

明 細 書

発明の名称： モータ制御装置

技術分野

[0001] 本発明は、モータ制御装置に関する。

背景技術

[0002] モータ制御装置がモータを駆動している際に、モータ又はモータ制御装置に異常が発生した場合、安全のために、モータを非常停止させる必要がある。非常停止時の停止方式には、モータ端子間に抵抗を接続して短絡することで停止するブレーキ抵抗によるダイナミックブレーキ方式がある。

[0003] ブレーキ抵抗によるダイナミックブレーキ停止は、モータ急制動時に過大な電流が流れてモータが破損もしくは磁石が減磁するため、モータに流れる電流が過大にならない様にダイナミックダイナミックブレーキ抵抗を選定する。こうして選択されたダイナミックブレーキ抵抗では、接続するモータ特性（＝定数）に応じて、モータ回転数が低くなると減速トルクが小さくなり、減速開始から停止までの減速時間が長くなる傾向にある。このため、従来では、非常停止時のモータ停止距離を短縮することが困難である。

[0004] 特許文献 1 には、モータ制御装置において、モータの制動時にブレークリレーをオンしてモータ巻線の間をショートさせモータの過電流がブレーキ抵抗に伝達される際に、ブレーキ抵抗で消耗される過電流量がモータの回転速度に比例して変わるようにインバータ部の上側のスイッチング素子のスイッチング動作のデューティ比を制御することが記載されている。これにより、特許文献 1 によれば、モータの回転速度が高速の場合にブレーキ抵抗で消耗される過電流量が増加するので、ブレーキ抵抗の容量を小さくした場合でも、過電流によるモータやブレークリレーの破損を防止できるとされている。

[0005] 特許文献 2 には、インバータ制御装置において、サーボモータを非常停止させる場合に、ダイナミックブレーキ抵抗に流れる電流を一定に制御するこ

とが記載されている。これにより、特許文献2によれば、サーボモータの回転数が直線的に減少するため、非常停止指令が出力されてから停止するまでのサーボモータの墮走距離を短縮できるとされている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特許第3863529号公報

特許文献2：特開平11-206184号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 特許文献1及び2に記載の技術は、いずれも、モータを停止させるために必ずダイナミックブレーキ抵抗を用いることが前提となっている。このため、非常停止時のモータ停止時間及びモータ停止距離を短縮することには限界がある。

[0008] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、非常停止時のモータ停止時間及びモータ停止距離を大幅に短縮できるモータ制御装置を得ることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明の1つの側面にかかるモータ制御装置は、複数のP側スイッチング素子及び複数のN側スイッチング素子を有し、複数のモータ端子を介してモータを駆動するインバータ回路と、前記複数のP側スイッチング素子の全相又は前記複数のN側スイッチング素子の全相をオンすることにより前記モータにブレーキをかける第1のダイナミックブレーキと、モータ端子間にダイナミックブレーキ抵抗を接続して前記モータにブレーキをかける第2のダイナミックブレーキと、モータ速度に応じて、前記モータにブレーキをかけるべきダイナミックブレーキを前記第1のダイナミックブレーキ及び前記第2のダイナミックブレーキの間で切り換える制御部とを備えたことを特徴とする。

発明の効果

[0010] 本発明によれば、制御部が、モータ速度に応じて、モータにブレーキをかけるべきダイナミックブレーキを第1のダイナミックブレーキ及び第2のダイナミックブレーキの間で切り換える。これにより、モータ速度に応じて、モータ停止時間及びモータ停止距離を短縮することに適したダイナミックブレーキ方式を選択できるので、非常停止時のモータ停止時間及びモータ停止距離を大幅に短縮できる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]図1は、実施の形態1にかかるモータ制御装置の構成を示す図である。
[図2]図2は、実施の形態1における2つのダイナミックブレーキ方式におけるモータ速度とトルク電流の関係を示す図である。
[図3]図3は、実施の形態1にかかるモータ制御装置の動作を示すフローチャートである。
[図4]図4は、実施の形態1による効果を示す図である。
[図5]図5は、実施の形態1の変形例にかかるモータ制御装置の動作を示すフローチャートである。
[図6]図6は、実施の形態2にかかるモータ制御装置の構成を示す図である。
[図7]図7は、実施の形態2にかかるモータ制御装置の動作を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0012] 以下に、本発明にかかるモータ制御装置の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施の形態によりこの発明が限定されるものではない。

[0013] 実施の形態1.

実施の形態1にかかるモータ制御装置100について図1を用いて説明する。図1は、モータ制御装置100の構成を示す図である。モータ制御装置100は、電源（例えば、交流電源）PSから電力（例えば、3相交流電力）を受け、受けた電力に対して電力変換動作を行い、生成された駆動用の電

力（例えば、３相交流電力）を用いてモータMを駆動し、モータMを含む各種機械を駆動する。

[0014] 例えば、モータ制御装置１００は、コンバータ回路３、インバータ回路１、及び電力変換制御部１３を備える。

[0015] コンバータ回路３は、電源ＰＳから（例えばＲ相、Ｓ相、Ｔ相の３相の）交流電力を受け、受けた交流電力を直流電力に変換してインバータ回路１へ出力する。コンバータ回路３は、例えば、複数のダイオードＤ１～Ｄ６及び平滑コンデンサＣを有し、例えば、交流電力を複数のダイオードＤ１～Ｄ６で整流化し、整流化された直流電力を平滑コンデンサＣで平滑化し、平滑化された直流電力をインバータ回路１へ出力する。

[0016] インバータ回路１は、コンバータ回路３から直流電力を受け、受けた直流電力を（例えばＵ相、Ｖ相、Ｗ相の３相の）交流電力に変換する。インバータ回路１は、例えば、複数のＰ側スイッチング素子ＵＰ、ＶＰ、ＷＰ、及び複数のＮ側スイッチング素子ＵＮ、ＶＮ、ＷＮを有する。例えば、複数のＰ側スイッチング素子ＵＰ、ＶＰ、ＷＰは、それぞれ、変換すべき３相交流電力のＵ相、Ｖ相、Ｗ相に対応している。例えば、複数のＮ側スイッチング素子ＵＮ、ＶＮ、ＷＮは、それぞれ、変換すべき３相交流電力のＵ相、Ｖ相、Ｗ相に対応している。

[0017] 電力変換制御部１３は、インバータ回路１による電力変換動作を制御する。すなわち、電力変換制御部１３は、複数のＰ側スイッチング素子ＵＰ、ＶＰ、ＷＰのそれぞれと複数のＮ側スイッチング素子ＵＮ、ＶＮ、ＷＮのそれぞれとを所定のタイミングでスイッチング動作させることで、インバータ回路１が直流電力を交流電力に変換するよう制御する。

[0018] インバータ回路１は、変換された交流電力を各相の電力線ＵＬ、ＶＬ、ＷＬ経由でモータMに出力して、モータMを駆動する。各相の電力線ＵＬ、ＶＬ、ＷＬは、インバータ回路１における各相の出力ノードＵＯ、ＶＯ、ＷＯとモータMにおける各相のモータ端子Ｕ、Ｖ、Ｗとを接続している。すなわち、インバータ回路１は、複数のモータ端子Ｕ、Ｖ、Ｗを介してモータMを

駆動する。

[0019] インバータ回路 1 がモータ M を駆動している際に、モータ M 又はモータ制御装置 100 に異常が発生した場合、安全のために、モータ M を非常停止させる必要がある。

[0020] 実施の形態 1 では、非常停止時の停止方式として、スイッチング素子によりモータ端子間を短絡することで停止するスイッチング素子によるダイナミックブレーキ方式と、モータ端子間に抵抗を接続して短絡することで停止するブレーキ抵抗によるダイナミックブレーキ方式との 2 つのダイナミックブレーキ方式を考える。

[0021] 具体的には、モータ制御装置 100 は、第 1 のダイナミックブレーキ 11、ブレーキ抵抗回路 2、及び第 2 のダイナミックブレーキ 12 をさらに備える。

