

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6430425号
(P6430425)

(45) 発行日 平成30年11月28日 (2018.11.28)

(24) 登録日 平成30年11月9日 (2018.11.9)

(51) Int.Cl.		F I			
HO2P	6/17	(2016.01)	HO2P	6/17	
HO2P	6/15	(2016.01)	HO2P	6/15	
A61M	1/10	(2006.01)	A61M	1/10	1 4 1

請求項の数 12 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2016-47013 (P2016-47013)	(73) 特許権者	000114215
(22) 出願日	平成28年3月10日 (2016.3.10)		ミネベアミツミ株式会社
(65) 公開番号	特開2017-163738 (P2017-163738A)		長野県北佐久郡御代田町大字御代田4 1 0
(43) 公開日	平成29年9月14日 (2017.9.14)		6-73
審査請求日	平成29年4月6日 (2017.4.6)	(74) 代理人	110001771
特許権者において、実施許諾の用意がある。			特許業務法人虎ノ門知的財産事務所
		(72) 発明者	北野 高通
			長野県北佐久郡御代田町大字御代田4 1 0
			6-73 ミネベア株式会社内
		(72) 発明者	永井 雅明
			長野県北佐久郡御代田町大字御代田4 1 0
			6-73 ミネベア株式会社内
		(72) 発明者	武藤 明
			長野県北佐久郡御代田町大字御代田4 1 0
			6-73 ミネベア株式会社内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 モータ駆動制御装置、モータ駆動制御方法及びチューブポンプ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

速度指令信号の入力により、駆動制御信号を生成する制御部と、
前記駆動制御信号の入力により、駆動信号を生成しモータに出力するモータ駆動部と、
を備え、
前記速度指令信号は、単位時間当たりのパルス数が回転速度となるパルス信号であり、
前記制御部は、
前記速度指令信号の入力期間で前記駆動制御信号を生成し、前記速度指令信号の入力停止期間で前記駆動制御信号の生成を停止することを繰り返すことで、前記モータが回転する運転期間と、非励磁状態で前記モータが停止する停止期間とを繰り返させるとともに、
前記運転期間と前記停止期間とを繰り返させることで、前記モータの1回転当たりの回転速度を、前記速度指令信号に対応する第1の回転速度より低速度の第2の回転速度とする、モータ駆動制御装置。

【請求項 2】

前記モータは、ブラシレスDCモータである、請求項1に記載のモータ駆動制御装置。

【請求項 3】

前記運転期間の長さ、前記停止期間の長さ、前記運転期間と前記停止期間との合計の全期間の長さとは、前記第1の回転速度と前記第2の回転速度との比率によって設定される、請求項1または2に記載のモータ駆動制御装置。

【請求項 4】

前記第 1 の回転速度は、前記モータの回転を維持可能な単位時間当たりの下限回転数である、請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 つに記載のモータ駆動制御装置。

【請求項 5】

前記下限回転数は、前記モータ駆動部が生成可能な駆動信号のパルス幅の下限値に対応する、請求項 4 に記載のモータ駆動制御装置。

【請求項 6】

前記モータ駆動部は、チューブ内の液体が送出されるように、前記チューブを押圧するローラを回転させるための前記モータを駆動し、

前記制御部は、前記停止期間において、前記チューブの押さえ度合いにより発生する前記モータの移動を検知した場合、非励磁状態から励磁状態にして前記モータを前記運転期間の終了時の停止位置に戻す制御を行う、請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 つに記載のモータ駆動制御装置。

10

【請求項 7】

前記モータの位置を検出する位置検出器、を更に備え、

前記位置検出器は、前記速度指令信号と同期したパルス信号を出力し、当該パルス信号のカウント数に基づく検出信号を出力し、

前記制御部は、前記位置検出器から出力された検出信号に基づく前記モータの位置を記憶する、請求項 6 に記載のモータ駆動制御装置。

【請求項 8】

前記制御部は、前記停止期間中に前記位置検出器から出力された検出信号に基づくカウント数に基づいて、前記モータを前記停止位置に戻す駆動制御信号を生成する、請求項 7 に記載のモータ駆動制御装置。

20

【請求項 9】

前記速度指令信号は、外部装置が生成し、前記制御部に出力される、請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 つに記載のモータ駆動制御装置。

【請求項 10】

前記速度指令信号を生成する速度指令信号生成部、を更に備える、請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 つに記載のモータ駆動制御装置。

【請求項 11】

速度指令信号の入力期間において生成された駆動制御信号の入力により、駆動信号を生成しモータに出力する出力ステップと、

30

前記速度指令信号の入力停止期間において前記駆動制御信号の生成が停止されることにより、前記駆動信号の出力を停止する停止ステップと、

前記出力ステップと前記停止ステップとを繰り返すことで、前記モータが回転する運転期間と、非励磁状態で前記モータが停止する停止期間とを繰り返させる繰り返しステップと、

を含み、

前記速度指令信号は、単位時間当たりのパルス数が回転速度となるパルス信号であり、

前記繰り返しステップは、前記運転期間と前記停止期間とを繰り返させることで、前記モータの 1 回転当たりの回転速度を、前記速度指令信号に対応する第 1 の回転速度より低速度の第 2 の回転速度とする、モータ駆動制御方法。

40

【請求項 12】

モータと、

前記モータの駆動により回転することでチューブを押圧し、該チューブ内の液体を送出するローラと、

速度指令信号の入力により、駆動制御信号を生成する制御部と、前記駆動制御信号の入力により、駆動信号を生成し前記モータに出力するモータ駆動部とを有するモータ駆動制御装置と、

