

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5871981号
(P5871981)

(45) 発行日 平成28年3月1日(2016.3.1)

(24) 登録日 平成28年1月22日(2016.1.22)

(51) Int.Cl. F 1
H02P 27/06 (2006.01) H02P 7/63 303V

請求項の数 2 (全 12 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2014-60213 (P2014-60213) (22) 出願日 平成26年3月24日 (2014.3.24) (65) 公開番号 特開2015-186341 (P2015-186341A) (43) 公開日 平成27年10月22日 (2015.10.22) 審査請求日 平成27年7月2日 (2015.7.2)</p> <p>早期審査対象出願</p>	<p>(73) 特許権者 000132725 株式会社ソディック 神奈川県横浜市都筑区仲町台3丁目12番1号 (72) 発明者 新家 一朗 神奈川県横浜市都筑区仲町台三丁目12番1号 株式会社ソディック本社・技術研修センター内 (72) 発明者 市川 純文 神奈川県横浜市都筑区仲町台三丁目12番1号 株式会社ソディック本社・技術研修センター内</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 パワーアンプ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

一次側電機子の三相各相の励磁コイルをスター結線またはデルタ結線した構造の三相交流同期モータに電力を供給するパワーアンプであって、

前記励磁コイルに駆動電流を供給する直流電源と、

三相中の2相の各励磁コイルに供給される駆動電流をそれぞれ検出する電流検出器と、

三相各相に設けられ前記各励磁コイルにそれぞれ制御された駆動電流を供給する出力スイッチング回路と、を備え、

各前記出力スイッチング回路が、それぞれ、前記直流電源の正極側と前記励磁コイルの一端子との間に設けられる電界効果トランジスタである第1のスイッチング素子と、

前記直流電源の負極側と前記励磁コイルの前記一端子との間に設けられる電界効果トランジスタである第2のスイッチング素子と、

制御信号を前記励磁コイルに供給される前記駆動電流の極性に対応して前記スイッチング素子の何れか一方が導通するように前記スイッチング素子に所定のスイッチング周波数に基づき一定周期のタイミングで繰返し供給するスイッチング素子駆動回路と、を含み

前記スイッチング素子駆動回路は、前記2相の前記スイッチング素子に対しては、移動指令に従う目標電流量と前記電流検出器で検出される検出電流量との差に応じて制御信号を供給し、もう1相の前記スイッチング素子に対しては、移動指令に従う目標電流量に応じて制御信号を供給することを特徴とするパワーアンプ。

【請求項 2】

前記所定のスイッチング周波数が 100 kHz 以上であることを特徴とする請求項 1 に記載のパワーアンプ。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、サーボモータのパワーアンプに関する。特に、本発明は、三相交流同期モータであって、一次側電機子の励磁コイルがスター結線あるいはデルタ結線のように実質 3 線で結線されている結線構造のサーボモータのパワーアンプに関する。

【背景技術】

10

【0002】

サーボモータは、駆動装置のパワーアンプ（増幅器）から供給される駆動電流によって駆動する。一般的なパワーアンプは、リニアアンプとスイッチングアンプとに大別される。このうち、スイッチングアンプは、パワー素子（増幅素子）である出力スイッチング回路のスイッチング素子をオンオフ制御することによって、移動体に対する移動指令に従って指令装置から出力される指令信号に相応する駆動電流をサーボモータに供給する方式のパワーアンプである。

【0003】

現在の殆どのスイッチングアンプは、PWM方式（Pulse Width Modulation）によってスイッチング素子のオンオフの繰返し周波数であるスイッチング周波数が一定の状態の下で目標電流量の大きさに対応させて主にスイッチング素子のオン時間幅を変えることによって指令信号に相応する駆動電流をサーボモータに供給する構成を有している。

20

【0004】

ところで、三相交流同期モータでは、一次側電機子の三相各相の各励磁コイルにそれぞれ供給される位相が 120 度ずつずれている駆動電流は、電流値の総和が 0 になるようにパワーアンプから各励磁コイルに分配して出力される。例えば、特許文献 1 に開示されるように、パワーアンプは、位置速度制御系から出力された電流指令と、2 相に設けられた電流検出器の値から算出される検出電流とを比較して目標電流量を生成し、その結果を PWM 信号として各相の出力スイッチング回路に振り分けて供給するようにされている。

【0005】

30

PWM方式のパルス幅変調回路は、指令信号から三相各相の駆動電流の電流値の総和が 0 になるように各出力スイッチング回路毎のスイッチング素子のオン時間幅を演算して PWM 信号を生成し、各相に分配して出力して各相のスイッチング回路毎に正極性スイッチと逆極性スイッチとを選択的に切り換えて導通する。

