

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5606989号
(P5606989)

(45) 発行日 平成26年10月15日(2014.10.15)

(24) 登録日 平成26年9月5日(2014.9.5)

(51) Int.Cl. F I
 H O 2 P 27/06 (2006.01) H O 2 P 7/63 Z
 F O 4 B 49/06 (2006.01) F O 4 B 49/06 3 1 1

請求項の数 10 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2011-101027 (P2011-101027)	(73) 特許権者	502129933 株式会社日立産機システム 東京都千代田区神田練塀町3番地
(22) 出願日	平成23年4月28日(2011.4.28)	(74) 代理人	110000350 ポレール特許業務法人
(65) 公開番号	特開2012-235567 (P2012-235567A)	(72) 発明者	佐藤 幸一 千葉県習志野市東習志野七丁目1番1号 株式会社日立産機システム内
(43) 公開日	平成24年11月29日(2012.11.29)	(72) 発明者	岡藤 啓 千葉県習志野市東習志野七丁目1番1号 株式会社日立産機システム内
審査請求日	平成25年8月23日(2013.8.23)	(72) 発明者	富田 敏夫 千葉県習志野市東習志野七丁目1番1号 株式会社日立産機システム内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 可変速駆動装置および給水装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

インバータ周波数から目標電流を求め、運転時のインバータ電流が目標電流となるようにインバータ周波数を制御してモータと給水ポンプを可変速制御する可変速駆動装置において、

給水ポンプを可変速制御するインバータ部と、

運転時のインバータ電流を検出する電流検出手段と、

検出されたインバータ電流に基づいて前記インバータの周波数を制御する制御部と、

目標電流を求める演算式を生成するためのパラメータを入力する設定部と、

前記設定部から入力されたパラメータと、パラメータを用いて演算式を生成する演算式生成プログラムを記憶する記憶部を備え、

前記記憶部は、パラメータとして第1の電流値とインバータ周波数と、第2の電流値とインバータ周波数とを記憶し、

前記制御部は、前記第1の電流値と第1のインバータ周波数で第1座標と、前記第2の電流値と第2のインバータ周波数で第2座標を夫々形成し、前記两座標を通りインバータ周波数から目標電流を求める演算式を生成し、

この演算式で求められた目標電流に不感帯を加えた値と、前記電流検出手段が検出したインバータ電流との比較結果に応じて、下記の制御を繰り返して演算式により目標電流を

更新しながらインバータ周波数を制御し、
上記目標電流の更新タイミングを下記の制御でインバータ周波数が指令周波数に到達した

10

20

時を契機とするとともに、上記不感帯の幅を1回の増減速による電流の増減幅が目標電流領域を超えないように設定されることを特徴とする可変速駆動装置。

1. 電流検出手段の検出電流 < 目標電流 ± ならば、現在インバータ周波数を f だけ減速する。(\pm は不感帯(目標電流の精度)、 f は変速幅)

2. 電流検出手段の検出電流 > 目標電流 ± ならば、現在インバータ周波数を f だけ増速する。(\pm は不感帯(目標電流の精度)、 f は変速幅)

3. 上記以外は変速せず。

【請求項2】

請求項1に記載の可変速駆動装置において、

第1座標を形成する第1のインバータ周波数を給水ポンプの最大負荷を満足する周波数とし、第1の電流値を第1のインバータ周波数で運転したときの給水ポンプの最大負荷時電流とし、第2座標を形成する第2のインバータ周波数を給水ポンプの最少負荷を満足する周波数とし、第2の電流値を第2のインバータ周波数で運転したときの給水ポンプの最少負荷時電流とするように、前記設定部によってパラメータが設定され、前記記憶部に記憶するようにしたことを特徴とする可変速駆動装置。

10

【請求項3】

請求項1または2に記載の可変速駆動装置において、

前記制御部は、目標電流の更新タイミングを、一つ前の周波数から現在周波数に変更してインバータ周波数がこれに到達したことを契機としたことを特徴とする可変速駆動装置

20

【請求項4】

請求項1または2に記載の可変速駆動装置において、

前記制御部は、目標電流の更新タイミングを、前記インバータ部の出力した周波数が現在周波数に到達するのに十分な所定時間が経過した時を契機としたことを特徴とする可変速駆動装置。

【請求項5】

請求項1～4のいずれか一項に記載の可変速駆動装置において、

前記制御部は、目標電流を求める演算式を生成するパラメータを予めモータと給水ポンプの機種ごとに定めておき、特定対象機種に適用する場合、前記予め機種ごとに定めたパラメータから特定対象機種用のパラメータを選択して予め前記記憶部に書き込むようにしたことを特徴とする可変速駆動装置。

30

【請求項6】

インバータ周波数から目標電流を求め、運転時のインバータ電流が目標電流となるようにインバータ周波数を制御して給水ポンプを可変速制御する給水装置において、給水ポンプと、

前記給水ポンプを可変速制御するインバータ部と、

運転時のインバータ電流を検出する電流検出手段と、

検出されたインバータ電流に基づいて前記インバータの周波数を制御する制御部と、

目標電流を求める演算式を生成するためのパラメータを入力する設定部と、

前記設定部から入力されたパラメータと、パラメータを用いて演算式を生成する演算式生成プログラムを記憶する記憶部を備え、

40

前記記憶部は、パラメータとして第1の電流値とインバータ周波数と、第2の電流値とインバータ周波数とを記憶し、

前記制御部は、前記第1の電流値と第1のインバータ周波数で第1座標を、前記第2の電流値と第2のインバータ周波数で第2座標を夫々形成し、前記両座標を通りインバータ周波数から目標電流を求める演算式を生成し、