[0022] 第 1 のダイナミックブレーキ 11 は、インバータ回路 1 を制御して、複数の P 側スイッチング素子の全相又は複数の N 側スイッチング素子の全相をオンすることにより、モータ M にブレーキをかける。例えば、第 1 のダイナミックブレーキ 11 は、複数の N 側スイッチング素子 U_N 、 V_N 、 W_N をいずれもオフさせた状態であって、複数の P 側スイッチング素子 U_P 、 V_P 、 W_P をいずれもオンさせた状態を維持する。あるいは、例えば、第 1 のダイナミックブレーキ 11 は、複数の P 側スイッチング素子 U_P 、 V_P 、 W_P をいずれもオフさせた状態であって、複数の N 側スイッチング素子 U_N 、 V_N 、 W_N をいずれもオンさせた状態を維持する。これにより、複数のモータ端子 U 、 V 、 W の間を短絡させ、モータ M にブレーキをかけることができる。

[0023] ブレーキ抵抗回路 2 は、複数のモータ端子 U 、 V 、 W の間にダイナミックブレーキ抵抗を接続した状態とダイナミックブレーキ抵抗を接続していない状態とが切り換え可能に構成されている。例えば、ブレーキ抵抗回路 2 は、複数の電力線 U_L 、 V_L 、 W_L の間にダイナミックブレーキ抵抗を接続した状態とダイナミックブレーキ抵抗を接続していない状態とが切り換え可能に構成されている。具体的には、ブレーキ抵抗回路 2 は、複数のスイッチ SW

1, SW2 及び複数のダイナミックブレーキ抵抗 R21, R22, R23 を有する。

[0024] 例えば、スイッチ SW1 は、一端が電力線 UL に接続され、他端がダイナミックブレーキ抵抗 R21 に接続されている。スイッチ SW2 は、一端が電力線 VL に接続され、他端がダイナミックブレーキ抵抗 R22 に接続されている。ダイナミックブレーキ抵抗 R21 は、一端がスイッチ SW1 に接続され、他端がダイナミックブレーキ抵抗 R22, R23 に接続されている。ダイナミックブレーキ抵抗 R22 は、一端がスイッチ SW2 に接続され、他端がダイナミックブレーキ抵抗 R21, R23 に接続されている。ダイナミックブレーキ抵抗 R23 は、一端が電力線 WL に接続され、他端がダイナミックブレーキ抵抗 R21, R22 に接続されている。

[0025] 第2のダイナミックブレーキ12は、ブレーキ抵抗回路2を制御して、複数のモータ端子 U, V, W の間にダイナミックブレーキ抵抗 R21 ~ R23 を接続してモータ M にブレーキをかける。例えば、第2のダイナミックブレーキ12は、複数のスイッチ SW1, SW2 をオンさせて、複数のモータ端子 U, V, W の間にダイナミックブレーキ抵抗 R21 ~ R23 を接続する。これにより、複数のモータ端子 U, V, W の間をダイナミックブレーキ抵抗 R21 ~ R23 経由で短絡させ、モータ M にブレーキをかけることができる。

[0026] ここで、仮に、モータ制御装置100において、第1のダイナミックブレーキ11が設けられていない場合を考える。この場合、非常停止時に常に第2のダイナミックブレーキ12でモータ M にブレーキをかけることになる。ダイナミックブレーキ抵抗 R21 ~ R23 によるダイナミックブレーキ停止は、モータ急制動時に過大な電流が流れるとモータが破損もしくは磁石が減磁するため、モータに流れる電流が過大にならない様に、ダイナミックブレーキ抵抗 R21 ~ R23 の抵抗値を選定する。こうして選択されたダイナミックブレーキ抵抗 R21 ~ R23 では、接続するモータ特性 (= 定数) に応じて、モータ回転数が低くなると減速トルクが小さくなり、減速開始から停

止までのモータ停止時間及びモータ停止距離が長くなる可能性がある。

[0027] 例えば、ダイナミックブレーキ抵抗によるダイナミックブレーキにおけるモータ速度とトルク電流（＝制動トルク）との関係について、次の（式１）の関係式が成立する。すなわち、ダイナミックブレーキ抵抗によるダイナミックブレーキ動作時のトルク電流 I_{THW} は、次の（式１）で表される。

[0028] [数1]

$$I_{THW} = E \times N \times \frac{R1 + R2}{(R1 + R2)^2 + (2\pi PLN / 120)^2} \quad \dots (式1)$$

[0029] （式１）において、 E は、誘起電圧定数 $[V / (r / min)]$ であり、 N は、サーボモータ回転数 $[r / min]$ であり、 $R1$ は、電機子抵抗 $[\Omega]$ であり、 $R2$ は、ダイナミックブレーキ抵抗 $[\Omega]$ であり、 L : 電機子インダクタンス $[H]$ であり、 P は、モータ極数である。また、（式１）をグラフに表すと図２の１点鎖線のようにになる。図２に１点鎖線で示されるように、ダイナミックブレーキ抵抗によるダイナミックブレーキでは、モータ速度が高速のときにトルク電流が大きいのにに対して、モータ速度が低速になるとトルク電流が減衰していく傾向にあることが分かる。これにより、例えば図４に１点鎖線で示されるように、モータ速度が高速のときに減速時間及び減速距離が短いのにに対して、モータ速度が低速になると減速時間及び減速距離が長くなる傾向にあることが分かる。

[0030] あるいは、仮に、モータ制御装置１００において、第２のダイナミックブレーキ１２が設けられていない場合を考える。この場合、非常停止時に常に第１のダイナミックブレーキ１１でモータＭにブレーキをかけることになる。スイッチング素子によるダイナミックブレーキ停止は、接続するモータ特性（＝定数）によっては、モータ回転数が高い場合に過大な電流が流れるため、モータＭが故障する可能性があるとともに、逆起電力等により減速トルクが小さくなり、減速開始から停止までのモータ停止時間及びモータ停止距離が長くなる可能性がある。

[0031] 例えば、スイッチング素子によるダイナミックブレーキにおけるモータ速

度とトルク電流（＝制動トルク）との関係について、次の（式２）の関係式が成立する。すなわち、スイッチング素子によるダイナミックブレーキ動作時のトルク電流 I_{sw} は、次の（式２）で表される。

[0032] [数2]

$$I_{sw} = E \times N \times \frac{R1}{(R1)^2 + (2\pi PLN/120)^2} \quad \dots (式2)$$

[0033] （式２）において、Eは、誘起電圧定数 $[V / (r / min)]$ であり、Nは、サーボモータ回転数 $[r / min]$ であり、R1は、電機子抵抗 $[\Omega]$ であり、L：電機子インダクタンス $[H]$ であり、Pは、モータ極数である。また、（式２）をグラフに表すと図２の２点鎖線のようにになる。図２に２点鎖線で示されるように、スイッチング素子によるダイナミックブレーキでは、モータ速度が低速のときにトルク電流が大きいのに対して、モータ速度が高速になるとトルク電流が減衰していく傾向にあることが分かる。これにより、例えば図４に２点鎖線で示されるように、モータ速度が低速のときに減速時間及び減速距離が短いのに対して、モータ速度が高速になると減速時間及び減速距離が長くなる傾向にあることが分かる。

[0034] このように、第１のダイナミックブレーキ１１及び第２のダイナミックブレーキ１２の一方に固定されたダイナミックブレーキ方式では、非常停止時のモータ停止時間及びモータ停止距離を短縮することには限界がある。

[0035] そこで、実施の形態１では、モータ速度に応じて、第１のダイナミックブレーキ１１及び第２のダイナミックブレーキ１２を切り換えることで、非常停止時のモータ停止時間及びモータ停止距離を大幅に短縮することを目指す。

[0036] 具体的には、モータ制御装置１００は、非常停止指令発生部１４、モータ速度算出部５、切換え速度値記憶部７、及びブレーキ切換え制御部６をさらに備える。非常停止指令発生部１４は、インバータ回路１がモータMを駆動している際に、モータM又はモータ制御装置１００に異常が発生した場合に

、非常停止指令を発生させる。例えば、非常停止指令発生部 14 は、非常停止ボタンが押されたことに応じて、非常停止指令を発生させてもよい。あるいは、例えば、非常停止指令発生部 14 は、モータ M 又はモータ制御装置 100 の運転状態を監視しモータ M 又はモータ制御装置 100 の異常を検出したことに応じて、非常停止指令を発生させてもよい。非常停止指令発生部 14 は、発生された非常停止指令をブレーキ切換え制御部 6 へ供給する。

