



(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer : **0 393 531 B1**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag der Patentschrift :
04.11.92 Patentblatt 92/45

(51) Int. Cl.⁵ : **F01D 17/16, F01D 17/20**

(21) Anmeldenummer : **90107101.9**

(22) Anmeldetag : **12.04.90**

(54) Vorrichtung zur Verstellung von Leitschaufeln.

(30) Priorität : **21.04.89 DE 3913102**

(56) Entgegenhaltungen :

US-A- 2 809 803
US-A- 3 038 698
US-A- 3 628 329
US-A- 3 904 309

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 10, no.
242 (M-509)(2298) 21 August 1986; JP-A-61
072803 (MITSUBISHI) 14 April 1986

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung :
24.10.90 Patentblatt 90/43

(73) Patentinhaber : **MTU MOTOREN- UND
TURBINEN-UNION MÜNCHEN GMBH**
Dachauer Strasse 665 Postfach 50 06 40
W-8000 München 50 (DE)

(45) Bekanntmachung des Hinweises auf die
Patenterteilung :
04.11.92 Patentblatt 92/45

(72) Erfinder : **Popp, Joachim
Adam-Stegerwald-Strasse 8
W-8060 Dachau (DE)**

(84) Benannte Vertragsstaaten :
FR GB IT SE

(56) Entgegenhaltungen :
**US-A- 2 305 311
US-A- 2 697 326**

EP 0 393 531 B1

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).

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Verstellung von Leitschaufeln in einem Turbotriebwerk mittels der Thermodehnung eines von Arbeitsgas beaufschlagten Dehnstabes, der einendig ortsfest an einem Stützgehäuse angebracht ist, und mit seinem anderen Ende am kurzen Hebelarm eines im Stützgehäuse schwenkbar befestigten Übersetzungshebels angelenkt ist.

Es ist bekannt, die Verstellung von Leitschaufeln in Abhängigkeit von der Temperatur des Arbeitsgases regeln zu lassen, wobei diesem Regelkreis eine externe Steuerung der Triebwerksregeleinheit überlagert sein kann. Beispielsweise aus der US-PS 3 377-799, US-PS 3 628 329 oder der US-PS 4 391 093 sind gattungsgemäße Verstellvorrichtungen bekannt geworden, bei denen ein Stab innerhalb einer perforierten Hülse axial bewegbar angeordnet ist. Die Hülse wird dabei von Arbeitsgas aus dem Verdichter umströmt, so daß sich diese bei Temperaturänderungen zunächst gegenüber dem innen verlaufenden Stab ausdehnt. Diese Dehnungsdifferenz wird zur Verstellung der Leitschaufeln verwendet. Nach längerer Zeit wird der im Inneren der perforierten Hülse liegende Stab durch das über die Bohrungen einströmende Arbeitsgas ebenfalls erwärmt, so daß sich die Relativdehnung zwischen Stab und Hülse wieder zu null wird. Diese Verstellung ist demnach zur Regelung instationärer Vorgänge geeignet. Die Übertragung der Dehnungsdifferenz auf die Leitschaufeln geschieht gemäß dieser vorbekannten Anordnungen dadurch, daß die Vorrichtung in den Rückkopplungskreis eines Schaufelstellkreises geschaltet ist. Dazu ist die Vorrichtung in ein zur Feststellung der aktuellen Schaufelposition vorgesehenen Drahtseilzug eingefügt und, somit wird bei Aktivierung der Verstellvorrichtung eine beabsichtigte Verfälschung des Istwertgebers für die Regelvorrichtung herbeigeführt.

Ausgehend von dieser vorbekannten Anordnung ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine gattungsgemäße Verstellvorrichtung derart auszubilden, daß sie eine direkte Verstellung der Leitschaufeln ohne die Einschaltung eines separaten Regelkreises ermöglicht.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch die im Kennzeichnungsteil des Patentanspruchs 1 im gegebenen Merkmal gelöst.

Die erfindungsgemäße Anordnung hat den wesentlichen Vorteil, daß eine direkte Verstellung der Leitschaufeln ohne Zuschaltung eines externen Regelkreises durchgeführt werden kann. Dadurch ergeben sich sowohl kürzere Reaktionszeiten als auch eine geringere Gefahr von Systemfehlern. Die Verstellung erfolgt rein mechanisch und ist somit vorteilhafterweise unabhängig von elektrischen, hydraulischen oder sonstigen Komponenten. Ferner zeichnet sich die Anordnung durch eine außergewöhnlich einfache

Konstruktion aus.

