



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 417 433 A1**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 90113994.9

(51) Int. Cl.⁵: **F01D 25/30, F03B 13/08**

(22) Anmeldetag: 21.07.90

(30) Priorität: 12.09.89 CH 3322/89

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
20.03.91 Patentblatt 91/12

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE GB IT LI

(71) Anmelder: **ASEA BROWN BOVERI AG**
Haselstrasse
CH-5401 Baden(CH)

(72) Erfinder: **Kreitmeier, Franz**
Hägelerstrasse 75
CH-5400 Baden(CH)

(54) **Axialdurchströmte Turbine.**

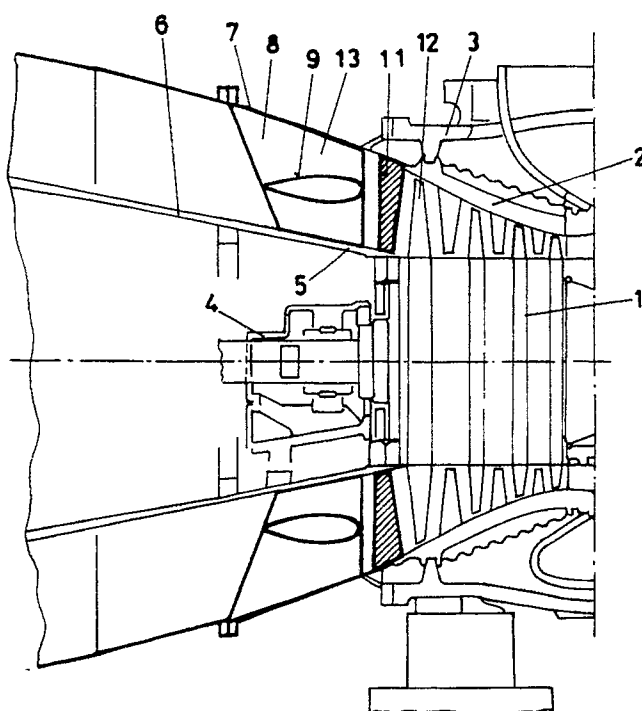
(57) Eine axialdurchströmte Turbine, an deren Austrittslaufschaufln (12) sich ein Diffusor (13) anschließt, weist innerhalb dessen Verzögerungszone erste Mittel zur Drallwegnahme (8) der drallbehafteten Strömung auf.

Zwischen diesen ersten Mitteln zur Drallwegnahme in Form von Strömungsrippen und den Austrittslaufschaufln ist eine Reihe mit verstellbaren Leitschaufln (11) angeordnet. Diese Leitschaufln (11) weisen

eine gerade Skelettlinie mit symmetrischem Profil auf, verlaufen in radialer Richtung konisch und sind verwunden.

Mit dieser Massnahme kann neben einem beträchtlich verbesserten Druckrückgewinn über einem grossen Lastbereich auch der übliche Wirbel zwischen Laufschaufln und Strömungsrippen verhindert werden.

FIG.3



EP 0 417 433 A1

AXIALDURCHSTRÖMTE TURBINE

Technisches Gebiet

Die Erfindung betrifft eine axialdurchströmte Turbine, an deren Austrittslaufschauflern sich ein Diffusor anschliesst, wobei innerhalb dessen Verzögerungszone Mittel zur Drallwegnahme der drallbehafteten Strömung vorgesehen sind

Stand der Technik

Eine derartige Turbine ist bekannt aus der EP-A 265 633. Um der dortigen Forderung nach bestmöglichem Druckrückgewinn bei Teillast gerecht zu werden, ist innerhalb des Diffusors ein gleichrichtendes Gitter vorgesehen, das sich über die ganze Höhe des durchströmten Kanals erstreckt. Es handelt sich bei diesen Mitteln zur Drallwegnahme um drei gleichmässig über dem Umfang angeordnete Strömungsrippen mit dicken Profilen, die nach den Erkenntnissen des Strömungsmaschinenbaus ausgelegt sind und die gegen Schräganströmung möglichst unempfindlich sein sollen. Die angeströmte Vorderkante dieser Rippen befindet sich relativ weit hinter der Austrittskante der letzten Laufschauflern, um eine durch das Druckfeld der Rippen verursachte Anregung der letzten Schaufelreihe zu vermeiden. Dieser Abstand ist so bemessen, dass sich die Vorderkante der Rippen in einer Ebene befindet, bei welcher ein Diffusorflächenverhältnis von vorzugsweise drei vorherrscht. Die Diffusorzone zwischen Beschauflung und Strömungsrippen soll damit infolge totaler Rotationssymmetrie ungestört bleiben. Die Tatsache, dass keine Interferenzeffekte zwischen Rippen und Beschauflung zu erwarten sind, ist darauf zurückzuführen, dass die Rippen erst in einer Ebene wirksam werden, in der bereits ein relativ tiefes Energieniveau vorherrscht.

