

(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
2022年6月23日(23.06.2022)

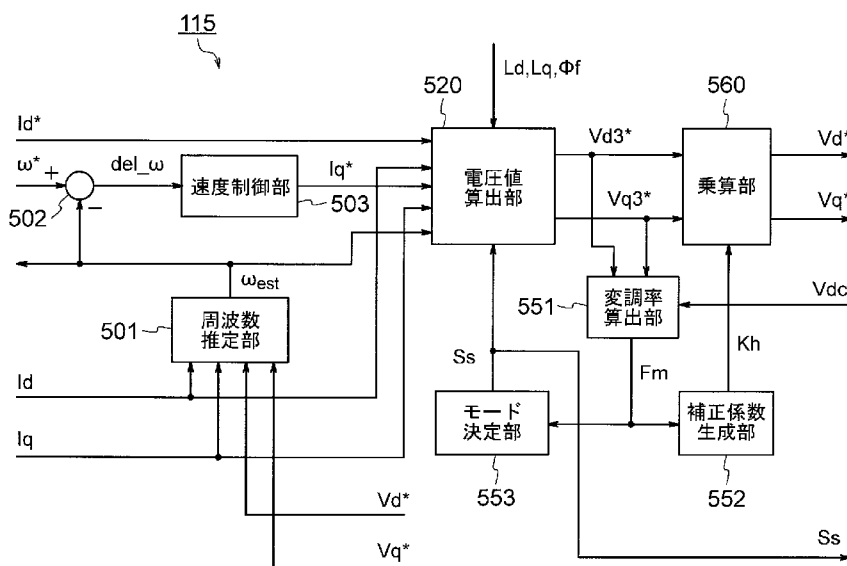


(10) 国際公開番号
WO 2022/130571 A1

- (51) 国際特許分類:
H02P 21/22 (2016.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2020/047186
- (22) 国際出願日: 2020年12月17日(17.12.2020)
- (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: 豊留 慎也 (TOYODOME Shinya); 〒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). 畠山 和徳 (HATAKEYAMA Kazunori); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式
- (74) 代理人: 山形 洋一, 外(YAMAGATA Yoichi et al.); 〒1510053 東京都渋谷区代々木2丁目16番2号 甲田ビル4階 特許業務法人 山形・佐藤特許事務所 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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,

(54) Title: ELECTRIC MOTOR DRIVE DEVICE, REFRIGERATION CYCLE DEVICE, AND AIR CONDITIONER

(54) 発明の名称: 電動機駆動装置、冷凍サイクル装置、及び空気調和機



- 501 Frequency estimating unit
- 503 Speed control unit
- 520 Voltage value calculating unit
- 551 Modulation factor calculating unit
- 552 Correction coefficient generating unit
- 553 Mode deciding unit
- 560 Multiplying unit

(57) Abstract: A control device that performs PWM control of an inverter that drives an electric motor is provided, the control device generating a voltage instruction value using a voltage value obtained by performing proportional integral computation and non-interactive control with respect to current deviation in normal operations, and generating the voltage instruction value during overmodulation by performing, for example, non-interactive control alone without using results of integration computation. Further, the voltage instruction value is corrected on the basis of a modulation factor. A correction coefficient is set such that an alternating current voltage applied to the electric motor approaches a value proportionate to the modulation factor. The electric motor can be stably operated over a broad range of an overmodulation region.



WO 2022/130571 A1

QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, 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), 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))
-

(57) 要約: 電動機を駆動するインバータをPWM制御する制御装置であって、通常時は、電流偏差に対して比例積分演算及び非干渉制御を行なうこと得られる電圧値を用いて電圧指令値を生成し、過変調時には、積分演算の結果を用いずに、例えば非干渉制御のみを行って電圧指令値を生成する。さらに、変調率に基づいて電圧指令値を補正する。補正係数は、電動機に印加される交流電圧が変調率に比例する値に近づくように定められる。過変調領域の広い範囲で電動機を安定に動作させることができる。

明 細 書

発明の名称：

電動機駆動装置、冷凍サイクル装置、及び空気調和機

技術分野

[0001] 本開示は、電動機駆動装置、冷凍サイクル装置、及び空気調和機に関する。

背景技術

[0002] 永久磁石同期電動機は、誘導電動機に比べて高効率な特性を有するため、家電製品のみならず、産業機器、電動車等にも適用されている。また、永久磁石同期電動機の可変速制御のためインバータを用いて、PWM制御によりインバータの出力周波数及び出力電圧値を変化させることも広く行われている。

また、上記の適用において、省エネルギー化のため、低速回転域（軽負荷）における高効率化が求められるとともに、高速回転域（高負荷）における駆動範囲の拡大も求められている。

[0003] 電動機の低速回転域での高効率化のため、電動機の磁石量及び巻線を増加させることが知られている。しかしながら、磁石量及び巻線を増やすと、高速回転域で誘起電圧が増大し、そのため、回転速度に制限が加えられる。誘起電圧は、弱め磁束制御を用いることで抑制できる。また、インバータのPWM制御を過変調領域（変調率が1より大きい領域）で行いながら、弱め磁束制御を適切に行うことで電動機の運転限界を延ばす方法が知られている。

[0004] 一般的にPWM制御を過変調領域で行いながら、電流を比例積分（PI）制御すると、ウィンドアップ現象が発生することが知られている。ウィンドアップ現象はPI制御によって誤差が次第に大きくなって電流制御系が不安定となる現象である。特許文献1には、電流偏差に基づく電圧指令値の算出をPI演算ではなくP演算で行うことでウィンドアップ現象を抑制し制御系を安定化する方法が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2002-223599号公報（段落0106～0108）

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかし、特許文献1に記載の方法では、過変調領域のうち、変調率が大きい領域、例えば、変調率1.5以上の領域では電動機を安定に制御できないという問題がある。

[0007] 本開示は、過変調領域の広い範囲で電動機を安定に動作させることを可能にすることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 本開示の電動機駆動装置は、
周波数可変で電圧値可変の交流電圧を生成し、電動機に印加するインバータと、
前記インバータを制御する制御装置とを備え、
前記制御装置は、
前記交流電圧の周波数の、周波数指令値に対する差分である周波数偏差に基づいてq軸電流指令値を生成し、
前記電動機のd軸電流のd軸電流指令値に対する差分であるd軸電流偏差に対して比例演算を行なって第1のd軸電圧値を生成し、
前記d軸電流偏差に対して積分演算を行なって第2のd軸電圧値を生成し、
前記q軸電流指令値により誘起されるd軸電圧を補償するd軸補償値を算出し、
前記電動機のq軸電流の前記q軸電流指令値に対する差分であるq軸電流偏差に対して比例演算を行なって第1のq軸電圧値を生成し、
前記q軸電流偏差に対して積分演算を行なって第2のq軸電圧値を生成し

、
前記 d 軸電流指令値により誘起される q 軸電圧を補償する q 軸補償値を算出し、

第 1 のモードでは、

前記第 1 の d 軸電圧値と、前記第 2 の d 軸電圧値と、前記 d 軸補償値とを用いて第 3 の d 軸電圧値を生成し、

前記第 1 の q 軸電圧値と、前記第 2 の q 軸電圧値と、前記 q 軸補償値とを用いて第 3 の q 軸電圧値を生成し、

第 2 のモードでは、

前記第 1 の d 軸電圧値、前記第 2 の d 軸電圧値、及び前記 d 軸補償値のうちの、少なくとも前記 d 軸補償値を用い、かつ前記第 2 の d 軸電圧値を用いずに、前記第 3 の d 軸電圧値を生成し、

前記第 1 の q 軸電圧値、前記第 2 の q 軸電圧値、及び前記 q 軸補償値のうちの、少なくとも前記 q 軸補償値を用い、かつ前記第 2 の q 軸電圧値を用いずに、前記第 3 の q 軸電圧値を生成し、

