

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4141780号
(P4141780)

(45) 発行日 平成20年8月27日(2008.8.27)

(24) 登録日 平成20年6月20日(2008.6.20)

(51) Int.Cl.

F I

F O 3 B 15/04 (2006.01)

F O 3 B 15/04

F

F O 3 B 15/04

L

請求項の数 6 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2002-283149 (P2002-283149)
 (22) 出願日 平成14年9月27日(2002.9.27)
 (65) 公開番号 特開2004-116449 (P2004-116449A)
 (43) 公開日 平成16年4月15日(2004.4.15)
 審査請求日 平成16年12月27日(2004.12.27)

(73) 特許権者 000003078
 株式会社東芝
 東京都港区芝浦一丁目1番1号
 (74) 代理人 100145816
 弁理士 鹿股 俊雄
 (74) 代理人 100087332
 弁理士 猪股 祥晃
 (74) 代理人 100081189
 弁理士 猪股 弘子
 (72) 発明者 小宮 浩
 神奈川県横浜市鶴見区末広町2丁目4番地
 株式会社東芝 京浜事業所内
 (72) 発明者 村山 淳
 神奈川県横浜市鶴見区末広町2丁目4番地
 株式会社東芝 京浜事業所内
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ポンプ水車およびその運転制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

揚水運転と発電運転とを切り替えて運転されるポンプ水車の運転制御方法において、
 前記ポンプ水車は、上下カバー内のランナ室に回転自由に主軸に取り付けられたランナと、前記ランナ室を包囲するケーシングと、前記ケーシングへの流路を閉止するための入口弁と、前記ランナ室の外周部に複数設けられ当該ランナ室へ流入もしくは当該ランナ室から流出する水の流量を調整する可動ガイドベーンと、発電運転時に前記ランナ室を出た流水を導く吸い出し管と、前記主軸に取り付けられた発電電動機とを有し、

ポンプ水車が揚水運転を停止し発電運転に移行する場合に、揚水運転停止操作中に発電電動機を系統から電氣的に解列し、前記可動ガイドベーンが全閉となり、かつ前記入口弁が全閉もしくは全閉近傍となった時点で前記可動ガイドベーンを開き、前記ランナが停止したら可動ガイドベーンを再び全閉にし、ついで入口弁の開操作を開始し、可動ガイドベーンを発電運転における無負荷開度に設定して発電運転に移行する、

ことを特徴とするポンプ水車の運転制御方法。

【請求項2】

揚水運転と発電運転とを切り替えて運転されるポンプ水車の運転制御方法において、
 前記ポンプ水車は、上下カバー内のランナ室に回転自由に主軸に取り付けられたランナと、前記ランナ室を包囲するケーシングと、前記ケーシングへの流路を閉止するための入口弁と、前記ランナ室の外周部に複数設けられ当該ランナ室へ流入もしくは当該ランナ室から流出する水の流量を調整する可動ガイドベーンと、発電運転時に前記ランナ室を出た

10

20

流水を導く吸い出し管と、前記主軸に取り付けられた発電電動機とを有し、

ポンプ水車が揚水運転を停止し発電運転に移行する場合に、揚水運転停止操作中に発電電動機を系統から電氣的に解列し、前記可動ガイドベーンが全閉となり、かつ前記入口弁が全閉もしくは全閉近傍となった時点で前記可動ガイドベーンを開き、前記ランナの揚水運転方向への回転が予め定めた設定回転速度となった時点で可動ガイドベーンを予め定めた小開度まで閉じるとともに入口弁の開操作を開始し、ランナの回転方向が発電運転方向に転換したら、可動ガイドベーンを発電運転における無負荷開度に設定して発電運転に移行する、

ことを特徴とするポンプ水車の運転制御方法。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 に記載のポンプ水車の運転制御方法において、

前記ポンプ水車は、前記ランナ室の側圧室或いはランナ外周室と前記吸出し管との間を弁を介して連通するランナ室排水管を備え、

前記揚水運転を停止し発電運転に移行する場合に、揚水運転の停止に伴って前記可動ガイドベーンを全閉とした時点で前記ランナ室排水管の弁を開き、その後、前記ランナが停止したら前記ランナ室排水管の弁を閉じる、

ことを特徴とするポンプ水車の運転制御方法。

【請求項 4】

請求項 1 または 2 に記載のポンプ水車の運転制御方法において、

前記ポンプ水車は、前記ケーシングと吸い出し管との間を、前記可動ガイドベーンおよびランナ室を通さずに弁を介して連通するケーシング排水管を備え、

揚水運転を停止し発電運転に移行する場合に、前記可動ガイドベーンを開くときにケーシング排水管の弁を開き、その後、前記可動ガイドベーンが全閉または小開度まで閉じるときに前記ケーシング排水管の弁を閉じる、

ことを特徴とするポンプ水車の運転制御方法。

【請求項 5】

上下カバー内のランナ室に回転自由に主軸に取り付けられたランナと、前記ランナ室を包囲するケーシングと、前記ケーシングへの流路を閉止するための入口弁と、前記ランナ室の外周部に複数設けられ当該ランナ室へ流入もしくは当該ランナ室から流出する水の流量を調整する可動ガイドベーンと、発電運転時に前記ランナ室を出た流水を導く吸い出し管と、前記主軸に取り付けられた発電電動機とを有し、揚水運転と発電運転とを切り替えて運転されるポンプ水車において、

ポンプ水車が揚水運転を停止し発電運転に移行する場合に、揚水運転停止操作中に発電電動機を系統から電氣的に解列し、前記可動ガイドベーンが全閉となり、かつ前記入口弁が全閉もしくは全閉近傍となった時点で前記可動ガイドベーンを開き、前記ランナが停止したら可動ガイドベーンを再び全閉にし、ついで入口弁の開操作を開始し、可動ガイドベーンを発電運転における無負荷開度に設定して発電運転に移行する制御装置を備える、

