

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2013年8月29日(29.08.2013)



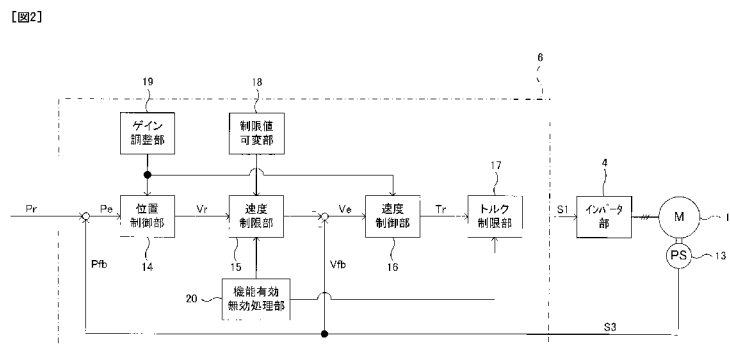
(10) 国際公開番号
WO 2013/125034 A1

- (51) 国際特許分類:
H02P 29/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/054607
- (22) 国際出願日: 2012年2月24日(24.02.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 株式会社安川電機 (Kabushiki Kaisha Yaskawa Denki) [JP/JP]; 〒8060004 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号 Fukuoka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 吉良 俊信 (KIRA Toshinobu) [JP/JP]; 〒8060004 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号 株式会社安川電機内 Fukuoka (JP). 大久保 整 (OKUBO Tadashi) [JP/JP]; 〒8060004 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号 株式会社安川電機内 Fukuoka (JP). 竹井 康行 (TAKEI Yasuyuki) [JP/JP]; 〒8060004 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号 株式会社安川電機内 Fukuoka (JP). 赤間誠 (AKAMA Makoto) [JP/JP]; 〒8060004 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号 株式会社安川電機内 Fukuoka (JP).
- (74) 代理人: 益田 博文 (MASUDA Hirofumi); 〒1100015 東京都台東区東上野1-7-13 東上野上村ビル2階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT,

[続葉有]

(54) Title: MOTOR CONTROL APPARATUS

(54) 発明の名称: モーター制御装置

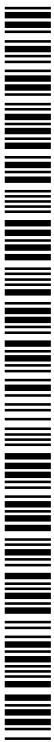


- 4 INVERTER UNIT
- 14 POSITION CONTROL UNIT
- 15, 16 SPEED LIMITATION UNIT
- 17 TORQUE LIMITATION UNIT
- 18 LIMITATION VALUE MODULATING UNIT
- 19 GAIN ADJUSTMENT UNIT
- 20 FUNCTION ENABLE/DISABLE PROCESSING UNIT

(57) Abstract: [Problem] To prevent a motor from stopping when an over speed alarm or the like occurs during the main circuit power supply voltage recovery. [Solution] A control unit (6) has a torque limitation unit (17) that begins a first torque limitation wherein the torque commanded by a torque command (Tr) is held to be equal to or less than a first torque if a voltage detection unit (5) detects that the direct current voltage has fallen below a prescribed voltage, and that cancels the first torque limitation if it is detected that the direct current voltage has exceeded the prescribed voltage; and a speed limitation unit (15) that, in the case where the torque limitation unit (17) has cancelled the first torque limitation, limits the speed commanded by a speed command (Vr) to be equal to or less than a first speed.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2013/125034 A1



QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,

ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

【課題】主回路電源電圧の復帰時に過速度アラームの発生等によりモータが停止するのを防止する。
【解決手段】制御部 6 は、電圧検出部 5 により直流電圧が所定電圧を下回ったことが検出された場合に、トルク指令 T_r による指令トルクを第 1 トルク以下に制限する第 1 トルク制限を開始し、直流電圧が所定電圧を上回ったことが検出された場合に、第 1 トルク制限を解除するトルク制限部 17 と、トルク制限部 17 が第 1 トルク制限を解除した場合に、速度指令 V_r による指令速度を第 1 速度以下に制限する速度制限部 15 と、を有する。

明 細 書

発明の名称： モータ制御装置

技術分野

[0001] 開示の実施形態は、モータ制御装置に関する。

背景技術

[0002] 特許文献1には、電源が瞬時停電をしても運転を継続できるモータ制御装置が記載されている。このモータ制御装置は、位置指令とモータ位置から速度指令を生成し、速度指令とモータ速度から第1トルク指令を生成する位置・速度制御部と、トルク指令を電流指令に変換し電流指令とモータ電流からPWMゲート信号を生成するトルク制御部と、直流電源の直流電圧が所定電圧よりも低下したことを検出したら電圧不足ワーニング信号を生成し上位コントローラに出力する電圧検出部と、第1トルク指令を上位コントローラのトルク制限信号に制限して第2トルク指令を生成するトルク制限部とを備えている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：国際公開第2008/093485号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 半導体製造装置には、SEMI-F47という規格がある。SEMI-F47は、瞬時停電や主回路電源電圧の低下が発生しても、機器やシステムが停止することなく運転を継続することを要求している。

[0005] 上記従来技術では、主回路電源電圧の低下時にトルク制限を行うことで、SEMI-F47への対応を図っている。しかしながら、トルク制限によりモータが位置指令に追従できず、位置偏差が大きくなる可能性がある。その場合、主回路電源電圧が復帰した際に、増大した位置偏差に対応した速度指令が出力され、モータがオーバーシュートして過速度アラームの発生等によ

り停止するおそれがあった。

[0006] 本発明はこのような問題点に鑑みてなされたものであり、本発明の目的とするところは、主回路電源電圧の復帰時に過速度アラームの発生等によりモータが停止するのを防止できるモータ制御装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0007] 上記課題を解決するため、本発明の一の観点によれば、交流電源を直流電源に変換するコンバータ部、前記直流電源と並列に接続された平滑コンデンサ、及び、前記直流電源を交流電源に変換しモータを駆動するインバータ部を有する主回路と、前記主回路の直流電圧を検出する電圧検出部と、位置指令とモータ位置から速度指令を生成する位置制御部、及び、前記速度指令とモータ速度からトルク指令を生成する速度制御部を有し、前記トルク指令に基づき前記インバータ部を制御する制御部と、を備え、前記制御部は、前記電圧検出部により前記直流電圧が所定電圧を下回ったことが検出された場合に、前記トルク指令による指令トルクを第1トルク以下に制限する第1トルク制限を開始し、前記直流電圧が前記所定電圧を上回ったことが検出された場合に、前記第1トルク制限を解除するトルク制限部と、前記トルク制限部が前記第1トルク制限を解除した場合に、前記速度指令による指令速度を第1速度以下に制限する速度制限部と、を有するモータ制御装置が適用される。

発明の効果

[0008] 本発明のモータ制御装置によれば、主回路電源電圧の復帰時に過速度アラームの発生等によりモータが停止するのを防止することができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]実施形態に係るモータ制御装置の機能構成を表すブロック図である。

[図2]実施形態に係るモータ制御装置が有する制御部の機能構成を表すブロック図である。

[図3]主回路電源電圧の低下が発生した場合のモータ制御装置の動作の一例を表すタイムチャートである。

[図4]速度制限値を可変させて指令速度を徐々に減速させる変形例に係る制御部の機能構成を表すブロック図である。

[図5]指令速度の減速開始タイミングを説明するための説明図である。

[図6]速度制限値を可変させて指令速度を徐々に減速させる変形例に係るモータ制御装置の動作の一例を表すタイムチャートである。

[図7]制御部がローパスフィルタを有する変形例に係る制御部の機能構成を表すブロック図である。

[図8]制御部がローパスフィルタを有する変形例に係るモータ制御装置の動作の一例を表すタイムチャートである。

[図9]負側トルクに制限をかける変形例に係る制御部の機能構成を表すブロック図である。

[図10]負側トルクに制限をかける変形例に係るモータ制御装置の動作の一例を表すタイムチャートである。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、一実施形態について図面を参照しつつ説明する。

[0011] <モータ制御装置の構成>

まず、図1を用いて本実施形態に係るモータ制御装置1の機能構成について説明する。図1に示すように、モータ制御装置1は、コンバータ部2と、平滑コンデンサ3と、インバータ部4と、電圧検出部5と、制御部6と、を有している。

[0012] コンバータ部2は、交流電源7から供給される交流電力を直流電力に変換する。平滑コンデンサ3は、正側直流母線8及び負側直流母線9に対して直流電源と並列に接続され、コンバータ部2により変換された直流電力を平滑化する。インバータ部4は、制御部6からの制御信号S1（PWM信号等）に基づき直流電力を交流電力に変換し、モータ10を駆動する。これらコンバータ部2、平滑コンデンサ3、及びインバータ部4等が、主回路11を構成する。