前記第 3 の d 軸電圧値及び前記第 3 の q 軸電圧値に基づいて変調率を算出し、

前記変調率に基づいて補正係数を生成し、

前記第 3 の d 軸電圧値及び前記第 3 の q 軸電圧値に対して前記補正係数を乗算して、d 軸電圧指令値及び q 軸電圧指令値を生成し、

前記 d 軸電圧指令値及び前記 q 軸電圧指令値に基づいて前記インバータを PWM 制御する信号を生成し、

前記補正係数は、前記第 1 のモードでは 1 に維持され、

前記補正係数は、前記第 2 のモードでは、前記交流電圧が前記第 3 の d 軸電圧値及び前記第 3 の q 軸電圧値に相当する大きさとなるように定められる。

発明の効果

[0009] 本開示によれば、過変調領域の広い範囲で電動機を安定に動作させること

ができる。

図面の簡単な説明

- [0010] [図1]空気調和機の冷凍サイクルの一例を示す概略図である。
- [図2]実施の形態1の電動機駆動装置を示す図である。
- [図3]図2のインバータの構成例を示す図である。
- [図4]実施の形態1で用いられる制御装置の一例を示す機能ブロック図である。
- [図5]図4のd軸電流指令値生成の構成例を示す機能ブロック図である。
- [図6]図4の電圧指令値生成部の構成例を示す機能ブロック図である。
- [図7]図6の速度制御部の構成例を示す機能ブロック図である。
- [図8]図6の電圧値算出部の構成例を示す機能ブロック図である。
- [図9]変調率と補正係数との関係の一例を示す図である。
- [図10]図6の変調率算出部の構成例を示す機能ブロック図である。
- [図11] (a) ~ (d) は、ウィンドアップ現象が起きているときの、電動機
の速度、電動機及び負荷のトルク、d軸電流及びq軸電流、及びインバータ
の入力電圧の変化の一例を示す図である。
- [図12]変調率とインバータの出力電圧との関係の一例を示す図である。
- [図13]変調率補正を行なう場合の電圧指令ベクトル、及び変調率補正を行な
う場合の電圧指令ベクトルを示す図である。
- [図14] (a) ~ (d) は、ウィンドアップ現象が起きていないときの、電動
機
の速度、電動機及び負荷のトルク、d軸電流及びq軸電流、及びインバー
タ
の入力電圧の変化の一例を示す図である。
- [図15] (a) ~ (d) は、制御で用いられるd軸インダクタンス実際のd軸
インダクタンスとが一致しない場合の、電流指令値に対する実際の電流の偏
差の一例を示す図である。

発明を実施するための形態

- [0011] 以下に添付の図面を参照し、実施の形態に係る電動機駆動装置について説明する。

電動機駆動装置は、例えば空気調和機の冷凍サイクル装置の圧縮機の電動機を駆動するためのものである。

[0012] 最初に、空気調和機の一例における冷凍サイクルを、図1を参照して説明する。

図1の冷凍サイクル900は四方弁902の切替動作により暖房運転又は冷房運転をすることができる。

[0013] 暖房運転時には、実線矢印で示すように、冷媒が圧縮機904で加圧されて送り出され、四方弁902、室内熱交換器906、膨張弁908、室外熱交換器910及び四方弁902を通過して圧縮機904に戻る。

冷房運転時には、破線矢印で示すように、冷媒が圧縮機904で加圧されて送り出され、四方弁902、室外熱交換器910、膨張弁908、室内熱交換器906及び四方弁902を通過して圧縮機904に戻る。

[0014] 暖房運転時には、室内熱交換器906が凝縮器として作用して熱放出を行い、室外熱交換器910が蒸発器として作用して熱吸収を行う。冷房運転時には、室外熱交換器910が凝縮器として作用して熱放出を行い、室内熱交換器906が蒸発器として作用し、熱吸収を行う。膨張弁908は、冷媒を減圧して膨張させる。

圧縮機904は可変速制御される電動機7によって駆動される。

[0015] 以上の冷凍サイクル900と、圧縮機904を駆動する電動機7と、電動機7を駆動する電動機駆動装置とで、冷凍サイクル装置が構成されている。

[0016] 図2は、実施の形態1の電動機駆動装置2を、電動機7とともに示す概略配線図である。図2に示される電動機駆動装置2と、電動機7と、図1に示される冷凍サイクル900とで冷凍サイクル装置が構成される。

図2に示される電動機駆動装置2は、電動機7を駆動するためのものであり、リアクタ4と、整流回路10と、平滑コンデンサ20と、インバータ30と、電圧検出部82と、入力電流検出部84と、制御装置100とを有する。

[0017] 整流回路10は、交流電源1から供給される交流電力を直流電力に変換す

る。図示の例では、整流回路10は、ダイオードブリッジで構成されている。ダイオードブリッジの入力端子はリアクタ4を介して交流電源1に接続されており、出力端子は平滑コンデンサ20に接続されている。

[0018] 平滑コンデンサ20は、整流回路10の出力電圧を平滑する。

平滑コンデンサ20の一方の電極（正電極）は、整流回路10の第1の出力端子及び高電位側（正側）の直流母線22aに接続されている。

平滑コンデンサ20の他方の電極（負電極）は、整流回路10の第2の出力端子及び低電位側（負側）の直流母線22bに接続されている。

[0019] インバータ30は、平滑コンデンサ20の両電極間の直流電圧を受けて、周波数可変で電圧可変の3相交流電圧を発生して、出力線331～333を介して電動機7に供給する。インバータ30に入力される直流電圧をインバータの入力電圧、又は単に入力電圧と言う。

電動機7は、例えば、3相永久磁石同期電動機である。

[0020] 電圧検出部82は、直流母線22a及び22b間の直流電圧Vdcをインバータの入力電圧として検出する。電圧検出部82は、例えば、入力電圧Vdcを、直列接続された抵抗で分圧する回路を含み、制御装置100内のマイコンでの処理に適した電圧、例えば5V以下の電圧に変換して出力する。この信号（電圧検出信号）は、制御装置100で図示しないA/D変換部によりデジタル信号に変換されて制御装置100の内部での処理に用いられる。

[0021] 入力電流検出部84は、インバータ30の入力電流Idcを検出する。入力電流検出部84は、平滑コンデンサ20の負電極とインバータ30との間において、直流母線22bに挿入されたシャント抵抗を含み、検出結果を示すアナログ信号を制御装置100に供給する。この信号（電流検出信号）は、制御装置100で図示しないA/D変換部によりデジタル信号に変換されて制御装置100の内部での処理に用いられる。

[0022] インバータ30の制御のため、制御装置100は、PWM信号Sm1～Sm6を生成して、インバータ30に供給する。

- [0023] インバータ30は、図3に示すように、インバータ主回路310と、駆動回路350とを有し、インバータ主回路310の入力端子が直流母線22a及び22bに接続されている。
- [0024] インバータ主回路310は、それぞれスイッチング素子311～316を含む6つのアームを有する。スイッチング素子311～316には、還流用の整流素子321～326が逆並列接続されている。
- [0025] 駆動回路350は、PWM信号 S_{m1} ～ S_{m6} に基づいて駆動信号 S_{r1} ～ S_{r6} を生成して、駆動信号 S_{r1} ～ S_{r6} によりスイッチング素子311～316のオン、オフを制御し、これにより、周波数可変で電圧可変の3相交流電圧が出力線331～333を介して電動機7に印加されるようにする。
- [0026] PWM信号 S_{m1} ～ S_{m6} が論理回路の信号レベルの大きさ(0～5V)のものであるのに対し、駆動信号 S_{r1} ～ S_{r6} は、スイッチング素子311～316を制御するのに必要な電圧レベル、例えば+15V～-15Vの大きさを持つ信号である。また、PWM信号 S_{m1} ～ S_{m6} が、制御装置100の接地電位を基準電位とするものであるのに対し、駆動信号 S_{r1} ～ S_{r6} は、それぞれ対応するスイッチング素子の負側の端子(エミッタ端子)の電位を基準電位とするものである。
- [0027] 制御装置100は、上記のように、インバータ30の動作の制御を行なう。
- 具体的には、制御装置100は、インバータ30を制御してその出力電圧の周波数及び電圧値を変化させる。
- [0028] インバータ30の出力電圧の角周波数 ω は、電動機7の電気角での回転角速度(出力電圧の角周波数と同じ符号 ω で表される)を定めるものであり、電動機7の機械角での回転角速度 ω_m は、電動機7の電気角での回転角速度 ω を極対数 P_m で割ったものに等しい。従って、電動機7の機械角での回転角速度 ω_m と、インバータ30の出力電圧の角周波数 ω との間には、下記の式(1)で表される関係がある。

[0029] [数1]

$$\omega_m = \frac{\omega}{P_m} \quad (1)$$

[0030] 本書では、回転角速度を単に回転速度と言い、角周波数を単に周波数と言うことがある。

[0031] 制御装置100は、電動機7の相電流 I_u 、 I_v 及び I_w に基づいて、回転座標系のd軸電流 I_d 及びq軸電流 I_q を算出し、入力電圧 V_{dc} と、q軸電流 I_q とに基づいてd軸電圧指令値 d^* を生成し、周波数指令値 ω^* と、d軸電流指令値 I_d^* と、d軸電流 I_d 及びq軸電流 I_q とに基づいてd軸電圧指令値 V_d^* 及びq軸電圧指令値 V_q^* を生成し、d軸電圧指令値 V_d^* 及びq軸電圧指令値 V_q^* に基づいてインバータ制御のためのPWM信号 $S_{m1} \sim S_{m6}$ を生成して、インバータ30を制御する。

