

(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2014-119086

(P2014-119086A)

(43) 公開日 平成26年6月30日 (2014. 6. 30)

(51) Int.Cl.
F16K 31/04 (2006.01)

F1
F16K 31/04

テーマコード (参考)
3H062

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2012-276595 (P2012-276595)
(22) 出願日 平成24年12月19日 (2012.12.19)

(71) 出願人 000000239
株式会社荏原製作所
東京都大田区羽田旭町11番1号
(74) 代理人 100140109
弁理士 小野 新次郎
(74) 代理人 100106208
弁理士 宮前 徹
(74) 代理人 100114487
弁理士 山崎 幸作
(74) 代理人 100146710
弁理士 鐘ヶ江 幸男
(74) 代理人 100117411
弁理士 串田 幸一

最終頁に続く

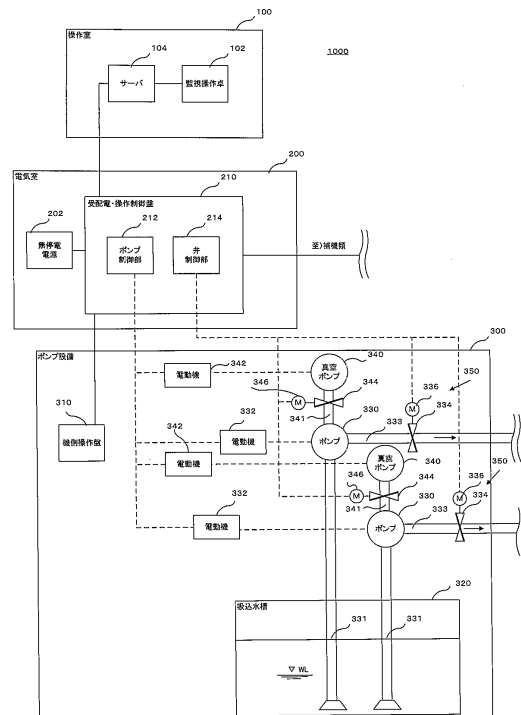
(54) 【発明の名称】 吐出弁ユニット、及びポンプシステム

(57) 【要約】

【課題】 吐出弁の単位弁開閉速度あたりの液体の流量変化率を安定させる。

【解決手段】 吐出弁ユニットは、ポンプ330の吐出側に設けられる吐出弁334と、吐出弁334を可変速に開閉させるモータ336と、モータ336を介して吐出弁334の開閉を制御することによって、ポンプ330から吐出される液体の流量を制御する弁制御部214と、を備える。弁制御部214は、吐出弁334の単位弁開閉速度あたりの液体の流量変化率があらかじめ設定された範囲内になるように、吐出弁334の開度ごとに弁開閉速度が設定された第1の弁開閉速度パターンにしたがって、吐出弁334の開閉を制御する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

液体を揚排液するポンプの吐出側に設けられる吐出弁ユニットであって、
前記ポンプの吐出側に設けられる弁と、
前記弁を可変速に開閉させるドライバと、
前記ドライバを介して前記弁の開閉を制御することによって、前記ポンプから吐出される液体の流量を制御する制御部と、を備え、
前記制御部は、前記弁の単位弁開閉速度あたりの前記液体の流量変化率があらかじめ設定された範囲内になるように、前記弁の開度ごとに前記弁の単位弁開閉速度が設定された第 1 の弁開閉速度パターンにしたがって、前記弁の開閉を制御する、
ことを特徴とする吐出弁ユニット。

10

【請求項 2】

請求項 1 の吐出弁ユニットにおいて、
前記制御部は、前記ポンプが通常運転をしているか、前記ポンプが始動信号に応じて始動運転をしているか、又は前記ポンプが停止信号に応じて停止運転をしているかを判定し、
前記ポンプが通常運転をしていると判定した場合は、前記第 1 の弁開閉速度パターンにしたがって前記弁の開閉を制御し、
前記ポンプが始動運転又は停止運転をしていると判定した場合は、第 1 の弁開度領域に対して第 1 の範囲内の弁開閉速度が設定され、前記第 1 の弁開度領域より大きな第 2 の弁開度領域に対して前記第 1 の範囲内の弁開閉速度より小さい第 2 の範囲内の弁開閉速度が設定された第 2 の弁開閉速度パターンにしたがって、前記弁の開閉を制御する、
ことを特徴とする吐出弁ユニット。

20

【請求項 3】

請求項 2 の吐出弁ユニットにおいて、
前記制御部は、前記ポンプが始動運転又は停止運転をしていると判定した場合は、前記弁の開度が $20^\circ \sim 40^\circ$ の所定開度未満の第 1 の弁開度領域に対して第 1 の範囲内の弁開閉速度が設定され、前記所定開度以上の第 2 の弁開度領域に対して前記第 1 の範囲内の弁開閉速度より小さい第 2 の範囲内の弁開閉速度が設定された第 2 の弁開閉速度パターンにしたがって、前記弁の開閉を制御する、
ことを特徴とする吐出弁ユニット。

30

【請求項 4】

請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項の吐出弁ユニットにおいて、
停電時に前記制御部に電源を供給するバッテリー電源を備え、
前記制御部は、前記ポンプが通常運転をしているか、又は前記ポンプが停電による緊急停止信号に応じて緊急停止運転をしているかを判定し、
前記ポンプが通常運転をしていると判定した場合は、前記第 1 の弁開閉速度パターンにしたがって前記弁の開閉を制御し、
前記ポンプが緊急停止運転をしていると判定した場合は、第 3 の弁開度領域に対して第 3 の範囲内の弁開閉速度が設定され、前記第 3 の弁開度領域より大きな第 4 の弁開度領域に対して前記第 3 の範囲内の弁開閉速度より大きい第 4 の範囲内の弁開閉速度が設定された第 3 の弁開閉速度パターンにしたがって、前記バッテリー電源を用いて前記弁を閉止制御し、前記弁を逆止弁として機能させる、
ことを特徴とする吐出弁ユニット。

40

【請求項 5】

請求項 4 の吐出弁ユニットにおいて、
前記制御部は、前記ポンプが緊急停止運転をしていると判定され、かつ、前記弁の開度が前記第 4 の弁開度領域にある場合は、前記第 4 の範囲内の弁開閉速度によって前記弁を閉止制御し、前記弁の開度が前記第 3 の弁開度領域まで閉止されたら、前記第 3 の弁開度領域まで閉止された時の開度で所定時間弁の閉止制御を停止し、所定時間経過後、前記第

50

3の範囲内の弁開閉速度によって前記弁を閉止制御する、
ことを特徴とする吐出弁ユニット。

【請求項6】

請求項1乃至5のいずれか1項の吐出弁ユニットにおいて、
停電時に前記制御部に電源を供給するバッテリー電源を備え、
前記制御部は、前記ポンプが通常運転をしているか、前記ポンプが始動信号に応じて始
動運転をしているか、前記ポンプが停止信号に応じて停止運転をしているか、又は前記ポ
ンプが停電による緊急停止信号に応じて緊急停止運転をしているかを判定し、
前記ポンプが通常運転をしていると判定した場合は、前記第1の弁開閉速度パターンに
したがって前記弁の開閉を制御し、

10

前記ポンプが始動運転又は停止運転をしていると判定した場合は、前記第1の弁開度領
域に対して第1の範囲内の弁開閉速度が設定され、前記第1の弁開度領域より大きな第2
の弁開度領域に対して前記第1の範囲内の弁開閉速度より小さい第2の範囲内の弁開閉速
度が設定された第2の弁開閉速度パターンにしたがって、前記弁の開閉を制御し、

前記ポンプが緊急停止運転をしていると判定した場合は、前記第3の弁開度領域に対
して第3の範囲内の弁開閉速度が設定され、前記第3の弁開度領域より大きな第4の弁開
度領域に対して前記第3の範囲内の弁開閉速度より大きい第4の範囲内の弁開閉速度が設
定された第3の弁開閉速度パターンにしたがって、前記バッテリー電源を用いて前記弁を閉
止制御し、前記弁を逆止弁として機能させる、

20

ことを特徴とする吐出弁ユニット。

【請求項7】

液体を貯留する液体槽と、

前記液体槽に貯留された液体を揚排液するポンプと、

前記ポンプを駆動する駆動機と、

前記ポンプの吐出側に設けられた請求項1乃至7のいずれか1項の吐出弁ユニットと、
を備えたことを特徴とするポンプシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、吐出弁ユニット、及びポンプシステムに関するものである。

30

【背景技術】

【0002】

従来、浄水場又はダムなどの様々な施設で、水などの液体を揚排水するためにポンプシ
ステムが用いられている。ポンプシステムは、モータなどの駆動機によってポンプを駆動
し、すなわち機械エネルギーを液体の運動エネルギーに変換することによって、貯留槽など
に貯留された液体を移送する。

【0003】

ところで、ポンプから吐出される液体の流量を制御する方法としては、ポンプの吐出側
の配管に設けた吐出弁の弁開度の制御、ポンプ羽根車の回転速度の制御、又はポンプ羽根
車の翼角度の制御などが知られている。これらの中で、吐出弁の弁開度による流量制御は
設備が簡素となるため、多く使用されている。

40

【0004】

しかしながら、ポンプ用の吐出弁に使用される仕切弁等では、弁の各開度における損失
係数の変化が大きいため、僅かな開度変化に対してポンプの吐出量が大きく変わること
がある。このため、目標流量に合わせづらく（すなわち制御しにくく）、流量が安定せず
、ハンチングを起こすおそれがある。

【0005】

その対策として、仕切弁に比べ、流量制御性が良い（開度 - 損失特性が流量制御に適し
ている）弁として、パタフライ弁やロート弁（コーン弁ともいう）を用いる場合があるが
、制御の安定性には改善の余地があった。