【0006】

したがって、スイッチングアンプでは、各出力スイッチング回路のスイッチング素子のスイッチング周波数が出力スイッチング回路から供給される駆動電流の振動の大きさに影響を与える。例えば、スイッチング周波数が高いほど、サーボモータに出力される駆動電流の振動の振幅が小さくなるとともに、指令信号に対する追従性が高くなる。その結果、指令信号に反応してサーボモータが指令信号のとおり駆動するまでの応答速度がより速く

40

【先行技術文献】**【特許文献】****【0007】**

【特許文献 1】特開平 5 - 276778 号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0008】**

現在のパワートランジスタ（バイポーラトランジスタ）のスイッチング性能では、数百 kHz の高周波のスイッチング周波数でスイッチング動作させることが難しい。また、電

50

界効果トランジスタ(MOSFET)は、数百kHz以上のスイッチング動作が可能であるものの、パワー素子として使用する場合は、飽和領域付近で高速でオンオフさせることが要求されるために、容易に破損するおそれがある。

【0009】

近年は、耐圧性能がより高い高速のスイッチング素子を使用できるようになってきている。しかしながら、PWM方式の場合は、制御上の理由で最低限要求されるスイッチング素子のオンオフ時間に見合うオンオフのデューティ比に依存するキャリア周波数(基準周波数)が存在するので、予め設定されるスイッチング周波数をスイッチング素子の固有の最大スイッチング周波数に比べて十分に低くしておく必要がある。また、PWM方式では、駆動電流を検出して電流偏差から電流指令を得て、目標電流量からPWM信号を生成し、各出力スイッチング回路にPWM信号を分配して出力するまでに相応の時間を要する。

10

【0010】

そのため、PWM方式のスイッチングアンプで可能なスイッチング周波数は、せいぜい40kHz程度である。もっとも、サーボ制御における応答性能がサーボモータが動作させる対象である移動装置の移動体の位置決め精度と密接に関係しており、このような動作対象が従前の一般的な移動装置の移動体である場合は、移動体に要求される位置決め精度からすると、必要なサーボ制御における応答性能に対して出力スイッチング回路のスイッチング素子を40kHz程度のスイッチング周波数でスイッチング動作させることができるならば、十分であると言える。

【0011】

20

サーボモータの動作対象が最近の精密機器の移動装置におけるより高速に移動することができる移動体である場合は、演算装置あるいは位置検出装置の性能が著しく向上していることもあって、移動体の位置決め精度に対する要求が高まっている。そして、出力スイッチング回路のスイッチング素子のスイッチング周波数をより高くすることができるならば、高速で移動する移動体の位置決め精度を高くすることができる応答性能でサーボモータを駆動できることが期待できる。

【0012】

本発明は、上記課題に鑑みて、出力スイッチング回路のスイッチング素子のスイッチング周波数をより高くすることができるようにして、サーボ制御における応答性能を向上させることができる改良されたサーボモータのパワーアンプを提供することを主たる目的とする。本発明によって得ることができるいくつかの利点は、発明の実施の形態の説明において、その都度詳細に記述される。

30

【課題を解決するための手段】

【0013】

上記課題を解決するために、本発明のパワーアンプは、一次側電機子の三相各相の励磁コイルを実質3線で結線した構造の三相交流同期モータに電力を供給するパワーアンプであって、励磁コイルに駆動電流を供給する直流電源と、三相中の2相の各励磁コイルに供給される駆動電流をそれぞれ検出する電流検出器(4)と、三相各相に設けられ各励磁コイルにそれぞれ制御された駆動電流を供給する出力スイッチング回路(5)と、を備え、2相の各出力スイッチング回路(5)が、それぞれ、直流電源の正極側と励磁コイルの一端子との間に設けられる第1のスイッチング素子と、直流電源の負極側と励磁コイルの一端子との間に設けられる第2のスイッチング素子と、移動指令に従う目標電流量と電流検出器(4)で検出される検出電流量との差に応じて制御信号を励磁コイルに供給される駆動電流の極性に対応してスイッチング素子の何れか一方が導通するようにスイッチング素子に所定のスイッチング周波数で選択的に繰返し供給するスイッチング素子駆動回路(10)と、を含んでなるようにする。

40

【0014】

上記パワーアンプにおいては、予め設定される上記所定のスイッチング周波数が100kHz以上であるときに、特に有益である。なお、括弧内に示されている符号は、説明の便宜上記載されているものであって、本発明を図面に示されている実施の形態のパワーア