[0013] 電圧検出部5は、正側直流母線8及び負側直流母線9に接続され、主回路

11の直流電圧を検出する。また電圧検出部5は、不足電圧閾値である所定電圧をパラメータにより設定し、直流電圧が所定電圧を下回った場合には、警告信号S2を生成して上位コントローラ12に出力し、直流電圧が所定電圧を上回った（復帰した）場合には、警告信号S2の出力を停止する。上位コントローラ12は、電圧検出部5から警告信号S2が入力される間、制御部6の後述する機能有効無効処理部20に対しトルク制限信号（図示省略）を出力する。制御部6は、上位コントローラ12からの位置指令Prに基づき、主としてインバータ部4の制御を行う。

[0014] なお、以上では、電圧検出部5が警告信号S2を上位コントローラ12に出力することで、上位コントローラ12を介して第1トルク制限を実施するようにしたが、これに限定されるものではない。すなわち、電圧検出部5が警告信号S2を制御部6に直接出力するようにし、上位コントローラ12を介さずに第1トルク制限を実施するようにしてもよい。

[0015] 位置検出器13は、モータ10のモータ位置（回転角度等）を光学的または磁氣的に検出して位置データを生成し、パルス信号S3として制御部6に出力する。制御部6は、このパルス信号S3をフィードバックされたモータ位置Pfb（図2参照）として取り込むと共に、差分演算等で速度に変換し、フィードバックされたモータ速度Vfb（図2参照）として取り込む。なお、位置検出器13が出力する位置データの形態は、パルス信号に限らず、シリアルデータ、アナログ正弦波等種々の形態がある。

[0016] <制御部の構成>

次に、図2を用いて制御部6の機能構成について説明する。図2に示すように、制御部6は、位置制御部14と、速度制限部15と、速度制御部16と、トルク制限部17と、制限値可変部18と、ゲイン調整部19と、機能有効無効処理部20と、を有している。

[0017] 位置制御部14は、上位コントローラ12からの位置指令Prと位置検出器13からフィードバックされたモータ位置Pfbとの位置偏差Peに基づき、速度指令Vrを生成する。速度制限部15は、速度指令Vrによる指令

速度（以下適宜「指令速度 V_r 」という）を所定の速度制限値 V_{lim} 以下に制限する。速度制限値 V_{lim} は、パラメータとして任意の値に設定され、また制限値可変部18により可変される。速度制限部15による速度制限機能は、トルク制限部17による後述の第1トルク制限が解除された際に、機能有効無効処理部20によって有効にされ、位置偏差 P_e が所定の位置偏差以下となった際に、機能有効無効処理部20（機能無効処理部の一例に相当）によって無効にされる。速度制限部15は、この有効期間内に指令速度 V_r が速度制限値 V_{lim} 以上となった場合に実際に速度制限を開始し、指令速度 V_r が速度制限値 V_{lim} 未満となった場合に速度制限を解除する。

[0018] 速度制御部16は、速度指令 V_r と位置検出器13からフィードバックされたモータ速度 V_{fb} との速度偏差 V_e に基づき、トルク指令 T_r を生成する。トルク制限部17は、トルク指令 T_r による指令トルク（以下適宜「指令トルク T_r 」という）を所定のトルク制限値 T_{lim} 以下に制限する。トルク制限値 T_{lim} は、パラメータとして任意の値に設定される。トルク制限部17によるトルク制限機能は、上位コントローラ12から前述したトルク制限信号が入力された際に、機能有効無効処理部20によって有効にされ、トルク制限信号の入力が停止された際に、機能有効無効処理部20によって無効にされる。トルク制限部17は、この有効期間内に指令トルク T_r がトルク制限値 T_{lim} 以上となった場合に実際にトルク制限を開始し、指令トルク T_r がトルク制限値 T_{lim} 未満となった場合にトルク制限を解除する。

[0019] なお、本実施形態では、上述した指令トルク T_r をトルク制限値 T_{lim} （= T_1 。図3参照）以下に制限するトルク制限を、後述する指令トルクをトルク制限値 T_{lim} （= T_2 。図10参照）以上に制限するトルク制限と区別するために、適宜「第1トルク制限」という。

[0020] 速度制御部16からのトルク指令 T_r は、前述の制御信号 S_1 に変換され、インバータ部4に出力される。なお、制御部6がトルク制御部（図示省略）を有するようになっていてもよい。このトルク制御部は、速度制御部16からの

トルク指令 T_r を電流指令に変換し、当該電流指令とフィードバックされたモータ電流から電圧指令を生成し、当該電圧指令に基づき制御信号 S_1 を生成する。

[0021] 制限値可変部 18 は、速度制限部 15 の速度制限値 V_{lim} を可変させる。可変の範囲及び態様は、例えば上限値、下限値、及び可変時間等をパラメータとして任意に設定される。可変態様は種々考えられる。例えば、指令速度 V_r が一定の加速度又は減速度で直線的に変化するように速度制限値 V_{lim} を可変させてもよいし、加速度等を可変させて指令速度 V_r が曲線的に変化するように速度制限値 V_{lim} を可変させてもよい。加速度等を可変させる場合、例えば速度制限値 V_{lim} と位置指令 P_r の時間微分値である位置指令速度 dP との差に応じて可変させてもよい。本実施形態では、後述の図 3 に示すように、指令速度 V_r が第 1 トルク制限の解除時のモータ速度である速度 V_2 (第 2 速度の一例に相当) から速度 V_1 (第 1 速度の一例に相当) に至るまで一定の加速度で直線的に加速するように、制限値可変部 18 は速度制限値 V_{lim} を可変させる。なお、第 1 トルク制限の解除時のモータ速度 V_2 が速度 V_1 より大きい場合には、指令速度 V_r を速度 V_2 から速度 V_1 に至るまで一定の減速度で直線的に減速させる。

[0022] ゲイン調整部 19 は、トルク制限部 17 による第 1 トルク制限機能が無効とされた場合、又は、速度制限部 15 による速度制限機能が有効とされた場合の少なくとも一方の場合に、位置制御部 14 の位置ループゲイン又は速度制御部 16 の速度ループゲインの少なくとも一方を低下させる。また、ゲイン調整部 19 は、位置偏差 P_e が所定の位置偏差以下となった場合に、低下させたループゲインを低下させる前の値に復帰させる。なお、このループゲインを復帰させるゲイン調整部 19 が機能無効処理部の一例に相当する。

[0023] <主回路電源電圧の低下が発生した場合の動作>

次に、図 3 を用いて、瞬時停電等による主回路 11 の直流電圧の低下が発生した場合のモータ制御装置 1 の動作の一例について説明する。ここでは、位置指令 P_r の時間微分値である位置指令速度 dP に示すように、位置指令

Prの速度プロファイルが加速、定速、減速であり、この定速期間中に主回路電源電圧の低下が生じた場合について説明する。

[0024] 電圧検出部5により主回路11の直流電圧が所定電圧V0を下回ったことが検出されると(時間t1)、前述したように電圧検出部5が警告信号S2を生成して上位コントローラ12に出力し、上位コントローラ12が機能有効無効処理部20に対しトルク制限信号を出力する。これにより、機能有効無効処理部20はトルク制限部17のトルク制限機能を有効にする。このとき、図3に示すように、この有効の直前まで、トルク指令Trがトルク制限値Tlim(=T1)以上であるので、トルク制限部17は直ちに第1トルク制限を開始する。すなわち、この例ではトルク制限部17のトルク制限機能が有効となるタイミングと、トルク制限部17が実際に第1トルク制限を開始するタイミングとは、ほぼ同時となる。

[0025] この第1トルク制限の実施によりモータ速度Vfbは低下し、位置偏差Peの増大に伴って指令速度Vrが上昇する。なお、時間t1までは位置指令速度dP、指令速度Vr、及びモータ速度Vfbはほぼ同じ値となっている。

[0026] その後、主回路電源電圧が低下より復帰して所定電圧V0を上回ったことが検出されると(時間t2)、電圧検出部5が上位コントローラ12への警告信号S2の出力を停止し、上位コントローラ12が機能有効無効処理部20へのトルク制限信号の出力を停止する。これにより、機能有効無効処理部20はトルク制限部17のトルク制限機能を無効にする。この無効の直前まで、トルク制限部17は第1トルク制限を実施しているので、トルク制限部17のトルク制限機能が無効となるタイミングと、トルク制限部17が実際に第1トルク制限を解除するタイミングとは、ほぼ同時となる。

[0027] トルク制限部17による第1トルク制限が解除されると、機能有効無効処理部20が速度制限部15による速度制限機能を有効にする。またこのとき、制限値可変部18が、速度制限値Vlimを第1トルク制限の解除時のモータ速度である速度V2にラッチさせる。これにより、第1トルク制限の解