Dadurch:

- werden Teileanzahl, Herstell- und Logistikkosten drastisch verringert
- 5 - wird Montage und Wartung verkürzt und vereinfacht
- wird das Ausfallrisiko elektrischer, hydraulischer Komponenten des Regelkreises eliminiert bzw. das der mechanischen Komponenten minimiert.
- 10 Weiterhin von Vorteil ist, daß die Anordnung durch die direkte Umspülung mit dem Arbeitsgas unproblematisch und verzögerungslos auf z. B. Lastwechsel des Triebwerks reagiert. Durch direkte, mechanische Übertragung des Signals "Differenzdehnungs-Änderung = Lastwechsel" auf die Verstell-Leitschaufeln entfallen auch die bekannten Verzögerungen in den elektrischen, hydraulischen oder sonstigen Stellgliedern des Regelkreises.
- 15 20 Vorzugsweise ist der lange Hebelarm der als Übersetzungshebel ausgeführten Übersetzungsvorrichtung über einen beidseitig angelenkten Verbindungsschaft mit dem Stellring verbunden, wobei der Verbindungsschaft aus dem gleichen Werkstoff wie der Dehnstab gefertigt sein kann und somit auch als Dehnstab fungieren kann. Dabei hat er jedoch nicht die gleiche Wirkung wie der primäre Dehnstab, da seine Längenänderung nicht mit dem Übersetzungsfaktor des Übersetzungshebels multiplizierbar ist. Es ist dabei möglich, die Übersetzungsvorrichtung als ein- oder zweiarmigen Hebel auszubilden oder als kämmende Zahnräder.
- 25 30 35 Der Dehnstab weist vorzugsweise Versteifungsrippen gegen Ausknicken auf, wodurch gleichzeitig dessen Oberfläche vergrößert wird und eine schnellere Aufheizung bzw. Abkühlung erfolgen kann. Derartige Versteifungslängsrippen können ebenfalls am Verbindungsschaft angebracht sein.
- 40 45 Vorzugsweise ist der Übersetzungshebel einarmig ausgeführt und radial im Stützgehäuse bzw. im Turbotriebwerk ausgerichtet. Dabei kann der Drehpunkt des Übersetzungshebels außen oder innen vorgesehen sein, je nachdem welche Lösung weniger Gewicht verursacht oder konstruktiv einfacher zu verwirklichen ist.
- 50 55 Zur Erzeugung der Dehnungsdifferenzen ist der Dehnstab von Arbeitsgas umspült. Dazu eignen sich besonders Räume, die von diesem Arbeitsgas permanent durchströmt werden - z. B. Abblaseräume von Verdichtern für Kühl- oder Sperrluft -, da infolge des hohen Wärmeübergangswertes strömendes Medium/Dehnstab kurze Reaktionszeiten erreicht werden können. Es ist auch möglich geeignete Leitbleche vorzusehen, durch welche die vom Verdichter abblasene Luft direkt an den Dehnstab herangeführt wird und womit ebenfalls vorteilhafterweise die Reaktionszeiten verkürzt werden können.

Eine weitere vorteilhafte Ausbildung der Erfin-

dung sieht vor, daß die Vorrichtung mit mehreren Stellringen verschiedener Verdichter bzw. Verdichterstufen gekoppelt ist. Dies ist möglich, da die hintereinander liegenden verstellbaren Leitschaufelstufen im allgemeinen synchronisiert verstellt werden müssen, wenn sich eine Verschiebung des Verdichterarbeitspunktes ergeben hat. Eine Möglichkeit der Kopplung verschiedener Stellringe besteht darin, diese über eine drehbare Welle zu verbinden, wobei diese Welle entweder direkt am Übersetzungshebel oder indirekt an dem mit dem Übersetzungshebel gekoppelten Stellring angelenkt sein kann. Eine alternative Kopplungsmöglichkeit besteht darin, daß mehrere Stellringe über eine gemeinsame Schubstange angekoppelt sind, wobei zwischen jedem Stellring und der Schubstange ein Anpassungshebel mit definiertem Übersetzungsverhältnis seiner Hebelarme vorgesehen ist. Dadurch ist es möglich, jede Leitschaufelstufe entsprechend ihrer individuellen Strömungsvorgaben anzusteuern. Dabei ist es auch möglich, die Welle bzw. die Schubstange biegsam auszuführen, um Verstellbewegung auch bei an sich ungünstigen Gehäussevorgaben weiterleiten zu können.

Für die Funktion der erfundungsgemäßen Vorrichtung ist es notwendig, daß der Dehnstab, bzw. der Verbindungsschaft, einen wesentlich andern Wärmedehnungskoeffizienten als das umgebende Stützgehäuse aufweist. Dabei kann der Ausdehnungskoeffizient des Dehnstabes wesentlich größer oder auch wesentlich geringer sein als derjenige des Stützgehäuses. Es hat sich gezeigt, daß das Verhältnis der beiden Längenausdehnungskoeffizienten zumindest 2 sein sollte, wobei durch geeignete Werkstoffwahl wesentlich größere Werte erzielbar sind. Bevorzugte Werkstoffe für das Stützgehäuse sind beispielsweise X10, 17-4 PH, die ein α von ca. $11 \cdot 10^{-6} / \text{grd}$ aufweisen. Als Werkstoff für den Dehnstab ist EPC10 oder INCO 904 mit einem α von ca. $4 \cdot 10^{-6} / \text{grd}$ geeignet. Es ist auch denkbar, den Dehnstab aus einer Keramik, insbesondere einer faserverstärkten Keramik zu fertigen, da auch dieser Werkstoff einen ausgesprochen niedrigen Ausdehnungskoeffizienten kleiner als $4 \cdot 10^{-6} / \text{grd}$ aufweist.

