

(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
2016年11月10日(10.11.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/178262 A1

- (51) 国際特許分類:
B62D 6/00 (2006.01) B62D 107/00 (2006.01)
B62D 101/00 (2006.01) B62D 119/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/063061
- (22) 国際出願日: 2015年5月1日(01.05.2015)
- (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: 三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 岸岡 宏行(KISHIOKA, Hiroyuki); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 銭谷 享(ZENIYA, Susumu); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 後藤 崇(GOTO, Takashi); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 田中 大輔(TANAKA, Daisuke); 〒1020073 東京都千代田区九段北一丁目13番5号 三菱電機エンジニアリング株式会社内 Tokyo (JP). ▲高▼島 章誉志(TAKASHIMA, Akiyoshi); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 岩見

英司(IWAMI, Eiji); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 曾我 道治, 外(SOGA, Michiharu et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内三丁目1番1号 国際ビルディング 8階 曾我特許事務所 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, BN, 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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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.

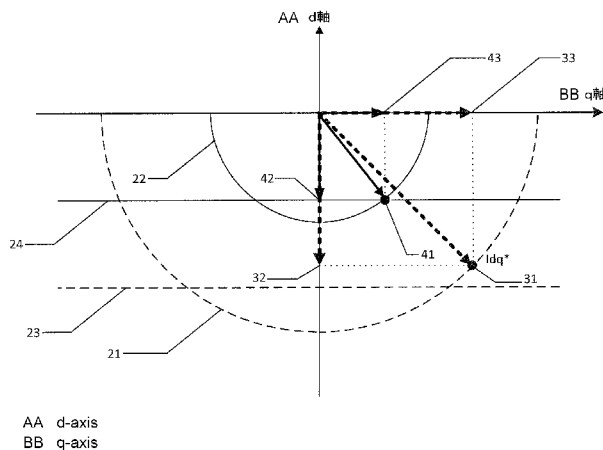
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),

[続葉有]

(54) Title: ELECTRIC POWER STEERING CONTROL DEVICE AND ELECTRIC POWER STEERING CONTROL METHOD

(54) 発明の名称: 電動パワーステアリング制御装置および電動パワーステアリング制御方法

[図2]



(57) Abstract: In the present invention, a main controller is provided with: a d-axis current limiter that calculates a post-limitation d-axis current instruction value by calculating a d-axis current limit value with priority on the basis of a dq conversion current limit value and clipping a d-axis current instruction value to be equal to or less than the d-axis current limit value; a q-axis current limiter that calculates a post-limitation q-axis current instruction value by calculating a q-axis current limit value on the basis of the dq conversion current limit value and the post-limitation d-axis current instruction value and clipping a q-axis current instruction value to be equal to or less than the q-axis current limit value; and an inverter controller that controls motor current on the basis of the post-limitation d-axis current instruction value and the post-limitation q-axis current instruction value.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2016/178262 A1

OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

主制御器は、 d q 変換電流制限値に基づいて d 軸電流制限値を優先して算出し、 d 軸電流指令値を d 軸電流制限値以下にクリップすることで制限後の d 軸電流指令値を算出する d 軸電流制限器と、 d q 変換電流制限値と制限後の d 軸電流指令値とに基づいて q 軸電流制限値を算出し、 q 軸電流指令値を q 軸電流制限値以下にクリップすることで制限後の q 軸電流指令値を算出する q 軸電流制限器と、制限後の d 軸電流指令値および制限後の q 軸電流指令値に基づいてモータ電流を制御するインバータ制御器とを備える。

明 細 書

発明の名称：

電動パワーステアリング制御装置および電動パワーステアリング制御方法

技術分野

[0001] 本発明は、電動パワーステアリング制御装置および電動パワーステアリング制御方法に関し、特に、ステアリングホイールの操舵を補助する交流モータを駆動制御するための電流指令値演算に関するものである。

背景技術

[0002] 従来の電動パワーステアリング制御装置においては、ステアリングホイールの高速操舵時の操舵追従性を良好とするために、交流モータに出力させるアシストトルクの指令値を、 q 軸の電流値（以下、 q 軸電流指令値と称す）と、その交流モータの弱め界磁制御による、 d 軸の電流値（以下、 d 軸電流指令値と称す）より決定している。

[0003] さらに、この従来の電動パワーステアリング制御装置は、所定の条件が成立し、 q 軸電流指令値を制限する必要がある場合には、操舵フィーリングの改善を目的として、 q 軸電流指令値を制限するだけでなく、 q 軸電流指令値の制限と同じ割合で d 軸電流指令値を制限する機能を備えている（例えば、特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許第5224032号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、従来技術には、以下のような課題がある。

図5は、従来の電動パワーステアリング制御装置におけるモータ回転数に対する d 軸電流指令値、およびモータ回転数に対するアシストトルクの最大値の関係を示した図である。モータの逆起電力が電源電圧を超える所定のモ

ータ回転数 N_1 以上では、アシストトルクの最大値が低下する問題がある。この問題に対して、従来の電動パワーステアリング制御装置は、弱め界磁制御を行っている。具体的には、従来の電動パワーステアリング制御装置は、モータ回転数に基づく d 軸電流指令値を出力し、アシストトルクの最大値が低下することを緩和する制御を行っている。

[0006] ここで、図5に示すように、何らかの制限により、回転数 N_2 以上で必要とされる d 軸電流指令値が不足した場合には、この回転数 N_2 以上では、アシストトルクの最大値がより低下する原因となる。

[0007] そして、従来の電動パワーステアリング制御装置では、所定の条件が成立し、 q 軸電流指令値が制限された場合には、その制限と同じ割合で、 d 軸電流指令値も制限していた。このため、ステアリングホイールを急峻に操作していた場合には、 d 軸電流指令値が不足し、転追性が低下する問題があった。