50

【 0 0 0 6 】

従来技術としては、インバータ制御可能な交流電動機によって弁を開閉することによって、弁の開閉速度を変化させる方法がある。より具体的には、弁を回動するための負荷トルクが大きくなる弁開度（弁開度 0 ~ 4 0 % の範囲）では弁を遅く開閉し、負荷トルクが小さくなる弁開度（弁開度 4 0 ~ 1 0 0 % の範囲）では弁を早く開閉するというものである。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 7 】

【 特許文献 1 】 特許第 3 0 7 9 4 2 6 号 公 報

10

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 8 】

しかしながら、従来技術では、弁の単位弁開閉速度あたりの流量変化率を安定させることについては考慮していない。

【 0 0 0 9 】

すなわち、実際の運転においては、弁の単位弁開閉速度あたりの流量変化率が不安定になり易い。このため、送液配管内にて流量のハンチングや急激な圧力変動を起こしやすく、安定した運転が難しいことがある。

【 0 0 1 0 】

20

この点、従来技術は、弁を所望の開閉速度に正確に設定し維持することを目的とするため、弁の単位弁開閉速度あたりの液体の流量変化率を安定させることについては考慮していない。

【 0 0 1 1 】

なお、吐出弁の弁開度の制御の他には、ポンプ羽根車の回転速度制御や、ポンプ羽根車の翼角度の制御などがあるが、ポンプ停止時などに液体が逆流するのを防止するためには何らかの弁の設置が必要である。これに加えて、回転速度制御のためのインバータ装置や複雑な翼角操作機構が必要となるため、設置費用が高く、維持管理も複雑になるなど、経済性に難がある。

【 課題を解決するための手段 】

30

【 0 0 1 2 】

本願発明の吐出弁ユニットは、上記課題に鑑みなされたもので、液体を揚排液するポンプの吐出側に設けられ、前記ポンプの吐出側に設けられる弁と、前記弁を可変速に開閉させるドライバと、前記ドライバを介して前記弁の開閉を制御することによって、前記ポンプから吐出される液体の流量を制御する制御部と、を備える。

【 0 0 1 3 】

そして、前記制御部は、前記弁の単位弁開閉速度あたりの前記液体の流量変化率があらかじめ設定された範囲内になるように、前記弁の開度ごとに前記弁の単位弁開閉速度が設定された第 1 の弁開閉速度パターンにしたがって、前記弁の開閉を制御することを特徴とする。

40

【 0 0 1 4 】

本願発明によれば、第 1 の弁開閉速度パターンは、弁の単位弁開閉速度あたりの前記液体の流量変化率があらかじめ設定された範囲内となるように、弁の開度ごとに弁の単位弁開閉速度が設定される。そして、制御部は、第 1 の弁開閉速度パターンにしたがって弁の開閉を制御するので、弁の単位弁開閉速度あたりの流量変化率を安定させることができる。その結果、送液管路内の流量のハンチングや急激な圧力変動を抑制し、安定した運用ができる。

【 0 0 1 5 】

また、前記制御部は、前記弁の単位弁開閉速度あたりの前記液体の流量変化率が、設備としての許容範囲内（例えば、 $0.6 \sim 1.0 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{min}} \right) / \left(\frac{\text{sec}}{\text{°}} \right)$ ）

50

になるように、前記弁の開度ごとに前記弁の開閉速度が設定された第1の弁開閉速度パターンにしたがって、前記弁の開閉を制御することができる。

【0016】

また、前記制御部は、前記ポンプが通常運転をしているか、前記ポンプが始動信号に応じて通常運転に至る一連の始動運転をしているか、又は前記ポンプが停止信号に応じて停止運転に至る一連の停止運転をしているかを判定することができる。

【0017】

そして、制御部は、前記ポンプが通常運転をしていると判定した場合は、前記第1の弁開閉速度パターンにしたがって前記弁の開閉を制御し、前記ポンプが始動運転又は停止運転をしていると判定した場合は、第1の弁開度領域に対して第1の範囲内の弁開閉速度が設定され、前記第1の弁開度領域より大きな第2の弁開度領域に対して前記第1の範囲内の弁開閉速度より小さい第2の範囲内の弁開閉速度が設定された第2の弁開閉速度パターンにしたがって、前記弁の開閉を制御することができる。

10

【0018】

すなわち、ポンプは、定格仕様で最も効率が高くなるように設計されているため、小水量域（小開度領域）ではキャピテーションの発生など、振動や羽根車の損傷が起こりやすい状態となる。このため、長寿命化のためには、なるべく小水量域での運転は避けることが好ましい。特に、起動頻度の多いポンプ設備は、ポンプの始動停止運転時の小水量域での運転の累積時間が長くなり、羽根車の損傷等が問題になり得る。これに対して、本願発明は、ポンプの始動運転又は停止運転の際には、第1の弁開度領域（小開度領域）における第1の範囲内の弁開閉速度を、第2の弁開度領域（大開度領域）における第2の範囲内の弁開閉速度より大きく設定しているため、小水量域（小開度領域）におけるポンプの運転時間を短縮することができる。その結果、ポンプの始動停止運転時の小水量域での運転の累積時間を短縮することができるので、羽根車の損傷等の発生を抑制することができる。

20

【0019】

また、前記制御部は、前記ポンプが始動運転又は停止運転をしていると判定した場合は、前記弁の開度が 20° ～ 40° の開度未満の第1の弁開度領域に対して第1の範囲内の弁開閉速度が設定され、前記所定開度以上の第2の弁開度領域に対して前記第1の範囲内の弁開閉速度より小さい第2の範囲内の弁開閉速度が設定された第2の弁開閉速度パターンにしたがって、前記弁の開閉を制御することができる。

30

【0020】

また、前記弁の開閉を駆動するバッテリー電源を備える場合、前記制御部は、前記ポンプが通常運転をしているか、又は前記ポンプが緊急停止信号に応じて緊急停止運転をしているかを判定することができる。

【0021】

この場合、前記ポンプが通常運転をしていると判定した場合は、前記第1の弁開閉速度パターンにしたがって前記弁の開閉を制御し、前記ポンプが緊急停止運転をしていると判定した場合は、前記第3の弁開度領域に対して第3の範囲内の弁開閉速度が設定され、前記第3の弁開度領域より大きい第4の弁開度領域に対して前記第3の弁開閉速度より大きい第4の弁開閉速度が設定された第3の弁開閉速度パターンにしたがって、前記バッテリー電源を用いて前記弁を閉止制御し、前記弁を逆止弁として機能させることができる。

40

【0022】

すなわち、例えばポンプ設備の停電などによってポンプトリップが発生した場合、第4の弁開度領域（大開度領域）においては、第3の弁開度領域（小開度領域）における第3の範囲内の弁開閉速度より大きい第4の範囲内の弁開閉速度によって弁を閉止制御する。これにより、ポンプトリップが発生した場合に、第4の弁開度領域（大開度領域）において急速に弁を閉止制御するとともに、弁が完全に閉止される直前の第3の弁開度領域においては、緩やかに弁を閉止することによって弁体の急閉鎖を防止し、弁体の損傷を防ぐことができる。

50

【 0 0 2 3 】

また、前記制御部は、前記ポンプが緊急停止運転をしていると判定され、かつ、前記弁の開度が前記第 4 の弁開度領域にある場合は、前記第 4 の範囲内の弁開閉速度によって前記弁を閉止制御し、前記弁の開度が前記第 3 の弁開度領域まで閉止されたら、前記第 3 の弁開度領域まで閉止された時の開度で所定時間弁の閉止制御を停止し、所定時間経過後、前記第 3 の弁開閉速度によって前記弁を閉止制御することができる。

【 0 0 2 4 】

これによれば、ポンプトリップにより水撃作用が発生して管内の圧力上昇が発生したとしても、弁の開度が第 3 の弁開度領域まで閉止されたところで弁の閉止制御を所定時間停止するので、この間に、ポンプ吐出側の圧力をポンプ吸込側に逃がすことができる。その結果、ポンプ吐出側の圧力上昇を抑制することができるので、送液管の破損を防止することができる。

10

【 0 0 2 5 】

また、停電時に前記制御部に電源を供給するバッテリー電源を備える場合、前記制御部は、前記ポンプが通常運転をしているか、前記ポンプが始動信号に応じて始動運転をしているか、前記ポンプが停止信号に応じて停止運転をしているか、又は前記ポンプが停電による緊急停止信号に応じて緊急停止運転をしているかを判定することができる。

【 0 0 2 6 】

そして、前記制御部は、前記ポンプが通常運転をしていると判定した場合は、前記第 1 の弁開閉速度パターンにしたがって前記弁の開閉を制御する。また、前記制御部は、前記ポンプが始動運転又は停止運転をしていると判定した場合は、第 1 の弁開度領域に対して第 1 の範囲内の弁開閉速度が設定され、前記第 1 の弁開度領域より大きい第 2 の弁開度領域に対して前記第 1 の範囲内の弁開閉速度より小さい第 2 の範囲内の弁開閉速度が設定された第 2 の弁開閉速度パターンにしたがって、前記弁の開閉を制御する。また、前記制御部は、前記ポンプが緊急停止運転をしていると判定した場合は、第 3 の弁開度領域に対して第 3 の範囲内の弁開閉速度が設定され、前記第 3 の弁開度領域より大きい第 4 の弁開度領域に対して前記第 3 の範囲内の弁開閉速度より大きい第 4 の範囲内の弁開閉速度が設定された第 3 の弁開閉速度パターンにしたがって、前記バッテリー電源を用いて前記弁を閉止制御し、前記弁を逆止弁として機能させる。

20

【 0 0 2 7 】

また、本願発明のポンプシステムは、液体を貯留する液体槽と、前記液体槽に貯留された液体を揚排液するポンプと、前記ポンプを駆動する駆動器と、前記ポンプの吐出側に設けられた上述のいずれかの吐出弁ユニットと、を備えたことを特徴とする。