In üblichen Gasturbinen wird der Diffusor bei Leerlauf unter einem Geschwindigkeitsverhältnis c_t/c_n von etwa 1,2 angeströmt, wobei c_t die Tangentialgeschwindigkeit und c_n die Axialgeschwindigkeit des Mediums bedeutet. Diese schräge Anströmung führt zu einem Abfall im Druckrückgewinn C_p , wie aus der später zu beschreibenden Fig.2 ersichtlich ist (Kurve A).

Bei andern Maschinentypen, wie beispielsweise Dampfturbinen oder Gasturbinen für wirbelschichtfeuerung, kommt es durchaus vor, dass der Volumenstrom bis auf 40% reduziert wird und damit c_t/c_n Verhältnisse bis zu 3 vorliegen. Bei solchen Maschinentypen bietet sich die bekannte Diffusorkonfiguration nicht an, da der Druckrückge-

winn sogar negativ werden könnte, wie in Fig.2 erkennbar. Dies gilt selbst für den Fall, bei dem das Verhältnis Teilung zu Sehne der Strömungsrippen 0,5 beträgt (Kurve A). Strömungsrippen mit Teilung/Sehne-Verhältnissen von etwa 1 (Kurve B), welche gemäss Fig.2 bei Vollast, d.h. $c_t/c_n = \text{ca.} 0$, zwar einen etwas grösseren Druckrückgewinn ergeben würden, sind bei derartigen Maschinen überhaupt nicht anwendbar.

Neben dem grossen Abfall im Druckrückgewinn ist bei den genannten extremen Verhältnissen ein starker Wirbel zwischen Austrittslaufschauflern und Strömungsrippen charakteristisch, wie in der ebenfalls später zu beschreibenden Fig.1 angedeutet. Der Wirbel wird durch die Strömungsrippen begrenzt, an denen die Tangentialkomponente der Geschwindigkeit dissipiert wird. Werden an der sich einstellenden Rückströmung feste Partikel, bspw. in Gasturbinen oder Wassertröpfchen, bspw. in Dampfturbinen mitgeführt, so kann eine akute Gefahr der Fusserosion an den Schaufeln der letzten Laufreihe entstehen.

Im Falle von Gasturbinen für wirbelschichtfeuerung kann der Druck hinter Beschauflung von üblicherweise 0,98 bei Vollast bei 40% Volumenstrom auf bis zu 1,15 bar ansteigen. Dieser Gegen-
druck bedeutet, dass bei 40% Volumenstrom für die Maschine bedeutend mehr Antriebsleistung aufzubringen ist als bei Vorhandensein eines gut wirkenden Diffusors.

Darstellung der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei axial durchströmten Turbinen der eingangs genannten Art die Diffusionszone so zu gestalten, dass das Teillastverhalten der Maschine weiter verbessert wird.

Erfindungsgemäss wird dies dadurch erreicht, dass zwischen den Mitteln zur Drallwegnahme und den Austrittslaufschauflern mindestens eine Reihe mit verstellbaren Leitschauflern angeordnet ist.

Der Vorteil der Erfindung ist unter anderem darin zu sehen, dass neben dem beträchtlich verbesserten Druckrückgewinn über einem grossen Lastbereich auch der oben erwähnte Wirbel, sofern er überhaupt noch auftritt, sich erst zwischen Leitschauflern und Strömungsrippen ausbildet und damit keinen schädlichen Einfluss auf die rotierenden Austrittsschauflern ausüben kann.

Es ist besonders zweckmässig, wenn die Leitschauflern eine gerade Skelettlinie mit symmetrischem Profil aufweisen. Mit dieser Massnahme

können die hinlänglich bekannten Eigenschaften solcher Gitter auf Unempfindlichkeit in der Anströmung zur verlustarmen Umlenkung genutzt werden.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand einer Gasturbine mit axial/axialem Austritt dargestellt.

Es zeigen:

Fig.1 eine schematische Prinzipskizze eines zum Stand der Technik gehörenden Diffusorsystems;

Fig.2 ein Schaubild Druckrückgewinn in Funktion von c_t/c_n ;

Fig.3 einen Teillängsschnitt einer Gasturbine mit erfindungsgemäsem Diffusor;

Fig.4 die teilweise Abwicklung eines zylinderschnittes auf mittlerem Durchmesser des durchströmten Kanals gemäss Fig.3

Es sind nur die für das Verständnis der Erfindung wesentlichen Elemente gezeigt. Nicht dargestellt sind von der Anlage beispielsweise der Verdichterteil, die Brennkammer sowie das vollständige Abgasrohr und der Kamin. Die Strömungsrichtung des Arbeitsmittels ist mit Pfeilen bezeichnet.

