

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6884672号
(P6884672)

(45) 発行日 令和3年6月9日 (2021. 6. 9)

(24) 登録日 令和3年5月14日 (2021. 5. 14)

(51) Int. Cl.	F I
F O 3 B 3/02 (2006. 01)	F O 3 B 3/02
F O 3 B 11/02 (2006. 01)	F O 3 B 11/02
F O 3 B 3/18 (2006. 01)	F O 3 B 3/18 A

請求項の数 7 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2017-162554 (P2017-162554)	(73) 特許権者	000003078
(22) 出願日	平成29年8月25日 (2017. 8. 25)		株式会社東芝
(65) 公開番号	特開2018-91320 (P2018-91320A)		東京都港区芝浦一丁目1番1号
(43) 公開日	平成30年6月14日 (2018. 6. 14)	(73) 特許権者	317015294
審査請求日	令和2年2月10日 (2020. 2. 10)		東芝エネルギーシステムズ株式会社
(31) 優先権主張番号	特願2016-234244 (P2016-234244)		神奈川県川崎市幸区堀川町7番地34
(32) 優先日	平成28年12月1日 (2016. 12. 1)	(74) 代理人	100091982
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国 (JP)		弁理士 永井 浩之
		(74) 代理人	100091487
			弁理士 中村 行孝
		(74) 代理人	100082991
			弁理士 佐藤 泰和
		(74) 代理人	100105153
			弁理士 朝倉 悟

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 水力機械

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ステーパーンからガイドベーンを介してランナへ流れる水によって、前記ランナが回転する水力機械であって、

前記ステーパーン及び前記ガイドベーンの上方に上カバが配置されるとともに、下方に下カバが配置され、

前記ステーパーンと前記ガイドベーンとの間における、前記上カバ側の領域及び前記下カバ側の領域のうちの少なくともいずれかを流れる水を吸い込み可能な吸込み機構を備え

、
前記吸込み機構は、前記上カバ及び前記下カバのうちの少なくともいずれかに形成されて、前記ガイドベーンと前記ステーパーンとの間の空間に向けて開口する吸込み孔を有し

、
前記吸込み機構は、前記吸込み孔によって水を吸い込むことが可能となっている、水力機械。

【請求項 2】

前記吸込み機構は、前記上カバ及び前記下カバのうちの少なくともいずれかに形成された溝を有し、

前記溝は、前記ステーパーンと前記ガイドベーンとの間を通るように形成され、前記吸込み孔は、前記溝に設けられている、請求項 1 に記載の水力機械。

【請求項 3】

10

20

前記溝は、前記ステーバーンと前記ガイドバーンとの間を通る、ランナ回転軸を中心とする円弧上に形成されている、請求項 2 に記載の水力機械。

【請求項 4】

前記ガイドバーンは、ガイドバーン回転軸を中心に回転可能であり、

前記溝は、前記ステーバーンと前記ガイドバーンとの間を通る前記ガイドバーン回転軸を中心とする円弧上に形成されている、請求項 2 に記載の水力機械。

【請求項 5】

ステーバーンからガイドバーンを介してランナへ流れる水によって、前記ランナが回転する水力機械であって、

前記ステーバーン及び前記ガイドバーンの上方に上カバが配置されるとともに、下方に下カバが配置され、

前記ステーバーンと前記ガイドバーンとの間における、前記上カバ側の領域及び前記下カバ側の領域のうちの少なくともいずれかを流れる水を吸い込み可能な吸込み機構を備え

、

前記吸込み機構は、前記ガイドバーンの前記ステーバーン側の端部から前記ガイドバーンの内径側翼面に貫通する吸込み孔を有し、

前記吸込み孔は、前記ガイドバーンの内径側翼面における前記ランナ側の端部側で開口し、

前記吸込み孔は、前記ガイドバーンにおける前記上カバに近接する部分及び前記下カバに近接する部分のうちの少なくともいずれかのみに設けられている、水力機械。

【請求項 6】

前記吸込み孔は、前記ガイドバーンの前記ステーバーン側の端部で互いに異なる方向に向けて開口する複数の導入部と、前記複数の導入部を前記ガイドバーンの内部で合流させて前記ガイドバーンの内径側翼面で開口する合流部と、を有する、請求項 5 に記載の水力機械。

【請求項 7】

前記複数の導入部は、前記ガイドバーンの角度が最高効率点に対応する角度にある場合に、前記ステーバーンから前記ガイドバーンへ向かう流れと平行な方向に沿って開口する第 1 導入部と、前記ガイドバーンの角度が全開となる角度にある場合に、前記ステーバーンから前記ガイドバーンへ向かう流れと平行な方向に沿って開口する第 2 導入部と、前記ガイドバーンの角度が全開となる角度にある場合に、前記ステーバーンから前記ガイドバーンへ向かう流れと平行な方向に沿って開口する第 3 導入部と、を有する、請求項 6 に記載の水力機械。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施の形態は、水力機械に関する。

【背景技術】

【0002】

水力機械として、例えばフランシス形水車及びフランシス形ポンプ水車が知られている。図 1 2 は、一般的なフランシス形ポンプ水車のガイドバーン 1 2 0 及びステーバーン 1 3 0 で構成される静止翼列流路を平面的に示した図である。ガイドバーン 1 2 0 は、図示しないランナの径方向外側においてランナを取り囲むように周方向に間隔をあけて複数配置され、ステーバーン 1 3 0 は、ガイドバーン 1 2 0 の翼列の径方向外側において周方向に間隔をあけて複数配置されている。また、ステーバーン 1 3 0 の径方向外側には、図示しないケーシングが配置される。

【0003】

図 1 2 中の白抜きの矢印は、水車運転時の水流の向きを示し、黒塗りの矢印は、ポンプ運転時の水流の向きを示している。このフランシス形ポンプ水車では、水車運転時に、白抜きの矢印に示すように、ケーシングからの水がステーバーン 1 3 0 及びガイドバーン 1