除時の指令速度 V_r は速度制限値 V_{lim} ($=V_2$) 以上となるので、速度制限部 15 は直ちに速度制限を開始する。すなわち、この例では速度制限部 15 の速度制限機能が有効となるタイミングと、速度制限部 15 が実際に速度制限を開始するタイミングとは、ほぼ同時となる。その後、制限値可変部 18 は、速度制限値 V_{lim} を速度 V_2 よりも大きい速度 V_1 まで一定の比率で上昇させる。その結果、図 3 に示すように、指令速度 V_r は速度 V_2 から速度 V_1 に至るまで一定の加速度で直線的に加速される。そして、指令速度 V_r が速度 V_1 に至った後、速度制限部 15 は、指令速度 V_r が速度制限値 V_{lim} ($=V_1$) 以上である間、当該指令速度 V_r を V_1 以下に制限する速度制限を実施する。

[0028] その後、位置偏差 P_e が小さくなることで指令速度 V_r が速度制限値 V_{lim} ($=V_1$) 未満となる（指令速度 V_r が指令速度制限から外れる）と、速度制限部 15 は速度制限を解除する（時間 t_3 ）。そして、位置偏差 P_e が所定の位置偏差以下となった際に（時間 t_4 ）、機能有効無効処理部 20 は速度制限部 15 による速度制限機能を無効にする。なお、時間 t_2 以後は指令速度 V_r とモータ速度 V_{fb} はほぼ同じ値となっている。

[0029] 一方で、トルク制限部 17 による第 1 トルク制限機能が無効とされた場合（図 3 に示す例では、トルク制限部 17 が第 1 トルク制限を解除した場合と同じタイミング。時間 t_2 ）に、ゲイン調整部 19 がループゲインを低下させる。ループゲインは、位置制御部 14 の位置ループゲイン又は速度制御部 16 の速度ループゲインのいずれか一方若しくは両方でもよいが、ここでは位置制御部 14 の位置ループゲインを低下させるのが好ましい。ゲイン低下の開始タイミングと速度制限開始のタイミングがほぼ同時であり、ゲイン変更時に速度制限部 15 による速度制限が実行されていることから、ゲイン変更に伴うショックの影響がないからである。その後、ゲイン調整部 19 は、位置偏差 P_e が所定の位置偏差以下となった際に（時間 t_4 ）、ループゲインを低下させる前の値に復帰させる。

[0030] なお、第 1 トルク制限の解除と速度制限の開始のタイミングは、図 3 では

時間 t_2 で同時として示しているが、上位コントローラ 12 との信号の送受信や信号処理に要する時間等により両タイミングにずれが生じる場合がある。したがって、上記ゲイン低下の開始タイミングを、速度制限部 15 による速度制限機能が有効とされた場合（図 3 に示す例では、速度制限部 15 が速度制限を開始した場合と同じタイミング）としてもよい。これにより、速度制限の開始と共に確実にゲイン低下を実施することができる。

[0031] <実施形態の効果>

以上説明したように、本実施形態のモータ制御装置 1 においては、電圧検出部 5 により主回路 11 の直流電圧が所定電圧 V_0 を下回ったことが検出された場合に、トルク制限部 17 が指令トルク T_r をトルク制限値 T_{lim} ($= T_1$) 以下に制限する。これにより、モータ 10 を低トルクで駆動させて電力消費を少なくすることができるので、瞬時停電等により主回路電源電圧の低下が発生した場合でもモータ 10 を駆動し続けることができる。

[0032] なお、第 1 トルク制限を実施することにより、モータ 10 が位置指令 P_r に追従できず、位置偏差 P_e が大きくなる可能性がある。この場合、主回路電源電圧が復帰した際に、増大した位置偏差 P_e に対応した速度指令 V_r によってモータ速度 V_{fb} が急上昇し、モータ 10 がオーバーシュートして過速度アラーム AL の発生等により停止するおそれがある（このときのモータ速度を図 3 に一点鎖線 V_{fb}' で示す）。

[0033] そこで本実施形態においては、トルク制限部 17 が第 1 トルク制限を解除した際に、速度制限部 15 が指令速度 V_r を速度制限値 V_{lim} ($= V_1$) 以下に制限する。これにより、トルク制限時に位置偏差 P_e が増大していても、トルク制限解除時に当該増大した位置偏差 P_e に対応した過大な速度指令 V_r が速度制御部 16 に出力されるのを防止し、モータ 10 を適切な速度に制御することができる。したがって、モータ 10 のオーバーシュートを防止して過速度アラーム AL の発生等による停止を回避でき、主回路電源電圧の復帰時にモータ 10 が停止するのを防止できる。

[0034] また、本実施形態では次のような効果をも得ることができる。すなわち、

主回路電源電圧の復帰時のモータ速度 V_{fb} と速度制限値 V_{lim} ($=V_1$) との間に偏差が有る場合、速度制限部 15 による速度制限を開始する際に急激な速度変動が生じる可能性がある。そこで本実施形態においては、制限値可変部 18 が、速度制限部 15 の速度制限値 V_{lim} を可変させ、指令速度 V_r を速度 V_2 から速度 V_1 まで所定の加速度で徐々に変化させるので、速度制限開始時におけるモータ 10 の急激な加速を回避して装置へのショックを低減できると共に、モータ 10 の動作を滑らかにできる。

[0035] また、本実施形態では次のような効果をも得ることができる。すなわち、速度制限部 15 により速度制限を実施した場合、位置偏差 P_e が小さくなることで指令速度 V_r が速度 V_1 未満となり指令速度制限から外れた際に（すなわち本来の速度指令 V_r に追従しようと減速した際に）、モータ 10 が急激に減速してしまい、装置にショックを与える可能性がある。そこで本実施形態においては、主回路電源電圧の復帰時に、ゲイン調整部 19 が位置制御部 14 による位置ループゲイン又は速度制御部 16 による速度ループゲインの少なくとも一方を低下させる。これにより、モータ 10 の応答性を下げることができるので、指令速度 V_r が指令速度制限から外れる際の速度変動を緩和することができる。したがって、モータ 10 の急激な減速を回避して装置へのショックを低減できると共に、モータ 10 の動作を滑らかにできる。なお、この場合におけるゲイン調整部 19 が変化緩和部の一例に相当する。

[0036] また、ゲイン調整部 19 は、第 1 トルク制限の解除時又は速度制限の開始時にゲインを低下させるので、速度制限開始時においても、上述した速度制限値 V_{lim} の可変による効果と共に、指令速度 V_r の急峻な変化を緩和させる効果を相乗的に得ることができる。なお、ゲイン調整部 19 によるゲインの低下によって速度制限開始時における指令速度 V_r の変化の緩和効果を得ることができるので、上記実施形態において制限値可変部 18 による速度制限値 V_{lim} の可変を行わないようにしてもよい。

[0037] また、本実施形態では特に、位置指令 P_r とモータ位置 P_{fb} との位置偏差 P_e が所定の位置偏差以下となった場合に、機能有効無効処理部 20 が速

度制限部 15 による速度制限を解除し、ゲイン調整部 19 がループゲインを低下させる前の値に復帰させる。これにより、速度制限が解除されずに、あるいは、ループゲインが低下させる前の値に復帰されずに、その後の通常のモータ制御に影響を及ぼすことを確実に防止できる。

[0038] <変形例>

なお、本発明は、上記実施形態に限られるものではなく、その趣旨及び技術的思想を逸脱しない範囲内で種々の変形が可能である。以下、そのような変形例を順を追って説明する。

[0039] (1) 速度制限値を可変させて指令速度を徐々に減速させる場合

上記実施形態では、指令速度 V_r が指令速度制限から外れる際に、ループゲインを低下させることによって指令速度の急峻な変化を緩和させるようにしたが、変化を緩和させる手段はこれに限定されるものではない。例えば、制限値可変部 18 により速度制限値を可変させ、指令速度 V_r を徐々に減速させることによって指令速度 V_r の急峻な変化を緩和させてもよい。図 4 乃至図 6 を用いて本変形例について説明する。

[0040] 図 4 に示すように、本変形例の制御部 6A が前述の制御部 6 と異なる点は、制限値可変部 18 に代えて制限値可変部 18A を有することと、ゲイン調整部 19 を有しない点である。制限値可変部 18A (変化緩和部の一例に相当) は、速度制限部 15 により指令速度 V_r を V_1 以下とする速度制限が実施された場合に、所定のタイミングで速度制限部 15 の速度制限値 V_{lim} を可変させ、指令速度 V_r を速度 V_1 から所定の減速度で速度 0 となるまで減速させる。指令速度 V_r の減速を開始するタイミングは、位置指令 P_r とモータ位置 P_{fb} との位置偏差 P_e が、速度制限値 V_{lim} ($=V_1$) から所定の減速度 d_{ec} で減速させた場合にモータ 10 が停止するまでに必要な減速距離 L より小さくなった時点である。所定の減速度 d_{ec} は、パラメータとして任意の値に設定される。なお、制限値可変部 18A が、第 1 トルク制限の解除時に指令速度 V_r を速度 V_2 から速度 V_1 に加速させるように速度制限値 V_{lim} を可変させる点は、前述の制限値可変部 18 と同様である

