'air pour réguler le débit d'air à partir de ladite première cavité (46) de piston d'équilibrage afin de commander la force de ladite force d'équilibrage de poussée dirigée en aval ; et

la régulation de la pression d'air dans ladite deuxième cavité (42) de piston d'équilibrage consiste à commander la deuxième soupape (58) de régulation du débit d'air pour réguler le débit d'air à partir de ladite deuxième cavité (42) de piston d'équilibrage afin de commander la force de ladite force d'équilibrage de poussée dirigée en amont.

6. Procédé selon la revendication 5, dans lequel :

la régulation de la pression d'air dans ladite première cavité (46) de piston d'équilibrage consiste à régler ladite première soupape (59) de régulation du débit d'air pour augmenter le débit d'air à partir de ladite première cavité (46) de piston d'équilibrage afin de permettre à la pression d'air à l'intérieur de ladite première cavité (46) de piston d'équilibrage de baisser pour réduire la force de la force d'équilibrage de poussée dirigée en aval ; et

la régulation de la pression d'air dans ladite deuxième cavité (42) de piston d'équilibrage consiste à maintenir ladite deuxième soupape (58) de régulation du débit d'air inchangée pour maintenir la pression d'air à l'intérieur de ladite deuxième cavité (58) de piston d'équilibrage fixe afin de maintenir ladite force d'équilibrage de poussée dirigée en amont constante pour produire une nette augmentation de la force d'équilibrage de poussée dans la direction axialement en amont.

7. Procédé selon la revendication 5, dans lequel :

la régulation de la pression d'air dans ladite première cavité (46) de piston d'équilibrage consiste à régler ladite première soupape (59) de régulation du débit d'air pour augmenter le débit d'air à partir de ladite première cavité (46) de piston d'équilibrage afin de permettre à la pression d'air à l'intérieur de ladite première cavité (46) de piston d'équilibrage de baisser pour ré-

duire la force de la force d'équilibrage de poussée dirigée en aval ; et
 la régulation de la pression d'air dans ladite deuxième cavité (42) de piston d'équilibrage consiste à régler ladite deuxième soupape (58) de régulation du débit d'air pour diminuer le débit d'air à partir de ladite deuxième cavité (42) de piston d'équilibrage afin d'augmenter la pression d'air fixe à l'intérieur de ladite deuxième cavité (58) de piston d'équilibrage pour augmenter la force de ladite force d'équilibrage de poussée dirigée en amont et produire une nette augmentation de la force d'équilibrage de poussée dans la direction axialement en amont.

5

10

15

8. Procédé selon la revendication 5, dans lequel :

la régulation de la pression d'air dans ladite première cavité (46) de piston d'équilibrage consiste à régler ladite première soupape (59) de régulation du débit d'air pour augmenter au maximum le débit d'air à partir de ladite première cavité (46) de piston d'équilibrage et réduire au maximum la pression d'air à l'intérieur de ladite première cavité (46) de piston d'équilibrage afin de la réduire à un niveau minimum pour réduire au maximum la force de la force d'équilibrage de poussée dirigée en aval ; et
 la régulation de la pression d'air dans ladite deuxième cavité (42) de piston d'équilibrage consiste à régler ladite deuxième soupape (58) de régulation du débit d'air pour réduire au maximum le débit d'air à partir de ladite deuxième cavité (42) de piston d'équilibrage et augmenter au maximum la pression d'air à l'intérieur de ladite deuxième cavité (42) de piston d'équilibrage afin d'augmenter au maximum ladite force d'équilibrage de poussée dirigée en amont constante pour produire une force d'équilibrage de poussée dirigée en amont nette maximum.

20

25

30

35

40

te à régler ladite première soupape (59) de régulation du débit d'air pour réduire au maximum le débit d'air à partir de ladite première cavité (46) de piston d'équilibrage et augmenter au maximum la pression d'air à l'intérieur de ladite première cavité (46) de piston d'équilibrage afin d'augmenter au maximum la pression d'air à l'intérieur de ladite première cavité (46) de piston d'équilibrage pour augmenter au maximum ladite force d'équilibrage de poussée dirigée en aval pour produire une force d'équilibrage de poussée dirigée en aval nette maximum.