この演算式で求められた目標電流に不感帯を加えた値と、前記電流検出手段が検出したインバータ電流との比較結果に応じて、下記の制御を繰り返して演算式により目標電流を更新しながらインバータ周波数を制御し、

上記目標電流の更新タイミングを下記の制御でインバータ周波数が指令周波数に到達した

50

時を契機とするとともに、上記不感帯の幅を1回の増減速による電流の増減幅が目標電流領域を超えないように設定されることを特徴とする給水装置。

1. 電流検出手段の検出電流 < 目標電流 ± ならば、現在インバータ周波数を f だけ減速する。(Δ は不感帯(目標電流の精度)、 f は変速幅)

2. 電流検出手段の検出電流 > 目標電流 ± ならば、現在インバータ周波数を f だけ増速する。(Δ は不感帯(目標電流の精度)、 f は変速幅)

3. 上記以外は変速せず。

【請求項7】

請求項6に記載の給水装置において、

第1座標を形成する第1のインバータ周波数を給水ポンプの最大負荷を満足する周波数とし、第1の電流値を第1のインバータ周波数で運転したときの給水ポンプの最大負荷時電流とし、第2座標を形成する第2のインバータ周波数を給水ポンプの最少負荷を満足する周波数とし、第2の電流値を第2のインバータ周波数で運転したときの給水ポンプの最少負荷時電流とするように、前記設定部によってパラメータが設定され、前記記憶部に記憶するようにしたことを特徴とする給水装置。

10

【請求項8】

請求項6または7に記載の給水装置において、

前記制御部は、目標電流の更新するタイミングを、一つ前の周波数から現在周波数に変更してこれに到達したことを契機としたことを特徴とする給水装置。

20

【請求項9】

請求項6または7に記載の給水装置において、

前記制御部は、目標電流の更新タイミングを、前記インバータ部の出力した周波数が現在周波数に到達するのに十分な所定時間が経過した時を契機としたことを特徴とする給水装置。

【請求項10】

請求項6～9のいずれか一項に記載の給水装置において、

前記制御部は、目標電流を求める演算式を生成するパラメータを予め給水ポンプの機種ごとに定めておき、特定対象機種に適用する場合、前記予め機種ごとに定めたパラメータから特定対象機種のパラメータを選択して予め前記記憶部に書き込むようにしたことを特徴とする給水装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、可変速駆動装置のインバータ周波数とその電流特性に基づいて回転駆動される給水ポンプを間接的に圧力制御するのに好適な可変速駆動装置および給水装置に関する。

【背景技術】

【0002】

給水装置は、可変速駆動装置(誘導電動機を駆動する場合はインバータが使用され、永久磁石電動機を駆動する場合はこれ用のコントローラが使用されるが、このコントローラもインバータをベースにしたものである。)によって駆動される給水ポンプで構成されている。可変速駆動装置は給水ポンプと一体構成のものと、分離して構成されているものがあり、記憶部と設定手段と電流検出手段と電圧及び周波数出力手段を備えたインバータ機能を有している。

40

【0003】

これら給水装置の従来技術として、特許文献1がある。特許文献1は、吐出圧力の制御を行うターボ機械の回転速度をインバータで制御するターボ機械制御方法において、前記吐出圧力を所定の目標値に制御するための目標吐出圧力と回転速度の関係に対応させて、目標電流と回転速度の関係を予め記憶し、前記吐出圧力の変化に対応する前記インバータの内部電流の値を検出し、検出される該値と前記記憶された目標電流との大小を比較し、

50

前記ターボ機械の回転速度を増加又は減少させるようにしたものである。

【0004】

しかしながら、この特許文献に示す従来技術には、インバータ周波数から目標電流を求めるのに、テーブルに固定的に記憶されたデータや関数を用いており、これらを変えて用いることが想定されていない。又、目標電流を更新するタイミングが特定されておらず、変速中に更新すると正確な目標電流が得られない恐れがある。更に、目標電流の値が固定値であり制御が不安定となる恐れがある。いずれにしても、インバータ周波数から目標電流を求め、運転電流が目標電流となるよう周波数を制御して間接的に吐出圧力を所定の目標値に制御する際に、多様な仕様の給水ポンプに対応して適正な制御を行うには、その都度、テーブルのデータ等を全て変更することになり、かなり面倒な作業が必要となる。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開平7-332277号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

そこで、本発明は、インバータ周波数から目標電流を求め、運転電流が目標電流となるよう周波数を制御して間接的に吐出圧力を所定の目標値に制御する方式において、インバータ周波数から目標電流を求める演算式をパラメータを用いて自動生成し、演算式を無数に生成して多数の機種に簡単に適用できる可変速駆動装置および給水装置を提供することを目的とする。また、目標電流を更新するタイミングを特定してこれの演算式を生成し、目標電流に不感帯を設けて安定化するものである。

20

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明は、上記課題を解決するため、インバータ周波数から目標電流を求め、運転時のインバータ電流が目標電流となるようにインバータ周波数を制御してモータと給水ポンプを可変速制御する可変速駆動装置において、