[0037] モータ速度算出部 5 は、例えばモータ M の位置を検出する位置検出器 ENC からモータ位置の情報を受ける。モータ速度算出部 5 は、モータ位置からモータ速度を算出してブレーキ切換え制御部 6 へ供給する。

[0038] 切換え速度値記憶部 7 は、ダイナミックブレーキ切換え速度を記憶する。ダイナミックブレーキ切換え速度は、ダイナミックブレーキ抵抗によるダイナミックブレーキとスイッチング素子によるダイナミックブレーキとを切り換える際の基準となる値である。

[0039] 例えば、上記の式 1 および式 2 から、ダイナミックブレーキ抵抗によるダイナミックブレーキを行って制動トルクが大きくなるモータ速度 N の条件は、次の（式 3）となる。

[0040] [数3]

$$N > \frac{\sqrt{(R1 + R2) \times R1}}{2\pi PL / 120} \quad \dots (式3)$$

[0041] すなわち、（式 3）の右辺の値がダイナミックブレーキ切換え速度である。（式 3）の右辺の値は、例えば、図 2 及び図 4 にダイナミックブレーキ切換え速度 V_c として示されている。ダイナミックブレーキ切換え速度 V_c は、ダイナミックブレーキ抵抗によるダイナミックブレーキの特性とスイッチング素子によるダイナミックブレーキの特性とが逆転する境界点とみなすことができる。例えば、図 2 に示すように、ダイナミックブレーキ切換え速度 V_c は、同一モータ速度に対するトルク電流の大小関係が逆転する境界点とみなすことができる。切換え速度値記憶部 7 は、モータ定数等から予め演算された（式 3）の右辺の値をダイナミックブレーキ切換え速度として記憶し

ている。

[0042] ブレーキ切換え制御部 6 は、非常停止指令発生部 14 から非常停止令を受けると、モータ速度算出部 5 からモータ速度を取得するとともに、切換え速度値記憶部 7 からダイナミックブレーキ切換え速度を取得する。そして、ブレーキ切換え制御部 6 は、モータ速度に応じて、モータ M にブレーキをかけるべきダイナミックブレーキを第 1 のダイナミックブレーキ 11 及び第 2 のダイナミックブレーキ 12 の間で切り換える。

[0043] 例えば、ブレーキ切換え制御部 6 は、モータ速度算出部 5 から取得したモータ速度と、切換え速度値記憶部 7 から取得したダイナミックブレーキ切換え速度とを比較し、比較結果に応じて、モータ M にブレーキをかけるべきダイナミックブレーキを第 1 のダイナミックブレーキ 11 及び第 2 のダイナミックブレーキ 12 の間で切り換える。例えば、ブレーキ切換え制御部 6 は、モータ速度がダイナミックブレーキ切換え速度より高い場合、第 2 のダイナミックブレーキ 12 がモータ M にブレーキをかけ、モータ速度がダイナミックブレーキ切換え速度より低い場合、第 1 のダイナミックブレーキ 11 がモータ M にブレーキをかけるように、切り換える。

[0044] 例えば、ブレーキ切換え制御部 6 は、モータ速度がダイナミックブレーキ切換え速度より高い場合、第 2 のダイナミックブレーキ 12 を選択する。すなわち、ブレーキ切換え制御部 6 は、第 1 のダイナミックブレーキ 11 を非活性化するとともに第 2 のダイナミックブレーキ 12 を活性化する。これにより、第 2 のダイナミックブレーキ 12 が、ブレーキ抵抗回路 2 を制御して、複数のモータ端子 U, V, W の間にダイナミックブレーキ抵抗 R21～R23 を接続してモータ M にブレーキをかける。

[0045] 例えば、ブレーキ切換え制御部 6 は、モータ速度がダイナミックブレーキ切換え速度より低い場合、第 1 のダイナミックブレーキ 11 を選択する。すなわち、ブレーキ切換え制御部 6 は、第 1 のダイナミックブレーキ 11 を活性化するとともに第 2 のダイナミックブレーキ 12 を非活性化する。これにより、第 1 のダイナミックブレーキ 11 が、インバータ回路 1 を制御して、

複数のP側スイッチング素子の全相又は複数のN側スイッチング素子の全相をオンすることにより、モータMにブレーキをかける。

[0046] なお、このような比較及び切り換えの動作を、ブレーキ切換え制御部6は、非常停止開始から連続的に行ってもよいし、定期的に行ってもよい。

[0047] 次に、モータ制御装置100の動作について図3を用いて説明する。図3は、モータ制御装置100の動作を示すフローチャートである。

[0048] ステップS1では、ブレーキ切換え制御部6が、非常停止を開始すべきか否かを判断する。例えば、ブレーキ切換え制御部6は、非常停止指令発生部14から非常停止指令を受けた場合に、非常停止を開始すべき（ステップS1で「Yes」）と判断し、処理をステップS2へ進め、非常停止指令発生部14から非常停止指令を受けていない場合に、非常停止を開始すべきでない（ステップS1で「No」）と判断し、処理をステップS1へ進める。

[0049] ステップS2では、ブレーキ切換え制御部6が、電力変換制御部13の制御動作を停止させるとともに、モータ速度及びダイナミックブレーキ切換え速度を取得する。例えば、ブレーキ切換え制御部6は、モータ速度算出部5からモータ速度を取得し、切換え速度値記憶部7からダイナミックブレーキ切換え速度を取得する。

[0050] ステップS3では、ブレーキ切換え制御部6が、モータ速度とダイナミックブレーキ切換え速度とを比較する。

[0051] ステップS4では、ブレーキ切換え制御部6が、モータ速度がダイナミックブレーキ切換え速度より高いか否かを判断する。ブレーキ切換え制御部6が、モータ速度がダイナミックブレーキ切換え速度より高い場合（ステップS4で「Yes」）、処理をステップS5へ進め、モータ速度がダイナミックブレーキ切換え速度以下である場合（ステップS4で「No」）、処理をステップS6へ進める。

[0052] ステップS5では、ブレーキ切換え制御部6が、第2のダイナミックブレーキ12を選択する。すなわち、ブレーキ切換え制御部6は、第1のダイナミックブレーキ11を非活性化するとともに第2のダイナミックブレーキ1

2を活性化する。これにより、第2のダイナミックブレーキ12が、ブレーキ抵抗回路2を制御して、複数のモータ端子U、V、Wの間にダイナミックブレーキ抵抗R21～R23を接続してモータMにブレーキをかける。

[0053] ステップS6では、ブレーキ切換え制御部6が、第1のダイナミックブレーキ11を選択する。すなわち、ブレーキ切換え制御部6は、第1のダイナミックブレーキ11を活性化するとともに第2のダイナミックブレーキ12を非活性化する。これにより、第1のダイナミックブレーキ11が、インバータ回路1を制御して、複数のP側スイッチング素子の全相又は複数のN側スイッチング素子の全相をオンすることにより、モータMにブレーキをかける。

[0054] ステップS7では、ブレーキ切換え制御部6が、モータMが停止したか否かを判断する。例えば、ブレーキ切換え制御部6は、モータ速度算出部5からモータ速度を取得し、モータ速度がゼロになっているか否かを判断する。ブレーキ切換え制御部6が、モータMが停止した場合（ステップS7で「Yes」）、処理を終了し、モータMが停止していない場合（ステップS7で「No」）、処理をステップS2に戻す。

[0055] このように、ステップS2～ステップS7のループを複数回繰り返すことにより、比較及び切り換えの動作を連続的に又は定期的に行うことができる。

[0056] 以上のように、実施の形態1では、モータ制御装置100において、ブレーキ切換え制御部6が、モータ速度に応じて、モータMにブレーキをかけるべきダイナミックブレーキを第1のダイナミックブレーキ11及び第2のダイナミックブレーキ12の間で切り換える。これにより、モータ速度に応じて、モータ停止時間及びモータ停止距離を短縮することに適したダイナミックブレーキ方式を選択できるので、非常停止時のモータ停止時間及びモータ停止距離を大幅に短縮できる。