50

ンプと同一の構成に限定することを意味するものではない。

【発明の効果】

【0015】

本発明のパワーアンプは、目標電流量と検出電流量との差に応じて制御信号を各スイッチング回路毎に実質的に直接生成して各スイッチング素子に供給するので、予め設定するスイッチング周波数が制御上のオンオフのデューティ比に制約を受けない。また、目標電流量に相応する各出力スイッチング回路のスイッチング素子のオン時間幅を演算して制御信号を分配して出力する必要がなく、スイッチング素子に制御信号を供給するまでの時間を短縮することができる。そのため、スイッチング周波数をより高くすることができる。その結果、サーボ制御における応答性能が向上する。

10

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明のパワーアンプの主要な構成を示す回路図である。

【図2】三相交流同期モータにおける三相各相の駆動電流の関係を示すタイミングチャートである。

【図3】本発明のパワーアンプのU相の出力スイッチング回路における特定の信号の詳細な関係を模式的に示すタイミングチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0017】

図1は、本発明のサーボモータのパワーアンプの代表的な実施の形態を示す。サーボモータは、三相各相毎にそれぞれ設けられる励磁コイルで一次側電機子を構成する三相交流モータである。特に、実施の形態のパワーアンプにおけるサーボモータは、各励磁コイルをスター結線（Y結線）した構造であって、各相の推力の合計が指定の推力になるように同期をとって供給される構成の三相交流同期モータである。なお、二次側は、図示省略されている。

20

【0018】

本発明においては、パワーアンプ1と指令装置2を含んでモータ制御装置という。モータ制御装置は、サーボモータのフィードバック制御を行なう。モータ制御装置は、サーボモータの動作対象である移動装置の移動体を所望の移動量移動させる命令である移動指令を図示しない操作装置から受け取ってサーボモータを駆動する。本発明では、操作装置は、例えば、数値制御装置のような機器全体を操作するための制御手段を意味する。操作装置がなくても実施することができ、操作装置がないときは、移動指令を出力する手段をモータ制御装置に含ませるようにすることができる。

30

【0019】

指令装置2は、操作装置から移動指令 $X(t)$ を入力する。指令装置2は、サーボモータまたは移動体に並設される位置検出器から現在位置 $P(t)$ のデータを取得する。指令装置2は、必要に応じて速度検出器から現在速度 $V(t)$ のデータを取得する。指令装置2は、移動指令 $X(t)$ と現在位置 $P(t)$ とから位置偏差を得る。また、指令装置2は、移動指令 $X(t)$ の微分値である速度指令と現在位置 $P(t)$ の微分値である現在速度または速度検出器から得る現在速度 $V(t)$ とから速度偏差を得る。そして、指令装置2は、位置偏差と速度偏差に基づいて指令信号 Q をパワーアンプ1に出力する。

40

【0020】

パワーアンプ1は、図1に示されるように、一次側電機子の三相各相のそれぞれに設けられる各励磁コイル $L(L_u, L_v, L_w)$ をスター結線した構造の三相交流同期モータに電力を供給する。パワーアンプ1は、主に、電源回路3と、電流検出器4と、出力スイッチング回路5とで構成されている。電流検出器4は、三相中のU相とV相の2相の出力回路に設けられる。出力スイッチング回路5は、三相各相に設けられる。三相各相の各出力スイッチング回路5は、それぞれ、スイッチング素子駆動回路10を含む。

【0021】

電源回路3は、目標電流量に相応する所要の電力をサーボモータに供給する。電源回路

50

3は、少なくとも、安定化回路30と、電流検出器4の複数の検出抵抗 R_1 あるいはホール素子のような電流検出子と、出力スイッチング回路5のパワー素子である複数のスイッチング素子 SW と、を含む。電源回路3は、商用交流を整流して所定の直流電圧を出力し、または直接直流電源を入力する電圧源であって、三相交流同期モータの一次側電機子における励磁コイル L に駆動電流 I を供給する直流電源 E_0 を備えている。

【0022】

安定化回路30は、整流器(直流電源 E_0)から出力される電源回路3における直流電圧の振動を除去して安定させる手段である。安定化回路30は、電源回路3の直流電圧の変化を吸収する所定の静電容量を有する電解コンデンサ C_0 と保護抵抗 R_0 との並列回路と、スイッチング素子 SW の駆動にともなって発生するサージ電圧を吸収するための高応答性を有するフィルムコンデンサ C_1 とでなる。

10

【0023】

電流検出器4は、U相、V相、W相の三相のうちのU相とV相に設けられる。電流検出器4の電流検出子は、U相とV相の2相の出力回路の給電線 SL_1 、 SL_2 にそれぞれ設けられる。複数の電流検出器4は、各励磁コイル $L(L_u, L_v)$ にそれぞれ供給される各駆動電流 $I(I_u, I_v)$ を検出して各々電流検出信号 $S_i(U_i, V_i)$ を出力する。