給水ポンプを可変速制御するインバータ部と、

運転時のインバータ電流を検出する電流検出手段と、

30

検出されたインバータ電流に基づいて前記インバータの周波数を制御する制御部と、

目標電流を求める演算式を生成するためのパラメータを入力する設定部と、

前記設定部から入力されたパラメータと、パラメータを用いて演算式を生成する演算式生成プログラムを記憶する記憶部を備え、

前記記憶部は、パラメータとして第1の電流値とインバータ周波数と、第2の電流値とインバータ周波数とを記憶し、

前記制御部は、前記第1の電流値と第1のインバータ周波数で第1座標と、前記第2の電流値と第2のインバータ周波数で第2座標を夫々形成し、前記両座標を通りインバータ周波数から目標電流を求める演算式を生成し、

この演算式で求められた目標電流に不感帯を加えた値と、前記電流検出手段が検出したインバータ電流との比較結果に応じて、下記の制御を繰り返して演算式により目標電流を更新しながらインバータ周波数を制御し、

40

上記目標電流の更新タイミングを下記の制御でインバータ周波数が指令周波数に到達した時を契機とするとともに、上記不感帯の幅を1回の増減速による電流の増減幅が目標電流領域を超えないように設定されることを特徴とする。

1. 電流検出手段の検出電流 < 目標電流 ± ならば、現在インバータ周波数を f だけ減速する。(は不感帯(目標電流の精度)、 f は変速幅)

2. 電流検出手段の検出電流 > 目標電流 ± ならば、現在インバータ周波数を f だけ増速する。(は不感帯(目標電流の精度)、 f は変速幅)

3. 上記以外は変速せず。

50

【 0 0 0 8 】

また、上記に記載の可変速駆動装置において、モータは給水ポンプの最大負荷時の電流より小さな定格電流を有する容量が選定され、前記インバータは前記モータの定格電流より大きな定格電流を有する容量に選定されていることを特徴とする。

【 0 0 0 9 】

また、上記に記載の可変速駆動装置において、第 1 座標を形成する第 1 のインバータ周波数を給水ポンプの最大負荷を満足する周波数とし、第 1 の電流値を第 1 のインバータ周波数で運転したときの給水ポンプの最大負荷時電流とし、第 2 座標を形成する第 2 のインバータ周波数を給水ポンプの最少負荷を満足する周波数とし、第 2 の電流値を第 2 のインバータ周波数で運転したときの給水ポンプの最少負荷（水量 0）時電流とするように、前記設定部によってパラメータが設定され、前記記憶部に記憶するようにしたことを特徴とする。

10

【 0 0 1 1 】

また、上記に記載の可変速駆動装置において、前記制御部は、前記インバータ部の出力した現在周波数を生成された演算式に代入して目標電流を求め、これの更新するタイミングを、一つ前の周波数から現在周波数に変更してこれに到達したことを契機としたことを特徴とする。

【 0 0 1 2 】

また、上記に記載の可変速駆動装置において、前記制御部は、目標電流を更新するタイミングを前記インバータ部の出力した周波数が現在周波数に到達するのに十分な所定時間が経過した時を契機としたことを特徴とする。

20

【 0 0 1 3 】

また、上記に記載の可変速駆動装置において、前記制御部は、目標電流を求める演算式を生成するパラメータを予め機種ごとに定めておき、特定対象機種に適用する場合、前記予め機種ごとに定めたパラメータから特定対象機種用のパラメータを選択して予めメモリに書き込むようにしたことを特徴とする。

【 0 0 1 4 】

本発明は、上記課題を解決するため、インバータ周波数から目標電流を求め、運転時のインバータ電流が目標電流となるようにインバータ周波数を制御して給水ポンプを可変速制御する給水装置において、

30

給水ポンプと、

前記給水ポンプを可変速制御するインバータ部と、

運転時のインバータ電流を検出する電流検出手段と、

検出されたインバータ電流に基いて前記インバータの周波数を制御する制御部と、

目標電流を求める演算式を生成するためのパラメータを入力する設定部と、

前記設定部から入力されたパラメータと、パラメータを用いて演算式を生成する演算式生成プログラムを記憶する記憶部を備え、

前記記憶部は、パラメータとして第 1 の電流値とインバータ周波数と、第 2 の電流値とインバータ周波数とを記憶し、

前記制御部は、前記第 1 の電流値と第 1 のインバータ周波数で第 1 座標を、前記第 2 の電流値と第 2 のインバータ周波数で第 2 座標を夫々形成し、前記両座標を通りインバータ周波数から目標電流を求める演算式を生成し、

40

この演算式で求められた目標電流に不感帯を加えた値と、前記電流検出手段が検出したインバータ電流との比較結果に応じて、下記の制御を繰り返して演算式により目標電流を更新しながらインバータ周波数を制御し、

上記目標電流の更新タイミングを下記の制御でインバータ周波数が指令周波数に到達した時を契機とするとともに、上記不感帯の幅を 1 回の増減速による電流の増減幅が目標電流領域を超えないように設定されることを特徴とする。

1 . 電流検出手段の検出電流 < 目標電流 ± ならば、現在インバータ周波数を f だけ減速する。（ は不感帯（目標電流の精度）、 f は変速幅）

50

2. 電流検出手段の検出電流 > 目標電流 ± ならば、現在インバータ周波数を f だけ増速する。(\pm は不感帯 (目標電流の精度)、 f は変速幅)