ことを特徴とするポンプ水車。

【請求項 6】

上下カバー内のランナ室に回転自由に主軸に取り付けられたランナと、前記ランナ室を包囲するケーシングと、前記ケーシングへの流路を閉止するための入口弁と、前記ランナ室の外周部に複数設けられ当該ランナ室へ流入もしくは当該ランナ室から流出する水の流量を調整する可動ガイドベーンと、発電運転時に前記ランナ室を出た流水を導く吸い出し管と、前記主軸に取り付けられた発電電動機とを有し、揚水運転と発電運転とを切り替えて運転されるポンプ水車において、

ポンプ水車が揚水運転を停止し発電運転に移行する場合に、揚水運転停止操作中に発電電動機を系統から電氣的に解列し、前記可動ガイドベーンが全閉となり、かつ前記入口弁が全閉もしくは全閉近傍となった時点で前記可動ガイドベーンを開き、前記ランナの揚水運転方向への回転が予め定めた設定回転速度となった時点で可動ガイドベーンを予め定めた小開度まで閉じるとともに入口弁の開操作を開始し、ランナの回転方向が発電運転方向

10

20

30

40

50

に転換したら、可動ガイドベーンを発電運転における無負荷開度を設定して発電運転に移行する制御装置を備える、

ことを特徴とするポンプ水車。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明はポンプ水車およびその運転制御方法に係わり、特に揚水運転から発電運転に切り替える際の運転制御に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年の電力自由化に伴って盛んになりつつある電力の売買においては、単に発生する電力の量だけでなく電力の質的価値にも目が向けられるようになってきている。

【0003】

一般に、電力系統を安定に保つためには、急激な負荷変動にどれだけ俊敏に対応できるかが非常に重要である。したがって、急激な負荷変動に俊敏に対応して電力調整を行なうことが必要とされており、このような観点から近年、揚水発電所の重要性が見直されつつある。

【0004】

揚水発電所に設置されるポンプ水車は、発電電動機が接続されて発電運転と揚水運転の両者を行なうように構成されており、揚水運転で余分な電力を吸収し、発電運転で吸収した電力を放出できるため、定格容量のほぼ2倍の電力調整が可能である。また、火力、原子力といった他の発電方式と比較して起動停止に要する時間が短く、上記のような急激な負荷変動に俊敏に対応した電力調整を行なうのに適している。

【0005】

このような揚水発電所においてポンプ水車を揚水運転から発電運転へ切り替える場合、従来ではポンプ水車の安全面重視の観点から、揚水運転状態から可動ガイドベーンを全閉して入口弁を閉鎖する通常の揚水運転停止時と同様の手順で一旦ポンプ水車を停止させ、その後通常の水車運転起動時と同様に入口弁、ガイドベーンを開いて発電運転を開始していた。このため従来の技術では、揚水運転状態から発電運転状態へ切り替えるまでに、6分以上の時間を要していた。

【0006】

また、このような揚水運転から発電運転への切り替え時間を短縮する技術として、特許文献1に開示されているように、揚水停止時に可動ガイドベーンを小開度に保持し、入口弁を全開としたままポンプ水車への軸入力を遮断することでポンプ水車を急速停止させてそのまま発電運転に移行させる、クイックチェンジが試みられている。この特許文献1の技術は、クイックチェンジを行なう際に、ポンプ水車の振動、軸振れ、水圧脈動を検出してこの値が規定値より小さい場合ガイドベーンを小開度に保持し、規定値より大きい場合、ガイドベーンを全閉とするよう制御することで、揚水運転から発電運転へ移行する際に過大な振動、軸振れ、水圧脈動等が発生してこれらがポンプ水車に悪影響を及ぼすことを防止するものである。

【0007】

【特許文献1】

特開平4-159457号公報

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

特許文献1にも記載されている通り、ポンプ水車への入力を遮断した後ランナの回転速度が低下するまでは、ランナの回転方向は揚水運転方向であるのに対して、水流は発電運転方向となるためポンプ水車には過大な振動、ポンプ水車の回転軸の軸振れ、また過渡的流体力に伴う水圧脈動などが発生する。しかしながら特許文献1の技術を用いた場合でも、ほとんどの場合でこれらの振動、軸振れ、また水圧脈動の値がポンプ水車に悪影響を及ぼ

10

20

30

40

50

さない規定値よりも大きくなってしまい、結果的に通常の揚水停止時と同様にガイドベーンを閉鎖せざるを得ず、この方法で安全かつ確実に実施できない。

【 0 0 0 9 】

本発明の目的は、ポンプ水車に発生する軸振れ、振動、水圧脈動を抑制し、安全かつ短時間に揚水運転から発電運転に移行できるポンプ水車およびその運転制御方法を提供することにある。

【 0 0 1 0 】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するため、本発明の一つの態様では、揚水運転と発電運転とを切り替えて運転されるポンプ水車の運転制御方法において、前記ポンプ水車は、上下カバー内のランナ室に回転自由に主軸に取り付けられたランナと、前記ランナ室を包囲するケーシングと、前記ケーシングへの流路を閉止するための入口弁と、前記ランナ室の外周部に複数設けられ当該ランナ室へ流入もしくは当該ランナ室から流出する水の流量を調整する可動ガイドベーンと、発電運転時に前記ランナ室を出た流水を導く吸い出し管と、前記主軸に取り付けられた発電電動機とを有し、ポンプ水車が揚水運転を停止し発電運転に移行する場合に、揚水運転停止操作中に発電電動機を系統から電氣的に解列し、前記可動ガイドベーンが全閉となり、かつ前記入口弁が全閉もしくは全閉近傍となった時点で前記可動ガイドベーンを開き、前記ランナが停止したら可動ガイドベーンを再び全閉にし、ついで入口弁の開操作を開始し、可動ガイドベーンを発電運転における無負荷開度に設定して発電運転に移行する、ことを特徴とする。