30

【 発明の効果 】

【 0 0 2 8 】

かかる本願発明によれば、弁の単位弁開閉速度あたりの液体の流量の変化率を安定させることができるために、送液配管内の流量のハンチングや急激な圧力変動を抑制することができ、ポンプ羽根車の損傷等の発生も未然に防止することが可能となる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 9 】

【 図 1 】 図 1 は、本実施形態のポンプシステムの全体構成を示す図である。

【 図 2 】 図 2 は、本実施形態で用いるポンプの流量制御特性（仮定条件時）の一例を示す図である。

40

【 図 3 】 図 3 は、比較例における弁開度速度パターンと単位弁開度速度あたりの流量変化率の一例を示す図である。

【 図 4 】 図 4 は、吐出弁の開度変化による流量変化量の一例と、流量変化率の一例を示す図である。

【 図 5 】 図 5 は、第 1 実施形態における第 1 の弁開閉速度パターンと単位弁開閉速度あたりの流量変化率の一例を示す図である。

【 図 6 】 図 6 は、第 1 実施形態における第 1 の弁開閉速度パターンと単位弁開閉速度あた

50

りの流量変化率の他の例を示す図である。

【図 7】図 7 は、第 1 実施形態におけるポンプの流量制御のフローチャートである。

【図 8】図 8 は、第 2 実施形態における第 2 の弁開閉速度パターンの一例を示す図である。

【図 9】図 9 は、ポンプのミニマムフローについて説明するための図である。

【図 10】図 10 は、第 2 実施形態におけるポンプの流量制御のフローチャートである。

【図 11】図 11 は、第 3 実施形態における第 3 の弁開閉速度パターンの一例を示す図である。

【図 12】図 12 は、第 3 実施形態における弁開閉の制御のタイムチャートの一例を示す図である。

10

【図 13】図 13 は、第 3 実施形態におけるポンプの流量制御のフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0030】

以下、本願発明の一実施形態に係る吐出弁ユニット、及びポンプシステムを図面に基づいて説明する。以下の実施形態は、一例として、浄水場において水槽に貯留されている水を揚排水するポンプシステム、及びポンプシステムに設置された吐出弁ユニットを説明するが、これには限られない。その他、液体を揚排水する施設（例えばダムなどの上流水槽からの放流弁）においても本願発明を適用することができる。

【0031】

図 1 は、本実施形態のポンプシステムの全体構成を示す図である。本実施形態のポンプシステム 1000 は、操作室 100 と、電気室 200 と、ポンプ設備 300 とを備える。

20

【0032】

操作室 100 には、監視操作卓 102、及びサーバ 104 が設置される。

【0033】

監視操作卓 102 は、オペレータがポンプ設備 300 におけるポンプの揚排水などの状態をモニタするための出力インターフェース（表示器）と、オペレータがポンプの揚排水に対する指令を入力する入力インターフェース（キーボード、タッチパネル等）を備える。

【0034】

サーバ 104 は、監視操作卓 102 に表示するためのデータ処理を行うとともに、監視操作卓 102 から入力された指令信号を適宜処理して電気室 200 へ出力する。

30

【0035】

電気室 200 には、無停電電源 202 と、受配電・操作制御盤 210 とが設置される。

【0036】

無停電電源 202 は、停電時に受配電・操作制御盤 210 へ電力を供給する電源装置である。受配電・操作制御盤 210 は、通常時は送電網から変電所を介して供給された電力によって動作し、停電時には無停電電源 202 から供給された電力によって動作する。

【0037】

受配電・操作制御盤 210 は、ポンプ設備 300 に設けられた各種ポンプを制御するポンプ制御部 212 と、ポンプ設備 300 に設けられた各種弁の開閉を制御する弁制御部 214 とを備える。受配電・操作制御盤 210 は、ポンプ設備 300 に設けられた各種ポンプ、及び各種弁に加えて、他の補機類に対する各種制御も行う。なお、ポンプ制御部 212 と弁制御部 214 の詳細は、後述する。

40

【0038】

ポンプ設備 300 には、機側操作盤 310、吸込水槽 320、及び吸込水槽 320 に貯留された水を揚排水するための各種機器が設けられる。

【0039】

機側操作盤 310 は、ポンプ場にいるオペレータがポンプの揚排水に対する指令を入力する入力インターフェース（キーボード、タッチパネル等）である。機側操作盤 310 に対して入力された指令信号は、受配電・操作制御盤 210 へ出力され、受配電・操作制御

50

盤 2 1 0 において適宜処理される。

【 0 0 4 0 】

吸込水槽 3 2 0 は、浄水場で用いられる水を貯留する槽である。

【 0 0 4 1 】

吸込水槽 3 2 0 に貯留された水を揚排水するための各種機器は、ポンプ 3 3 0 と電動機 3 3 2、吐出弁 3 3 4 とモータ 3 3 6、真空ポンプ 3 4 0 と電動機 3 4 2、吸気弁 3 4 4 とモータ 3 4 6 を含む。ポンプ設備 3 0 0 には、これらの各種機器による揚排水システムが 2 系統設けられている。2 つの揚排水システムはいずれも同様の構成を有するので、同一の符号を付して一方の説明を省略する。

【 0 0 4 2 】

まず、ポンプ制御部 2 1 2 と弁制御部 2 1 4 について説明する。ポンプ制御部 2 1 2 は、サーバ 1 0 4 又は機側操作盤 3 1 0 から出力された指令信号に基づいて、ポンプ 3 3 0 の動作を制御するためのポンプ制御信号を電動機 3 3 2 へ出力する。また、ポンプ制御部 2 1 2 は、サーバ 1 0 4 又は機側操作盤 3 1 0 から出力された指令信号に基づいて、真空ポンプ 3 4 0 の動作を制御するための真空ポンプ制御信号を電動機 3 4 2 へ出力する。

【 0 0 4 3 】

弁制御部 2 1 4 は、サーバ 1 0 4 又は機側操作盤 3 1 0 から出力された指令信号に基づいて、吐出弁 3 3 4 の開閉を制御するための吐出弁制御信号をモータ 3 3 6 へ出力する。また、弁制御部 2 1 4 は、サーバ 1 0 4 又は機側操作盤 3 1 0 から出力された指令信号に基づいて、吸気弁 3 4 4 の開閉を制御するための吸気弁制御信号をモータ 3 4 6 へ出力する。弁制御部 2 1 4 は、モータ 3 3 6 を介して吐出弁 3 3 4 の開閉を制御することによって、ポンプ 3 3 0 の流量を制御する。

【 0 0 4 4 】

電動機 3 3 2 は、ポンプ制御部 2 1 2 から送信されたポンプ制御信号に基づいて、ポンプ 3 3 0 を駆動する。また、電動機 3 4 2 は、ポンプ制御部 2 1 2 から送信された真空ポンプ制御信号に基づいて、真空ポンプ 3 4 0 を駆動する。

【 0 0 4 5 】

ポンプ 3 3 0 には、吸込水槽 3 2 0 の内部とポンプ 3 3 0 とを連通する吸水配管 3 3 1 が接続されている。また、ポンプ 3 3 0 には、ポンプ 3 3 0 と他の図示していない施設とを連通する送水配管 3 3 3 が接続されている。ポンプ 3 3 0 は、電動機 3 3 2 により駆動されることによって、吸水配管 3 3 1 を介して吸込水槽 3 2 0 に貯留された水を汲み上げ、汲み上げた水を、送水配管 3 3 3 を介して他の施設へ移送する。

【 0 0 4 6 】

また、ポンプ 3 3 0 には、ポンプ 3 3 0 と真空ポンプ 3 4 0 とを連通する吸気配管 3 4 1 が接続されている。真空ポンプ 3 4 0 は、ポンプ制御部 2 1 2 から送信された真空ポンプ制御信号に基づいて動作する。より具体的には、真空ポンプ 3 4 0 は、ポンプ 3 3 0 の始動運転時において、ポンプ 3 3 0 や吸水配管 3 3 1 の内部の空気を吸引することによって、ポンプ 3 3 0 内部に水を満たす。

【 0 0 4 7 】

吸気配管 3 4 1 には、吸気弁 3 4 4 が設けられている。吸気弁 3 4 4 は、吸気配管 3 4 1 の開閉を行う弁である。また、吸気弁 3 4 4 には、吸気弁 3 4 4 を開閉させるモータ 3 4 6 が設けられる。モータ 3 4 6 は、弁制御部 2 1 4 から送信された吸気弁制御信号に基づいて、吸気弁 3 4 4 の開閉を制御する。

【 0 0 4 8 】

送水配管 3 3 3 には、吐出弁 3 3 4 が設けられている。吐出弁 3 3 4 は、例えば、バタフライ弁、仕切弁、コーン（ロート）弁など、送水配管 3 3 3 の開度が調整可能な弁である。吐出弁 3 3 4 は、ポンプ 3 3 0 の吐出側に設けられている。

【 0 0 4 9 】

また、吐出弁 3 3 4 には、吐出弁 3 3 4 を可変速に開閉させるモータ（ドライバ） 3 3 6 が設けられている。モータ 3 3 6 は、弁制御部 2 1 4 から送信された弁制御信号に基づ

10

20

30

40

50

いて、吐出弁 334 の開閉を制御する。なお、吐出弁 334、モータ 336、及び弁制御部 214 によって、吐出弁ユニット 350 が構成される。

【0050】

< 第 1 実施形態 >

ここで、弁制御部 214 による制御の第 1 実施形態について説明するが、その前に、本実施形態で用いるポンプの流量制御特性と、比較例について説明する。図 2 は、本実施形態で用いるポンプの流量制御特性の一例を示す図である。図 3 は、比較例における弁開閉速度パターンと単位弁開度速度あたりの流量変化率の一例を示す図である。