[0032] 制御装置100は、マイクロプロセッサにより実現される。マイクロプロセッサは、CPU (Central Processing Unit)、マイクロコンピュータ、又はDSP (Digital Signal Processor) といった呼び方をされる処理器又は処理装置であってもよい。

[0033] 図4は、制御装置100の一例を示す機能ブロック図である。図示のように、制御装置100は、運転制御部102と、インバータ制御部110とを有する。

[0034] 運転制御部102は、周波数指令値 ω^* を出力する。周波数指令値 ω^* は、下記の式(2)に示す如く、電動機7の回転速度の指令値(回転角速度指令値) ω_m^* に極対数 P_m を掛けることで求められる。

[0035] [数2]

$$\omega^* = \omega_m^* \times P_m \quad (2)$$

[0036] 運転制御部102は、図示しない温度センサで検出された室温(空調対象

空間の温度)を示す情報 Q_a を受け、図示しない操作部、例えばリモコンからの指示 Q_b を受け、空気調和機の各部の動作を制御する。操作部からの指示には、設定温度を示す情報、運転モード(暖房、冷房、除湿など)の選択、運転開始及び終了の指示が含まれる。

[0037] インバータ制御部110は、電流復元部111と、3相2相変換部112と、d軸電流指令値生成部114と、電圧指令値生成部115と、電気位相演算部116と、2相3相変換部117と、PWM信号生成部118とを有する。

[0038] 電流復元部111は入力電流検出部84で検出された入力電流 I_{dc} に基づいて電動機7に流れる相電流 I_u 、 I_v 及び I_w を復元する。電流復元部111は、入力電流検出部84で検出される入力電流 I_{dc} を、PWM信号生成部118からのPWM信号 $S_{m1} \sim S_{m6}$ に基づいて定められるタイミングでサンプリングすることで、相電流 I_u 、 I_v 及び I_w を復元する。

[0039] 3相2相変換部112は電流復元部111により復元された相電流 I_u 、 I_v 及び I_w を、後述の電気位相演算部116で生成される電気位相 θ_e を用いてd軸電流 I_d 及びq軸電流 I_q に変換する。

[0040] d軸電流指令値生成部114は、電圧検出部82で検出された入力電圧 V_{dc} と3相2相変換部112における変換で得られたq軸電流 I_q と、電圧指令値生成部115で生成されたd軸電圧指令値 V_d^* 及びq軸電圧指令値 V_q^* とに基づいてd軸電流指令値 I_d^* を生成して出力する。

[0041] 電圧指令値生成部115は、3相2相変換部112より得られたd軸電流 I_d 及びq軸電流 I_q と、運転制御部102から出力された周波数指令値 ω^* と、d軸電流指令値生成部114より得られたd軸電流指令値 I_d^* と、電圧検出部82で検出された入力電圧 V_{dc} とを入力とし、これらに基づいて電圧指令値 V_d^* 及び V_q^* を生成して出力する。

電圧指令値生成部115はさらに、電圧指令値 V_d^* 及び V_q^* 並びにd軸電流 I_d 及びq軸電流 I_q から周波数の推定値 ω_{est} を推定して出力する。

[0042] 電圧指令値生成部115は、第1のモード又は第2のモードで動作する。

電圧指令値生成部 115 は、通常時は第 1 のモードで動作し、過変調時には第 2 のモードで動作する。例えば、後述の PWM 制御のための変調率 F_m が第 1 の閾値 F_{mta} に達するまでは、第 1 のモードで動作し、変調率 F_m が第 1 の閾値 F_{mta} よりも大きくなったら第 2 のモードに移行する。第 2 のモードで動作中に、変調率 F_m が第 2 の閾値 F_{mtb} よりも小さくなったら、第 1 のモードに復帰する。第 2 の閾値 F_{mtb} は第 1 の閾値 F_{mta} と同じであっても良く、より小さくても良い。第 1 のモードと、第 2 のモードでは、電圧指令値 V_d^* 及び V_q^* の生成の方法が異なる。

[0043] 電気位相演算部 116 は、電圧指令値生成部 115 から出力される周波数の推定値 ω_{est} を積分することで、電気位相 θ_e を算出する。

[0044] 2相3相変換部 117 は電圧指令値生成部 115 により得られた d 軸電圧指令値 V_d^* 、及び q 軸電圧指令値 V_q^* （2相座標系の電圧指令値）を電気位相演算部 116 により得られた電気位相 θ_e を用いて 3 相座標系の出力電圧指令値（3相電圧指令値） V_u^* 、 V_v^* 及び V_w^* に変換して出力する。

[0045] PWM 信号生成部 118 は、電圧検出部 82 で検出された入力電圧 V_{dc} と、2相3相変換部 117 により得られた 3 相電圧指令値 V_u^* 、 V_v^* 及び V_w^* とを元に PWM 信号 $S_{m1} \sim S_{m6}$ を生成して出力する。

[0046] 2相3相変換部 117 と PWM 信号生成部 118 とで、インバータ制御信号生成部 119 が構成されている。

インバータ制御信号生成部 119 は、d 軸電圧指令値 V_d^* 及び q 軸電圧指令値 V_q^* に基づいて PWM 信号 $S_{m1} \sim S_{m6}$ を生成する。

[0047] d 軸電流指令値生成部 114 は、例えば図 5 に示されるように、弱め磁束制御部 410 と、制限回路 420 とを有する。

弱め磁束制御部 410 は、入力電圧 V_{dc} 、並びに電圧指令値 V_d^* 及び V_q^* に基づいて d 軸電流値 $I_{d_fw}^*$ を生成する。d 軸電流値 $I_{d_fw}^*$ は弱め磁束制御のための d 軸電流指令値である。

弱め磁束制御部 410 は、積分型の弱め磁束制御により d 軸電流値（弱め磁束制御のための d 軸電流指令値） $I_{d_fw}^*$ を求める。

[0048] 弱め制御磁束制御部410は、振幅算出部411と、係数乗算部412と、乗算部413と、積分部415とを有する。

[0049] 振幅算出部411は、電圧指令値生成部115で後述のようにして求められた電圧指令値 V_d^* 及び V_q^* に基づいて、電圧指令ベクトルの振幅 $V_{dq^*_abs}$ を算出する。 $V_{dq^*_abs}$ は下記の式(3)で算出される。

[0050] [数3]

$$V_{dq^*_abs} = \sqrt{V_d^{*2} + V_q^{*2}} \quad (3)$$

[0051] 係数乗算部412は、入力電圧 V_{dc} に $1/\sqrt{2}$ を乗算する。

乗算部413は、係数乗算部412の出力に上記の第1の閾値 F_{mta} を乗算し、制限値 V_{om} を出力する。第1の閾値 F_{mta} は弱め磁束制御が開始される変調率である。

減算部414は、制限値 V_{om} から振幅 $V_{dq^*_abs}$ を減算し差分を求める。

[0052] 積分部415は、減算部414で求めた差分に係数 K_{ifw} を乗算し、その積を積分し、d軸電流値 I_{d_fw} を生成する。

積分部415から出力されるd軸電流値 I_{d_fw} は、弱め磁束制御部410の出力となる。

d軸電流値 I_{d_fw} は、電圧指令ベクトルの振幅 $V_{dq^*_abs}$ が制限値 V_{om} よりも大きい場合は負方向に次第に大きくなり、電圧指令ベクトルの振幅 $V_{dq^*_abs}$ が制限値 V_{om} よりも小さい場合は負方向に次第に小さくなる(絶対値が次第に小さくなる)。

[0053] 制限回路420は、d軸電流値 I_{d_fw} に対して上限及び下限を定めるリミット値を用いた制限を加えて、d軸電流指令値 I_d^* を生成する。

制限回路420は、MTPA制御部421と、選択部422と、リミッタ423とを有する。

[0054] MTPA制御部421は、q軸電流 I_q を基にして、電動機7を駆動する

ために最も効率が良くなるd軸電流指令値 $I_{d_mtpa^*}$ を求める。

このd軸電流指令値 $I_{d_mtpa^*}$ は、「最大トルク／電流制御 (Maximum torque per ampere control) の電流指令値」とも呼ばれるものである。

[0055] 選択部422は、d軸電流指令値 $I_{d_mtpa^*}$ とd軸電流値 $I_{d_fw^*}$ のうち負方向に大きい方(値が負であって、絶対値が大きい方)を選択して出力する。