【 0 0 1 1 】

また、本発明の他の一つの態様では、揚水運転と発電運転とを切り替えて運転されるポンプ水車の運転制御方法において、前記ポンプ水車は、上下カバー内のランナ室に回転自由に主軸に取り付けられたランナと、前記ランナ室を包囲するケーシングと、前記ケーシングへの流路を閉止するための入口弁と、前記ランナ室の外周部に複数設けられ当該ランナ室へ流入もしくは当該ランナ室から流出する水の流量を調整する可動ガイドベーンと、発電運転時に前記ランナ室を出た流水を導く吸い出し管と、前記主軸に取り付けられた発電電動機とを有し、ポンプ水車が揚水運転を停止し発電運転に移行する場合に、揚水運転停止操作中に発電電動機を系統から電氣的に解列し、前記可動ガイドベーンが全閉となり、かつ前記入口弁が全閉もしくは全閉近傍となった時点で前記可動ガイドベーンを開き、前記ランナの揚水運転方向への回転が予め定めた設定回転速度となった時点で可動ガイドベーンを予め定めた小開度まで閉じるとともに入口弁の開操作を開始し、ランナの回転方向が発電運転方向に転換したら、可動ガイドベーンを発電運転における無負荷開度に設定して発電運転に移行する、ことを特徴とする。

【 0 0 1 2 】

また、本発明の他の一つの態様では、上下カバー内のランナ室に回転自由に主軸に取り付けられたランナと、前記ランナ室を包囲するケーシングと、前記ケーシングへの流路を閉止するための入口弁と、前記ランナ室の外周部に複数設けられ当該ランナ室へ流入もしくは当該ランナ室から流出する水の流量を調整する可動ガイドベーンと、発電運転時に前記ランナ室を出た流水を導く吸い出し管と、前記主軸に取り付けられた発電電動機とを有し、揚水運転と発電運転とを切り替えて運転されるポンプ水車において、ポンプ水車が揚水運転を停止し発電運転に移行する場合に、揚水運転停止操作中に発電電動機を系統から電氣的に解列し、前記可動ガイドベーンが全閉となり、かつ前記入口弁が全閉もしくは全閉近傍となった時点で前記可動ガイドベーンを開き、前記ランナが停止したら可動ガイドベーンを再び全閉にし、ついで入口弁の開操作を開始し、可動ガイドベーンを発電運転における無負荷開度に設定して発電運転に移行する制御装置を備える、ことを特徴とする。

【 0 0 1 3 】

また、本発明の他の一つの態様では、上下カバー内のランナ室に回転自由に主軸に取り付けられたランナと、前記ランナ室を包囲するケーシングと、前記ケーシングへの流路を閉止するための入口弁と、前記ランナ室の外周部に複数設けられ当該ランナ室へ流入もし

くは当該ランナ室から流出する水の流量を調整する可動ガイドベーンと、発電運転時に前記ランナ室を出た流水を導く吸い出し管と、前記主軸に取り付けられた発電電動機とを有し、揚水運転と発電運転とを切り替えて運転されるポンプ水車において、ポンプ水車が揚水運転を停止し発電運転に移行する場合に、揚水運転停止操作中に発電電動機を系統から電氣的に解列し、前記可動ガイドベーンが全閉となり、かつ前記入口弁が全閉もしくは全閉近傍となった時点で前記可動ガイドベーンを開き、前記ランナの揚水運転方向への回転が予め定めた設定回転速度となった時点で可動ガイドベーンを予め定めた小開度まで閉じるとともに入口弁の開操作を開始し、ランナの回転方向が発電運転方向に転換したら、可動ガイドベーンを発電運転における無負荷開度に設定して発電運転に移行する制御装置を備える、ことを特徴とする。

10

【 0 0 1 4 】

【発明の実施の形態】

本発明のポンプ水車およびその運転制御方法の実施の形態を図を参照して以下に説明する。ここで、互いに共通または類似の部分には共通の符号を付して、重複説明は省略する。

【 0 0 1 5 】

〔第 1 の実施の形態〕

図 1 は、本発明に係るポンプ水車の運転制御方法の第 1 の実施の形態に係るポンプ水車を示す。ランナ 1 は、ランナ室 4 内に収められ、鉛直軸の周りに自由に回転できるようになっている。ランナ室 4 は、上カバー 2 と下カバー 3 にはさまれて形成されている。水車運転すなわち発電運転のときは、図示しない上池から鉄管 5 によって導かれる高圧水は、入口弁 7 を通ってケーシング 6 に入り、さらに可動ガイドベーン 8 の間隙を通して、ランナ室 4 に入ってランナ 1 を回転駆動する。ランナ室 4 を出た水は吸い出し管 9 を経て図示しない下池へ放水される。ランナ 1 は、主軸 10 を介して、図示しない発電電動機に結合されており、これによって発電を行なう。

20

【 0 0 1 6 】

また、ポンプ運転すなわち揚水運転のときは、発電電動機に電気エネルギーを供給して電動機として用い、ランナ 1 を発電運転のときと逆方向に回転させてポンプとして、下池の水を上池へと逆流させる。

【 0 0 1 7 】

このうち、可動式ガイドベーン 8 は、ランナ室 4 の外周部に沿って複数枚設けられており、その開度を調整することによってランナ室 4 内に流入、もしくはランナ室 4 内から流出する水の流量を調整することができる。また、入口弁 7 は、鉄管 5 とケーシング 6 との間に設けられ、前記ケーシングへの流路を閉止するための止水弁であり、緊急時のために単独で全流水の遮断ができよう構成されているが、通常は流水遮断の負荷を作用させないように開閉される。

