

(12)

PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 258/93

(51) Int.Cl.⁶ : F03B 1/00

(22) Anmeldetag: 12. 2.1993

(42) Beginn der Patentdauer: 15. 5.1994

(45) Ausgabetag: 25. 1.1995

(56) Entgegenhaltungen:

WD-A1-88/06239

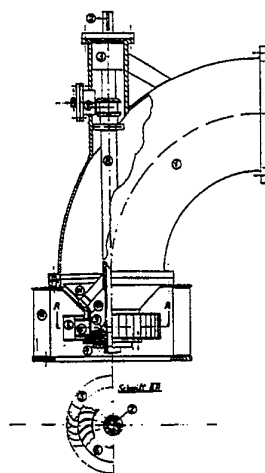
(73) Patentinhaber:

STENZEL HEINZ ING.
A-1090 WIEN (AT).

(54) RADIALE FREISTRAHLTURBINE

(57) Die Erfindung betrifft eine Gleichdruck-Wasserturbine, deren Laufrad durch einen Treibstrahl in Form einer Wirbelquelle von innen nach außen, vollbeaufschlagt und durchströmt wird. Der Treibstrahl wird durch ein konzentrisch zur Turbinenachse angeordnetes Tellerventil erzeugt, welches mit dem Ventilhub h mal dem Ventilsitzumfang den Strahlquerschnitt bildet. Eine vor oder nach dem Ventil hinzugefügte Tangentialkomponente in Laufraddrehrichtung durch ein Leitrad formt die o.g. Wirbelquelle. Das Laufrad mit geeigneter Beschaukelung entnimmt die im Treibstrahl enthaltene kinetische Energie und läßt das Treibwasser mit der Abströmgeschwindigkeit in radialer Richtung in das Unterwasser abfließen.

Die für diese Turbine in Frage kommende Fallhöhe liegt zwischen der oberen H_n von Kaplan-turbinen der unteren H_n von Peltonrädern. Die Einheitsdrehzahl n_{11} liegt je nach Wahl des Anströmwinkels α zwischen 40 und 170 min^{-1} .



Die Erfindung betrifft eine Freistrahlturbine, welche den Nachteil aller bekannten Freistrahlturbinen, nämlich den der kleinen Einheitsdrehzahl zusammen mit einer geringen Schluckfähigkeit vermeidet. Dieser Nachteil schließt die bekannten Gleichdruckturbinen für kleine Fallhöhen aus, was insofern unerwünscht ist, als diese Turbinenart

- 5 a.) den geringsten Wirkungsgradverlust beim Abregeln aufweist.
b.) für die Mengenregelung den geringsten technischen Aufwand beansprucht.
c.) keine Kavitationsprobleme hat
d.) den baulichen Aufwand für den Unterwasserbau vermeidet.
e.) keinen Axial Schub verursacht
- 10 Erfindungsgemäß wird die Schluckfähigkeit durch Vollbeaufschlagung des Laufrades in maximalem Maße erhöht, wobei der trommelförmige Läufer in radialer Richtung in vollem Umfang beströmt wird.
Bei Peltonrädern ist die Vergrößerung der Teilbeaufschlagung bekanntlich mit vier bis höchstens fünf tangentialen Düsen wegen der sonst stattfindenden Strahlkollision beschränkt, zumal jeder Strahl einen bestimmten Sektor des Laufrades beansprucht.
- 15 Bei der Beströmung des Laufrades von innen nach aussen, also zentrifugal, würden die Treibstrahle divergent laufen und somit niemals kollidieren können. Bei der gedanklichen Erhöhung der Anzahl der radialen Strahle auf unendlich resultiert daraus eine ebene, zentrale Quellströmung. Diese wird erfindungsgemäß mit Hilfe eines Tellerventils mit dem Durchmesser D_v bewerkstelligt, welches axial beströmt wird und welches mit dem Ventilhub H einen ringförmigen Ausströmquerschnitt von $D_v \cdot \pi \cdot H$ bildet, aus dem das
- 20 Treibwasser mit der Geschwindigkeit $c_1 = \eta_{D_v} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_n}$ in radialer Richtung austritt (mit H_n = Nettofallhöhe, η_{D_v} = Düsenwirkungsgrad).
Mittels eines dem Tellerventil in Strömungsrichtung folgenden konzentrischen Leitrades wird die zunächst rein radiale und zur Umfangsrichtung normale Strömung im Sinne der Drehrichtung des Laufrades abgelenkt. Der Strömungsrichtungswinkel α zur Umfangsrichtung wird damit verkleinert und es resultiert eine
- 25 Komponente von $c_1 \cdot \cos \alpha$ in Umfangsrichtung und eine von $c_1 \cdot \sin \alpha$ in radialer Richtung. Der ebenen radialen Quellströmung wird damit ein Rotor in Laufraddrehrichtung superponiert und es resultiert eine Wirbelquelle.
Für $\alpha = 0$ entsteht eine rein tangential Strömung, was die Verhältnisse bei der Pelton turbine wiedergibt.
- 30 Mit wachsendem α wird der Vordrall des Strömungsmittels kleiner. Damit wird unter der Annahme der vollkommenen Abarbeitung der tangentialen Strömungsenergie das Drehmoment der Turbine kleiner. Unter der weiteren Annahme gleicher Leistung muß daher die Drehzahl der Turbine in gleichem Maße steigen.