。

[0041] 次に、図5を用いて、指令速度 V_r の減速開始タイミングの一例について説明する。図5に示すように、指令速度 V_r が速度 V_1 から速度0まで時間 t の間に一定の減速度 d_{ec} で直線的に減速するものとする、モータ10が停止するまでに必要な減速距離 L （斜線部の面積）は、式（1）に示すように $(1/2) \times t \times V_1$ となる。ここで、減速度 d_{ec} は式（2）に示すように V_1/t で表せることから、式（3）に示すように $t = V_1/d_{ec}$ と変形できる。式（3）を式（1）に代入し整理すると、式（4）に示すように減速距離 L は $V_1^2/2d_{ec}$ となる。速度 V_1 と減速度 d_{ec} はパラメータとして設定されるため、減速距離 L が定まる。したがって、制限値可変部18Aは、位置指令 P_r とモータ位置 P_{fb} との位置偏差 P_e を監視し、当該位置偏差 P_e が $V_1^2/2d_{ec}$ より小さくなった時点で、指令速度 V_r の減速を開始する。

[0042] 図6に、本変形例のモータ制御装置1の動作の一例を示す。制限値可変部18Aは、速度制限部15により指令速度を V_1 以下とする速度制限が実施された場合、位置偏差 P_e を監視し、当該位置偏差 P_e が減速距離 L より小さくなった際に（時間 t_5 ）、指令速度 V_r の減速を開始する。そして、制限値可変部18Aは、速度制限部15の速度制限値 V_{lim} を可変させ、指令速度 V_r が速度 V_1 から所定の減速度で速度0となるまで減速させる。指令速度 V_r が0となった際に（時間 t_6 ）、機能有効無効処理部20は速度制限部15による速度制限機能を無効にする。この無効の直前まで、速度制限部15は速度制限を実施しているので、速度制限部15の速度制限機能が無効となるタイミングと、速度制限部15が実際に速度制限を解除するタイミングとは、ほぼ同時となる。

[0043] 本発明によれば、モータ位置 P_{fb} に応じた位置偏差 P_e に基づいて、制限値可変部18Aが、指令速度 V_r が速度 V_1 から所定の減速度で減速するように速度制限部15の速度制限値 V_{lim} を可変させ、速度制限をかけた状態でモータ10を減速させて停止させる。これにより、モータ10の急激

な減速を回避して装置へのショックを低減できると共に、モータ10の動作を滑らかにできる。また、位置偏差 P_e と減速距離 L が略等しくなるタイミングで減速を開始することで、目標位置に精度良く位置決めすることができる。

[0044] (2) 制御部がローパスフィルタを有する場合

指令速度 V_r が指令速度制限から外れる際の変化を緩和させる手段としては、上記以外に例えば、速度指令 V_r の高周波成分を除去するローパスフィルタを設けることが考えられる。図7及び図8を用いて本変形例について説明する。

[0045] 図7に示すように、本変形例の制御部6Bは、速度指令 V_r の高周波成分を除去するローパスフィルタ21を有している。機能有効無効処理部20（機能有効処理部、機能無効処理部、変化緩和部の一例に相当）は、速度制限部15による速度制限の開始時に、ローパスフィルタ21のフィルタ機能を有効にする。なお、本変形例においても、制御部6Bはゲイン調整部19を有しない。その他の構成は、前述の実施形態（図2）と同様である。

[0046] 図8に、本変形例のモータ制御装置1の動作の一例を示す。上述したように、機能有効無効処理部20は、速度制限部15による速度制限の開始時に（時間 t_2 ）、ローパスフィルタ21のフィルタ機能を有効にする。その結果、指令速度 V_r が指令速度制限から外れた際に、モータ速度 V_{fb} に基づいて、ローパスフィルタ21のフィルタ機能が働いて速度指令 V_r の高周波成分を除去する（時間 t_3 ）。そして、位置偏差 P_e が所定の位置偏差以下となった際に（時間 t_4 ）、機能有効無効処理部20は速度制限部15による速度制限機能を無効にすると共に、フィルタ機能を無効にする。

[0047] 本変形例によれば、指令速度 V_r の急激な変化を抑制し、モータ10の急激な減速を回避して装置へのショックを低減できると共に、モータ10の動作を滑らかにできる。また、位置偏差 P_e が所定の位置偏差以下となった場合にフィルタ機能を無効とするので、ローパスフィルタ21のフィルタ機能が無効とされずに、その後の通常のモータ制御に影響を及ぼすことを確実に

防止できる。

[0048] (3) 負側トルクに制限をかける場合

指令速度 V_r が指令速度制限から外れる際の変化を緩和させる手段としては、上記以外に例えば、指令速度 V_r が指令速度制限から外れる際のトルク指令 T_r の負側への振れをトルク制限部17により制限することが考えられる。図9及び図10を用いて本変形例について説明する。

[0049] 図9に示すように、本変形例の制御部6Cが前述の制御部6と異なる点は、トルク制限部17に代えてトルク制限部17Cを有することと、ゲイン調整部19を有しない点である。トルク制限部17Cは、前述の第1トルク制限に加え、指令トルク T_r をトルク制限値 T_{lim} (= T_2)以上に制限する第2トルク制限を実施する。トルク制限値 T_2 は、パラメータとして任意の値に設定される。トルク制限部17Cによる第2トルク制限機能は、速度制限部15による速度制限の開始時に(時間 t_2)、機能有効無効処理部20(変化緩和部の一例に相当)によって有効にされ、位置偏差 P_e が所定の位置偏差以下となった際に(時間 t_4)、機能有効無効処理部20によって無効にされる。トルク制限部17Cは、この有効期間内に指令トルク T_r がトルク制限値 T_{lim} (= T_2)以下となった場合に実際に第2トルク制限を開始し、指令トルク T_r がトルク制限値 T_{lim} (= T_2)を上回った場合に第2トルク制限を解除する。

[0050] 図10に、本変形例のモータ制御装置1の動作の一例を示す。速度制限部15による速度制限の実施後、指令速度 V_r が速度 V_1 未満となり指令速度制限から外れた際に、指令トルク T_r が負側に大きく振れると(図10に一点鎖線 T_r' で示す)、モータ10が急激に減速してしまい、装置にショックを与える可能性がある。そこで、上述したように、速度制限開始時に機能有効処理部20が第2トルク制限を有効にしておき、指令速度 V_r が指令速度制限から外れた場合(指令トルク T_r が T_2 以下となった場合)に、モータ位置 P_{fb} 及びモータ速度 V_{fb} に基づくトルク指令 T_r に対して第2トルク制限を働かせる。これにより、指令速度 V_r が指令速度制限から外れた

瞬間の負側トルクに制限をかけることができる。その結果、モータ10の急激な減速を回避して装置へのショックを低減できると共に、モータ10の動作を滑らかにできる。また、位置偏差 P_e が所定の位置偏差以下となった場合に第2トルク制限を無効とするので、第2トルク制限が解除されずに、その後の通常のモータ制御に影響を及ぼすことを確実に防止できる。

[0051] また、以上既に述べた以外にも、上記実施形態や各変形例による手法を適宜組み合わせ利用しても良い。

[0052] その他、一々例示はしないが、その趣旨を逸脱しない範囲内において、種々の変更が加えられて実施されるものである。

符号の説明

[0053]	1	モータ制御装置
	2	コンバータ部
	3	平滑コンデンサ
	4	インバータ部
	5	電圧検出部
	6	制御部
	6A~6C	制御部
	7	交流電源
	10	モータ
	11	主回路
	12	上位コントローラ
	13	位置検出器
	14	位置制御部
	15	速度制限部
	16	速度制御部
	17	トルク制限部
	17C	トルク制限部
	18	制限値可変部

1 8 A	制限値可変部（変化緩和部）
1 9	ゲイン調整部（変化緩和部、機能無効処理部）
2 0	機能有効無効処理部（機能無効処理部、機能有効処理部、変化緩和部）
2 1	ローパスフィルタ
P r	位置指令
V r	速度指令
T r	トルク指令
P f b	モータ位置
V f b	モータ速度