Eine weitere vorteilhafte Ausbildung sieht vor, daß die Vorrichtung im Bereich eines Hochdruckverdichters angeordnet ist und über eine Schubstange oder Welle mit Stellringen eines Niederdruckverdichters gekoppelt ist. So sind häufig nur die vorderen Stufen eines Verdichters, insbesondere die Stufen eines Niederdruckverdichters mit verstellbaren Leitschaufeln ausgestattet, während die letzten Schaufelreihen eines Hochdruckverdichters lediglich starre Leitschaufeln besitzen. Andererseits wird häufig im Bereich der letzten Hochdruckverdichterstufen Luft als Sperrluft oder Kühlluft abgezweigt, so daß es geeignet ist, die erfundungsgemäße Verstellvorrichtung im Bereich des Hochdruckverdichters anzurufen.

Die Erfindung kann im Rahmen von Axialverdich-

tern, Radialverdichtern oder kombinierten Axial- und Radialverdichtern angeordnet sein, wobei auch eine Kopplung der Leitschaufeln des Radial- und Axialverdichters sinnvoll ist. Genauso ist es möglich die Erfindung im Rahmen der Turbinenleitschaufelverstellung einzusetzen, wobei der Dehnstab vorzugsweise mit Arbeitsgas beaufschlagt wird, das hinter der Turbinenstufe abgezweigt wird.

Der Übersetzungshebel ist in einer Ausführung der Erfindung mit seinem Drehpunkt im Stützgehäuse angelenkt, wodurch sich der thermisch bedingte Drehwinkel des Stellringes durch die Längenänderung des Dehnstabes gegenüber dem Stützgehäuse, multipliziert mit dem Übersetzungsverhältnis des Übersetzungshebels ergibt. Eine alternative Ausführung der Erfindung sieht vor, daß der Übersetzungshebel direkt am Stellring angelenkt ist und zwei einendig ortsfest angebrachte Dehnstäbe an diesem angelenkt sind. Bei dieser Ausführung sind also zwei Dehnstäbe vorgesehen, wodurch sich ein größerer Drehwinkel des Stellringes bei sonst gleichen Parametern ergibt. Dabei ist es möglich, beide Dehnstäbe mit etwa dem gleichen Längenausdehnungskoeffizienten zu fertigen, d. h., daß beide aus dem gleichen Werkstoff bestehen. In diesem Fall werden die Dehnstäbe beidseitig des Übersetzungshebels angeordnet sein. Alternativ ist es auch möglich zwei Dehnstäbe mit wesentlich unterschiedlichen Längenausdehnungskoeffizienten einzusetzen. In diesem Fall werden beide Dehnstäbe auf der gleichen Seite des Übersetzungshebels angeordnet sein.

Eine weitere vorteilhafte Ausbildung der Erfindung sieht vor, daß der Drehpunkt des ortsfest angelenkten Endes des Drehstabes mittels eines Verstellmotors in Dehnungsrichtung relativ zum Stützgehäuse verschiebbar ist. Dadurch ist es möglich, eine sich überlagernde Verstellung der Leitschaufeln unabhängig von der Temperatur geregelten Verstellung durchzuführen, beispielsweise über die elektronische Triebwerksregelheit. Es ist genauso möglich, statt den ortsfesten Drehpunkt des Drehstabes zu verändern, den Drehpunkt des Übersetzungshebels verschiebbar auszuführen. Der Verstellmotor kann dabei hydraulisch pneumatisch oder elektrisch ausgeführt sein.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der beigefügten Zeichnungen weiter erläutert. Dabei zeigt:

- Fig. 1 einen Querschnitt durch einen Turboverdichter,
 - Fig. 2 einen Querschnitt durch einen weiteren Turboverdichter,
 - Fig. 3 einen Längsschnitt durch einen Hochdruckverdichter,
 - Fig. 4 eine Draufsicht auf eine Schubstange gemäß Fig. 3,
 - Fig. 5 einen Verstellmotor für den Dehnstab.
- Bei dem in Fig. 1 dargestellten Querschnitt durch den Verdichter eines Turbotriebwerkes ist ein Ver-

dichterrotor 1 zu sehen, an dem über dem Umfang verteilte radial ausgerichtete Verdichterlaufschaufeln 2 angebracht sind. Ein ringförmiger Strömungskanal 3, durch welchen im Betrieb Arbeitsgas in Richtung der Zeichenblattnormalen strömt ist innenseitig durch den Verdichterrotor 1, und außenseitig durch die Strömungskanalwand 4 begrenzt. In dieser sind regelmäßig über dem Umfang verteilte Leitschaufeln 5 schwenkbar befestigt, wobei das Verschwenken der Leitschaufeln 5 dadurch erreicht wird, daß diese mit Schwenkhebeln 6 verbunden sind, welche wiederum in einem in Umfangsrichtung drehbaren Stellring 7 in mehreren Freiheitsgraden beweglich angebracht sind. Der Stellring 7 ist dabei mittels Führungsschienen 8, die auch durch Rollen zur Reibungsdämpfung unterstützt sein können, auf dem Gehäuse 4 gelagert.

Die Verstellung des Stellringes 7 durch die Gas-temperatur geschieht dadurch, daß ein Dehnstab 9 mit seinem einen Ende mittels eines Drehgelenks 12 an einem Stützgehäuse 10 angebracht ist, und mit seinem anderen Ende an einem Übersetzungshebel 11 angelenkt ist.