3. 上記以外は変速せず。

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、インバータ周波数から目標電流を求める演算式を、パラメータを用いて自動生成し、演算式を無数に生成できるようにして多数の機種に適用出来る。目標電流の更新を適切なタイミングで行うので、目標電流を正しく求めることができる。目標電流更新に不感帯を設けたので周波数制御を安定化することができる。

【図面の簡単な説明】

10

【0016】

【図1】本発明実施例の可変速駆動装置および給水装置のシステム構成図。

【図2】実施例の給水ポンプ運転特性図。

【図3】実施例の使用水量の変化時の目標電流に収束するまでのアルゴリズムの説明図。

【図4】実施例の機種ごとのパラメータ表。

【図5】実施例のメモリマップ。

【図6】実施例の駆動系システムの運転手順フローチャート。

【図7】実施例の起動時アルゴリズムの説明図。

【図8】図6の補足の運転手順フローチャート。

【発明を実施するための形態】

20

【0017】

本発明を実施するための最良の形態を説明する。

【0018】

本発明の給水装置の実施例について、図面を用いて説明する。

【実施例】

【0019】

以下、本発明の実施例について、図1～図8を用いて説明する。以下、本発明の実施例を図1～図8により説明する。

【0020】

図1は、本発明実施例の給水装置及び給水装置用可変速駆動装置のシステム構成図を示している。1は水源に接続された吸込管、2、6は仕切弁、3はモータ4によって駆動され、水源の水を前記吸込管1を介して吐出配管7に吐き出す給水ポンプ、5は逆止め弁、8は圧力計(例えばブルドン管方式の直読式)である。モータ4は本実施例で誘導モータで示しているが永久磁石モータでも良い。

30

【0021】

R、S、Tは電源、ELBは漏電遮断器であり、自身以降の配線の短絡及び漏電保護を行う。CUは可変速駆動装置であり、次の構成と機能を有している。

【0022】

CVは商用電源R、S、Tに接続され、これを直流に変換するコンバータ、Cは平滑コンデンサ、P、Nは前記コンバータCVによって生成された直流電源端子、Rはシャント抵抗、INVはコンバータCVによって変換された直流電源を所定の電圧、周波数の交流に変換するインバータで、これらの素子によりインバータ部INVUが構成される。CPUは後述のプログラムによって各種制御を行うマイクロプロセッサ、MはEEPROM(又はフラッシュメモリ)やRAM等からなる記憶部で、後述の目標電流を求めるためのパラメータと、パラメータを用いて目標電流を求める演算式を生成する演算式生成プログラムと、生成された演算式に従って運転制御するためのプログラムが記憶される。

40

【0023】

I/Oは入出力回路部、CTは電流検出手段(シャント抵抗Rの両端電圧を検出して間接的にインバータ電流を検出しても良い)、PWMはPWM処理部(パルス、ワイド、モジュレーション)であり、インバータINVへの指令周波数 f (f 指令)に基づいて、周

50

波数、電圧を出力するよう指令する。電流検出手段CTから検出された電流は、入出力回路部I/O(CPUに取り込めるレベル電圧信号に処理)を介してCPUに取り込まれる。

【0024】

CONSは表示部(例えば、周波数、電圧、電流等の表示)とキー操作部(例えばタクトスイッチ等)を有するコンソール(設定部、オペレータ)であり、後述の目標電流を求める演算式等生成のためのパラメータ及び運転、停止等(キー操作部で例えばタクトスイッチ)の信号を入力するのに用いる。S0は外部運転指令信号の発生部であり、例えば接点S0aが閉じると運転、開放すると停止する。

【0025】

図2は、本発明実施例の可変速駆動装置および給水装置の給水ポンプ運転特性図であり、横軸に水量(Q)、縦軸に全揚程(H)及び電流(I)を示している。ここで、曲線Aは、給水ポンプを周波数f0(例えば100%の回転数、インバータの最大周波数に対応)で運転した際のQ-H性能曲線を示す。曲線Dは、周波数f3(例えば最低回転数)で運転した時のQ-H性能曲線を示す。同様に、曲線B、Cはそれぞれ周波数f1、f2で運転した時の給水ポンプQ-H性能曲線である。これら以外の周波数で運転した時の給水ポンプQ-H性能の表示は省略している。

【0026】

曲線Jは、給水ポンプ3で揚水した場合に生ずる弁類、配管等の配管抵抗曲線であり、給水ポンプ3の吐出し側圧力を制御する際の目標圧力値となる。H3は、水量0(ゼロ)の点での目標圧力であり、前述した配管抵抗曲線Jと周波数f3で運転した時の給水ポンプQ-H性能曲線Dとの交点で示される。H0は、仕様点(最大使用水量Q0使用時)の目標圧力であり、配管抵抗曲線Jと周波数f0(100%の回転数)で運転した時の給水ポンプQ-H性能曲線Aとの交点で示される。同様に、H1(抵抗曲線Jと周波数f1運転時給水ポンプ性能曲線Bとの交点)、H2(抵抗曲線Jと周波数f2運転時給水ポンプ性能曲線Cとの交点)は中間の目標圧力である。

【0027】

本発明実施例は、圧力検出を用いずに、予め吐出圧力ヘッドを所定の目標値に制御するための目標吐出圧力ヘッドとインバータ周波数の関係を、目標電流とインバータ周波数(回転速度)の関係に対応させ、運転時のインバータ電流が目標電流値となるようにインバータ周波数を制御して、間接的に給水圧力ヘッドを所定の目標圧力ヘッドに運転制御するものである。次に、これらの対応関係について説明する。