【0051】

図 2 において、横軸は、ポンプ 330 の流量 (m^3/min) であり、縦軸は、揚程 (m) である。グラフ 401 は、本実施形態で用いるポンプ 330 の Q - H 曲線の例である。また、グラフ 402 ~ グラフ 409 はそれぞれ、吐出弁 334 の弁開度が 20° 、 30° 、 40° 、 50° 、 60° 、 70° 、 80° 、 90° の際の抵抗曲線の例である。グラフ 401 と、グラフ 402 ~ グラフ 409 との交点が、ポンプ 330 の動作点となる。このような流量制御特性を有するポンプ 330 において、吐出弁 334 の弁開閉速度を固定した場合のポンプ 330 の流量変化率の比較例について、以下説明する。

【0052】

図 3 において、横軸は、吐出弁 334 の弁開度である。また、図 3 において、左側の縦軸は、吐出弁 334 の単位弁開閉速度あたりのポンプ 330 の流量変化率であり、グラフ 410 が対応する。また、図 3 において、右側の縦軸は、吐出弁 334 の弁開閉速度であり、グラフ 420 が対応する。

【0053】

図 3 は、グラフ 420 に示すように、吐出弁 334 の弁開閉速度を $2 sec/^\circ$ 、つまり約 $0.50 (^\circ/sec)$ に固定した場合のポンプ 330 の流量変化率 (言い換えれば、吐出弁 334 の単位弁開閉速度あたりの水の流量変化率) をシミュレートしたものである。

【0054】

ここで、吐出弁 334 の単位弁開閉速度あたりの水の流量変化率について説明する。図 4 は、吐出弁の開度変化による流量変化量の一例と、流量変化率の一例を示す図である。

【0055】

図中の表 430 は、吐出弁 334 の弁開度を変化させた場合に、1 分間あたりの水の流量がどの程度変化したかを表すものである。例えば、図中の表 430 に示すように、弁開度を 90° から 80° へ変化させた場合、1 分間あたりの水の流量は $0.1 (m^3/min)$ 変化する。

【0056】

一方、図中の表 440 は、例えば弁開度を 90° から 80° へ変化させた場合の代表開度を 85° と決めて、この代表開度における流量変化量を、弁開閉速度 ($2 sec/^\circ$) で割ることにより、流量変化率を求めたものである。例えば、代表開度 85° については、流量変化量が $0.1 (m^3/min)$ であり、弁開閉速度が $2 (sec/^\circ)$ であるので、流量変化率は、 $0.1 \div 2 = 0.05 ((m^3/min) / (sec/^\circ))$ となる。なお、表 440 は、吐出弁 334 の弁開度によらず、弁開閉速度を一定の速度 (全開から全閉まで 3 分) にした場合の値である。各代表開度における流量変化率をプロットすることによって、グラフ 410 が形成される。

【0057】

図 3 に示すように、吐出弁 334 の弁開閉速度を固定した場合、グラフ 410 に示すように、ポンプ 330 の流量変化率は安定せず、約 $0 \sim$ 約 $2.3 ((m^3/min) / (sec/^\circ))$ の範囲で大きく値が振れる。

【0058】

このように、ポンプ 330 の流量変化率が不安定になった場合、送水配管 333 内の流量のハンチングや急激な圧力変動を起こしやすく、ポンプシステムの安定した運用が難し

10

20

30

40

50

い場合がある。なお、吐出弁 334 の弁開閉速度を他の値にした場合であっても、やはり弁開閉速度が固定されていれば、図 3 と同様にポンプ 330 の流量変化率は大きく変動する。

【0059】

これに対して、図 5 は、第 1 実施形態における第 1 の弁開閉速度パターンと単位弁開度速度あたりの流量変化率の一例を示す図である。

【0060】

図 5 において、横軸は、吐出弁 334 の弁開度である。また、図 5 において、左側の縦軸は、吐出弁 334 の単位弁開度あたりのポンプ 330 の流量変化率であり、グラフ 510 が対応する。また、図 5 において、右側の縦軸は、吐出弁 334 の弁開閉速度であり、グラフ 520 が対応する。

10

【0061】

図 5 に示すように、第 1 実施形態では、吐出弁 334 の弁開閉速度を固定せず、弁開度ごとに異なる値としている。すなわち、第 1 実施形態では、約 $20^\circ \sim 70^\circ$ の弁開度の範囲では、弁開閉速度を約 $0.25 (\text{°} / \text{sec})$ 未満にし、約 $70^\circ \sim 80^\circ$ の弁開度の範囲では、弁開閉速度を約 $0.5 (\text{°} / \text{sec})$ にし、約 $80^\circ \sim 90^\circ$ の弁開度の範囲では、弁開閉速度を約 $2.0 (\text{°} / \text{sec})$ にする。

【0062】

これによって、グラフ 510 に示すように、吐出弁 334 の単位弁開度あたりの流量変化率は、約 $0.8 ((\text{m}^3 / \text{min}) / (\text{sec} / \text{°}))$ で安定する。

20

【0063】

言い換えれば、吐出弁 334 の単位弁開度あたりの流量変化率が、ある値（例えば $0.8 ((\text{m}^3 / \text{min}) / (\text{sec} / \text{°}))$ ）で安定するように、吐出弁 334 の開度ごとの弁の開閉速度をあらかじめ設定するということである。あらかじめ設定された吐出弁 334 の開度ごとの弁の開閉速度（グラフ 520）は、第 1 の弁開閉速度パターンを形成する。

【0064】

なお、本実施形態では、ポンプ 330 の流量変化率が、約 $0.8 ((\text{m}^3 / \text{min}) / (\text{sec} / \text{°}))$ で安定するように、吐出弁 334 の開度ごとの弁の開閉速度を設定する例を示したが、これには限られない。例えば、吐出弁 334 の単位弁開度あたりの流量変化率が、あらかじめ設定された範囲内（例えば、 $0.2 \sim 2.4 ((\text{m}^3 / \text{min}) / (\text{sec} / \text{°}))$ ）になるように、吐出弁 334 の開度ごとに弁開閉速度を設定することもできる。また、吐出弁 334 の単位弁開度あたりのポンプ 330 の流量変化率が、 $0.4 \sim 1.6 ((\text{m}^3 / \text{min}) / (\text{sec} / \text{°}))$ になるように、吐出弁 334 の開度ごとに弁の開閉速度を設定すると、好ましい。

30

【0065】

弁制御部 214 は、吐出弁 334 の開閉制御を行う際には、あらかじめ設定された第 1 の弁開閉速度パターンにしたがって、吐出弁 334 の開閉を制御する。

【0066】

したがって、本実施形態によれば、吐出弁 334 の単位弁開度あたりの水の流量変化率を安定させることができる。その結果、送水配管 333 内の流量のハンチングや急激な圧力変動を抑制することができるので、ポンプシステムの安定した運用を図ることができる。

40

【0067】

なお、図 5 の例では、吐出弁 334 の開度ごとに弁の開閉速度が階段状に異なる第 1 の弁開閉速度パターンを用いたが、これには限られない。図 6 は、第 1 実施形態における第 1 の弁開閉速度パターンと単位弁開度あたりの流量変化率の他の例を示す図である。例えば、図 6 のグラフ 530 に示すように、第 1 の弁開閉速度パターンは、なめらかに変化するように設定することもできる。また、第 1 の弁開閉速度パターンは、グラフや表等により記憶させてもよく、近似曲線や関数として記憶させてもよい。

50

【 0 0 6 8 】

また、実揚程変動が大きいポンプ設備においては、実揚程により流量変化率が影響を受ける場合があるので、開閉速度の設定を、実揚程を変数とした関数として設定することが好ましい。なお、その場合は、吸吐出水位（又は圧力）を計測し、弁制御部 2 1 4 に入力させ、弁制御部 2 1 4 により水位差（圧力差）より実揚程を算出させ、当該設定値で制御することができる。

【 0 0 6 9 】

次に、第 1 実施形態におけるポンプの流量制御の方法について説明する。図 7 は、第 1 実施形態におけるポンプの流量制御のフローチャートである。

【 0 0 7 0 】

まず、弁制御部 2 1 4 は、ポンプ始動指令を受信する（ステップ S 1 0 1）。すると、弁制御部 2 1 4 は、吸気弁 3 4 4 を「開」に制御する（ステップ S 1 0 2）。具体的には、弁制御部 2 1 4 は、モータ 3 4 6 に対して、吸気弁 3 4 4 を「開」に制御する信号を出力する。モータ 3 4 6 は、制御信号に基づいて、吸気弁 3 4 4 を「開」に駆動する。

【 0 0 7 1 】

続いて、ポンプ制御部 2 1 2 は、真空ポンプ 3 4 0 を起動する（ステップ S 1 0 3）。具体的には、ポンプ制御部 2 1 2 は、電動機 3 4 2 に対して、真空ポンプ 3 4 0 を起動する信号を出力する。電動機 3 4 2 は、制御信号に基づいて、真空ポンプ 3 4 0 を起動する。

【 0 0 7 2 】

このように、吸気弁 3 4 4 が「開」にされた状態で真空ポンプ 3 4 0 を起動することによって、ポンプ 3 3 0 や吸水配管 3 3 1 の内部の空気が徐々に吸引され、ポンプ 3 3 0 が水で満たされる。

【 0 0 7 3 】

続いて、弁制御部 2 1 4 及びポンプ制御部 2 1 2 は、ポンプ 3 3 0 が満水になったか否かを判定する（ステップ S 1 0 4）。弁制御部 2 1 4 及びポンプ制御部 2 1 2 は、ポンプ 3 3 0 が満水になっていないと判定されたら（ステップ S 1 0 4, No）、ステップ S 1 0 4 の処理を繰り返す。

【 0 0 7 4 】

一方、弁制御部 2 1 4 及びポンプ制御部 2 1 2 は、ポンプ 3 3 0 が満水になったと判定されたら（ステップ S 1 0 4, Yes）、吸気弁 3 4 4 を「閉」に制御するとともに、真空ポンプ 3 4 0 を停止する（ステップ S 1 0 5）。

