



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 656 923 A5

⑤① Int. Cl.⁴: F 03 B 3/02
F 01 D 25/32
F 01 D 21/00

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

②① Gesuchsnummer: 593/82

②② Anmeldungsdatum: 01.02.1982

③③ Priorität(en): 03.02.1981 JP 56-13800
03.02.1981 JP 56-13801

②④ Patent erteilt: 31.07.1986

④⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 31.07.1986

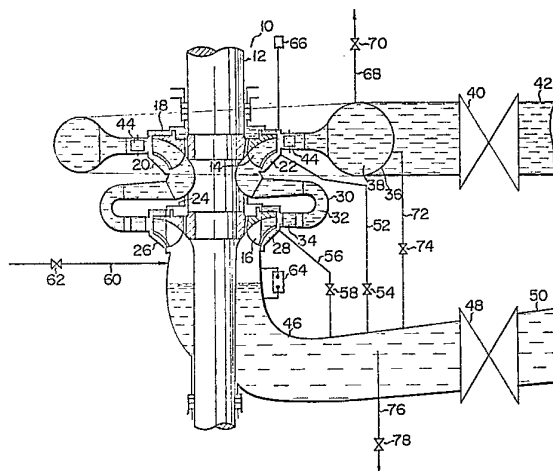
⑦③ Inhaber:
Tokyo Shibaura Denki Kabushiki Kaisha,
Kawasaki-shi/Kanagawa-ken (JP)

⑦② Erfinder:
Tsunoda, Sachio, Totsuka-ku/Yokohama-shi (JP)
Sato, Shinsaku, Ebina-shi/Kanagawa-ken (JP)

⑦④ Vertreter:
E. Blum & Co., Zürich

⑤④ Mehrstufige hydraulische Maschine und Verfahren zum Betrieb derselben.

⑤⑦ Vom Spiralgehäuse (36) führt ein Entleerungsrohr (72) zum Saugrohr (46). Ein weiteres Entleerungsrohr (52) erstreckt sich von einer Stelle zwischen verstellbaren Leitschaufeln (44) und dem Hochdrucklaufrad (14) zum Saugrohr (46). Ein weiteres Entleerungsrohr (56) erstreckt sich von einer Stelle zwischen Leitschaufeln (34), die dem Niederdrucklaufrad vorgeschaltet sind und dem Saugrohr (46). Ein Luftzufuhrrohr (60) ist mit dem Saugrohr (46) bei einer Stelle unterhalb des Niederdrucklaufrades (16) verbunden. Wenn der Einlassschieber (40) beim Druckrohr (42) und der Auslassschieber (48) beim Saugrohr (46) geschlossen sind, wird ein nach aussen führendes Entleerungsrohr (76) in Verbindung mit dem Saugrohr (46) gebracht und sämtliche Entleerungsrohre (72, 52 und 56) geöffnet. Damit werden unter zusätzlicher Einwirkung zugeführter Druckluft alle Hohlräume der Pumpenturbine entleert, so dass ein Leerlaufbetrieb störungsfrei vonstatten gehen kann. Das Verfahren ist insbesondere für Francis-Pumpenturbinen anzuwenden.



PATENTANSPRÜCHE

1. Mehrstufige hydraulische Maschine, gekennzeichnet durch eine drehbare Welle (12); eine Mehrzahl mit der Welle verbundener Laufräder (14, 16), die von einer Stufe höchsten Druckes bis zu einer Stufe niedrigsten Druckes angeordnet sind; Laufradkammern (22, 28), in denen jeweils ein Laufrad (14, 16) angeordnet ist; jeweils einen Überströmkanal (30), der dazu dient, jeweils nebeneinandergelegene Laufradkammern (22, 28) miteinander zu verbinden; verstellbare Leitschaufeln (44), die mindestens bei der Laufradkammer (22) der Stufe höchsten Druckes angeordnet und zwischen einer Schliessstellung und einer Offenstellung bewegbar sind; ein Gehäuse (36), das mit der Laufradkammer (22) der Stufe höchsten Druckes verbunden ist; einen Einlassschieber (40), der zwischen dem Gehäuse (36) und einem Druckrohr (42) angeordnet ist; ein Saugrohr (46), das mit der Laufradkammer (28) der Stufe niedrigsten Druckes verbunden ist; erste Luftzufuhrmittel (60, 62), die mit dem oberen Teil des Saugrohres (46) verbunden sind und dazu dienen, diesem Luft zuzuführen; ein erstes Entleerungsrohr (52), das die Laufradkammer (22) der Stufe höchsten Druckes mit dem Saugrohr (46) verbindet und einen ersten Entleerungsschieber (54) aufweist.

2. Mehrstufige hydraulische Maschine nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch einen Auslassschieber (48), der zwischen dem Saugrohr (46) und dem Auslasskanal (50) angeordnet ist; Mittel (68, 70), die dazu dienen, das Gehäuse (36) mit der Umgebung zu verbinden; ein drittes Entleerungsrohr (72), das zwischen dem Gehäuse (36) und dem Saugrohr (46) verläuft und einen dritten Entleerungsschieber (74) aufweist; und ein viertes Entleerungsrohr (76), das zwischen dem Saugrohr (46) und einem Entleerungskanal verläuft und einen vierten Entleerungsschieber (78) aufweist.

3. Mehrstufige hydraulische Maschine nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch zweite Luftzufuhrmittel (82, 84), die mit dem Überströmkanal (30) neben der Laufradkammer (22) der Stufe höchsten Druckes verbunden sind und dazu dienen, dieser Luft zuzuführen.

