

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2009-144721

(P2009-144721A)

(43) 公開日 平成21年7月2日(2009.7.2)

(51) Int.Cl.
F03B 13/06 (2006.01)F I
F03B 13/06テーマコード (参考)
3H074

審査請求 未請求 請求項の数 28 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2008-316474 (P2008-316474)
 (22) 出願日 平成20年12月12日 (2008.12.12)
 (31) 優先権主張番号 200710195991.3
 (32) 優先日 平成19年12月14日 (2007.12.14)
 (33) 優先権主張国 中国 (CN)

(71) 出願人 508366949
 チン、ジョセ
 フィリピン共和国、マニラ 1016、サ
 ンタ メサ、518 シレンシオ ストリ
 ート
 (74) 代理人 110000729
 特許業務法人 ユニアス国際特許事務所
 (72) 発明者 チン、ジョセ
 フィリピン共和国、マニラ 1016、サ
 ンタ メサ、518 シレンシオ ストリ
 ート
 Fターム(参考) 3H074 AA12 BB10 CC28 CC40

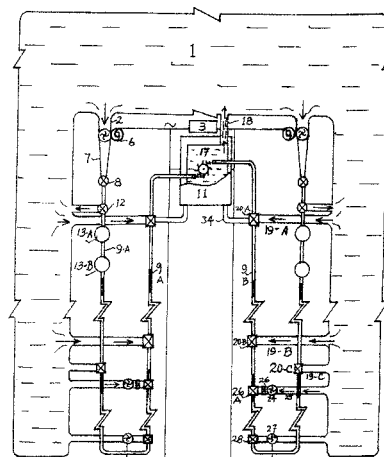
(54) 【発明の名称】 複数のエネルギー入力をもつ水力発電システム

(57) 【要約】

【課題】従来技術の欠点を克服し、改良、拡張された水力発電システムを提供する。

【解決手段】本発明は、液体、空気及び電磁場を媒体とした複数のエネルギー入力をもつ水力発電システムである。入力には以下の主に自然の力学的エネルギーを利用する。1) ポスト・ウォーターハンマーが主水管から解放されるときにもたらされる水噴射の力学的エネルギー、2) 大量の高圧水噴射後に主水管内に形成される圧力差の真空吸引力、3) 噴射の反動力、4) 重力による位置水頭、5) サージ室に生じた圧縮空気圧、6) 回転の慣性力、7) 大気の圧力エネルギー、8) 電動ポンプの圧力水頭。出力されるのは単一に集められた電気エネルギーである。本システムは閉鎖エネルギー回路とエネルギーを追加するルートをもっている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

水力発電システムであって、

地上に設置され、淡水又は海水からなる天然湖又は人工貯水池であり、基準線から少なくとも 3 m の位置水頭を有する主貯水池（１）と、

すず型の取水口（２）と、

下流の主水圧管（９）に圧力水頭を施し、そのモータが変速型モータである電動ポンプ（６）と、

テーパ水圧管（７）と、

主水圧管（９）に流れ込む液体を制御するゲートバルブ（８）と、

10

強靱で継ぎ目のないスチール合金の水圧管であって、その終点が発電所内の約 10 m の高い位置にあり、その直径が 10 cm から 100 cm であってもよく、その厚さが内径の約 15 % であり、その内表面のメッキは厚い平滑な合金の層を有し、その内表面はキャビテーション腐食により著しく破損した際、改めてメッキすることができ、該水圧管の中心線が基準線であり、間にある複数の伸縮継ぎ手により接続され、1200 m の厚いスチール合金により製造された主水圧管（９）と、

電動ポンプ（６）を保護するために用いられ、水撃のぶつかりを防ぐために、開放された液体を主水圧管から主貯水池に流入させる圧力逃し弁（１２）と、

高圧圧縮時に生じたサージにより溢れた水量を吸収し、その後の低圧時に蓄えた水量を放出し、上端部に小型の単方向バルブを有し、該小型の単方向バルブは、通常閉まってい

20

て空気が外に漏れることを防いで圧縮された気体の圧力エネルギーを蓄積し、低圧時に開放されて大気圧の空気を取り込むことができるエアクッションサージ室（１３－Ａ及び１３－Ｂ）と、
電動モータによって単方向に回転動作し、主水圧管の末端に連結され、構造がボールバルブのような構造であるが連続的に 360° 自転する機能を有するバルブであって、球状の開閉部材が同形状のバルブベースに組み合わされ、均等に密閉する十分な応力を有し、貫通孔によりボール表面が４つの部分に分けられ、そのうち２つの部分は、該バルブを開放するのに用いられ、他の２つの部分は該バルブを閉鎖するのに用いられ、ボールの回転面には回転トルクを増加させるためのコマ型の凹み孔があり、該バルブの高速閉鎖（Rapid Closure）時の時間が $2L/W_p$ より小さく、主水圧管内に蓄積した運動エネルギー、圧力エネルギー及び弾性エネルギーを 1400 m の水撃圧力水頭に転換し、続いてバルブが再び開放され、圧力エネルギーを高い運動エネルギーの水噴射に再度変換してペルトン・タービン発電機に衝突させ、該バルブは４秒に一回転し、開放時に高水圧はもとの低流速に戻され、バルブ孔の直径は主水圧管の内径の２倍であり、堅固にバランス設計された単方向ボールバルブ（５）と、

30

バルブ（５）の下流に設置された収縮反動ノズル（２９）と、

バケットで高運動エネルギーの水噴射を受け、その軸が主発電機（１５）に連結されて電気エネルギーを生産し、該主発電機にはフライホイールが設けられて、機械エネルギーをロータに保存し、安定した回転速度を維持させ、発電機の出力は少なくとも 50000 kW であるペルトン・タービン発電機（１４）（１５）と、

40

発電所内に設置され、排水を受け入れる底部貯水池（１７）と、

重力によって排水を輸送し、主貯水池（１）に戻す外部流水管（１８）と、

主水圧管（９）と主貯水池（１）を結ぶ管であって、直径が主水圧管の直径と同じであり、水源は主貯水池であり、ポスト・ウォーターハンマーが解放されて大量の液体が噴射された後に低圧真空吸引力が形成され、圧力差は主貯水池の少なくとも 3 m の位置水頭到大気圧 10.3 m の水の圧力水頭を加えたものであり、甚大なキャビテーション腐食を防ぐために、この圧力差で液体を大量に吸い込み主水圧管に流入させ、水流が主水圧管の下部に置かれた単方向バルブ（２０－Ａ，２０－Ｂ，２０－Ｃ）によって制御される真空吸水管（１９－Ａ，１９－Ｂ，１９－Ｃ）と、

主貯水池（１）から液体を主水圧管に引き入れて、次の水撃圧に要する 5 m の圧力水頭

50

を確保するための補助ポンプ（２４）と、

補助ポンプ（２４）と主水圧管（１）とをつなぎ、その内径が主水圧管の内径の半分である補助ポンプ水圧管（２５）と、

主単方向ボールバルブ（５）と同じ寸法及び回転速度を有し、主貯水池から補助ポンプ水圧管を経て主水圧管に流れ込む水量を調節し、水撃圧の消失を防ぐために単方向バルブ（２６－Ａ）をその下流に有し、バルブ（５）とは相対する開閉動作位置を有する補助単方向ボールバルブ（２６）と、

主ポンプ、ボールバルブなどに要する始動運動エネルギーを供給するために用いられ、閉鎖エネルギー以外から圧力エネルギーを増大させるエネルギーを入力する始動／増圧発電機（３）と、

周期的に閉鎖エネルギー以外から圧力エネルギーを増大させる増圧ポンプ（２７）と、

蒸発によって水量が減少したときに、周辺の天然水源から引き入れた液体を加えることによって一定の位置水頭を保つための給水管（２１）とを備えたことを特徴とする水力発電システム。

【請求項２】

請求項１に記載の水力発電システムにおいて、

主ボールバルブ（５）の高速閉鎖によって連続的に高い水撃圧を引き起こして、全主水圧管内の水流が有する運動エネルギー、圧力エネルギー及び弾性エネルギーを瞬時に高い圧力エネルギーに変換し、これらのうち、弾性エネルギーは液体分子間の固有の運動エネルギーより変換されたものであり、該高い圧力エネルギーの値は、流速と圧力波の速度の積に液体の密度を乗じたものであり、これはエネルギー保存則と水の物理的性質に基づくものであり、水の比重とその弾性係数 E_v は 1476 m/s の圧力波の速度を生じさせることができ、これにより少なくとも 5 m の定常流の速度水頭を 1400 m の圧力水頭に変換でき、その後、該バルブが再び全開にされ、圧力水頭が高運動エネルギーの水噴射に変換されて主水圧管から噴出しペルトン・タービン発電機に衝突して電気エネルギーを生じさせることを特徴とする水力発電システム。

【請求項３】

請求項１に記載の水力発電システムにおいて、

大きな圧力差（Pressure Differential）の真空吸引力を有し、主水圧管（９）内の圧縮された液体が大量に噴出された際、上流には大きな真空吸引力が生じ、圧力差は主貯水池の少なくとも 3 m の位置水頭に大気圧の 10.3 m を加えたものであり、これにより、大量の液体が引き込まれ主水圧管に流入し、圧力の均衡が促され、同時に、大量の速い速度水頭を有する水が流れ込み、次の水撃動作を備える作用を奏し、この動作はエネルギー保存則に基づくものであり、水の圧力エネルギーが水の運動エネルギーに転換された際、圧力エネルギーがこれに伴い急激に低下し、ベンチュリ管（Venturi Tube）の絞り部で生じる現象のように、この急激な圧力の低下は液体の移動を引き起こし、主貯水池（１）から水を輸送して主水管（９）に流入させ、この輸送は電動ポンプのように作用するが、如何なる電力も使用しないことを特徴とする水力発電システム。