Der Übersetzungshebel 11 ist mit seinem Drehpunkt 13 im Stützgehäuse 10 drehbar gelagert. Er weist einen kurzen Hebelarm k zum Anlenkpunkt des Dehnstabes 9, und einen langen Hebelarm l zum Anlenkpunkt eines Verbindungsschaftes 14 auf. Dabei ist das Verhältnis l/k vorzugsweise größer als 3 zu wählen. Der Verbindungsschaft 14 dient zur Ankopplung des Stellringes 7 am Übersetzungshebel 11.

Die erfindungsgemäße Verstellung der Leitschaufeln 5 durch Heißgas erfolgt dadurch, daß über Öffnungen 16 in der Strömungskanalwand 4 Arbeitsgas aus dem Strömungskanal 3 in den Außenraum 17 gelangen kann. Hierbei wird der Dehnstab 9 auf die Arbeitstemperatur erhitzt, wodurch er eine durch seine Längenausdehnungskoeffizienten festgelegte Länge einnimmt. Gleichzeitig wird das Stützgehäuse 10 durch das Arbeitsgas erwärmt, wobei jedoch eine vom Dehnstab 9 unterschiedliche Wärmeausdehnung dadurch eintritt, daß das Stützgehäuse 10 einen wesentlich anderen Längenausdehnungskoeffizienten aufweist. Somit tritt also eine Relativdehnung zwischen Dehnstab 9 und Stützgehäuse 10 auf, welche wieder mittels des Übersetzungshebels 11 verstärkt über den Verbindungsschaft 14 auf den Stellring gegeben wird. Vorzugsweise wird das im Außenraum befindliche Arbeitsgas weitergeleitet zur Kühlung von Turbinenbauteilen, als Sperrluft zur Lagerkammerabdichtung oder zur Kabinenbelüftung.

Ebenfalls dargestellt ist eine Welle 18 die über einen mit einer Rolle 19 versehenen Anlenkhebel 20 mit dem Stellring 7 gekoppelt ist, und die dem Stellring 7 aufgezwungene Bewegung mitmacht. Die Drehung der Welle 18 wird zur Steuerung weiterer Stellringe verwendet, die über analoge Koppelvorrichtungen 19, 20 an weiteren Stellringen angebracht ist.

Die in Fig. 2 dargestellte Ausführungsform der

Erfahrung entspricht im wesentlichen derjenigen von Fig. 1 mit dem Unterschied, daß der Übersetzungshebel 11a nicht mehr im Stützgehäuse 10a, sondern am Stellring 7a drehbar angelenkt ist. Ferner sind am Übersetzungshebel 11a zwei Dehnstäbe 9a und 9b angelenkt, die beide etwa den gleichen Längenausdehnungskoeffizienten aufweisen. Die Dehnstäbe 9a und 9b sind mit ihrem anderen Ende jeweils gegenüber dem Stützgehäuse 10a drehbar angelenkt. Bei dieser Ausführung erfolgt die Veränderung der Position des Stellringes 7a dadurch, daß sich beide Dehnstäbe 9a und 9b in ihrer axialen Erstreckung verändern, und so zu einer Positionsveränderung des Übersetzungshebels 11a führen.

Durch den Stellring 7a wird ferner ein Schwenkhebel 21 betätigt, dessen Schaft 22 (analog den Schäften 15 der Leitschaufel 5 über Schwenkhebel 6) mit dem Stellring 7a in Verbindung steht. An dem Schwenkhebel 21 ist eine Schubstange 23 angebracht, die mit weiteren Stellringen anderer Leitschaufelreihen in Verbindung steht.

In Fig. 3 ist die Wirkungsweise der Schubstange 23 zu erkennen, die einerseits mit einem Verstellring 7b, und andererseits mit verschiedenen Stellringen 7c, 7d, 7e in Verbindung steht. Der Stellring 7b ist dabei mit der erfindungsgemäßen Verstellvorrichtung verbunden mit dem Unterschied, daß vom Stellring 7b keine Leitschaufeln direkt verstellt werden, sondern daß von ihm nur ein Verstellsignal abgenommen wird.

Der dargestellte Verdichter 24 weist einen sich in axialer Richtung verengenden Strömungskanal 3a auf, wobei abwechselnd Verdichterschaufeln 2 und Leitschaufeln 5 bzw. 25 vorgesehen sind. Dabei sind die in Strömungsrichtung vorderen Leitschaufeln 5 verstellbar, während die hinteren Leitschaufeln 25 starr an der Strömungskanalwand 4 angebracht sind.

Ein Teil des Arbeitsgases strömt aus dem Strömungskanal 3a über am Umfang verteilte Öffnungen 16 in den Außenraum 17, wodurch der dort angebrachte Dehnstab 9 eine der Temperatur entsprechende Länge annimmt. Über den an der Strömungskanalwand 4, die sich ebenfalls entsprechend ihrer Temperatur dehnt, drehbar abgestützten Übersetzungshebel 11 und den Verbindungsschaft 14 wird diese Differenzlängenänderung an den Stellring 7b übertragen. Mit diesem ist über den Schaft 22 die Schubstange 23 verbunden, die sich hierdurch im wesentlichen in ihrer Axialrichtung bewegt.