4. Verfahren zum Betrieb der Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in einem ersten Schritt bewirkt wird, dass die verstellbaren Leitschaufeln (44) und der Einlassschieber (40) schliessen; in einem zweiten Schritt, nachdem das Druckrohr (42) abgesperrt ist, Luft einem oberen Teil des Saugrohres (46) durch die ersten Luftzufuhrmittel (60, 62) zugeführt wird; in einem dritten Schritt, nachdem der Spiegelstand des Wassers im Saugrohr (46) bis zu einem vorbestimmten Wert abgesenkt worden ist, durch ein zweites Entleerungsrohr (56) der Stufe niedrigsten Druckes Wasser aus dem Überströmkanal (30) und der Laufradkammer (28) der Stufe niedrigsten Druckes entleert wird; in einem vierten Schritt, nachdem ein Druck in der Laufradkammer (22) der Stufe höchsten Druckes unterhalb eines vorbestimmten Druckwertes abgesenkt wurde, Wasser aus dieser Laufradkammer (22) durch das erste Entleerungsrohr (52) der Stufe höchsten Druckes zum Saugrohr (46) entleert wird; und in einem fünften Schritt, nachdem der Spiegelstand des Wassers im Saugrohr (46) bei einem vorbestimmten Wert stabilisiert ist, die Luftzufuhr des zweiten Schrittes unterbrochen wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, zum Betrieb der Maschine nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch einen sechsten Schritt, bei dem Wasser aus dem Gehäuse (36) entleert wird, welcher folgendes enthält: ein erstes Vorgehen, bei dem bewirkt wird, dass der Auslassschieber (48) den Auslasskanal (50) abschliesst; ein zweites Vorgehen, bei dem das Gehäuse (36) durch die Mittel (68, 70) mit der Umgebung in Verbindung gebracht wird; ein drittes Vorgehen, bei dem zwischen dem Einlassschieber (40) und den verstellbaren Leitschau-

fel (44) verbliebenes Wasser durch das dritte Entleerungsrohr (72) zum Saugrohr (46) entleert wird; ein viertes Vorgehen, bei dem im Saugrohr (46) verbliebenes Wasser durch das vierte Entleerungsrohr (76) zum Entleerungskanal ent-

5 leert wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 4–5 zum Betrieb der Maschine nach Anspruch 3, wobei die Maschine vertikal-achsig ist, gekennzeichnet durch einen Zwischenschritt, bei dem nach dem zweiten Schritt und vor dem dritten Schritt
10 Luft durch die zweiten Luftzufuhrmittel (82, 84) dem Überströmkanal zugeführt wird.

15 Die vorliegende Erfindung betrifft eine mehrstufige hydraulische Maschine und Verfahren zum Betrieb derselben.

Betriebsverfahren solcher Maschinen sind beispielsweise dann von Bedeutung, wenn vom energieerzeugenden Betrieb
20 oder Pumpenbetrieb auf den Leerlaufbetrieb umgeschaltet wird.

Bei bekannten hydraulischen Maschinen wird üblicherweise mittels einer zum Absenken des Wasserspiegels dienenden Vorrichtung Luft angesogen, und diese Luft unter
25 hohem Druck beim oberen Teil des Saugrohres oberhalb dem Spiegelstand des Wassers zugeführt, um das auf die Laufräder einwirkende Drehmoment dann zu vermindern, wenn vom Energieerzeugungsbetrieb bzw. Pumpenbetrieb zu einem Kondensatorbetrieb (Phasenschieberbetrieb) oder zum Bereitstellen des Pumpenbetriebs umgeschaltet wird.

In einer mehrstufigen hydraulischen Maschine stehen die Laufradkammern benachbarter Stufen über einen Überströmkanal miteinander in Verbindung. Daher weist die mehrstufige hydraulische Maschine ein aufwendiges Kanal-
35 system auf. Daher treten dann verschiedene Schwierigkeiten in bezug auf die Zufuhr von Luft und das Entleeren von Wasser auf, wenn der Energieerzeugungsbetrieb oder der Pumpbetrieb zum entsprechenden Leerlaufbetrieb umgeschaltet wird. Insbesondere stehen im Falle einer mehrstufigen hydraulischen Maschine, die bei mindestens der Stufe
40 höchsten Druckes verstellbare Leitschaufeln aufweist, die Kanäle der jeweiligen Stufen von der Stufe des höchsten Druckes bis zur Stufe des niedrigsten Druckes in ununterbrochener Verbindung miteinander, um während dieser Über-
45 gangsphase den Laufzustand sicher steuern zu können. Wenn folglich Druckluft in die Kanäle eingebracht wird, entsteht zwischen den jeweiligen Stufen eine gegenseitige Beeinflussung. Somit ist es schwierig, das Zuführen von Luft und die Entleerung des Wassers gleichförmig durchzuführen und
50 es entsteht eine Schwierigkeit bezüglich des Verfahrens zum Zuführen von Luft.

Mehrstufige hydraulische Maschinen, die bei mindestens ihren Stufen höchsten Druckes verstellbare Leitschaufeln aufweisen, sind in technischer Hinsicht nicht weit entwickelt
55 worden. In der Tat ist kein bequemes und einwandfreies Antriebssteuerverfahren für solche Maschinen bis anhin vorgeschlagen worden, welches in demjenigen Falle zur Anwendung kommt, bei welchem der Energieerzeugungsbetrieb oder Pumpbetrieb zum Leerlaufbetrieb umgeschaltet wird.

Ziel der vorliegenden Erfindung ist, eine mehrstufige hydraulische Maschine und ein Verfahren zum Betrieb derselben zu zeigen, gemäss welchen, währenddem der Energieerzeugungsbetrieb oder der Pumpenbetrieb zum entsprechenden Leerlaufbetrieb umgeschaltet wird, Luft zuverlässig
65 zugeführt werden kann und ein gleichförmiger Übergang von Energieerzeugungsbetrieb oder Pumpenbetrieb zum entsprechenden Leerlaufbetrieb, innerhalb einer kurzen Zeitspanne sichergestellt werden kann.