を備え、

前記速度指令信号は、単位時間当たりのパルス数が回転速度となるパルス信号であり、

50

前記制御部は、

前記速度指令信号の入力期間で前記駆動制御信号を生成し、前記速度指令信号の入力停止期間で前記駆動制御信号の生成を停止することを繰り返すことで、前記モータが回転する運転期間と、非励磁状態で前記モータが停止する停止期間とを繰り返させるとともに、前記運転期間と前記停止期間とを繰り返させることで、前記モータの1回転当たりの回転速度を、前記速度指令信号に対応する第1の回転速度より低速度の第2の回転速度とする、チューブポンプ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、モータ駆動装置、モータ駆動方法及びチューブポンプに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、ポンプ装置として、チューブポンプが知られている。チューブポンプは、モータによりローラを回転させながらチューブを押し潰すことにより、チューブ内の液体を送出する。チューブポンプは、医療機器に使用されており、例えば、ブラシレスDCモータにより、ローラを有するロータを回転させる人工透析用ポンプ装置（血液ポンプ）が知られている。

【0003】

例えば、人工透析用ポンプ装置では、ロータとブラシレスDCモータとの間に、減速機が設けられる。減速機は、血液ポンプのロータを低速で回転させ、また、低速回転でも高いトルクを発生させるために、必要となる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開平10-290831号公報

【特許文献2】特開2015-146728号公報

【特許文献3】特開2008-67560号公報

【特許文献4】特開平10-66392号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ここで、利用者によっては、例えば、モータの仕様を下回る回転速度で、人工透析用ポンプ装置を動作させたいという要求がある。

【0006】

本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、仕様範囲外の低速の回転速度でモータを回転させることができるモータ駆動制御装置、モータ駆動制御方法及びチューブポンプを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明の一態様に係るモータ駆動制御装置は、速度指令信号の入力により、駆動制御信号を生成する制御部と、前記駆動制御信号の入力により、駆動信号を生成しモータに出力するモータ駆動部と、を備え、前記速度指令信号は、単位時間当たりのパルス数が回転速度となるパルス信号であり、前記制御部は、前記速度指令信号の入力期間で前記駆動制御信号を生成し、前記速度指令信号の入力停止期間で前記駆動制御信号の生成を停止することを繰り返すことで、前記モータが回転する運転期間と、非励磁状態で前記モータが停止する停止期間とを繰り返させるとともに、前記運転期間と前記停止期間とを繰り返させることで、前記モータの1回転当たりの回転速度を、前記速度指令信号に対応する第1の回転速度より低速度の第2の回転速度とする。

10

20

30

40

50

【発明の効果】

【0008】

本発明の一態様によれば、仕様範囲外の低速の回転速度でモータを回転させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】図1は、本実施形態に係る血液ポンプが組み込まれる人工透析システムの構成例を示す図である。

【図2】図2は、図1に示す血液ポンプを説明するための図(1)である。

【図3】図3は、図1に示す血液ポンプを説明するための図(2)である。

10

【図4】図4は、図1に示すモータ装置の構成例を示すブロック図である。

【図5】図5は、本実施形態で実行される間欠動作を説明するための図(1)である。

【図6】図6は、本実施形態で実行される間欠動作を説明するための図(2)である。

【図7】図7は、本実施形態に係るモータ位置保持機能の一例を示す図である。

【図8】図8は、図7に示すモータ位置保持機能により行われる処理を説明するフローチャートである。

【図9】図9は、本実施形態に係るモータ位置保持機能の別の一例を示す図である。

【図10】図10は、図9に示すモータ位置保持機能により行われる処理を説明するフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

20

【0010】

以下、実施形態に係るモータ駆動制御装置、モータ駆動制御方法及びチューブポンプについて図面を参照して説明する。

【0011】

(実施形態)

以下では、本実施形態に係るモータ駆動制御装置が用いられるチューブポンプが、人工透析システムの血液ポンプである場合について説明する。図1は、本実施形態に係る血液ポンプが組み込まれる人工透析システムの構成例を示す図である。

【0012】

図1に示す人工透析システムは、血液ポンプ1、ダイアライザー3及び透析液供給装置4を有する。血液ポンプ1は、チューブ2を介して、患者Pの血液をダイアライザー3に搬送する(脱血)。ダイアライザー3は、半透膜と、透析液供給装置4から供給される透析液とにより、患者Pの血液に対して、老廃物除去、電解質維持、水分量維持の処理を行う。血液ポンプ1は、チューブ2を介して、ダイアライザー3により処理された血液を患者Pに戻す(返血)。

30

【0013】

図2及び図3は、図1に示す血液ポンプ1を説明するための図である。図2に示すように、血液ポンプ1は、モータ装置10、減速機20及びポンプシステム30を有する。なお、図2は、図1に示す血液ポンプ1を側面側から見た図であり、図3は、図1に示す血液ポンプ1をポンプシステム30側から見た図である。

40

【0014】

図2において、モータ装置10は、減速機20を介して、ポンプシステム30のロータ32に回転駆動力を供給する駆動源であり、後述するモータ11を内蔵する。減速機20は、モータ装置10(モータ11)の回転軸と接続され、モータ11の回転速度を所定の減速比で減速する。ポンプシステム30は、減速機20の回転軸(出力軸)と接続される。

【0015】

ポンプシステム30は、図3に示すように、ハウジング31と、ロータ32と、ローラ支持部33と、ローラ34aと、ローラ34bとを有する。ハウジング31は、内部にチューブ2及びロータ32の収納空間が形成されている。チューブ2は、ハウジング31が