Wie in Fig. 3 in Verbindung mit Fig. 4 erkennbar ist, sind an der Schubstange 23 mehrere L-förmige Anpassungshebel 26a, b, c angelenkt. Deren zweite Hebelarme sind über Gabeln 27 mit den Verstellringen 7c, 7d und 7e verbunden. Über die bereits im Rahmen der Fig. 1 beschriebene Kinematik wird diese Bewegung der Stellringe 7c, d, e in Umfangsrichtung in ein Verschwenken der Leitschaufeln 5 umgewandelt. Dabei ist das Verhältnis der Hebelarme der Anpassungshebel 26a, b, c individuell so gewählt,

daß eine optimale Verstellung der zugehörigen Leitschaufeln 5 erzielbar ist.

Die Verstellung des Stellringes 7 und somit der Leitschaufel 5 kann zusätzlich zur thermischen Steuerung über die elektronische Triebwerksregleinheit dadurch erfolgen, daß der Dehnstab 9 mittels eines angeschlossenen Stellgetriebes 28 (Fig. 5) in seiner axialen Richtung nach vorn oder hinten bewegt wird. Diese Relativbewegung zum Stützgehäuse 10 wird über den Übersetzungshebel 11 verstärkt, und mittels des Verbindungsschaftes 14 an den Drehring 7 weiter gegeben, so daß dieser definiert in Umfangsrichtung verschoben wird. Diese Bewegung wird wiederum über die Schwenkhebel 6 an die radialen Schäfte 15 der Leitschaufeln 5 weiter gegeben, so daß letztere verschwenkt werden.

Hierzu ist, wie in Fig. 5 dargestellt, am Dehnstab 9 eine Schubstange 29 axial verlängernd angebracht, die über eine Buchse 30 durch das Stützgehäuse 10 geführt ist. Das Stellgetriebe 28 selber ist am Stützgehäuse 10 befestigt und wird von der Triebwerksregleinheit 31 angesteuert. Hierdurch läßt sich zusätzlich zur thermischen Verstellung durch axiales Verschieben der Schubstange 29 und somit des Dehnstabes 9 eine von außen gesteuerte oder geregelte Schaufelverstellung überlagern. Insbesondere kann eine durch die thermische Verstellung erzielbare "grobe" Verstellung feinjustiert werden, oder instationäre Verstellungen bzw. schnelle Verstellungen können ohne im thermischen Regelkreis möglicherweise auftretenden Verzögerungen durchgeführt werden.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Verstellung von Leitschaufeln in einem Turbotriebwerk mittels der Thermodehnung eines von Arbeitsgas beaufschlagten Dehnstabes, der einendig ortsfest an einem Stützgehäuse angebracht ist, und mit seinem anderen Ende an einer Übersetzungsvorrichtung angelenkt ist, dadurch gekennzeichnet, daß der Dehnstab (9) gegenüber dem Stützgehäuse (10) einen wesentlich anderen Längenausdehnungskoeffizienten aufweist, und die Übersetzungsvorrichtung (11) mit einem leitschaufelgekoppelten Stellring (7) verbunden ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Übersetzungsvorrichtung als Übersetzungshebel ausgebildet ist dessen langer Hebelarm über einen beidseitig angelenkten Verbindungsschaft (14) mit dem Stellring (7) verbunden ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Dehnstab (9) Versteifungslängsrillen gegen Ausknicken aufweist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Dehnstab (9) in Umfangsrichtung des Turbotriebwerkes ausgerichtet ist.
5. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Übersetzungshebel (11) einarmig ausgeführt und radial im Turbotriebwerk ausgerichtet ist.
10. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sie von abgezweigter Verdichterluft umspült ist.
15. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß sie von zu anderen Zwecken benötigter Verdichterabblaseluft umströmt ist.
20. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sie mit mehreren Stellringen (7a,b,c) verschiedener Verdichter bzw. Verdichterstufen gekoppelt ist.
25. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß ein zweiter Stellring über eine Welle (18) angekoppelt ist.
30. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Stellringe (7c,d,e) über eine gemeinsame Schubstange (23) angekoppelt sind, wobei zwischen jedem Stellring (7c,d,e) und der Schubstange (23) ein Anpassungshebel (26a,b,c) mit definiertem Übersetzungsverhältnis seiner Hebelarme vorgesehen ist.
35. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Welle (18) bzw. Schubstange (23) biegsam ausgeführt sind.
40. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Drehpunkt des ortsfest angelenkten Endes des Dehnstabes (9) mittels eines Stellgetriebes (28) in Dehnungsrichtung relativ zum Stützgehäuse (10) verschiebbar ist.
45. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Dehnstab (9) einen wesentlich geringeren Längenausdehnungskoeffizienten aufweist als das Stützgehäuse (10).
50. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Dehnstab (9) einen Längenausdehnungskoeffizienten $< 5 \cdot 10^{-6} \text{ 1/grd}$ aufweist, und das Stützgehäuse (10) einen Längenausdehnungskoeffizienten $> 9 \cdot 10^{-6} \text{ 1/grd}$ aufweist.