9. Procédé selon la revendication 5, dans lequel :

la régulation de la pression d'air dans ladite deuxième cavité (42) de piston d'équilibrage consiste à régler ladite deuxième soupape (58) de régulation du débit d'air pour augmenter au maximum le débit d'air à partir de ladite deuxième cavité (42) de piston d'équilibrage et réduire au maximum la pression d'air à l'intérieur de ladite deuxième cavité (42) de piston d'équilibrage afin de réduire au maximum la pression d'air à l'intérieur de ladite deuxième cavité (42) de piston d'équilibrage pour réduire au maximum la force de la force d'équilibrage de poussée dirigée en amont ;
 la régulation de la pression d'air dans ladite première cavité (46) de piston d'équilibrage consis-

45

50

55

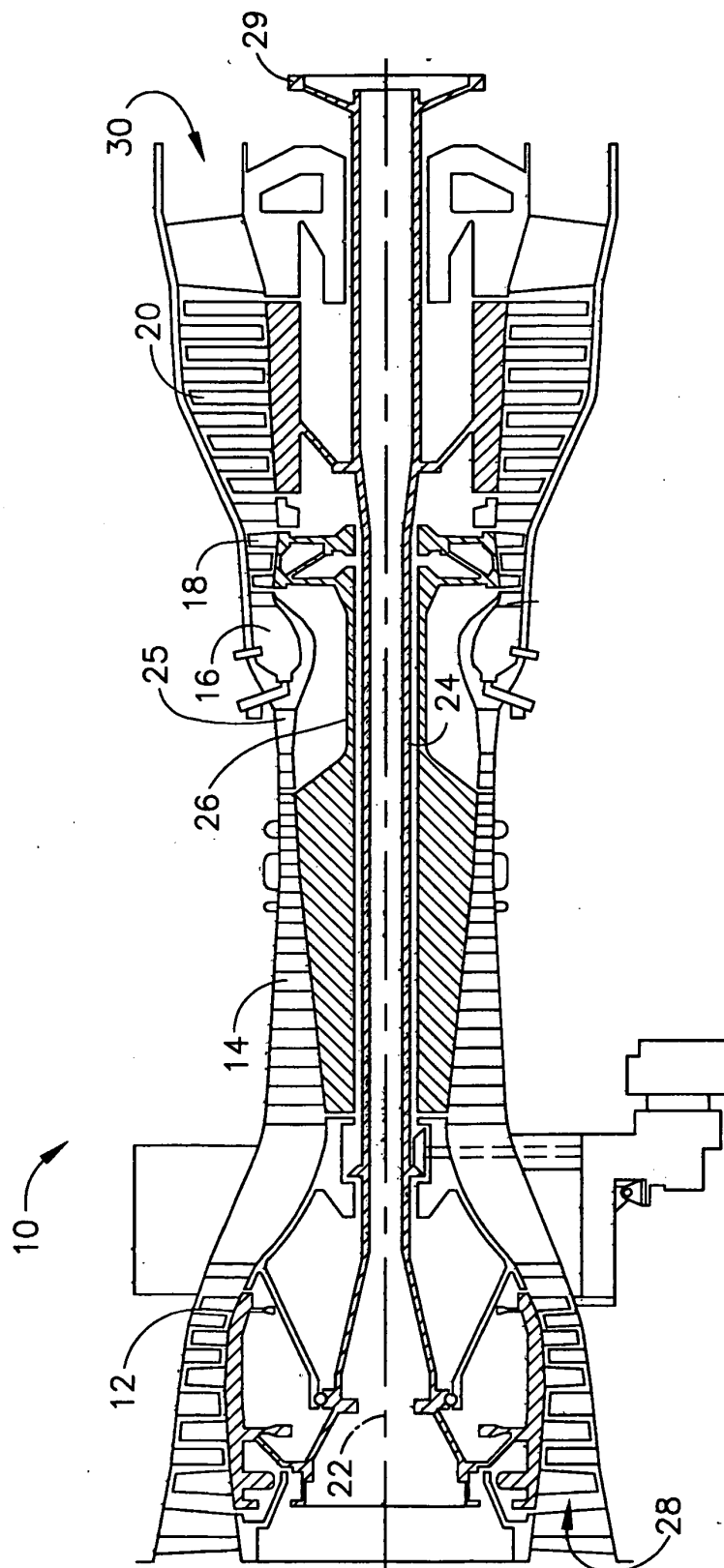
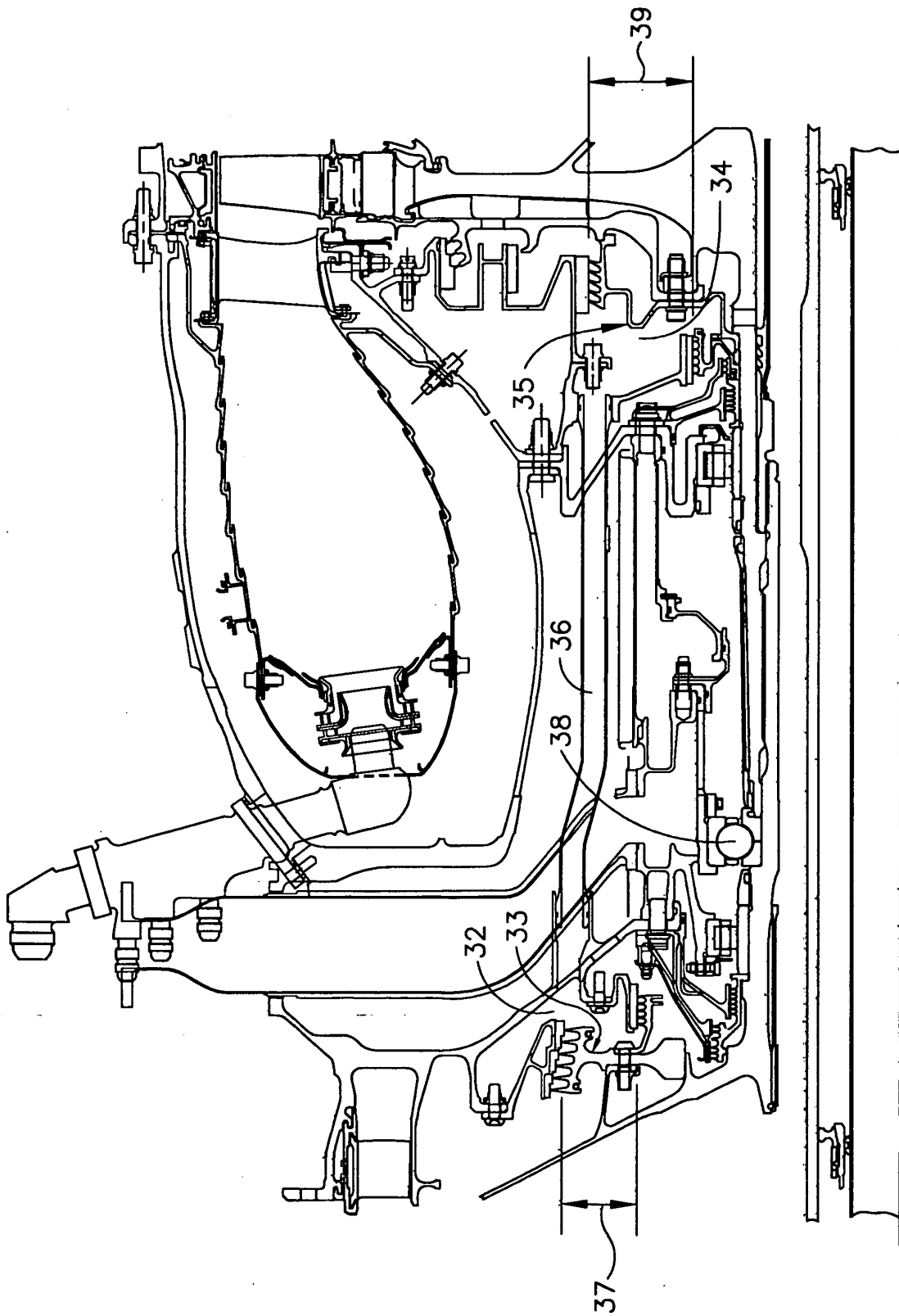
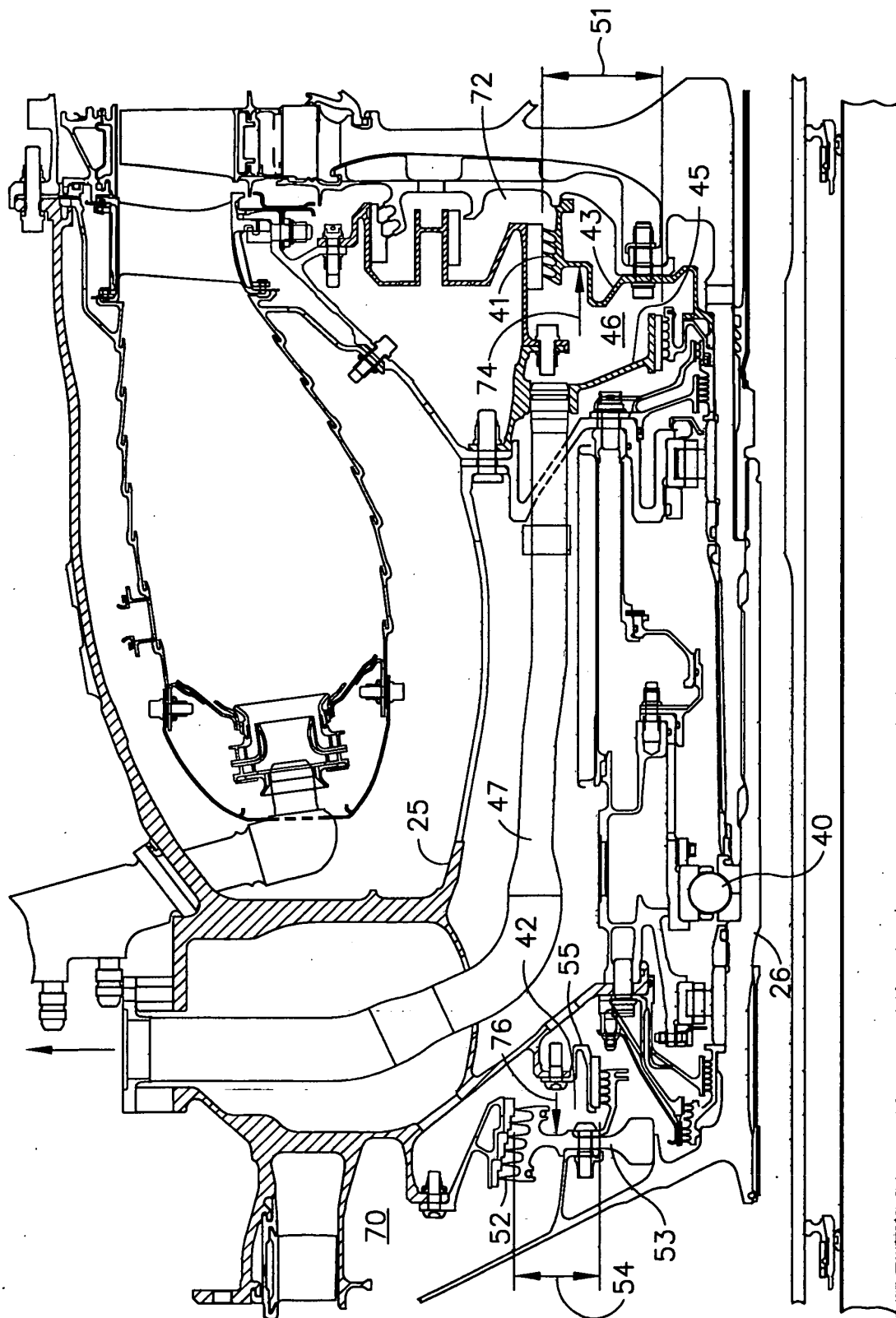
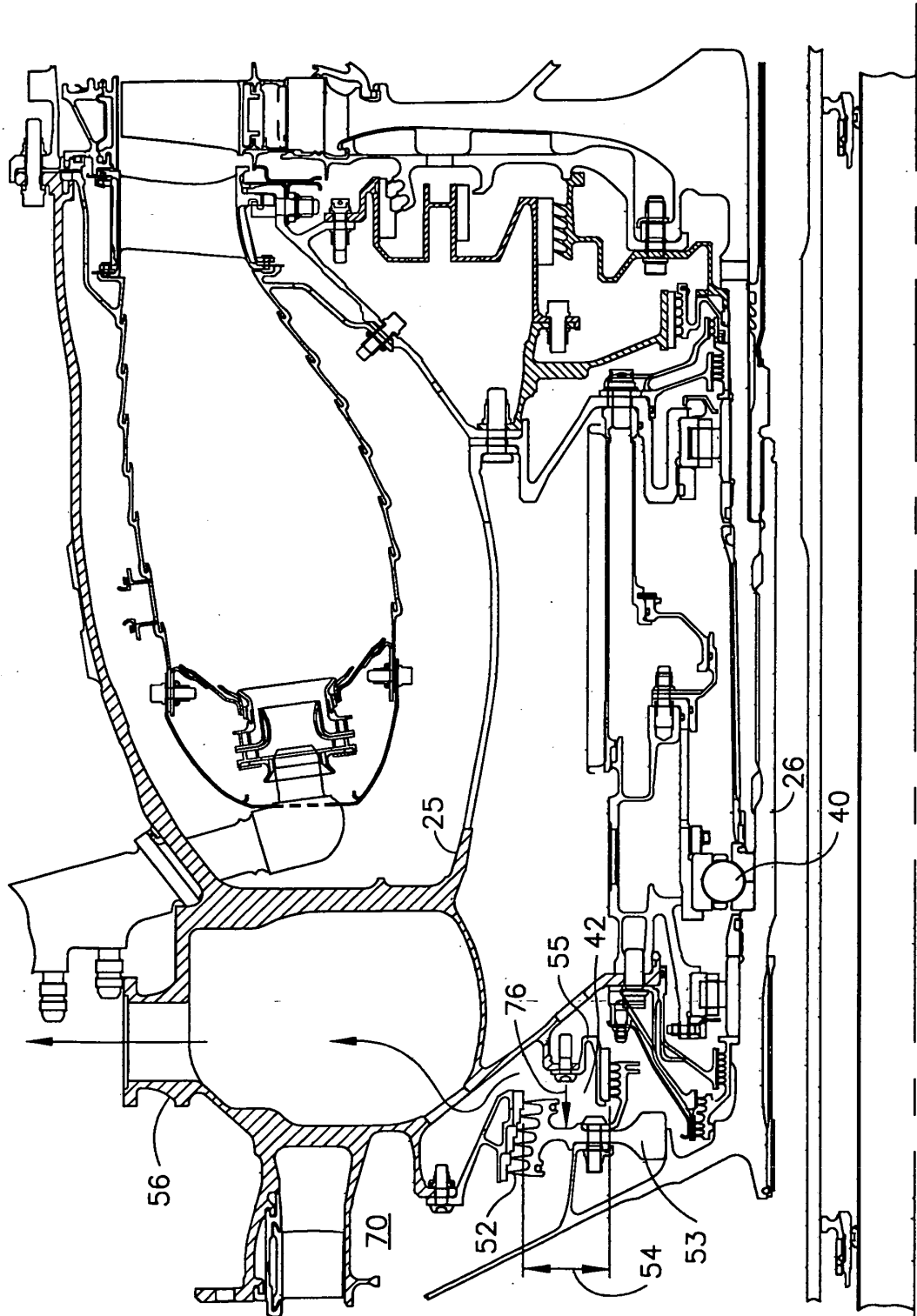