10

20

30

40

50

20を流れ、ランナへと流入する。ランナは、水のエネルギーを回転力に変換し、これにより図示しない主軸を介して発電電動機が駆動される。ランナを流出した水は、図示しない吸出し管を介して放水路へと導かれる。一方、ポンプ運転時には、黒塗りの矢印に示すように、水車運転時とは逆の流れとなり、吸出し管から流入した水がランナを通り、ガイドベーン120及びステーベーン130を流れ、ケーシングから上池へと流出する。

【0004】

このようなフランス形ポンプ水車におけるガイドベーン120は、そのガイドベーン回転軸を中心に回転可能であり、回転によりその角度を変えることで、隣り合うガイドベーン120の間に形成される流路の流路面積を変化させることができる。これにより、ランナへの水量を変えることで発電出力を調整することが可能となっている。

10

【0005】

ところで、図13は、ガイドベーン120を上方から俯瞰したガイドベーン120の概略的な斜視図を示す。図13に示すように、この種のフランス形ポンプ水車では、ステーベーン130からの水の流れ f_s が、鉛直方向に速度勾配を持つ二次元せん断流れとなり、ガイドベーン120に向けて流れる。そして、このような流れにおいては、ガイドベーン120にごく近い、特にガイドベーン120の前縁にごく近い、カバの壁面側で、低流速領域Rが生じ、これにより上側の流れが下側の遅い流れに巻き込まれて、馬蹄形渦Wが生じる場合がある。このような馬蹄形渦Wの発生は、ガイドベーン120に流入する水の流れを乱し、これによりガイドベーン120上の流れにおける損失が増加する場合がある。また、乱れた流れで水がランナに流入することで、ランナ上の流れにおける損失も増加する場合がある。

20

【0006】

流れに生じる損失を低減するための技術は、従来から種々に提案されている。例えば、ガイドベーンの上下端面を貫通する貫通孔を設け、この貫通孔によって、ガイドベーンと固定壁との間における漏洩流れを抑制する技術が知られている。また、ステーベーンの先端部に貫通孔を設け、この貫通孔によって、ステーベーン周辺における剥離の発生を抑制する技術も知られている。また、ガイドベーンに脈動を発生させることで、部分負荷運転時におけるガイドベーン周辺での剥離の発生を抑制する技術も知られている。

【先行技術文献】

【特許文献】

30

【0007】

【特許文献1】特開平04-246279号公報

【特許文献2】特開2014-152708号公報

【特許文献3】特開2005-207375号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明は、上述の事情を考慮してなされたものであり、ガイドベーン周辺で生じ得る馬蹄形渦の発生を抑制することができ、ガイドベーン及びランナ上の流れにおける損失を低減することが可能となる水力機械を提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0009】

実施の形態に係る水力機械は、ステーベーンからガイドベーンを介してランナへ流れる水によって、前記ランナが回転する水力機械であり、前記ステーベーン及び前記ガイドベーンの上方に上カバが配置されるとともに、下方に下カバが配置されている。そして水力機械は、前記ステーベーンと前記ガイドベーンとの間における、前記上カバ側の領域及び前記下カバ側の領域のうちの少なくともいずれかを流れる水を吸い込み可能な吸込み機構を備えている。

【発明の効果】

【0010】

50

本発明によれば、ガイドベーン周辺で生じ得る馬蹄形渦の発生を抑制することができ、ガイドベーン及びランナ上の流れにおける損失を低減することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】第1の実施の形態に係るフランシス形ポンプ水車の子午断面図である。

【図2】図1に示すフランシス形ポンプ水車のステーパーン、ガイドベーン及び下カバをランナ回転軸に沿って見た図である。

【図3】図1に示すフランシス形ポンプ水車のステーパーン、ガイドベーン及び下カバを上方から俯瞰した概略的な斜視図である。

【図4】第2の実施の形態に係るフランシス形ポンプ水車のステーパーン、ガイドベーン及び下カバをランナ回転軸に沿って見た図である。

【図5】第3の実施の形態に係るフランシス形ポンプ水車の子午断面図である。

【図6】第4の実施の形態に係るフランシス形ポンプ水車の子午断面図である。

【図7】第5の実施の形態に係るフランシス形ポンプ水車の子午断面図である。

【図8】第6の実施の形態に係るフランシス形ポンプ水車の子午断面図である。

【図9】(A)は、第7の実施の形態に係るフランシス形ポンプ水車のガイドベーンの横断面図であり、(B)は、(A)に示すガイドベーン及びこれに隣り合うステーパーンをランナ回転軸に沿って見た図である。

【図10】第8の実施の形態に係るフランシス形ポンプ水車のガイドベーンの横断面図である。

【図11】(A)は、第9の実施の形態に係るフランシス形ポンプ水車のガイドベーンの横断面図であり、(B)及び(C)は、(A)に示すガイドベーン及びこれに隣り合うステーパーンをランナ回転軸に沿って見た図である。

【図12】一般的なフランシス形ポンプ水車のガイドベーン及びステーパーンで構成される静止翼列流路を平面的に示した図である。

【図13】図12に示したガイドベーンを上方から俯瞰したガイドベーンの概略的な斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下に、添付の図面を参照して、本発明の各実施の形態を詳細に説明する。

【0013】

(第1の実施の形態)

図1は、本発明の第1の実施の形態に係る水力機械の一例としてのフランシス形ポンプ水車1を示している。なお、以下の説明においては、フランシス形ポンプ水車1を単に水車1と称する。この水車1は、図示しない上池から鉄管11を通して水が流入するケーシング10と、複数のガイドベーン12及びステーパーン13と、ランナ14と、を備えている。