【0028】

図2において、曲線Eは、給水ポンプ3を周波数f0(例えば100%の回転数、インバータの最大周波数に対応)で運転した際のインバータ電流特性である。すなわち、インバータからモータに流れる電流の特性である。水量Q0の点から上方に伸ばした垂線と曲線Eとの交点がI0であり、この交点I0が目標電流である。水量Q0の点から上方に伸ばした垂線は、目標圧力H0とも交わっており、使用水量Q0の時、運転しているインバータ電流が目標電流I0と一致していれば、給水圧力は所定の目標圧力ヘッドH0を満足していることを意味している。

【0029】

同様に曲線Fは、給水ポンプ3を周波数f1で運転した際のインバータ電流特性であり、水量Q1の点から上方に伸ばした垂線との交点がI1で、この交点I1が目標電流である。給水圧力ヘッドは、目標圧力ヘッドH1を満足している。更に、同様にして、水量Q2、水量0(ゼロ)の、夫々の目標電流I2(インバータ周波数f2で運転)、目標電流I3(インバータ周波数f3で運転)を求めることができる。これらは、実際に運転して水量、圧力、電流、周波数を測定して対応関係を求めておけば良い。ここで、ItはインバータINVの定格電流であり、給水ポンプ3の運転範囲の最大値が最大水量Q0のとき、モータ定格電流がItを越えないよう組み合わせの定格容量を予め決定しておく。

【0030】

10

20

30

40

50

さて、ここで、インバー電流と周波数特性のプロットした目標電流の各点 I_0 、 I_1 、 I_2 、 I_3 を結んだものが直線または曲線 I (演算式) である。

【0031】

本発明実施例では、目標電流を求める演算式をパラメータ化して現在周波数を変数として一般化し、複数のパラメータを入力することにより、多種類の演算式を生成出来る様にして、どのような給水ポンプ機種にも適用出来るようにしたものである。

【0032】

次に、直線または曲線 I を、パラメータを用いて演算式で求めると次の通りとなる。
直線近似の演算式例

$$I_{00} = ((I_0 - I_3) / (f_0 - f_3)) * (f_0 - f_x) + I_3 \dots \dots (1) \quad 10$$

曲線近似の演算式例

$$I_{00} = ((I_0 - I_3) / (f_0 - f_3)^2) * (f_0 - f_x)^2 + I_3 \dots \dots (2)$$

ここで、 f_0 、 f_3 、 I_0 、 I_3 は前述の記号の意味を持つパラメータで、 f_x は変数で現在周波数を示す。これは、使用水量が変わると目標電流も変わるが、現在周波数をこの変数 f_x に代入することで目標電流 I_{00} を求めることができる。

【0033】

上記(1)式と(2)式はそれぞれ、最高の点(Q_0 の垂線とE線の交点)を第1座標とし、最小の点(水量ゼロの垂線とH線の交点)を第2座標として2点間を結ぶ直線と、2次曲線で近似している。このように、複数のパラメータにより傾斜の異なる直線または曲線 I (演算式) を多数得ることができる。従って、少ないパラメータで多数の演算式(直線または曲線)を求めることができるので、従来例のようにデータを入れ直すことなく、多種類の給水ポンプ機種に対応することができ、作業効率が向上する。この作業は、給水ポンプの製品出荷時や製品設置現場で行われる場合が多く、効率向上は極めて有効である。なお、曲線 I は、図2で示したように適宜折れ線としても良く、折れ線の場合はきめ細かな制御が可能となる。

【0034】

次に、図1、図2において、給水ポンプ3の仕様点(Q_0 、 H_0)が変更になった場合、あるいは、弁、配管等による配管抵抗曲線 J の傾きが変更になった場合の応用例について説明する。

【0035】

いずれの場合も給水ポンプ性能曲線上に、仕様点(Q_0 、 H_0)と、これを通る抵抗曲線(J 相当)と、この抵抗曲線が水量0(ゼロ)で交わる点を締め切り圧力となるよう $Q-H$ 性能曲線(A 、 D 相当)を作図し、これらを満足するインバータ周波数(f_0 、 f_3 相当)と、圧力ヘッド(H_0 、 H_3 相当)で示す2座標を求め、これらの2座標に対応して給水ポンプ性能を与える二つの周波数でそれぞれ運転した時の電流曲線(曲線 E 、 H 相当)を引き、これらの電流曲線と、仕様点水量 Q_0 と水量0(ゼロ)との交点の電流値を求めれば、所望の2個のパラメータ(電流値)を得ることができる。また、上記2座標を求めるためのインバータ周波数(f_0 、 f_3 に相当)もパラメータとなる。

【0036】

一般的には、演算式の変更やデータ等を変更する際には、CPUやメモリを搭載したプリント基板の変更、あるいは、ソフトやデータの書き換えが必要となって大変面倒である。本発明実施例では、パラメータの値をコンソール $CONS$ からの入力による変更で、異なる演算式を多数自動生成することができるので、使い勝手が向上する。演算式は、コンソール $CONS$ からの入力によるパラメータの変更で、記憶部 M に記憶されている演算式生成プログラムにより、マイクロプロセッサ CPU で自動生成される。