[0056] リミッタ423は、選択部422の出力に対してリミット処理を行ない、リミットの処理の結果をd軸電流指令値 I_{d^*} として出力する。リミッタ423におけるリミット処理は、選択部422の出力の絶対値に対して上限値を用いて制限を加えるものである。

上限値を用いた制限は、d軸電流指令値 I_{d^*} が過大になって、電動機7が減磁(不可逆的減磁)するのを防ぐために行われる。

[0057] 選択部422でMTPA制御部421の出力と弱め磁束制御部410の出力のうち小さい方(負方向により大きい方)を選択して出力するので、d軸電流指令値 I_{d^*} はd軸電流指令値 $I_{d_mtpa^*}$ と比べて正方向に大きい値とならない。即ち、MTPA制御部421及び選択部422で、d軸電流指令値 I_{d^*} に対して正方向の制限を加えていると言える。

[0058] なお、MTPA制御部421からのd軸電流指令値 $I_{d_mtpa^*}$ の代わりに、ゼロを正方向のリミット値としても良い。その場合は、MTPA制御部421は不要であり、d軸電流指令値 $I_{d_mtpa^*}$ の代わり値ゼロを選択部422に入力すれば良い。

[0059] 電圧指令値生成部115は例えば、図6に示されるように構成されている。図示の電圧指令値生成部115は、周波数推定部501と、減算部502と、速度制御部503と、電圧値算出部520と、変調率算出部551と、補正係数生成部552と、モード決定部553と、乗算部560とを有する。

[0060] 周波数推定部501は、3相2相変換部112から出力されたd軸電流 I

d及びq軸電流 I_q と、乗算部560から出力された電圧指令値 V_d^* 及び V_q^* とを入力として、これらに基づいて電動機7に印加された電圧の周波数を推定し、推定値 ω_{est} を出力する。

[0061] 減算部502は、周波数推定部501により生成された周波数推定値 ω_{est} の、周波数指令値 ω^* に対する差分である周波数偏差 $d_{e|\omega}$ ($=\omega^*-\omega_{est}$)を算出する。

[0062] 速度制御部503は、算出された周波数偏差 $d_{e|\omega}$ に対して比例積分(PI)演算を行って、該偏差をゼロに近付けるq軸電流指令値 I_q^* を求める。このようにしてq軸電流指令値 I_q^* を生成することで、周波数推定値 ω_{est} を周波数指令値 ω^* に一致させるための制御が行われる。

なお、上記のように電動機7の回転速度は、電動機7に印加される交流電圧の周波数に比例するので、速度制御部503による制御は、速度指令値に対する速度推定値の偏差をゼロに近付けるための制御であると言える。

[0063] 速度制御部503は、例えば図7に示すように、係数乗算部5031及び5032と、積分部5033と、加算部5034と、リミッタ5035とを有する。

[0064] 係数乗算部5031は、周波数偏差 $d_{e|\omega}$ に対して予め定められた係数を乗算する。係数乗算部5032は、周波数偏差 $d_{e|\omega}$ に対して予め定められた係数を乗算する。係数乗算部5031で用いる係数と係数乗算部5032で用いる係数とは同じ値のものであっても良く、異なる値のものであっても良い。

積分部5033は、係数乗算部5032の出力を積分する。

係数乗算部5031の出力は周波数偏差 $d_{e|\omega}$ に対する比例演算の結果であり、積分部5033の出力は、周波数偏差 $d_{e|\omega}$ に対する積分演算の結果である。

[0065] 加算部5034は、係数乗算部5031の出力と、積分部5033の出力を加算してq軸電流値 I_{q1}^* を出力する。q軸電流値 I_{q1}^* は、周波数偏差 $d_{e|\omega}$ に対する比例積分(PI)演算の結果である。

リミッタ5035は、q軸電流値 I_{q1}^* に対して、正方向及び負方向の制限を加える。リミッタ5035の出力 I_{q^*} がq軸電流指令値として速度制御部503から出力される。

[0066] 電圧値算出部520は、d軸電流指令値生成部114から出力されたd軸電流指令値 I_d^* と、速度制御部503から出力されたq軸電流指令値 I_{q^*} と、3相2相変換部112から出力されたd軸電流 I_d 及びq軸電流 I_q と、周波数推定部501から出力された周波数推定値 ω_{est} と、モード決定部553から出力されたモード信号 S_s を入力とし、d軸電圧値 V_{d3}^* 及びq軸電圧値 V_{q3}^* を出力する。

[0067] 電圧値算出部520は例えば図8に示されるように、d軸電圧値算出部521とq軸電圧値算出部522とを有する。

[0068] d軸電圧値算出部521は、減算部5210と、比例演算部5211と、積分演算部5212と、d軸補償値算出部5213と、開閉器5215及び5216と、加算部5217とを有する。

[0069] 減算部5210は、d軸電流指令値 I_d^* からd軸電流 I_d を減算して、両者の差分としてのd軸電流偏差 $d_{el_}I_d (= I_d^* - I_d)$ を出力する。

[0070] 比例演算部5211は、d軸電流偏差 $d_{el_}I_d$ に対して比例演算を行って、比例演算の結果としての第1のd軸電圧値 V_{dfbp}^* を生成する。第1のd軸電圧値 V_{dfbp}^* は開閉器5215を介して加算部5217に供給される。

積分演算部5212は、d軸電流偏差 $d_{el_}I_d$ に対して積分演算を行って、積分演算の結果としての第2のd軸電圧値 V_{dfbi}^* を生成する。第2のd軸電圧値 V_{dfbi}^* は開閉器5216を介して加算部5217に供給される。

[0071] d軸補償値算出部5213は、q軸電流指令値 I_{q^*} 及び周波数推定値 ω_{est} に基づいて、d軸補償値 V_{dff}^* を算出する。d軸補償値 V_{dff}^* は、q軸電流指令値 I_{q^*} により、d軸上に発生する干渉電圧を打ち消すための補償値である。q軸電流指令値 I_{q^*} によりd軸上に発生する干渉電圧とは、q軸

電流指令値 I_q^* により誘起される d 軸電圧を意味する。補償値 V_{df}^* は後述の式 (4 a) で表される演算で求められる。d 軸補償値 V_{df}^* は加算部 5217 に供給される。

[0072] 加算部 5217 は、第 1 の d 軸電圧値 V_{dfb}^* と、第 2 の d 軸電圧値 V_{dfbi}^* と、d 軸補償値 V_{df}^* とを加算し、加算結果を第 3 の d 軸電圧値 V_{d3}^* として出力する。第 3 の d 軸電圧値 V_{d3}^* は電圧指令値としての性格を持つ。

[0073] q 軸電圧値算出部 522 は、減算部 5220 と、比例演算部 5221 と、積分演算部 5222 と、q 軸補償値算出部 5223 と、開閉器 5225 及び 5226 と、加算部 5227 とを有する。

[0074] 減算部 5220 は、q 軸電流指令値 I_q^* から q 軸電流 I_q を減算して、両者の差分としての q 軸電流偏差 $d_{eI} = I_q^* - I_q$ を出力する。

[0075] 比例演算部 5221 は、q 軸電流偏差 d_{eI} に対して比例演算を行って、比例演算の結果としての第 1 の q 軸電圧値 V_{qfb}^* を生成する。第 1 の q 軸電圧値 V_{qfb}^* は開閉器 5225 を介して加算部 5227 に供給される。

積分演算部 5222 は、q 軸電流偏差 d_{eI} に対して積分演算を行って、積分演算の結果としての第 2 の q 軸電圧値 V_{qfbi}^* を生成する。第 2 の q 軸電圧値 V_{qfbi}^* は開閉器 5226 を介して加算部 5227 に供給される。

[0076] q 軸補償値算出部 5223 は、d 軸電流指令値 I_d^* 及び周波数推定値 ω_{es} 、 t に基づいて、q 軸補償値 V_{qff}^* を算出する。q 軸補償値 V_{qff}^* は、d 軸電流指令値 I_d^* により、q 軸上に発生する干渉電圧を打ち消すための補償値である。d 軸電流指令値 I_d^* により d 軸上に発生する干渉電圧とは、d 軸電流指令値 I_d^* により誘起される q 軸電圧を意味する。補償値 V_{qff}^* は、例えば、後述の式 (4 b) で表される演算で求められる。q 軸補償値 V_{qff}^* は加算部 5227 に供給される。

[0077] 加算部 5227 は、第 1 の q 軸電圧値 V_{qfb}^* と、第 2 の q 軸電圧値 V_{qfbi}^* と、q 軸補償値 V_{qff}^* とを加算し、加算結果を第 3 の q 軸電圧値 V_{qf3}^* として出力する。第 3 の q 軸電圧値 V_{qf3}^* は電圧指令値としての性格を持つ。