FIG. 1







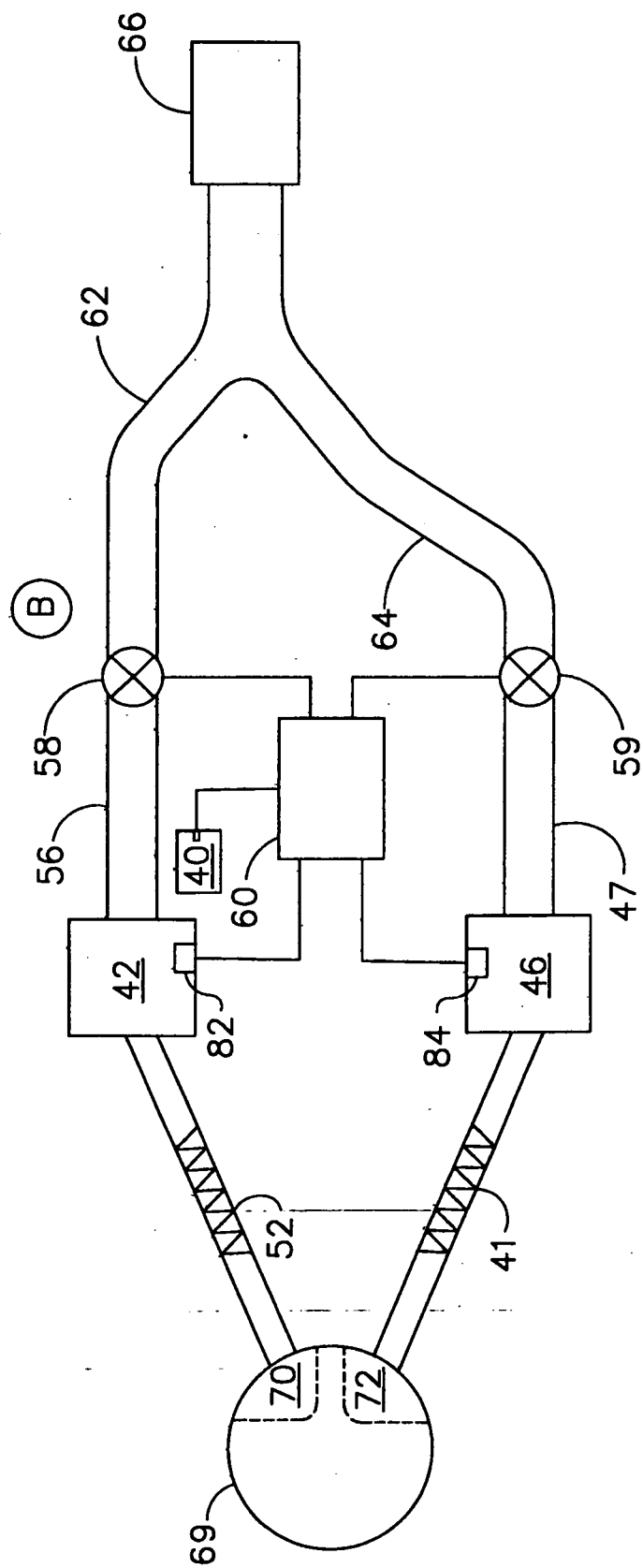


FIG. 5

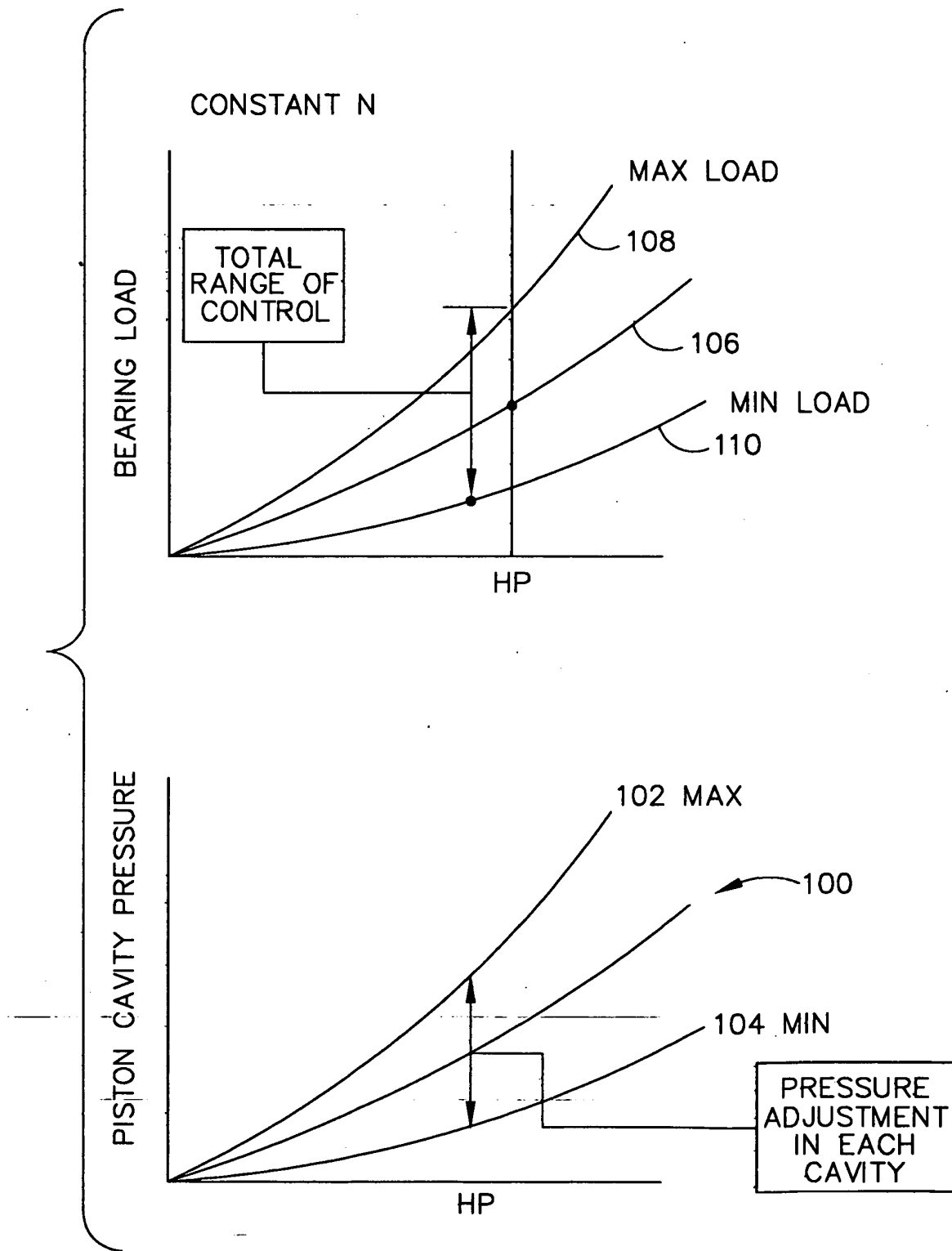


FIG. 6

REFERENCES CITED IN THE DESCRIPTION

This list of references cited by the applicant is for the reader's convenience only. It does not form part of the European patent document. Even though great care has been taken in compiling the references, errors or omissions cannot be excluded and the EPO disclaims all liability in this regard.

Patent documents cited in the description

- EP 1281836 A [0003]