【0037】

図3は、使用水量が変化した時の、目標電流に収束するまでのアルゴリズムを示したものである。図2と同じ記号は同一のものを示す。

【0038】

図3から明らかなように、電流曲線は負荷増(使用水量増)に対して単調増加である。

10

20

30

40

50

そこで、周波数制御のアルゴリズムを次とする。

1. 使用水量の減少に伴って、周波数を変える前のインバータ電流が減少したら、インバータ周波数を減速（低下）する。使用水量の増加に伴い、周波数を変える前のインバータ電流が増加したら、インバータ周波数を増速（上昇）する。増減速の幅は分解能、即ち、周波数をどの位変化させると圧力ヘッドおよび電流がどの位変化するかを検証して決める。

2. 上記変速指令後に周波数が安定したら、演算式に現在周波数を代入して目標電流を求める。目標電流を求める演算のタイミングは、周波数が安定するのに必要な所定時間、あるいは変速指令を実行してこれに到達した直後とする。このようすれば、変速途中（周波数の変化中）に目標電流を求めることがないので、正しい目標電流を得ることができる。

3. 目標電流とインバータ電流が等しくなったら変速指令しない。

【0039】

目標電流には、周波数制御の安定性を確保するために、不感帯を設ける。不感帯の幅は1回の増減速による電流の増減幅が目標電流領域を超えないように設定する。このようすれば、絶えず周波数の変動が起こることが無くなり、給水圧力が安定する。

【0040】

今、便宜上、使用水量が Q_1 で、インバータ周波数が f_1 、給水ポンプ性能曲線が B 、インバータ運転電流は I_1 であり、運転点はそれぞれ O_1 と O_{10} にあるものとする。この状態より使用水量が Q_1 より Q_{1a} に減少した場合を考える。

【0041】

運転点は、給水ポンプ性能曲線 B 上で、 O_1 （圧力ヘッド H_1 ）から $O_{1'}$ （圧力ヘッド H_{1a} ）へ移動し、インバータの電流曲線 F 上で、 O_{10} （電流 I_1 ）から $O_{10'}$ （電流 I_{1a} ）へ移動する。ここで、電流については電流 $I_{1a} < I_1$ となっており、上記アルゴリズム1によって、インバータ周波数を f だけ減速する。その後、上記アルゴリズム2によって周波数が安定した後、目標電流を求めて更新する。更新後の目標電流を $I_{1'}$ （図3参照）は、前記演算式（1）式に基き次の通りとなる。

$$I_{1'} = (I_{10} - I_3) / (f_0 - f_3) * (f_0 - f_1 - f) + I_3$$

この結果、給水ポンプ性能曲線は B' 、インバータ電流曲線は F' （ $f_1 - f$ ）となり、運転点はそれぞれ、 $O_{1''}$ （圧力ヘッドは H_{1b} ）、 $O_{10''}$ （電流 I_{1b} ）へ移動する。しかし、電流が $I_{1b} < I_{1'}$ となっても一致しないので、更に f だけ減速する。周波数が安定した後、目標電流を求めて更新するが、更新後の目標電流を $I_{1''}$ （図3参照）とすると次の通りとなる。

$$I_{1''} = (I_{10} - I_3) / (f_0 - f_3) * (f_0 - f_1 - 2f) + I_3$$

この結果、給水ポンプ性能曲線は B'' 、インバータ電流曲線は F'' となり、運転点はそれぞれ、 $O_{1'''}$ （圧力ヘッドは H_{1c} ）、 $O_{10'''}$ （電流 I_{1c} ）へ移動する。ここで、電流が $I_{1c} < I_{1''}$ （目標電流）となってもまだ一致しない。しかし、図3から明らかのように、以上の処理の繰り返しで目標電流を演算式により求めて更新していけば、周波数が f_2 （図2参照）で目標電流 I_2 （不感帯も含めて）（図2参照）に等しくなる。

【0042】

上記説明では、使用水量が減少した例で示したが、使用水量が増加する場合は、上記と逆の動作をたどり、その都度、演算式により目標電流を求めて更新していくものである。

【0043】

図4に、給水ポンプ、モータの機種ごとのパラメータ表を示す。この表は前述したように、予め機種ごとに実験して周波数と電流のパラメータを決めておき整理して作成する。前述したように、パラメータ f_0 は給水ポンプ3を例えば100%の回転数（インバータの最大周波数）で回転するときの周波数で、 I_0 はその時の目標電流である。パラメータ f_3 は給水ポンプ3を例えば水量0（ゼロ）で回転するときの周波数で、 I_3 はその時の目標電流である。 I_t はインバータINVの定格電流であり、給水ポンプ3の運転範囲の

10

20

30

40

50

最大値が最大水量 Q_0 のとき、モータ定格電流が I_t を越えないよう組み合わせの定格容量を予め決定しておく。

【0044】

特定の機種に適用する場合、図4の表よりパラメータを選び、図5に示す記憶部にそれぞれ記憶しておく。図5はメモリマップで、EEPROMに、 I_0 、 I_3 、 f_0 、 f_3 、 I_t などが記憶され、RAMに変数 f_x 等が記憶される。どのような機種であっても給水ポンプ性能や電流特性は類似し、パラメータの点数及び構成のしかたが同様なので、制御系のハード構成を共通にして、パラメータの値を入力（又は変更）することで適用することが可能となる。