- 15.** Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Übersetzungsverhältnis der Hebelarme (l/l_k) des Übersetzungshebels (11) größer als 3 beträgt.
- 16.** Vorrichtung nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Dehnstab (9) aus einer Nickel-Basis-Legierung besteht.
- 17.** Vorrichtung nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Dehnstab (9) aus einer Keramik besteht.
- 18.** Vorrichtung nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß das Stützgehäuse (10) aus einer Titan-Basis-Legierung, einer Chrom-Nickel-Kupfer-Basis-Legierung oder einer Kobalt-Basis-Legierung besteht.
- 19.** Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sie im Bereich eines Hochdruckverdichters angeordnet ist, und über eine Schubstange (23) oder Welle (18) mit Stellringen eines Niederdruckverdichters gekoppelt ist.
- 20.** Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sie zur Verstellung eines Radialverdichters dient.
- 21.** Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sie zur Verstellung von Turbinenleitschaufeln dient.
- 22.** Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Übersetzungshebel (11) mit seinem Drehpunkt (13) im Stützgehäuse (10) angelenkt ist.
- 23.** Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Übersetzungshebel (11a) direkt am Stellring (7a) angelenkt ist, und zwei eindringig ortsfest angebrachte Dehnstäbe (9a,b) an diesen angelenkt sind.
- 24.** Vorrichtung nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß beide Dehnstäbe (9a,b) etwa gleichen Längenausdehnungskoeffizienten aufweisen und beidseitig des Übersetzungshebels (11a) angeordnet sind.
- 25.** Vorrichtung nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß der Längenausdehnungskoeffizient des einen Dehnstabes (9a,b) mindestens doppelt so groß ist wie derjenige des anderen Dehnstabes (9b), und beide auf der gleichen Seite des Übersetzungshebels (11a) angeordnet sind.

Claims

- 5 **1.** Device for adjusting guide vanes in a turbo engine by means of thermal expansion of an expansion rod acted on by working gas which is fixedly secured at one end on a support housing and is hinged with its other end to a transmission device, characterised in that the expansion rod (9) has a substantially different linear expansion coefficient compared with the support housing (10), and the transmission device (11) is connected to an adjustment ring (7) coupled to the guide vanes.
- 10 **2.** Device according to claim 1, characterised in that the transmission device is constructed as a transmission lever whose long lever arm is connected to the adjustment ring (7) by means of a connection shaft (14) hinged at both ends.
- 15 **3.** Device according to claim 1 or 2, characterised in that the expansion rod (9) has longitudinal ribs for reinforcement against buckling.
- 20 **4.** Device according to claim 2, characterised in that the expansion rod (9) is directed in the circumferential direction of the turbo engine.
- 25 **5.** Device according to claim 2, characterised in that the transmission lever (11) is of one-armed construction and is directed radially in the turbo engine.
- 30 **6.** Device according to claim 1, characterised in that branched-off compressor air flows around it.
- 35 **7.** Device according to claim 6, characterised in that compressor exhaust air required for other purposes flows round it.
- 40 **8.** Device according to claim 1, characterised in that it is coupled to several adjustment rings (7a, b, c) of different compressors or compressor stages.
- 45 **9.** Device according to claim 8, characterised in that a second adjustment ring is coupled via a shaft (18).
- 50 **10.** Device according to claim 8, characterised in that several adjustment rings (7c, d, e) are coupled via a common thrust rod (23), an adaptor lever (26a, b, c) with a specific transmission ratio of its lever arms being provided between each adjustment ring (7c, d, e) and the thrust rod (23).
- 55 **11.** Device according to claim 9 or 10, characterised in that the shaft (18) or thrust rod (23) are of flexible construction.

12. Device according to one of the preceding claims, characterised in that the point of rotation of that end of the expansion rod (9) which is hinged to a fixed point can be moved relative to the support housing (10) by means of an adjusting gear (28) in the expansion direction.

13. Device according to one of the preceding claims, characterised in that the expansion rod (9) has a substantially lower linear expansion coefficient than the support housing (10).

14. Device according to claim 13, characterised in that the expansion rod (9) has a linear expansion coefficient $<5 \cdot 10^{-6}$ l/grd, and the support housing (10) has a linear expansion coefficient $>9 \cdot 10^{-6}$ l/grd.

15. Device according to claim 2, characterised in that the transmission ratio of the lever arms (l/k) of the transmission lever (11) is greater than 3.

16. Device according to claim 13 or 14, characterised in that the expansion rod (9) is made of a nickel-based alloy.

17. Device according to claim 13 or 14, characterised in that the expansion rod is made of ceramics.

18. Device according to claim 13 or 14, characterised in that the support housing (10) is made of a titanium-based alloy, a chromium-nickel-copper-based alloy or a cobalt-based alloy.

19. Device according to one of the preceding claims, characterised in that it is arranged in the region of a high pressure compressor and is coupled by means of a thrust rod (23) or shaft (18) to adjustment rings of a low pressure compressor.

20. Device according to claim 1, characterised in that it is used to adjust a radial compressor.

21. Device according to claim 1, characterised in that it is used to adjust turbo guide vanes.

22. Device according to claim 1, characterised in that the transmission lever (11) is hinged with its point of rotation (13) in the support housing (10).

23. Device according to claim 1, characterised in that the transmission lever (11a) is hinged directly to the adjustment ring (7a), and two expansion rods (9a,b), attached at one end to a fixed point, are hinged to this lever.