Weg zur Ausführung der Erfindung

Die bekannte Gasturbine, von der in Fig.1 lediglich die drei letzten, axialdurchströmten Stufen dargestellt sind, besteht im wesentlichen aus dem beschauelten Rotor 1' und dem mit Leitschaufeln bestückten schaufelträger 2'. Der Schaufelträger ist im Turbinengehäuse 3' eingehängt. Der Rotor liegt in einem Traglager 4' ein, welches sich seinerseits in einem Abgasgehäuse 5' abstützt. Dieses Abgasgehäuse 5' besteht im wesentlichen aus einem nabenseitigen, innenliegenden Teil 6' und einem aussenliegenden Teil 7', welche den Diffusor 13' begrenzen. Beide Elemente 6' und 7' können einteilige Topfgehäuse ohne axiale Trennebene sein. Sie sind miteinander verbunden durch mehrere angeschweisste tragende strömungsrippen 8', die gleichmässig verteilt über dem Umfang angeordnet sind und deren Profil mit 9' angedeutet ist. Es ist erkennbar, dass aus den eingangs genannten Gründen die Stömungsrippen 8' in gehörigem Abstand zur Beschauelung angeordnet ist.

Ebenfalls erkennbar ist der starke Wirbel 10, der sich bei unterer Teillast zwischen Austrittslaufschaufern 12' und Strömungsrippen 8' ausbildet und den es mit der Erfindung zu vermeiden gilt.

Das Ergebnis eines derartigen Wirbels kann

anhand des Schaubildes in Fig.2 aufgezeigt werden. Es versteht sich, dass auf die Bekanntgabe von allen den Berechnungen und Versuchen zugrundeliegenden Absolutwerten verzichtet wird, da diese wegen ihrer Abhängigkeit von allzu zahlreichen Parametern ohnehin ungenügende Aussagekraft besitzen würden. Die dargestellten Kurven sind demnach vor allem qualitativ auszulegen. Auf der Abszisse des Diagrammes ist der Wert c_t/c_n aufgetragen, der ein Mass für den Volumenstrom darstellt. Es handelt sich um den Tangens des Abströmwinkels α aus den letzten Austrittslaufschaufern, wobei c_t die Tangentialkomponente und c_n die Normalkomponente bedeutet. Bei gleichbleibender Maschinendrehzahl wird bei abnehmender Last und damit abnehmenden Volumenstrom dieser Winkel immer grösser.

Auf der Ordinate ist der Druckrückgewinn C_p aufgetragen, der in erster Näherung dem Verhältnis $(p_A - p_E)/p^*_E$ entspricht, worin p_A der statische Druck am Austritt des Diffusors, p_E der statische Druck am Eintritt des Diffusors und p^*_E der Totaldruck am Eintritt des Diffusors und damit am Austritt der Beschauelung bedeuten.

Die Kurve A zeigt den Druckrückgewinn in einem Diffusor, der mit Strömungsrippen bestückt ist, welche ein Verhältnis Teilung zu Sehne von etwa 0,5 aufweisen. Man erkennt, dass der Abfall bis zu einem c_t/c_n -Wert einigermaßen tragbar ist, dass bei kleiner werdendem Volumenstrom sich der Druckrückgewinn jedoch dramatisch verschlechtert. Kurve B zeigt den völlig unzumutbaren Verlauf, wenn Strömungsrippen mit einem Verhältnis Teilung zu Sehne von etwa 1 zur Anwendung gelangen.

Um dem abzuweichen, wird nun gemäss der Erfindung zwischen den Austrittslaufschaufern 12 und den Strömungsrippen 8 eine Reihe verstellbarer Leitschaufeln angeordnet, wie in Fig. 3 ersichtlich. Die dort gezeigte Gasturbine entspricht in ihrer Struktur jener von Fig. 1, weshalb auf eine nochmalige Beschreibung des Aufbaus verzichtet wird. Die gleichen Elemente wie in Fig. 1 sind in Fig. 3 mit den selben Bezugszeichen ohne (') bezeichnet. Gleichmässig über den Umfang verteilt sind gleichrichtende Strömungsrippen 8 mit gerader Skelettlinie und mit einem Verhältnis Teilung zu Sehne von 0,5. Dieses Verhältnis tritt im Mittelschnitt des durchströmten Kanals der in radialer Richtung konisch verlaufenden Strömungsrippen auf.