Die erfindungsgemässe Maschine ist durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 und das Verfahren zum Betrieb derselben durch diejenigen des Patentanspruchs 4 gekennzeichnet. Wenn gemäss der vorliegenden Erfindung der Spiegelstand des Wassers im Kanal innerhalb der verstellbaren Leitschaufeln der Stufe höchsten Druckes abzusenken ist, werden sämtliche verstellbaren Leitschaufeln dieser Stufe höchsten Druckes geschlossen und Luft wird nur einigen der Überströmkanäle zugeführt, in welchen ein tiefer Druck beibehalten wird. Daher kann sehr wohl eine gedrängt gebaute Luftzufuhrvorrichtung verwendet werden, beispielsweise ein Luftkompressor, welche eine kleine Luftfördermenge fördert und im Betrieb ökonomisch ist. Weiter ist die Steueranordnung zum Zuführen der Luft sehr stark vereinfacht, und weil der Luftdruck keinen axialen Druck auf die rotierenden Teile bewirkt, welcher axialer Druck diese in axialer Richtung zu verschieben versucht, ist ein sicherer Betrieb sichergestellt.

Der Spiegelstand des Wassers in der Laufradkammer der Stufe niedrigen Druckes wird durch die Druckluft abgesenkt, die in einem oberen Abschnitt des Saugrohrs vorhanden ist. Danach wird die Druckluft vom Überströmkanal her eingebracht und gleichzeitig der Entleerungsschieber des Entleerungsrohrs geöffnet, so dass der äussere Umfangsteil der Laufradkammern, ausgenommen die Laufradkammer der Stufe höchsten Druckes, über das Entleerungsrohr in Verbindung mit dem Saugrohr steht. Damit wird Wasser, welches im äusseren Umfangsteil der Laufradkammer der Stufe niedrigsten Druckes verbleibt, innerhalb einer kurzen Zeitspanne durch das Entleerungsrohr, welches damit verbunden ist, vollständig entleert, indem die Zentrifugalkraft des Laufradgehäuses der Stufe niedrigsten Druckes ausgenützt wird.

Darauf wird der Bereich, aus welchem Wasser durch die Druckluft ausgestossen wird, von der Stufe niedrigsten Druckes bis zur Stufe des höchsten Druckes ausgeweitet, derart, dass unstabile Zustände, welche durch die Einwirkung des Wassers eintreten, welches von der Laufradkammer jeder Stufe abgegeben wird, verhindert wird, so dass ein gleichförmiges Entleeren stattfindet.

In dieser Weise wird das Zuführen von Luft und das Entleeren des Wassers durchgeführt. Der Druck in der Laufradkammer der Stufe höchsten Druckes wird bis zu einem sicheren Druckwert abgesenkt, welcher höher ist als der vorbestimmte Druck. Darauf wird Wasser, welches im äusseren Umfangsteil der Laufradkammer der Stufe höchsten Druckes zurückbleibt, in das Saugrohr entleert. Durch die Zentrifugalkraft, welche in der Laufradkammer der Stufe höchsten Druckes wirkt und in welcher Kammer nun durch das Entleeren der Laufradkammern der Stufen niedrigeren Druckes ein genügend tieferer Druck vorherrscht, wird Wasser aus dieser einwandfrei entleert.

Wenn der Spiegelstand des Wassers im Spiralgehäuse abzusenken ist, muss das Spiralgehäuse mit der Umgebungsluft in Verbindung gebracht werden, so dass der Druck aufgehoben wird, der durch den Ablaufkanal auf das Saugrohr ausgeübt wird. Bei diesem Zustand wird Wasser, das in das Spiralgehäuse eingeführt wird, durch ein Entwässerungsrohr für das Spiralgehäuse in natürlicher Weise zum Saugrohr entleert. Damit wird der Spiegelstand des Wassers im Spiralgehäuse in sicherer Weise abgesenkt, so dass die Gefahr, dass Druckluft entsteht, behoben ist. Weiter leckt das Wasser im Spiralgehäuse nicht durch einen Raum zwischen den verstellbaren Leitschaufeln der Stufe höchsten Druckes und strömt auch nicht in die Laufradkammer der Stufe höchsten Druckes. Damit sind Leerlaufverluste klein gehalten, so dass ein ökonomischer Leerlaufbetrieb durchgeführt werden kann.

Wie oben beschrieben, ist für eine mehrstufige hydrau-

lische Maschine, die bei der Stufe höchsten Druckes verstellbare Leitschaufeln aufweist und die Laufräder aufweist, welche jeweils von der Stufe höchsten Druckes bis zur Stufe niedrigsten Druckes angeordnet sind und jeweils mittels Überströmkanälen verbunden sind, dann, wenn der Energieerzeugungsbetrieb bzw. Pumpenbetrieb zu einem entsprechenden Leerlaufbetrieb umgeschaltet werden soll, ein einfaches, schnelles, einwandfreies Verfahren geschaffen, das ein druckstossfreies Umschalten vom Energieerzeugungsbetrieb zum Pumpenbetrieb und umgekehrt erlauben kann.

Nachfolgend wird der Erfindungsgegenstand anhand der Zeichnungen beispielsweise näher erläutert. Er zeigt:

Fig. 1 einen Längsschnitt einer zweistufigen Francis-Pumpenturbine, bei welcher das Steuerverfahren einer ersten Ausführung angewendet ist, wenn der Spiegelstand des Wassers in einem Saugrohr abgesenkt ist,

Fig. 2 einen Längsschnitt einer Pumpenturbine in einem Betriebszustand, bei welchem Wasser in einem Überströmkanal entleert wird,

Fig. 3 einen Längsschnitt einer Pumpenturbine, wobei ein Wasserentleerungsbetrieb in einem Laufradgehäuse einer Stufe höchsten Druckes dargestellt ist,

Fig. 4 einen Längsschnitt einer Pumpenturbine, wobei ein Wasserentleerungsbetrieb in einem Spiralgehäuse dargestellt ist,

Fig. 5 einen schematischen Längsschnitt einer zweistufigen Francis-Pumpenturbine, bei welcher ein Steuerverfahren einer zweiten Ausführung angewendet wird, wenn der Spiegelstand des Wassers eines Saugrohrs abgesenkt wird, und

Fig. 6 einen Längsschnitt einer dreistufigen Francis-Pumpenturbine, bei welcher ein Steuerverfahren einer dritten Ausführung angewendet wird, wobei der Spiegelstand des Wassers eines Saugrohrs abgesenkt ist.