Umfangsgeschwindigkeit u_1

$$35 \quad P_{\text{wasser}} = P_{\text{rad}}$$

$$P_{\text{wasser}} = Q \cdot H$$

$$P_{\text{rad}} = J_{\text{tang}} \cdot u_1$$

$$40 \quad J_{\text{tang}} = Q/g \cdot C_1 \cdot \cos \alpha$$

$$45 \quad \cancel{Q} \cdot H = \cancel{Q}/g \cdot C_1 \cdot \cos \alpha \cdot u_1 \quad u_1 = \frac{g \cdot H}{C_1 \cdot \cos \alpha} = \frac{2 \cdot g \cdot H}{2 \cdot C_1 \cdot \cos \alpha} = \dots$$

$$= \frac{C_1}{C_1 \cdot 2 \cdot \cos \alpha} = \underline{\underline{C_1 / 2 \cdot \cos \alpha}}$$

$$50 \quad u_1 = C_1 / 2 \cdot \cos \alpha$$

Drehzahl n

$$n \text{ (1/min.)} = 84,6 \cdot k_{u1} \cdot H_n^{1/2} / D_1 \cdot \cos \alpha \quad (k_{u1} = 0,44 - 0,49)$$

in praxi

$$n \text{ (1/min.)} = \frac{40 \cdot \sqrt{H_n}}{D_1 \cdot \cos \alpha}$$

Der Eintrittswinkel der Laufradschaufel errechnet sich mit der Forderung nach stossfreier Anströmung wie folgt:

Die Zuströmung aus dem Leitrad mit dem Winkel α gegen die Tangente, zerlegt in Radial- und Tangentialkomponente ergibt:

$$\text{Radialkomp.} = c_1 \cdot \sin \alpha$$

$$\text{Tangentialk.} = c_1 \cdot \cos \alpha$$

Die Differenz aus u und Tangentialkomponente des Treibstrahles ergibt die Relativgeschwindigkeit zwischen Treibstrahl und Turbinenrad in Tangentenrichtung. Der Quotient aus der Radialkomponente des Treibstrahles und der o.g. Relativgeschwindigkeit ist der Tangens des Winkels β zwischen Laufschaufeleintrittskante und der Tangente.

Somit ist

$$\frac{\frac{c_1 \cdot \sin \alpha}{2 \cdot \cos \alpha}}{c_1 \cdot \cos \alpha} = \tan \beta = \frac{2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{1 - 2 \cdot \cos^2 \alpha} = \frac{\sin 2\alpha}{-\cos 2\alpha} = -\tan 2\alpha$$

$$\tan \beta = -\tan 2\alpha \quad \beta = 180 - 2\alpha = 2 \cdot (90 - \alpha)$$

Der Winkel zwischen Laufschaufeleintrittskante und Radtangente ist doppelt so groß wie der Komplementärwinkel von α .

Der Austrittswinkel γ liegt zwischen der tangentialen Komponente $u_{\text{außen}}$ und der gleichgroßen Austrittsgeschwindigkeitskomponente aus der Laufschaufel. Dieses gleichschenkelige Geschwindigkeitsdreieck wird mit der Abströmgeschwindigkeitskomponente c_2 geschlossen (Fig.4).