Bei den Leitschaufeln 11 handelt es sich ebenfalls um symmetrische Profile mit gerader Skelettlinie, wie sie beispielsweise unter dem Begriff NACA 0010 bekannt sind. Im vorliegenden Fall weisen diese Leitschaufeln im Mittelschnitt des des durchströmten Kanals ein Verhältnis Teilung zu Sehne von 0,5 auf. Derartige Schaufeln sind bis zu einem gewissen Grad unempfindlich gegen Schräganströ-

mung, (s. Artikel von N. Scholz, "Untersuchungen an Schaufelgittern von Strömungsmaschinen", Zeitschrift für Flugwissenschaften, Nr. 3, 1955). Die Leitschaufeln 11 verlaufen in radialer Richtung konisch und sind vorzugsweise verwunden.

Die Verstellung der Leitschaufeln 11 im Gitter erfolgt über nicht dargestellte Betätigungsmittel, wie sie beispielsweise aus dem Verdichterbau bekannt sind. Die eigentliche Verstellung erfolgt vorzugsweise automatisch in Funktion der Betriebsparameter wie Last, Drehzahl usw. Der grösste Druckrückgewinn wird erzielt, wenn die Einstellung der Leitschaufeln so erfolgt, dass die Wellenleistung bei allen Betriebsbedingungen den grösstmöglichen Wert annimmt. Geeignet ist demnach eine permanente Leistungsmessung. Der grösste Druckrückgewinn kann auch erzielt werden, wenn die Einstellung der Leitschaufeln so erfolgt, dass der statische Druck vor den Leitschaufeln 11, d.h. hinter den Austrittsleitschaufeln 12 den kleinstmöglichen Wert annimmt. Geeignet ist demnach eine permanente Differenzdruckmessung $p_A - p_E$.

Der Zylinderschnitt in Fig. 4 zeigt in vergrössertem Massstab den Schaufelplan in der betrachteten Gasturbinenzone. Hierin bedeuten jeweils die Zeichen c die Absolutgeschwindigkeit, w die Relativgeschwindigkeit und u die Umfangsgeschwindigkeit der Maschine. Zwecks Angabe der Grössenordnung bei einem ausgeführten Beispiel haben die einzelnen Gitter bspw. folgende Daten: Die Sehne der Leitschaufeln 11 beträgt 125 mm, jene der Strömungsrippen ca. 700 mm. Das Verhältnis Profildicke zu Sehne beträgt bei den Leitschaufeln und bei den Strömungsrippen 0,1.

Die Leitschaufeln 11 werden näherungsweise unter den gleichen Bedingungen angeströmt, mit denen sie die Austrittsleitschaufeln 12 verlassen, d.h. mit der Geschwindigkeit c und einem Winkel α von 60° . Die Leitschaufeln 11 sind nunmehr unter einem Winkel β so angestellt, dass sie im Unempfindlichkeitsbereich arbeiten. Bei dem gewählten Verhältnis Teilung/Sehne = 0,5 beträgt dieser Bereich 20° . Die Abgase verlassen das Leitgitter somit unter einem Winkel von annähernd 40° , mit welchem sie auf die Vorderkanten der gegen Schräganströmung ebenfalls unempfindlichen Strömungsrippen 8 auftreffen, wo sie in die Axiale, d.h. auf 0° ausgerichtet werden.

In der Leitbeschaufelung erfolgt nicht nur eine Umlenkung der Strömung. Man erkennt anhand des Betrages der dargestellten Geschwindigkeitsvektoren am Eintritt und am Austritt der Leitschaufeln, dass es auch zu einem zusätzlichen Verdichtungsverfahren kommt.

Die Kurve C in Fig. 2 zeigt nun die Wirkung einer jeweils optimal angestellten Leitbeschaufelung. Bis zum erwähnten c_t/c_n -Verhältnis von ca. 1

verläuft der Druckrückgewinn nahezu konstant und fällt erst danach in bescheidenem Masse ab, verglichen mit der Diffusorkonfiguration ohne Leitschaufeln.

Im Diagramm in Fig. 2 dargestellt ist gemäss Kurve D ebenfalls der nicht beschriebene Fall, dass die Strömungsrippen mit einem Verhältnis Teilung/Sehne = 1 ausgeführt sind. Dies bedeutet, dass im Vergleich zum beschriebenen Fall bei gleicher Sehnenlänge die Anzahl der Strömungsrippen auf die Hälfte reduziert ist. Die Rippen könnten in einem solchen Fall mit einem entsprechend dickeren Profil ausgestattet werden, um ihrer Gleichrichteraufgabe besser nachkommen zu können. Da mit weniger Rippen auch weniger benetzte und Reibungsverluste verursachende Fläche im Diffusor vorliegt, ist bei Vollast, d.h. bei axialer Abströmung aus der Beschaufelung der Druckrückgewinn geringfügig höher als beim dargestellten Fall. Bei grösser werdender Schräganströmung der Strömungsrippen fällt jedoch zwangsläufig der Druckrückgewinn etwas steiler ab als jener bei grösserer Anzahl Rippen.