[0008] 本発明は、前記のような課題を解決するためになされたものであり、高速操舵域で、ステアリングホイールの操舵を補助する交流モータに対して電流制限がかかった際に、従来技術よりも転追性を向上させることのできる電動パワーステアリング制御装置および電動パワーステアリング制御方法を得ることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明に係る電動パワーステアリング制御装置は、ステアリングホイールの操舵を補助する交流モータを駆動させるためのモータ電流を、 d 軸電流指令値と q 軸電流指令値に基づいて制御する主制御器を備えた電動パワーステアリング制御装置において、主制御器は、 d 軸電流指令値と q 軸電流指令値の二乗和の平方根である d q 変換電流指令値に制限がかかった場合に、 d q 変換電流指令値の制限値である d q 変換電流制限値に基づいて d 軸電流制限値を優先して算出し、 d 軸電流指令値を d 軸電流制限値以下にクリップすることで制限後の d 軸電流指令値を算出する d 軸電流制限器と、 d q 変換電流制限値と d 軸電流制限器によって算出された制限後の d 軸電流指令値とに基

づいてq軸電流制限値を算出し、q軸電流指令値をq軸電流制限値以下にクリップすることで制限後のq軸電流指令値を算出するq軸電流制限器と、制限後のd軸電流指令値と制限後のq軸電流指令値とに基づいてモータ電流を制御するインバータ制御器とを備えるものである。

[0010] また、本発明に係る電動パワーステアリング制御方法は、ステアリングホイールの操舵を補助する交流モータを駆動させるためのモータ電流を、d軸電流指令値とq軸電流指令値に基づいて制御する主制御器によって実行される電動パワーステアリング制御方法であって、d軸電流指令値とq軸電流指令値の二乗和の平方根であるdq変換電流指令値に制限がかかった場合に、主制御器において、dq変換電流指令値の制限値であるdq変換電流制限値を取得する第1ステップと、第1ステップにより取得したdq変換電流制限値に基づいてd軸電流制限値を優先して算出する第2ステップと、d軸電流指令値を、第2ステップで算出したd軸電流制限値以下にクリップすることで制限後のd軸電流指令値を算出する第3ステップと、第1ステップで取得したdq変換電流制限値と、第3ステップで算出した制限後のd軸電流指令値とに基づいて、q軸電流制限値を算出する第4ステップと、q軸電流指令値を、第4ステップで算出したq軸電流制限値以下にクリップすることで制限後のq軸電流指令値を算出する第5ステップと、第3ステップで算出した制限後のd軸電流指令値と、第5ステップで算出した制限後のq軸電流指令値とに基づいて、モータ電流を制御する第6ステップとを有するものである。

発明の効果

[0011] 本発明によれば、ステアリングホイールを操舵中に電流制限が行われた場合において、d軸電流指令値を、q軸電流指令値の制限割合に関係なく、d軸の電流制限値以下であれば出力可能とし、d軸電流指令値を、q軸電流指令値より優先的に算出する制御を行っている。このような構成を備えることで、交流モータの高回転域において、従来技術と比較して、d軸電流指令値の制限を緩和することができる。この結果、従来技術よりも転追性を向上さ

せることのできる電動パワーステアリング制御装置および電動パワーステアリング制御方法を得ることができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]本発明の実施の形態1における電動パワーステアリング制御装置の全体構成図である。

[図2]本発明の実施の形態1における電動パワーステアリング制御装置による電流制限方法を説明するための図である。

[図3]特許文献1における電動パワーステアリング制御装置による電流制限方法を説明するための図である。

[図4]本発明の実施の形態1におけるECUによって実行される電動パワーステアリング制御方法の一連処理を示したフローチャートである。

[図5]従来の電動パワーステアリング制御装置におけるモータ回転数に対するd軸電流指令値、およびモータ回転数に対するアシストトルクの最大値の関係を示した図である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、本発明の電動パワーステアリング制御装置および電動パワーステアリング制御方法の好適な実施の形態につき、図面を用いて説明する。

[0014] 実施の形態1.

図1は、本発明の実施の形態1における電動パワーステアリング制御装置の全体構成図である。より具体的には、この図1に示す電動パワーステアリング制御装置は、制御を司るために車両に装着された主制御器10（以下、ECU10と称す）、ハンドルの操舵力をアシストするモータ1、ハンドル付近に搭載され操舵トルクを検出するトルクセンサ2、車速を検出する車速センサ3、モータ1の回転角度を検出するレゾルバセンサ4、ECU10の雰囲気温度を検出する温度センサ5を備えて構成されている。

[0015] CPUを内蔵するECU10は、q軸電流演算器11、モータ回転数演算器12、d軸電流演算器13、dq変換電流制限値演算器14、d軸電流制限器15、q軸電流制限器16、およびインバータ制御器17を備えて構成

されている。

- [0016] q軸電流演算器11は、トルクセンサ2にて検出された操舵トルク信号 T_{rq} と、車速センサで検出された車速信号 V_s を入力し、q軸電流指令値 I_q を設定する。モータ回転数演算器12は、レゾルバセンサ4で検出されたモータ1の回転角度 θ から、単位時間当たりのモータ回転数 N を演算する。
- [0017] d軸電流演算器13は、q軸電流演算器11により設定されたq軸電流指令値 I_q と、モータ回転数演算器12により演算された単位時間当たりのモータ回転数 N より、d軸電流指令値 I_d を設定する。
- [0018] また、dq変換電流制限値演算器14は、温度センサ5によって検出された雰囲気温度 T より、モータ電流の制限値であるdq変換電流制限値 I_{dq_LIM} を決定する。
- [0019] d軸電流制限器15は、dq変換電流制限値演算器14で決定されたdq変換電流制限値 I_{dq_LIM} を用いて、d軸電流演算器13により設定されたd軸電流指令値 I_d を制限する。また、q軸電流制限器16は、d軸電流制限器15による制限後のd軸電流指令値 I_d' （以下、制限後d軸電流指令値 I_d' と称す）、およびdq変換電流制限値演算器14により決定されたdq変換電流制限値 I_{dq_LIM} を用いて、q軸電流演算器11で設定されたq軸電流指令値 I_q を制限する。
- [0020] さらに、インバータ制御器17は、q軸電流制限器16による制限後のq軸電流指令値 I_q' （以下、制限後q軸電流指令値 I_q' と称す）、d軸電流制限器15による制限後d軸電流指令値 I_d' 、およびレゾルバセンサ4で検出されたモータ1の回転角度 θ より、3相電流 I_u 、 I_v 、 I_w を出力し、モータ1を駆動させる。
- [0021] ここで、モータ電流の最大値をdq変換電流定格値 I_{dq_MAX} とし、d軸電流の最大値をd軸電流定格値 I_{d_MAX} とした場合を考える。この場合、d軸電流制限器15は、d軸電流制限値 I_{d_LIM} を、下式(1)に従って、dq変換電流制限値 I_{dq_LIM} を用いて算出する。さらに、d軸電流制限器15は、d軸電流指令値 I_d を、下式(2)に従って、d軸