Aus Fig.4 geht hervor:

$$\sin \frac{\gamma}{2} = \frac{c_2/2}{u_{\text{außen}}}$$

$$\sin \frac{\gamma}{2} = \frac{\sqrt{1-\eta_{\text{ab}}}}{D_a} \cdot \cos \alpha \cdot \frac{D_i}{D_a}$$

$$(\eta_{\text{abstr.}} = 1 - k_c^2) \quad c_2 = c_1 \sqrt{1 - \eta_{\text{ab}}}$$

$$u_{\text{außen}} = \frac{D_a}{D_i} \cdot u_i$$

$$u_{\text{außen}} = \frac{D_a \cdot c_1}{D_i \cdot 2 \cdot \cos \alpha}$$

z.B.: $\alpha = 60^\circ$, $D_i/D_a = 0.75$ und $\eta_{\text{abstr.}} = 0.96$ wird

$$\sin \frac{\gamma}{2} = 0.75 \cdot 0.5 \cdot 0.2 = 0.15 \quad \gamma = 8,6^\circ$$

Die Erfindung wird anhand eines Ausführungsbeispieles näher erläutert.

Dabei zeigt die

Fig. 1 eine erfindungsgemäß ausgestaltete Turbine im Aufriß, teilweise aufgeschnitten und einen Schnitt AA im Grundriss.

Fig. 2 einen vergrößerten Schnitt durch Lauf- und Leitrad.

5 Fig. 3 Vektoriellcs Geschwindigkeitsdreieck zur Bestimmung des Laufschaufeleinströmwinkels.

Fig. 4 Vektoriellcs Geschwindigkeitsdreieck zur Bestimmung des Schaufelaustrittswinkels γ

Das Turbinenlaufrad (5) mit seiner Welle (2) ist im Festlager (4) und im Loslager (3) geführt. Der Lagerkörper des Festlagers bildet an seiner Aussenseite das feststehende Ventil (9). Der in Achsrichtung bewegliche Ventilsitz (10) steht in fester Verbindung mit dem Einlauftrichter (11) und dem Verstellrohr (8) und wird über die Verstellwelle (15) und den Exzenter (7) in einem solchen Ausmaß gehoben oder gesenkt um den gewünschten Treibstrahlquerschnitt zu erzielen. Das durch den Krümmer (1) eintretende Treibwasser gelangt über den Einlauftrichter (11), wo es in einem bestimmten Maße vorbeschleunigt wird, zu dem Ringspalt zwischen Ventil (9) und Ventilsitz (10), wo es seine Austrittsgeschwindigkeit c_1 in radialer Richtung erhält. Das Leitrad (6) erteilt dem Treibstrahl eine tangentialc Komponente. Nach dem Leitrad tritt 10 das Treibwasser zunächst reaktionsfrei in das Laufrad (5) ein, wo es arbeitsleistend sowohl seine tangentialc Komponente abbaut, als auch die Radialkomponente bis auf die Abströmgeschwindigkeit c_2 verringert und durch das Schutzgitter (12) in das Unterwasser abfließt.

Die Turbinenschaufeln fungieren als reine Ablenkflächen, daher tritt keine Druckänderung auf, was dem Prinzip der Gleichdruckturbine entspricht.

20 Fig. 2 zeigt den gesetzmäßigen Zusammenhang von Abströmwinkel α aus dem Leitrad (6) und dem Anströmwinkel β der Laufschaufel.

Fig. 3 zeigt die vektorielle Zusammensetzung von Umfangsgeschwindigkeit und der radialen sowie der tangentialen Komponenten der Strahlrichtung zum Zwecke der Ermittlung von β , der Richtung der Laufschaufeleintrittskante.

25 Das zur Bildung der Wirbelquelle verwendete Leitrad kann auch durch einen Drallapparat ersetzt werden, der vor dem Strahlventil liegt und der in Abhängigkeit vom Ventilhub so verstellt werden muß, damit der Strahlwinkel konstant bleibt. Diese Komplikation kann dann gerechtfertigt sein, wenn zum Zwecke der Drehzahlerhöhung durch den Wegfall des Leitrades das Laufrad verkleinert werden soll.

Die solcherart erzielbare Drehzahlsteigerung der Turbine liegt in der Größenordnung von etwa 35%.