【請求項４】

請求項１に記載の水力発電システムにおいて、

前記補助ポンプのエネルギーは、電動モータからもたらされ、該補助ポンプは主貯水池から水を引き入れて主水圧管に流入させ、これらの間の水量と圧力エネルギーを次の水撃圧に応じたものとすることを特徴とする水力発電システム。

【請求項５】

請求項１に記載の水力発電システムにおいて、

補助ポンプと主水圧管（９）とをつなぎ、その内径が主水圧管の内径の半分である補助管（２５）を備えることを特徴とする水力発電システム。

【請求項６】

請求項 1 に記載の水力発電システムにおいて、

前記補助単方向ボールバルブは、主単方向ボールバルブ（５）と、同じ寸法及び回転速度を有し、これら２つのバルブ（５）（２６）の回転方式が、水撃圧が消失しないように、補助ボールバルブが主ボールバルブ（５）より少し前に開き、補助ボールバルブが主ボールバルブ（５）より前に全閉鎖するものであることを特徴とする水力発電システム。

【請求項 7】

請求項 1 に記載の水力発電システムにおいて、

前記収縮反動ノズル（２９）は主ボールバルブ（５）の下流側に位置し、噴射の反動力でスチール棒を押し動かして仕事を施すことを特徴とする水力発電システム。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の水力発電システムにおいて、

反動棒を更に備え、該反動棒はピストン（３１）であり、該ピストンは液圧室（３０）内に置かれ、その運動は圧力液を液圧管（３４）に送り入れて仕事を施し、ノズルはスチール柱（２９－ｃ）に支持され、ガイドレール（２９－ｄ）に沿って往復運動し、ノズルには、力学的エネルギーを蓄積及び開放してノズルをもとの位置に押し戻すためのバネ（２９－ｅ）が設けられ、ノズルは空気が空気室（２９－ａ）へ自由に出入りするための排気孔（２９－ｂ）を更に備えることを特徴とする水力発電システム。

【請求項 9】

請求項 8 に記載の水力発電システムにおいて、

圧力室（３０）は、真空低圧時に底部貯水池の水を圧力室に吸入するための吸水管（３２）と、高圧時に圧力液を供給して仕事を行わせるための外を流れる液圧管（３４）とを有し、これら２本の管（３２及び３４）が、それぞれ単方向バルブ（３３及び３５）によって制御されていることを特徴とする水力発電システム。

【請求項 10】

請求項 8 に記載の水力発電システムにおいて、

液圧管（３４）に生じる液圧を、主水圧管（９）への圧力エネルギー及び液体の増加に用いることを特徴とする水力発電システム。

【請求項 11】

請求項 7 に記載の水力発電システムにおいて、

往復ピストン（３１）が直線運動を行って部材を連続的に回転運動させ、該部材の回転プレートが発電機のロータに接続されて電力を生じさせることを特徴とする水力発電システム。

【請求項 12】

請求項 7 に記載の水力発電システムにおいて、

ピストン棒は力学的エネルギーを海水を淡水化する圧力室に施し、圧力室は浸透膜により塩分を除去し、塩分を除去する膜は 8000 kPa の圧力を要することを特徴とする水力発電システム。

【請求項 13】

請求項 1 乃至請求項 12 のいずれかに記載の水力発電システムにおいて、

単方向ボールバルブ（５）を直接、反動ノズルとして用いて、伸縮するノズルを用いないようにし、該部材は、上述した圧力室、ピストン、バネ、液圧管及びその単方向バルブ、真空吸入管及びその単方向バルブ、空気室、排気孔、並びにスチール合金柱及びガイドレールと同様の部分及び機能を有することを特徴とする水力発電システム。

【請求項 14】

請求項 1 に記載の水力発電システムにおいて、

サージ室（１３）の上端には、サージ室の上部において気体の圧力エネルギーを蓄積するための、通常閉まっている単方向バルブ（４）が設けられ、該気体の圧力エネルギーは高圧時の水の上昇により生じたものであり、この蓄積された圧力エネルギーは、次の低圧時に主水圧管内に解放される圧力源であり、この気体の圧力エネルギーは、液体と気体の界面で相互に働く力学的エネルギーを示し、この力学的エネルギーの生成は電気エネルギー

10

20

30

40

50

ーを使用しないものであり、更に、サージ室内の圧力が外界の大気圧と比べてより低いときに、瞬間的に単方向バルブ（４）が開き、大気圧の空気によって室内の水位を下げ、電力を一切消費せずに水圧を主水圧管へ導くことを特徴とする水力発電システム。

【請求項１５】

請求項１に記載の水力発電システムにおいて、

ペルトン・タービン発電機の発電容量は少なくとも５００００ｋＷであり、力学的エネルギーを蓄積及び開放するための慣性フライホイールを有し、該フライホイールは十分な質量を有することによって、回転子の設定速度のバランスを維持し、これにより、回転運動エネルギーが、フライホイールによりそのエネルギーを蓄積し、該エネルギーを回転子に開放することを特徴とする水力発電システム。

10

【請求項１６】

請求項１に記載の水力発電システムにおいて、

主ポンプ（６）の圧力水頭は、１３０ｍから４００ｍ以上であり、そのモータの能力は主水圧管の定常流時に少なくとも５ｍの速度水頭を生じさせるのに十分であり、この速度水頭と動水勾配の圧力水頭は、共に該システムの最初の力学的エネルギーとなり、水撃圧を生じさせるのに用いられて該システムにエネルギーの変換をさせ、主ポンプに使用されるモータが変速型であることを特徴とする水力発電システム。

【請求項１７】

請求項１乃至請求項１６のいずれかに記載の水力発電システムにおいて、

該システムは、複数エネルギーの入力を含み、一つにまとめられた電気エネルギーを出力するエネルギー変換ループを形成することを特徴とする水力発電システム。

20

【請求項１８】

請求項１乃至請求項１７のいずれかに記載の水力発電システムにおいて、

始動／増圧発電機（３）を有し、いかなる移動エネルギーシステムであっても、持続的に受ける摩擦力や重力の影響を受ければ、その運動エネルギー効果は徐々に減少するため、周期的にエネルギーを増強する必要がある、エネルギーループ以外に設置された増圧ポンプ（２７）により、再度、エネルギーループのバランスをとることを特徴とする水力発電システム。

【請求項１９】

請求項１乃至請求項１８のいずれかに記載の水力発電システムにおいて、

前記主水圧管（９）と相対する位置に、前記主水圧管と寸法、設備及び機能が一致する第二の主水圧管を備えたことを特徴とする水力発電システム。

30

【請求項２０】

請求項２乃至請求項１９のいずれかに記載の水力発電システムにおいて、

２つの同じ単方向ボールバルブを有し、これらは交互に開閉する方式で、ポスト・ウォーターハンマー噴射の蓄積及び開放を交互に行い、発電機の動作を高効率に保つことを特徴とする水力発電システム。

【請求項２１】

請求項１乃至請求項２０のいずれかに記載の水力発電システムにおいて、

互いに変換可能な力学的エネルギーを備え、エネルギーは８種類の異なる形態で入力され、そのうち１種類のみが電気エネルギーを要するものであって（ａ）電動ポンプの圧力水頭であり、その他の７種類は自然界と物理的に生じた力学エネルギーとその変換された形態であって、（ｂ）重力により生じた主貯水池及び底部貯水池の位置水頭であり、これは大気圧１０．３ｍの圧力水頭と水の特有の重量からもたらされるものでもあるものと、（ｃ）ポスト・ウォーターハンマーから変換された水噴射の速度水頭と、（ｄ）大量の水噴射後に生じる圧力差による力であり、大量の水を高圧域から低圧域へと押し流し入れる真空吸引力と、（ｅ）ニュートンの第３法則に従って、水噴射が主水圧管を飛び出す際に生じる反動力であって、水撃と同等で反対方向の反動力と、（ｆ）高圧時にサージ室に蓄積された気体の圧力エネルギーと、（ｇ）大気圧がサージ室の低圧の水に施す圧力エネルギーと、（ｈ）発電機のロータが有する回転の慣性力とであることを特徴とする水力発電

40

50

システム。

【請求項 2 2】

請求項 1 乃至請求項 2 1 のいずれかに記載の水力発電システムにおいて、

変換可能な総エネルギー／質量の入力は、エネルギーの出力にエネルギー／質量の損失を加えたものに等しく、変換可能なエネルギー／質量の入力は、重力により生じた主貯水池及び底部貯水池の位置水頭と、その圧力エネルギーの一部に液体分子間固有の運動エネルギーから変換された部分を含むポスト・ウォーターハンマーから転換された 1 2 0 0 m の水噴射の速度水頭と、水噴射の反動力と、噴射後に主水圧管に生じ、大量の高圧水を低圧域に吸い込む真空吸引力と、水位が高い高圧時にサージ室に蓄積された気圧エネルギーと、回転子の動作時に生じる慣性力と、サージ室に流入し、下降する液表面に施される水 1 0 . 3 m の空気圧と、主ポンプ、補助ポンプ、周期的な増圧ポンプ及び単方向ボールバルブとに用いられる電気の機械エネルギーと、周期的に主貯水池に引き入れられる外界の水とを含み、