30

【 0 0 1 8 】

なお図 1 に示すように、下カバー 3 の内面とランナ 1 の下部の間には側圧室 4 a が形成され、ランナ 1 とその外側の可動ガイドベーン 8 の間にはランナ外周室 4 b が形成されている。

【 0 0 1 9 】

このポンプ水車には制御装置 40 が設けられており、これによって、発電電動機を電氣的に並列・解列したり、入口弁 7 や可動ガイドベーン 8 の開度調整等を適時にできるようになっている。また、そのために、例えばランナ 1 の回転速度が検出され、その検出結果が制御装置 40 に送られるようになっている。

40

【 0 0 2 0 】

次に、上記ポンプ水車の運転制御方法について、図 1 と図 2 を用いて説明する。揚水運転から発電運転への切り替え指令が出ると、まず可動ガイドベーン 8 を閉じ始め、可動ガイドベーン 8 が全閉、もしくは予め定めた解列開度になった時点で主軸 10 を駆動している発電電動機の入力を遮断して解列を行なう。また可動ガイドベーン 8 が全閉となるか、その近傍となった時点で入口弁 7 の閉鎖を開始する。

50

【 0 0 2 1 】

なお、ここまでの運転制御方法については通常の揚水停止時と同様なものとしたが、揚水停止の方法はこれに限らず、例えば揚水運転中に発電電動機の入力を遮断し、可動ガイドベーン 8 と入口弁 7 とを急閉鎖する等、種々の方法で行なうことが可能である。

【 0 0 2 2 】

可動ガイドベーン 8 が閉じると、ランナ 1 の回転速度は機械損失やランナ室 4 内での攪拌損失等で低下し始めるが、そのまま放置して停止を待つには時間を要する。そこで、入口弁 7 が全閉もしくは全閉近傍になったら再び可動ガイドベーン 8 を全開まで開く。そうするとランナ室 4 内での攪拌損失が可動ガイドベーン全閉時よりも増加するため、ランナ 1 の停止時間が短縮される。

10

【 0 0 2 3 】

このとき、入口弁 7 は全閉になっているので、ランナ 1 に流水が衝突するようなことはなく、ポンプ水車に過大な軸振れ、振動、水圧脈動等が生じることとはなく、安全にランナ 1 を停止させることができる。

【 0 0 2 4 】

ランナ 1 が停止したら、一旦可動ガイドベーン 8 を全閉にし、ついで入口弁 7 を開ける操作を開始し、可動ガイドベーン 8 を発電運転における無負荷開度に設定し通常の発電運転操作に移行する。

【 0 0 2 5 】

このように本実施の形態によれば、入口弁 7 が閉鎖するかその近傍となった時点で可動ガイドベーン 8 を全開にすることで攪拌損失を増大させるので、ポンプ水車に過大な軸振れ、振動、水圧脈動等を生じさせることなく揚水運転方向に回っていたランナ 1 の回転速度を従来と比較して早く低下させることができる。したがって、揚水運転から発電運転への全体的な切り替え時間を安全かつ確実に短縮できる。

20

【 0 0 2 6 】

[第 2 の実施の形態]

次に、本発明に係るポンプ水車の運転制御方法の第 2 の実施の形態を説明する。ここで用いられるポンプ水車は図 1 に示した上記第 1 の実施の形態のものと共通である。第 2 の実施の形態におけるポンプ水車の運転制御方法を図 3 に示す。

【 0 0 2 7 】

揚水運転から発電運転への切り替え指令が出ると、第 1 の実施の形態と同様に可動ガイドベーン 8 , 入口弁 7 の閉鎖、および発電電動機の解列を適宜行なう。さらに、第 1 の実施の形態と同様に、可動ガイドベーン 8 が全閉となり入口弁 7 が全閉もしくは全閉近傍となった時点で、再び可動ガイドベーン 8 のみを全開とし、これによってランナ 1 の攪拌損失を増加させてランナ 1 の回転速度の低下を早める。

30

【 0 0 2 8 】

そして本実施の形態においては次に、ランナ 1 の回転速度が設定回転速度まで低下した時点で、可動ガイドベーン 8 を予め設定された小開度まで閉じる操作と入口弁 7 を開ける操作を行なう。この操作により、揚水運転方向に回転しているランナ 1 の外周部に鉄管 5 からの流水が衝突し、ランナ 1 の回転を止めるブレーキの役割を果たす。

40

【 0 0 2 9 】

ここで、上記設定回転速度は、揚水運転方向に回転するランナ 1 に流水が衝突しても過大な軸振れ、振動、水圧脈動等を生じない 0 以上の任意の値に予め設定しておく。

【 0 0 3 0 】

この状態を維持しておくとしランナ 1 は停止し、ついで発電運転方向に回転し始める。そしてランナ 1 の回転が発電運転方向に転換したら、可動ガイドベーン 8 を発電運転における無負荷開度に設定し通常の発電運転に移行する。

【 0 0 3 1 】

このように本実施の形態によれば、入口弁 7 が閉鎖するかその近傍となった時点で可動ガイドベーン 8 を全開とし、攪拌損失を増大させて揚水運転方向に回っていたランナ 1 の回

50

転速度を低下させ、その回転速度がランナに流水が衝突しても過大な軸振れ、振動、水圧脈動等を生じない設定回転速度まで低下した時点でさらに可動ガイドベーン 8 を予め設定された小開度に設定して入口弁 7 を開くので、ランナ 1 の回転速度を早く低下させることができる。したがって、揚水運転から発電運転への全体的な切り替え時間を安全かつ確実に短縮できる。