【0014】

水車1においては、水車運転時に、ケーシング10からの水が、ガイドベーン12及びステーパーン13によって構成される静止翼列流路を通してランナ14に流入する。これにより、ランナ14が、ランナ回転軸C1を中心に回転する。なお、以下の説明において、単に軸方向と言う場合には、その方向は、ランナ回転軸C1上の方向又はランナ回転軸C1に沿う方向を意味する。また、周方向という用語は、ランナ14がランナ回転軸C1を中心に回転する方向に沿う方向を意味するものとし、径方向という用語は、ランナ回転軸C1に直交する方向を意味するものとする。

【0015】

ケーシング10は、渦巻き状に形成され、水車運転時に、上池から流入した水を通過させてステーパーン13及びガイドベーン12を介してランナ14に供給する。複数のステーパーン13は、ケーシング10から供給された水をガイドベーン12に流入させる部材であり、ケーシング10の径方向内側において周方向に所定の間隔をあけて配置されてい

10

20

30

40

50

る。複数のガイドベーン１２は、ステーベーン１３から流入した水をランナ１４に流入させる部材であり、ステーベーン１３の径方向内側において周方向に所定の間隔をあけて配置され、且つランナ１４の径方向外側に配置されている。

【００１６】

ランナ１４は、ケーシング１０に対してランナ回転軸Ｃ１を中心に回転するように構成され、ランナ回転軸Ｃ１がその中心を通る主軸１５を介して図示しない発電電動機に連結されている。発電電動機は、ランナ１４によって回転されることで発電を行う。一方で、発電電動機がランナ１４を回転させることにより、ポンプ運転が行われる。吸出し管１６は、水車運転時に、ランナ１４から流出した水を図示しない下池に放出し、ポンプ運転時には、下池からの水を通過させてランナ１４へ向けて流す。

10

【００１７】

また、ステーベーン１３及びガイドベーン１２の上方には、上カバ１８Ｕが配置され、ステーベーン１３及びガイドベーン１２の下方には、下カバ１８Ｄが配置されている。上カバ１８Ｕは、ステーベーン１３及びガイドベーン１２の上部を覆うとともに、ランナ１４の上部（クラウン）を覆っている。上カバ１８Ｕとランナ１４との間には、ランナ背圧室１９が形成されている。下カバ１８Ｄは、ステーベーン１３及びガイドベーン１２の下部を覆うとともに、ランナ１４の下部（バンド）を覆っている。下カバ１８Ｄとランナ１４との間には、ランナ側圧室２０が形成されている。

【００１８】

また、ガイドベーン１２には、ガイドベーンスピンドル２２が結合され、図示の例では、ガイドベーンスピンドル２２が、上下カバ１８Ｕ、１８Ｄを貫通するように延びている。ガイドベーン１２は、ガイドベーンスピンドル２２の中心軸上に延びるガイドベーン回転軸Ｌ１を中心に回転可能であり、回転によりその角度を変えることで、隣り合うガイドベーン１２の間に形成される流路の流路面積を変化させることができる。これにより、ランナ１４への水量を変えることで発電出力を調整することが可能となっている。

20

【００１９】

図２は、ステーベーン１３、ガイドベーン１２及び下カバ１８Ｄをランナ回転軸Ｃ１（軸方向）に沿って見た図であり、本実施の形態に係る水車１に備えられる吸込み機構３０が示されている。図２に示すように、下カバ１８Ｄには溝４１が形成され、溝４１には複数の吸込み孔４２が形成されている。吸込み孔４２はそれぞれ、ガイドベーン１２とステーベーン１３との間の空間に向けて開口している。本実施の形態では、これら溝４１及び吸込み孔４２が、吸込み機構３０を構成し、当該吸込み機構３０は、ステーベーン１３とガイドベーン１２との間における下カバ１８Ｄ側の領域を流れる水を、吸込み孔４２によって吸い込み可能となっている。

30

【００２０】

図２における実線のガイドベーン１２の角度は、水車に特有に規定される最高効率点に対応する角度となっている。詳しくは、吸込み機構３０は、最高効率点に対応する角度にある各ガイドベーン１２の前縁ｅ１を通るランナ回転軸Ｃ１を中心とする円Ｃｇと、各ステーベーン１３のガイドベーン１２に最も近接する点を通るランナ回転軸Ｃ１を中心とする円Ｃｓと、の間の空間における下カバ１８Ｄ側の領域を流れる水を吸い込み可能となっている。ここで、上述のガイドベーン１２の前縁ｅ１とは、ガイドベーン１２におけるキャンパラインのステーベーン１３側の端点が連なる部分を意味する。なお、円Ｃｓは、ランナ回転軸Ｃ１を中心としてステーベーン１３に接する最も半径の小さい円とも言える。

40

【００２１】

より詳しくは、軸方向に沿って見た場合に、溝４１が、ステーベーン１３とガイドベーン１２との間、とりわけ上述した円Ｃｇと円Ｃｓとの間、を通るランナ回転軸Ｃ１を中心とする円弧上に形成されている。そして図３に示すように、溝４１の延在方向に交差する方向における断面は矩形状であり、吸込み孔４２は、溝４１の底面で開口し、溝４１の底面から下方に直線的に延びている。これにより溝４１及び吸込み孔４２が、軸方向に沿って見た場合に、円Ｃｇと円Ｃｓとの間に位置し、吸込み孔４２によって、円Ｃｇと円Ｃｓ