30

Patentansprüche

1. Radiale Freistrah-Wasserturbine mit großem Schluckvermögen und für kleine Fallhöhen, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Freistrah durch ein tellerventilartiges, konzentrisch zur Turbinenachse angeordnetes Regelorgan in radialer Richtung erzeugt wird, wobei der nötige vordrall entweder durch ein dem Ventil nachgeschaltetes Leitrad, oder durch einen in Strömungsrichtung vor dem Ventil liegenden und in Abhängigkeit vom Ventilhub verstellbaren Drallapparat (z.B. ein Leitrad mit verstellbaren Laufschaufeln) zustande kommt, daß die Strahlströmung eine ebene Wirbelquelle mit der Dicke H (H = Ventilhub) ist, daß am Innendurchmesser des Laufrades ein bei allen Ventilhubstellungen konstanter Stromlinienwinkel α gegen die Tangente des Eintrittsradius erzielt wird, daß zunächst dieser Strahl reaktionsfrei in das Laufrad eintritt und entlang der Laufschaufeln auf dem Wege zum Aussendurchmesser des Laufrades unter Abgabe der kinetischen Energie des Strahles an das Laufrad mit der Austrittsgeschwindigkeit c_2 am Laufradaußendurchmesser in radialer Richtung austritt, wodurch dem Laufrad die Drehzahl

45

$$n \text{ (1/min.)} = \frac{F \cdot \sqrt{H_n}}{D_i \cdot \cos \alpha}$$

50

vermittelt ($F = \eta_{\text{Turb}} \times 42,3$) wird, und daß der Stromlinienwinkel α einen Parameter für die Größe der Einheitsdrehzahl darstellt.

2. Laufrad zur Verwendung nach Anspruch 1, **gekennzeichnet** dadurch, daß der Eintrittswinkel der Laufschaufeln den doppelten Wert des Komplementärwinkels ($90 - \alpha$) desjenigen Winkels α der von der Radtangente und der Stromlinie des Treibstrahles eingeschlossen wird, dabei ist eine Abweichung von diesem Wert von $\pm 15^\circ$ mitenthalten ($\beta = 2 \cdot (90 - \alpha)$).

55

3. Strahlventil zur Verwendung nach Anspruch 1, gekennzeichnet dadurch, daß durch Relativverschiebung des Ventiles gegen den Ventilsitz in axialer Richtung ein Ringspalt von variabler Höhe entsteht und dadurch der Querschnitt des zur Turbinenachse coaxialen Treibstrahles verändert werden kann, welcher letzterem entweder vor oder nach dem Austritt aus dem Ringspalt eine tangential Komponente im Drehsinn des Laufrades überlagert wird.