[0057] また、実施の形態1では、モータ制御装置100において、ブレーキ切換え制御部6が、位置検出器ENCを用いて検出されたモータ速度と、切換え

速度値記憶部 7 に記憶されたダイナミックブレーキ切換え速度とを、非常停止開始から連続的に又は定期的に比較し、比較結果に応じて、モータ M にブレーキをかけるべきダイナミックブレーキを第 1 のダイナミックブレーキ 1 1 及び第 2 のダイナミックブレーキ 1 2 の間で切り換える。これにより、非常停止開始からの各段階ごとにモータ停止時間及びモータ停止距離を短縮することに適したダイナミックブレーキ方式を選択できるので、モータ M に効率的にブレーキをかけることができる。

[0058] また、実施の形態 1 では、モータ制御装置 100 において、ブレーキ切換え制御部 6 が、モータ速度がダイナミックブレーキ切換え速度より高い場合、第 2 のダイナミックブレーキ 1 2 がモータ M にブレーキをかけ、モータ速度がダイナミックブレーキ切換え速度より低い場合、第 1 のダイナミックブレーキ 1 1 がモータ M にブレーキをかけるように、切り換える。例えば、図 4 に実線で示すように、モータ速度がダイナミックブレーキ切換え速度 V_c より高い場合、1 点鎖線で示す場合と同様に減速時間及び減速距離を短縮でき、モータ速度がダイナミックブレーキ切換え速度 V_c より低い場合、2 点鎖線で示す場合と同様に減速時間及び減速距離を短縮できる。すなわち、ダイナミックブレーキ抵抗によるダイナミックブレーキの特性とスイッチング素子によるダイナミックブレーキの特性とが逆転する境界点であるダイナミックブレーキ切換え速度の前後でモータ停止時間及びモータ停止距離を短縮することに適したダイナミックブレーキ方式を選択できるので、非常停止時のモータ停止時間及びモータ停止距離を大幅に（例えば、最小に）短縮できる。

[0059] 例えば、図 4 に実線で示すように、実施の形態 1 によるダイナミックブレーキの特性を、ダイナミックブレーキ抵抗によるダイナミックブレーキの特性（図 4 の 1 点鎖線）及びスイッチング素子によるダイナミックブレーキの特性（図 4 の 2 点鎖線）のいずれよりも、モータ停止時間及びモータ停止距離の短いものにすることができる。

[0060] なお、位置検出器 E N C に代えて速度検出器（図示せず）がモータ M に設

けられている場合、図1に示す構成において、モータ速度算出部5は省略されていてもよい。この場合、ブレーキ切換え制御部6は、速度検出器から検出されたモータ速度を取得することになる。

[0061] あるいは、図3に示すステップS4では、ブレーキ切換え制御部6が、モータ速度がダイナミックブレーキ切換え速度以上であるか否かを判断してもよい。この場合、ブレーキ切換え制御部6が、モータ速度がダイナミックブレーキ切換え速度以上である場合（ステップS4で「Yes」）、処理をステップS5へ進め、モータ速度がダイナミックブレーキ切換え速度未満である場合（ステップS4で「No」）、処理をステップS6へ進めることになる。

[0062] あるいは、図3に示すステップS4では、ブレーキ切換え制御部6は、モータ速度がダイナミックブレーキ切換え速度を超えている第1の状態、モータ速度がダイナミックブレーキ切換え速度に等しい第2の状態、モータ速度がダイナミックブレーキ切換え速度より低い第3の状態のいずれであるかを判断してもよい。この場合、ブレーキ切換え制御部6が、モータ速度が第1の状態にある場合、処理をステップS5へ進め、モータ速度が第2の状態にある場合、処理をステップS7へ進め、モータ速度が第3の状態にある場合、処理をステップS6へ進めてもよい。この場合、モータ速度が第2の状態にある場合を制御における不感帯とすることができるので、制御動作を安定化できる。

[0063] あるいは、図5に示すように、ブレーキ切換え制御部6は、比較及び切り換えの動作を非常停止開始から連続的に又は定期的に行う代わりに、非常停止開始直後に1回行うようにしてもよい。例えば、図5に示すステップS17では、ブレーキ切換え制御部6が、モータMが停止したか否かを判断する。例えば、ブレーキ切換え制御部6は、モータ速度算出部5からモータ速度を取得し、モータ速度がゼロになっているか否かを判断する。ブレーキ切換え制御部6が、モータMが停止した場合（ステップS17で「Yes」）、処理を終了し、モータMが停止していない場合（ステップS17で「No」

）、処理をステップS 1 7に戻す。

[0064] このように、図5に示す動作では、ブレーキ切換え制御部6が、位置検出器又は速度検出器を用いて検出されたモータ速度と、切換え速度値記憶部7に記憶されたダイナミックブレーキ切換え速度とを、非常停止開始直後に比較し、比較結果に応じて、モータMにブレーキをかけるべきダイナミックブレーキとして第1のダイナミックブレーキ11及び第2のダイナミックブレーキ12のいずれかを選択する。これにより、非常停止開始時の速度に応じて、モータ停止時間及びモータ停止距離を短縮することに適したダイナミックブレーキ方式を選択できるので、ダイナミックブレーキ方式が固定されている場合に比べて、非常停止時のモータ停止時間及びモータ停止距離を大幅に短縮できる。

[0065] また、図5に示す動作では、ブレーキ切換え制御部6が、モータ速度がダイナミックブレーキ切換え速度より高い場合、第2のダイナミックブレーキ12を選択し、モータ速度がダイナミックブレーキ切換え速度より低い場合、第1のダイナミックブレーキ11を選択する。これにより、ダイナミックブレーキ抵抗によるダイナミックブレーキの特性とスイッチング素子によるダイナミックブレーキの特性とが逆転する境界点であるダイナミックブレーキ切換え速度を考慮してモータ停止時間及びモータ停止距離を短縮することに適したダイナミックブレーキ方式を選択できるので、非常停止時のモータ停止時間及びモータ停止距離を大幅に（例えば、最小に）短縮できる。

[0066] 実施の形態2.

次に、実施の形態2にかかるモータ制御装置100iについて説明する。
以下では、実施の形態1と異なる部分を中心に説明する。

[0067] 実施の形態1では、モータ位置又はモータ速度を検出する場合について例示しているが、実施の形態2では、モータ位置又はモータ速度を検出しないセンサレスの場合について説明する。

[0068] 具体的には、図6に示すように、モータMに位置検出器ENCが設けられていないことに応じて、モータ制御装置100iは、モータ速度算出部5（

図 1 参照) が省略された構成になっている。また、モータ制御装置 100 i は、ブレーキ切換え制御部 6 i が、上位コントローラ 10 の速度指令演算部 9 から速度指令を受け、速度指令を用いた処理を行う。すなわち、ブレーキ切換え制御部 6 i は、モータ速度算出部 5 から取得していたモータ速度に代わるものとして、上位コントローラ 10 から与えられる速度指令を用いる。

[0069] 例えば、ブレーキ切換え制御部 6 i は、上位コントローラ 10 から与えられる速度指令と、切換え速度値記憶部 7 から取得したダイナミックブレーキ切換え速度とを比較し、比較結果に応じて、モータ M にブレーキをかけるべきダイナミックブレーキを第 1 のダイナミックブレーキ 11 及び第 2 のダイナミックブレーキ 12 の間で切り換える。例えば、ブレーキ切換え制御部 6 i は、モータ速度がダイナミックブレーキ切換え速度より高い場合、第 2 のダイナミックブレーキ 12 がモータ M にブレーキをかけ、モータ速度がダイナミックブレーキ切換え速度より低い場合、第 1 のダイナミックブレーキ 11 がモータ M にブレーキをかけるように、切り換える。

[0070] 例えば、ブレーキ切換え制御部 6 i は、モータ速度がダイナミックブレーキ切換え速度より高い場合、第 2 のダイナミックブレーキ 12 を選択する。すなわち、ブレーキ切換え制御部 6 i は、第 1 のダイナミックブレーキ 11 を非活性化するとともに第 2 のダイナミックブレーキ 12 を活性化する。これにより、第 2 のダイナミックブレーキ 12 が、ブレーキ抵抗回路 2 を制御して、複数のモータ端子 U, V, W の間にダイナミックブレーキ抵抗 R 21 ~ R 23 を接続してモータ M にブレーキをかける。