【 0 0 7 5 】

続いて、ポンプ制御部 2 1 2 は、ポンプ 3 3 0 の始動運転を開始する（ステップ S 1 0 6）。具体的には、ポンプ制御部 2 1 2 は、電動機 3 3 2 に対して、ポンプ 3 3 0 を始動運転する信号を出力する。電動機 3 3 2 は、制御信号に基づいて、ポンプ 3 3 0 の始動運転を開始する。

【 0 0 7 6 】

続いて、弁制御部 2 1 4 は、ポンプ 3 3 0 の始動運転が終了したか否かを判定する（ステップ S 1 0 7）。弁制御部 2 1 4 は、ポンプ 3 3 0 の始動運転が終了していないと判定したら（ステップ S 1 0 7, No）、ステップ S 1 0 7 の処理を繰り返す。

【 0 0 7 7 】

一方、弁制御部 2 1 4 は、ポンプ 3 3 0 の始動運転が終了したと判定したら（ステップ S 1 0 7, Yes）、弁開度又は目標流量の指令を受信したか否かを判定する（ステップ S 1 0 8）。弁制御部 2 1 4 は、弁開度又は目標流量の指令を受信していないと判定したら（ステップ S 1 0 8, No）、ステップ S 1 0 8 の処理を繰り返す。

【 0 0 7 8 】

一方、弁制御部 2 1 4 は、弁開度又は目標流量の指令を受信したと判定したら（ステップ S 1 0 8, Yes）、第 1 の弁開閉速度パターンに基づいて、吐出弁 3 3 4 の開閉を制御する（ステップ S 1 0 9）。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 9 】

続いて、弁制御部 2 1 4 は、吐出弁 3 3 4 が目標開度に達したか、又はポンプ 3 3 0 の吐出流量（吐出弁 3 3 4 の吐出流量）が目標流量に達したか否かを判定する（ステップ S 1 1 0）。

【 0 0 8 0 】

弁制御部 2 1 4 は、吐出弁 3 3 4 が目標開度に達しておらず、かつ、ポンプ 3 3 0 の吐出流量が目標流量に達していないと判定したら（ステップ S 1 1 0 , N o）、ステップ S 1 0 9 に戻って、第 1 の弁開閉速度パターンに基づき吐出弁 3 3 4 の開閉制御を行う。

【 0 0 8 1 】

一方、弁制御部 2 1 4 は、吐出弁 3 3 4 が目標開度に達したか、又はポンプ 3 3 0 の吐出流量が目標流量に達したと判定したら（ステップ S 1 1 0 , Y e s）、ステップ S 1 0 8 に戻って、弁開度又は目標流量の新たな指令を待つ。

10

【 0 0 8 2 】

以上、本実施形態によれば、弁の単位弁開閉速度あたりの液体の流量変化率を安定させることができる。すなわち、従来の吐出弁制御の場合、図 3 に示すように、吐出弁 3 3 4 の各開度で流量変化率が大きく異なってしまい、目標流量に対してフィードバック制御をかけても、なかなか流量が安定しない場合がある。これに対して、本実施形態のように、あらかじめ、流量変化率が略一定になるような第 1 の弁開閉速度パターンの設定を行っておき、第 1 の弁開閉速度パターンに基づいて吐出弁 3 3 4 の開閉を制御することによって、より安定した（流量のハンチングがない）吐出弁制御が可能となる。その結果、送水管 3 3 3 内の水のハンチングや急激な圧力変動を抑制することができるので、ポンプシステムの安定した運用を図ることができる。

20

【 0 0 8 3 】

さらに、高度処理等に使用するポンプなどでは、吐出流量の急変は、波立ちを含め、吐出側の処理設備に影響を及ぼす等の課題があり、回転速度制御などの高価な設備が必要であったが、本実施形態によれば、簡易に流量変化率を一定に保つことができ、安価な弁制御での対応が可能となる。

【 0 0 8 4 】

< 第 2 実施形態 >

第 2 実施形態は、第 1 実施形態と同様に、第 1 の弁開閉速度パターンに基づいて吐出弁 3 3 4 の開閉を制御することに加えて、ポンプ 3 3 0 が始動運転又は停止運転を行っている際には、第 2 の弁開閉速度パターンに基づいて吐出弁 3 3 4 の開閉を制御するものである。第 1 実施形態と重複する箇所については適宜説明を省略する。

30

【 0 0 8 5 】

図 8 は、第 2 実施形態における第 2 の弁開閉速度パターンの一例を示す図である。図 8 において、横軸は、吐出弁 3 3 4 の弁開度であり、縦軸は、吐出弁 3 3 4 の弁開閉速度（ $^{\circ} / s e c$ ）である。

【 0 0 8 6 】

図 8 のグラフ 6 1 0 に示すように、吐出弁 3 3 4 の第 1 の弁開度領域（ $0^{\circ} \sim$ 約 20° ）に対しては、約 2.0 （ $^{\circ} / s e c$ ）の弁開閉速度が設定されている。また、第 1 の弁開度領域より大きい第 2 の弁開度領域（約 $20^{\circ} \sim 90^{\circ}$ ）に対しては、第 1 の弁開度領域における弁開閉速度より小さい約 0.5 （ $^{\circ} / s e c$ ）の弁開閉速度が設定されている。

40

【 0 0 8 7 】

このようにして、あらかじめ設定された吐出弁 3 3 4 の開度ごとの弁の開閉速度（グラフ 6 1 0）は、第 2 の弁開閉速度パターンを形成する。

【 0 0 8 8 】

弁制御部 2 1 4 は、ポンプ 3 3 0 が通常運転をしているか、ポンプ 3 3 0 が始動信号に応じて始動運転をしているか、又はポンプ 3 3 0 が停止信号に応じて停止運転をしているかを判定する。そして、弁制御部 2 1 4 は、ポンプ 3 3 0 の通常運転時には、第 1 の弁開

50

閉速度パターンにしたがって吐出弁 334 の開閉を制御し、始動運転時又は停止運転時には、第 2 の弁開閉速度パターンにしたがって、吐出弁 334 の開閉を制御する。

【0089】

なお、始動運転とは、ポンプ 330 が停止した状態からポンプ 330 を起動し吐出弁 334 を全閉から全開にするまでの運転のことである。また、停止運転とは、ポンプ 330 が運転されている状態から吐出弁 334 を全閉にしポンプ 330 を停止するまでの運転のことである。一方、通常運転とは、始動運転が終わった後、停止運転が行われるまでの運転のことである。

【0090】

本実施形態によれば、小水量域（小開度領域）における吐出弁 334 の運転時間を短縮することができ、ポンプ 330 の始動停止運転時の小水量域での運転の累積時間を短縮することができるので、羽根車の損傷等の発生を抑制することができる。すなわち、ポンプは一般的に、定格仕様で最も効率が高くなるよう設計されており、小水量域（小開度領域）では、キャビテーションの発生など、振動や羽根車の損傷が起こりやすい状態となるため、長寿命化のためには、なるべく小水量域での運転を避けることが好ましい。これに加えて、ポンプの始動時や停止時は、流量の急変、水撃の発生や、駆動機の馬力オーバ等を防止するため、始動、停止を行う場合が多く、小水量域での運転が回避できない場合がある。特に、起動頻度の多いポンプ設備は、ポンプの始動停止運転時の小水量域での運転の累積時間が長くなり、羽根車の損傷等が問題になり得る。これに対して、本実施形態では、ポンプ 330 の始動運転又は停止運転の際には、第 1 の弁開度領域（小開度領域）における第 1 の範囲内の弁開閉速度を、第 2 の弁開度領域（大開度領域）における第 2 の範囲内の弁開閉速度より大きく設定しているため、小水量域（小開度領域）におけるポンプ 330 の運転時間を短縮することができる。

【0091】

この点についてより詳細に説明する。図 9 は、ポンプのミニマムフローについて説明するための図である。図 9 において、横軸は、ポンプ 330 の流量（ m^3/h ）を示し、縦軸は、全揚程（ m ）、ポンプ効率（ $\%$ ）、及びポンプが要求する必要 NPSH（有効吸込みヘッド）（ m ）を示している。

【0092】

ポンプ 330 は、ポンプ 330 の始動運転時には、（1）（2）（3）（定格点）の順に性能曲線 620 上を移動し、ポンプ 330 の停止運転時には、（3）（定格点）（2）（1）の順に性能曲線 620 上を移動する。また、ポンプ効率 630 は、図 9 に示すように、流量がミニマムフロー 640 より小さい運転領域では低くなり、ミニマムフローを超えた運転領域では高くなる。さらに、ポンプが要求する必要 NPSH 650 は、定格点 660 を超えた領域で高くなる。

【0093】

ポンプを弁等で流量制御する場合、連続運転してよいミニマムフローが設定されている。ミニマムフロー以下でポンプを運転するとキャビテーションや騒音・振動の原因となりポンプの寿命を短くする。ミニマムフローは通常、定格流量の 40～60% にあり、ポンプはミニマムフロー以上で運転することが条件となる。なお、キャビテーションとは、流れる液体中で液体の一部が気化することにより空洞（cavity）を生ずる現象で、ポンプ羽根車の入口部で局部的に静圧が揚液の飽和蒸気圧にまで下がって、蒸気の細かい気泡が多数発生する沸騰現象である。キャビテーションが長く続くと羽根車やケーシングの表面が壊食され、損傷する場合がある。

【0094】

本実施形態によれば、ポンプ 330 の始動運転時の図 9（1）（2）の時間、及びポンプ 330 の停止運転時の図 9（2）（1）の時間を短くすることができる。したがって、ポンプ 330 の長寿命化を図ることができる。