【0024】

特に、実施の形態の電流検出器4は、出力スイッチング回路5の複数のスイッチング素子 SW の高速のスイッチング動作に対応する速度で電流検出信号 $S_i(U_i, V_i)$ を得るために、電流検出子として各励磁コイル $L(L_u, L_v)$ に直列にそれぞれ検出抵抗 $R_1(R_{u1}, R_{v1})$ を設けている。電流検出器4は、検出抵抗 $R_1(R_{u1}, R_{v1})$ の両端にかかる電圧から所定期間に励磁コイル $L(L_u, L_v)$ に供給される平均の駆動電流 $I(I_u, I_v)$ に対応する電流検出信号 $S_i(U_i, V_i)$ を得る。

20

【0025】

三相中のU相とV相の2相の各出力回路に設けられる複数の電流検出器4は、それぞれ対応するスイッチング回路5のスイッチング素子駆動回路10に各電流検出信号 $S_i(U_i, V_i)$ を出力する。検出抵抗 $R_1(R_{u1}, R_{v1})$ は、駆動電流 $I(I_u, I_v)$ の電流値を制限することを目的としない可能な限り小さい抵抗値を有する。

【0026】

電流検出器4の電流検出子として電流プローブのような電流測定子を用いることができる。ただし、電流検出子が電流波形をより正確に測定するための電流測定子であるときは、測定される電流波形から電流検出信号を生成するので、電流検出子が検出抵抗である場合に比べて電流検出信号を得るまでにより長い時間を要する。そのため、電流測定子は、スイッチング素子 SW における数100kHz以上の高周波のスイッチング周波数でのスイッチング動作が可能な範囲で電流検出子として使用されることが望ましい。

30

【0027】

出力スイッチング回路5は、U相、V相、W相の三相各相毎に設けられ、各励磁コイル $L(L_u, L_v, L_w)$ にそれぞれ制御された駆動電流 (I_u, I_v, I_w) を供給する。複数の出力スイッチング回路5は、それぞれ電源回路3の中に設けられているパワー素子である複数のスイッチング素子 SW を含む。各スイッチング素子 SW は、望ましくは、1MHz以上のスイッチング周波数でスイッチング動作できる特性を有する高速の電界効果トランジスタ(MOSFET)である。

40

【0028】

各出力スイッチング回路5の複数のスイッチング素子 SW は、2個1組で両極性スイッチ20を形成する。スイッチング素子 SW の両極性スイッチ20は、パワー素子を有し波形が制御された両極性の駆動電流 I を励磁コイル L に供給する出力回路である。両極性スイッチ20において、励磁コイル L の両端子のある一方の端子から他方の端子に流れる駆動電流 I の方向を順方向とするとときに、このときの極性を正極性(正電位)とし、他方の端子から一方の端子に流れる駆動電流 I の方向を逆方向として、このときの極性を逆極性

50

(負電位)とする。

【0029】

両極性スイッチ20は、具体的に、直流電源 E_0 の正極側と励磁コイルLの一端子との間に設けられ正極性スイッチである第1のスイッチング素子 SW_1 および直流電源 E_0 の負極側と励磁コイルLの上記同一端子との間に設けられ逆極性スイッチである第2のスイッチング素子 SW_2 との一対のスイッチング素子 SW となる。なお、正極性スイッチと逆極性スイッチは、それぞれ、スイッチング素子の負担を軽減するために、同時にオンオフする複数のスイッチング素子 SW を直列に接続するように構成することができる。

【0030】

U相、V相、W相の三相の出力スイッチング回路5のうち、U相とV相の2相の各出力スイッチング回路5は、基本的に同じ構成を有し、それぞれ電流検出器4からフィードバック信号である電流検出信号 S_i (U_i , V_i)を入力して各スイッチング素子 SW をスイッチング動作させる。W相のスイッチング回路5は、電流検出器4からのフィードバック信号を入力しない、いわゆるオープン制御回路である。

10

【0031】

具体的に、U相とV相の各出力スイッチング回路5においては、それぞれに設けられる各スイッチング素子駆動回路10は、移動指令 $X(t)$ に従う指令信号 Q (Q_u , Q_w)に相応する目標電流量と電流検出器4から出力される電流検出信号 S_i (U_i , V_i)に相応する検出電流量との差に応じて制御信号 $Gate$, $Bgate$ を供給する。