[0071] 例えば、ブレーキ切換え制御部 6 i は、モータ速度がダイナミックブレーキ切換え速度より低い場合、第 1 のダイナミックブレーキ 11 を選択する。すなわち、ブレーキ切換え制御部 6 i は、第 1 のダイナミックブレーキ 11 を活性化するとともに第 2 のダイナミックブレーキ 12 を非活性化する。これにより、第 1 のダイナミックブレーキ 11 が、インバータ回路 1 を制御して、複数の P 側スイッチング素子の全相又は複数の N 側スイッチング素子の全相をオンすることにより、モータ M にブレーキをかける。

- [0072] また、実施の形態2では、モータ制御装置100iの動作が、図7に示すように、実施の形態1と異なる。図7は、モータ制御装置100iの動作を示すフローチャートである。
- [0073] ステップS22では、ブレーキ切換え制御部6iが、電力変換制御部13の制御動作を停止させるとともに、速度指令及びダイナミックブレーキ切換え速度を取得する。例えば、ブレーキ切換え制御部6iは、上位コントローラ10から速度指令を取得し、切換え速度値記憶部7からダイナミックブレーキ切換え速度を取得する。
- [0074] ステップS23では、ブレーキ切換え制御部6iが、速度指令とダイナミックブレーキ切換え速度とを比較する。
- [0075] ステップS24では、ブレーキ切換え制御部6iが、速度指令がダイナミックブレーキ切換え速度より高いか否かを判断する。ブレーキ切換え制御部6iが、速度指令がダイナミックブレーキ切換え速度より高い場合（ステップS24で「Yes」）、処理をステップS5へ進め、速度指令がダイナミックブレーキ切換え速度以下である場合（ステップS24で「No」）、処理をステップS6へ進める。
- [0076] ステップS27では、ブレーキ切換え制御部6iが、モータMが停止したか否かを判断する。例えば、ブレーキ切換え制御部6iは、ダイナミックブレーキの作動を開始したタイミングからの経過時間が閾値時間を超えたか否かを判断する。閾値時間は、ダイナミックブレーキの作動を開始してからモータMが停止するまでの時間に応じて予め実験的に決定された時間（図4参照）である。ブレーキ切換え制御部6iが、経過時間が閾値時間を超えた場合（ステップS27で「Yes」）、処理を終了し、経過時間が閾値時間を超えていない場合（ステップS27で「No」）、処理をステップS27に戻す。
- [0077] 以上のように、実施の形態2では、ブレーキ切換え制御部6iが、上位コントローラ10から与えられる速度指令と、切換え速度値記憶部7に記憶されたダイナミックブレーキ切換え速度とを、非常停止開始直後に比較し、比

較結果に応じて、モータMにブレーキをかけるべきダイナミックブレーキとして第1のダイナミックブレーキ11及び第2のダイナミックブレーキ12のいずれかを選択する。これにより、非常停止開始時の速度指令に応じて、モータ停止時間及びモータ停止距離を短縮することに適したダイナミックブレーキ方式を選択できるので、センサレスの構成において、又はセンサレス制御を行う場合において、ダイナミックブレーキ方式が固定されている場合に比べて、非常停止時のモータ停止時間及びモータ停止距離を大幅に短縮できる。

[0078] また、実施の形態2では、ブレーキ切換え制御部6が、速度指令がダイナミックブレーキ切換え速度より高い場合、第2のダイナミックブレーキ12を選択し、速度指令がダイナミックブレーキ切換え速度より低い場合、第1のダイナミックブレーキ11を選択する。これにより、ダイナミックブレーキ抵抗によるダイナミックブレーキの特性とスイッチング素子によるダイナミックブレーキの特性とが逆転する境界点であるダイナミックブレーキ切換え速度を考慮してモータ停止時間及びモータ停止距離を短縮することに適したダイナミックブレーキ方式を選択できるので、センサレスの構成において、又はセンサレス制御を行う場合において、非常停止時のモータ停止時間及びモータ停止距離を大幅に（例えば、最小に）短縮できる。

[0079] なお、図7に示すステップS24では、ブレーキ切換え制御部6iが、速度指令がダイナミックブレーキ切換え速度以上であるか否かを判断してもよい。この場合、ブレーキ切換え制御部6iは、速度指令がダイナミックブレーキ切換え速度以上である場合（ステップS24で「Yes」）、処理をステップS5へ進め、速度指令がダイナミックブレーキ切換え速度未満である場合（ステップS24で「No」）、処理をステップS6へ進めることになる。

産業上の利用可能性

[0080] 以上のように、本発明にかかるモータ制御装置は、モータの制御に有用である。

符号の説明

[0081] 1 インバータ回路、6, 6 i ブレーキ切換え制御部、7 切換え速度値記憶部、11 第1のダイナミックブレーキ、12 第2のダイナミックブレーキ、100, 100 i モータ制御装置。

請求の範囲

- [請求項1] 複数のP側スイッチング素子及び複数のN側スイッチング素子を有し、複数のモータ端子を介してモータを駆動するインバータ回路と、
前記複数のP側スイッチング素子の全相又は前記複数のN側スイッチング素子の全相をオンすることにより前記モータにブレーキをかける第1のダイナミックブレーキと、
前記複数のモータ端子の間にダイナミックブレーキ抵抗を接続して前記モータにブレーキをかける第2のダイナミックブレーキと、
モータ速度に応じて、前記モータにブレーキをかけるべきダイナミックブレーキを前記第1のダイナミックブレーキ及び前記第2のダイナミックブレーキの間で切り換える制御部と、
を備えたことを特徴とするモータ制御装置。
- [請求項2] 接続されたモータのモータ定数から算出されたダイナミックブレーキ切換え速度を記憶する切換え速度値記憶手段をさらに備え、
前記制御部は、位置検出器又は速度検出器を用いて検出されたモータ速度と、前記切換え速度値記憶手段に記憶されたダイナミックブレーキ切換え速度とを、非常停止開始から連続的に又は定期的に比較し、比較結果に応じて、前記モータにブレーキをかけるべきダイナミックブレーキを前記第1のダイナミックブレーキ及び前記第2のダイナミックブレーキの間で切り換える
ことを特徴とする請求項1に記載のモータ制御装置。
- [請求項3] 前記制御部は、モータ速度が前記ダイナミックブレーキ切換え速度より高い場合、前記第2のダイナミックブレーキが前記モータにブレーキをかけ、モータ速度が前記ダイナミックブレーキ切換え速度より低い場合、前記第1のダイナミックブレーキが前記モータにブレーキをかけるように、切り換える
ことを特徴とする請求項2に記載のモータ制御装置。
- [請求項4] 接続されたモータのモータ定数から算出されたダイナミックブレー

キ切換え速度を記憶する切換え速度値記憶手段をさらに備え、

前記制御部は、位置検出器又は速度検出器を用いて検出されたモータ速度と、前記切換え速度値記憶手段に記憶されたダイナミックブレーキ切換え速度とを、非常停止開始直後に比較し、比較結果に応じて、前記モータにブレーキをかけるべきダイナミックブレーキとして前記第1のダイナミックブレーキ及び前記第2のダイナミックブレーキのいずれかを選択する

ことを特徴とする請求項1に記載のモータ制御装置。

[請求項5]

前記制御部は、モータ速度が前記ダイナミックブレーキ切換え速度より高い場合、前記第2のダイナミックブレーキを選択し、モータ速度が前記ダイナミックブレーキ切換え速度より低い場合、前記第1のダイナミックブレーキを選択する

ことを特徴とする請求項4に記載のモータ制御装置。

[請求項6]

接続されたモータのモータ定数から算出されたダイナミックブレーキ切換え速度を記憶する切換え速度値記憶手段をさらに備え、

前記制御部は、上位コントローラから与えられる速度指令と、前記切換え速度値記憶手段に記憶されたダイナミックブレーキ切換え速度とを、非常停止開始直後に比較し、比較結果に応じて、前記モータにブレーキをかけるべきダイナミックブレーキとして前記第1のダイナミックブレーキ及び前記第2のダイナミックブレーキのいずれかを選択する