50

有する円弧状の内周壁面に沿って配設される。ロータ32は、減速機20の回転軸（出力軸）と接続される。

【0016】

ローラ支持部33は、ロータ32と接続され、ロータ32の回転とともに回転する。ローラ支持部33の両端には、ローラ34a及びローラ34bがそれぞれ取り付けられている。ローラ支持部33は、チューブ2を押圧するローラ34a及びローラ34bを回転自在に支持する。ローラ34a及びローラ34bは、ローラ支持部33の回転とともに回転する。すなわち、ローラ34a及びローラ34bは、モータ装置10（モータ11）の駆動により回転することで、ハウジング31の内周壁面に沿って配設されたチューブ2を押圧し、チューブ2内の液体（血液）を送出する。

10

【0017】

図4は、図1に示すモータ装置10の構成例を示すブロック図である。モータ装置10は、図4に示すように、モータ11と、制御部12と、モータ駆動部13と、エンコーダ（位置検出器の一例）14と、ホール素子15とを有する。

【0018】

モータ11は、減速機20を介して、ポンプシステム30と接続される。モータ11は、例えば、3相のブラシレスDCモータである。モータ11は、制御部12及びモータ駆動部13を含むモータ駆動制御装置により駆動制御される。なお、モータ駆動制御装置として、エンコーダ14及びホール素子15が含まれても良い。

【0019】

モータ駆動部13は、直流電源（図4のDCを参照）に接続され、制御部12が生成した駆動制御信号（後述）の入力により、駆動信号を生成しモータ11に出力する。例えば、モータ駆動部13は、アナログ集積回路であるプリドライブ回路と、インバータ回路とを有する。インバータ回路は、プリドライブ回路から出力された出力信号に基づいてモータ11に駆動信号を出力し、モータ11が備える3つの電機子コイルに通電する。インバータ回路は、例えば、直流電源の両端に設けられた2つのスイッチ素子の直列回路の対が、3つの電機子コイルの各相（U相、V相、W相）に対してそれぞれ配置されて構成されている。2つのスイッチ素子の各対において、スイッチ素子同士の接続点に、モータ11の各相の端子が接続されている。

20

【0020】

プリドライブ回路は、駆動制御信号（後述）による制御に基づいて、インバータ回路を駆動するための出力信号を生成し、インバータ回路に出力する。出力信号としては、例えば、インバータ回路の各スイッチ素子に対応する6種類のスイッチング信号が出力される。これらの出力信号が出力されることで、それぞれの出力信号に対応するスイッチ素子がオン、オフ動作を行い、モータ11に駆動信号が出力されてモータ11の各相に電力が供給される。

30

【0021】

ホール素子15は、モータ11（回転子）の回転位置を検出するための信号（ホール信号）を、モータ駆動部13のプリドライブ回路に出力する。プリドライブ回路は、ホール信号に基づいて、インバータ回路の各スイッチ素子のオン、オフ動作を切り替えるタイミングを調整する。なお、ホール素子15の代わりに、ホールICが用いられる場合であっても良い。

40

【0022】

制御部12は、外部装置である速度指令信号生成部100と接続される。制御部12は、例えば、マイクロプロセッサ（Micro-Processing Unit：MPU）により構成される。制御部12は、速度指令信号の入力により、駆動制御信号を生成する。速度指令信号は、速度指令信号生成部100により生成される信号であり、モータ11の目標回転速度を指定する指令情報である。具体的には、速度指令信号は、パルス数が回転ステップ数となり、単位時間当たりのパルス数が回転速度となるパルス信号である。

【0023】

50

速度指令信号生成部 100 は、例えば、パルス周波数変調 (Pulse Frequency Modulation: PFM) により、目標回転速度に応じた周波数のクロック信号を速度指令信号として生成し、制御部 12 に出力する。制御部 12 は、例えば、パルス幅変調 (Pulse Width Modulation: PWM) により、クロック信号に対応する回転速度でモータ 11 を回転させるための PWM 信号を駆動制御信号として生成する。

【0024】

エンコーダ 14 は、モータ 11 (回転子) の位置を検出する位置検出器の一例である。エンコーダ 14 は、速度指令信号 (クロック信号) と同期したパルス信号を出力し、当該パルス信号のカウント数に基づく検出信号 (エンコーダ信号) を出力する。例えば、エンコーダ 14 は、クロック信号に対応する回転速度でモータ 11 が回転している場合、クロック信号の立ち上がりエッジのタイミングで、A 相からの信号と、B 相からの信号とを交互に出力する。エンコーダ 14 は、カウンタにより、A 相の出力波形の立ち上がり位置 / 立ち下がり位置と、B 相の出力波形の立ち上がり位置 / 立ち下がり位置とをカウントすることで、エンコーダ信号を出力する。

10

【0025】

制御部 12 は、速度指令信号 (クロック信号) とともに、エンコーダ 14 が出力するエンコーダ信号とに基づいて、駆動制御信号 (PWM 信号) を生成し、モータ駆動部 13 に出力する。例えば、制御部 12 は、クロック信号の入力により、モータ 11 が回転している間、クロック信号のカウント数と、エンコーダ信号のカウント数とを比較する。カウント数が異なる場合、制御部 12 は、カウント数が一致するよう、デューティ比を変更した PWM 信号を生成し、モータ駆動部 13 に出力する。なお、制御部 12 は、クロック信号の入力によりモータ 11 が回転している間、エンコーダ 14 が出力するエンコーダ信号の代わりに、ホール素子 15 が出力する信号を用いて、モータ 11 の回転速度を維持する制御を行っても良い。