【0032】

20

スイッチング素子駆動回路10は、上記制御信号 $Gate$, $Bgate$ を各励磁コイルL(L_u , L_v)に供給される駆動電流 I (I_u , I_v)の極性に対応して両極性スイッチ20の第1のスイッチング素子 SW_1 (SW_{u1} , SW_{v1})と第2のスイッチング素子 SW_2 (SW_{u2} , SW_{v2})との何れか一方が導通するように予め定められた所定のスイッチング周波数のタイミングで各スイッチング素子 SW に選択的に繰返し供給する。

【0033】

W相のスイッチング素子駆動回路10は、指令装置2から出力されてくる移動指令 $X(t)$ に従う指令信号 Q (Q_w)に相応する目標電流量に応じて所定のスイッチング周波数のタイミングで制御信号 $Gate$, $Bgate$ をそれぞれ出力し、駆動電流 I_w の極性に対応して両極性スイッチ20の第1のスイッチング素子 SW_1 (SW_{w1})と第2のスイッチング素子 SW_2 (SW_{w2})を選択的に導通させる。

30

【0034】

U相、V相、W相の三相各相のスイッチング素子駆動回路10は、指令信号 Q で示される目標電流量の極性が正極性であるときは、正極性スイッチである第1のスイッチング素子 SW_1 を所定のスイッチング周波数のタイミングでオンオフするように制御信号 $Gate$ を出力し、逆極性スイッチの第2のスイッチング素子 SW_2 に制御信号 $Gate$ を反転した制御信号 $Bgate$ を出力する。

【0035】

ここで、本発明において、制御信号 $Gate$, $Bgate$ を各スイッチング素子 SW に供給または出力するということは、電氣的に厳密には、出力電圧が“1”または“H”であるときにスイッチング素子 SW をオンさせ、“0”または“L”であるときにスイッチング素子 SW をオフさせるようにするという意味である。

40

【0036】

スイッチング素子駆動回路10は、目標電流量の極性が逆極性であるときは、逆極性スイッチである第2のスイッチング素子 SW_2 を所定のスイッチング周波数のタイミングでオンオフするように制御信号 $Bgate$ を出力し、正極性スイッチの第1のスイッチング素子 SW_1 に制御信号 $Bgate$ を反転した制御信号 $Gate$ を出力する。

【0037】

実施の形態のスイッチング素子駆動回路10は、極性切換回路20の正極性スイッチと

50

逆極性スイッチとを選択的に切り換えるときに、数マイクロ秒以下の僅かな時間だけ両極性スイッチ 20 の一対のスイッチング素子 SW を強制的にオフさせるようにしている。本発明では、駆動電流 I の方向が変わるときに、極性切換回路 20 の全てのスイッチング素子をオフさせておく短い時間を “デッドタイム” という。

【0038】

実施の形態のパワーアンプ 1 では、スイッチング素子駆動回路 10 から制御信号が直接出力されるので、出力スイッチング回路 5 のスイッチング素子 SW のスイッチング動作が実質的にキャリア周波数の制約を受けない。そのため、基本的にスイッチング素子 SW を 100 kHz 以上のスイッチング周波数でスイッチング動作させることができる。

【0039】

したがって、実施の形態のパワーアンプ 1 では、電流の振動の振幅をより小さくすることができる。電流の振動の振幅が小さいときは、全てのスイッチング素子 SW がオフする時間的な損失を生じさせるデッドタイムを設けないようにすることができる。実施の形態の各出力スイッチング回路 5 におけるスイッチング素子駆動回路 10 は、必要に応じてデッドタイムを設定することができるように構成されている。

【0040】

図 2 および図 3 は、実施の形態のパワーアンプにおける各信号の関係を示す。ただし、各信号の波形は、わかりやすくするために、部分的に強調するようにデフォルメされており、実際の波形を正確に表しているわけではない。図 3 は、U 相の励磁コイルに駆動電流を供給するスイッチング回路の各信号を示している。なお、W 相の出力回路における各信号の関係は、制御信号が電流検出器の検出電流量に依存しない点を除いて、U 相の出力回路と基本的に同じである。以下に、各図を適宜引用して、実施の形態のパワーアンプの動作を説明する。

【0041】

指令装置 2 は、操作装置から移動指令 $X(t)$ を入力し、フィードバック信号として図示しない位置検出器から現在位置 $P(t)$ を入力する。また、必要に応じて速度検出器から現在速度 $V(t)$ を入力する。指令装置 2 は、移動指令 $X(t)$ と現在位置 $P(t)$ と、現在速度 $V(t)$ およびそれぞれの微分値と所定のゲインから演算した結果に基づいて指令信号 Q を得る。