50

との間の水を吸い込むことが可能となる。なお、本実施の形態では、一例として、吸込み孔 4 2 が吸い込んだ水が水車 1 の外部に送られるようになっている。

【0022】

溝 4 1 の配置についてさらに詳しくすると、図 2 中の二点鎖線で示されたガイドベーン 1 2' は、実線で示されたガイドベーン 1 2 が機械的限界開度（全開状態）まで回転した状態を示している。図 2 中の円 C g 1 は、ランナ回転軸 C 1 を中心として機械的限界開度の状態のガイドベーン 1 2' に接する最も半径の大きい円を示している。機械的限界開度を考慮に入れば、溝 4 1 は、円 C g 1 と上述した円 C s との間に位置すればよく、とりわけ図示の例では、溝 4 1 の内周縁が、円 C g 1 を構成する円弧にほぼ一致することになる。溝 4 1 が円 C g 1 と円 C s との間に位置する場合、ガイドベーン 1 2 がその回転に応じて溝 4 1 を覆う状態となることがなく、軸方向で溝 4 1 とステーパーン 1 3 とが重なることもない。これによりガイドベーン 1 2 の全ての回転位置において、吸込み機構 3 0 により所望の水を安定した状態で吸い込むことが可能となり、且つ溝 4 1 がステーパーン 1 3 上の流れを乱すこともなくなる。

10

【0023】

また、図 2 において、直線 A 1 は、ガイドベーン 1 2 が全開状態である際のガイドベーン 1 2（1 2'）の前縁 e 1 とランナ回転軸 C 1 とを通る直線を示し、直線 A 2 は、ガイドベーン 1 2 が全閉状態である際のガイドベーン 1 2 の前縁 e 1 とランナ回転軸 C 1 とを通る直線を示す。本実施の形態では、溝 4 1 における直線 A 1 と直線 A 2 との間の領域に、複数、一例として、三つの吸込み孔 4 2 が設けられている。なお、溝 4 1 における他のガイドベーン 1 2 に対応する直線 A 1 と直線 A 2 との間の領域にも、同様に三つの吸込み孔 4 2 が設けられている。ただし、このような吸込み孔 4 2 の個数や配置位置は特に限られるものでない。また、本実施の形態では、溝 4 1 が円形であるが、これに代えて、円弧形状の溝 4 1 を周方向に複数形成してもよい。この場合、溝 4 1 のそれぞれは、径方向で隣り合うガイドベーン 1 2 とステーパーン 1 3 との間を通るように形成されることが好ましく、その少なくとも一部が直線 A 1 と直線 A 2 との間の領域に位置するように形成されることが好ましい。また、溝 4 1 は周方向にループをなす多角形状に形成されてもよい。また、溝 4 1 は多角形状又は直線状に形成され、且つ周方向に複数形成されてもよい。

20

【0024】

次に本実施の形態の作用について説明する。

30

【0025】

水車運転においては、上池から導かれた水が鉄管 1 1 を通ってケーシング 1 0 に導かれ、その後、水は、ケーシング 1 0 からステーパーン 1 3 及びガイドベーン 1 2 を通ってランナ 1 4 へと流入する。ランナ 1 4 は、通過する水の圧力エネルギーにより回転し、主軸 1 5 を介して連結する発電電動機を駆動する。これにより、発電電動機において発電が行われる。ランナ 1 4 から流出する水は、吸出し管 1 6 を通って下池に放出される。

【0026】

ステーパーン 1 3 からガイドベーン 1 2 へ水が流れる際、ステーパーン 1 3 からガイドベーン 1 2 への水の流れにおいては、下カバ 1 8 D 側に低流速領域が生じ得る。低流速領域は、ステーパーン 1 3 からガイドベーン 1 2 への水の流れにおける上カバ 1 8 U と下カバ 1 8 D との間の中間位置側の流れよりも、遅い流れが生じている領域を意味する。ここで、本実施の形態においては、吸込み機構 3 0 の吸込み孔 4 2 によって、上述の低流速領域を流れる水を吸い込むことが可能となる。このように水を吸い込むことにより、ステーパーン 1 3 からガイドベーン 1 2 への水の流れの流速を一様化することができ、低流速領域の発生に起因して生じ得る馬蹄形渦を抑制することができる。これにより、ガイドベーン 1 2 上の流れの乱れが抑制され、且つガイドベーン 1 2 の出口側で馬蹄形渦が主流（乱れていない流れ）と混じることが抑制されるため、ランナ 1 4 上の流れが乱れることも抑制される。

40

【0027】

したがって、本実施の形態によれば、ガイドベーン 1 2 周辺で生じ得る馬蹄形渦の発生

50

を抑制することができ、ガイドベーン 1 2 及びランナ 1 4 上の流れにおける損失を低減することが可能となる。なお本実施の形態では、下カバ 1 8 D に、溝 4 1 及び吸込み孔 4 2 が設けられているが、下カバ 1 8 D 及び上カバ 1 8 U の両方に溝 4 1 及び吸込み孔 4 2 が設けられてもよいし、上カバ 1 8 U のみに溝 4 1 及び吸込み孔 4 2 が設けられてもよい。上カバ 1 8 U に溝 4 1 及び吸込み孔 4 2 が設けられた場合には、ステーベーン 1 3 からガイドベーン 1 2 への水の流れにおける上カバ 1 8 U 側の低流速領域の水を吸い込むことが可能となる。

【0028】

また、本実施の形態では、下カバ 1 8 D に溝 4 1 が設けられたが、溝 4 1 は設けられていなくてもよい。ただし、本実施の形態のように溝 4 1 が設けられる場合には、溝 4 1 が無い場合に比較して、吸込み孔 4 2 が溝 4 1 を介して広範囲から水を吸い込むことができるため、吸込み孔 4 2 の数を抑えつつ効率的に低流速領域の水を吸い込むことができる。

【0029】

(第 2 の実施の形態)

次に第 2 の実施の形態について説明する。図 4 は、第 2 の実施の形態に係るフランス形ポンプ水車のステーベーン、ガイドベーン及び下カバをランナ回転軸に沿って見た図である。本実施の形態における上述の第 1 の実施の形態の構成部分と同様の構成部分については、同一の符号を示し、説明を省略する。