【0045】

図6の運転手順フローチャートに従って、制御手順を説明する。図6において、500ステップで、目標電流 I_{00} を求めるのに必要なパラメータをメモリMより読み出し、501ステップで、メモリM内の演算式生成プログラムによりCPUで演算式を生成する。502ステップでは、初期値として図3に示す給水ポンプ $Q-H$ 性能を与えるために、演算式の変数 f_x に現在周波数 f_3 （ f_{DATA} に f_3 がセットされている）を代入する。これによって目標電流は I_3 となる。

【0046】

503ステップで、外部からの運転指令信号の発生部 S_0 から、指令信号が入力されているか判定する。入力されてなければ、入力されるまでこのループ処理を実行する。入力されている場合は、504ステップで、インバータから周波数 f_3 とこれに対応する電圧をモータに出力して運転を始める。505ステップでは、出力した周波数 f_3 が安定するまでに必要な所定時間（ここでは例えば t_1 ）の待機処理を実行する。505ステップの待機時間処理に代えて、515～517ステップ（図8参照）で、指令した周波数が f_3 に到達したかを確認する処理としても良い。

【0047】

図6の506ステップでは、運転中のインバータ電流を検出してそのデータ（ $IDATA$ ）を読み出す（図5の記憶部 $M103$ 参照）。507ステップでは、目標電流 I_{00} （この例では I_3 ）を読み出し、508ステップでは、この目標電流 I_{00} と運転中のインバータ電流 $IDATA$ とを比較する処理を実行する。比較した結果、

- (1) $IDATA > I_{00} \pm \quad$ であれば、509ステップの増速処理へジャンプする。
 - (2) $IDATA < I_{00} \pm \quad$ であれば、512ステップの減速処理へジャンプする。
- (1)でも(2)でもなければ、変速処理せず506ステップへ戻り、これ以降の処理を繰返す。ここで、 \pm は不感帯（目標電流の精度）を示す。

【0048】

509ステップでは、 f だけ増速し、現在周波数として f_{DATA} （この例では f_3 ）+ f を出力する。510ステップでは、前記505ステップと同様に出力した周波数が安定するまでの待ち時間処理を実行する。勿論、これは前述した515～517ステップ（図8）の周波数到達確認処理と代えても良い。511ステップでは、目標電流更新処理を実行し、506ステップへ戻って、インバータ電流検出処理を実行し507ステップへ進む。

【0049】

512ステップでは、 f だけ減速し、現在周波数として f_{DATA} （この例では f_3 ）+ f を出力する。513ステップでは、前記510ステップと同様に出力した周波数が安定するまでの待ち時間処理を実行する。514ステップでは、目標電流更新処理を実行し、506ステップへ戻ってインバータ電流検出処理を実行し507ステップへ進む。

【0050】

以上のアルゴリズムを用い、動作始めの状態例を、図7を用いて説明する。使い始めの使用水量を Q_4 とし、インバータ周波数を f_3 、給水ポンプ $Q-H$ 性能曲線を D 、想定目標圧力を H_3 、インバータ電流曲線を H 、目標電流を I_3 とする。

【0051】

10

20

30

40

50

使用水量のQ4への増加によって、運転点がO4からO4'に移動し、運転電流はI3aとなる。この状態では運転電流I3a > I3(目標電流)となるため、fだけ増速する。増速後の更新した目標電流をI3'とすると、I3'は次の通り表せる。

$$I3' = ((I0 - I3) / (f0 - f3)) * (f0 - f3 + f) + I3$$

この結果、給水ポンプ性能曲線はD'となり、インバータ電流曲線はH'となり、運転点はO4''(圧力ヘッドはH3b)、O40''(電流I3b)へ移動する。この状態では、運転電流I3b > I3'(目標電流)となるため、まだ一致してない。しかし、図7から、以上の処理を繰り返せば、目標電流(不感帯も含めて)に等しくなることが明らかである。

【0052】

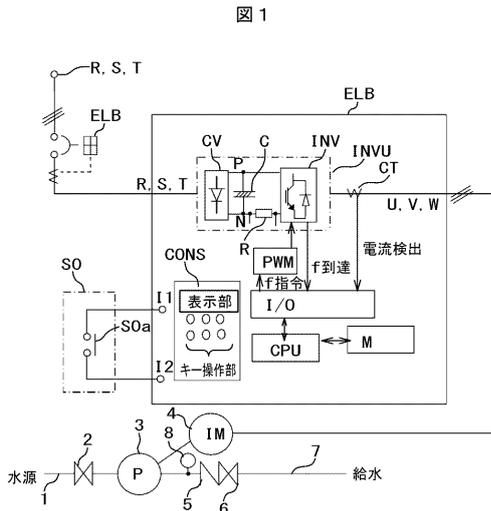
以上の処理を繰り返し続ければ、使用水量変動に伴い、インバータ電流を検出し、現在インバータ周波数から目標電流を求め、これと等しくなるようインバータ周波数を制御すれば、間接的に給水圧力ヘッドを所定の目標圧力ヘッドに制御することが出来る。