エネルギー出力は、少なくとも 5 0 MW の発電力を含み、

エネルギー／質量の損失は、摩擦損失水頭と、エネルギーが熱に変換され消耗される部分と、管壁の膨張により消耗されるエネルギーと、水分子の蒸発による消失とを含んで、運用されるエネルギーと質量の使用平衡が表されることを特徴とする水力発電システム。

10

【請求項 2 3】

請求項 1 乃至請求項 2 2 のいずれかに記載の水力発電システムにおいて、

「単一に集められた出力エネルギー」を有し、該「単一に集められた出力エネルギー」の値は、電気機械エネルギーの入力量より大きく、該エネルギー変換システムは、単一のエネルギー入力自然界の風力であり出力が単一の電力である風力発電と比べて、複数のエネルギー入力を有し、その大部分が自然界の力学的エネルギーであり、これに 1 つの電気エネルギー入力加わったものであり、該水力発電システムの総出力は、「単一に集められた電気エネルギー」であり、且つ、該水力発電システムは 1 つのエネルギー入力によるものではなく、複数のエネルギー入力によるものであって、単一に集められた電気エネルギーの総出力を生じるものであり、この電気エネルギーの出力量が 1 つの電動モータのエネルギー入力量より大きいことを特徴とする水力発電システム。

20

【請求項 2 4】

請求項 1 乃至請求項 2 3 のいずれかに記載の水力発電システムにおいて、

1 つの液体の閉鎖ループを有し、液体は地上の主貯水池 (1) から主電動モーター (6) で圧力が施され、1 2 0 0 m 長の主水圧管 (9) に流入し、この間、圧力逃し弁 (1 2) 、サージ室 (1 3 - A 及び 1 3 - B) 、真空吸水管 (1 9 - A 、 1 9 - B 、 1 9 - C) 及び増圧水圧管を経て、発電所内の高位置に置かれた末端の単方向バルブ (5) に流れ着き、継続的に回転するボールバルブ (5) は速い速度で流れる水柱を「高速閉鎖」の状態ですべて全閉鎖し、水柱全体に含まれる運動エネルギーと圧力エネルギーを瞬間的に高い圧力エネルギーを有する水撃に変換し、続いて、バルブが全開されて高圧水が再び高い運動エネルギーの水噴射に変換され、主水圧管 (9) から噴出されてペルトン・タービン発電機にぶつかって電気エネルギーを生産し、排水は底部貯水池 (1 7) に下っていき、底部貯水池から液体が重力によって外部流水管 (1 8) を経て主貯水池 (1) に流れ戻って水循環が完成し、これを持続的に運転することを特徴とする水力発電システム。

30

40

【請求項 2 5】

請求項 1 乃至請求項 2 4 のいずれかに記載の水力発電システムにおいて、

もう一つの液体の閉鎖ループを有し、単方向ボールバルブ (5) の全開時、大量の液体が主水圧管 (9) から噴射されて真空吸引力が生じ、この吸引力が大量の液体を主貯水池 (1) から真空吸水管 (1 9 - A 、 1 9 - B 及び 1 9 - C) を経て、主ポンプ及び上流の主水圧管を流れずに直接、主水圧管 (9) に注ぎ入れ、該真空吸水管を経た液体に、液圧管 (2 9) によってもたらされた圧力液及び補助ポンプによってもたらされた水が加わって、一緒にペルトン・タービン発電機へと噴出し、更に底部貯水池に達し、その後、重力

50

によって主貯水池（１）まで戻ることによって二次閉鎖ループが完成し、循環を繰り返すことを特徴とする水力発電システム。

【請求項２６】

請求項１乃至請求項２５のいずれかに記載の水力発電システムにおいて、

主ポンプ（６）の圧力水頭を、高位置貯水池（２２）の位置水頭に替えるとともに、該高位置貯水池が山の斜面に設置され、位置水頭Ｚから水が下に流れるときの管との摩擦損失水頭を引いたものが主ポンプの圧力水頭に相当することを特徴とする水力発電システム。

【請求項２７】

請求項２６に記載の水力発電システムにおいて、底部貯水池（１７）の水を高位置貯水池（２２）まで輸送して、水を循環させる電動ポンプ（２３）を備えることを特徴とする水力発電システム。

10

【請求項２８】

請求項１乃至請求項２７のいずれかに記載の水力発電システムにおいて、使用する液体が、水銀、油などの水以外の液体であることを特徴とする水力発電システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は水力発電システムに関し、より具体的には、水の位置水頭、速度水頭、弾性ポテンシャルエネルギーを利用して電気エネルギーを作り出すための水力発電システムに関する。

20

【背景技術】

【０００２】

力（Force）とは、物体を押し動かす又は引き寄せる量であり、自然界においても生じ、機械的にも生じさせることができる。力はニュートン（N）で表され、力により生じた変位が仕事（N・m）である。施された仕事は、生じた変位に比例し、一定質量の物に作用した力が大きいほど、生じる変位も大きくなる。

【０００３】

力学的エネルギーは、仕事をする能力と定義され、施された仕事には一定の力の成分が含まれる。仕事は変換されたエネルギーの測定量でもあるので、エネルギーと仕事は同一表示、ジュール、またはニュートンメートル（N・m）で表される。

30

【０００４】

力学的エネルギーには潜在的な力の成分が存在する。力学的エネルギーは力を生ずる。例えば、圧縮ばねに加わる力は、縮まった差 ΔM に比例する。このばねに施された仕事は、弾性ポテンシャルエネルギー（N・m）と等しく、このエネルギーはばねに蓄積される。そして、圧力が解かれるとすぐに、この弾性ポテンシャルエネルギーが一定量の仕事をし、力（N）を生じてばねを一定の距離 ΔM だけ引き伸ばす。

【０００５】

これら２つの単位、力（N）とエネルギー（N・m）は同じものではないが、両者は互いに交錯する本質を有している。

40

【０００６】

また、エネルギー保存の法則によると、エネルギーは創造することも消滅させることもできず、変換、伝達、蓄積、保存又は消耗されるだけであり、有益なもの、例えば、電気エネルギーなどの生産に使用され、又は無用の廃棄エネルギーなどへと消耗される。

【０００７】

現代の大きな水力発電システムは、例えば米国のコロラド川流域に設けられたフーヴァーダム（Hoover Dam）にみられるように、天然の大きな水源に建設される。ダムを建設するのは、貯水量を増加させ、貯水池の水の位置水頭（Elevation Head）を高めるためである。すなわち、単一のエネルギー入力源は重力によって生じる位置水頭であり、位置水頭が速度水頭（Velocity Head）に変換され、ハイ

50

ヘッドインパルス型 (High Head Impulse Type) のペルトン水車発電ユニット (Pelton Turbine) に用いられ、または、位置水頭が圧力水頭 (Pressure Head) に変換され、フランシス水車発電ユニットとプロペラ水車機 (Propeller Type Turbine) などのローヘッドリアクション型 (Low Head Reaction Type) に用いられ、単一の出力は電気エネルギーであるのが現代の水力発電システムである。このような伝統的な水力発電システムには、電気エネルギーは入力されない。

【0008】

現在のところ、水力発電は最良のエネルギー源の一つとされている。水力発電は有限である化石燃料を使用せず、環境の汚染もなく、大地の水循環により発電するものである。

10

【0009】

しかしながら、現在の水力発電システムには、制限とマイナス面の影響が存在する。第一に、建設地が特定の場所、即ち、大きな水源があるところに制限される。一般的には、大きな水源を有する地域は、通常、電力消費のニーズが大きい都市から離れたところにある。このため、高価で電力ロスのある電力輸送網により輸送しなければならない。第二に、現在の水力発電システムの運転は、完全に季節性のある降雨量に頼るため、約50%の使用率に過ぎない。第三に、ダム建設によって肥沃な農地が水没するなど、社会的損失も大きい。第四に、ダム建設には非常に長い時間を要する。第五に、建築工事に要する資金が極めて高い。第六に、上流のゴミを取り除き続けることは、非常に煩雑なメンテナンス作業であり、堆積する泥は大きな問題である。最後に、ダム崩壊の危険があり、生命や資産に損害をもたらす虞がある。

20

【0010】

また、本願出願人が出願した、国際出願番号 PCT/PH2005/000015、公開番号 WO2006/085782、発明の名称「RECIRCULATING WATER IN CLOSE-LOOPED HYDROPOWER SYSTEM」に係る出願には、水力発電システムが開示されている。当該国際出願の全ての内容は、ここでの引用によって本願の明細書に組み入れられる。当該開示された水力発電システムは、持続的な摩擦力及び重力の影響を受け、システム内のエネルギーが消耗されるまでエネルギー出力が減衰する。

【特許文献1】国際公開第06/085782号パンフレット

30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

本発明の目的は、上記従来技術の欠点を克服することができる、改良、拡張された水力発電システムを提供することにある。当該水力発電システムは、新たに設計されたメカニズムを有し、上記従来技術に対して大きな進歩を有する。