Eine erste Ausführung einer mehrstufigen hydraulischen Maschine gemäss der vorliegenden Erfindung wird im einzelnen unter Bezugnahme auf die Fig. 1 bis 4 beschrieben.

Bezugnehmend auf eine Ausbildung einer mehrstufigen hydraulischen Maschine, die in dieser Ausführung verwendet wird, wird eine zweistufige Francis-Pumpenturbine 10 als die mehrstufige hydraulische Maschine beschrieben. Die Pumpenturbine 10 weist eine Hauptwelle 12 auf, die vertikal verläuft. Ein Hochdrucklaufrad 14 und ein Niederdrucklaufrad 16 sind mit dieser Welle 12 verbunden. Das Hochdrucklaufrad 14 weist vom Niederdrucklaufrad 16 einen vorbestimmten Abstand entlang der Richtung der Achse der Hauptwelle 12 auf. Die Hauptwelle 12, das Hochdrucklaufrad 14 und das Niederdrucklaufrad 16 bilden die bewegbaren Glieder.

Um die oben erwähnten bewegbaren Glieder sind ortsfeste Glieder angeordnet. Diese ortsfesten Glieder sind mittels Beton mit dem Grund verbunden. Die ortsfesten Glieder enthalten einen ersten oberen Deckel 18 und einen ersten unteren Deckel 20, welche zusammen dazwischen eine Laufradkammer 22 für eine Hochdruckstufe bilden. Das Hochdrucklaufrad 14 ist in der Laufradkammer 22 der Hochdruckstufe angeordnet. Unterhalb des ersten unteren Deckels 20 sind ein zweiter oberer Deckel 24 und ein zweiter unterer Deckel 26 angeordnet, welche zusammen dazwischen eine Laufradkammer 28 der Niederdruckstufe beschreiben. Das Niederdrucklaufrad 16 ist in dieser Laufradkammer 28 der Niederdruckstufe angeordnet. Die Laufradkammer 22 der Hochdruckstufe steht über einen Überströmkanal 30 mit der Laufradkammer 28 der Niederdruckstufe in Verbindung. Eine Umlenkschaufel 32 ist ungefähr in der Mitte des Überströmkanals 30 angeordnet. Bei derje-

nigen Stelle des Überströmkanals 30, welche gegen die Laufradkammer 28 des Niederdruckläufers offen ist, ist eine Leitschaukel 34 angeordnet.

Ausserhalb der Laufradkammer 22 der Hochdruckstufe ist ein Spiralgehäuse 36 angeordnet. Das Innere dieses Spiralgehäuses 36 bildet eine Wirbelkammer 38. Der Auslass der Wirbelkammer 38 steht mit der Laufradkammer 22 der Hochdruckstufe in Verbindung. Der Einlass der Wirbelkammer 38 ist mittels eines Einlassschieber 40 (Abschlussorgan) mit dem Druckrohr 42 verbunden, welches mit einem höher gelegenen Speicher (nicht gezeigt) verbunden ist. Im Wasserkanal ausserhalb des Hochdrucklaufrades 14 ist eine Mehrzahl verstellbarer Leitschaukeln 44 angeordnet. Die verstellbaren Leitschaukeln 44 verlaufen koaxial zur Hauptwelle 12 und sind zwischen einer Stellung, in welcher sie den Wasserkanal abschliessen, und einer Stellung, in welcher sie diesen öffnen, schwenkbar. Das Öffnen der verstellbaren Leitschaukeln 44 wird mittels eines Leitschaukel-Steuerapparates (nicht gezeigt) durchgeführt.

Ein Ende eines gekrümmten Saugrohres 46 ist mit der Laufradkammer 28 der Niederdruckstufe verbunden. Das andere Ende des Saugrohres 46 steht über einen Auslassschieber 48 mit einem Auslasskanal 50 in Verbindung, welcher mit einem Unterwasserbecken (nicht gezeigt) in Verbindung steht.

Der äussere Umfangsteil der Laufradkammer 22 der Hochdruckstufe ist über ein erstes Entleerungsrohr 52 mit dem Saugrohr 46 verbunden. Ein erster Entleerungsschieber 54 ist an dem ersten Entleerungsrohr 52 angeordnet. Der äussere Umfangsteil der Niederdrucklaufradkammer 28 ist über ein zweites Entleerungsrohr 56 mit dem Saugrohr 46 verbunden. Am zweiten Entleerungsrohr 56 ist ein zweiter Entleerungsschieber 58 angeordnet. Weiter ist der obere Teil des Saugrohres 46 über ein Luftzufuhrrohr 60 mit einer Luftzufuhrvorrichtung (nicht gezeigt) verbunden. Bei dem Luftzufuhrrohr 60 ist ein Luftzufuhrschieber 62 angeordnet. Beim oberen Teil des Saugrohres 46 ist eine Vorrichtung 64 zum Abtasten des Spiegelstandes des Wassers angeordnet, welche Vorrichtung den Spiegelstand im Saugrohr 46 abtastet. In gleicher Weise ist ein Druckfühler 66, welcher den Druck in der Laufradkammer 22 der Stufe höchsten Druckes abtastet, in deren oberen Teil angeordnet.