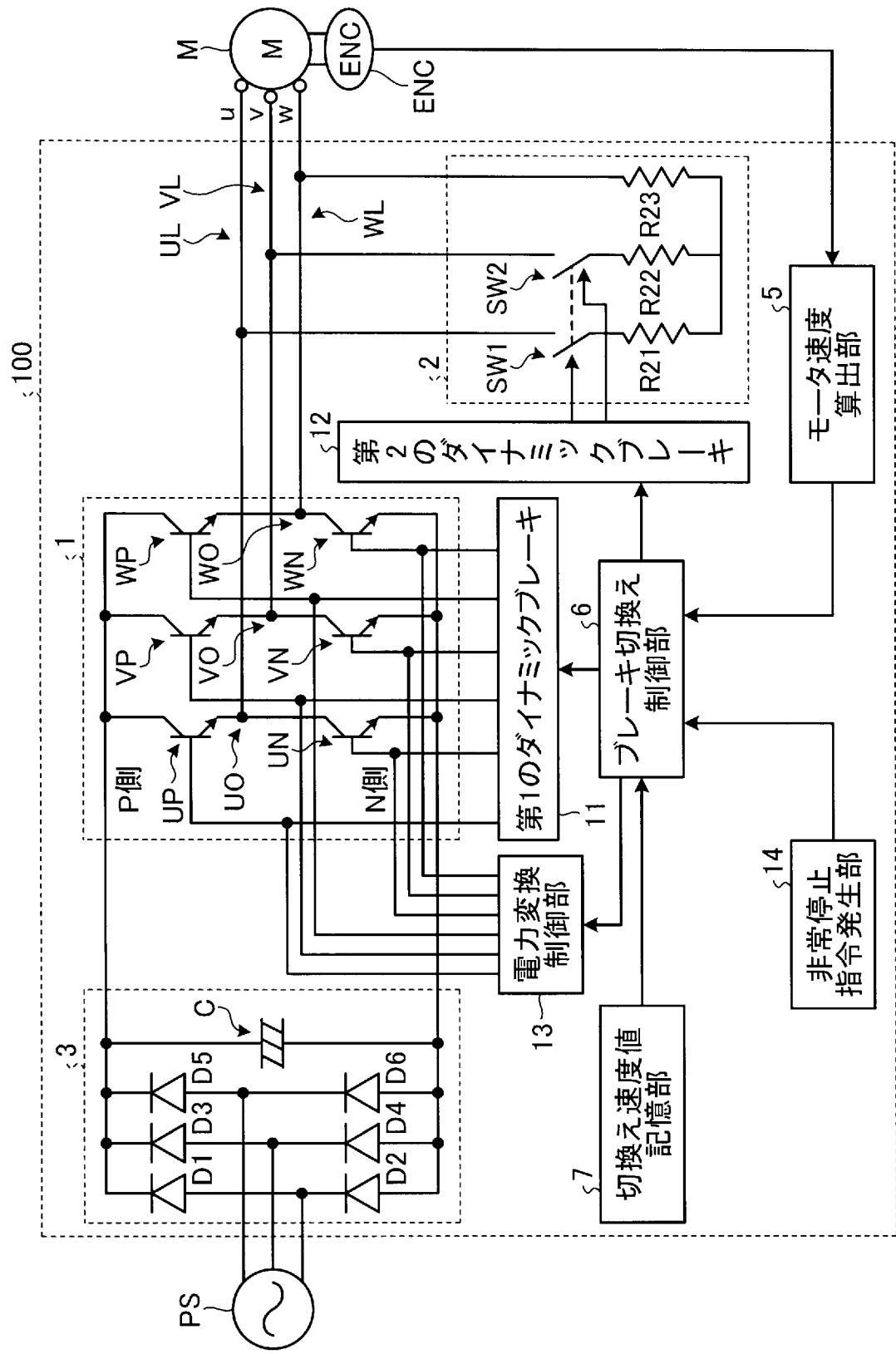
ことを特徴とする請求項1に記載のモータ制御装置。

[請求項7]

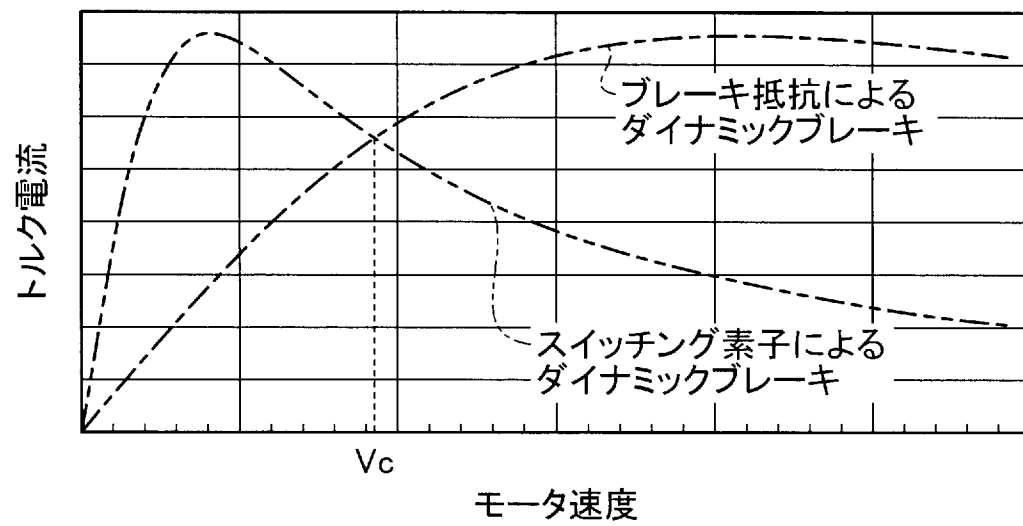
前記制御部は、速度指令が前記ダイナミックブレーキ切換え速度より高い場合、前記第2のダイナミックブレーキを選択し、速度指令が前記ダイナミックブレーキ切換え速度より低い場合、前記第1のダイナミックブレーキを選択する

ことを特徴とする請求項6に記載のモータ制御装置。

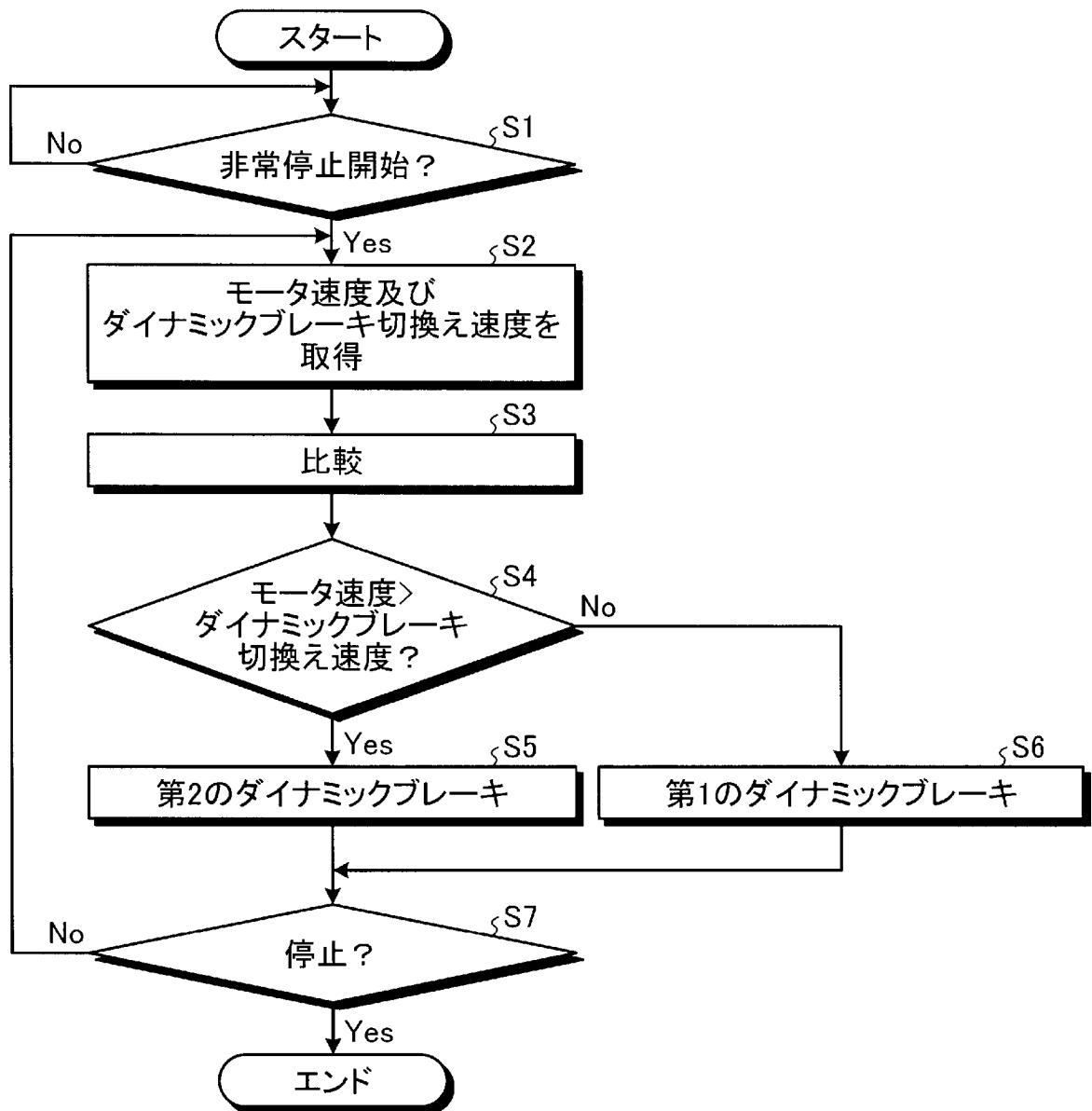
[図1]