24. Device according to claim 23, characterised in that both expansion rods (9a, b) have approxi-

mately the same linear expansion coefficients and are arranged on both sides of the transmission lever (11a).

5 25. Device according to claim 23, characterised in that the linear expansion coefficient of one expansion rod (9a, b) is at least twice as great as that of the other expansion rod (9b), and both are arranged on the same side of the transmission lever (11a).

Revendications

15 1°) Dispositif de réglage d'aubes de stator d'un turbo-réacteur utilisant la dilatation thermique d'une barre de dilatation exposée au gaz utile, barre dont une extrémité est reliée de manière fixe au boîtier d'appui et dont l'autre extrémité est articulée à un dispositif démultiplicateur, dispositif caractérisé en ce que la barre de dilatation (9) présente un coefficient de dilatation longitudinale très différent de celui du boîtier d'appui (10) et le dispositif de démultiplication (11) est relié à une bague de réglage (7) couplée aux aubes de stator.

20 2°) Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le dispositif démultiplicateur est un levier démultiplicateur dont le bras le plus long est relié à la bague de réglage (7) par une tige de liaison (14) reliée de manière articulée à ses deux extrémités.

25 3°) Dispositif selon les revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que la barre de dilatation (9) comporte des nervures longitudinales de rigidification évitant son flambage.

30 4°) Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que la barre de dilatation (9) est alignée dans la direction périphérique du turbo-moteur.

35 5°) Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que le levier démultiplicateur (11) ne comporte qu'un bras et est aligné radialement sur le turbo-réacteur.

40 6°) Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il est balayé par l'air dérivé du compresseur.

45 7°) Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'il est balayé par de l'air de sortie du compresseur, air qui est utilisé à d'autres fins.

50 8°) Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il est couplé à plusieurs bagues de réglage (7a, b, c) de différents compresseurs ou étages de compresseurs.

55 9°) Dispositif selon la revendication 8, caractérisé par une seconde bague de réglage couplée par un arbre (18).

10°) Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce que plusieurs bagues de réglage (7c, d, e) sont couplées par une barre de poussée (23) commune et entre chaque bague de réglage (7c, d, e) et la barre de poussée (23) il est prévu un levier adapta-

teur (26a, b, c) à rapport de démultiplication déterminé entre ses bras.

11°) Dispositif selon la revendication 9 ou 10, caractérisé en ce que l'arbre (18) ou la barre de poussée (23) est souple.

12°) Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le point de rotation de l'extrémité de la barre de dilatation (9) articulée de manière fixe est coulissante dans la direction de dilatation par rapport au boîtier d'appui (10) par l'intermédiaire d'une transmission de réglage (28).

13°) Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la barre de dilatation (9) a un coefficient de dilatation longitudinale beaucoup plus faible que le boîtier d'appui (10).

14°) Dispositif selon la revendication 13, caractérisé en ce que la barre de dilatation (9) présente un coefficient de dilatation longitudinale $< 5 \cdot 10^{-6}$ l/grd et le boîtier d'appui (10) un coefficient de dilatation longitudinale $> 9 \cdot 10^{-6}$ l/grd

15°) Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que le rapport de démultiplication des bras de levier (l/k) du levier démultiplicateur (11) est supérieur à 3.

16°) Dispositif selon la revendication 13 ou 14, caractérisé en ce que la barre de dilatation (9) est en un alliage à base de nickel.

17°) Dispositif selon la revendication 13 ou 14, caractérisé en ce que la barre de dilatation (9) est en céramique.

18°) Dispositif selon la revendication 13 ou 14, caractérisé en ce que le boîtier d'appui (10) est en un alliage à base de titane, un alliage à base de chrome, nickel, cuivre ou en un alliage à base de cobalt.

19°) Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il est prévu dans la zone d'un compresseur à haute pression et est couplé par une barre de poussée (23) ou un arbre (18) aux bagues de réglage d'un compresseur basse pression.

20°) Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il sert au réglage d'un compresseur radial.

21°) Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il sert au réglage d'aubes de stator de turbines.

22°) Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le levier démultiplicateur (11) est articulé par son point de rotation (13) sur le boîtier d'appui (10).

23°) Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le levier démultiplicateur (11a) est articulé directement sur la bague de réglage (7a) et en ce que deux barres de dilatation (9a, b) sont articulées sur celui-ci avec une extrémité en point fixe.

24°) Dispositif selon la revendication 23, caractérisé en ce que les deux barres de dilatation (9a, b) ont des coefficients de dilatation longitudinale sensiblement égaux et sont prévues de part et d'autre du le-

vier démultiplicateur (11a).

25°) Dispositif selon la revendication 23, caractérisé en ce que le coefficient de dilatation longitudinale de l'une des barres de dilatation (9a, b) est au moins double de celui de l'autre barre de dilatation (9b) et les deux barres sont montées du même côté du levier démultiplicateur (11a).