【 0 0 3 2 】

なお、本実施の形態において可動ガイドベーン 8 を小開度とし入口弁 7 を開く操作を開始するトリガーとなる上記設定回転速度を 0 に設定することも可能である。この場合、揚水運転方向に回転するランナ 1 の停止は第 1 の実施の形態と同様に攪拌損失によるが、ランナ 1 の回転速度が 0、すなわちランナ 1 が停止すると可動ガイドベーン 8 が小開度となり入口弁 7 が開き始めるので、ランナ 1 は直ちに発電運転方向に回転を始める。このため、全体としての切り替え時間は従来と比較して短縮される上、ランナ 1 が停止するまでは流水がランナ 1 に衝突しないので、ポンプ水車に過大な軸振れ、振動、水圧脈動等が生じることがない。

【 0 0 3 3 】

また、揚水運転方向に回転するランナ 1 に流水を衝突させる時の可動ガイドベーン 8 の開度については、揚水運転方向に回転するランナ 1 に流水が衝突しても過大な軸振れ、振動、水圧脈動等を生じない開度とすればよいので、図 2 に示したように発電運転時の無負荷開度より大きい開度に限るものではない。さらに、このとき可動ガイドベーン 8 を一定開度に保持する必要もなく、例えば入口弁 7 の開度の増大にあわせて可動ガイドベーン開度を小さくしてもよい。このようにした場合は、入口弁 7 の開口面積が広がることによる流量増加を可動ガイドベーン 8 の開度を小さくすることで相殺できるので、入口弁 7 を開く際の負荷を低減し、流水の衝突によってランナ 1 の回転に作用させるブレーキ力を一定とすることが可能となる。このため、機器の安全性をより向上させることができる。

【 0 0 3 4 】

[第 3 の実施の形態]

図 4 は、本発明に係るポンプ水車の運転制御方法の第 3 の実施の形態に係るポンプ水車を示す。図 1 の構成と比べて、ランナ室 4 のランナ外周室 4 b と吸い出し管 9 との間を弁 3 1 を介して連通するランナ外周室排水管 1 1 を備えるようにした点が異なる。或いは、ランナ室 4 の側圧室 4 a と吸い出し管 9 との間を弁 3 2 を介して連通する側圧室排水管 1 2 を備えるようにした点が異なる。

【 0 0 3 5 】

次に、第 3 の実施の形態におけるポンプ水車の運転制御方法を図 5 を用いて説明する。揚水運転から発電運転への切り替え指令が出ると、第 1 の実施の形態と同様に可動ガイドベーン 8、入口弁 7 の閉鎖、および発電電動機の解列を適宜行なう。さらに、第 1 の実施の形態と同様に、可動ガイドベーン 8 が全閉となり入口弁 7 が全閉もしくは全閉近傍となった時点で、再び可動ガイドベーン 8 のみを全開とし、これによってランナ 1 の攪拌損失を増加させてランナ 1 の回転速度の低下を早める。

【 0 0 3 6 】

本実施の形態はこれに加え、可動ガイドベーン 8 が全閉になった時点でランナ室 4 のランナ外周室 4 b と吸い出し管 9 との間を弁 3 1 を介して連通するランナ外周室排水管 1 1、或いはランナ室 4 の側圧室 4 a と吸い出し管 9 との間を弁 3 2 を介して連通する側圧室排水管 1 2 の弁 3 1、3 2 のうち少なくとも一方を開く操作を行なう。すると、揚水運転方向に回転するランナ 1 の作用によってランナ室 4 内の水がこれらのランナ外周室排水管 1 1、側圧室排水管 1 2 を介して吸い出し管 9 へと流れる。

【 0 0 3 7 】

したがって、可動ガイドベーン 8 が全開となることによってランナ 1 の攪拌損失が増加する以外に、ランナ室 4 内の水をランナ外周室排水管 1 1 や側圧室排水管 1 2 を介して吸い出し管 9 へと流すためにランナ 1 の回転エネルギーが費やされることになるため、これらの排水管 1 1、1 2 を用いない場合に比べて揚水運転方向に回転するランナ 1 の回転速度を

早く低下させることができる。

【 0 0 3 8 】

そしてランナ 1 が停止したら、第 1 の実施の形態と同様に一旦可動ガイドベーン 8 を全閉にするとともに、開いているランナ外周室排水管 1 1、側圧室排水管 1 2 の弁 3 1、3 2 を閉じる。ついで入口弁 7 を全開にし、可動ガイドベーン 8 を発電運転における無負荷開度に設定し通常の発電運転操作に移行する。

【 0 0 3 9 】

このように本実施の形態によれば、入口弁 7 が閉鎖するかその近傍となった時点で可動ガイドベーン 8 を全閉にして攪拌損失を増大させるほか、ランナ外周室排水管 1 1 もしくは側圧室排水管の少なくとも一方を用いてランナ室 4 内の水を吸い出し管 9 へと流すことで揚水運転方向に回転するランナ 1 の回転エネルギーを消費させるので、ポンプ水車に過大な軸振れ、振動、水圧脈動等を生じさせることなく揚水運転方向に回っていたランナ 1 の回転速度を従来と比較して早く低下させることができる。したがって、揚水運転から発電運転への全体的な切り替え時間を安全かつ確実に短縮できる。

【 0 0 4 0 】

さらに本実施の形態の変形例として、本実施の形態と前記第 2 の実施の形態を組み合わせることも可能である。この変形例におけるポンプ水車の運転制御方法を図 6 に示す。

【 0 0 4 1 】

すなわちこの変形例においては上記に加え、第 2 の実施の形態と同様に、揚水運転方向に回転するランナ 1 の回転速度が設定回転速度まで低下した時点で、可動ガイドベーン 8 を予め設定された小開度まで閉じる操作と入口弁 7 を開ける操作を行なう。この操作により、揚水運転方向に回転しているランナ 1 の外周部に鉄管 5 からの流水が衝突し、ランナ 1 の回転を止めるブレーキの役割を果たすので、ランナ 1 が停止するまでの時間をさらに短縮することができる。