【0095】

また、吐出弁 334 がコーン弁（ロート弁）である場合、コーン弁の構造上、図 8 に示

10

20

30

40

50

すように、全閉及び全開時に、リフト動作やシート動作という弁体の回転動とは異なる上下動がある。この場合、完全な全閉状態（着座状態）になるまでに、ポンプは一定時間の閉切運転（流量 = 0）が課せられ、振動やキャビテーションなどによる損傷が問題となる。この点、本実施形態によれば、ポンプ 330 の始動運転や停止運転において、吐出弁 334 の開度が全閉付近にある場合（小開度領域）の弁の開閉速度が速いため、振動やキャビテーションが発生する時間を短縮することができる。

【0096】

なお、図 8 の例では、吐出弁 334 の弁開度が約 20° を境に吐出弁 334 の開閉速度が変わる例を示したが、これには限られない。吐出弁 334 の開度が所定の例えば 30° 未満の第 1 の弁開度領域（小開度領域）に対して第 1 の範囲内の弁開閉速度を設定し、30° 以上の第 2 の弁開度領域（大开度領域）に対して第 1 の範囲内の弁開閉速度より小さい第 2 の範囲内の弁開閉速度を設定することもできる。

10

【0097】

また、図 8 では、吐出弁 334 の第 1 の弁開度領域（0° ~ 約 20°）に対して弁開閉速度（約 2.0° / sec）が固定して設定される例を示したが、これには限られない。例えば、弁開閉速度は、1 つの値に固定するのではなく、第 1 の範囲（例えば、約 0.5° / sec 以上約 6.0° / sec 未満）内で流動的に設定することができる。また、好ましくは、第 1 の範囲を、約 1.0° / sec 以上約 4.0° / sec 未満とし、弁開閉速度は、この第 1 の範囲内で流動的に設定することができる。

20

【0098】

また、図 8 では、吐出弁 334 の第 2 の弁開度領域（約 20° ~ 90°）に対して弁開閉速度（約 0.5° / sec）が固定して設定される例を示したが、これには限られない。例えば、弁開閉速度は、1 つの値に固定するのではなく、第 2 の範囲内（例えば、約 0.1° / sec 以上約 2.0° / sec 未満）で流動的に設定することができる。また、好ましくは、第 2 の範囲を、約 0.1° / sec 以上約 1.0° / sec 未満とし、弁開閉速度は、この第 2 の範囲内で流動的に設定することができる。

【0099】

次に、第 2 実施形態におけるポンプの流量制御の方法について説明する。図 10 は、第 2 実施形態におけるポンプの流量制御のフローチャートである。

30

【0100】

第 2 実施形態におけるステップ S201 ~ S206 は、第 1 実施形態におけるステップ S101 ~ S106 と同様であるので、説明を省略する。

【0101】

ステップ S206 の後、弁制御部 214 は、ポンプ停止指令を受信したか否かを判定する（ステップ S207）。弁制御部 214 は、ポンプ停止指令を受信したと判定したら（ステップ S207, Yes）、第 2 の弁開閉速度パターンに基づいて吐出弁 334 の開閉を制御する（ステップ S208）。

【0102】

続いて、弁制御部 214 は、吐出弁 334 が全閉されたか否かを判定する（ステップ S209）。弁制御部 214 は、吐出弁 334 が全閉されていないと判定したら（ステップ S209, No）、ステップ S208 に戻って、第 2 の弁開閉速度パターンに基づく吐出弁 334 の開閉制御を行う。

40

【0103】

一方、弁制御部 214 は、吐出弁 334 が全閉されたと判定したら（ステップ S209, Yes）、停止運動が終了したとみなして、処理を終了する。

【0104】

ステップ S207 において、弁制御部 214 は、ポンプ停止指令を受信していないと判定したら（ステップ S207, No）、弁開度又は目標流量の指令を受信したか否かを判定する（ステップ S210）。弁制御部 214 は、弁開度又は目標流量の指令を受信したと判定したら（ステップ S210, Yes）、第 1 の弁開閉速度パターンに基づいて吐出

50

弁 3 3 4 の開閉を制御する（ステップ S 2 1 1）。

【 0 1 0 5 】

続いて、弁制御部 2 1 4 は、吐出弁 3 3 4 が目標開度に達したか、又はポンプ 3 3 0 の吐出流量（吐出弁 3 3 4 の吐出流量）が目標流量に達したか否かを判定する（ステップ S 2 1 2）。

【 0 1 0 6 】

弁制御部 2 1 4 は、吐出弁 3 3 4 が目標開度に達しておらず、かつ、ポンプ 3 3 0 の吐出流量が目標流量に達していないと判定したら（ステップ S 2 1 2 , N o）、ステップ S 2 1 1 に戻って、第 1 の弁開閉速度パターンに基づく吐出弁 3 3 4 の開閉制御を行う。

【 0 1 0 7 】

一方、弁制御部 2 1 4 は、吐出弁 3 3 4 が目標開度に達したか、又はポンプ 3 3 0 の吐出流量が目標流量に達したと判定したら（ステップ S 2 1 2 , Y e s）、ステップ S 2 0 7 に戻って次の指令を待つ。

【 0 1 0 8 】

ステップ S 2 1 0 において、弁制御部 2 1 4 は、弁開度又は目標流量の指令を受信していないと判定したら（ステップ S 2 1 0 , N o）、始動運転を行っているものとみなして、第 2 の弁開閉速度パターンに基づいて吐出弁 3 3 4 の開閉を制御する（ステップ S 2 1 3）。

【 0 1 0 9 】

続いて、弁制御部 2 1 4 は、吐出弁 3 3 4 が全開されたか否かを判定する（ステップ S 2 1 4）。弁制御部 2 1 4 は、吐出弁 3 3 4 が全開されていないと判定したら（ステップ S 2 0 9 , N o）、ステップ S 2 1 3 に戻って、第 2 の弁開閉速度パターンに基づく吐出弁 3 3 4 の開閉制御を行う。

【 0 1 1 0 】

一方、吐出弁 3 3 4 が全開されたと判定したら（ステップ S 2 1 4 , Y e s）、始動運転が終了したとみなして、ステップ S 2 0 7 に戻って次の指令を待つ。

【 0 1 1 1 】

本実施形態によれば、吐出弁 3 3 4 の小開度時の開閉速度を速く設定することにより、問題となる小水量域での運転を短くすることができ、キャビテーションによる損傷を最低限に抑え、ポンプ 3 3 0 の長寿命化を図ることが可能となる。また、本実施形態によれば、ポンプ 3 3 0 の運転状態を判断し、運転状態に応じて吐出弁 3 3 4 の制御モードを分けたことによって、各運転時における最適な吐出弁 3 3 4 の制御を行うことができるので、より操作性・信頼性の高めることができる。

【 0 1 1 2 】

< 第 3 実施形態 >

第 3 実施形態は、第 2 実施形態と同様に、第 1 又は第 2 の弁開閉速度パターンに基づいて吐出弁 3 3 4 の開閉を制御することに加えて、ポンプ 3 3 0 がトリップ（電源断）した際には、第 3 の弁開閉速度パターンに基づいて吐出弁 3 3 4 の開閉を制御するものである。第 1 , 第 2 実施形態と重複する箇所については適宜説明を省略する。

【 0 1 1 3 】

図 1 1 は、第 3 実施形態における第 3 の弁開閉速度パターンの一例を示す図である。図 1 1 において、横軸は、吐出弁 3 3 4 の弁開度であり、縦軸は、吐出弁 3 3 4 の弁開閉速度（° / s e c）である。

【 0 1 1 4 】

図 1 1 のグラフ 7 1 0 に示すように、吐出弁 3 3 4 の第 3 の弁開度領域（0 ° ~ 約 2 0 °）に対しては、約 2 . 0（° / s e c）の弁開閉速度が設定されている。また、第 3 の弁開度領域より大きな第 4 の弁開度領域（約 2 0 ° ~ 9 0 °）に対しては、第 3 の弁開度領域における弁開閉速度より大きい約 4 . 6 7（° / s e c）の弁開閉速度が設定されている。

【 0 1 1 5 】

10

20

30

40

50

このようにして、あらかじめ設定された吐出弁 334 の開度ごとの弁の開閉速度（グラフ 710）は、第 3 の弁開閉速度パターンを形成する。

【0116】

弁制御部 214 は、ポンプ 330 が通常運転をしているか、又はポンプ 330 が停電による緊急停止信号に応じて緊急停止運転をしているかを判定する。そして、弁制御部 214 は、ポンプ 330 の通常運転時には、第 1 の弁開閉速度パターンにしたがって吐出弁 334 の開閉を制御し、緊急停止運転時には、無停電電源 202 を用いて、第 3 の弁開閉速度パターンにしたがって、吐出弁 334 の開閉を制御する。なお、弁制御部 214 は、これに加えて、ポンプ 330 が始動信号に応じて始動運転をしているか、又はポンプ 330 が停止信号に応じて停止運転をしているかも判定し、始動運転時又は停止運転時には、第 2 の弁開閉速度パターンにしたがって、吐出弁 334 の開閉を制御することができる。

10

【0117】

なお、緊急停止運転とは、ポンプ 330 が動作中に停電などが生じた場合に、ポンプ 330 を緊急停止するために、吐出弁 334 を急速に全閉する運転である。

【0118】

本実施形態によれば、例えばポンプ設備の停電などによってポンプトリップが発生した場合に、第 4 の弁開度領域（大開度領域）においては、第 3 の弁開度領域（小開度領域）における第 3 の範囲内の弁開閉速度より大きい第 4 の範囲内の弁開閉速度によって弁を閉止制御する。これにより、ポンプトリップが発生した場合に、第 4 の弁開度領域（大開度領域）において急速に弁を閉止制御するとともに、弁が完全に閉止される直前の第 3 の弁開度領域においては、緩やかに弁を閉止することによって衝撃や衝撃音の発生を抑制することができる。また、本実施形態によれば、ポンプトリップ時に、吐出弁 334 を全閉にすることにより、吐出弁 334 を逆止弁として機能させることができる。その結果、従来用いられていた逆止弁を省略することが可能となり、システムの簡素化を図ることができる。