20

【0026】

ところで、図 1 に示す血液ポンプ 1 が有する減速機 20 は、ロータ 32 を低速で回転させ、また、低速回転でも高いトルクを発生させるために、血液ポンプ 1 に設置される。しかし、利用者によっては、例えば、モータ 11 の仕様を下回る回転速度で、血液ポンプ 1 を動作させたいという要求がある。

【0027】

そこで、本実施形態では、仕様範囲外の低速の回転速度でモータ装置 10 (モータ 11) を回転させるため、モータ駆動制御装置としての制御部 12 及びモータ駆動部 13 は、以下に説明するモータ駆動制御方法を実行する。

30

【0028】

制御部 12 は、速度指令信号の入力期間で駆動制御信号を生成し、速度指令信号の入力停止期間で駆動制御信号の生成を停止することを繰り返す。モータ駆動部 13 は、速度指令信号の入力期間において生成された駆動制御信号の入力により、駆動信号を生成しモータ 11 に出力し (出力ステップ)、速度指令信号の入力停止期間において駆動制御信号の生成が停止されることにより、駆動信号の出力を停止する (停止ステップ) ことを繰り返す (繰り返しステップ)。

40

【0029】

これにより、制御部 12 は、モータ 11 が回転する運転期間と、非励磁状態でモータ 11 が停止する停止期間とを繰り返させる。すなわち、モータ 11 は、運転期間と停止期間とを繰り返す間欠動作を実行する。図 5 及び図 6 は、本実施形態で実行される間欠動作を説明するための図である。

【0030】

図 5 に示すタイミングチャートの一例では、説明の簡略化のため、運転期間のために入力されるクロック信号 (CLK) の数を 8 個としている。速度指令信号生成部 100 は、例えば、ユーザの指示により、クロック信号の出力を開始する。制御部 12 は、クロック信号が入力すると PWM 信号を生成し、モータ駆動部 13 に出力する。モータ駆動部 13

50

は、PWM信号に基づき、モータ11に駆動信号を出力し、モータ11を駆動する。なお、実際には、モータ11の3相それぞれに、6種類の信号がそれぞれのタイミングで駆動信号として出力されるが、図5の「駆動信号」では、6種類の信号のいずれかが出力している期間を、1つのパルス波で示している。

【0031】

駆動信号の入力により、運転期間が開始し、モータ11の回転が開始する。エンコーダ14は、クロック信号の立ち上がりエッジのタイミングで、A相からの信号と、B相からの信号とを交互に出力する(図5の「エンコーダA相」及び「エンコーダB相」を参照)。エンコーダ14は、カウンタにより、A相の出力波形の立ち上がり位置/立ち下がり位置と、B相の出力波形の立ち上がり位置/立ち下がり位置とをカウントしたエンコーダ信号を出力する(図5の「エンコーダカウンタ」を参照)。なお、制御部12は、上述したように、運転期間中、クロック信号とエンコーダ信号とに基づいて、回転速度を一定に維持する通常の制御を行う。

10

【0032】

そして、速度指令信号生成部100は、8個のクロック信号を出力し、クロック信号の生成を停止する(図5の「CLK」を参照)。制御部12は、クロック信号の入力停止により、PWM信号の生成を停止する。これにより、モータ駆動部13は、駆動信号の出力を停止する(図5の「駆動信号」を参照)。これにより、運転期間が終了し、停止期間となり、モータ11は、非励磁状態となって停止する。モータ11の駆動が停止すると、エンコーダ14は、クロック信号と同じカウント数のエンコーダ信号を出力し、出力を停止する。図5の「エンコーダカウンタ」では、エンコーダ14が、クロック信号のカウント数と同じ8個のエンコーダ信号を出力して、エンコーダ信号の出力を停止することを示している。モータ11は、再度、速度指令信号生成部100がクロック信号の出力を開始するまで、停止期間となる。

20

【0033】

次に、間欠動作の設定について、図6等を用いて説明する。図6は、間欠動作において、クロック信号(CLK)が入力する期間Aと、クロック信号(CLK)の入力が停止する期間Bとが交互に繰り返されることを示している。期間Aは、モータ11が励磁状態となって回転する運転期間に対応し、期間Bは、モータ11が非励磁状態となって停止する停止期間に対応する。運転期間と停止期間とを交互に繰り返すことで、モータ11の1回転当たりの回転速度は、速度指令信号(クロック信号)に対応する第1の回転速度より低速の第2の回転速度となる。

30

【0034】

ここで、運転期間(期間A)の長さ、停止期間(期間B)の長さとは、第1の回転速度と第2の回転速度との比率によって設定される。第2の回転速度は、ユーザが所望する、モータ11の仕様範囲外の超低速の回転速度である。第1の回転速度は、モータ11の回転を維持可能な単位時間当たりの下限回転数に設定される。この下限回転数は、例えば、モータ駆動部13が生成可能な駆動信号のパルス幅の下限値に対応する。

【0035】

以下、運転期間(期間A)及び停止期間(期間B)の設定例を具体的な数値により説明する。例えば、モータ11の下限回転数を45rpm、エンコーダ14が1回転当たりに出力するパルス数を400個と仮定した場合、1秒当たりのパルス数は、「 $300\text{pps} = (45\text{rpm} * 400) / 60\text{sec}$ 」となり、パルスの周期は「 $3.3\text{ms} (= 1 / 300)$ 」となる。なお、エンコーダ14は、クロック信号と同期したエンコーダ信号を出力することから、クロック信号でも、1秒当たりのパルス数は300ppsとなり、パルスの周期は、 3.3ms となる。上述したエンコーダ信号と同期して、45rpmを指示するクロック信号が入力しているならば、図6に示すT(クロック信号の立ち上がりエッジの間隔)は、 3.3ms となる。なお、クロック信号及びエンコーダ信号の1パルスに対応するモータ11の回転角度は、「 $0.9\text{度} (= 360\text{度} / 400)$ 」となる。