【 0 0 4 2 】

そしてこの状態を維持してランナ 1 が停止し、その回転方向が発電運転方向に転換したら、第 2 の実施の形態と同様に可動ガイドベーン 8 を発電運転における無負荷開度に設定し通常の発電運転に移行するが、このとき同時に開いているランナ外周室排水管 1 1、側圧室排水管 1 2 の弁 3 1、3 2 を閉じる。

【 0 0 4 3 】

このように本変形例によれば、入口弁 7 が閉鎖するかその近傍となった時点で可動ガイドベーン 8 を全閉にして攪拌損失を増大させるほか、ランナ外周室排水管 1 1 もしくは側圧室排水管の少なくとも一方を用いてランナ室 4 内の水を吸い出し管 9 へと流すことで揚水運転方向に回転するランナ 1 の回転エネルギーを消費させて揚水運転方向に回っていたランナ 1 の回転速度を低下させる。そして、ランナ 1 の回転速度がランナに流水が衝突しても過大な軸振れ、振動、水圧脈動等を生じない設定回転速度まで低下した時点でさらに可動ガイドベーン 8 を予め設定された小開度に設定して入口弁 7 を開くので、ランナ 1 の回転速度を早く低下させることができる。したがって、揚水運転から発電運転への全体的な切り替え時間を安全かつ確実に短縮できる。

【 0 0 4 4 】

[第 4 の実施の形態]

図 7 は、本発明に係るポンプ水車の第 4 の実施の形態に係るポンプ水車を示す。図 1 の構成と比べて、ケーシング 6 と吸い出し管 9 との間を弁 3 3 を介して連通するケーシング排水管 1 3 を備える点が異なる。

【 0 0 4 5 】

次に、第 4 の実施の形態におけるポンプ水車の運転制御方法を図 8 を用いて説明する。揚水運転から発電運転への切り替え指令が出ると、第 1 の実施の形態と同様に可動ガイドベーン 8、入口弁 7 の閉鎖、および発電電動機の解列を適宜行なう。さらに、第 1 の実施の形態と同様に、可動ガイドベーン 8 が全閉となり入口弁 7 が全閉もしくは全閉近傍となっ

10

20

30

40

50

た時点で、再び可動ガイドベーン 8 のみを全開とし、これによってランナ 1 の攪拌損失を増加させてランナ 1 の回転速度の低下を早める。

【 0 0 4 6 】

本実施の形態はこれに加え、ランナ 1 の攪拌損失を増大させるために可動ガイドベーン 8 が全開にする時点でケーシング 6 と吸い出し管 9 との間を弁 3 3 を介して連通するケーシング排水管 1 3 の弁 3 3 を開く。すると、揚水運転方向に回転するランナ 1 の作用によってランナ室 4 内の水が可動ガイドベーン 8 の間隙を通過してケーシング 6 内に流れ、ここからケーシング排水管 1 3 を介して吸い出し管 9 へと流れる。

【 0 0 4 7 】

したがって、可動ガイドベーン 8 が全開となることによってランナ 1 の攪拌損失が増加する以外に、ランナ室 4 内の水をケーシング排水管 1 3 を介して吸い出し管 9 へと流すためにランナ 1 の回転エネルギーが費やされることになるため、ケーシング排水管 1 3 を用いない場合に比べて揚水運転方向に回転するランナ 1 の回転速度を早く低下させることができる。

【 0 0 4 8 】

そしてランナ 1 が停止したら、第 1 の実施の形態と同様に一旦可動ガイドベーン 8 を全開にするとともに、開いているケーシング排水管 1 3 の弁 3 3 を閉じる。ついで入口弁 7 を全開にし、可動ガイドベーン 8 を発電運転における無負荷開度に設定し通常発電運転操作に移行する。

【 0 0 4 9 】

このように本実施の形態によれば、入口弁 7 が閉鎖するかその近傍となった時点で可動ガイドベーン 8 を全開にして攪拌損失を増大させるほか、ケーシング排水管 1 3 を用いてランナ室 4 内の水を吸い出し管 9 へと流すことで揚水運転方向に回転するランナ 1 の回転エネルギーを消費させるので、ポンプ水車に過大な軸振れ、振動、水圧脈動等を生じさせることなく揚水運転方向に回っていたランナ 1 の回転速度を従来と比較して早く低下させることができる。したがって、揚水運転から発電運転への全体的な切り替え時間を安全かつ確実に短縮できる。

【 0 0 5 0 】

さらに本実施の形態の変形例として、本実施の形態と前記第 2 の実施の形態を組み合わせることも可能である。この変形例におけるポンプ水車の運転制御方法を図 9 に示す。

【 0 0 5 1 】

すなわちこの変形例においては上記に加え、第 2 の実施の形態と同様に、揚水運転方向に回転するランナ 1 の回転速度が設定回転速度まで低下した時点で、可動ガイドベーン 8 を予め設定された小開度まで閉じる操作と入口弁 7 を開ける操作を行なう。この操作により、揚水運転方向に回転しているランナ 1 の外周部に鉄管 5 からの流水が衝突し、ランナ 1 の回転を止めるブレーキの役割を果たすので、ランナ 1 が停止するまでの時間をさらに短縮することができる。なお、開いているケーシング排水管 1 3 の弁 3 3 はこの操作と同時に閉じる。

【 0 0 5 2 】

そしてこの状態を維持してランナ 1 が停止し、その回転方向が発電運転方向に転換したら、第 2 の実施の形態と同様に可動ガイドベーン 8 を発電運転における無負荷開度に設定し通常発電運転に移行する。

【 0 0 5 3 】

このように本変形例によれば、入口弁 7 が閉鎖するかその近傍となった時点で可動ガイドベーン 8 を全開にして攪拌損失を増大させるほか、ケーシング排水管 1 3 を用いてランナ室 4 内の水を吸い出し管 9 へと流すことで揚水運転方向に回転するランナ 1 の回転エネルギーを消費させて揚水運転方向に回っていたランナ 1 の回転速度を低下させる。そして、ランナ 1 の回転速度がランナに流水が衝突しても過大な軸振れ、振動、水圧脈動等を生じない設定回転速度まで低下した時点でさらに可動ガイドベーン 8 を予め設定された小開度に