電流制限値 $|d_LIM|$ 以下に制限することで、制限後 d 軸電流指令値 $|d'$ を算出する。

[0022] [数1]

$$Id_LIM = Id_MAX \times \frac{Idq_LIM}{Idq_MAX} \quad (1)$$

$$Id' = MIN(Id, Id_LIM) \quad (2)$$

[0023] 次に、q 軸電流制限器 16 は、q 軸電流制限値 ($|q_LIM|$) を、下式 (3) に従って、制限後 d 軸電流指令値 $|d'$ と dq 変換電流制限値 $|dq_LIM|$ を用いて算出する。さらに、q 軸電流制限器 16 は、q 軸電流指令値 $|q'$ を、下式 (4) に従って、q 軸電流制限値 $|q_LIM|$ 以下に制限することで、制限後 q 軸電流制限値 $|q'$ を算出する。

[0024] [数2]

$$Iq_LIM = \sqrt{Idq_LIM^2 - Id'^2} \quad (3)$$

$$Iq' = MIN(Iq, Iq_LIM) \quad (4)$$

[0025] すなわち、本実施の形態 1 における ECU 10 は、以下の手順で電流指令値の演算を行っている。

(手順 1) dq 変換電流制限値 $|dq_LIM|$ により、d 軸電流指令値 $|d$ と q 軸電流指令値 $|q$ が、例えば過熱保護制限のように、なんらかの制限を受けた場合には、まず、上式 (1)、(2) に従って、制限後 d 軸電流指令値 $|d'$ を算出する。

(手順 2) 次に、dq 変換電流制限値 $|dq_LIM|$ の範囲内で、上式 (3)、(4) に従って、制限後 q 軸電流指令値 $|q'$ を算出する。

[0026] 換言すると、本実施の形態 1 における電動パワーステアリング制御装置は、最適な制限後 d 軸電流指令値 $|d'$ を優先して算出した後、最適な制限後 q 軸電流指令値 $|q'$ を算出することを技術的特徴としている。この結果、高い転追性を実現可能な電動パワーステアリング制御装置を得ることができる。

[0027] そこで、次に、本実施の形態 1 における電動パワーステアリング制御装置

によって得られる効果を、特許文献 1 による従来の電流制限方法と比較しながら、詳細に説明する。図 2 は、本発明の実施の形態 1 における電動パワーステアリング制御装置による電流制限方法を説明するための図である。一方、図 3 は、特許文献 1 における電動パワーステアリング制御装置による電流制限方法を説明するための図である。

[0028] 本実施の形態 1 における電流制御方法を示した図 2 は、横軸を q 軸電流指令値とし、縦軸を d 軸電流指令値としたモータ電流のベクトル図であり、それぞれの符号は、以下の内容を意味している。

- ・半円 2 1 : d q 変換電流制限値 $|d_{q_L}|M$ が、 d q 変換電流指令値の定格値 $|d_{q_MAX}$ であるときの半円

- ・半円 2 2 : 電流制限により d q 変換電流制限値 $|d_{q_L}|M$ が、半円 2 1 よりも小さい値に制限されたときの半円

- ・直線 2 3 : d 軸電流制限値 $|d_L|M$ が、 d 軸電流指令値の定格値 $|d_MAX|$ であるときの制限値

- ・直線 2 4 : d 軸電流制限値 $|d_L|M$ が、電流制限により、直線 2 3 よりも低下したときの制限値

[0029] ・合成ベクトル 3 1 : q 軸電流指令値と d 軸電流指令値を合成した d q 変換電流指令値 $|d_{q*}|$ であり、ベクトルの大きさが、半円 2 1 による d q 変換電流制限値に等しいときの合成ベクトル

- ・ d 軸ベクトル 3 2 : 合成ベクトル 3 1 に対応する d 軸成分としての、制限後 d 軸電流指令値 $|d'|$ を示すベクトル

- ・ q 軸ベクトル 3 3 : 合成ベクトル 3 1 に対応する q 軸成分としての、制限後 q 軸電流指令値 $|q'|$ を示すベクトル

[0030] ・合成ベクトル 4 1 : q 軸電流指令値と d 軸電流指令値を合成した d q 変換電流指令値 $|d_{q*}|$ であり、ベクトルの大きさが、半円 2 2 による d q 変換電流制限値に等しいときの合成ベクトル

- ・ d 軸ベクトル 4 2 : 合成ベクトル 4 1 に対応する d 軸成分としての、制限後 d 軸電流指令値 $|d'|$ を示すベクトル

・ q 軸ベクトル 4 3 : 合成ベクトル 4 1 に対応する q 軸成分としての、制限後 q 軸電流指令値 $I_{q'}$ を示すベクトル

[0031] 次に、電流制限が働き、d q 変換電流制限値 $I_{dq_L} | M$ が、半円 2 1 の状態から半円 2 2 の状態に下がった場合における、本実施の形態 1 に係る電流制御方法について、この図 2 に基づいて詳細に説明する。

[0032] d q 変換電流制限値 $I_{dq_L} | M$ が小さくなると、上式 (1) に従って、d 軸電流制限値 $I_{d_L} | M$ が、直線 2 3 から直線 2 4 に下がる。その結果、制限後 d 軸電流指令値 $I_{d'}$ が、上式 (2) に従って算出され、ベクトル 3 2 からベクトル 4 2 へ下がる。すなわち、制限後 d 軸電流指令値 $I_{d'}$ が優先して算出されることとなる。

[0033] 次に、q 軸電流制限値 $I_{q_L} | M$ が上式 (3) によって求められ、その結果、制限後 q 軸電流指令値 $I_{q'}$ が、上式 (4) に従って算出され、ベクトル 3 3 からベクトル 4 3 まで低下する。そして、最終的に、モータ 1 に流れる電流は、ベクトル 4 2 とベクトル 4 3 の合成ベクトル 4 1 のようになる。