40

【0036】

50

例えば、ユーザが所望する回転速度が15rpmの場合、全期間(=期間A+期間B)に対する期間Aの比率は、「 $15/45 = 1/3$ 」となるため、「期間A:期間B = 1:2」となる。また、運転期間のパルス数を20に固定して、運転期間の長さを固定する場合、期間Aは「 $66\text{ms} (= 3.3\text{ms} * 20\text{パルス})$ 」と設定され、期間Bは「 $132\text{ms} (= 3.3\text{ms} * 40\text{パルス})$ 」と設定される。

【0037】

また、例えば、ユーザが所望する回転速度が9rpmの場合、全期間に対する期間Aの比率は、「 $9/45 = 1/5$ 」となるため、「期間A:期間B = 1:4」となる。運転期間のパルス数を20に固定する場合、期間Aは「 $66\text{ms} (= 3.3\text{ms} * 20\text{パルス})$ 」と設定され、期間Bは「 $264\text{ms} (= 3.3\text{ms} * 80\text{パルス})$ 」と設定される。

10

【0038】

このように、本実施形態では、間欠動作における運転期間の長さや停止期間の長さを調整することで、ユーザが所望するモータ11の下限回転速度より低い回転速度で、モータ11を使用することができる。

【0039】

上記の設定例では、モータ11が1回転する間に、運転期間及び停止期間が約20回繰り返され、仕様範囲外の超低速状態を実現することができる。なお、上記の設定例は、あくまでも一例であり、ユーザが所望する回転速度とクロック信号に対応する回転速度とにより定まる「運転期間と停止期間との比率」となるのであれば、運転期間と停止期間との絶対値は、任意に調整可能である。ただし、運転期間を短くしすぎると、駆動信号のオンデューティ比が小さくなり、モータ11が起動しなくなる。従って、モータ11の起動が保障されるように、運転期間の長さを調整することが好適となる。

20

【0040】

一方、運転期間を長くすると、停止期間も長くなり、その結果、モータ11の回転が円滑ではなくなる。しかし、モータ11の回転は、減速機20により減速される。例えば、減速機20の減速比が $1/30$ の場合、間欠動作による15rpmに対して、ロータ32は、更に、 0.5rpm の低速回転となる。間欠動作によりモータ11の回転が円滑とはならなくとも、減速機20を介することで、血液ポンプ1としては、円滑な回転動作を実現できる。

【0041】

なお、上記の間欠動作は、速度指令信号生成部100による速度指令信号の入力及び入力停止に連動した制御部12の駆動制御により実行される。本実施形態では、速度指令信号生成部100は、外部装置である。例えば、血液ポンプ1のユーザは、上述した設定例を使用する方法として参照して、所望の回転速度に応じた速度指令信号の入力期間及び入力停止期間を、速度指令信号生成部100に設定する。これにより、ユーザは、モータ装置10の仕様を変更することなく、本実施形態に係る間欠動作を実行させることができる。

30

【0042】

ところで、間欠動作による超低速状態でブラシレスDCモータ(モータ11)を使用する場合、非励磁状態の停止期間では、外的要因により、モータ11の位置が移動することがある。例えば、ポンプシステム30において、チューブ2の押さえ度合いの強弱により、トルク変動が大きくなる。このため、停止期間では、チューブ2によるトルク変動により、モータ11が、運転期間中の回転方向と同じ方向の回転(正回転)をするだけでなく、運転期間中の回転方向と逆方向の回転(逆回転)をする可能性がある。

40

【0043】

トルク変動により、停止期間中の位置ズレが発生すると、超低速状態でのモータ11並びに血液ポンプ1の動作保証ができなくなる。そこで、本実施形態に係る制御部12は、非励磁状態の停止期間でもトルクを一定とするため、モータ位置保持機能を実行する。

【0044】

すなわち、制御部12は、停止期間でモータ11の移動を検知すると、非励磁状態から励磁状態にしてモータ11を運転期間終了時の停止位置に戻す制御を行う。制御部12は

50

、エンコーダ 14 から出力された検出信号（エンコーダ信号）に基づくモータ 11 の位置を、例えば内部メモリに記憶する。制御部 12 は、運転期間終了時のエンコーダ信号のカウント値から、運転期間終了時のモータ 11 の停止位置を記憶している。

【0045】

そして、制御部 12 は、停止期間中にエンコーダ 14 から出力されたエンコーダ信号に基づくカウント数に基づいて、モータ 11 を停止位置に戻す駆動制御信号を生成する。例えば、制御部 12 は、停止期間中にエンコーダ 14 から出力されたエンコーダ信号に基づくカウント数と、運転期間に入力されたクロック信号のカウント数とを比較して、モータ 11 を停止位置に戻す駆動制御信号を生成する。これにより、モータ駆動部 13 は、モータ 11 を停止位置に戻す駆動信号を生成する。

10

【0046】

以下、図 7 ~ 図 10 を用いて、モータ位置保持機能の具体例を説明する。図 7 は、本実施形態に係るモータ位置保持機能の一例を示す図である。なお、図 7 は、図 5 を用いて説明した間欠動作が実行されている場合に行われるモータ位置保持機能を示している。

【0047】

図 7 に示す一例では、停止期間中の外的要因によるモータ 11 の回転により、エンコーダ信号のカウントが、運転期間終了時の「8」から「9、10、・・・、15、16」と、8 カウント増加したことを示している。これは、モータ 11 が停止期間中に、正方向に 8 カウント分回転したことを示している。上述した設定例のように、エンコーダ 14 の 1 回転当たりのパルス数を 400 個とすると、エンコーダ信号の 1 カウントは 0.9 度となるので、図 7 では、停止期間中に、モータ 11 は、7.2 度、正回転したことになる。