10

15

20

25

30

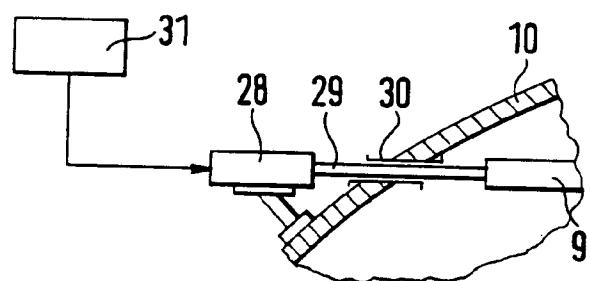
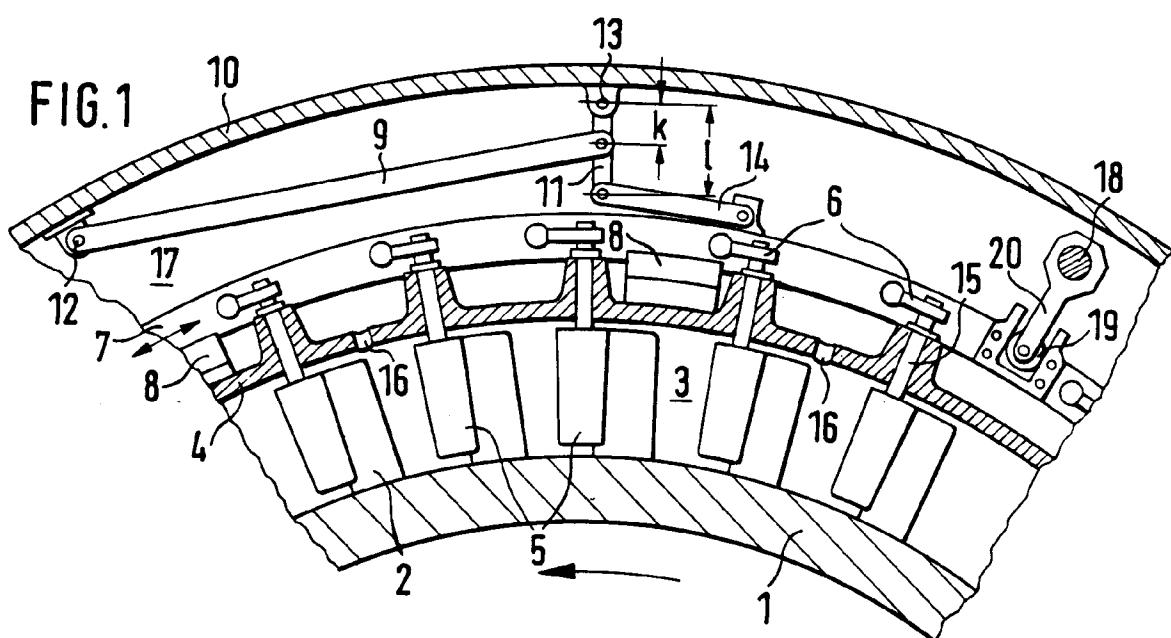
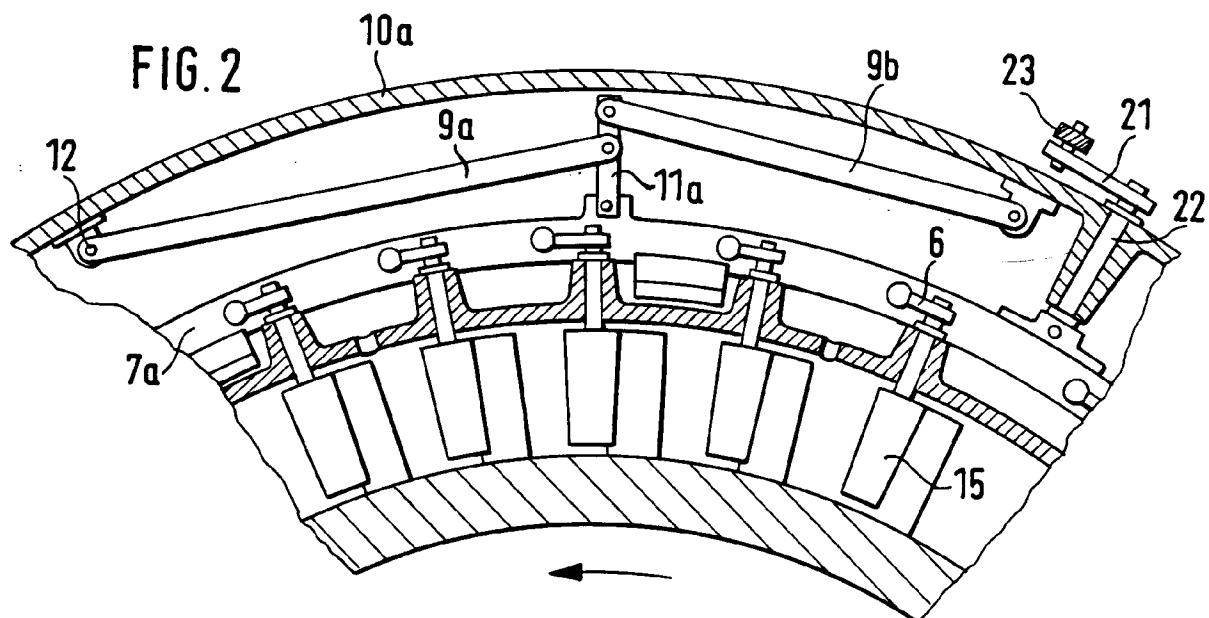
35

40

45

50

55

**FIG. 5**