[0034] 一方、特許文献 1 における電流制御方法を示した図 3 は、先の図 2 と同様に、横軸を q 軸電流指令値とし、縦軸を d 軸電流指令値としたモータ電流のベクトル図であり、それぞれの符号は、以下の内容を意味している。なお、図 2 と共通する符号は、同一の内容を意味しており、説明を省略する。

・ 合成ベクトル 5 1 : q 軸電流指令値と d 軸電流指令値を合成した d q 変換電流指令値 I_{dq*} であり、ベクトルの大きさが、半円 2 2 による d q 変換電流制限値に等しいときの合成ベクトル

・ d 軸ベクトル 5 2 : 合成ベクトル 5 1 に対応する d 軸成分としての、制限後 d 軸電流指令値 $I_{d'}$ を示すベクトル

・ q 軸ベクトル 5 3 : 合成ベクトル 5 1 に対応する q 軸成分としての、制限後 q 軸電流指令値 $I_{q'}$ を示すベクトル

[0035] 次に、先の図 2 の場合と同様に、電流制限が働き、d q 変換電流制限値 $I_{dq_L} | M$ が、半円 2 1 の状態から半円 2 2 の状態に下がった場合にお

る、特許文献 1 に係る電流制御方法について、この図 3 に基づいて詳細に説明する。

[0036] 特許文献 1 では、制限後の d q 変換電流指令値に相当するベクトル 5 1 が、半円 2 2 で示された大きさに相当する d q 変換電流制限値になるように、 d 軸電流指令値と q 軸電流指令値を同じ割合で低下させ、ベクトル 5 2、ベクトル 5 3 を算出する。

[0037] このため、制限後 d 軸電流指令値と制限後 q 軸電流指令値は、それぞれベクトル 5 2、ベクトル 5 3 のように下がり、制限後 d 軸電流指令値と制限後 q 軸電流指令値との合成電流は、ベクトル 5 1 のようになる。

[0038] ここで、図 2 と図 3 の結果を比較すると、制限後 d 軸電流指令値と制限後 q 軸電流指令値の合成値である d q 変換電流指令値に相当するベクトル 4 1、ベクトル 5 1 は、ともに、半円 2 2 の大きさに制限されている点と同じである。

[0039] その一方で、制限後 d 軸電流指令値 $I_{d'}$ を示すベクトル 4 2 とベクトル 5 2 を比較すると、本実施の形態 1 による電流制限を行ったベクトル 4 2 の方が、特許文献 1 による電流制限を行ったベクトル 5 2 よりも大きくなっており、 d 軸電流を多く流すことができる。この結果、本実施の形態 1 における電流制限方法は、特許文献 1 における電流制限方法よりも、転追性を向上させることができる。

[0040] 図 4 は、本発明の実施の形態 1 における ECU 10 によって実行される電動パワーステアリング制御方法の一連処理を示したフローチャートである。まず始めに、ステップ S 4 0 1 において、従来技術と同様に、 q 軸電流演算器 1 1 により q 軸電流指令値 I_q が算出され、 d 軸電流演算器 1 3 により d 軸電流指令値 I_d が算出される。

[0041] 次に、ステップ S 4 0 2 において、 d q 変換電流制限値演算器 1 4 は、 d q 変換電流制限値 I_{dq_LIM} を算出する。なお、上述した図 1 に基づく例では、 d q 変換電流制限値演算器 1 4 が、温度センサ 5 によって検出された雰囲気温度 T より、モータ電流の制限値である d q 変換電流制限値 I_{dq}

__LIMを決定する場合について説明した。

- [0042] しかしながら、 dq 変換電流制限値 $|dq_LIM$ は、必ずしも温度センサ5による温度検出値によって算出される場合に限定されるものではない。高速操舵域で、ステアリングホイールの操舵を補助する交流モータに対して電流制限をかける値として、ECU10が外部から取得する、あるいは他の検出値に基づいて算出することも可能であり、従来技術が適用できる。
- [0043] 次に、ステップS403において、 d 軸電流制限器15は、ステップS402で算出された dq 変換電流制限値 $|dq_LIM$ に基づいて、上式(1)を用いて、 d 軸電流制限値 $|d_LIM$ を算出する。すなわち、 d 軸電流制限値 $|d_LIM$ が、 q 軸電流制限値 $|q_LIM$ よりも優先して算出される。
- [0044] さらに、ステップS404において、 d 軸電流制限器15は、上式(2)を用いて、ステップS401で算出された d 軸電流指令値 $|d$ を、ステップS403で算出された d 軸電流制限値 $|d_LIM$ 以下にクリップすることで、制限後の d 軸電流指令値 $|d'$ を算出する。
- [0045] 次に、ステップS405において、 q 軸電流制限器16は、ステップS402で算出された dq 変換電流制限値 $|dq_LIM$ 、およびステップS404で算出された制限後の d 軸電流指令値 $|d'$ に基づいて、上式(3)を用いて、 q 軸電流制限値 $|q_LIM$ を算出する。
- [0046] さらに、ステップS406において、 q 軸電流制限器16は、上式(4)を用いて、ステップS401で算出された q 軸電流指令値 $|q$ を、ステップS405で算出された q 軸電流制限値 $|q_LIM$ 以下にクリップすることで、制限後の q 軸電流指令値 $|q'$ を算出する。
- [0047] そして、最後に、ステップS407において、インバータ制御器17は、ステップS404で算出された制限後の d 軸電流指令値 $|d'$ と、ステップS406で算出された制限後の q 軸電流指令値 $|q'$ を用いて、モータ1を駆動させるための3相電流 $|u$ 、 $|v$ 、 $|w$ を制御する。
- [0048] このように、本実施の形態1における電動パワーステアリング制御方法は

、ステップS403～ステップS406により、制限後のd軸電流指令値 I_d' を優先して決定した後に、制限後のq軸電流指令値 I_q' を決定している点を技術的特徴としている。この結果、高速操舵域で、ステアリングホイールの操舵を補助する交流モータに対して電流制限がかかった際に、従来技術よりも転追性を向上させることができる。

[0049] 以上のように、実施の形態1によれば、ステアリングホイールを操舵中に電流制限が行われた場合において、d軸電流指令値を、q軸電流指令値の制限割合に関係なく、d軸の電流制限値以下であれば出力可能とし、d軸電流指令値を、q軸電流指令値より優先的に算出する構成を備えている。この結果、交流モータの高回転域において、従来技術と比較して、d軸電流指令値が制限されることがなくなり、転追性を最大限向上させることが可能となる。