20

【0048】

そこで、制御部 12 は、8 カウント分、モータ 11 を逆回転させる駆動制御信号を生成し、モータ駆動部 13 に出力する。これにより、モータ駆動部 13 は、モータ 11 を停止位置まで戻す駆動信号を出力する（図 7 の点線の丸を参照）。その結果、モータ 11 は逆回転し、エンコーダ 14 が出力するエンコーダ信号のカウントは、図 7 に示すように、「16」から「15、14、・・・、9、8」と、8 カウント減少し、停止位置に対応するカウント数「8」に戻る。

【0049】

図 7 に示す一例では、制御部 12 は、クロック信号のカウント数（CLK カウント）とエンコーダ信号のカウント数（エンコーダカウント）の差の絶対値が「閾値 = 8」となった場合、モータ位置保持機能を行うように設定されている。そして、制御部 12 は、図 7 に示すように、「CLK カウント < エンコーダカウント」ならば、モータ 11 の位置を、逆回転で 8 カウント分移動させる。また、制御部 12 は、図示していないが、「CLK カウント > エンコーダカウント」ならば、モータ 11 の位置を、正回転で 8 カウント分移動させる。

30

【0050】

図 8 は、図 7 に示すモータ位置保持機能により行われる処理を説明するフローチャートである。図 8 のフローチャートでは、図 7 に例示したモータ位置保持機能の処理を「閾値 = N」（N = 1 とする）として説明している。図 8 に示すように、制御部 12 は、クロック信号の入力があるか否かを判定する（ステップ S1）。クロック信号の入力がある場合（ステップ S1；Yes）、制御部 12 は、通常動作を実行させる（ステップ S6）。通常動作とは、運転期間におけるモータ 11 の回転動作のことである。

40

【0051】

一方、クロック信号の入力がない場合（ステップ S1；No）、制御部 12 は、カウント差の絶対値が N より小さいか否かを判定する（ステップ S2）。カウント差の絶対値が N より小さい場合（ステップ S2；Yes）、制御部 12 は、ステップ S1 に戻って、クロック信号の入力があるか否かを判定する。

【0052】

一方、カウント差の絶対値が N 以上である場合（ステップ S2；No）、制御部 12 は

50

、CLKカウン트가エンコーダカウンタより大きいかを判定する(ステップS3)。CLKカウン트가エンコーダカウンタより大きい場合(ステップS3; Yes)、制御部12は、モータ11を正回転させる制御を行う(ステップS4)。ステップS4では、制御部12は、モータ11をNカウンタ分、正回転させる制御を行う。

【0053】

一方、CLKカウン트가エンコーダカウンタより小さい場合(ステップS3; No)、制御部12は、モータ11を逆回転させる制御を行う(ステップS5)。ステップS5では、制御部12は、モータ11をNカウンタ分、逆回転させる制御を行う。そして、ステップS4、又は、ステップS5の処理の後、制御部12は、ステップS1に戻って、クロック信号の入力があるかを判定する。

10

【0054】

次に、図7及び図8とは異なるモータ位置保持機能の一例について図9等を用いて説明する。図9は、本実施形態に係るモータ位置保持機能の別の一例を示す図である。なお、図9は、図5を用いて説明した間欠動作が実行されている場合に行われるモータ位置保持機能を示している。図9は、「N=1」とし、カウンタ差が「1」になるごとに、モータ位置保持機能を実行する処理を示している。

【0055】

図9に示す一例では、まず、停止期間中の外的要因によるモータ11の回転により、エンコーダ信号のカウンタが、運転期間終了時の「8」から「9」に1カウンタ増加したことを示している。これは、モータ11が停止期間中に、正方向に1カウンタ分(0.9度)回転したことを示している。そこで、制御部12は、1カウンタ分、モータ11を逆回転させる駆動制御信号を生成し、モータ駆動部13に出力する。これにより、モータ駆動部13は、モータ11を停止位置まで戻す駆動信号を出力する(図9の点線の丸を参照)。その結果、モータ11は逆回転し、エンコーダ14が出力するエンコーダ信号のカウンタが、9から8と、1カウンタ減少し、停止位置に対応するカウンタ数「8」に戻る。

20

【0056】

その後、図9に示す一例では、停止期間中の外的要因によるモータ11の回転により、エンコーダ信号のカウンタが、「8」から「7」に1カウンタ減少したことを示している。これは、モータ11が停止期間中に、逆方向に1カウンタ分(0.9度)回転したことを示している。そこで、制御部12は、1カウンタ分、モータ11を正回転させる駆動制御信号を生成し、モータ駆動部13に出力する。これにより、モータ駆動部13は、モータ11を停止位置まで戻す駆動信号を出力する(図9の一点鎖線の丸を参照)。その結果、モータ11は逆回転し、エンコーダ14が出力するエンコーダ信号のカウンタが、7から8と、1カウンタ増加し、停止位置に対応するカウンタ数「8」に戻る。

30

【0057】

図10は、図9に示すモータ位置保持機能により行われる処理を説明するフローチャートである。図10に示すように、制御部12は、クロック信号の入力があるかを判定する(ステップS10)。クロック信号の入力がある場合(ステップS10; Yes)、制御部12は、通常動作を実行させる(ステップS60)。