10

20

30

40

50

設定して入口弁 7 を開くので、ランナ 1 の回転速度を早く低下させることができる。したがって、揚水運転から発電運転への全体的な切り替え時間を安全かつ確実に短縮できる。

【 0 0 5 4 】

【発明の効果】

以上説明したように本発明によれば、安全かつ短時間に、揚水運転から発電運転に移行することができるポンプ水車とその運転制御方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 および第 2 の実施の形態におけるポンプ水車の模式的縦断面図。

【図 2】本発明の第 1 の実施の形態におけるポンプ水車の運転制御方法のタイムチャート

。

【図 3】本発明の第 2 の実施の形態におけるポンプ水車の運転制御方法のタイムチャート

。

【図 4】本発明の第 3 の実施の形態におけるポンプ水車の模式的縦断面図。

【図 5】本発明の第 3 の実施の形態におけるポンプ水車の運転制御方法のタイムチャート

。

【図 6】本発明の第 3 の実施の形態の変形例におけるポンプ水車の運転制御方法のタイムチャート。

【図 7】本発明の第 4 の実施の形態におけるポンプ水車の模式的縦断面図。

【図 8】本発明の第 4 の実施の形態におけるポンプ水車の運転制御方法のタイムチャート

。

【図 9】本発明の第 4 の実施の形態の変形例におけるポンプ水車の運転制御方法のタイムチャート。

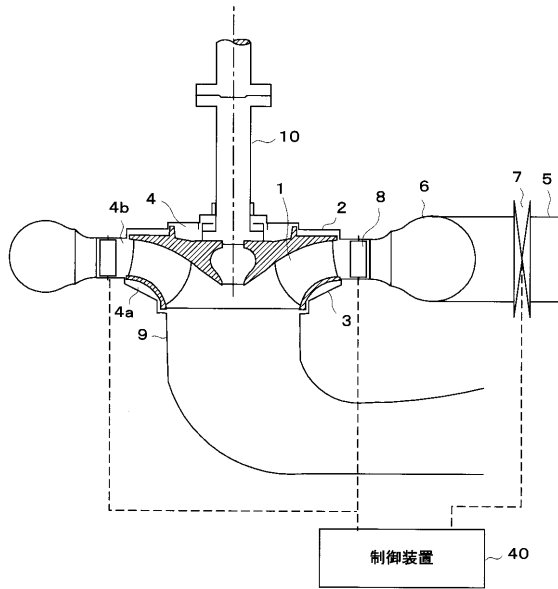
【符号の説明】

1 ...ランナ、2 ...上カバー、3 ...下カバー、4 ...ランナ室、4 a ...側圧室、4 b ...ランナ外周室、5 ...鉄管、6 ...ケーシング、7 ...入口弁、8 ...可動ガイドベーン、9 ...吸い出し管、10 ...主軸、11 ...ランナ外周室排水管、12 ...側圧室排水管、13 ...ケーシング排水管、31 ...ランナ外周室排水管の弁、32 ...側圧室排水管の弁、33 ...ケーシング排水管の弁、40 ...制御装置。