$q f b i^*$ と、 q 軸補償値 $V q f f^*$ とを加算し、加算結果を第3の q 軸電圧値 $V q 3^*$ として出力する。第3の q 軸電圧値 $V q 3^*$ は電圧指令値としての性格を持つ。

[0078] 補償値 $V d f f^*$ 及び $V q f f^*$ の算出には下記の式(4 a)及び(4 b)が用いられる。

[数4]

$$V d f f^* = -I q^* \times L q \times \omega_{e s t} \quad (4 a)$$

$$V q f f^* = (I d^* \times L d + \phi f) \times \omega_{e s t} \quad (4 b)$$

[0079] 上記の式(4 a)及び(4 b)で、

$L d$ は電動機7の d 軸インダクタンス、

$L q$ は電動機7の q 軸インダクタンス、

ϕf は鎖交磁束である。

d 軸インダクタンス $L d$ 、 q 軸インダクタンス $L q$ 及び鎖交磁束 ϕf の値は、予め求められ、例えば電圧値算出部520内に記憶されている。

[0080] $\omega_{e s t}$ は周波数推定値であり、例えば周波数推定部501で推定された値が用いられる。

なお、周波数推定値 $\omega_{e s t}$ の代わりに、周波数指令値 ω^* を用いても良い。

[0081] 上記の補償値 $V d f f^*$ 及び $V q f f^*$ を用いた制御は、FF(フィードフォワード)制御と見なせるものである。補償値を用いた制御は非干渉制御とも呼ばれる。

[0082] 開閉器5215、5216、5225及び5226は、モード信号 $S s$ で表されるモードに応じて開閉する。

開閉器5215、5216、5225及び5226は、第1のモードでは閉じている。この場合、電圧値 $V d 3^*$ 及び $V q 3^*$ は、下記の式で与えられる。

[0083]

[数5]

$$V_{d3}^* = V_{dfbp}^* + V_{dfbi}^* + V_{dff}^* \quad (5a)$$

$$V_{q3}^* = V_{qfbp}^* + V_{qfbi}^* + V_{qff}^* \quad (5b)$$

[0084] 開閉器5215、5216、5225及び5226は、第2のモードでは開いている。この場合、電圧値 V_{d3}^* 及び V_{q3}^* は、下記の式で与えられる。

[数6]

$$V_{d3}^* = V_{dff}^* \quad (6a)$$

$$V_{q3}^* = V_{qff}^* \quad (6b)$$

[0085] 高速でかつ安定した運転をしているときは、式(5a)及び(5b)のうち、 V_{dff}^* 及び V_{qff}^* が支配的になるので、第1のモードから第2のモードへの切り替わっても、電圧値 V_{d3}^* 及び V_{q3}^* に大幅な変化は起きない。

[0086] 図6に戻り、変調率算出部551は、第3のd軸電圧値 V_{d3}^* 、第3のq軸電圧値 V_{q3}^* 、及び入力電圧 V_{dc} に基づいて、変調率 F_m を算出する。
変調率 F_m は下記の式で算出される。

[0087] [数7]

$$F_m = \frac{\sqrt{V_{d3}^{*2} + V_{q3}^{*2}}}{V_{dc}/\sqrt{2}} \quad (7)$$

[0088] 補正係数生成部552は、変調率算出部551で算出された変調率 F_m に基づいて補正係数 K_h を生成する。

補正係数生成部552は、例えば変換テーブルで構成されている。

変換テーブルの変換特性の一例を図9に示す。図9に示される変換特性では、変調率 F_m が1以下の範囲では、補正係数 K_h は1であり、変調率 F_m が1を超える範囲では、補正係数 K_h が1より次第に大きくなる。補正係数 K_h の増加の割合は、変調率 F_m の増加に伴って次第に大きくなる。

[0089] モード決定部553は、変調率Fmに基づいて動作モードを決定する。例えば、変調率Fmが第1の閾値Fmtaよりも大きくなったら、第1のモードから第2のモードに切り替え、変調率Fmが第2の閾値Fmtbよりも小さくなったら、第2のモードから第1のモードに切り替える。第2の閾値Fmtbは第1の閾値Fmtaと同じであっても良く、第1の閾値Fmtaよりも小さくても良い。例えば、第1の閾値Fmtaは1であり、第2の閾値Fmtbは0.8である。モード信号Ssはモード決定部553で決定されたモードを示す。

[0090] 乗算部560は、第3のd軸電圧値Vd3*及び第3のq軸電圧値Vq3*に補正係数Khを乗算する。乗算結果は、d軸電圧指令値及びq軸電圧指令値として電圧指令値生成部115から出力される。

[0091] 変調率算出部551は、例えば図10に示されるように振幅算出部5511と、係数乗算部5512と、除算部5513とを有する。

振幅算出部5511は、d軸電圧値Vd3*及びq軸電圧値Vq3*からそれらの2乗和の平方根を求め、振幅Vdq3*_absとして出力する。この処理は、下記の式(8)で表される。

[0092] [数8]

$$Vdq3*_abs = \sqrt{Vd3^{*2} + Vq3^{*2}} \quad (8)$$

[0093] 係数乗算部5512は、入力電圧Vdcに係数(1/√2)を乗算する。

除算部5513は、振幅算出部5511の出力Vdq3*_absを係数乗算部5512の出力Vdc/√2で除算し、除算の結果を変調率(補正前の変調率)Fmとして出力する。

[0094] 以下、上記のような制御を行なうことの意義について説明する。

上記のように、一般的に過変調領域で電流をPI制御すると、積分項が飽和するウィンドアップ現象が起きてしまい、電流制御系が不安定になる。これは、過変調領域では、電圧指令値に対する、実際に電動機7に印加される

電圧の誤差が大きくなり、積分項が次第に大きくなるためである。

[0095] 図11(a)～(d)は、その様子の一例を示す。

図11(a)は、速度を示す。図示の速度は「rps」を単位とする。符号 w_{ref} は、速度指令値（周波数指令値 ω^* に対応する）を示し、符号 w_r は推定速度（周波数推定値 ω_{est} に対応する）を示し、 w_{mt} は実速度を示す。

図11(b)は、トルクを示す。図示のトルクは「Nm」を単位とする。符号 T_m は電動機7の出力トルクを示し、符号 T_l は負荷トルクを示す。

[0096] 図11(c)は、電流を示す。図示の電流は「A」を単位とする。符号 i_{dref} は、d軸電流指令値 i_d^* を示し、符号 i_{des} は実際のd軸電流の推定値を示し、符号 i_{qref} は、q軸電流指令値 i_q^* を示し、符号 i_{qs} は実際のq軸電流の推定値を示す。

図11(d)は、入力電圧 V_{dc} を示し、「V」を単位とする。

[0097] 図11(a)～(d)から、電流指令値に対する実電流の偏差が次第に大きくなっており、これとともに、速度、トルク、及び入力電圧の変動が次第に大きくなっていることが分かる。

[0098] 本実施の形態では、変調率が1に達するまでは、第1のモードでの動作を行なう一方、変調率が1よりも大きくなったら（即ち、過変調領域では）、第2のモードでの動作を行なう。

第1のモードでは、電流指令値に基づくPI制御と非干渉制御とを行なう。

[0099] 第2のモードでは、PI制御を行わず、即ちPI演算の結果を用いず、非干渉制御のみを行ない、非干渉制御の結果生成される補償値を第3のd軸電圧値 V_{d3}^* 及び第3のq軸電圧値 V_{q3}^* として出力し、第3のd軸電圧値 V_{d3}^* 及び第3のq軸電圧値 V_{q3}^* に基づいて電圧指令値 V_d^* 及び V_q^* を生成する。

[0100] 具体的には、電圧値 V_{d3}^* 及び V_{q3}^* に基づいて変調率 F_m を求め、変調率 F_m に基づいて補正係数 K_h を生成し、電圧値 V_{d3}^* 及び V_{q3}^* に補

正係数 K_h を乗算することで、電圧指令値 V_{d*} 及び V_{q*} を生成し、電圧指令値 V_{d*} 及び V_{q*} をインバータ制御信号生成部119に供給する。

上記のように、電圧値 V_{d3*} 及び V_{q3*} は補正前の電圧指令値としての性格を持つ。従って、電圧値 V_{d3*} 及び V_{q3*} に補正係数 K_h を乗算する処理は、電圧指令値を補正する処理であると言える。