請求の範囲

[請求項1] ステアリングホイールの操舵を補助する交流モータを駆動させるためのモータ電流を、d軸電流指令値とq軸電流指令値に基づいて制御する主制御器を備えた電動パワーステアリング制御装置において、

前記主制御器は、前記d軸電流指令値と前記q軸電流指令値の二乗和の平方根であるd q変換電流指令値に制限がかかった場合に、

前記d q変換電流指令値の制限値であるd q変換電流制限値に基づいてd軸電流制限値を優先して算出し、前記d軸電流指令値を前記d軸電流制限値以下にクリップすることで制限後のd軸電流指令値を算出するd軸電流制限器と、

前記d q変換電流制限値と前記d軸電流制限器によって算出された前記制限後のd軸電流指令値とに基づいてq軸電流制限値を算出し、前記q軸電流指令値を前記q軸電流制限値以下にクリップすることで制限後のq軸電流指令値を算出するq軸電流制限器と、

前記制限後のd軸電流指令値と前記制限後のq軸電流指令値に基づいて前記モータ電流を制御するインバータ制御器とを備える電動パワーステアリング制御装置。

[請求項2] 前記d軸電流制限器は、

d軸電流定格値を I_{d_MAX} 、

d q変換電流定格値を I_{dq_MAX} 、

前記d q変換電流制限値を I_{dq_LIM} 、

前記d軸電流制限値を I_{d_LIM} 、

とした場合に、前記d軸電流制限値を下式

$$I_{d_LIM} = I_{d_MAX} \times (I_{dq_LIM} / I_{dq_MAX})$$

を用いて算出する

請求項1に記載の電動パワーステアリング制御装置。

[請求項3] 前記q軸電流制限器は、

前記 d 軸電流制限器で算出された前記制限後の d 軸電流指令値を $I_{d'}$

前記 d q 変換電流制限値を I_{dq_LIM} 、

前記 q 軸電流制限値を I_{q_LIM} 、

とした場合に、前記 q 軸電流制限値を下式

$$I_{q_LIM} = \sqrt{\{ (I_{dq_LIM})^2 - (I_{d'})^2 \}}$$

を用いて算出する

請求項 1 または 2 に記載の電動パワーステアリング制御装置。

[請求項4]

前記主制御器は、

前記主制御器の雰囲気温度を計測する温度センサと、

前記温度センサにより計測された前記雰囲気温度に基づいて、過熱保護を図るための前記 d q 変換電流制限値を決定する制限値演算器と

をさらに備える請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の電動パワーステアリング制御装置。

[請求項5]

ステアリングホイールの操舵を補助する交流モータを駆動させるためのモータ電流を、d 軸電流指令値と q 軸電流指令値に基づいて制御する主制御器によって実行される電動パワーステアリング制御方法であって、

前記 d 軸電流指令値と前記 q 軸電流指令値の二乗和の平方根である d q 変換電流指令値に制限がかかった場合に、前記主制御器において、

前記 d q 変換電流指令値の制限値である d q 変換電流制限値を取得する第 1 ステップと、

前記第 1 ステップにより取得した前記 d q 変換電流制限値に基づいて d 軸電流制限値を優先して算出する第 2 ステップと、

前記 d 軸電流指令値を、前記第 2 ステップで算出した前記 d 軸電流制限値以下にクリップすることで制限後の d 軸電流指令値を算出す

る第3ステップと、

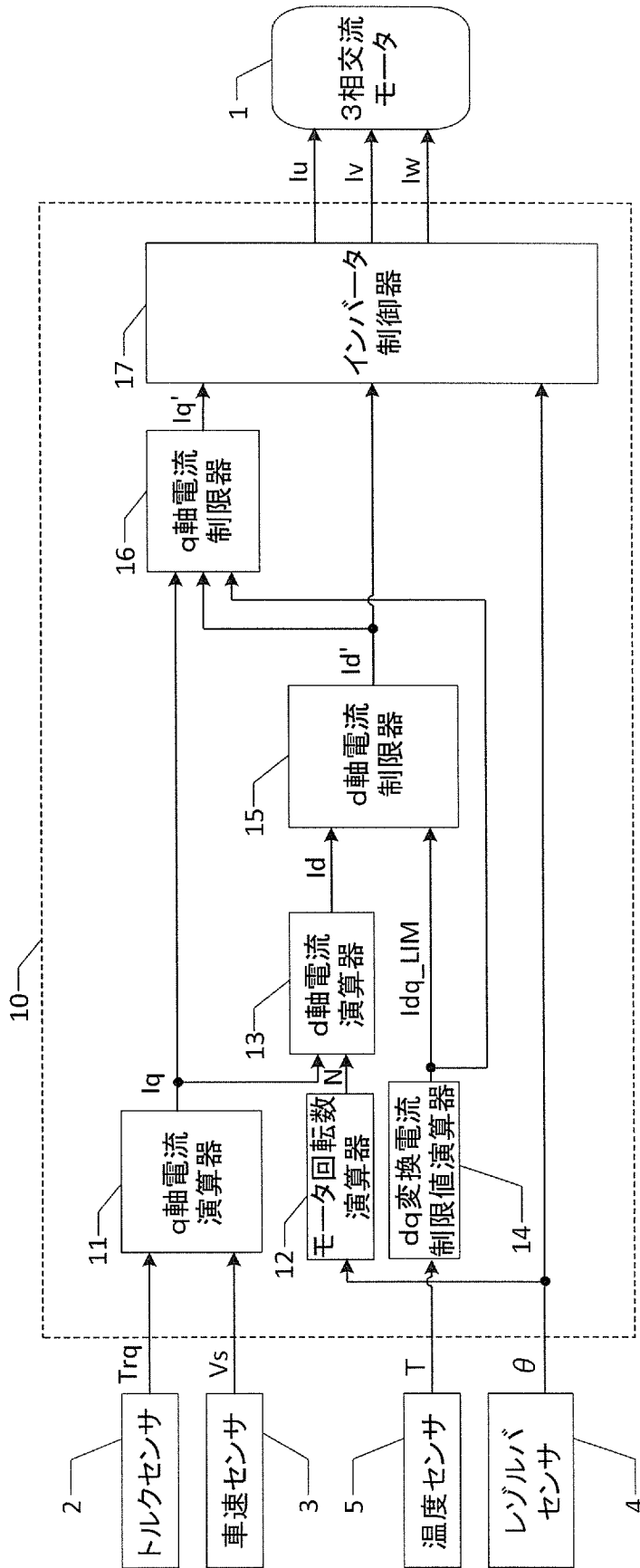
前記第1ステップで取得した前記d-q変換電流制限値と、前記第3ステップで算出した前記制限後のd軸電流指令値とに基づいて、q軸電流制限値を算出する第4ステップと、