【0042】

指令装置 2 は、一次側電機子の励磁コイル L と図示しない二次側磁石との相対位置に対応して、指令信号 $Q(Q_u, Q_v, Q_w)$ を三相各相の各励磁コイル $L(L_u, L_v, L_w)$ にそれぞれ駆動電流 (I_u, I_v, I_w) を供給する各出力スイッチング回路 5 のスイッチング素子駆動回路 10 に分配して出力する。

【0043】

各指令信号 $Q(Q_u, Q_v, Q_w)$ は、図 2 に示されるように、各励磁コイル $L(L_u, L_v, L_w)$ にそれぞれ供給される駆動電流 $I(I_u, I_v, I_w)$ の電流値の総和が 0 である目標電流量に相当する。例えば、図 2 示される時刻 t_1 では、位相が 120 度ずつずれている三相各相に供給されるべき駆動電流 $I(I_u + I_v + I_w = 0)$ を得ることができる。

【0044】

U 相と V 相の各スイッチング素子駆動回路 10 は、指令装置 2 から分配して出力されてくる目標電流量に相応する指令信号 $Q(Q_u, Q_v)$ をそれぞれ入力する。また、各スイッチング駆動回路 10 は、それぞれ電流検出器 4 から検出電流量に相応する電流検出信号 $S_i(U_i, V_i)$ を入力する。

【0045】

各スイッチング素子駆動回路 10 は、電流検出信号 S_i が示す検出電流量が指令信号 Q が示す目標電流量未満であるときに出力値が “1” の比較信号を出力し、目標電流量以上であるときに出力値が “0” の比較信号を出力する。この比較信号に基づいて、制御信号 $Agate, Bgate$ が予め設定されているスイッチング周波数 $F(t)$ のタイミング

10

20

30

40

50

で各スイッチング素子 SW に供給される。

【0046】

三相各相の励磁コイル L がスター結線またはデルタ結線されているサーボモータが制御対象であるので、 W 相の励磁コイル L_w に実際に供給される駆動電流 I_w は、 U 相と V 相の各励磁コイル L_u, L_v に供給される駆動電流 I_u, I_v によって決まる。したがって、 W 相の出力スイッチング回路5のスイッチング素子駆動回路10は、検出電流量に依存せずに供給されるべき電流制御量を示す指令信号 Q_w に従って制御信号 $Agate, Bgate$ を出力する。

【0047】

このように、実施の形態のパワーアンプは、スイッチング素子駆動回路において比較信号に基づいて制御信号を出力するので、パワーアンプには、指令装置において電流フィードバック信号を入力し、各出力スイッチング回路毎のスイッチング素子のオン時間幅を演算して電圧信号を生成し、各出力スイッチング回路に電圧信号を分配して出力するという一連の動作が要求されない。

【0048】

したがって、実施の形態のパワーアンプは、PWM方式のパワーアンプに比べて、より短い時間間隔で制御信号を連続的に繰返し供給することができる。そのため、実施の形態のパワーアンプでは、100kHz以上のより高いスイッチング周波数でスイッチング素子を動作させることができる。

【0049】

各出力スイッチング回路5において、駆動電流 $I (I_u, I_v, I_w)$ の方向が順方向であるときは、指令信号 $Q (Q_u, Q_v, Q_w)$ に対応して両極性スイッチの正極性スイッチである第1のスイッチング素子 $SW_1 (SW_{u1}, SW_{v1}, SW_{w1})$ に出力値が“1”の制御信号 $Agate$ が出力される。一方、逆極性スイッチである第2のスイッチング素子 $SW_2 (SW_{u2}, SW_{v2}, SW_{w2})$ には、制御信号 $Agate$ を反転させた出力値が“0”の制御信号 $Bgate$ が出力される。

【0050】

デッドタイムが予め設定されているときは、スイッチング素子駆動回路10は、デッドタイムの期間だけ両極性スイッチ20の第1のスイッチング素子 $SW_1 (SW_{u1}, SW_{v1}, SW_{w1})$ と第2のスイッチング素子 $SW_2 (SW_{u2}, SW_{v2}, SW_{w2})$ とが同時にオンしないように、制御信号 $Agate$ または制御信号 $Bgate$ の出力値を“0”から“1”に切り換えるときに、切り換えをデッドタイムの時間幅 dt だけ遅延させる。

【0051】

出力値が“1”の制御信号 $Agate$ が供給された第1のスイッチング素子 $SW_1 (SW_{u1}, SW_{v1}, SW_{w1})$ でなる正極性スイッチが導通し、制御信号 $Agate$ が反転された出力値が“0”の制御信号 $Bgate$ が供給された第2のスイッチング素子 $SW_2 (SW_{u2}, SW_{v2}, SW_{w2})$ でなる逆極性スイッチが非導通であるとき、直流電源 E_0 から駆動電流 $I (I_u, I_v, I_w)$ が供給される。