【課題を解決するための手段】

【0012】

まず、当該システムは、周期的に増圧力をシステムに入力するための一台の増圧ポンプ (27) を備えている。当該増圧ポンプのエネルギーは一台の始動/増圧発動機 (3) から供給される。このような運転は、持続的なエネルギー出力を提供できる条件を作り出すためのものである。

40

【0013】

また、本発明に係るシステムは、水噴射の反動力を利用する、一台の収縮反動ノズル (29) を備えている。この反動力は大きさが同じで方向が反対である力を有し、圧力室 (30) 内のピストン (31) を押し動かして仕事を行う。例えば、圧力液を液圧管 (34) を介して主水圧管 (9) に流入させることによって、システムにおける圧力エネルギーを反動力により増加させることができ、または、当該圧力エネルギーを用いることにより、海水を淡水化することができる。

【0014】

50

本発明に係る水力発電システムは、８種類の力学的エネルギーで動かされ、その大部分は自然界の力である。当該水力発電システムは入力されたエネルギーを大量に電気エネルギーに変換する。これらのうち、入力されるエネルギーの一つのみが電気エネルギーを使用するもの、すなわち、電動モーターポンプであり、このわずかな量の電気エネルギーの入力は、全システムが生産した一つに集められた出力電気エネルギーのわずかな部分である。このシステムは、閉鎖ループ（Closed Loop）内で一定量の水が連続的に循環発電するシステムである。周期的に、生産される電力が少なくなると、当該エネルギー閉鎖ループ（Energy Loop）以外からエネルギーが加えられることによって、システムにおけるエネルギーが一定量に保たれる。

【0015】

10

始動時、電動ポンプによって、地上の主貯水池（１）からの水に高い圧力エネルギーをかけ、水を長さ約１２００メートルの厚い主水圧管（９）へと押し出す。パイプラインは、圧力逃し弁、サージ室、真空吸水管を経て終点、即ち、発電所内の高位置にある単方向ボールバルブへと達する。

【0016】

この連続的に回転する単方向ボールバルブが「高速閉鎖（Rapid Closure）」されることによって高速の水柱が止められ、この長い水柱に蓄えられた運動エネルギー、圧力エネルギー及び弾性エネルギーが高水圧に変換され、そのすぐ後にバルブが開放された際に、圧力エネルギーは再び高い運動エネルギーの水噴射に変換され、ペルトン水車のプレートに衝突し、電気エネルギーが生産される。

20

【0017】

使用された水は、底部貯水池へと下っていき、その後、外部流水管を経て重力によって、再びもとの主貯水池（１）へと戻される。このようにして、水流の閉鎖ループが完成される。

【0018】

このシステムは、更に２次水流閉鎖ループを備えている。ボールバルブの高速開放時に、大量の噴射水が瞬間的に主水圧管から解放され、主水圧管内、即ち上流部分に低圧の真空が形成される。そしてこれにより引き起こされた吸引力により、送り込まれた水が、主ポンプの水路ループを通らずに主貯水池から直接、真空吸水管を経て主水圧管に注入される。このような吸引によって水を送り込む形式は、電動ポンプのような作用を有しているが、電気エネルギーをまったく消耗しない。吸引された水量は、主水圧管内の負圧力を安定させ、主水圧管が必要とする水量を増やす作用を奏する。また、補助ポンプ（２４）は、主水圧管が必要とする全水量とその圧力とを互いに維持する。

30

【0019】

また、同時に、水噴射が放出されたときに、大きさが同じで方向が反対である反動力が、反動ノズルに生じる。反動の力学的エネルギーは種々の方式で用いることができる。その一つとして、圧力室（３０）内のピストン（３１）を押し動かし、圧力液を液圧管（３４）へと注入し、主水圧管間の圧力エネルギーを増加させるのに用いることができる。

【0020】

使用された水は、底部貯水池へと下っていき、その後、外部流水管を経て重力によって、再びもとの主貯水池へと戻される。このようにして、電動ポンプ部分を通らずに水流の２次閉鎖ループが完成される。これらの水流のループはエネルギーの流れのループと一致する。

40

【0021】

反動力は、その他の方式にも利用できる。例えば、その往復運動を、直線運動から連続回転運動に変換するエンジンのような部品に用い、該部品の回転プレートを発電機のロータ（Rotor）に接続して電気エネルギーを生産する。また、その圧力エネルギーは海水の淡水化（Desalination）又は汚染水の浄化に使用することができる。なお浄化は、浸透膜（Osmotic Membrane）により行われる。

【0022】

50

如何なるエネルギー移動システムにおいても、摩擦力や重力の影響を受け続けられれば、その運動エネルギーは次第に減少する。したがって、システムにおいて、エネルギーの流れのループ外に、圧力エネルギーを再び増大させる電動ポンプ（２７）を設けている。これは周期的に必要なエネルギー入力とエネルギー出力を維持するために用いられる。

【発明の効果】

【００２３】

本発明に係るシステムは、従来の水力発電システムに対して、以下のいくつかの利点を有する。第一に、本システムは一定水量を循環させる方式で発電するものであるため、その使用率が高くなる。第二に、建設地の選択肢が広く、大都会の周辺に建設することができ、地形は平原又は平原を有する山の斜面でもよい。これらの土地は堅固な岩盤でなければならず、水源を有していなければならない。水源は地表の河川でもよく、地下水でもよい。また淡水又は海水であってもよい。また、第三に、建設期間が比較的短い。第四に、建設費が比較的経済的である。

【発明を実施するための最良の形態】

【００２４】

水撃圧は、標準の動水勾配線（Hydraulic Grade Line Pressure）を超える突然の高水圧と定義され、長い水圧管内の穏やかな水流の流速が突然変化することによって生じ、最も大きな水撃圧が生じるのは、バルブの「高速閉鎖（Rapid Closure）」が生じたとき、すなわち、完全に閉鎖する時間が $< 2L/W_p$ であるときである。ここで、 L は管の長さを示し、 W_p は水での圧力波速を示し、 20°C のとき、これは 1476 m/s である。水の圧力波速は、水の弾性率 E_v の関数で、この水の弾性率は $2.18 \times 10^9 \text{ Pa}$ であり、水の波速の計算は $W_p = (E_v / D_m)^{1/2} = (2.18 \times 10^9 / 1000)^{1/2} = 1476 \text{ m/s}$ となる。水圧管内の圧力の合計は、水撃圧に管内のもともとの圧力水頭を加えたものに等しい。

【００２５】

本発明では、水、空気及び電磁場を媒体として用い、様々なエネルギー源を集めて変換する独特な電気エネルギーシステムである（図１２）。自然界の恒久的なエネルギー、例えば、重力、大気圧、並びに、ポスト・ウォーターハンマーの噴射力、真空の吸引力、噴射の反動力、気体圧縮力及び慣性力などの物質間の動態の運動エネルギーはいずれも集めることができ、水力発電システムの重大なエネルギー入力（Energy Input）に変換される。本システムはペルトン水車発電ユニット（Pelton Turbine Generator）により電気エネルギーを生産するものである。また、モーター駆動するポンプを動力源として含み、そのエネルギーは始動／増圧発動機（３）から供給される。これによって、水力発電エネルギー変換輸送システムが構成される。

【００２６】

以下、本発明に係る水力発電システムの説明と計算について詳述する。

（Ａ）使用するのは淡水であり、海拔 0 m での淡水の密度は 1000 kg/m^3 である。比較的広い範囲でその他の液体を使用することも可能である。例えば海水の場合、その密度は 1030 kg/m^3 である。

【００２７】

（Ｂ）主水圧管の内径は 1 m であり、比較的広い範囲で適用でき、 30 cm から 1 m まで適用可能である。

【００２８】

（Ｃ）ポンプの圧力水頭は 260 m であり、比較的広い範囲で適用でき、 130 m から 400 m 以上までも適用可能である。

【００２９】

水撃圧 PH の計算式は、 $PH = D_m V W_p$ となる。ここで、 D_m は水の質量密度（Mass Density）であり、その単位は kg/m^3 である。また、 V は主水圧管の定常流（Steady State Flow）時の水流の速度であり、その単位は m/s である。 W_p は水の圧力波の速度であり、その単位は m/s であり、水固有のものである

。

【0030】

長さ1200mの鋼の水圧管とし、その内部は満たされた水が定常流動しており、その水流の速度を12.66m/sとする。そして、バルブを高速で閉める。水圧の波速を1428m/sとすると、水撃圧PHは以下ようになる。

$$\begin{aligned} PH &= D_m V W_p \\ &= 1000 \text{ kg/m}^3 (12.66 \text{ m/s}) (1428 \text{ m/s}) \\ &= 18078480 (\text{kg} \cdot \text{m/s}^2) (1/\text{m}^2) \\ &= 18078480 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

水の圧力水頭を P/W_{s_p} で計算する。ここで、Pは圧力であり、その単位は N/m^2 、 W_{s_p} は水の比重であり、その単位は 9810 N/m^3 である。 10

【0031】

これにより、圧力水頭は以下ようになる。

$$\begin{aligned} &18078480 \text{ Pa} / W_{s_p} \\ &= 18078480 \text{ Pa} / 9810 \text{ N/m}^3 = 1842 \text{ m} \end{aligned}$$