【0030】

本実施の形態では、溝 4 1 の構成が第 1 の実施の形態と異なっている。すなわち、図 4 に示すように、本実施の形態における溝 4 1 は、隣り合うガイドベーン 1 2 とステーベーン 1 3 との間を通るガイドベーン回転軸 L 1 を中心とする円弧上、例えば図 4 において破線で示す円の一部を構成する円弧上に形成されている。溝 4 1 は、隣り合うガイドベーン 1 2 とステーベーン 1 3 の組み合わせ毎に設けられており、各溝 4 1 に複数の吸込み孔 4 2 が設けられている。ここで、本実施の形態においては溝 4 1 及び吸込み孔 4 2 の少なくとも一部が、上述した円 C g と円 C s との間に位置している。より詳しくは、本例では、溝 4 1 及び吸込み孔 4 2 の一部が円 C g と円 C s との間に位置し、他の一部が円 C g と円 C s との間の領域の外側に位置している。

【0031】

本実施の形態における溝 4 1 の配置についてさらに詳しくすると、図 4 中の円 C g 2 は、ガイドベーン回転軸 L 1 を中心としてガイドベーン 1 2 が駆動（回転）する際にガイドベーン 1 2（詳しくは、その外径側部分）が描く円のうちの最も半径の大きい円を示している。また、図 4 中の円 C g 3 は、ガイドベーン回転軸 L 1 を中心としてステーベーン 1 3 に接する円のうちの最も半径の小さい円を示している。本実施の形態における溝 4 1 は、円 C g 2 と円 C g 3 との間に位置し、とりわけ図示の例では、溝 4 1 の内周縁が、円 C g 2 を構成する円弧にほぼ一致することになる。溝 4 1 が円 C g 2 と円 C g 3 との間に位置する場合、ガイドベーン 1 2 がその回転に応じて溝 4 1 を覆う状態となることがなく、軸方向で溝 4 1 とステーベーン 1 3 とが重なることもない。これによりガイドベーン 1 2 の全ての回転位置において、吸込み機構 3 0 により所望の水を安定した状態で吸い込むことが可能となり、且つ溝 4 1 がステーベーン 1 3 上の流れを乱すこともなくなる。

【0032】

このような実施の形態によっても、ガイドベーン 1 2 周辺で生じ得る馬蹄形渦の発生を抑制することができ、ガイドベーン 1 2 及びランナ 1 4 上の流れにおける損失を低減することが可能となる。とりわけ本実施の形態では、ガイドベーン 1 2 の前縁に近接する溝 4 1 に吸込み孔 4 2 が設けられるため、ガイドベーン 1 2 の前縁の上流側で特に生じ易い馬蹄形渦の元となる流れを効果的に吸い込むことができる。そのため、損失低減効果を向上させることができる。

【0033】

(第 3 の実施の形態)

次に第 3 の実施の形態について説明する。図 5 は、第 3 の実施の形態に係るフランス

10

20

30

40

50

形ポンプ水車の子午断面図である。本実施の形態における上述の各実施の形態の構成部分と同様の構成部分については、同一の符号を示し、説明を省略する。

【0034】

上述の第1の実施の形態では、吸込み孔42が、一例として、吸い込んだ水を水車1の外部に送るようになっているが、本実施の形態では、吸込み孔42が吸い込んだ水を、ランナ側圧室20に送るようになっている。具体的には、図5に示すように、吸込み機構30が、吸込み孔42をランナ側圧室20に連通させるパイプ部43を有している。なお、吸込み孔42の配置構成は、第1の実施の形態と同様である。

【0035】

このような実施の形態によっても、ガイドベーン12周辺で生じ得る馬蹄形渦の発生を抑制することができ、ガイドベーン12及びランナ14上の流れにおける損失を低減することが可能となる。とりわけ、本実施の形態では、吸込み孔42が吸い込んだ水が、パイプ部43によってランナ側圧室20に送られる。これにより、ランナ側圧室20の圧力とガイドベーン12の上流の流れの圧力との差圧を利用することで、吸込み孔42により水を容易に吸い込むことができる。なお、本実施の形態におけるパイプ部43は、第2の実施の形態において適用されてもよい。

10

【0036】

(第4の実施の形態)

次に第4の実施の形態について説明する。図6は、第4の実施の形態に係るフランシス形ポンプ水車の子午断面図である。本実施の形態における上述の各実施の形態の構成部分と同様の構成部分については、同一の符号を示し、説明を省略する。

20

【0037】

本実施の形態では、吸込み孔42が吸い込んだ水を、ガイドベーン12とランナ14との間の空間に送るようになっている。具体的には、図6に示すように、吸込み機構30がパイプ部43を有し、パイプ部43は、吸込み孔42をガイドベーン12とランナ14との間の空間に連通させている。より詳しくは、パイプ部43は、吸込み孔42をガイドベーン12の翼例におけるガイドベーンピッチサークルよりも下流側の位置に連通させている。なお、吸込み孔42の配置構成は、第1の実施の形態と同様である。

【0038】

このような実施の形態によっても、ガイドベーン12周辺で生じ得る馬蹄形渦の発生を抑制することができ、ガイドベーン12及びランナ14上の流れにおける損失を低減することが可能となる。とりわけ本実施の形態では、吸込み孔42が吸い込んだ水が、パイプ部43によってガイドベーン12とランナ14との間の空間に送られる。これによって、吸込み孔42が吸い込んだ水をランナ14の回転のために利用できる。なお、本実施の形態におけるパイプ部43は、第2の実施の形態において適用されてもよい。

30

【0039】

(第5の実施の形態)

次に第5の実施の形態について説明する。図7は、第5の実施の形態に係るフランシス形ポンプ水車の子午断面図である。本実施の形態における上述の各実施の形態の構成部分と同様の構成部分については、同一の符号を示し、説明を省略する。

40

【0040】

本実施の形態では、吸込み孔42が吸い込んだ水を、吸出し管16のエルボ部16Bの内部に送るようになっている。具体的には図7に示すように、吸出し管16は、下カバ18Dから下方に延びるドラフト部16Aと、ドラフト部16Aの下端から湾曲して延びるエルボ部16Bと、エルボ部16Bから下池側へ横方向に延びる拡大管部16Cと、を有する。一方で、吸込み機構30は、吸込み孔42を、エルボ部16Bの内部に連通させるパイプ部43を有している。なお、吸込み孔42の配置構成は、第1の実施の形態と同様である。