【0052】

このとき、 U 相と V 相の各出力スイッチング回路5においては、電流検出器4の電流検出信号 $Si (U_i, V_i)$ で示される検出電流量が指令信号 $Q (Q_u, Q_v)$ で示される目標電流量を超えた時点でスイッチング素子駆動回路10が制御信号 $Agate$ の出力値を“0”にし、デッドタイムの時間幅 dt を経過した後に制御信号 $Bgate$ の出力を“1”にするので、正極性スイッチが非導通になり、逆極性スイッチが導通する。

【0053】

例えば、 U 相の出力スイッチング回路5においては、図3に示されるように、デッドタイムの時間幅 dt が経過した後に第1のスイッチング素子 SW_{u1} に出力値が“1”の制御信号 $Agate (U)$ が出力されて正極性スイッチが導通する。一方、第2のスイッチング素子 SW_{u2} に出力値が“0”の制御信号 $Bgate (/U)$ が出力されて正極性ス

10

20

30

40

50

イチが導通する。その結果、電源回路3の立上がり特性に対応して駆動電流 I_u が立ち上がる。

【0054】

駆動電流 I_u が指令信号 Q_u で示される目標電流量に到達すると、電流検出器4の電流検出信号 U_i で示される検出電流量が目標電流量を超えるので、スイッチング素子駆動回路10における比較信号の出力値が“0”になり、制御信号 $A_{gate}(U)$ の出力値が“0”になるとともに制御信号 $B_{gate}(U)$ の出力値が“1”になる。その結果、駆動電流 I_u が降下するので、比較信号の出力値が“1”になる。

【0055】

このとき、予め設定されている所定のスイッチング周波数 $F(t)$ に従うオフ期間中は、制御信号 $A_{gate}(U)$ の出力値が“0”であるので、駆動電流 I_u が降下を続ける。所定のスイッチング周波数 $F(t)$ に従うオン時間になると、第2のスイッチング素子 SW_u2 に出力値が“0”の制御信号 B_{gate} が出力される。デッドタイム経過後、第1のスイッチング素子 SW_u1 に出力値が“1”の制御信号 $A_{gate}(U)$ が供給され、正極性スイッチが再び導通する。

【0056】

このようにして、供給される駆動電流 I_u が目標電流量 Q_u であるように正極性スイッチが導通のときに逆極性スイッチが非導通であり、正極性スイッチが非導通のときに逆極性スイッチが導通であることを繰り返して、駆動電流 I_u が上昇と下降を繰り返す。

【0057】

スイッチング周波数 $F(t)$ が高いほど指令信号 Q_u に対して供給される駆動電流 I_u の振動の振幅が小さくなり、指令信号 Q_u に対する駆動電流 I_u の追従性が高くなる。実施の形態のパワーアンプ1は、スイッチング素子が1MHzのスイッチング周波数でスイッチング動作できる性能を有し、予め設定される所定のスイッチング周波数が100kHz以上の高周波であるため、目標電流量 Q_u に対する駆動電流 I_u の誤差がより小さい。その結果、サーボ制御の応答性能が向上する。

【0058】

以上のように駆動電流が供給されるサーボモータは、予め設定されている加速度で加速して目標速度で駆動し、目標位置で停止するように減速して、目標位置で停止するように制御される。そして、サーボモータによって移動する移動体は、操作装置から与えられる移動指令 $X(t)$ に従う移動量を所定速度で移動して停止する。

【0059】

フィードバック制御されているサーボモータは、移動体をある目標位置に位置決めするために、移動体を目標位置に留めるように駆動する。このとき、移動体が高加速度で高速で移動するほど、制御における遅延時間によって移動体を目標位置に留めておくための反応が遅れる。そのため、サーボ制御の応答性能が高くなるほど、移動体を目標位置の近くに留めておくことができる。したがって、実施の形態のパワーアンプ1によると、高速で移動する移動体の位置決め精度をより高くすることができる。

【0060】

以上のように、本発明のサーボモータのパワーアンプによると、スイッチング周波数をより高くすることができ、サーボ制御の応答性能が向上し、ひいては移動体の位置決め精度を高くすることができる。すでに、いくつかの例が具体的に示されているが、本発明は、実施の形態のパワーアンプと同一の構成に限定されず、本発明の技術思想を逸脱しない範囲で、実施の形態のパワーアンプの構成を変形することができる。