この1842mの圧力水頭は、もともとの定常流のバルブ出口の速度水頭 (Velocity Head) を大きく超えるものである。もともとの速度水頭は $V^2/2g$ で以下のように計算される。なお、ここでgは重力加速度=9.81m/s²である。

$$V^2/2g = 12.66^2/2(9.81) = 8.17 \text{ m}$$

【0032】

8.17mの速度水頭 (バルブのすぐ上流の圧力水頭でもある) から、突然、1850m (1842+8.17) の圧力水頭が形成される。この大きな水頭の差が、本発明に係る水力発電システムの主な特徴の一つである。 20

【0033】

液体の分子間に固有の運動エネルギー (Kinetic Energy) が存在することは、既に科学的に証明されており、静止状態であってもそれは同じである。これは、液体分子間に絶えず存在するブラウン運動 (Brownian Motion) によるものであり、これも原動力又は分子間のインタラクティブな力学的エネルギーとされる。

【0034】

このインタラクティブな力は、「小さなバネ」のように分子間に存在する。空気中で液体が外から高い圧力を受けると、体積が小さくなり、分子間の空間が圧縮される。この外からの高圧力はすぐに「小さなバネ」を押しつけて、増加した弾性ポテンシャルエネルギーとなる。このような現象は水撃の圧力エネルギーを大幅に高める。 30

【0035】

ここで挙げられた例では、水柱は0.83%圧縮され、これは約10mの長さに相当する。この水量は圧力が開放された際、すぐに高い運動エネルギーの水噴射として放出される。

【0036】

(システムの構成と設備)

図11は本発明に係る水力発電システムの平面図である。次の構成と設備を備えている 40

。

A) 主貯水池：天然又は人工の水源を蓄える部分であって、水表面は高温を発散するのに十分な広さを有し、基準線 (Datum) から少なくとも3mの位置水頭を有する。

B) すず型の取水口 (2)。

C) 始動/増圧発動機 (3)：主ポンプと (6) とボールバルブ (5) が必要とするスタート時の動力を供給すると共に、当該システムの出力電力が低下したときに、圧力エネルギーを増加させる電気エネルギー源を提供する。

D) 主ポンプ (6)：変速型のモータ (Variable Speed Motor) を備え、圧力を加えて主水圧管 (9) に圧力水頭を形成させる。

E) テーバ管 (7)。

F) ゲートバルブ (8) : 主水圧管に流れ込む水量を制御する。

G) 2つの主水圧管 (9-A 及び 9-B) : 1200mの長さ、1mの内径をそれぞれが有し、その終点が発電所内の約10mの高い位置にある。

H) 圧力逃し弁 (12) : ポンプを保護するために、主ポンプ (6) の水頭より20m高く開放圧が設定され、水撃圧波がポンプ圧流にぶつかったときに、その衝撃により開かれ、余剰の圧力水を主水圧管から溢れさせ、主貯水池 (1) に流入させる。

I) エアクッションサージ室 (13-A 及び 13-B) : 高圧圧縮時に生じたサージにより溢れた水量を受け入れ、その後の低圧時に蓄えた水量を放出する。また、上端部に備えた単方向バルブ (4) により、空気が外に漏れることを防いで室内の気圧を形成し、圧力が低くなったときに室内に空気を流入させることができる。

J) 単方向ボールバルブ (5) : 主水圧管の末端に連結され、堅固にバランス設計されている。

K) ペルトン・タービン (14) : 図2に示す。主発電機 (15) に連結された軸を有する。主発電機 (15) は、そのローターを一定速度に保つための慣性フライホイールを有する。

L) 収縮反動ノズル (29) : 図8及び図9に示す。液圧室 (30) と、空気室 (29-a) と、排気孔 (29-b) と、バネ (29-e) と、スチール合金の支柱 (29-c) と、ガイドレール (29-d) とを備え、主ボールバルブ (5) に接続されている。

M) 圧力室 (30) : ピストン (31) を有する。該ピストンは放出された噴射に伴って前後に移動し、高圧時には水を液圧管 (34) に押し入れ、その後の拡大低圧時には、底部貯水池の水を吸入管 (32) を介して圧力室に吸入する。また、逆流を制御する単方向バルブ (33) を有する。圧力室は海水を淡水化する設備に換えることができる。淡水化は浸透膜を使って行われる。

N) 底部貯水池 (17) : 発電所内に置かれている。底部貯水池は使われた水を受け入れるとともに、重力を利用して水を外部流水管 (18) を経て主貯水池に引き入れる。

O) 真空吸水管 (19-A, 19-B, 19-C) : 真空吸水管は主水圧管が瞬間的に必要とする水を供給することによって管内の圧力を安定させる。また、単方向バルブ (20-A, 20-B 及び 20-C) を備える。当該単方向バルブは主水圧管の下方に設けられて逆流を防止する。吸引される水の量は吸引力の大きさ、圧力の差、即ち、主貯水池の少なくとも3mの位置水頭と大気圧10.3mを足したものにより、これはエネルギー保存則に符合するものである。即ち、主水圧管の間の高圧エネルギーが突然運動エネルギーに転化されたときに低圧の真空が生じる。

P) 補助ポンプ (24) : 次の水撃動作に必要な水量を主貯水池から取り込み主水圧管へ流す。

Q) 補助ポンプ水圧管 (25) : 補助ポンプと主水圧管を結び、その内径は主水圧管の半分である。

R) 補助単方向ボールバルブ (26) : 主水圧管に流れ込む水量を調節する。その寸法と回転速度は主単方向ボールバルブ (5) と同じである。図10に示すように、補助単方向ボールバルブ (26) および主単方向ボールバルブ (5) は、相対的な動作位置を有している。補助単方向ボールバルブ (26) はその下流に配置された単方向バルブ (26-A) を備えており、これにより水撃圧の消失が防止される。

S) 増圧ポンプ (27) : 周期的にシステムの圧力エネルギーを増加させる。これは、システムから出力される電気エネルギーが減少したとき、所定の電力に到達させるために運転される。その電源は、始動/増圧発動機 (3) から供給される。このエネルギーラインは、エネルギー閉鎖ループ外のものである。

T) 単方向バルブ (28) : 増圧管と主水圧管の間に設置されている。

U) 給水管 (21) : 図13に示すように、周辺の天然水源から水を主貯水池へ取り込み蒸発した水量を補う。

V) 高位置貯水池 (22) : 本システムの第二の実施形態に係る構成であり、図14に示されるように、位置水頭によって、もともとの主ポンプの圧力水頭を置換している。

10

20

30

40

50

W) 電動ポンプ (23) : 第二の実施形態に係る構成であり、循環水を運んで高位置貯水池 (22) に戻す。

【0037】

(システムの水循環ライン)

図11で示しているように、まず水が主貯水池 (1) から取水口 (2) へ流れ出す。主ポンプ (6) から高い圧力水頭を受け、テーパ水圧管 (7) へと流れてゲートバルブ (8) を通り、長さ約1200mの主水圧管 (9) へとたどり着く。その間、水流は、圧力逃し弁 (12) と二つのエアクッションサージ室 (13-Aと13-B) を経由する。水流は主水圧管をさらに前に進み、単方向バルブ (20-A, 20-B, 20-C) を経由する。末端は単方向ボールバルブ (5-A及び5-B) であり、この末端は発電所内にある。電動単方向ボールバルブの開閉動作は、主水圧管内の高い水撃圧とポスト・ウォーターハンマーが解放された高運動エネルギーの水噴射を発生させる。水噴射は反動ノズルを経てペルトン水車発電ユニットに衝突し、電気エネルギーを発生させる。使用後の水は底部貯水池 (17) へと下って行く。底部貯水池から、水は重力により外部流水管 (18) を通り、もとの主貯水池へと流れ込む。これで、メイン閉鎖ループの循環ラインが完成する。

10

【0038】

また、真空吸水管は発電所近くの主水圧管に連結されており、水噴射の際に形成された真空吸引力により水を引き動かし、主貯水池 (1) から直接大量の水を輸送し、主水圧管に流し込む。これと補助ポンプが注入した水及び反動液圧管が注入した水とで二次閉鎖ループ (Sub-loop) が完成する。即ち、主ポンプ (6) と主水圧管の上流部分を通らずに、主貯水池からそれぞれ、真空吸水管、補助ポンプの水圧管、液圧管等を経由して主水圧管に流入し、発電ユニット、底部貯水池を経て、最終的にもとの主貯水池に戻る。

20

【0039】

(電動ボールバルブの動作)

図2は、それぞれ一方向に回転する2つのボールバルブ (5-A及び5-B) を示している (わかりやすく示すために、反動ノズルは示していない)。図において横に置かれているのが、ペルトン水車発電ユニット (14) であり、該ユニットは主発電機 (15) のロータに接続された垂直の軸を有している。

【0040】

バルブ5-Aが完全に開いた状態で、他方のバルブ15-Bは閉まっている。2つのボールバルブの寸法は一致しており、これらはモータによって連続的に回転する。ボールバルブは堅固にバランス設計されている。

30

【0041】

図3-A乃至図3-Iはボールバルブ (5) の断面を示している。該ボールバルブは出口孔 (Outlet) を有しており、この出口孔は円周の1/4を占め、ボールバルブの中心を通して入口孔 (Inlet) まで達している。入口孔も円周の1/4である。このようにして、円周は4つの部分に分けられ、そのうち2つの部分は空洞であり、残りの2つの部分はバルブの閉塞部である。