【0041】

このような実施の形態によっても、ガイドベーン12周辺で生じ得る馬蹄形渦の発生を

50

抑制することができ、ガイドベーン12及びランナ14上の流れにおける損失を低減することが可能となる。とりわけ本実施の形態では、吸込み孔42が吸い込んだ水が、パイプ部43によって吸出し管16のエルボ部16Bの内部に送られる。これにより、エルボ部16Bの内部で生じ得る剥離流れを抑制することができ、損失を効果的に抑制することができる。なお、本実施の形態におけるパイプ部43は、第2の実施の形態において適用されてもよい。

【0042】

(第6の実施の形態)

次に第6の実施の形態について説明する。図8は、第6の実施の形態に係るフランシス形ポンプ水車の子午断面図である。本実施の形態における上述の各実施の形態の構成部分と同様の構成部分については、同一の符号を示し、説明を省略する。

10

【0043】

本実施の形態における吸込み機構30は、吸込み孔42から吸い込む水の量を調整するための流量調整弁44を有している。具体的に本実施の形態では、図8に示すように、第4の実施の形態と同様のパイプ部43に、流量調整弁44が設けられている。流量調整弁44は、パイプ部43を通流する水の流量を調整することにより、吸込み孔42が吸い込む水の量を調整するように構成されている。

【0044】

このような実施の形態によれば、ガイドベーン12の全開と全閉との間の運転状態に応じて、吸込み孔42から吸い込む水の量を調整することができるため、過剰に水が吸い込まれる状況を回避できる。なお、上述のような流量調整弁44は、第1～第3、第5の実施の形態において適用されてもよい。

20

【0045】

(第7の実施の形態)

次に第7の実施の形態について説明する。図9において、(A)は、第7の実施の形態に係るフランシス形ポンプ水車のガイドベーンの横断面図であり、(B)は、(A)に示すガイドベーン及びこれに隣り合うステーベーンをランナ回転軸に沿って見た図である。本実施の形態における上述の各実施の形態の構成部分と同様の構成部分については、同一の符号を示し、説明を省略する。

【0046】

本実施の形態は、吸込み機構30の吸込み孔42がガイドベーン12に設けられる点で、第1乃至第6の実施の形態と異なっている。具体的に本実施の形態では、図9(A)に示すように、ガイドベーン12に設けられた吸込み孔42が、ガイドベーン12のステーベーン13側の前端部12Fからガイドベーン12の内径側翼面12Aに貫通している。より詳しくは、吸込み孔42は、ガイドベーン12の内部をガイドベーン12の前端部12Fから反対側、つまりランナ14側の後端部12Rに向けて直線的に延びた後に、内径側翼面12A側に向けて曲る。そして吸込み孔42は、内径側翼面12Aにおけるガイドベーン12の後端部12R側の部分で開口している。

30

【0047】

なお、図9(A)において、Yは、翼弦長を示しており、Yfで示す範囲は、ガイドベーン12の前縁から後縁に向けて $0.15 \times Y$ の距離までの範囲を示し、Yrで示す範囲は、ガイドベーン12の後縁から前縁に向けて $0.15 \times Y$ の距離までの範囲を示している。本実施の形態では、Yfで示す範囲に位置する部分が前端部12Fに対応し、Yrで示す範囲に位置する部分が後端部12Rに対応する。また、内径側翼面12Aにおけるガイドベーン12の後端部12R側の部分とは、ガイドベーン12の翼弦長Yにおける中点よりも後端部12R側に位置する部分のことを意味する。図示の例では、吸込み孔42が、ガイドベーン12の後端部12R側の内径側翼面12Aで開口している。

40

【0048】

一方で、図9(B)においては、ガイドベーン12の角度が、最高効率点に対応する角度となっている。また、図9(B)には、ステーベーン13からガイドベーン12へ向か

50

う流れ（厳密には主要な流れ）の向きが矢印Fで示されるとともに、吸込み孔42のガイドベーン12の内部側からステーパーン13側への延長線ELが示されている。これら矢印F及び延長線ELに示されるように、本実施の形態では、ガイドベーン12の角度が最高効率点に対応する角度にある場合に、吸込み孔42が、ステーパーン13からガイドベーン12へ向かう流れと平行な方向に沿って開口している。また、本実施の形態では、上述したような吸込み孔42が、ガイドベーン12における上カバ18Uに近接する部分及び下カバ18Dに近接する部分のそれぞれに設けられているが、吸込み孔42は、ガイドベーン12における上カバ18Uに近接する部分及び下カバ18Dに近接する部分のいずれか一方のみに設けられるものであってもよい。

【0049】

10

このような本実施の形態では、ステーパーン13からガイドベーン12への水の流れにおいて下カバ18D側及び上カバ18U側に生じ得る低流速領域で流れる水を、吸込み機構30の吸込み孔42によって吸い込むことが可能となる。そして、このように水を吸い込むことにより、ステーパーン13からガイドベーン12への水の流れの流速を一様化することができ、低流速領域の発生に起因して生じ得る馬蹄形渦を抑制することができる。これにより、ガイドベーン12及びランナ14上の流れが乱れることが抑制される。したがって、本実施の形態によっても、ガイドベーン12周辺で生じ得る馬蹄形渦の発生を抑制することができ、ガイドベーン12及びランナ14上の流れにおける損失を低減することが可能となる。

【0050】

20

また、本実施の形態では、吸込み孔42によって吸い込んだ水が、内径側翼面12Aにおけるガイドベーン12の後端部12R側に送られることで、ガイドベーン12の出口側で生じる剥離渦の発生が抑制される。これにより、ランナ14へ流入する流れが適正化され、更なる損失低減を図ることができる。