【0061】

本発明のパワーアンプは、一次側電機子の励磁コイルが実質3線で結線されている結線構造のサーボモータに適用される。言い換えると、三相交流のU相とV相の2相において制御された駆動電流をそれぞれ供給するときに、残り1相のW相の駆動電流が決まるような態様のサーボモータに適する。例えば、実施の形態のパワーアンプにおいて、スター結線構造のサーボモータをデルタ結線構造(三角結線)のサーボモータに置き換えることが

10

20

30

40

50

できる。

【産業上の利用可能性】

【0062】

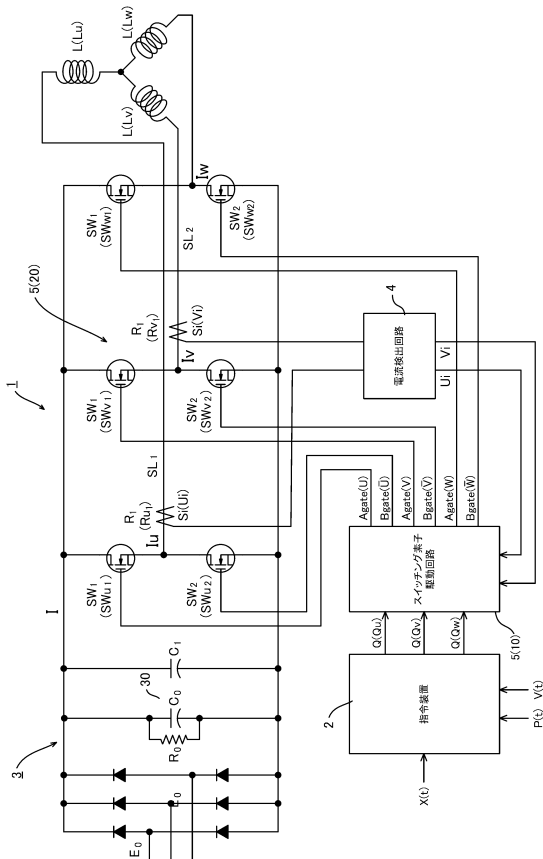
本発明は、三相交流同期モータのパワーアンプに適用できる。とりわけ、本発明のパワーアンプは、サーボモータの動作対象である移動装置の移動体に高い位置決め精度が要求される精密機器に有益である。

【符号の説明】

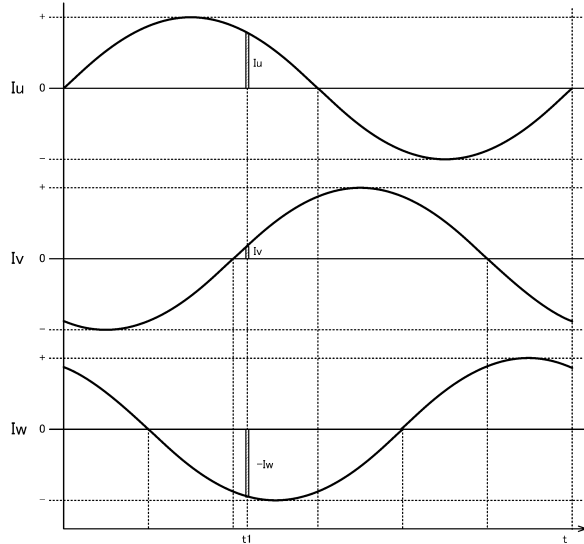
【0063】

- 1 パワーアンプ
- 2 指令装置
- 3 電源回路
- 4 電流検出器
- 5 出力スイッチング回路
- 10 スイッチング素子駆動回路
- 20 両極性スイッチ
- 30 安定化回路

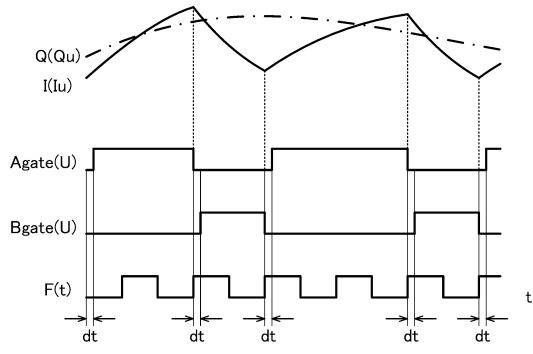
【図1】



【図2】



【 図 3 】



フロントページの続き

(72)発明者 小林 清志

神奈川県横浜市都筑区仲町台三丁目12番1号 株式会社ソディック本社・技術研修センター内

審査官 マキロイ 寛済

(56)参考文献 特開平09-037561(JP,A)

特開2006-280055(JP,A)

特開2006-149145(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02P 27/06