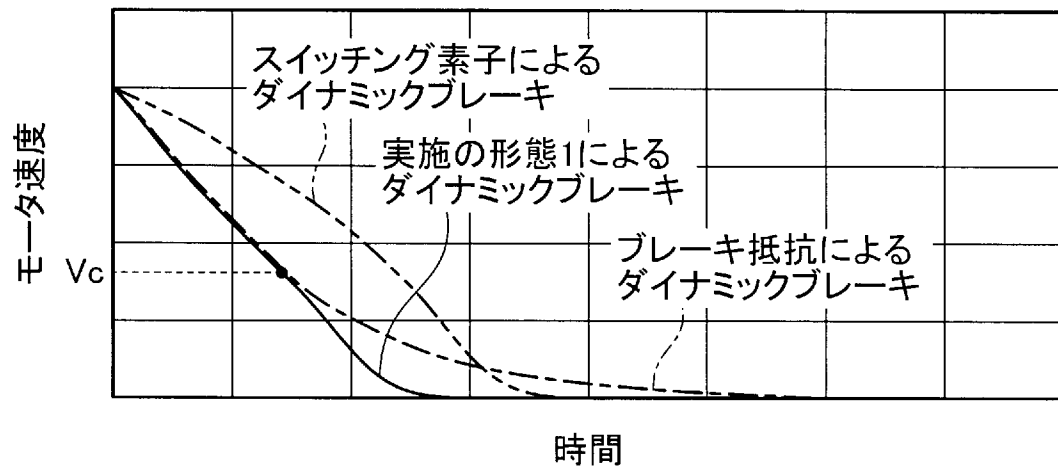
[図2]



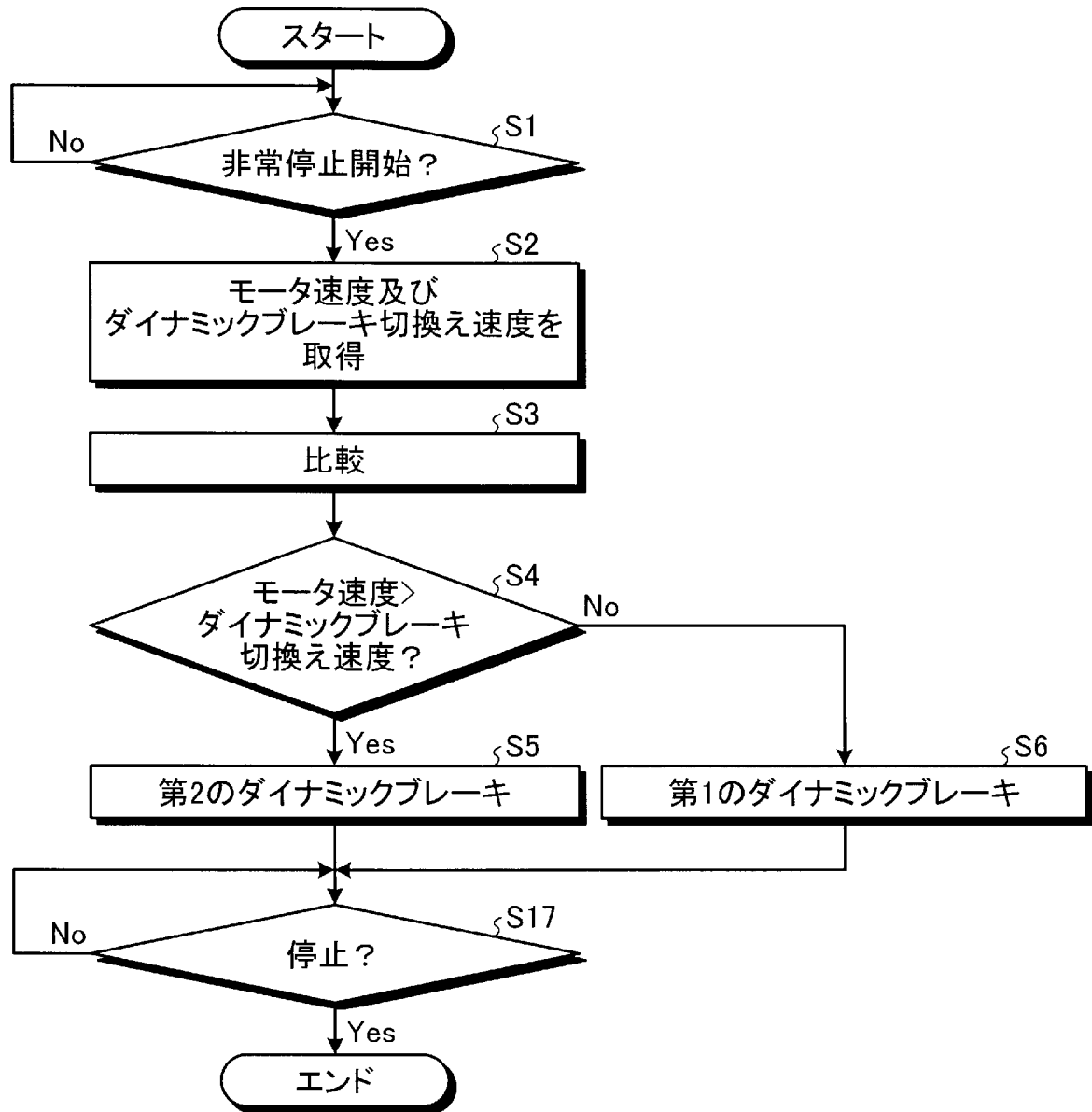
[図3]