【0051】

（第8の実施の形態）

次に第8の実施の形態について説明する。図10は、第8の実施の形態に係るフランス形ポンプ水車のガイドベーンの横断面図である。本実施の形態における上述の各実施の形態の構成部分と同様の構成部分については、同一の符号を示し、説明を省略する。

【0052】

30

本実施の形態は、吸込み機構30の吸込み孔42の形状が、第7の実施の形態と異なっている。すなわち、図10に示すように、本実施の形態における吸込み孔42は、ガイドベーン12の前端部12Fで互いに異なる方向に向けて開口する複数、本実施の形態では三つの導入部421と、この複数の導入部421をガイドベーン12の内部で合流させてガイドベーン12の内径側翼面12Aで開口する合流部422と、を有する。

【0053】

本実施の形態では、ガイドベーン12の全開と全閉との間の中間開度における複数の開度へガイドベーン12の角度が調整された場合に、複数の導入部421のうちのいずれかが、ステーパーン13からガイドベーン12へ向かう流れと平行な方向に沿って開口するように構成されている。

40

【0054】

このような本実施の形態によれば、ガイドベーン12の全開と全閉との間の中間開度における複数の開度にガイドベーン12の角度が調整された場合に、複数の導入部421のうちのいずれかの導入部によって、ステーパーン13からガイドベーン12への流れにおける低流速領域の水を効率的に吸い込むことができる。これにより、複数の運転点で、ガイドベーン12及びランナ14上の流れにおける損失を効果的に低減することが可能となる。

【0055】

（第9の実施の形態）

次に第9の実施の形態について説明する。図11において、（A）は、第9の実施の形

50

態に係るフランシス形ポンプ水車のガイドベーンの横断面図であり、(B)及び(C)は、(A)に示すガイドベーン及びこれに隣り合うステーベーンをランナ回転軸に沿って見た図である。本実施の形態における上述の各実施の形態の構成部分と同様の構成部分については、同一の符号を示し、説明を省略する。

【0056】

本実施の形態は、吸込み機構30の吸込み孔42の形状が、第8の実施の形態と異なっている。具体的には、吸込み孔42が、導入部421として、第1導入部421A、第2導入部421B及び第3導入部421Cを有する。第1導入部421Aは、ガイドベーン12の角度が最高効率点に対応する角度にある場合に、ステーベーン13からガイドベーン12へ向かう流れと平行な方向に沿って開口する。図11(B)に示すように、第2導入部421Bは、ガイドベーン12の角度が全開となる角度にある場合に、ステーベーン13からガイドベーン12へ向かう流れFと平行な方向に沿って開口する。また、図11(C)に示すように、第3導入部421Cは、ガイドベーン12の角度が全閉となる角度にある場合に、ステーベーン13からガイドベーン12へ向かう流れFと平行な方向に沿って開口する。

10

【0057】

このような本実施の形態によっても、第8の実施形態と同様、ガイドベーン12の全開と全閉との間の中間開度における複数の開度にガイドベーン12の角度が調整された場合に、複数の導入部421A、421B、421Cのうちのいずれかの導入部によって、ステーベーン13からガイドベーン12への流れにおける低流速領域の水を効率的に吸い込むことができる。これにより、複数の運転点で、ガイドベーン12及びランナ14上の流れにおける損失を効果的に低減することが可能となる。

20

【0058】

以上、本発明の実施の形態を説明したが、上記の実施の形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。この新規な実施の形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。この実施の形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

【0059】

例えば、上述の第3～第6の実施の形態では、パイプ部43が下カバ18Dから延びているが、このようなパイプ部43は、上カバ18Uに設けられる吸込み孔42に接続されてもよい。

30

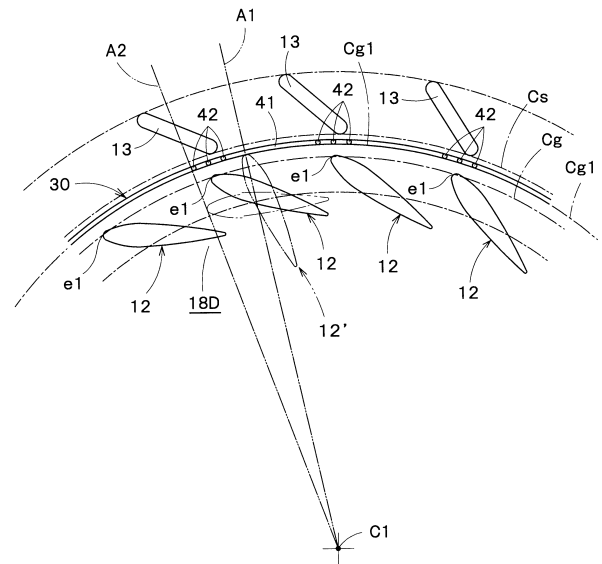
【符号の説明】

【0060】

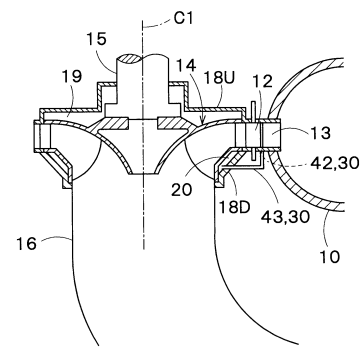
1…フランシス形ポンプ水車、10…ケーシング、12…ガイドベーン、12A…内径側翼面、12F…前端部、12R…後端部、13…ステーベーン、14…ランナ、16…吸出し管、16B…エルボ部、18U…上カバ、18D…下カバ、20…ランナ側圧室、22…ガイドベーンスピンドル、30…吸込み機構、41…溝、42…吸込み孔、43…パイプ部、421…導入部、421A…第1導入部、421B…第2導入部、421C…第3導入部、422…合流部、C1…ランナ回転軸、L1…ガイドベーン回転軸