20

【0119】

なお、図 11 の例では、吐出弁 334 の弁開度が約 20° であるところを境に吐出弁 334 の開閉速度が変わる例を示したが、これには限られない。例えば、吐出弁 334 の開度が 30° 以下の小開度領域において、吐出弁 334 の開閉速度を変えることもできる。

【0120】

また、図 11 では、吐出弁 334 の第 3 の弁開度領域（0°～約 20°）に対して弁開閉速度（約 2.0°/sec）が固定して設定される例を示したが、これには限られない。例えば、弁開閉速度は、1つの値に固定するのではなく、第 3 の範囲（例えば、約 0.5°/sec 以上約 4.0°/sec 未満）内で流動的に設定することができる。

30

【0121】

また、図 11 では、吐出弁 334 の第 4 の弁開度領域（約 20°～90°）に対して弁開閉速度（約 4.67°/sec）が固定して設定される例を示したが、これには限られない。例えば、弁開閉速度は、1つの値に固定するのではなく、第 4 の範囲（例えば、約 1.0°/sec 以上約 6.0°/sec 未満）で流動的に設定することができる。

【0122】

次に、本実施形態における弁開閉の制御のタイムチャートを説明する。図 12 は、第 3 実施形態における弁開閉の制御のタイムチャートの一例を示す図である。

40

【0123】

図 12 において、横軸は、ポンプ 330 の緊急停止運転における時間経過（動作時間）であり、縦軸は、吐出弁 334 の弁開度である。図 12 は、吐出弁 334 が 90° の開度の場合（第 4 の開度領域にある場合）に緊急停止指令を受信した場合の、緊急停止運転のタイムチャートである。

【0124】

図 12 のグラフ 810 に示すように、弁制御部 214 は、緊急停止指令を受信したら、吐出弁 334 を第 4 の範囲内の弁開閉速度（約 4.67°/sec）で閉止制御する。こ

50

ここでは、吐出弁 334 にリフト動作があるので、リフト動作中には開度は 90° のままである。リフト動作が終わったら、吐出弁 334 の弁開度は 90° から約 20° まで急速に閉止される。つまり、0 秒から 20 秒までの間は、吐出弁 334 の閉動作を急速に行うことになる。

【0125】

続いて、弁制御部 214 は、吐出弁 334 の弁開度が約 20°（第 3 の開度領域）まで閉止されたら、この約 20° で所定時間（図 12 の例では、20 秒間）、吐出弁 334 の閉止制御を停止する。つまり、20 秒から 40 秒までの間は、吐出弁 334 の小開度を維持することになる。

【0126】

そして、弁制御部 214 は、所定時間経過後、第 3 の範囲内の弁開閉速度（約 2.0° / sec）によって吐出弁 334 を閉止制御する。つまり、40 秒から 60 秒までの間は、緩やかに吐出弁 334 の閉動作を行うことになる。なお、ここでは、吐出弁 334 にシート動作があるので、50 秒から 60 秒までの間は、吐出弁 334 のシート動作が行われる。

【0127】

本実施形態によれば、ポンプトリップにより水撃作用が発生して送水配管 333 の圧力上昇が発生したとしても、吐出弁 334 の開度が第 3 の開度領域まで閉止されたところで吐出弁 334 の閉止制御を所定時間停止するので、この間に、ポンプ 330 の吐出側の圧力をポンプ 330 の吸込側に逃がすことができる。その結果、ポンプ 330 の吐出側の圧力上昇を抑制することができるので、送水配管 333 の破損を防止することができる。

【0128】

次に、第 3 実施形態におけるポンプの流量制御の方法について説明する。図 13 は、第 3 実施形態におけるポンプの流量制御のフローチャートである。

【0129】

第 3 実施形態におけるステップ S301 ~ S306 は、第 1 実施形態におけるステップ S101 ~ S106 と同様であるので、説明を省略する。

【0130】

ステップ S306 の後、弁制御部 214 は、ポンプトリップによるポンプ緊急停止指令を受信したか否かを判定する（ステップ S307）。弁制御部 214 は、ポンプ緊急停止指令を受信したと判定したら（ステップ S307, Yes）、第 3 の弁開閉速度パターンに基づいて吐出弁 334 の開閉を制御する（ステップ S308）。

【0131】

続いて、弁制御部 214 は、吐出弁 334 が全閉されたか否かを判定する（ステップ S309）。弁制御部 214 は、吐出弁 334 が全閉されていないと判定したら（ステップ S309, No）、ステップ S308 に戻って、第 3 の弁開閉速度パターンに基づく吐出弁 334 の開閉制御を行う。

【0132】

一方、弁制御部 214 は、吐出弁 334 が全閉されたと判定したら（ステップ S309, Yes）、緊急停止運動が終了したとみなして、処理を終了する。

【0133】

ステップ S307 において、弁制御部 214 は、ポンプ緊急停止指令を受信していないと判定したら（ステップ S307, No）、ポンプ停止指令を受信したか否かを判定する（ステップ S310）。弁制御部 214 は、ポンプ停止指令を受信したと判定したら（ステップ S310, Yes）、第 2 の弁開閉速度パターンに基づいて吐出弁 334 の開閉を制御する（ステップ S311）。

【0134】

続いて、弁制御部 214 は、吐出弁 334 が全閉されたか否かを判定する（ステップ S312）。弁制御部 214 は、吐出弁 334 が全閉されていないと判定したら（ステップ S312, No）、ステップ S311 に戻って、第 2 の弁開閉速度パターンに基づく吐出

10

20

30

40

50

弁 3 3 4 の開閉制御を行う。

【 0 1 3 5 】

一方、弁制御部 2 1 4 は、吐出弁 3 3 4 が全閉されたと判定したら（ステップ S 3 1 2 , Y e s ）、停止運動が終了したとみなして、処理を終了する。

【 0 1 3 6 】

ステップ S 3 1 0 において、弁制御部 2 1 4 は、ポンプ緊急停止指令を受信していないと判定したら（ステップ S 3 1 0 , N o ）、弁開度又は目標流量の指令を受信したか否かを判定する（ステップ S 3 1 3 ）。弁制御部 2 1 4 は、弁開度又は目標流量の指令を受信したと判定したら（ステップ S 3 1 3 , Y e s ）、第 1 の弁開閉速度パターンに基づいて吐出弁 3 3 4 の開閉を制御する（ステップ S 3 1 4 ）。

10

【 0 1 3 7 】

続いて、弁制御部 2 1 4 は、吐出弁 3 3 4 が目標開度に達したか、又はポンプ 3 3 0 の吐出流量（吐出弁 3 3 4 の吐出流量）が目標流量に達したか否かを判定する（ステップ S 3 1 5 ）。

【 0 1 3 8 】

弁制御部 2 1 4 は、吐出弁 3 3 4 が目標開度に達しておらず、かつ、ポンプ 3 3 0 の吐出流量が目標流量に達していないと判定したら（ステップ S 3 1 5 , N o ）、ステップ S 3 1 4 に戻って、第 1 の弁開閉速度パターンに基づく吐出弁 3 3 4 の開閉制御を行う。

【 0 1 3 9 】

一方、弁制御部 2 1 4 は、吐出弁 3 3 4 が目標開度に達したか、又はポンプ 3 3 0 の吐出流量が目標流量に達したと判定したら（ステップ S 3 1 5 , Y e s ）、ステップ S 3 0 7 に戻って次の指令を待つ。

20

【 0 1 4 0 】

ステップ S 3 1 3 において、弁制御部 2 1 4 は、弁開度又は目標流量の指令を受信していないと判定したら（ステップ S 3 1 3 , N o ）、始動運転を行っているものとみなして、第 2 の弁開閉速度パターンに基づいて吐出弁 3 3 4 の開閉を制御する（ステップ S 3 1 6 ）。

【 0 1 4 1 】

続いて、弁制御部 2 1 4 は、吐出弁 3 3 4 が全開されたか否かを判定する（ステップ S 3 1 7 ）。弁制御部 2 1 4 は、吐出弁 3 3 4 が全開されていないと判定したら（ステップ S 3 1 7 , N o ）、ステップ S 3 1 6 に戻って、第 2 の弁開閉速度パターンに基づく吐出弁 3 3 4 の開閉制御を行う。

30

【 0 1 4 2 】

一方、吐出弁 3 3 4 が全開されたと判定したら（ステップ S 3 1 7 , Y e s ）、始動運転が終了したとみなして、ステップ S 3 0 7 に戻って次の指令を待つ。

【 0 1 4 3 】

本実施形態によれば、ポンプトリップにより水撃作用が発生し、送水配管 3 3 3 内に圧力上昇が発生するような場合であっても、吐出弁 3 3 4 の全閉付近で緩閉鎖させ、圧力を吸い込み側に逃がすことができるので、送水配管 3 3 3 内の圧力上昇を抑え、送水配管 3 3 3 の破損を防止することが可能である。また、本実施形態のように、可変速で、任意に設定可能な制御機構を用いたことにより、従来の油圧緩閉式逆止弁等の開閉速度設定が難しい設備に比べ、より確実にシミュレーションによる対策方法（開閉タイミング）を設備の仕様に入れ込むことができ、安全で信頼性の高い設備が構築できる。また、本実施形態によれば、吐出弁 3 3 4 の開閉速度の再設定ができることにより、ポンプ増設、増量等による送水量の変更があった場合でも、シミュレーションに合った再設定（開閉タイミング）が可能となり、安全で信頼性の高い設備を構築することができる。