Es versteht sich, dass in der Praxis das Verhältnis Teilung zu Sehne optimiert wird bezüglich der Bedeutung der Teillast, mit der die Maschine gefahren wird.

Dem Diagramm ist ferner zu entnehmen, dass bei Vollast, d.h. im Bereich c_t/c_n zwischen -0,1 und +0,1 (je nach Auslegung der Beschaufelung) die zum Stand der Technik zählenden Diffusorkonfigurationen einen etwas besseren Druckrückgewinn erzielen. Dies daher, weil die im Diffusor umströmte Fläche insgesamt geringer ist als jene mit Leitschaufeln.

Aufgrund der bisherigen Überlegungen kann gefolgert werden, dass bei Vollast der Maschine die Leitschaufeln 11 mit ihrer Skelettlinie im Mittel axial ausgerichtet sind.

Die neue Massnahme ermöglicht es nun jedoch auch, am Austritt aus den letzten Laufschaufeln 12 einen gewissen Gegendrall zuzulassen, da stromabwärts im Diffusor eine axiale Ausrichtung durch die Leitschaufeln und die Strömungsrippen stattfindet. Dieser Gegendrall hätte folgende Vorteile:

- Die Stufenarbeit kann gesteigert werden bei gleichbleibendem Wirkungsgrad; oder
- Der Wirkungsgrad kann gesteigert werden bei gleichbleibender Stufenarbeit;
- die Schaufeln der letzten Laufreihe könnten weniger verwunden ausgebildet werden, was zu einer Verbilligung führt;
- die Umlenkung in der letzten Turbinenstufe kann reduziert werden, was wegen der Partikelseparation insbesondere bei wirbelschichtgefeuerten Gasturbinen zum Tragen kommt.

Selbstverständlich ist die Erfindung nicht auf

das gezeigte und beschriebene Ausführungsbeispiel beschränkt, welches einen Diffusor mit axialem Austritt zum Gegenstand hat und damit die Anordnung der Strömungsrippen stark erleichtert. Sie ist insbesondere auch anwendbar bei Dampfturbinen oder den Turbinen von Abgasturboladern, welche beide in der Regel einen sogenannten axial-radialen Austritt aus der Beschaufelung haben. Die Mittel zur Drallwegnahme werden in solchen Maschinen durch den radialen Teil des Austrittsgehäuses selbst repräsentiert.

Desweiteren sind auch 2 oder mehrere hintereinanderangeordnete Leitgitter denkbar, wenn besonders hohe Ansprüche hinsichtlich Wirkungsgrad im Teillastgebiet bestehen.

Schliesslich kann in Abweichung zum gezeigten und beschriebenen Beispiel die Skelettförmigkeit der Leitschaufeln auch gekrümmt sein, was selbstverständlich zu einer wesentlichen Verteuerung dieser Zusatzmassnahme führen würde.

(8) in radialer Richtung konisch verlaufen.

8. Verfahren zum Betrieb einer axialdurchströmten Turbine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Leitschaufeln in Funktion von Betriebsparametern derart verstellt werden, dass bei jedem Betriebszustand die Wellenleistung den grösstmöglichen Wert annimmt.

9. Verfahren zum Betrieb einer axialdurchströmten Turbine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Leitschaufeln in Funktion von Betriebsparametern derart verstellt werden, dass bei jedem Betriebszustand der Druck zwischen den Austrittsleitschaufeln und den Leitschaufeln den kleinstmöglichen Wert annimmt.

Ansprüche

1. Axialdurchströmte Turbine, an deren Austrittsleitschaufeln (12) sich ein Diffusor (13) anschliesst, wobei innerhalb dessen Verzögerungszone Mittel zur Drallwegnahme (8) der drallbehafteten Strömung vorgesehen sind,

dadurch gekennzeichnet, dass zwischen den Mitteln zur Drallwegnahme (8) und den Austrittsleitschaufeln (12) mindestens eine Reihe mit verstellbaren Leitschaufeln (11) angeordnet ist.

2. Axialdurchströmte Turbine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Leitschaufeln (11) eine gerade Skelettlinie mit symmetrischem Profil aufweisen.

3. Axialdurchströmte Turbine nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Leitschaufeln (11) in radialer Richtung konisch verlaufen.

4. Axialdurchströmte Turbine nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Leitschaufeln (11) verwunden sind.

5. Axialdurchströmte Turbine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis Teilung zu Sehne der Leitschaufeln (11) im Mittelschnitt des durchströmten Kanals zwischen 0,5 und 1 beträgt.