前記q軸電流指令値を、前記第4ステップで算出した前記q軸電流制限値以下にクリップすることで制限後のq軸電流指令値を算出する第5ステップと、

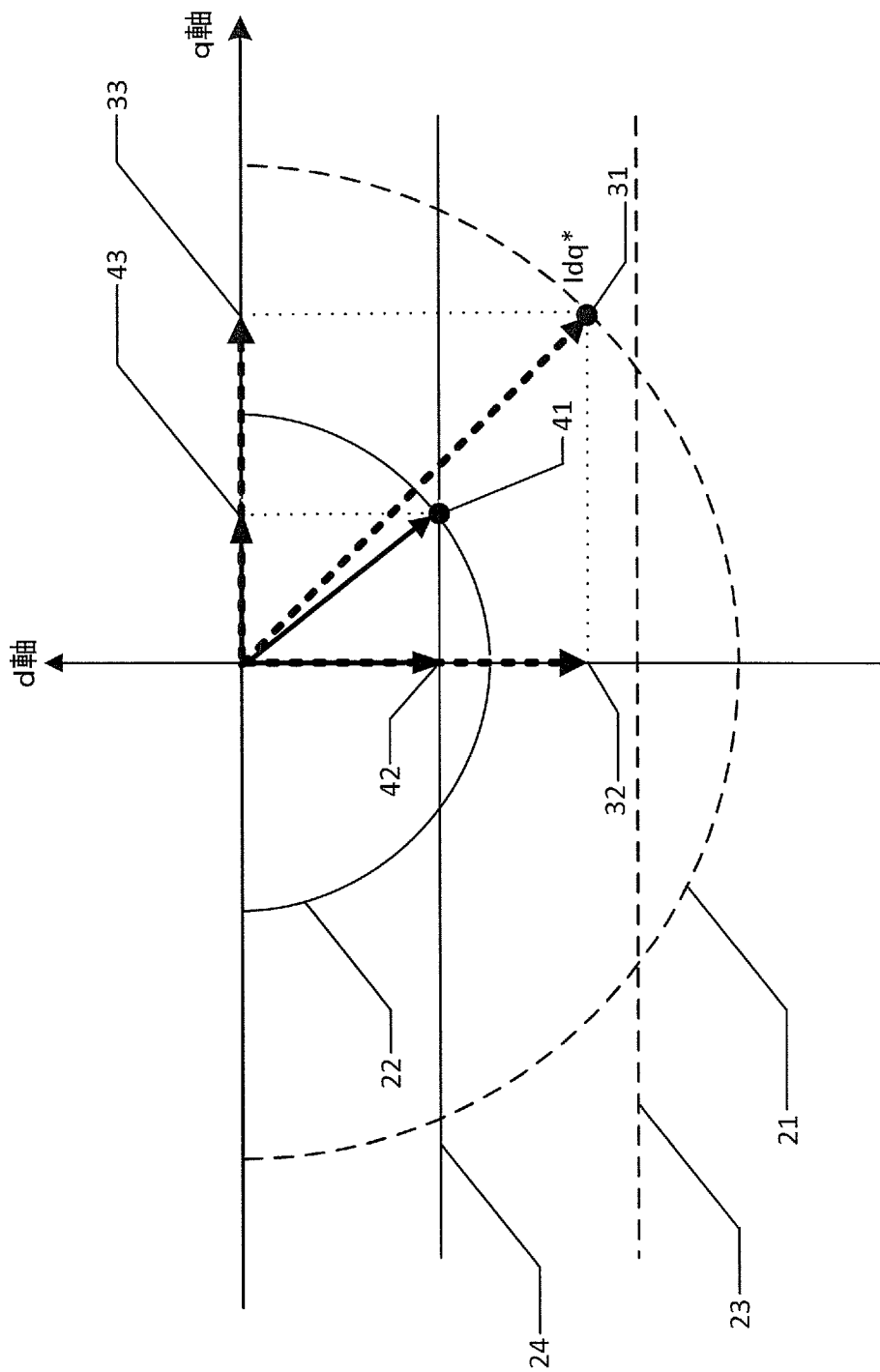
前記第3ステップで算出した前記制限後のd軸電流指令値と、前記第5ステップで算出した前記制限後のq軸電流指令値とに基づいて、前記モータ電流を制御する第6ステップと