40

【 符号の説明 】

【 0 1 4 4 】

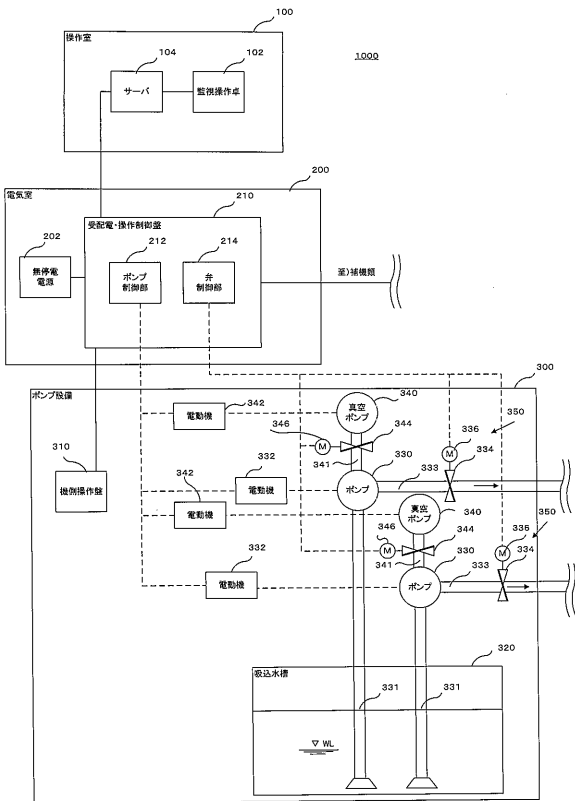
2 0 2 無停電電源

2 1 0 受配電・操作制御盤

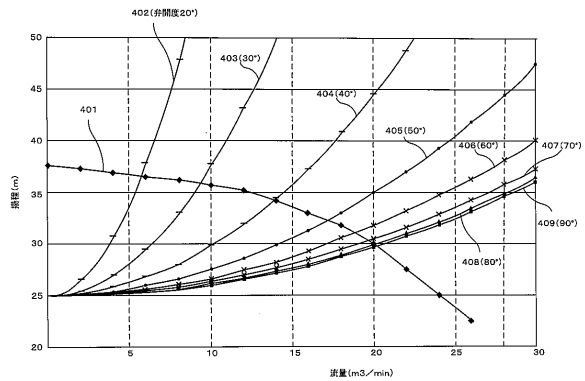
50

- 2 1 4 弁制御部 (制御部)
- 3 0 0 ポンプ設備
- 3 2 0 吸込水槽
- 3 3 0 ポンプ
- 3 3 1 吸水配管
- 3 3 2 電動機
- 3 3 3 送水配管
- 3 3 4 吐出弁
- 3 3 6 モータ (ドライバ)
- 3 5 0 吐出弁ユニット
- 1 0 0 0 ポンプシステム

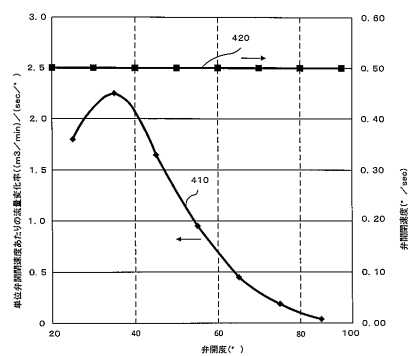
【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】

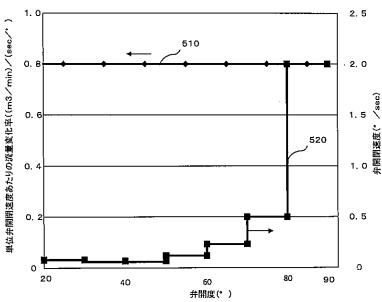


【図4】

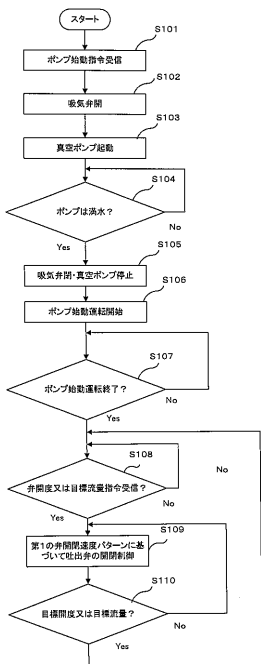
弁開度(°)	流量変化量(m ³ /min)
90 → 80	0.1
80 → 70	0.4
70 → 60	0.9
60 → 50	1.9
50 → 40	3.3
40 → 30	4.5
30 → 20	3.6

代表開度(°)	流量変化量(m ³ /min)	弁閉閉速度(sec/°)	弁閉閉速度(sec/°)
85	0.1	2	0.05
75	0.4	2	0.2
65	0.9	2	0.45
55	1.9	2	0.95
45	3.3	2	1.65
35	4.5	2	2.25
25	3.6	2	1.8

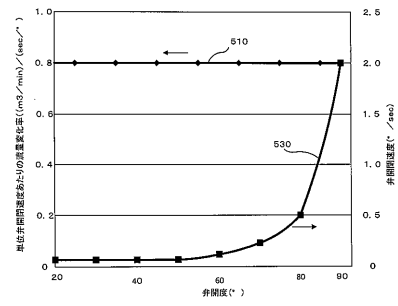
【図5】



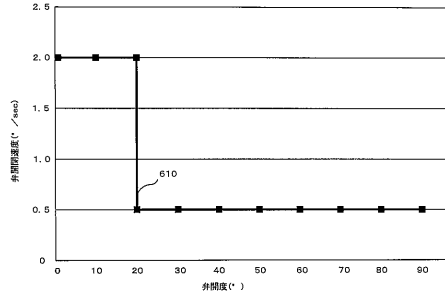
【図7】



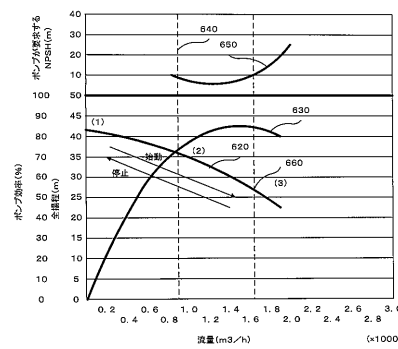
【図6】



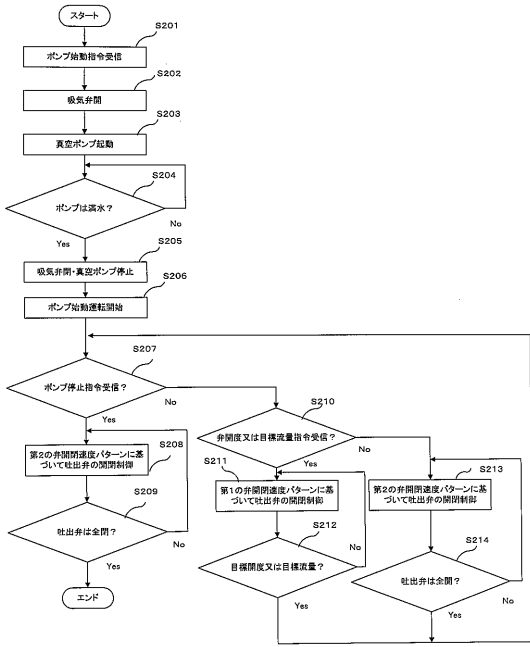
【図8】



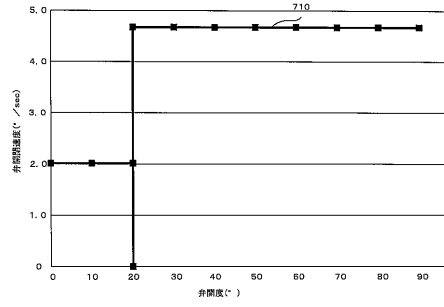
【図9】



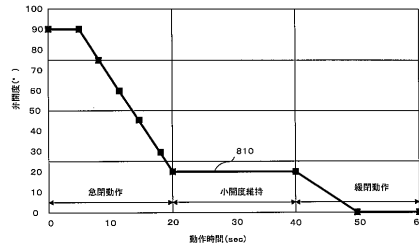
【図10】



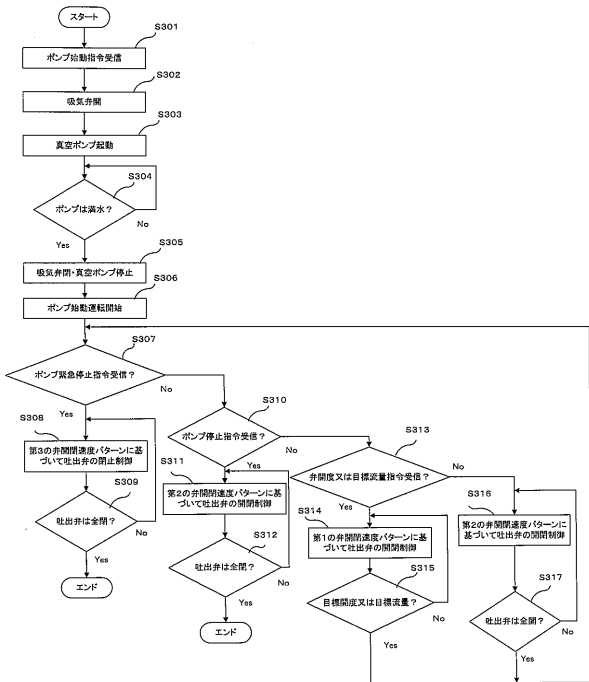
【図11】



【図12】



【図13】



フロントページの続き

- (72)発明者 菅井 栄司
東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所内
- (72)発明者 内田 義弘
東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所内
- (72)発明者 出井 慎哉
東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所内
- (72)発明者 宮本 隆雄
東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所内
- Fターム(参考) 3H062 AA02 AA03 AA15 BB10 CC01 DD05 HH03