【0042】

バルブは1/2秒間で全開になり (図3-Fから図3-H)、1/2秒間全開を維持する (図3-Hから図3-Iと図3-Aから図3-B)。その後、1/2秒間で全閉になり (図3-Bから図3-D)、1/2秒間 (図3-Dから図3-F) 全閉を維持する。これらバルブの周期は、4秒に1回転で、15PRMのバルブである。また、これらそれぞれの開閉の値には1秒の差がある (図6及び図10参照)

40

【0043】

図3-A乃至図3-Iはボールバルブの動作を示している。ボールの側面には2つの凹孔がある。この凹孔はその面積とトルクを増やすためのものであり、かかる部位で比較的大きな水撃圧を受ける。

【0044】

50

力と面積と圧力に関する方程式は以下の通りとなる。

$$F = P \times A$$

$$N = N / m^2 \times m^2$$

$$\text{力} = \text{圧力} \times \text{面積}$$

【0045】

式が示すように面積は力に比例する。圧力を受けた面積が大きいほど、受ける力は大きくなる。凹孔を有する部位は、凹孔がない部位に比べて大きな圧力を受ける。このアンバランスな力がボールバルブの回転のトルク (Torque) を増加させるため、比較的小さなモータで押し動かすことができる。

【0046】

10

図4はボールバルブの出口孔を正面から示している。このバルブは耐久力の強いスチールにより製造されており、高い水撃圧の絶え間ない衝撃による磨耗に耐えられるようになっている。

【0047】

主発電機 (15) のロータには、慣性モーメントを大きくして、周期的な噴射水の運動エネルギーの入力不足を補えるほどの十分な質量 (Mass) が必要である。そのためフライホイール (16) を設置する必要がある。

【0048】

(水の体積圧縮の計算)

高圧下では、水の体積圧縮率 R_c の方程式は、 $R_c = -P / E_v$ で表される。同式において、 P は加えられた圧力 (単位は kPa)、 E_v は水の弾性率 (Volume Modulus of Elasticity) であり、 $20^\circ C$ で $2.18 \times 10^6 kPa$ である。

20

【0049】

本実施形態の主水圧管は長さ $1200m$ 、内径 $1m$ である。主水圧管は水温 $20^\circ C$ で $1850m$ の圧力水頭を受け、これは $1850 \times 9.81 kN/m^2 = 18148 kPa$ に相当する。そして、その圧縮率は以下ようになる。

$$\begin{aligned} R_c &= -P / E_v \\ &= -18148 kPa / (2.18 \times 10^6) kPa \\ &= -0.0083 \end{aligned}$$

30

【0050】

施された $18148 kPa$ の圧力は水を 0.83% 圧縮する。この圧縮した体積は $1200m \times 0.785 \times 0.83\% = 7.82 m^3$ となる。水柱の長さは $7.82 / 0.785 = 9.96m$ 分縮む。水柱がより高い圧力を受けると長さはより短くなり、蓄積される弾性ポテンシャルエネルギー (Elastic Potential Energy) も大きくなる。この弾性ポテンシャルエネルギーは、水分子間の固有の潜在的運動エネルギーから変換されたものである。

【0051】

(水の圧力波の速度の修正計算)

水温 $20^\circ C$ とし、その圧力波の速度を $1478 m/s$ とする。この速度は、管の原料及びその厚さ ($15cm$) の影響により変化する。修正後の速度 MW_p の方程式は、以下のようになる。

40

$$MW_p = W_p \{ 1 / [1 + (E_v / E) (D / t)] \}^{1/2}$$

式において、 W_p は水の圧力波速度であり、本例では、水温 $20^\circ C$ で $1478 m/s$ である。また、 E_v は水の弾性率であり、約 $2.18 \times 10^6 kN/m^2$ である。 E は管の原料の体積弾性率であり、スチールでは約 $207 \times 10^6 kN/m^2$ である。これは水の 100 倍であり、水の圧縮できる体積量はスチールの 100 倍といえる。 D は管の内径であり、本例では $1m$ である。 t は管の厚みであり、本例では $0.15m$ である。

【0052】

これらを代入すると以下ようになる。

50

$$\begin{aligned}
 & MW_p \\
 &= W_p \left\{ 1 / 1 + [(2.18 \times 10^6) / (207 \times 10^6)] \times [1 / 0.15] \right\} \\
 &= 1478 \left\{ 1 / (1 + 0.07) \right\}^{1/2} \\
 &= 1428.8 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

即ち、ここで特定した水圧管及び温度における水の圧力波の速度は1428.8 m/sである。

【0053】

(システムのエネルギー方程式の計算(反動力の入力は考慮していない))

260mの圧力水頭のポンプを使用し、主水圧管の末端が開始位置より10m高く、主水圧管の内径が1mである場合の、水流のエネルギー方程式は以下のようになる。

$$260 = v^2 / 2g + HTL + 10$$

式中、HTLは損失水頭であり、水の水頭速度の30.8倍である。

【0054】

従って、以下のようになる。

$$260 = (1 + 30.8) v^2 / 2g + 10$$

$$v = 12.66 \text{ m/s}$$

これは定常状態での流速で、その流量Qは、 $Q = 1^2 \pi / 4 (12.66 \text{ m/s}) = 9.93 \text{ m}^3/\text{s}$ となる。

【0055】

電動単方向ボールバルブ(5)が1/2秒間で水流を閉鎖したときに生じる水撃圧は、以下の通りとなる。

$$\begin{aligned}
 PH = D_m VW_p &= (1000) (12.66) (1428) \\
 &= 18087 \text{ kPa}
 \end{aligned}$$

圧力水頭で表すと、 $18087 / 9.81 = 1842 \text{ m}$ になる。

【0056】

定常流の8.17mの水頭速度から、バルブの高速閉鎖により、圧力水頭は1850m(1842+8.17m)にまで上昇する。そして、1/2秒でバルブは全開にされ、更に1/2秒間、全開のままとなる。この瞬間、大きな運動エネルギーを有する水噴射が、主水圧管から噴出され、ペルトン・タービン発電機に激しくぶつかる。この運動エネルギーの放出のときは、主水圧管の圧力水頭の急激な低下するときでもある。

【0057】

図5では、予測される流量のグラフ(Discharge Graph)を示している。T=0秒のとき、バルブは完全に閉まっており、水圧管内の水撃の圧力水頭は1851mである。その後の1/2秒で、ボールバルブが回転して開放され、T=0秒からT=0.75秒の間に、圧力水頭は急速に低下する。予想では、T=0.75秒の瞬間(Instantaneous Moment)、水頭は1600mであり、すでにもともとの1850mの水頭ではなくなっている。

【0058】

液体の水頭速度 H_v は、 $H_v = V^2 / 2g$ で表され、 $V_{el} = (2gH_v)^{1/2}$ となる。また、予想したように、T=0.75秒の瞬間の水頭を1,600mすると、 $V_{inst} = (2g \times 1600)^{1/2} = 177 \text{ m/s}$ となる。また、その瞬間の水の流量 Q_{inst} の方程式は、 $Q_{inst} = AV_{inst}$ であり、ここで、Aは水圧管の断面積で単位は m^2 、 V_{inst} は瞬間の流速で単位は m/s である。

【0059】

既定の水圧管面積で177m/sの瞬間流速とすると、瞬間の流量は以下の通りとなる。

$$\begin{aligned}
 Q_{inst} &= [(1^2) \pi / 4] (177 \text{ m/s}) = 0.785 (177) \\
 &= 137 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

予測される流量曲線のグラフは、以下の方程式の曲線に近似する。同式において、Yは

水の流量、Xは時間である。

$$Y = 1.39(2.66X - 1.77X^2) \quad (0 < X < 2 \text{ の範囲})$$

図5はこのような関係を示している。

【0060】

T = 0.25秒からT = 1.25秒の間、水の流量は最も多くなり、擁する運動エネルギーも最大となる。この水の流量を微積分で計算すると、以下のようになる。

【式1】

【0061】

$$\int_{0.25}^{1.25} 1.39(2.66X - 1.77X^2) dX$$

10

$$Q = 118.43 \text{ m}^3 / \text{s}$$

この水の流量の方程式から、予測される平均速度が以下のように得られる。

$$V_{ave} = Q / A = 118.43 / 0.785 = 150.86 \text{ m/s}$$

よって、T = 0.25秒からT = 1.25秒の間の平均速度水頭は、以下の通りとなる。

$$V_{el}^2 / 2g = 150.86^2 / 19.62 = 1160 \text{ m}$$

この1秒間に放出される水噴射の仕事率は以下の通りとなる。

20

Hydrodynamic Power = $Q W_{sp} H_{ave} / 1000$ (単位はkW)

同式において、Qはこの1秒間の流量で単位は m^3 / s 、 W_{sp} は水の比重で単位は 810 N/m^3 、 H_{ave} は噴射水の平均水頭で単位はmである。従って、以下の通りとなる。

$$\begin{aligned} \text{Power}_{T=0.25 \sim T=1.25} &= 118.43 (9810) (1160) / 1000 \\ &= 1347680 \text{ kW} \\ &= 1347.68 \text{ MW} \end{aligned}$$

【0062】

30

仕事率を運動エネルギー (Kinetic Energy) の観点から計算すると、方程式は以下のように表される。

$$KE = 1/2 MV^2$$

式において、Mは水噴射の総質量で単位はkgであり、 118.43 m^3 の水は 118430 kg の質量を有する。また、水噴射の平均速度で単位は m/s であり、この例では 150.86 m/s である。従って、以下の通りとなる。

$$\begin{aligned} KE &= 1/2 (118.430) (150.86^2) \\ &= 1347667 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