Der obere Teil der Wirbelkammer 38 des Spiralgehäuses 36 steht über ein Entlüftungsrohr 68 mit der Aussenluft in Verbindung. Beim Entlüftungsrohr 68 ist ein Entlüftungsschieber 70 angeordnet. Weiter ist der ungefähr mittlere Abschnitt der Wirbelkammer 38 über ein Entleerungsrohr 72 des Spiralgehäuses mit dem Saugrohr 46 verbunden. Ein dritter Entleerungsschieber 74 ist beim Entleerungsrohr 72 des Spiralgehäuses angeordnet. Das Saugrohr 46 steht über einem nach aussen führenden Entleerungsrohr 76 mit einem (nicht gezeigten) Abzugskanal in Verbindung, der aussen angeordnet ist. Im nach aussen führenden Entleerungsrohr 76 ist ein vierter Entleerungsschieber 78 angeordnet.

Wenn die Pumpenturbine 10 gemäss der obigen Ausführung als Turbine betrieben wird, strömt Druckwasser von dem Druckrohr 42 durch den Einlassschieber 40, der offen ist, in die Wirbelkammer 38 ein. Das Druckwasser strömt an den verstellbaren Leitschaukeln 44 vorbei, die beim Aussenumfang der Laufradkammer 22 der Hochdruckstufe angeordnet sind, derart, dass das Hochdrucklaufrad 14 dreht. Das Wasser strömt über den Überströmkanal 30 in die Laufradkammer 28 der Niederdruckstufe, derart, dass das Niederdrucklaufrad 16 dreht. Folglich dreht die Hauptwelle 12. Darauf strömt das Wasser durch das Saugrohr 46 und den Auslassschieber 48 in den Auslasskanal 50.

Wenn die oben beschriebene Pumpenturbine 10 als Pumpe betrieben wird, wird die Hauptwelle 12 mittels eines Motors

(nicht gezeigt) in einer Richtung angetrieben, die entgegengesetzt zur Richtung beim Turbinenbetrieb verläuft. Daher strömt das Wasser, das zum Niederdrucklaufrad 16 gepumpt wird, vom Auslasskanal 50 zurück zum Druckrohr 42 und verfolgt einen Weg, der dem des Turbinenbetriebes entgegengesetzt verläuft.

Es wird nun ein Steuerverfahren beschrieben, bei welchem vom Energieerzeugungsbetrieb bzw. Pumpenbetrieb jeweils zum Leerlaufbetrieb dann umgeschaltet wird, wenn die erste Ausführung der vorliegenden Erfindung auf die oben beschriebene Pumpenturbine 10 angewendet wird. Um die Betriebsweise vom Energieerzeugungsbetrieb oder Pumpenbetrieb jeweils zum Leerlaufbetrieb umzuschalten, werden die verstellbaren Leitschaukeln 44 der Laufradkammer 22 der Hochdruckstufe und der Einlassschieber 40 gleichzeitig oder nacheinander vollständig geschlossen. Dann wird der Luftzufuhrschieber 62 des Luftzufuhrrohres 60, welches mit dem oberen Teil des Saugrohres 46 verbunden ist geöffnet, so dass Luft im oberen Teil des Saugrohres 46 zugeführt wird. Folglich wird der Spiegelstand des Wassers im Saugrohr 46 zum vorbestimmten Stand abgesenkt (siehe Fig. 1).

Wenn der Spiegelstand des Wassers im Saugrohr 46 den vorbestimmten Stand erreicht, wird dieser Zustand mittels des (nicht gezeigten) Druckfühlers festgestellt, der in der Laufradkammer 28 der Niederdruckstufe angeordnet ist oder durch die Abtastvorrichtung 64 für den Spiegelstand des Wassers, welche im Saugrohr 46 angeordnet ist. Einem Abtastsignal einer der zwei Abtastvorrichtungen folgend, wird der zweite Entleerungsschieber 58 geöffnet.

Nachfolgend ist der zweite Entleerungsschieber 58 offen, so dass Wasser, das im äusseren Umfangsbereich der Laufradkammer 28 der Niederdruckstufe verbleibt und im Überströmkanal 30 verbleibt, durch das Entleerungsrohr 56 der Niederdruckstufe zum Saugrohr 46 entleert wird (siehe Fig. 2).

Somit beginnt auch das Wasser aus der Laufradkammer 22 der Hochdruckstufe nachzuströmen und strömt durch den Überströmkanal 30 und das Entleerungsrohr 56 ebenfalls zum Saugrohr 46, und folglich beginnt sich der Druck in der Laufradkammer zu senken. Sobald der Druck in der Laufradkammer 22 der Hochdruckstufe unterhalb des vorbestimmten Wertes abgesenkt worden ist, ist der erste Entleerungsschieber 54 offen, so dass Wasser, das im äusseren Umfangsbereich der Laufradkammer 22 der Hochdruckstufe verbleibt, durch das Entleerungsrohr 52 der Hochdruckstufe zum Saugrohr 46 entleert.

Weiter, wenn der Spiegelstand des Wassers des Saugrohres 46 bei einem vorbestimmten Wert stabilisiert ist, wird dieser Zustand vom Druckfühler getastet, der bei einem oberen Abschnitt des Saugrohres 46 angeordnet ist und der Luftzufuhrschieber 62 des Luftzufuhrrohres 60 wird geschlossen. Somit wird keine Luft dem Saugrohr 46 zugeführt und die Betriebsweise jedes Laufrades wird zum Leerlaufbetrieb geschaltet (siehe Fig. 3).

Wenn der Druck in der Laufradkammer 22 der Hochdruckstufe den vorbestimmten Wert erreicht, wird dieser Zustand vom Druckfühler 66 getastet, der darin angeordnet ist. Das Abtastsignal des Druckfühlers 66 ist dem ersten Entleerungsschieber 54 zugeführt, so dass der Entleerungsschieber 54 geöffnet ist.

Der Spiegelstand des Wassers des Kanales mit den verstellbaren Leitschaukeln 44, der von den Laufradkammern 28 der Stufe niedrigeren Druckes zur Laufradkammer 22 der Stufe hohen Druckes verläuft, welche geschlossen sind, wird durch den Luftzufuhr/Entleerungsbetrieb gesenkt. Der Spiegelstand des Wassers im Spiralgehäuse 36, das als äusserer Kanal der verstellbaren Leitschaukeln 44 beschrieben ist, wird in folgender Weise gesenkt.