[0101] 変調率と補正係数との関係を、図9に示すものとするのは、変調率の増加に対し、実際に出力される電圧の増加の割合は、図12のように、変調率の増加とともに次第に小さくなる傾向がある、言い換えると、変調率の増加に対して出力電圧が飽和する特性があるからである。即ちそのような傾向、即ち飽和特性を打ち消すように、変調率の増加に伴って補正係数の増加の割合が次第に大きくされる。上記のように、補正係数による電圧指令値の補正は、変調率の補正と見ることもできる。

[0102] 補正係数の乗算（変調率補正）による電圧指令ベクトルの変化を図13に示す。

変調率補正が無い場合、電圧値算出部520から出力される電圧値 V_{d3*} 及び V_{q3*} に対応するベクトル V_{3*} (V_{d3*} , V_{q3*}) は、半径が $\sqrt{(2/3)} \cdot V_{dc}$ である円周上に頂点がある六角形の内側に限定される。

従って、変調率は、最大でも $\sqrt{(2/3)} / 1 / \sqrt{2} \div 1.15$ 程度までしか大きくならない。

[0103] 一方、電圧値 V_{d3*} 及び V_{q3*} に補正係数を乗算することで得られる電圧指令値 V_{d*} 及び V_{q*} に対応するベクトル V^* としては、より大きな絶対値を持つものが得られる。その結果、インバータ30からは、電圧値 V_{d3*} 及び V_{q3*} に対応するベクトル V_{3*} の大きさに相当する電圧が出力されて電動機7に印加される。

即ち、電圧指令値の補正（変調率の補正）を行うことで、過変調領域でも電圧値（補正前の電圧指令値） V_{d3*} , V_{q3*} に相当する値の電圧を電動機7に印加することができ、安定した動作が可能となる。

[0104] PI制御の結果を用いないことによる電流等の変化は例えば図14(a)

～ (d) に示す如くとなる。

図14 (a) は、速度を示す。図示の速度は「rps」を単位とする。符号 w_{ref} は、速度指令値（周波数指令値 ω^* に対応する）を示し、符号 w_r0 は推定速度（周波数推定値 ω_{est} に対応する）を示し、 w_{r_mtr} は実速度を示す。

図14 (b) は、トルクを示す。図示のトルクは「Nm」を単位とする。符号 T_{em} は電動機7の出力トルクを示し、符号 T_l は負荷トルクを示す。

[0105] 図14 (c) は、電流を示す。図示の電流は「A」を単位とする。符号 I_{d_ref} は、d軸電流指令値 I_d^* を示し、符号 I_{des} は実際のd軸電流を示し、符号 I_{q_ref} は、q軸電流指令値 I_q^* を示し、符号 I_{qes} は実際のq軸電流の推定値を示す。

図14 (d) は、入力電圧 V_{dc} を示し、「V」を単位とする。

[0106] 図14 (a) ～ (d) から、電流指令値に対する実電流の偏差が小さい値に保たれ、速度、トルク、入力電圧の変動も小さく保たれていることが分かる。

[0107] 本実施の形態では、上記のように、d軸電流指令値、q軸電流指令値に対するリミット処理において、第2のモードで用いられるリミット値を第1のモードで用いられるリミット値よりも大きく設定する。

以下そのようにする理由について説明する。

[0108] 上記のように、第2のモードでは、開閉器5215、5216、5225及び5226が開くことにより、式(4a)及び(4b)で表される補償値 V_{dff}^* 及び V_{qff}^* が電圧値 V_{d3}^* 及び V_{q3}^* となり、電圧値 V_{d3}^* 及び V_{q3}^* により電圧指令値 V_d^* 及び V_q^* が決まる。

[0109] 式(4a)及び(4b)を見ると分かるように補償値 V_{dff}^* 及び V_{qff}^* は速度制御部503の出力(I_q^*)と弱め磁束制御部410を含むd軸電流指令値生成部114の出力(I_d^*)によって決まり、比例演算部5211及び5221、並びに積分演算部5212及び5222の出力に依存しない。

[0110] 従って、電圧指令値 V_d^* には、d 軸電流指令値と実 d 軸電流の差分を小さくするための電圧成分が含まれず、電圧指令値 V_q^* には、q 軸電流指令値と実 q 軸電流の差分を小さくするための電圧成分が含まれない。

そのため、制御のための演算で用いている電動機の定数と、電動機の実際の定数が異なる場合、電流指令値に対する実電流の偏差がゼロに近づかない可能性がある。

[0111] 例えば図 15 (a) 及び (b) に制御で用いられる d 軸インダクタンス L_d の値が、実際の d 軸インダクタンスの値とは異なる場合の波形を示す。

図 15 (a) 及び (b) は、制御で用いられた d 軸インダクタンス L_d の値が実際の値の 0.8 倍である場合を示す。この場合、弱め磁束制御により d 軸電流指令値 I_d^* が実電流 I_d に比べ負方向に大きくなる。

図 15 (c) 及び (d) は、制御で用いられた d 軸インダクタンス L_d の値が実際の値の 1.2 倍である場合を示す。この場合、弱め磁束制御により d 軸電流指令値 I_d^* が実電流 I_d に比べ負方向に小さくなる。

[0112] このように誤差が大きくなることを考慮し、電流指令値のリミット値を比較的大きくしておく。

例えば、d 軸電流指令値生成部 114 から出力される d 軸電流指令値 I_d^* のリミット値 $I_{d\lim}$ は、電圧方程式に基づき式 (9) のように定義されることもある。

[0113] [数9]

$$I_{d\lim} = (\phi_f / L_d) \times K_m \quad (9)$$

上記の式 (9) で、 K_m は係数である。

[0114] 式 (9) の係数 K_m が 1 の場合は q 軸基準の電圧位相が $90 [deg]$ まで弱め磁束制御を行うことを意味している。なお、電圧位相が $90 [deg]$ より大きいと制御が破綻する。

[0115] 上記の構成においては、第 2 のモードでは、図 15 (a) に示すように d

軸電流指令値と実際のd軸電流は一致せず、d軸電流指令値 I_d^* に基づいて算出された補償値 V_{qff}^* によって制御されるため、式(9)の係数 K_m が1よりも大きい場合のリミット値 I_{dlim} に等しいd軸電流指令値 I_d^* となって安定に動作することもある。

そのためd軸電流指令値 I_d^* のリミット値は例えば、推定される偏差(d軸電流指令値 I_d^* に対する実電流 I_d の偏差 $d_{e|I_d}$)の絶対値の最大値だけ、第1のモード(変調率が1以下であるとき)で用いられるリミット値より絶対値を大きくした値に設定するのが好ましい。

[0116] 代わりに、第1のモードで用いられるリミット値に比べその絶対値が1.2倍程度に大きくなるようにリミット値を設定しても良い。

第1のモードと第2のモードとで異なる値のリミット値を用いるには、例えば、図5に示すように、モード信号 S_s をリミッタ423に入力し、リミッタ423がモード信号 S_s に応じてリミット値を切替えることとしても良い。

[0117] q軸電流指令値 I_q^* についても同様に、推定される偏差(q軸電流指令値 I_q^* に対する実電流 I_q の偏差) $d_{e|I_q}$ の絶対値の最大値だけ、第1のモード(変調率が1以下であるとき)で用いられるリミット値より絶対値を大きくした値に設定するのが好ましい。

代わりに、第1のモードで用いられるリミット値に比べその絶対値が1.2倍程度に大きくなるようにリミット値を設定しても良い。

[0118] q軸電流指令値 I_q^* に対するリミット値は例えば、図7のリミッタ5035に設定される。

第1のモードと第2のモードとで異なるリミット値を用いるには、例えば、図7に示すように、モード信号 S_s をリミッタ5035に入力し、リミッタ5035がモード信号 S_s に応じてリミット値を切替えることとしても良い。

[0119] なお、上記のようにリミット値を大きくする代わりに電流指令値をより大きい値としても良い。

d軸電流指令値 I_{d*} をより大きくするには、例えばd軸電流指令値生成部 114において、図5の積分部415で用いられる係数 K_{ifw} の値をより大きくしても良い。

[0120] 第1のモードと第2のモードとで異なる値の係数を用いるには、例えば、図5に点線で示すように、モード信号 S_s を積分部415に入力し、積分部415がモード信号 S_s に応じて係数 K_{ifw} の値を切替えることとしても良い。

[0121] q軸電流指令値 I_{q*} をより大きくするには、例えばd軸電流指令値生成部 114においては、図7の係数乗算部5031及び5032で乗算される係数の値をより大きくしても良い。

[0122] 第1のモードと第2のモードとで係数を切替えるには、例えば、図7に点線で示すように、モード信号 S_s を係数乗算部5031及び係数乗算部5032に入力し、係数乗算部5031及び係数乗算部5032がモード信号 S_s に応じてそれぞれの係数の値を切替えることとしても良い。