Hiezu 2 Blatt Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

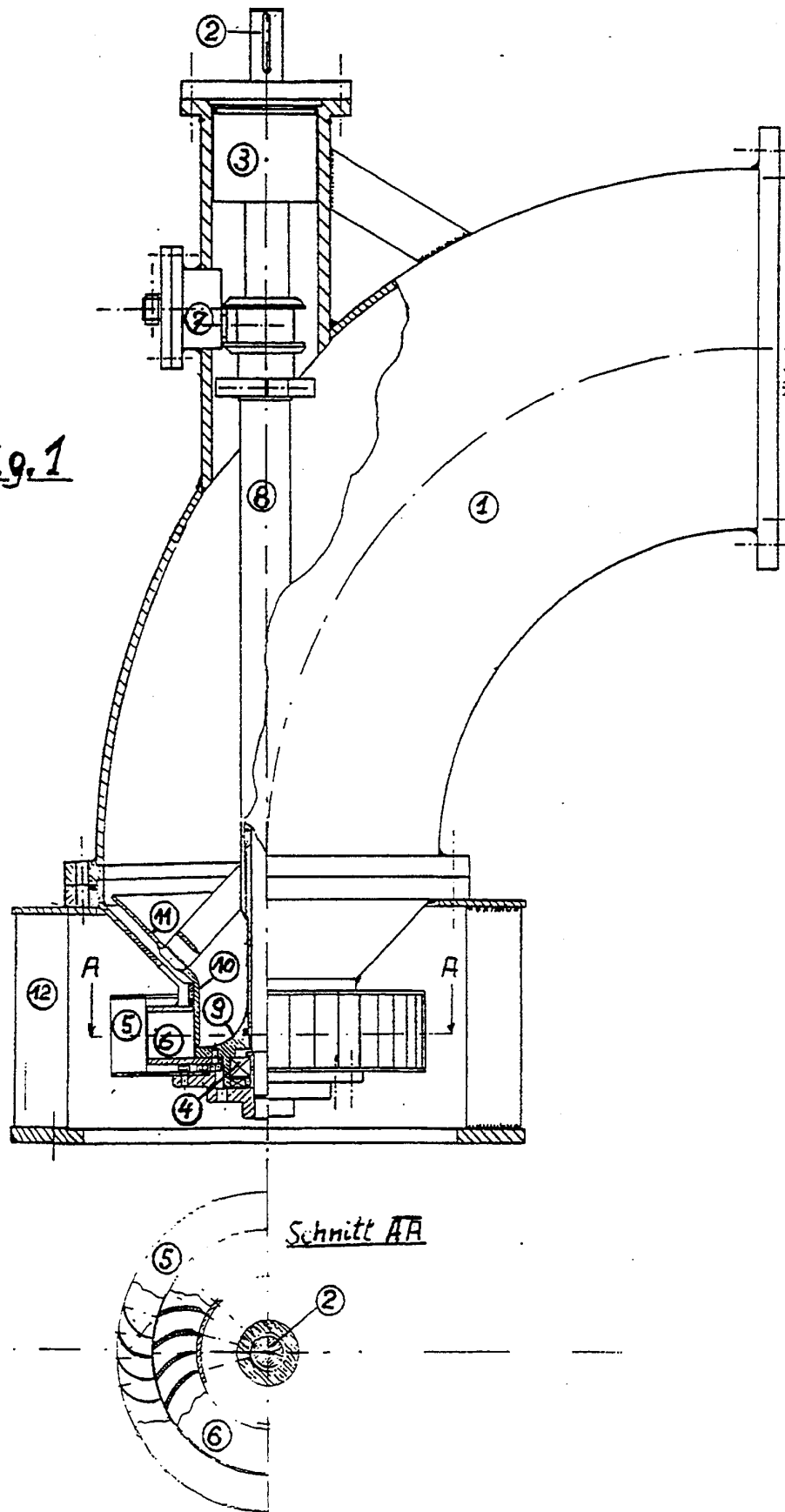
55

Ausgegeben
Blatt 1

25. 1.1995

Int. Cl.⁶: F03B 1/00

Fig. 1



Ausgegeben
Blatt 2

25. 1.1995

Int. Cl.⁶: F03B 1/00

Fig. 4

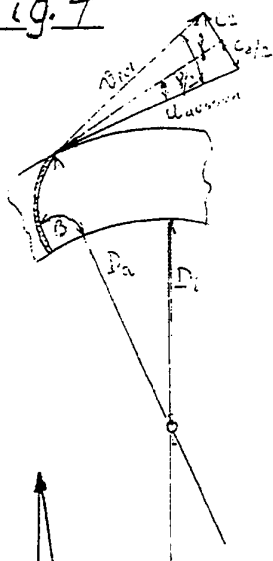


Fig. 2

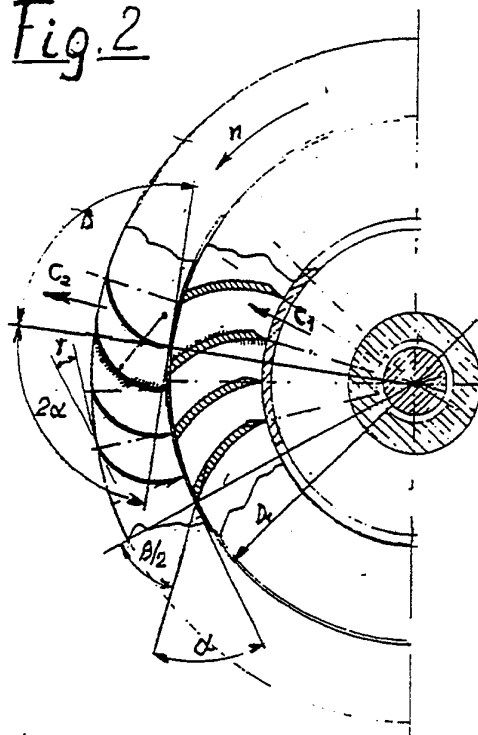


Fig-3