Im Leerlaufbetrieb ist der Auslassschieber 48 des Saugrohrs 46 geschlossen. Danach ist der dritte Entleerungsschieber 74 offen und der Entlüftungsschieber 70 und der vierte Entleerungsschieber 78 des Saugrohrs 48 gleichzeitig offen. Somit steht das Spiralgehäuse 36 über dem Entlüftungsröhr 68 mit der Umgebung in Verbindung, so dass Wasser, das im Spiralgehäuse 36 verbleibt, in natürlicher Weise durch ein Entleerungsröhr 72 des Spiralgehäuses zum Saugrohr 46 abgegeben wird. Andererseits wird Wasser, das im Saugrohr 46 vorhanden ist, durch das nach aussen führende Entleerungsröhr 76 zum aussen gelegenen Abzugsgraben abgelassen. In dieser Weise wird der Spiegelstand des Wassers im Spiralgehäuse 36 gesenkt (siehe Fig. 4). Der dritte Entleerungsschieber 74, der Entlüftungsschieber 70 des Spiralgehäuses und der vierte Entleerungsschieber 78 werden betätigt, sobald oder nachdem der Auslassschieber 48 des Saugrohrs 46 vollständig geschlossen worden ist. Dieser vollständig geschlossene Zustand wird mittels eines Grenzsalters (nicht gezeigt) festgestellt oder mittels einer Zeitgebervorrichtung (nicht gezeigt) bestimmt, welche die Betriebsweise voreinstellt, in welcher der dritte Entleerungsschieber 74, der Entlüftungsschieber 70 des Spiralgehäuses und der vierte Entleerungsschieber 78 arbeiten, nachdem der vollständig offene Zustand des Auslassschalters 48 des Saugrohrs 46 festgestellt ist. Ein vom Endschalter oder der Zeitgebervorrichtung stammendes Ermittlungssignal wird dem dritten Entleerungsschieber 74, dem Entlüftungsschieber 70 des Spiralgehäuses und dem vierten Entleerungsschieber 48 zugeführt, so dass diese Schieber 74, 70 und 78 gleichzeitig oder nacheinander geöffnet sind.

Die vorliegende Erfindung ist nicht auf das besondere, oben beschriebene Ausführungsbeispiel beschränkt. Innerhalb des Geistes und des Geltungsbereiches der vorliegenden Erfindung können verschiedene Änderungen und Modifikationen gemacht werden.

Beispielsweise wird, wie in der Fig. 5 gezeigt ist, eine zweistufige Francis-Pumpenturbine 80 gemäss einer zweiten Ausführung der vorliegenden Erfindung beschrieben. Teile, die im ersten und im zweiten Ausführungsbeispiel gleich sind, sind mit derselben Bezugsziffer bezeichnet, und entsprechend ist eine Einzelbeschreibung dieser Teile der zweiten Ausführung weggelassen. Ein Ende eines Luftzufuhrrohrs 82 ist mit einem Teil des Überströmkanals 30 neben dem Auslassabschnitt der Laufradkammer 22 der Hochdruckstufe verbunden. Das andere Ende des Luftzufuhrrohrs 82 ist mit einer Luftzufuhrvorrichtung (nicht gezeigt) verbunden. Im

Luftzufuhrrohr 82 ist ein Luftzufuhrschieber 84 angeordnet. Diese Luftzufuhrvorrichtung kann zusätzlich zu ihrer ursprünglichen Betriebsweise als Luftzufuhrvorrichtung arbeiten, wie in der ersten Ausführung beschrieben ist.

5 Wenn das Steuerverfahren auf die Pumpenturbine 80 angewendet wird, ist der Entleerungsbebetrieb im Überströmkanal 30 von demjenigen, das auf die Pumpenturbine 10 der ersten Ausführung angewendet ist, verschieden. Wenn der Spiegelstand des Wassers des Saugrohrs 46 zum vorbestimmten Spiegelstand abgesenkt ist, ist der Luftzufuhrschieber 62 geschlossen und der Betrieb des Zuführens von Luft vom oberen Teil des Saugrohrs 46 unterbrochen. 10 Nachher ist der Luftzufuhrschieber 84 offen, so dass Luft im oberen Teil des Überströmkanals 30 zugeführt ist. Wenn dieser Luftzufuhrbetrieb eingeleitet ist, ist der zweite Entleerungsschieber 58 offen, so dass Wasser, das in der Laufradkammer 28 der Niederdruckstufe verbleibt und im Überströmkanal 30 verbleibt, in das zweite Entleerungsröhr 56 der Niederdruckstufe zum Saugrohr 46 abgegeben wird. 15

In dieser Weise wird gemäss der zweiten Ausführung der vorliegenden Erfindung das Wasser, das in der Laufradkammer der Niederdruckstufe und im Überströmkanal 30 verbleibt, unter Krafteinwirkung verdrängt, indem Druckluft zugeführt wird, zusätzlich zur Zentrifugalkraft, die zu diesem Zweck ausgenützt wird. Damit wird das Wasser, das im Überströmkanal 30 verbleibt, im Vergleich mit dem Verfahren, das in der ersten Ausführung verwendet wird, vollständig ausgestossen. 20

In der obigen Ausführung ist das Steuerverfahren für eine zweistufige Francis-Pumpenturbine diskutiert worden. Die vorliegende Erfindung ist nicht auf diese begrenzt, sondern kann auf Pumpenturbinen erstreckt werden, die drei oder mehr Stufen aufweisen. Beispielsweise kann das Steuerverfahren auf eine dreistufige Francis-Pumpenturbine aus- 25 geweitet werden, dies entsprechend einer dritten Ausführung, wie in der Fig. 6 gezeigt ist, oder auf nur Pumpen, und nur Turbinen. In den obigen Ausführungen sind die verstellbaren Leitschaufeln in der Laufradkammer der Stufe höchsten Druckes angeordnet. 30