[0123] 上記の例では、第2のモードにおいて、比例演算部5211及び5221の出力、並びに積分演算部5212及び5222の出力を用いないが、比例演算部5211及び5221の出力を用い、積分演算部5212及び5222の出力を用いないこととしても良い。

この場合、電圧値 V_{d3*} 及び V_{q3*} は下記の式(10a)及び(10b)で与えられる。

[0124] [数10]

$$V_{d3*} = V_{dfbp*} + V_{dff*} \quad (10a)$$

$$V_{q3*} = V_{qfbp*} + V_{qff*} \quad (10b)$$

[0125] ワインドアップが起きるのは、積分演算の結果を用いるためであるので、積分演算の結果を用いないことで、ワインドアップを防ぐことができる。

[0126] 上記の例では、弱め磁束制御部410は、積分型の弱め磁束制御によりd軸電流指令値 I_{d_fw*} を求めているが、代わりに、電圧方程式に基づいて

、下記の式（11）で算出しても良い。

[0127] [数11]

$$Id_fw^* = \frac{-\phi_a \pm \sqrt{\left(\frac{Vom}{\omega}\right)^2 + (Lq \cdot Iq)^2}}{Ld} \quad (11)$$

[0128] 式（11）で、

Vomは、制限値であり、図5に示される係数乗算部412及び乗算部413に関して説明したのと同様に算出され得る。

ω は、インバータ30の出力電圧の周波数である。

[0129] 上記の例では、インバータ30の入力電流Idcから相電流Iu、Iv及びIwを復元する構成としている。代わりに、インバータ30の出力線331、332及び333に電流検知器を設け、該検知器で相電流を検出する構成としても良い。そのようにする場合には、上記の電流検知器で検出される電流を、電流復元部111で復元された電流の代わりに用いれば良い。

[0130] インバータ主回路310のスイッチング素子311～316としては、IGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）或いはMOSFETを想定しているが、スイッチングを行うことが可能な素子であれば、どのようなものを用いても良い。なお、MOSFETの場合は、構造上寄生ダイオードを有するため環流用の整流素子（321～326）を逆並列接続しなくても同様の効果を得ることができる。

[0131] スwitching素子311～316を構成する材料については、ケイ素（Si）だけでなく、ワイドバンドギャップ半導体である炭化ケイ素（SiC）、窒化ガリウム（GaN）、ダイヤモンド等を用いたもので構成することにより、損失をより少なくすることが可能となる。

[0132] なお、以上の実施の形態に示した構成は、本発明の構成の一例であり、別の公知の技術と組み合わせることも可能であるし、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、一部を省略する等、変更して構成することも可能である。

産業上の利用可能性

[0133] 以上、電動機駆動装置、及びそれを備えた冷凍サイクル装置について説明した。特に、冷凍サイクル装置が空気調和機に用いられるものである場合について説明したが、冷凍サイクル装置は、冷蔵庫、冷凍庫、ヒートポンプ給湯器などに用いられるものであっても良い。

符号の説明

[0134] 1 交流電源、 2 電動機駆動装置、 4 リアクタ、 7 電動機、
20 平滑コンデンサ、 30 インバータ、 60 結線切替装置、
82 電圧検出部、 84 入力電流検出部、 100 制御装置、 10
2 運転制御部、 110 インバータ制御部、 111 電流復元部、
112 3相2相変換部、 114 d軸電流指令値生成部、 115 電
圧指令値生成部、 116 電気位相演算部、 117 2相3相変換部、
118 PWM信号生成部、 410 弱め磁束制御部、 411 振幅
算出部、 412 係数乗算部、 413 乗算部、 415 積分部、
421 MTPA 制御部、 420 制限回路、 422 選択部、 4
23 リミッタ、 501 周波数推定部、 502 減算部、 503
速度制御部、 520 電圧値算出部、 551 変調率算出部、 552
補正係数生成部、 553 モード決定部、 560 乗算部、 900
冷凍サイクル、 902 四方弁、 904 圧縮機、 906 室内熱
交換器、 908 膨張弁、 910 室外熱交換器、 5031, 503
2 乗算部、 5033 積分部、 5035 リミッタ、 5211, 5
221 比例演算部、 5212, 5222 積分演算部、 5213, 5
223 補償値算出部、 5215, 5216, 5225, 5226 開閉
器。

請求の範囲

- [請求項1] 周波数可変で電圧値可変の交流電圧を生成し、電動機に印加するインバータと、
- 前記インバータを制御する制御装置とを備え、
- 前記制御装置は、
- 前記交流電圧の周波数の、周波数指令値に対する差分である周波数偏差に基づいてq軸電流指令値を生成し、
- 前記電動機のd軸電流のd軸電流指令値に対する差分であるd軸電流偏差に対して比例演算を行なって第1のd軸電圧値を生成し、
- 前記d軸電流偏差に対して積分演算を行なって第2のd軸電圧値を生成し、
- 前記q軸電流指令値により誘起されるd軸電圧を補償するd軸補償値を算出し、
- 前記電動機のq軸電流の前記q軸電流指令値に対する差分であるq軸電流偏差に対して比例演算を行なって第1のq軸電圧値を生成し、
- 前記q軸電流偏差に対して積分演算を行なって第2のq軸電圧値を生成し、
- 前記d軸電流指令値により誘起されるq軸電圧を補償するq軸補償値を算出し、
- 第1のモードでは、
- 前記第1のd軸電圧値と、前記第2のd軸電圧値と、前記d軸補償値とを用いて第3のd軸電圧値を生成し、
- 前記第1のq軸電圧値と、前記第2のq軸電圧値と、前記q軸補償値とを用いて第3のq軸電圧値を生成し、
- 第2のモードでは、
- 前記第1のd軸電圧値、前記第2のd軸電圧値、及び前記d軸補償値のうちの、少なくとも前記d軸補償値を用い、かつ前記第2のd軸電圧値を用いずに、前記第3のd軸電圧値を生成し、

前記第1のq軸電圧値、前記第2のq軸電圧値、及び前記q軸補償値のうちの、少なくとも前記q軸補償値を用い、かつ前記第2のq軸電圧値を用いずに、前記第3のq軸電圧値を生成し、

前記第3のd軸電圧値及び前記第3のq軸電圧値に基づいて変調率を算出し、

前記変調率に基づいて補正係数を生成し、

前記第3のd軸電圧値及び前記第3のq軸電圧値に対して前記補正係数を乗算して、d軸電圧指令値及びq軸電圧指令値を生成し、

前記d軸電圧指令値及び前記q軸電圧指令値に基づいて前記インバータをPWM制御する信号を生成し、

前記補正係数は、前記第1のモードでは1に維持され、

前記補正係数は、前記第2のモードでは、前記交流電圧が前記第3のd軸電圧値及び前記第3のq軸電圧値に相当する大きさとなるように定められる

電動機駆動装置。

[請求項2]

前記制御装置は、

前記第1のモードでは、

前記第1のd軸電圧値と、前記第2のd軸電圧値と、前記d軸補償値とを加算することで、前記第3のq軸電圧値を生成し、

前記第1のq軸電圧値と、前記第2のq軸電圧値と、前記q軸補償値とを加算することで、前記第3のq軸電圧値を生成する

請求項1に記載の電動機駆動装置。

[請求項3]

前記第2のモードでは、

前記第1のd軸電圧値と前記d軸補償値とを加算することで前記第3のd軸電圧値を生成し、

前記第1のq軸電圧値と前記q軸補償値とを加算することで前記第3のq軸電圧値を生成する

請求項2に記載の電動機駆動装置。

- [請求項4] 前記第2のモードでは、
前記d軸補償値を前記第3のd軸電圧値として用い、
前記q軸補償値を前記第3のq軸電圧値として用いる
請求項2に記載の電動機駆動装置。
- [請求項5] 前記第2のモードでは、前記変調率が大きくなるほど、前記変調率の増加に対する前記補正係数の増加がより大きくなるように、前記補正係数が定められる
請求項1から4のいずれか1項に記載の電動機駆動装置。
- [請求項6] 前記第2のモードでは、前記変調率の増加に対して、前記交流電圧が飽和する特性を打ち消すように前記補正係数が定められる
請求項1から4のいずれか1項に記載の電動機駆動装置。
- [請求項7] 前記制御装置は、
前記変調率が第1の閾値よりも大きくなったら前記第1のモードを選択し、
前記変調率が前記第1の閾値以下である第2の閾値よりも小さくなったら前記第2のモードを選択する
請求項1から6のいずれか1項に記載の電動機駆動装置。
- [請求項8] 前記制御装置は、
前記インバータの入力電圧と、前記d軸電圧指令値と、前記q軸電圧指令値とに基づいて、d軸電流値を算出し、
前記d軸電流値の絶対値に対してリミット値を用いて制限を加えることで前記d軸電流指令値を生成する
請求項1から7のいずれか1項に記載の電動機駆動装置。
- [請求項9] 前記第1のモードで用いられるリミット値よりも前記第2のモードで用いられるリミット値の方が大きい
請求項8に記載の電動機駆動装置。
- [請求項10] 前記第2のモードで用いられる前記リミット値は、前記第1のモードで用いられる前記リミット値に対し、前記d軸電流偏差の推定値の