6. Axialdurchströmte Turbine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Drallwegnahme innerhalb des Diffusors (13) gleichmässig über dem Umfang angeordnete Strömungsrippen (8) sind mit gerader Skelettlinie und symmetrischem Profil und mit einem Verhältnis Teilung zu Sehne zwischen 0,5 und 1 im Mittelschnitt des durchströmten Kanals.

7. Axialdurchströmte Turbine nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Strömungsrippen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

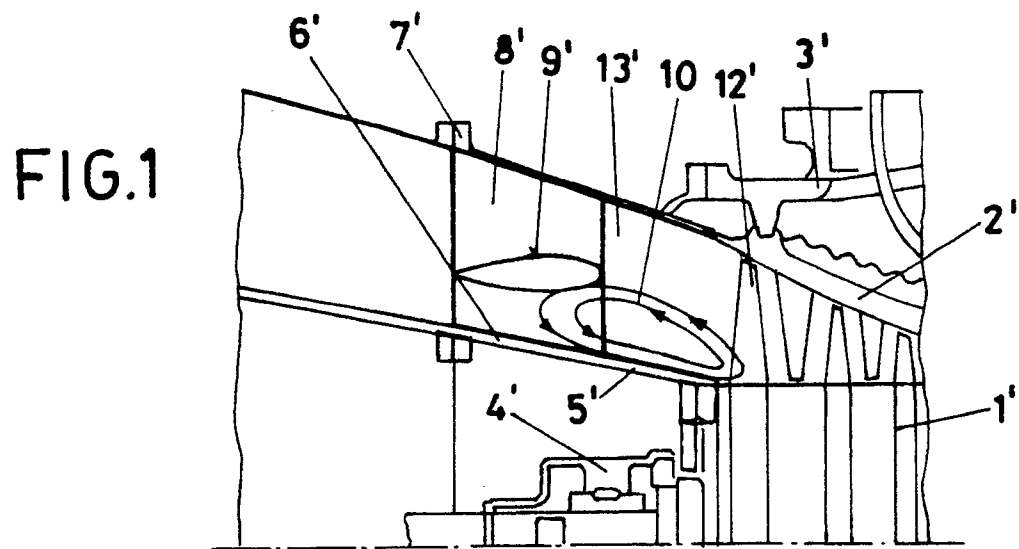
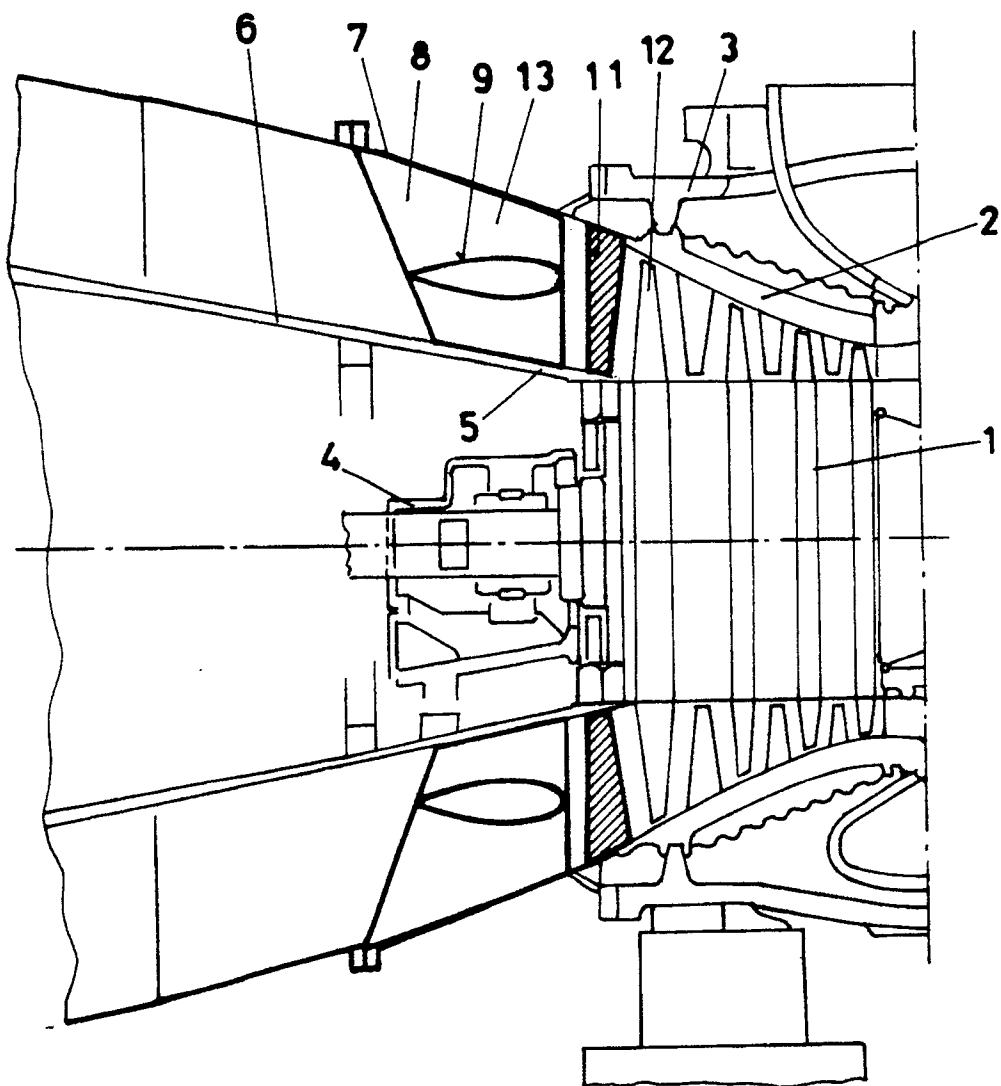