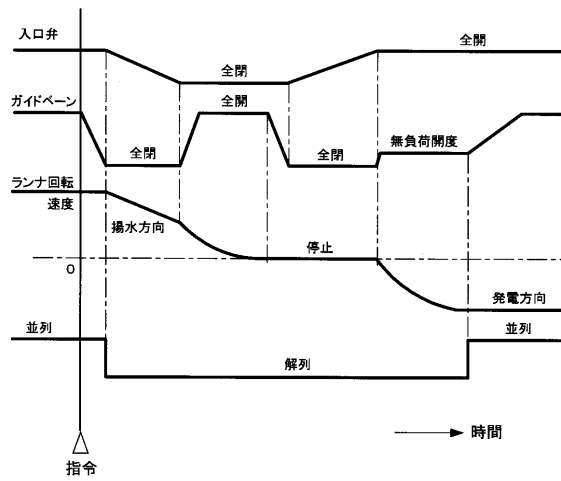
10

20

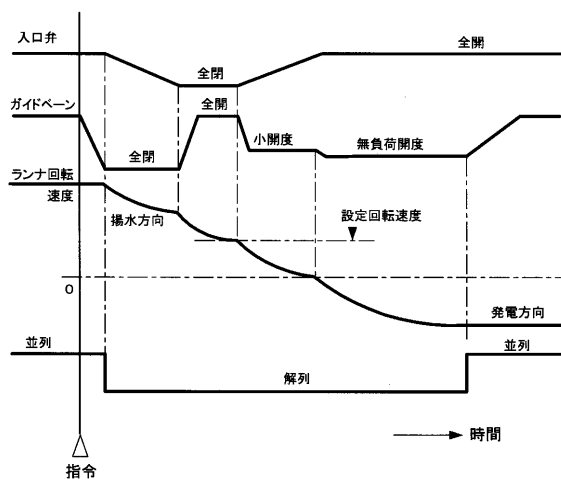
【図 1】



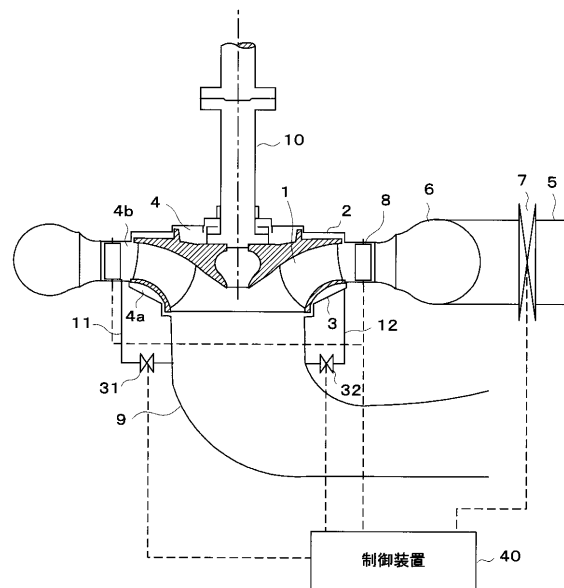
【図 2】



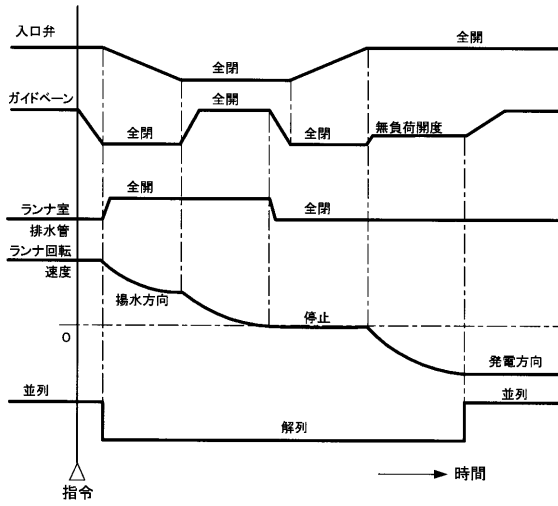
【図 3】



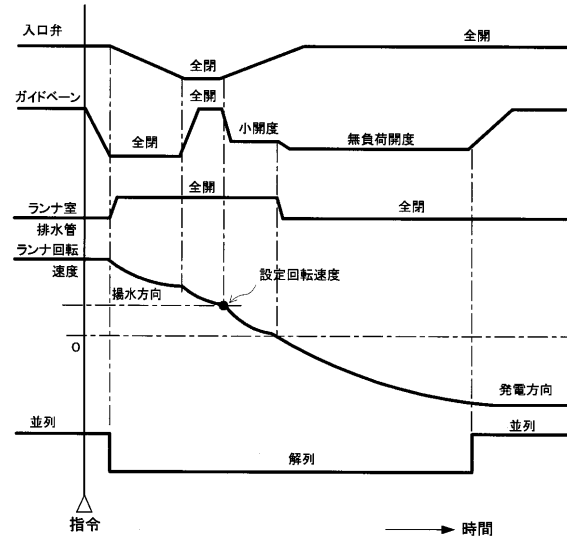
【図 4】



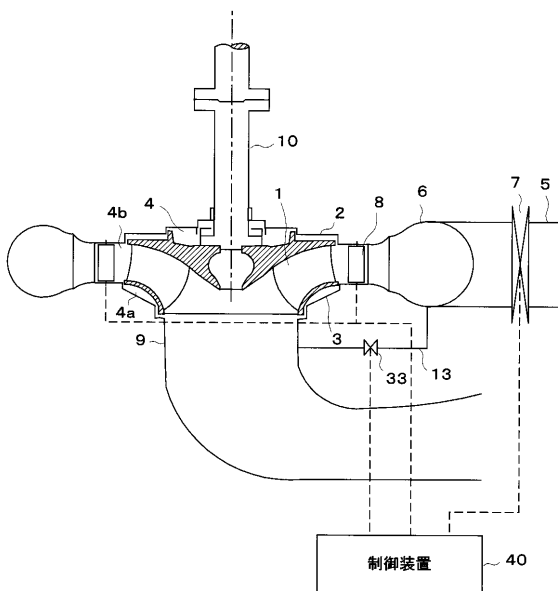
【図 5】



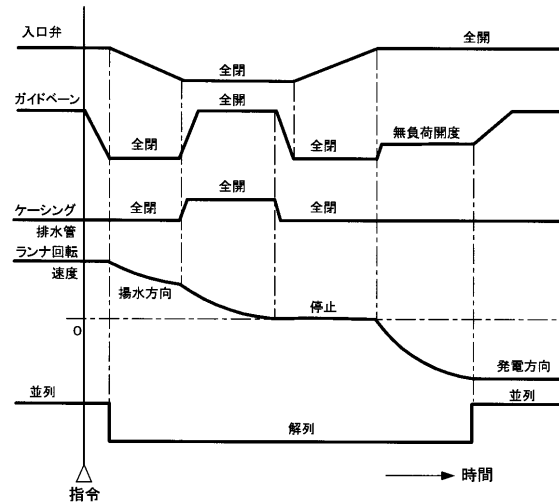
【図 6】



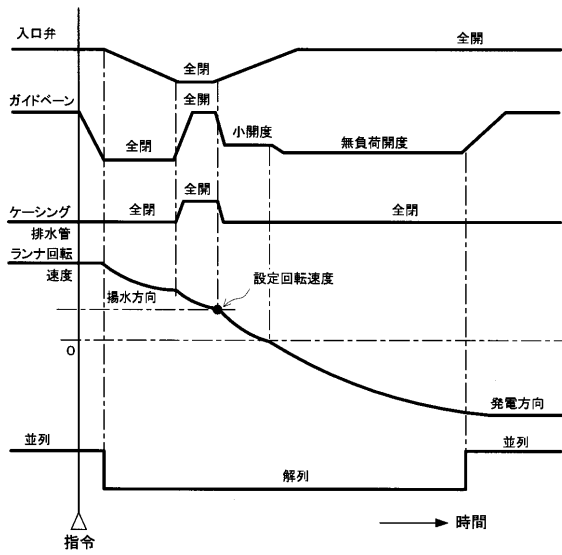
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

審査官 尾崎 和寛

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

F03B 15/00 ~ 15/22