【0058】

一方、クロック信号の入力がない場合(ステップS10; No)、制御部12は、CLKカウンタとエンコーダカウンタとが等しいかを判定する(ステップS20)。等しい場合(ステップS20; Yes)、制御部12は、ステップS10に戻って、クロック信号の入力があるかを判定する。

40

【0059】

一方、等しくない場合(ステップS20; No)、制御部12は、CLKカウンタがエンコーダカウンタより大きいかを判定する(ステップS30)。CLKカウンタがエンコーダカウンタより大きい場合(ステップS30; Yes)、制御部12は、モータ11を正回転させる制御を行う(ステップS40)。ステップS4では、制御部12は、モータ11を1カウンタ分、正回転させる制御を行う。

50

【 0 0 6 0 】

一方、CLKカウントがエンコーダカウントより小さい場合（ステップS30；No）、制御部12は、モータ11を逆回転させる制御を行う（ステップS50）。ステップS50では、制御部12は、モータ11を1カウント分、逆回転させる制御を行う。そして、ステップS40、又は、ステップS50の処理の後、制御部12は、ステップS10に戻って、クロック信号の入力があるか否かを判定する。

【 0 0 6 1 】

本実施形態では、上述したモータ位置保持機能により、非励磁状態の停止期間において、トルク変動による位置ズレを解消することができ、安定した超低速状態を実現することができる。特に、チューブ2の押さえ度合いの強弱によりトルク変動が大きくなる血液ポンプ1では、モータ位置保持機能を実行することで、トルク変動を抑えることができ、超低速状態での血液ポンプ1の動作を保証することができる。また、上述したモータ位置保持機能により、運転期間（励磁状態）から停止期間（非励磁状態）に移行したモータ11が慣性モーメントにより移動した場合でも、停止位置に戻ることができる。なお、閾値（N）の値は、制御部12に固定値が設定されている場合であっても、ユーザより変更可能とされる場合であっても良い。また、制御部12は、停止期間中のカウント値の変動率が高い場合は閾値を小さくし、変動率が低い場合は閾値を大きくするという処理を行っても良い。更に、閾値の設定に限界がある場合は、エンコーダの分解能を高くすることで変動率を低くすることができる。

【 0 0 6 2 】

また、本実施形態では、停止期間で非励磁状態としても、上述したモータ位置保持機能によりモータ11の位置を維持できるので、停止期間も励磁状態にしてモータ11の位置を維持するよりも、消費電力を抑えることができる。

【 0 0 6 3 】

なお、上記では、速度指令信号生成部100が外部装置である場合について説明したが本実施形態は、速度指令信号生成部100が、モータ駆動制御装置としてモータ装置10の内部に設置される場合であっても良い。

【 0 0 6 4 】

また、上記では、モータ11がブラシレスDCモータである場合について説明した。しかし、クロック信号に同期したパルス信号を出力する位置検出器が配置され、クロック信号による回転速度制御が可能なモータであれば、本実施形態で説明したモータ駆動制御方法を適用することが可能である。

【 0 0 6 5 】

また、上記では、チューブ2内の血液を送出する血液ポンプ1をチューブポンプの一例として説明したが、実施形態で説明したモータ駆動制御方法は、例えば、生理食塩水等の液体を送出するチューブポンプであっても適用することが可能である。

【 0 0 6 6 】

また、上記実施の形態により本発明が限定されるものではない。上述した各構成素を適宜組み合わせ構成したものも本発明に含まれる。また、さらなる効果や変形例は、当業者によって容易に導き出すことができる。よって、本発明のより広範な態様は、上記の実施の形態に限定されるものではなく、様々な変更が可能である。

【 符号の説明 】

【 0 0 6 7 】

- 1 血液ポンプ
- 2 チューブ
- 3 ダイアライザー
- 4 透析液供給装置
- P 患者
- 10 モータ装置
- 11 モータ

10

20

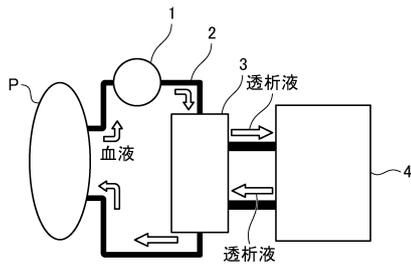
30

40

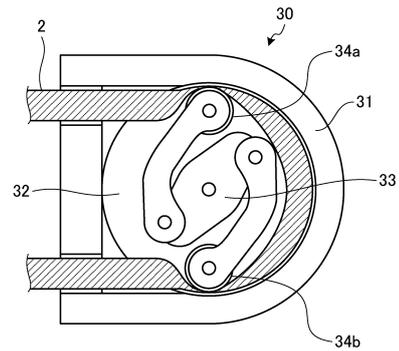
50

- 1 2 制御部 (モータ駆動制御装置の一部)
- 1 3 モータ駆動部 (モータ駆動制御装置の一部)
- 1 4 エンコーダ (位置検出器の一例)
- 1 5 ホール素子
- 2 0 減速機
- 3 0 ポンプシステム
- 3 1 ハウジング
- 3 2 ロータ
- 3 3 ローラ支持部
- 3 4 a , 3 4 b ローラ
- 1 0 0 速度指令信号生成部