請求の範囲

- [請求項1] 交流電源を直流電源に変換するコンバータ部、前記直流電源と並列に接続された平滑コンデンサ、及び、前記直流電源を交流電源に変換しモータを駆動するインバータ部を有する主回路と、
前記主回路の直流電圧を検出する電圧検出部と、
位置指令とモータ位置から速度指令を生成する位置制御部、及び、前記速度指令とモータ速度からトルク指令を生成する速度制御部を有し、前記トルク指令に基づき前記インバータ部を制御する制御部と、
を備え、
前記制御部は、
前記電圧検出部により前記直流電圧が所定電圧を下回ったことが検出された場合に、前記トルク指令による指令トルクを第1トルク以下に制限する第1トルク制限を開始し、前記直流電圧が前記所定電圧を上回ったことが検出された場合に、前記第1トルク制限を解除するトルク制限部と、
前記トルク制限部が前記第1トルク制限を解除した場合に、前記速度指令による指令速度を第1速度以下に制限する速度制限部と、を有する
ことを特徴とするモータ制御装置。
- [請求項2] 前記制御部は、
前記指令速度が前記第1トルク制限の解除時の前記モータ速度である第2速度から前記第1速度に至るまで所定の加速度又は減速度で変化するように、前記速度制限部の速度制限値を可変させる、制限値可変部をさらに有する
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3] 前記制御部は、
前記トルク制限部が前記第1トルク制限を解除した場合又は前記速度制限部が速度制限を開始した場合に、前記位置制御部又は前記速度

制御部の少なくとも一方のループゲインを低下させるゲイン調整部をさらに有する

ことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のモータ制御装置。

[請求項4]

前記制御部は、

前記指令速度が指令速度制限から外れた場合に、前記モータ位置又は前記モータ速度の少なくともいずれか一方に基づいて前記指令速度の急峻な変化を緩和させる変化緩和部を有する

ことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載のモータ制御装置。

[請求項5]

前記変化緩和部は、

前記位置指令と前記モータ位置との位置偏差が、前記第 1 速度から所定の減速度で減速させた場合に前記モータが停止までに必要な減速距離より小さくなった場合に、前記指令速度が前記第 1 速度から前記所定の減速度で減速するように、前記速度制限部の速度制限値を可変させる制限値可変部である

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]

前記制御部は、

前記速度指令の高周波成分を除去するローパスフィルタを有し、

前記変化緩和部は、

前記速度制限部による速度制限の開始時に、前記ローパスフィルタのフィルタ機能を有効にする機能有効処理部である

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7]

前記変化緩和部は、

前記速度制限部による速度制限の開始時に、前記指令トルクを第 2 トルク以上に制限する第 2 トルク制限を有効にする機能有効処理部である

ことを特徴とする請求項 4 に記載のモータ制御装置。

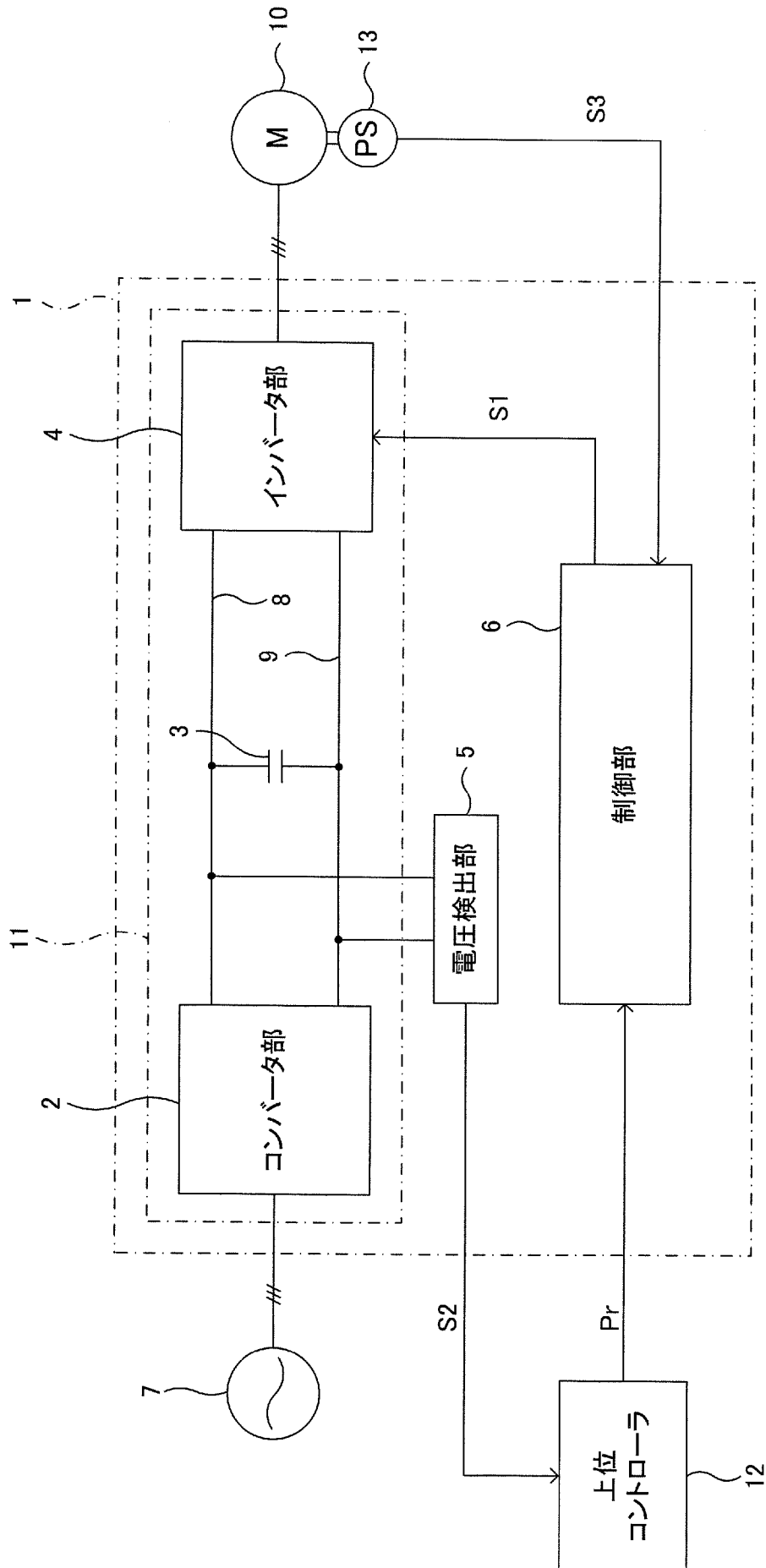
[請求項8]

前記位置指令と前記モータ位置との位置偏差が所定の位置偏差以下

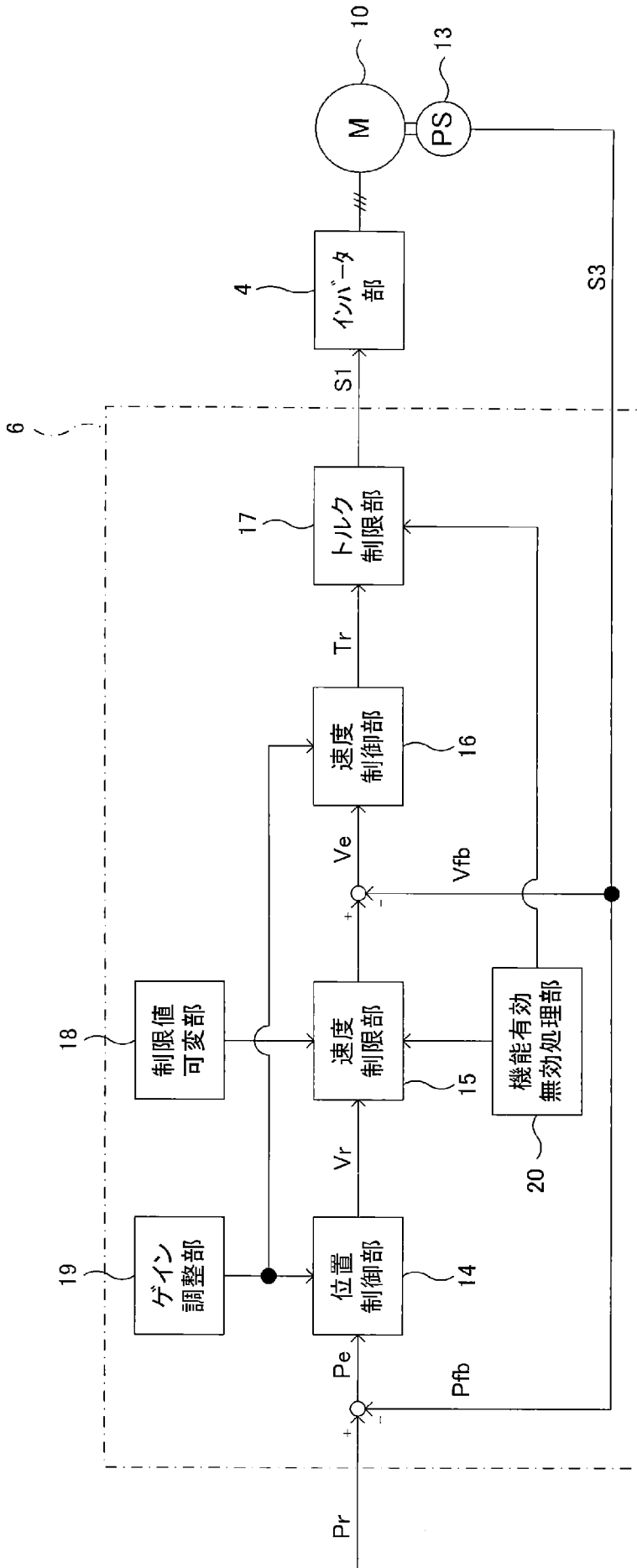
となった場合に、前記速度制限部による速度制限を解除し、又は、前記ループゲインを低下させる前の値に復帰させ、又は、前記フィルタ機能を無効にし、又は、前記第2トルク制限を解除する、機能無効処理部をさらに有する