【符号の説明】

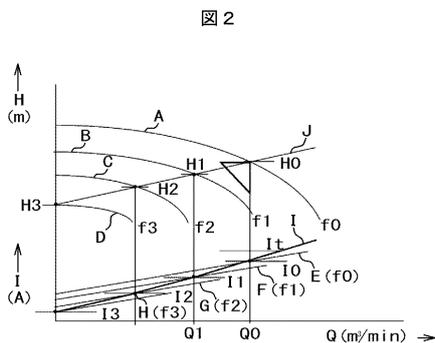
【0053】

1...吸込み管、2,6...仕切弁、3...給水ポンプ、4...モータ、5...逆止め弁、7...吐出配管、8...圧力計、R,S,T...電源、ELB...漏電遮断器、CU...可変速駆動装置、CV...コンバータ、INV...インバータ、INVU...インバータ部、C...平滑コンデンサ、R...シャント抵抗、PWM...PWM処理部、CT...電流検出手段、I/O...入出力回路部、CPU...マイクロプロセッサ、M...記憶部(メモリ)、CONS...設定部(コンソール)、SO...外部運転指令信号の発生部、CU...可変速駆動装置、It...インバータ部の定格電流。

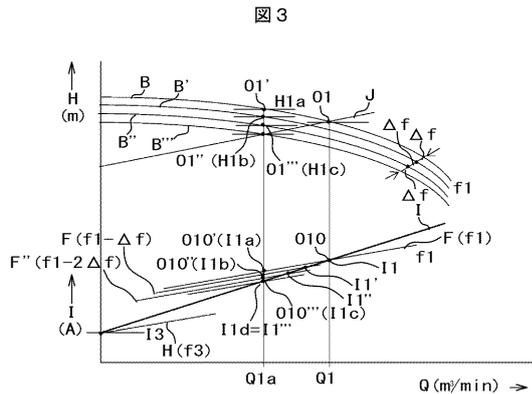
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

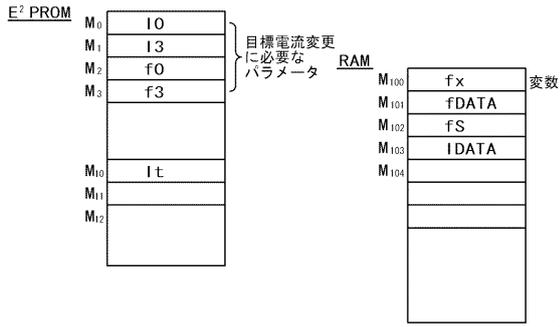
機種	パラメータf0	パラメータf3	パラメータI0	パラメータI3	定格電流It	変数fx
MODEL 1	パラメータf0	パラメータf3	パラメータI0	パラメータI3	定格電流It	変数fx
MODEL 2	パラメータf0	パラメータf3	パラメータI0	パラメータI3	定格電流It	変数fx
MODEL 3	パラメータf0	パラメータf3	パラメータI0	パラメータI3	定格電流It	変数fx
MODEL 4	パラメータf0	パラメータf3	パラメータI0	パラメータI3	定格電流It	変数fx
MODEL 5	パラメータf0	パラメータf3	パラメータI0	パラメータI3	定格電流It	変数fx
MODEL 6	パラメータf0	パラメータf3	パラメータI0	パラメータI3	定格電流It	変数fx

10

20

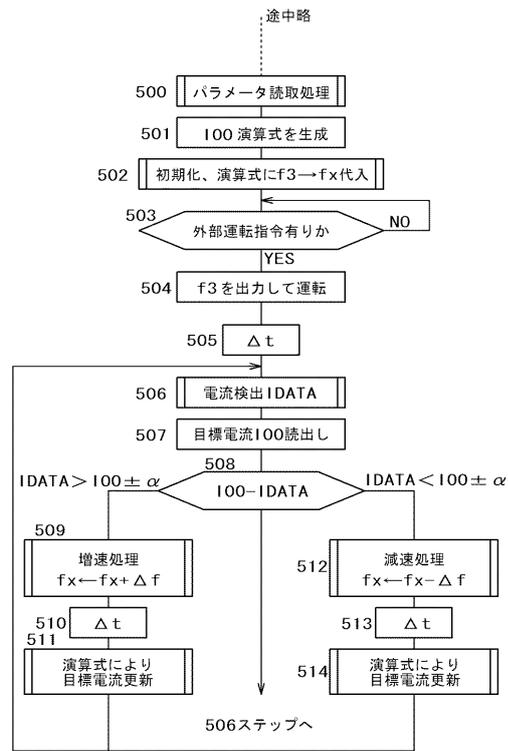
【 図 5 】

図 5



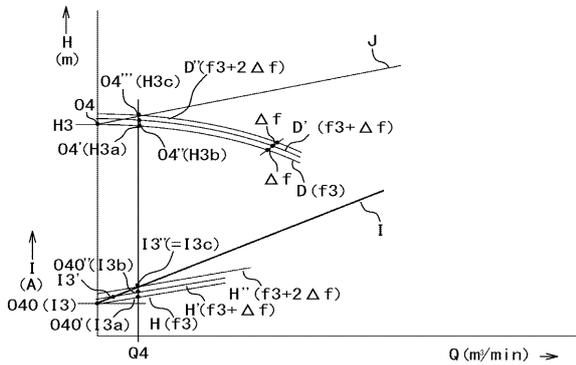
【 図 6 】

図 6



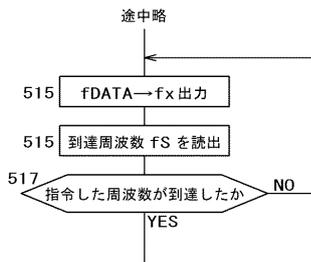
【 図 7 】

図 7



【 図 8 】

図 8



フロントページの続き

審査官 森山 拓哉

(56)参考文献 特開平07-332277(JP,A)
特開平11-082361(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H02P 21/00 - 27/18
F04B 49/06