を有する電動パワーステアリング制御方法。

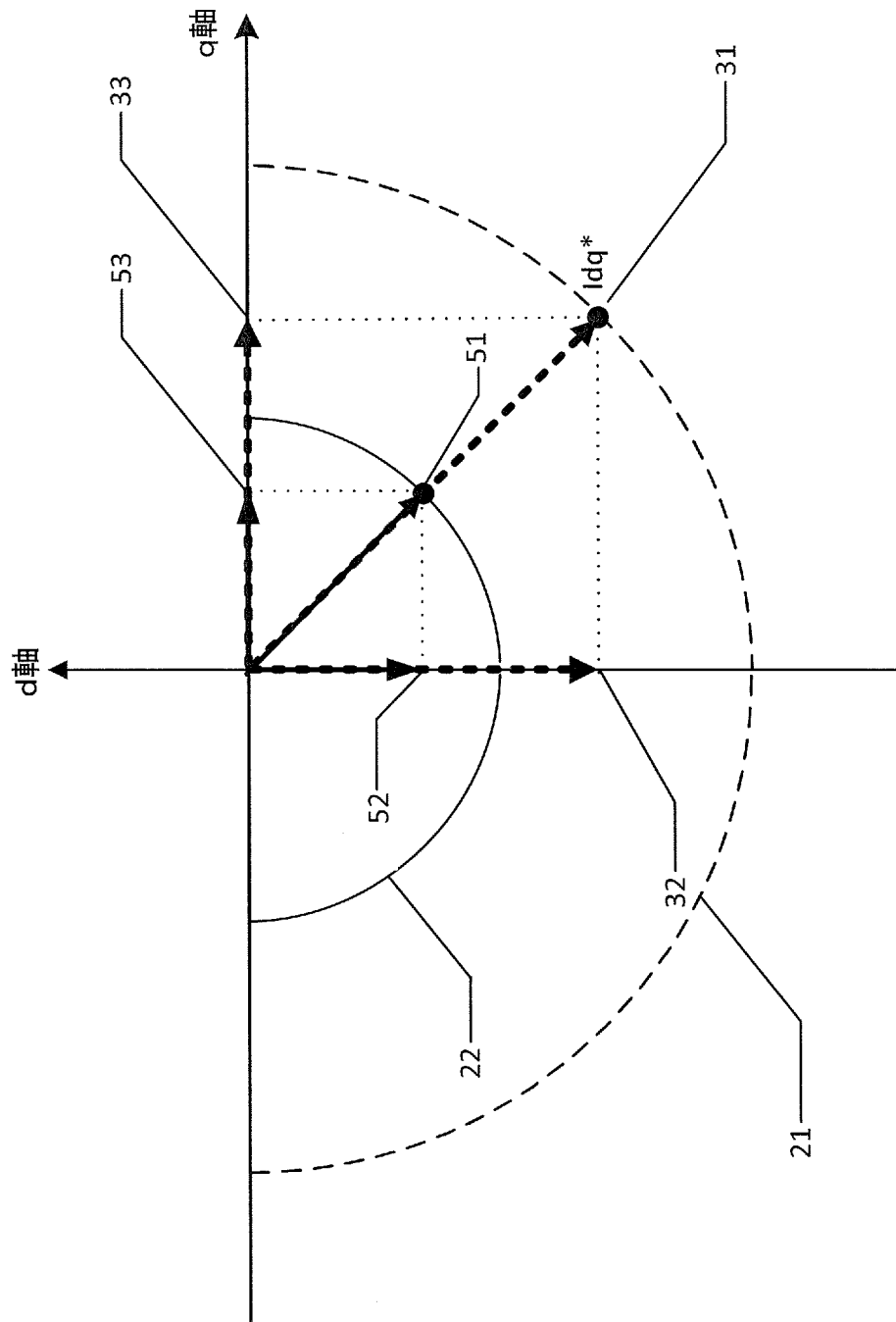
[図1]



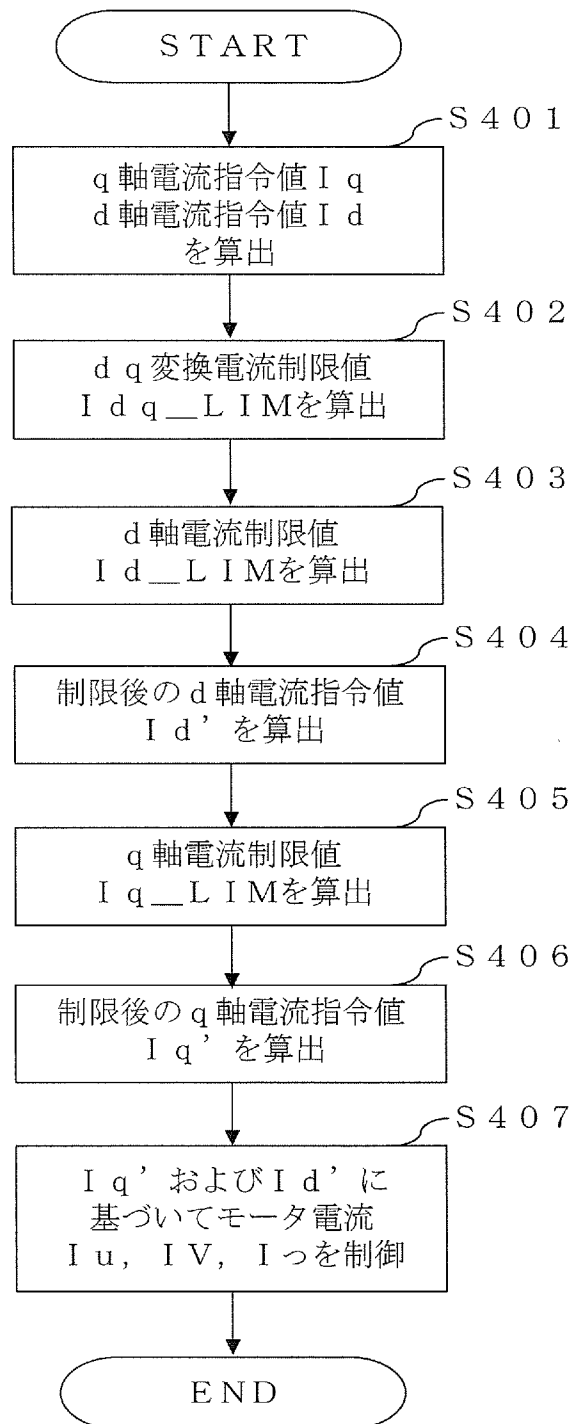
[図2]