ことを特徴とする請求項1乃至7のいずれか1項に記載のモータ制御装置。

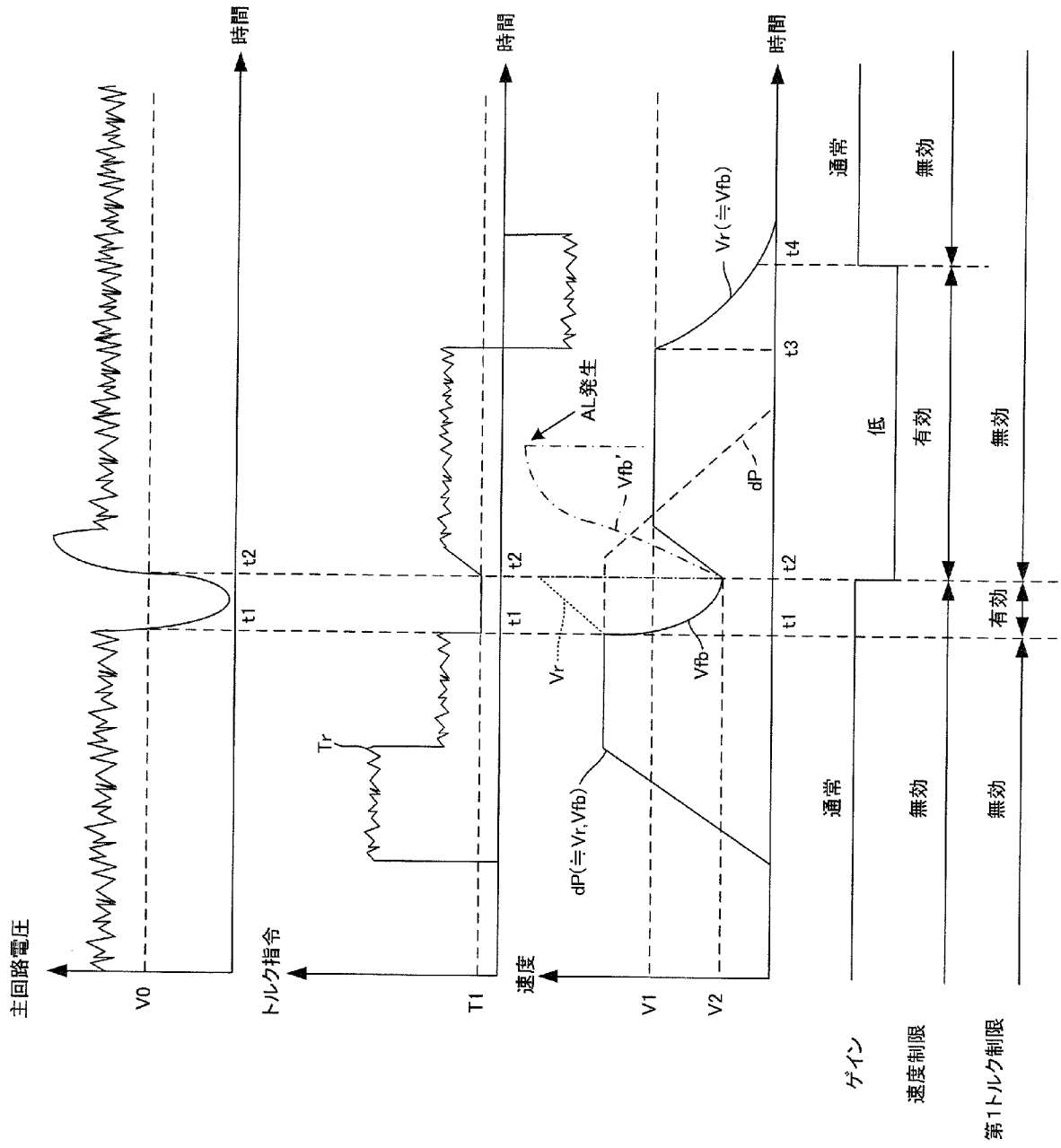
[図1]



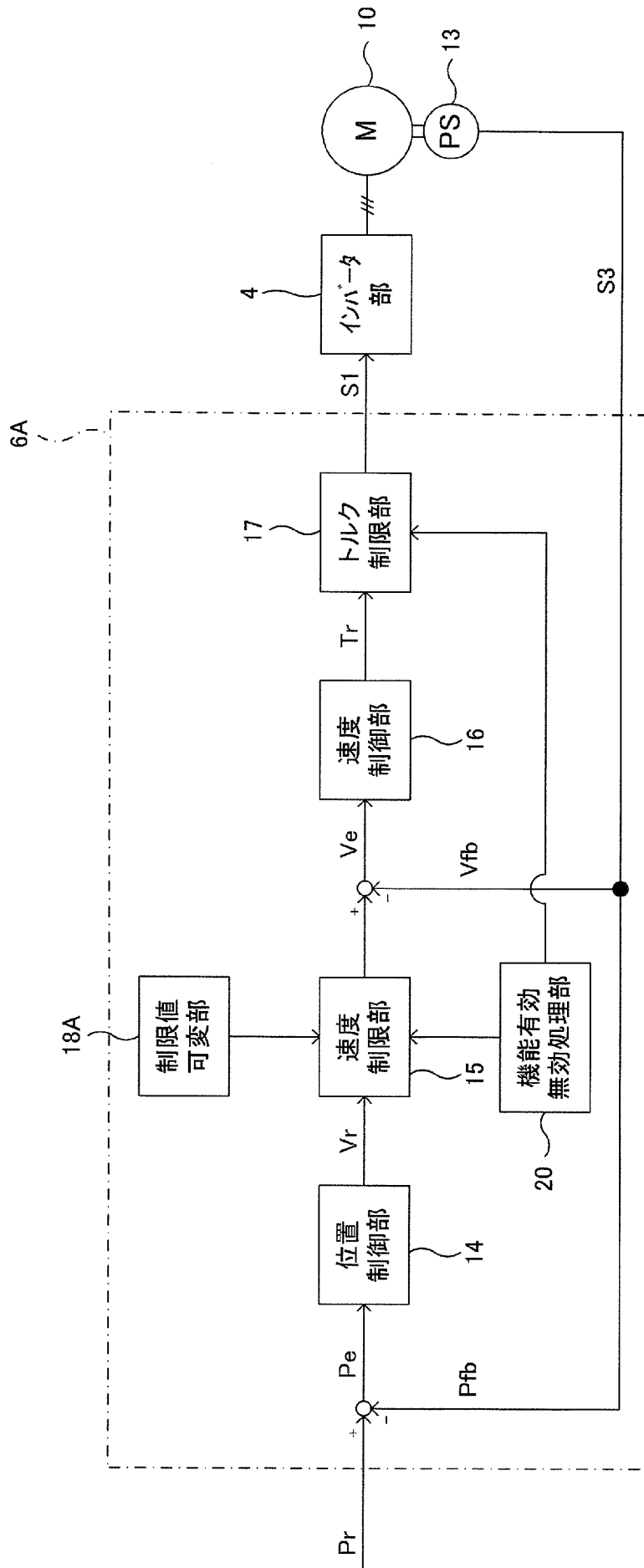
[図2]