Jedoch können verstellbare Leitschaufeln zusätzlich in jeder Laufradkammer der niedrigen Druckstufe angeordnet sein. In diesem Falle werden diese weiteren verstellbaren Leitschaufeln während dem beschriebenen Betrieb offenbleiben und nach wie vor nur die Leitschaufeln der Stufe höchsten Druckes geschlossen. 35 40 45

FIG. 1

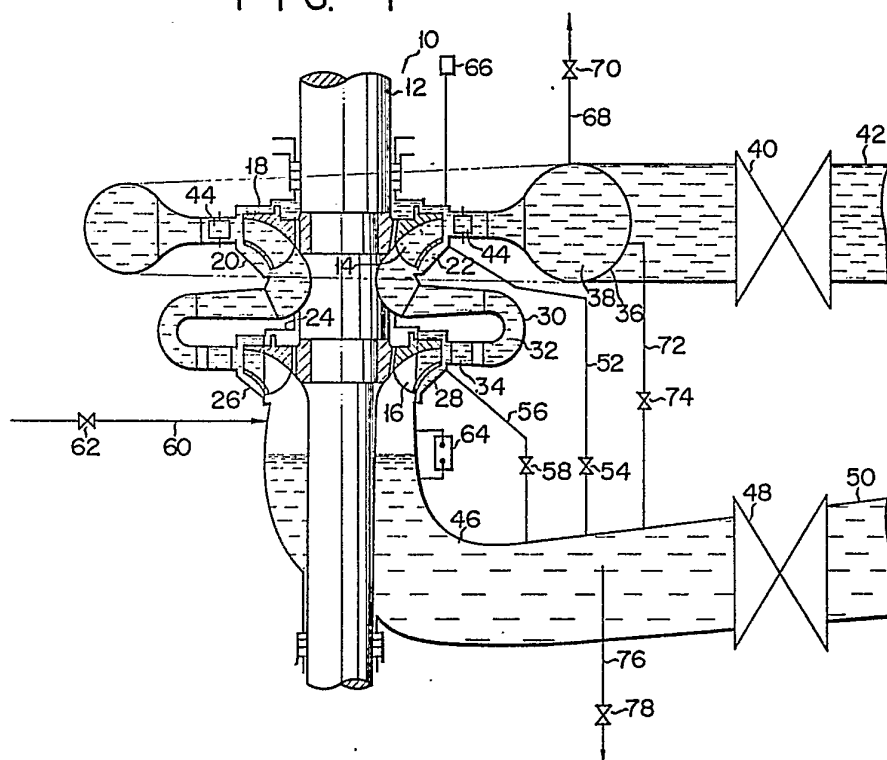


FIG. 2

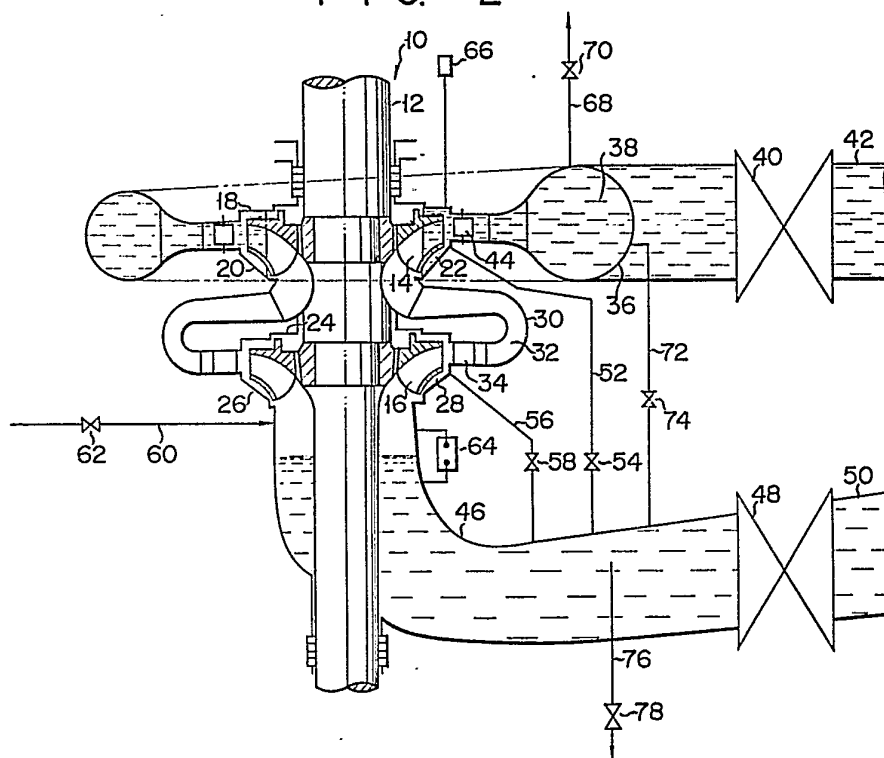


FIG. 3

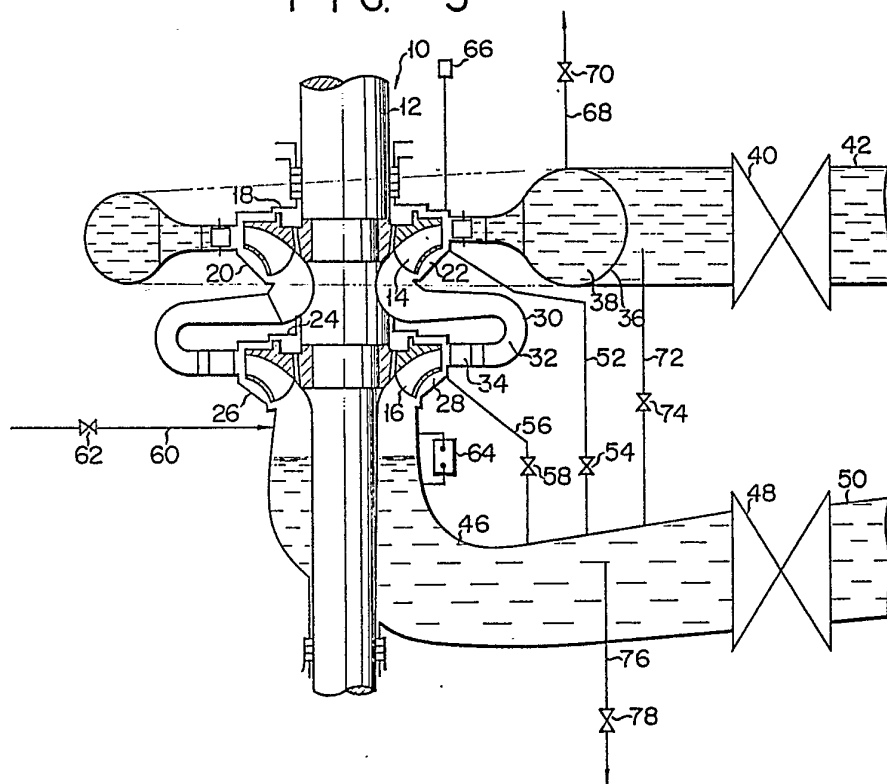


FIG. 4

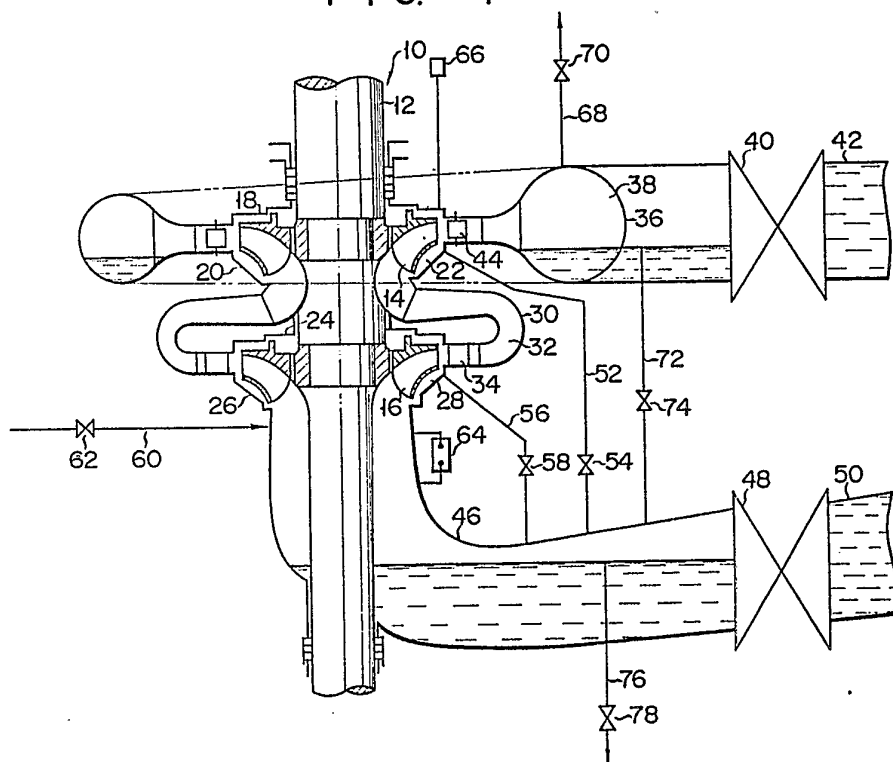


FIG. 5

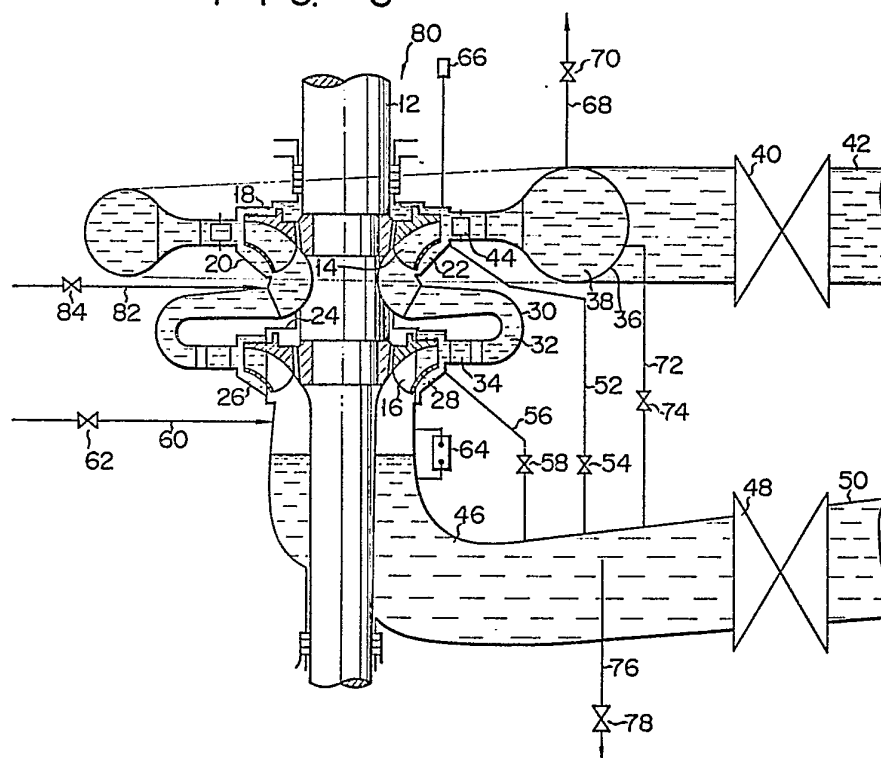


FIG. 6