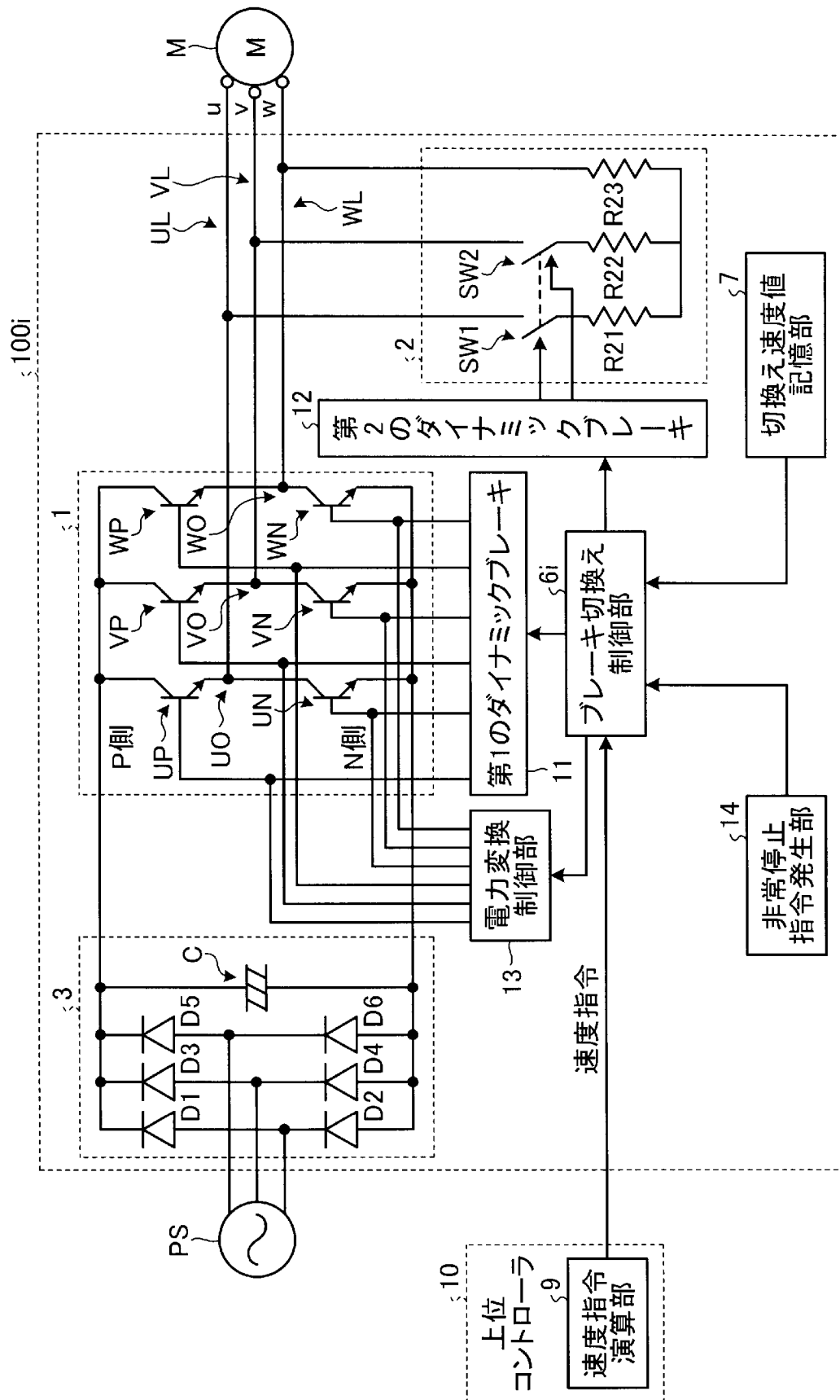
[図4]



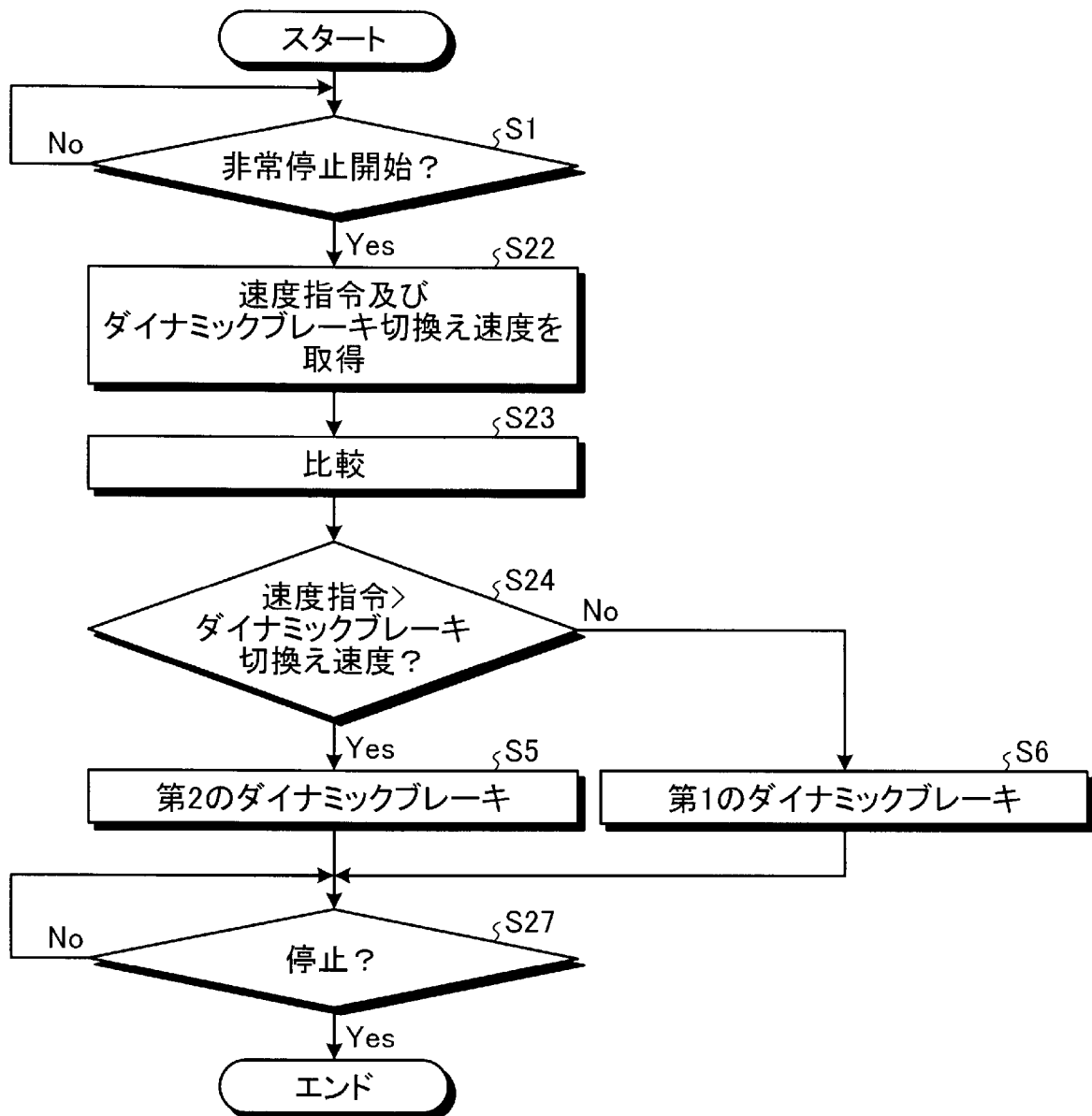
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/082363

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02P3/22 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H02P3/22

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2013

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2013 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2013

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 4-8185 A (NEC Corp.), 13 January 1992 (13.01.1992), page 2, upper left column, line 4 to page 3, upper left column, line 3; fig. 1 to 5 (Family: none)	1-7
Y	JP 4-12686 A (Juki Corp.), 17 January 1992 (17.01.1992), page 3, lower left column, line 1 to page 5, lower left column, line 9; fig. 1 to 3 (Family: none)	1-7
Y	JP 2009-284575 A (Sumitomo Construction Machinery Co., Ltd.), 03 December 2009 (03.12.2009), paragraphs [0009] to [0062]; fig. 4 (Family: none)	2-7

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
30 January, 2013 (30.01.13)Date of mailing of the international search report
12 February, 2013 (12.02.13)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/082363

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2007-282460 A (Yaskawa Electric Corp.), 25 October 2007 (25.10.2007), paragraphs [0017] to [0028]; fig. 1 (Family: none)	6-7

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H02P3/22(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H02P3/22

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2－1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1－2 0 1 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6－2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4－2 0 1 3 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 4-8185 A（日本電気株式会社）1992.01.13, 第2ページ左上欄第4行－第3ページ左上欄第3行、第1図－第5図（ファミリーなし）	1-7
Y	JP 4-12686 A（ジューキ株式会社）1992.01.17, 第3ページ左下欄第1行－第5ページ左下欄第9行、第1図－第3図（ファミリーなし）	1-7
Y	JP 2009-284575 A（住友建機株式会社）2009.12.03, [0009]－[0062], [図4]（ファミリーなし）	2-7

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

3 0 . 0 1 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

1 2 . 0 2 . 2 0 1 3

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

塩 治 雅也

3 V

3 6 3 0

電話番号 03-3581-1101 内線 3358

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2007-282460 A (株式会社安川電機) 2007.10.25, [0017] － [0028], [図1] (ファミリーなし)	6-7