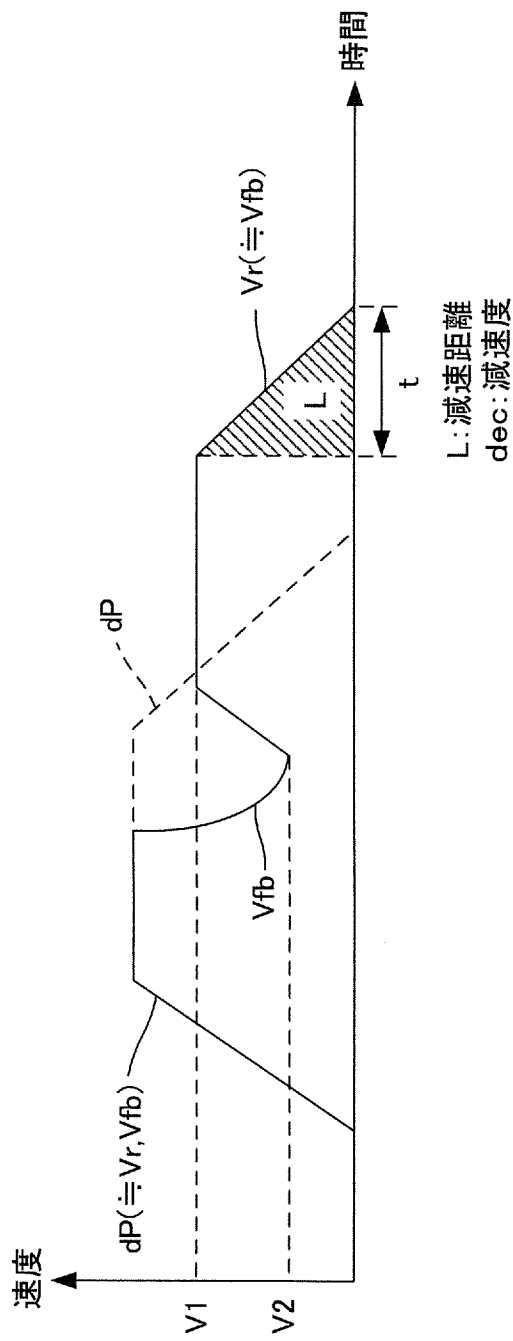
[図3]



[図4]



[図5]



$$L = (1/2) \times t \times V_1 \dots (1)$$

$$\text{dec} = V_1 / t \dots (2)$$

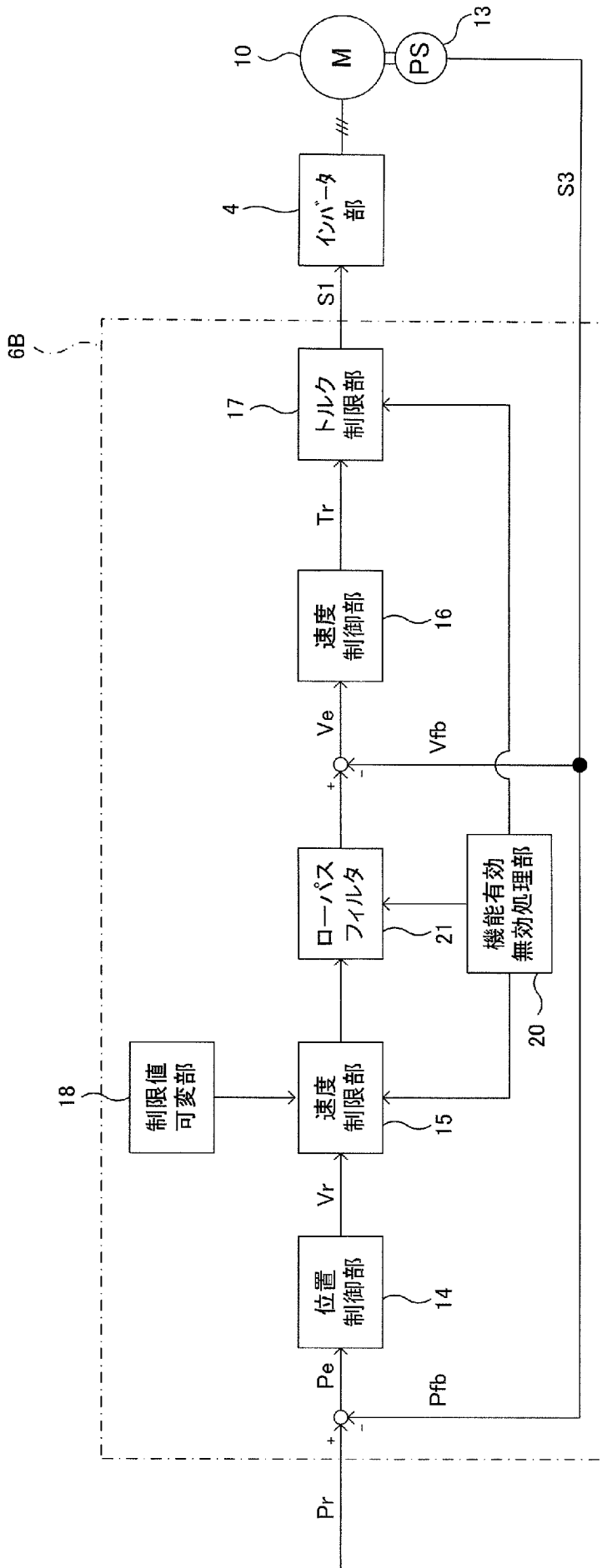
$$t = V_1 / \text{dec} \dots (3)$$

式(1)と式(3)により、

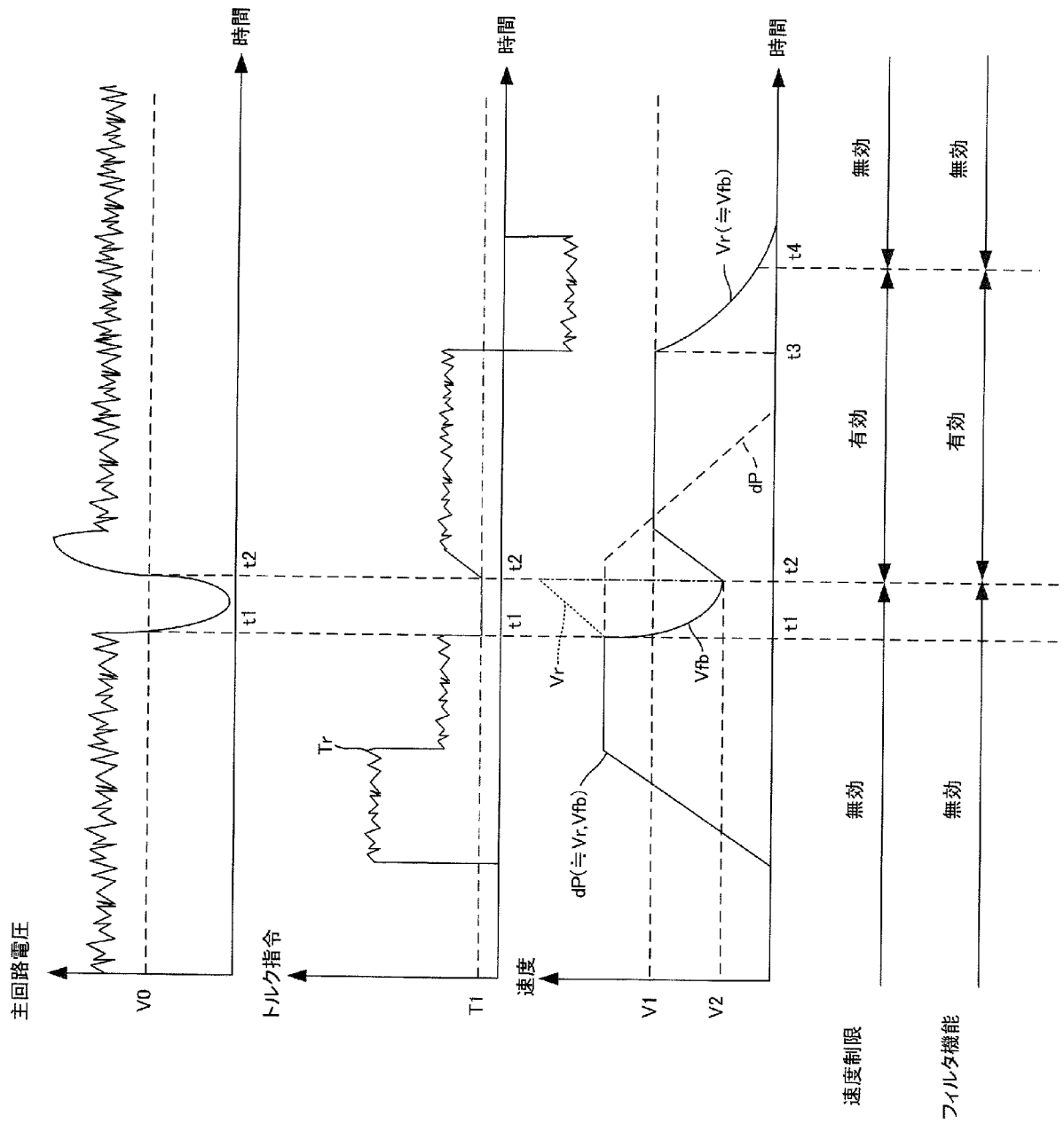
$$L = (1/2) \times (V_1 / \text{dec}) \times V_1 \\ = V_1^2 / 2\text{dec} \dots (4)$$