【0063】

この運動エネルギーは1秒間に解放されるものであるため、 $1347667 \text{ kN} \cdot \text{m} / \text{sec}$ と表すことができる。 $\text{kN} \cdot \text{m} / \text{sec}$ はkWとも表されるので、 1347 MW の出力は、水の動力学方程式によって得られる 1347 MW と一致するものである。

40

【0064】

水力発電ユニットの効率を80%とすると、正味の出力は、 $1347 \text{ MW} \times 80\% = 1064.8 \text{ MW}$ となる。図6に示されるように、この出力は一組の主水圧管によって1.5秒間にもたらされるものである。理論上、2組の主水圧管の1秒間の出力は $(2 \times 1347) / 2.5 = 1077 \text{ MW}$ である。仮に一組の水圧管路のみを利用した場合、生じる出力は 538 MW となる。

【0065】

ここで生じる出力は、圧力差による真空吸引力、水噴射の反動力、重力、気体圧縮力、

50

慣性力及び大気圧の自然の力学的エネルギーや、主ポンプ、補助ポンプ及び周期的な増圧ポンプの圧力エネルギーがシステムに入力されることによって保たれる。

【0066】

(システムの主ポンプに必要な出力)

主ポンプ(6)が主水圧管の定常流を加圧し、260mの圧力水頭を有するのに必要な出力は以下の通りとなる。

$$P_{\text{pump}} = 9.93(9810)(260) / 1000 = 25.33 \text{ MW}$$

ポンプの効率を80%とすると、その総出力は31.66MWになる。

【0067】

2つのポンプを同時稼働させるには63.32MWの出力が必要になる。発電された1077MWから63.32MWを引き、さらに補助ポンプ、増圧ポンプ、ボールバルブ及び発電所内で要する約20MWを引くと、正味の電力は995MWとなり、この電力は外部の電力ネットワークに送電できる。

【0068】

(水噴射の反動力)

水噴射の反動力は、水撃と同じ大きさで方向が反対となる力であり、この力はいくつかの方法に利用できる。第一に、この力学エネルギーは圧力エネルギーに変換することができ、主水管(9)に圧力を加えることができ、システムの効率を激増させることができる。第二に、直線的に往復するスチール棒に加えることによって、回転プレートが発電機のロータに接続された部品を連続回転させて電気エネルギーを生じさせることができる。第三に、海水を淡水化するための圧力エネルギーに変換することができる。これは浸透膜を用いて行われる。

【0069】

一つの主水圧管の $T = 0.25$ 秒から $T = 1.25$ 間までと、その後の循環水の噴射力は、 $F = D_m Q V_{e1}$ で示される。式中、 D_m は水の密度であり、 Q は流量で単位は m^3/sec である。また、 V_{e1} は水柱の流速である。従って、 $F = 1000 \times 118 \times 150 = 17700 \text{ kN}$ となり、これはノズルに加えられる反動力でもある。

【0070】

A) 第一の用途 20 m^3 の水量を主水圧管(9)に注ぎ込むとすると、その流量の式は以下の通りになる。

$$Q = A_{\text{pipe}} \times V_{\text{pipe}} = A_{\text{chamber}} \times V_{\text{chamber}} = 20 \text{ m}^3 / \text{s}$$

水を主水圧管に注ぎ込む液圧管(34)は、内径が1mであり、その断面積は0.785 m^2 であり、流速は25.4 m/s である。円柱形の液圧室は、断面積が10 m^2 (これは約3.5mの内径に相当する)、液圧室の流速が2 m/s である。方程式は以下の通りとなる。

$$Q = 0.785 \times 25.4 = 10 \times 2 = 20 \text{ m}^3 / \text{s}$$

【0071】

液圧室内の圧力は、 $P = F / A = 17700 / 10 = 1770 \text{ kPa}$ であり、圧力水頭 $P / W_{sp} = 1770 / 9.81 = 177 \text{ m}$ である。

【0072】

液圧管(34)の速度水頭は次式によって計算できる。

$$\begin{aligned} & V_{\text{pipe}}^2 / 2g \\ &= (D_{\text{cham}} / D_{\text{pipe}})^4 V_{\text{cham}}^2 / 2g \\ &= (3.5 / 1)^4 0.230 \text{ m} \end{aligned}$$

【0073】

ベルヌーイ(Bernoulli)の連続の式により、力学エネルギーの移動は以下の通りとなる(管の摩擦損失はおよそ $2 \times V_{\text{pipe}}^2 / 2g$ である)。

$$\begin{aligned} & V_{\text{CH}}^2 / 2g + P_{\text{CH}} / W_{sp} + 10 = V_{\text{pipe}}^2 / 2g + P_{\text{pipe}} / W_{sp} \\ & + H_{\text{loss}} \\ & 0.2 \text{ m} + 177 \text{ m} + 10 \text{ m} = 30 + 97.22 \text{ m} + 2(30) \end{aligned}$$

出力は、 $Power = Q W s p H / 1000 = 20 \times 9.81 \times 30 = 6 \text{ MW}$ となる。
【0074】

B) 反動力は発電に用いることができる。直線的に往復するスチール棒を用いて、回転プレートが発電機のロータに接続された部品を連続回転させて電気エネルギーを生じさせることができる。往復する棒の正味の長さが1m、速度が1m/s、17700kNの反動力は約15000kN・m/s 15MWの電力を発電することができる（これはバネを圧縮するために必要な力とノズル集合の慣性を考慮した後の数値である）。

【0075】

C) 反動力は海水の淡水化に用いられ、それに必要な圧力は8000kPaで、ピストンの面積は以下の通りとなる。

$$\text{面積} = \text{力} / \text{圧力} = 17700 / 8000 = 2.2 \text{ m}^2$$

脱塩タンクの内径は $(2.2 / 0.785)^{1/2} = 1.67 \text{ m}$ となる。

【0076】

他の方法では、単方向ボールバルブ(5)を用いて直接、反動ノズルとする（収縮ノズルを用いないこととする）。この部品は、例えば、液圧室、ピストン、バネ、液圧管及びその単方向バルブ、空気室、排気孔、スチール合金柱及びガイドレールなど、上述した同様の部品及び機能を有している。

【0077】

（システムの水補充方法）

システムにおける水は、蒸発により若干減少する。このため、周期的に周囲の天然の水源から水を取り、補充する必要がある（図13参照）。給水管(21)を経て、水は直接、主貯水池(1)に注入される。

【0078】

主貯水池は発電所以外に設置され、天然の湖であってもよい。また、その表面は水の温度が下げられるよう十分に大きくなくてはならない。高温の水は、システムの稼動時に生じる摩擦によりもたらされるものであり、変圧器及びその他の機械を経て生じた高温は、水及び冷風によって熱エネルギーが発散される。図11に示されるように、高温水及び排水はともに底部貯水池から外部流水管(18)を流れて主貯水池に注ぎ込まれ、放熱される。水温は、高温になりすぎないように適切に監視測定される。もし水温が高くなりすぎた場合は、その他の冷却器を使用してもよい。

【0079】

（本水力発電システムの第2の実施形態）

図14は、本発明に係る水力発電システムの第2の実施形態を示している。即ち、本実施形態では、主ポンプ(6)によって施される圧力水頭が、高位置貯水池(22)の位置水頭によって置換され、位置水頭乙から下に流れる水の管との摩擦損失水頭を引いたものが主ポンプの圧力水頭に相当する。その他の構成及び機械の寸法、機能動作は前述した設計とほぼ同様である。

【0080】

第2の実施形態においては、電動ポンプ(23)を備えている。該電動ポンプは発電所内の底部貯水池につながれ、水を高位置貯水池(22)まで輸送して、循環使用する。システムは、先の主貯水池(1)のような低位置貯水池を備えており、熱の発散と真空吸水管、補助ポンプ水圧管及び増圧ポンプ水圧管に水を供給するのに用いられる。

【0081】

これら2つの形態の設計は総出力が近い電源出力を生じることができる。本水力発電システムの運転は、エネルギー／質量平衡が保たれており、以下の表に示した様に、変換可能な総エネルギー／質量の入力は、エネルギー出力とエネルギー／質量の損失の合計と等しい。

【0082】

10

20

30

40

【表 1】

総エネルギー／質量入力	エネルギー出力	エネルギー／質量損失
a. 重力により生じた主貯水池及び底部貯水池の位置水頭。 b. ポスト・ウォーターハンマーから変換された 1 2 0 0 m の水噴射の速度水頭。圧力エネルギーには、液体分子間に固有の運動エネルギーから変換された部分が含まれる。 c. 水噴射の反動力。 d. 噴射後に主水圧管内に生じ、大量の高圧水を低圧域に吸い込む、真空吸引力。 e. 水かさが増した高圧時に生じる、サージ室に蓄積された気圧エネルギー。 f. ロータ稼働時に生じる慣性力 g. 減圧段階にサージ室に押し入る水 1 0 . 3 m の空気圧。 h. 主ポンプ、補助ポンプ、周期的に増圧するポンプ及び単方向ボールバルブに用いられる、電氣的な機械エネルギー i. 周期的に主貯水池に引き入れられる外界の水	a. 生産された電気エネルギーは少なくとも 5 0 MW	a. 摩擦損失水頭。 b. エネルギーが熱エネルギーに変換され、消耗された部分。 c. 管壁の膨張により消耗されたエネルギー。 d. 水分子の蒸発による消失。