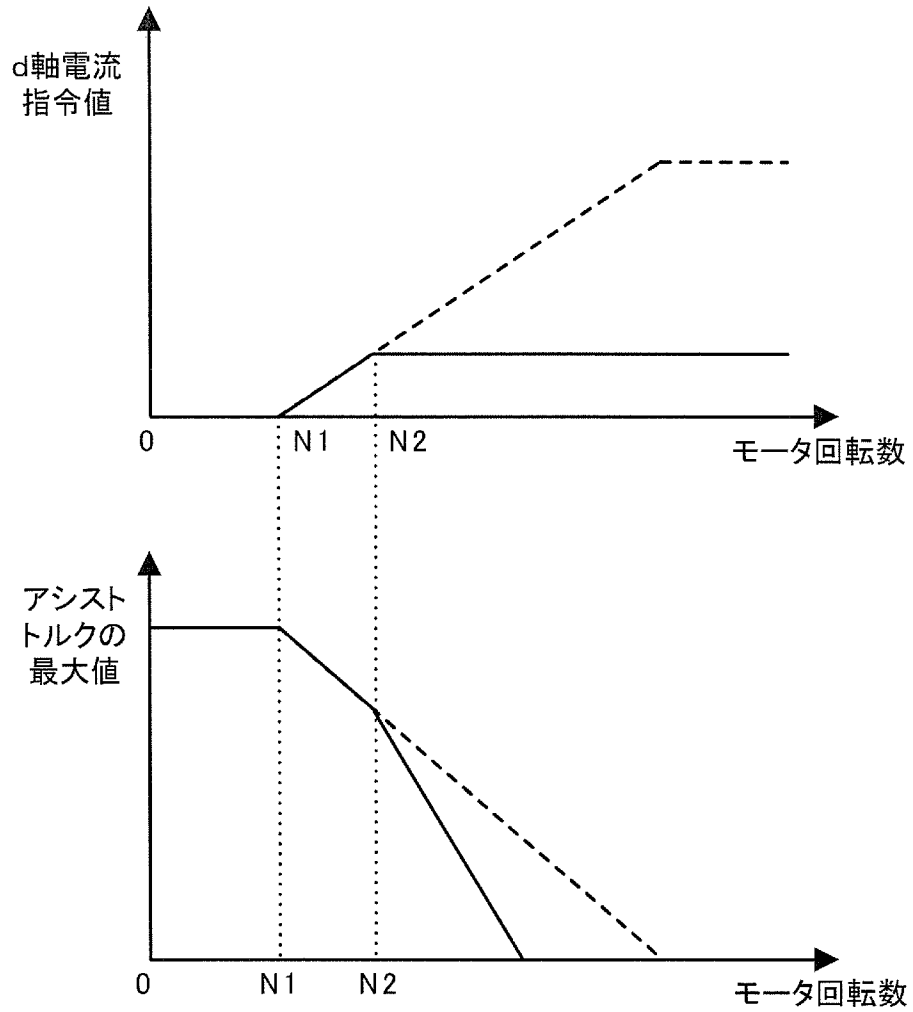
[図3]



[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/063061

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B62D6/00(2006.01)i, B62D101/00(2006.01)n, B62D107/00(2006.01)n,
B62D119/00(2006.01)n

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)

B62D6/00, B62D101/00, B62D107/00, B62D119/00

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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 2013-226033 A (Fanuc Ltd.), 31 October 2013 (31.10.2013), paragraphs [0003] to [0014], [0038] to [0066]; fig. 3 to 15 & US 2013/0249449 A1 & US 2015/0048766 A1 & DE 102013004589 A1 & CN 103326655 A	1-5
A	WO 2009/123113 A1 (JTEKT Corp.), 08 October 2009 (08.10.2009), paragraphs [0025] to [0094]; fig. 4 to 12 & US 2011/0025238 A1 & WO 2009/123113 A1 & EP 2262097 A1 & CN 101981805 A	1-5
A	JP 2013-74648 A (Honda Motor Co., Ltd.), 22 April 2013 (22.04.2013), paragraphs [0012] to [0125]; fig. 7 to 16 (Family: none)	1-5

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 July 2015 (30.07.15)

Date of mailing of the international search report
11 August 2015 (11.08.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/063061

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2005-218197 A (Mitsubishi Electric Corp.), 11 August 2005 (11.08.2005), paragraphs [0008] to [0070]; fig. 2 to 3 & US 2005/0162113 A1 & DE 102004038345 A1 & FR 2865585 A1 & KR 10-2005-0077718 A & CN 1649251 A	1-5
A	JP 5224032 B2 (JTEKT Corp.), 03 July 2013 (03.07.2013), paragraphs [0009], [0051]; fig. 1 to 6 (Family: none)	1-5
A	JP 2014-17924 A (Shimadzu Corp.), 30 January 2014 (30.01.2014), paragraphs [0024] to [0082]; fig. 5 to 11 (Family: none)	1-5
A	JP 2003-52199 A (Fanuc Ltd.), 21 February 2003 (21.02.2003), paragraphs [0004], [0009] to [0049]; fig. 3 to 7 (Family: none)	1-5
A	JP 2008-86138 A (Yaskawa Electric Corp.), 10 April 2008 (10.04.2008), paragraphs [0013], [0018] to [0030]; fig. 1 to 4 (Family: none)	1-5

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））
 Int.Cl. B62D6/00(2006.01)i, B62D101/00(2006.01)n, B62D107/00(2006.01)n, B62D119/00(2006.01)n

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. B62D6/00, B62D101/00, B62D107/00, B62D119/00

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 1971-2015年
 日本国実用新案登録公報 1996-2015年
 日本国登録実用新案公報 1994-2015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 2013-226033 A（ファナック株式会社）2013.10.31, [0003] - [0014], [0038] - [0066], 図3-15 & US 2013/0249449 A1 & US 2015/0048766 A1 & DE 102013004589 A1 & CN 103326655 A	1-5
A	WO 2009/123113 A1（株式会社ジェイテクト）2009.10.08, [0025] - [0094], 図4-12 & US 2011/0025238 A1 & WO 2009/123113 A1 & EP 2262097 A1 & CN 101981805 A	1-5
A	JP 2013-74648 A（本田技研工業株式会社）2013.04.22, [0012] - [0125], 図7-16（ファミリーなし）	1-5

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	の日の後に公表された文献
「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	「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
「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	「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
「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）	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 30.07.2015	国際調査報告の発送日 11.08.2015
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） 柳元 八大 電話番号 03-3581-1101 内線 3381

3Q 3917

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	JP 2005-218197 A (三菱電機株式会社) 2005. 08. 11, [0008] － [0070]、図2－3 & US 2005/0162113 A1 & DE 102004038345 A1 & FR 2865585 A1 & KR 10-2005-0077718 A & CN 1649251 A	1-5
A	JP 5224032 B2 (株式会社ジェイテクト) 2013. 07. 03, [0009]、 [0051]、図1－6 (ファミリーなし)	1-5
A	JP 2014-17924 A (株式会社島津製作所) 2014. 01. 30, [0024] － [0082]、図5－11 (ファミリーなし)	1-5
A	JP 2003-52199 A (ファナック株式会社) 2003. 02. 21, [0004]、 [0009]－[0049]、図3－7 (ファミリーなし)	1-5
A	JP 2008-86138 A (株式会社安川電機) 2008. 04. 10, [0013]、[0 018]－[0030]、図1－4 (ファミリーなし)	1-5