40

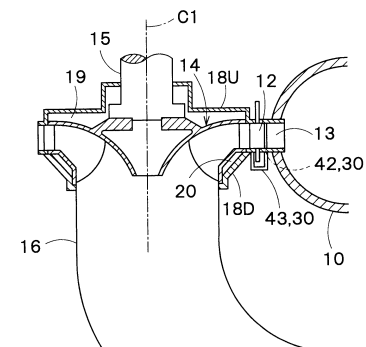
【図 2】



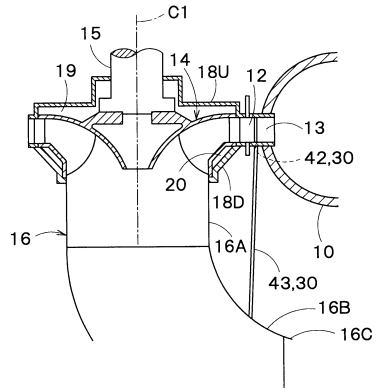
【図 5】



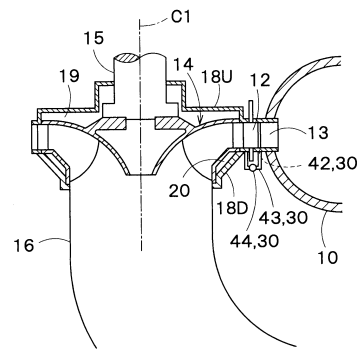
【图 6】



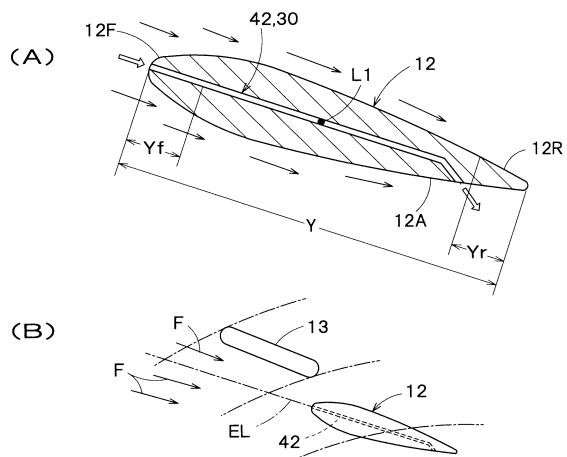
【図 7】



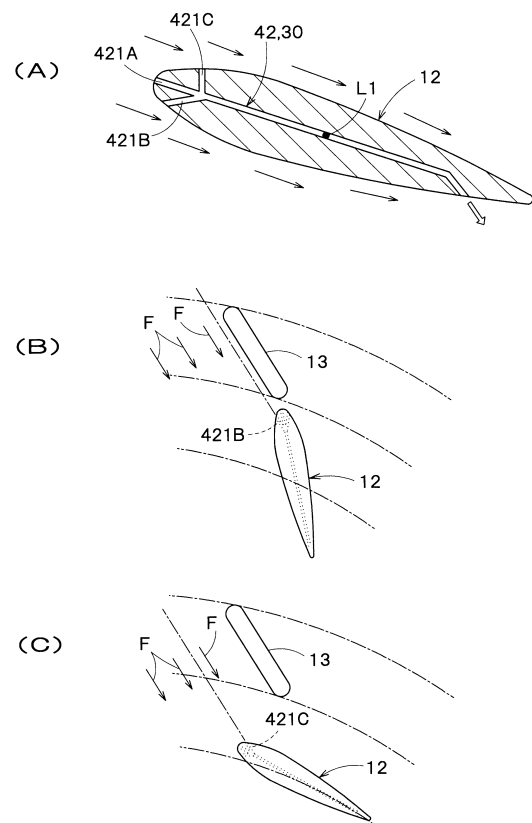
【図 8】



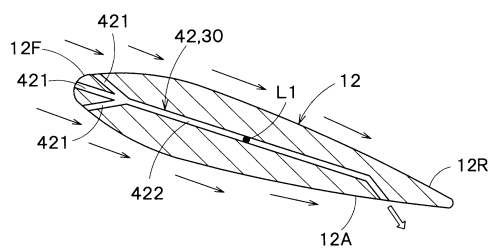
【図 9】



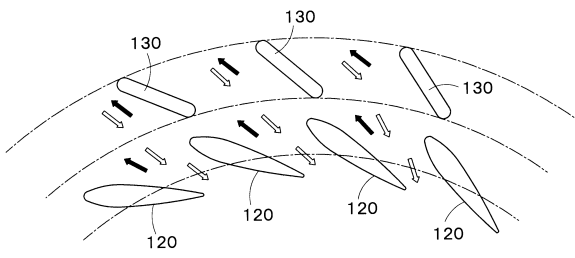
【図 11】



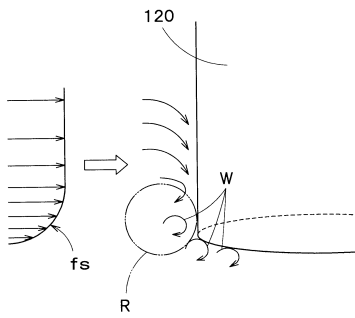
【図 10】



【図 1 2】



【図 1 3】



フロントページの続き

- (74)代理人 100107582
弁理士 関根 毅
- (74)代理人 100150717
弁理士 山下 和也
- (74)代理人 100164688
弁理士 金川 良樹
- (72)発明者 成川 円
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 川尻 秀之
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 黒澤 貞男
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 ザイ 雅斌
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 大竹 典男
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 富岡 拓也
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 稲田 浩也
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

審査官 大瀬 円

- (56)参考文献 特開昭57-051962 (JP, A)
特表2010-534296 (JP, A)
特開平4-246279 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|-------|
| F03B | 3/02 |
| F03B | 3/18 |
| F03B | 11/02 |