$$P_e < V_1^2 / 2\text{dec} \dots (5)$$

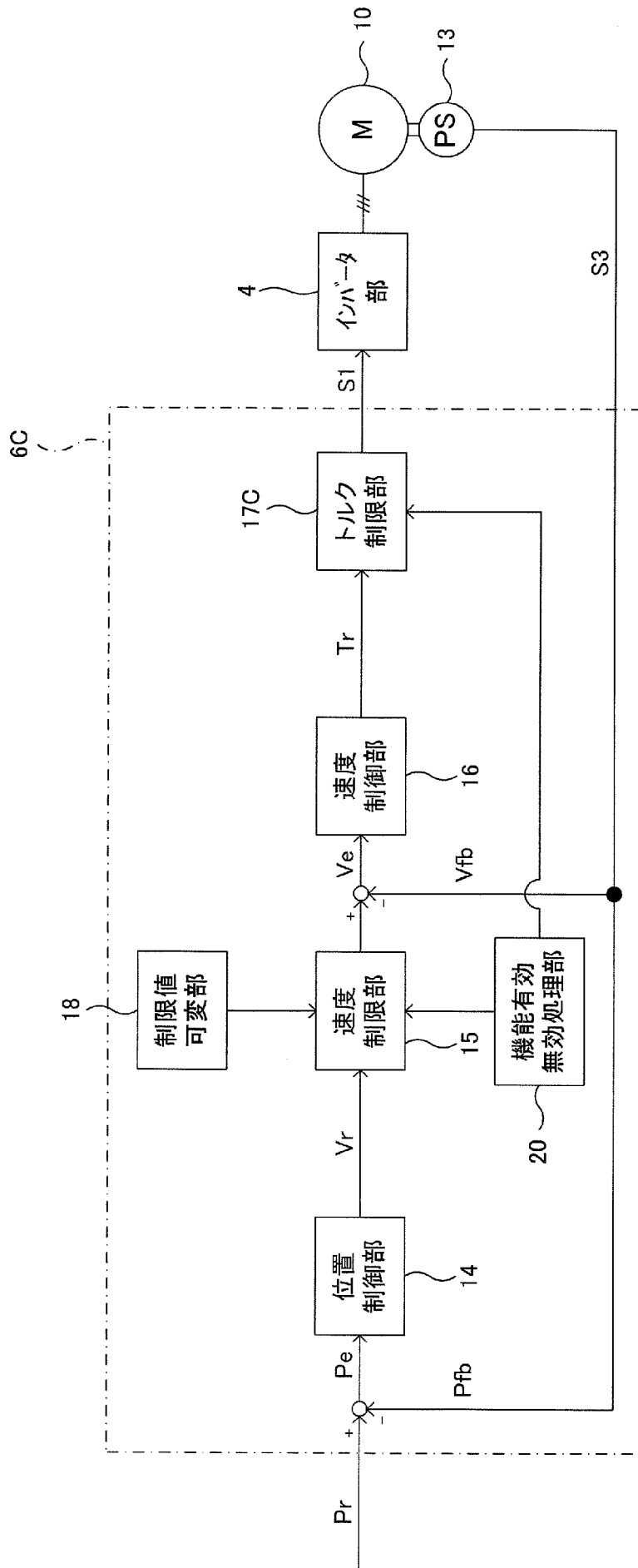
[図7]



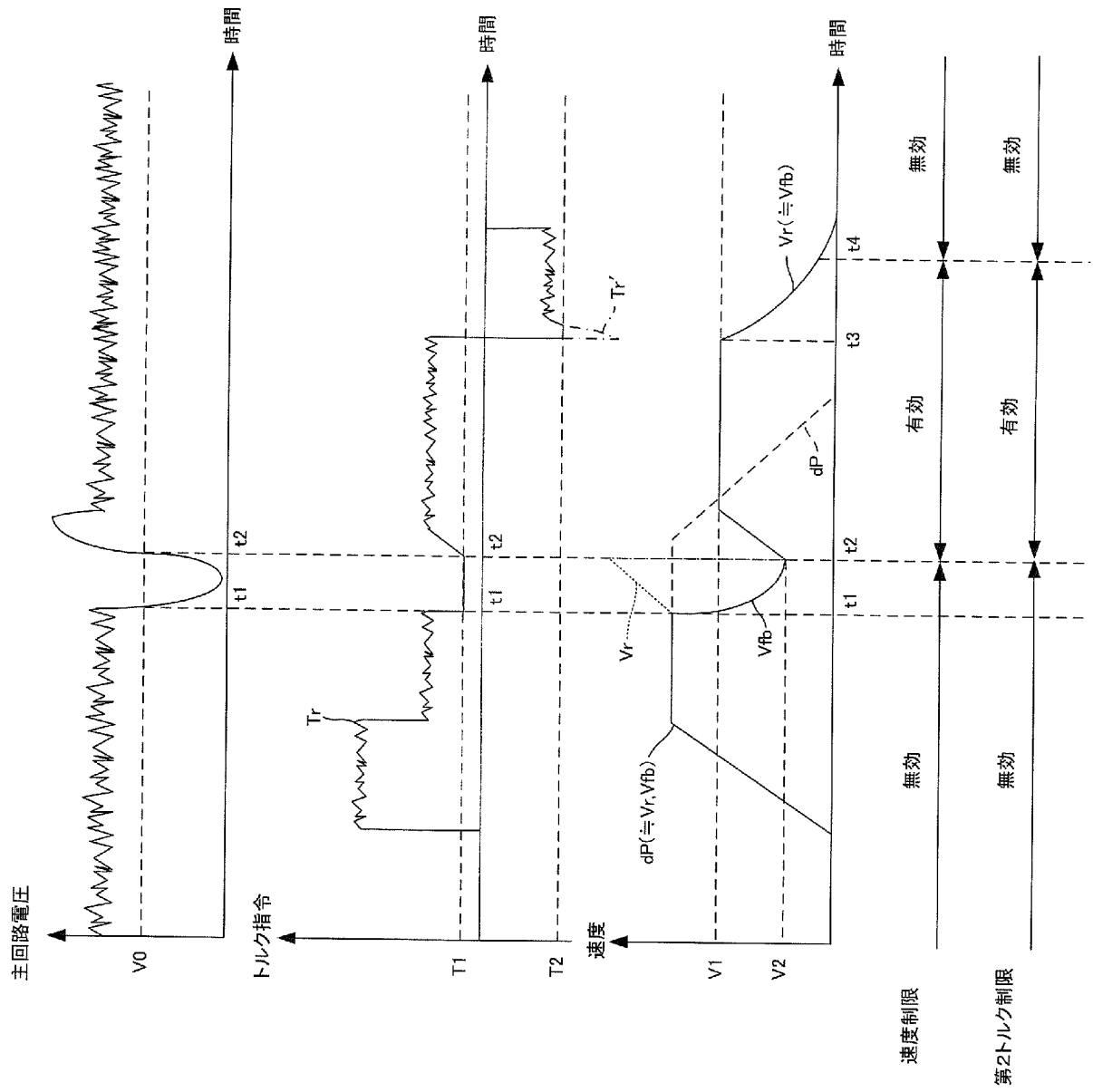
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/054607

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02P29/02 (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)

H02P29/02

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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.
A	JP 2012-39847 A (Nidec Sankyo Corp.), 23 February 2012 (23.02.2012), entire text; all drawings (Family: none)	1-8
A	JP 2009-227147 A (Aisin AW Co., Ltd.), 08 October 2009 (08.10.2009), entire text; all drawings & US 2009/0236160 A1 & WO 2009/119214 A1 & CN 101855115 A	1-8
A	JP 8-22330 A (Okuma Corp.), 23 January 1996 (23.01.1996), entire text; all drawings (Family: none)	1-8

 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 March, 2012 (30.03.12)Date of mailing of the international search report
10 April, 2012 (10.04.12)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/054607

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2008/093485 A1 (Yaskawa Electric Corp.), 07 August 2008 (07.08.2008), entire text; all drawings (Family: none)	1-8

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. H02P29/02(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 (IPC))
 Int.Cl. H02P29/02

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 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2012年
 日本国実用新案登録公報 1996-2012年
 日本国登録実用新案公報 1994-2012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
A	JP 2012-39847 A (日本電産サンキョー株式会社) 2012.02.23, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 2009-227147 A (アイシン・エイ・ダブリュ株式会社) 2009.10.08, 全文、全図 & US 2009/0236160 A1 & WO 2009/119214 A1 & CN 101855115 A	1-8
A	JP 8-22330 A (オークマ株式会社) 1996.01.23, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-8

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 30.03.2012	国際調査報告の発送日 10.04.2012
--------------------------	--------------------------

国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/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) 高橋 祐介 電話番号 03-3581-1101 内線 3358	3V	3027
---	--	----	------

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
A	WO 2008/093485 A1 (株式会社安川電機) 2008.08.07, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-8