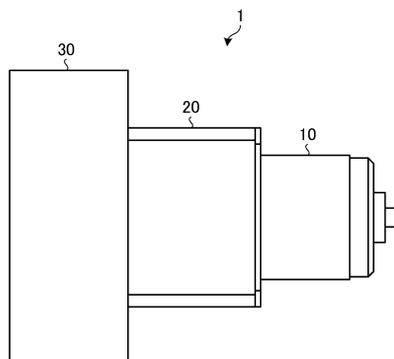
【 図 1 】



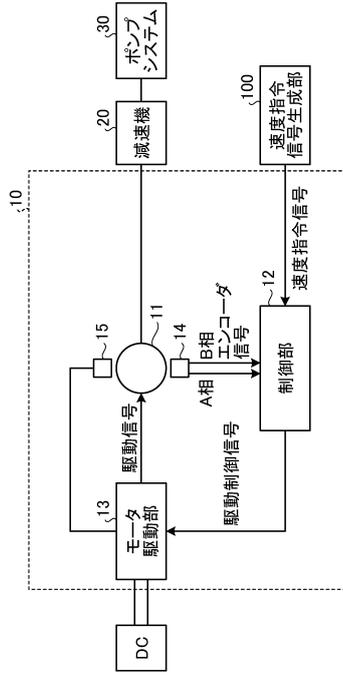
【 図 3 】



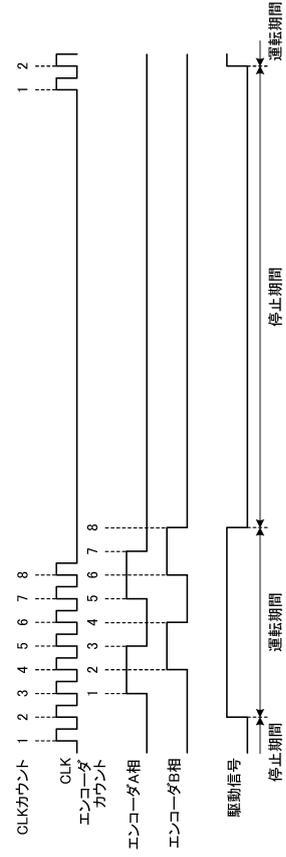
【 図 2 】



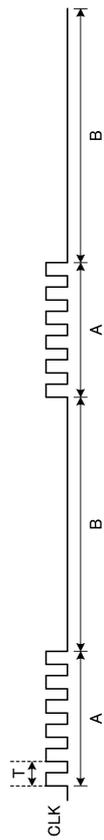
【 図 4 】



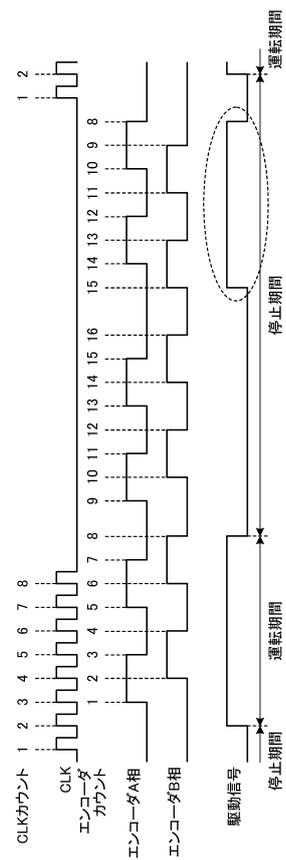
【 図 5 】



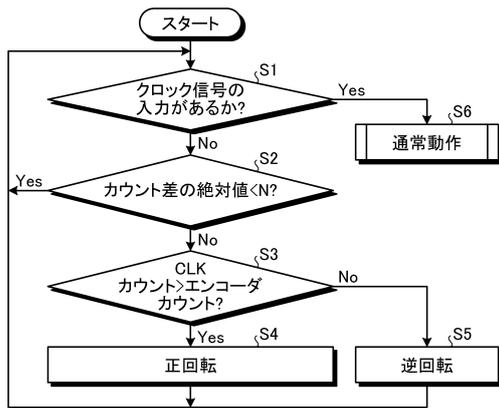
【 図 6 】



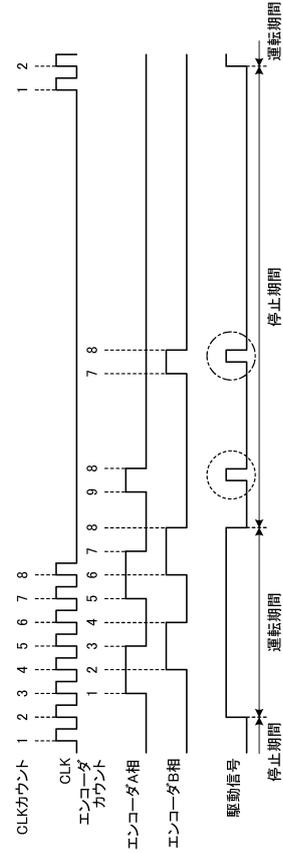
【 図 7 】



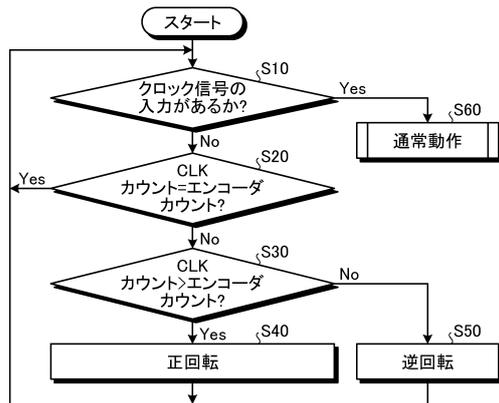
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

審査官 田村 恵里加

- (56)参考文献 実開平03 - 011397 (JP, U)
特開平01 - 291690 (JP, A)
特開2011 - 125148 (JP, A)
特開2008 - 208808 (JP, A)
特開昭56 - 094991 (JP, A)
特開2007 - 002764 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02P 4/00, 6/00 - 6/34, 8/00 - 8/42,
21/00 - 25/03, 25/04, 25/08 - 31/00