10

20

30

40

【0083】

本発明はベースロード用の発電所（Base load Generator）として設計され、電力需要の低下時に、その余剰エネルギーを発電所内で運転されるユニットに使用することができる。

【0084】

また、他の選択肢として、主ポンプのモータの回転速度を遅くして主水圧管の速度水頭を低下させ、比較的低い水撃圧を生じさせて発電効率を低減させることも採用することが可能である。

【0085】

本発明は独立した発電所として建設することも可能であり、既存の発電所の補助的な発

50

電所としても建設することが可能であり、これにより、エネルギーを倍増させるユニットシステムとすることができる。

【0086】

上述した説明は、本発明の実施形態を示したものであって、本発明を制限するものではない。本発明の範囲は特許請求の範囲によって限定される。

【図面の簡単な説明】

【0087】

【図1】主ポンプ（6）、ゲートバルブ（8）、圧力逃し弁（12）、2つのサージ室（13）及び主水圧管（9）を含むシステム上流部を示す図。

【図2】主水圧管A（9-A）が全開で、反対側の主水圧管B（9-B）が完全に閉鎖されたときの、水圧管路A（9-A）から放出された水噴射を受けるペルトン・タービン発電機（14と15）を示す図。

【図3】まず水撃圧を形成し、その後、高運動エネルギーの水噴射を放出する、単方向ボールバルブ（5）の動作順序を示す図。

【図4】単方向ボールバルブの正面図。

【図5】主水圧管から外に噴出される予測水量を示すグラフ。

【図6】2つの主水圧管から外に噴出される2つの予測水量を重ね合わせたグラフ。

【図7】補助ポンプ（24）と補助単方向ボールバルブ（26）が主貯水池（1）から水を取ることを示す図。

【図8】主単方向ボールバルブ（5）のすぐ下流に連結された圧力室（30）と、空気室（29-a）と、排気孔（29-b）と、バネ（29-e）と、支柱（29-c）と、ガイドレール（29-d）とを備えた収縮反動ノズル（29）を示し、圧力室（30）内のピストン（31）が室内の水を液圧管（34）に押し入れることによって仕事をし、ピストンが戻ることによって吸入管（32）から水が吸入され室内に入ることを示す図。

【図9】図8の平面図であって、反動ノズルの内向き収縮段階を示す図。

【図10】主ボールバルブ（5）と補助ボールバルブ（26）の瞬間の相対位置を表す図。

【図11】ループ外の増圧ポンプ（27）ラインを有する、本発明に係る水力発電システムの平面図。

【図12】ループ外のエネルギーにより圧力を増加させる入力ラインを有する、本発明に係る水力発電システムのエネルギー閉鎖ループを示す図。

【図13】給水管（21）が近くの水源から水を取り、システムの主貯水池（1）に流し込むことを示した図。

【図14】主ポンプ（6）の圧力水等に変えて高位置の貯水池（22）の位置水頭をエネルギー入力とした、本発明に係る水力発電システムの第2の実施形態を示す図。

【符号の説明】

【0088】

- 1 主貯水池
- 2 取水口
- 3 始動／増圧発電機
- 5 主単方向ボールバルブ
- 6 電動ポンプ
- 7 テーパ水圧管
- 8 ゲートバルブ
- 9 主水圧管
- 12 圧力逃し弁
- 13 サージ室
- 14, 15 ペルトン・タービン発電機
- 17 底部貯水池
- 18 外部流水管

10

20

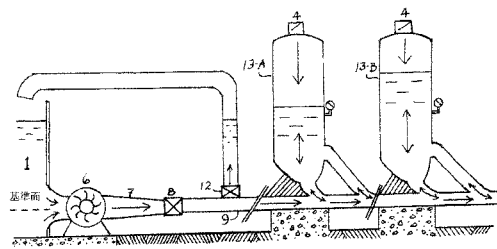
30

40

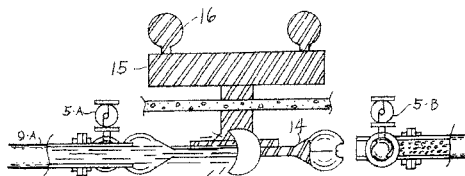
50

- 2 1 給水管
- 2 4 補助ポンプ
- 2 5 補助ポンプ水圧管
- 2 6 補助単方向ボールバルブ
- 2 7 増圧ポンプ
- 2 9 収縮反動ノズル

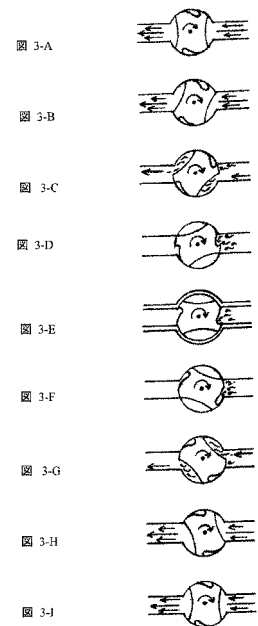
【図 1】



【図 2】



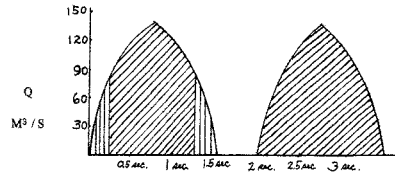
【図 3】



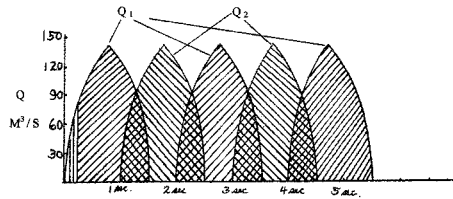
【図 4】



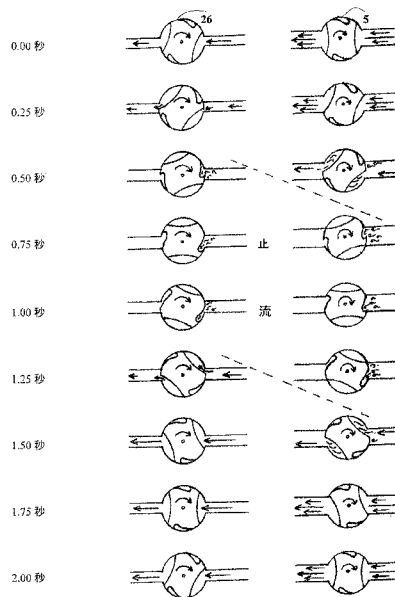
【図 5】



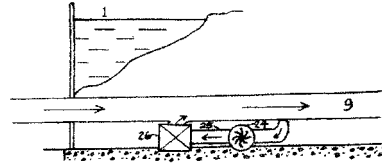
【図 6】



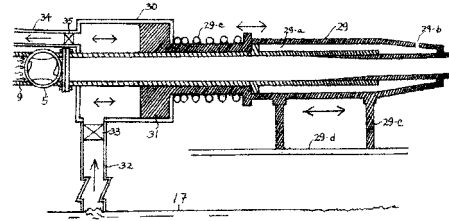
【図 10】



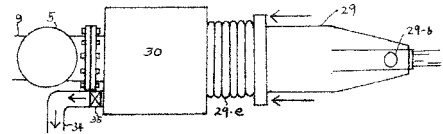
【図 7】



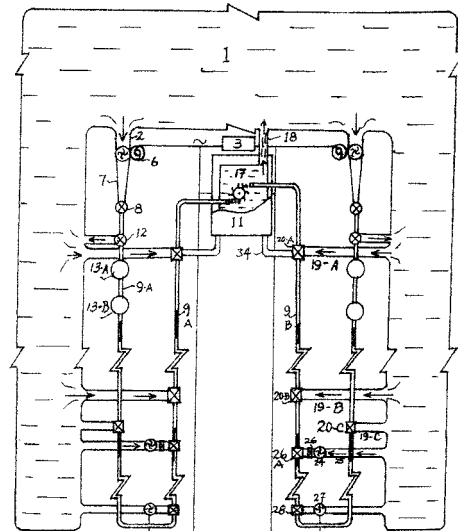
【図 8】



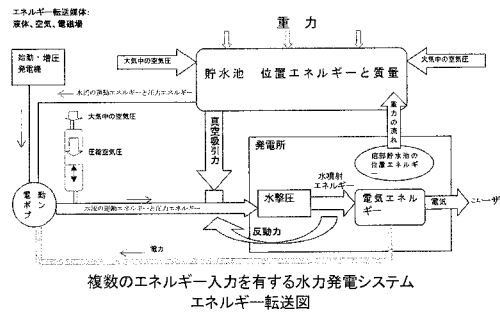
【図 9】



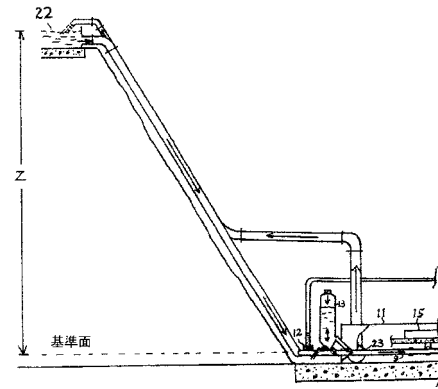
【図 11】



【図 1 2】



【図 1 4】



【図 1 3】