FIG.3



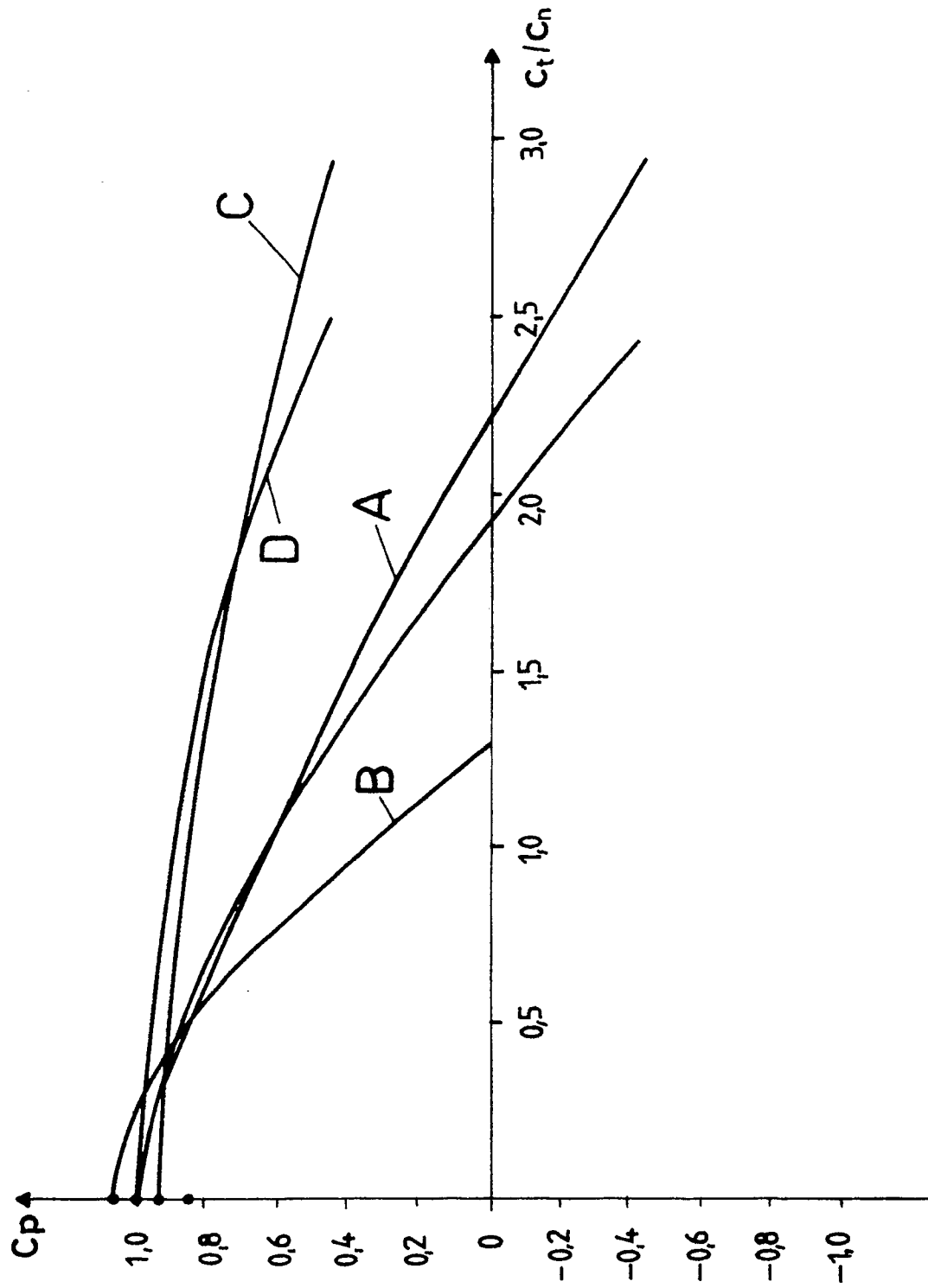
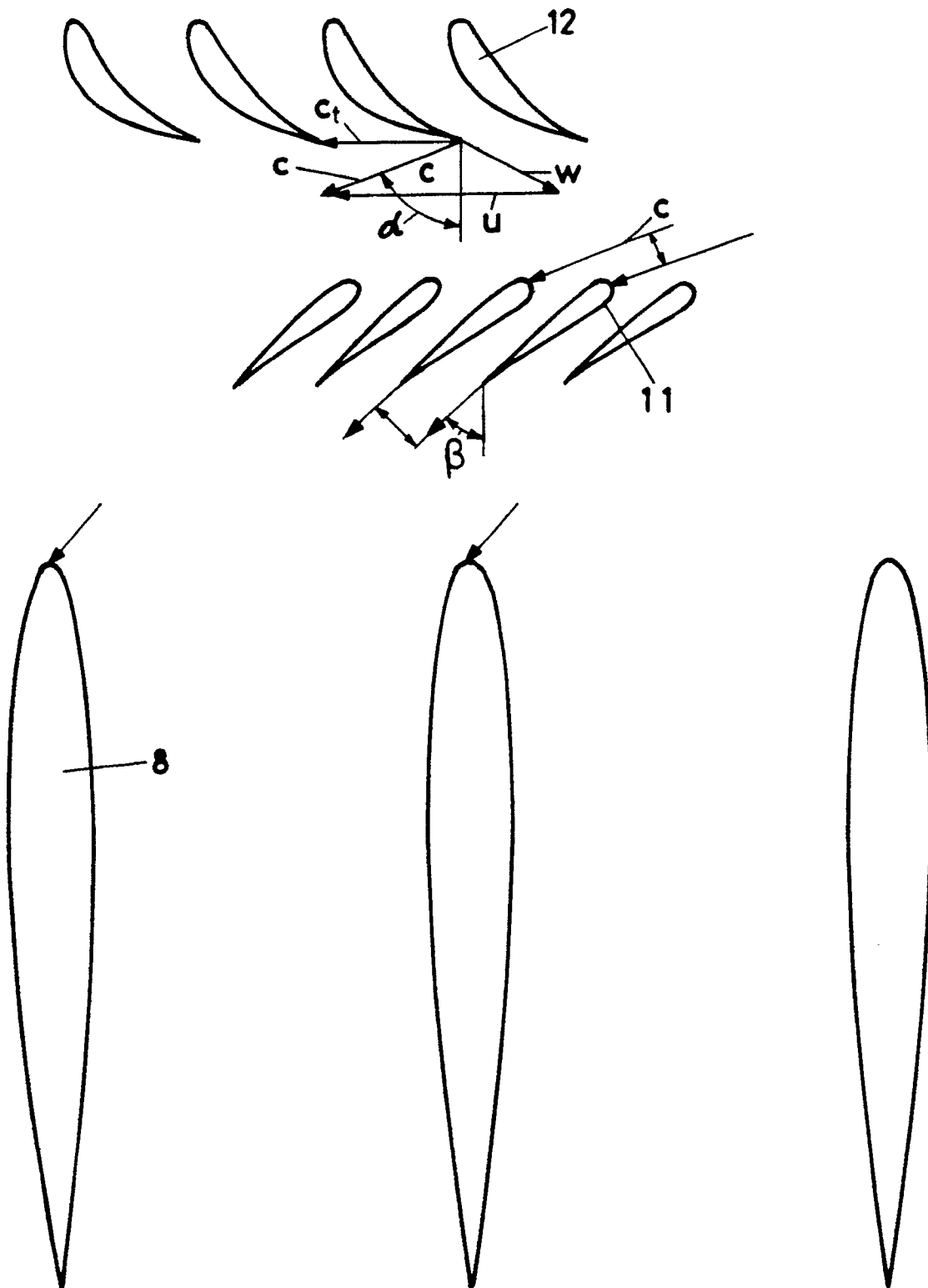


FIG.2

FIG.4





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 90 11 3994

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
D,A	EP-A-0 265 633 (BBC, BROWN BOVERI) * Zusammenfassung * - - -	1	F 01 D 25/30 F 03 B 13/08
A	US-A-4 398 865 (GARKUSHA) * Spalte 5, Zeilen 35-66; Figur 3 * - - -	1	
A	GB-A-2 047 820 (KHARKOUSKY) * Zusammenfassung * - - - - -	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)
			F 01 D F 03 B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
Den Haag		10 Dezember 90	DE WINTER P.E.F.
<div>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</div> <div><div>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze</div><div>E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</div></div>			