最大値だけ大きい

請求項 9 に記載の電動機駆動装置。

[請求項11] 前記第 1 のモードで算出される前記 d 軸電流値よりも前記第 2 のモードで算出される前記 d 軸電流値の方が大きい

請求項 8 に記載の電動機駆動装置。

[請求項12] 前記第 2 のモードで算出される前記 d 軸電流値は、前記第 1 のモードで算出される前記 d 軸電流値よりも予め定められた 1 より大きい係数を掛けた値となるように算出される

請求項 11 に記載の電動機駆動装置。

[請求項13] 前記制御装置は、

前記周波数偏差に対して比例積分演算を行なって、q 軸電流値を生成し、

前記 q 軸電流値の絶対値に対してリミット値を用いて制限を加えることで前記 q 軸電流指令値を生成し、

前記第 1 のモードで用いられるリミット値よりも前記第 2 のモードで用いられるリミット値の方が大きい

請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の電動機駆動装置。

[請求項14] 前記第 2 のモードで用いられる前記リミット値は、前記第 1 のモードで用いられる前記リミット値に対し、前記 q 軸電流偏差の推定値の最大値だけ大きい

請求項 9 に記載の電動機駆動装置。

[請求項15] 前記第 1 のモードで生成される前記 q 軸電流指令値よりも前記第 2 のモードで生成される前記 q 軸電流指令値の方が大きい

請求項 1 から 12 のいずれか 1 項に記載の電動機駆動装置。

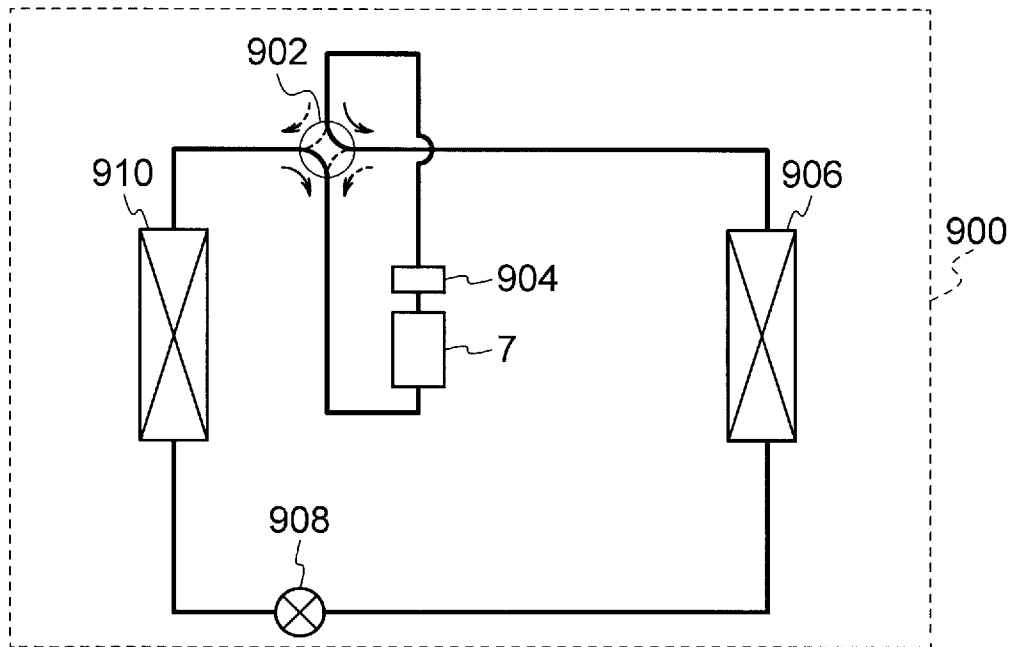
[請求項16] 前記第 2 のモードで生成される前記 q 軸電流指令値は、前記第 1 のモードで生成される q 軸電流指令値に対し予め定められた 1 より大きい係数を掛けた値となるように算出される

請求項 15 に記載の電動機駆動装置。

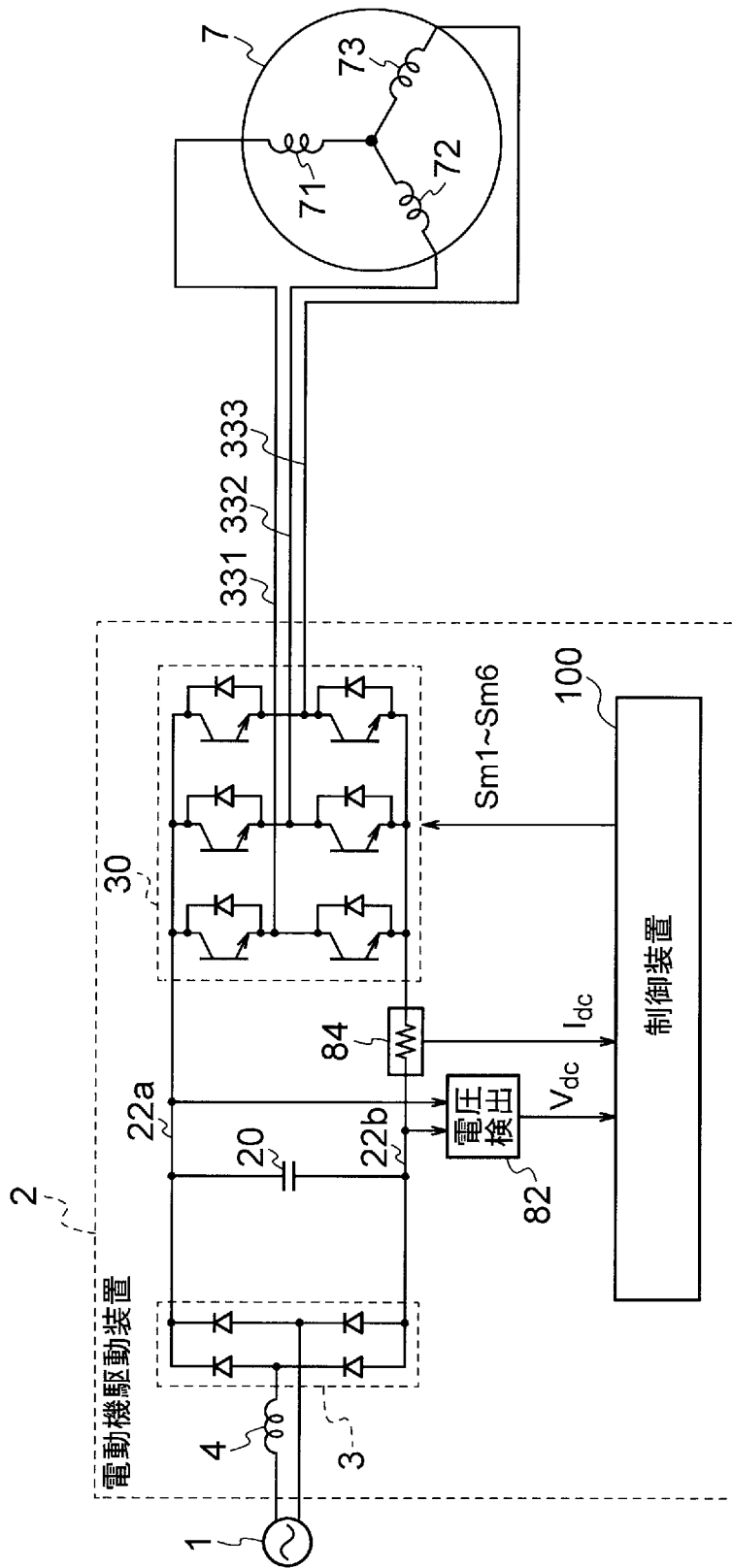
[請求項17] 請求項1から16のいずれか1項に記載の電動機駆動装置を備えた冷凍サイクル装置。

[請求項18] 請求項17に記載の冷凍サイクル装置を備えた空気調和機。

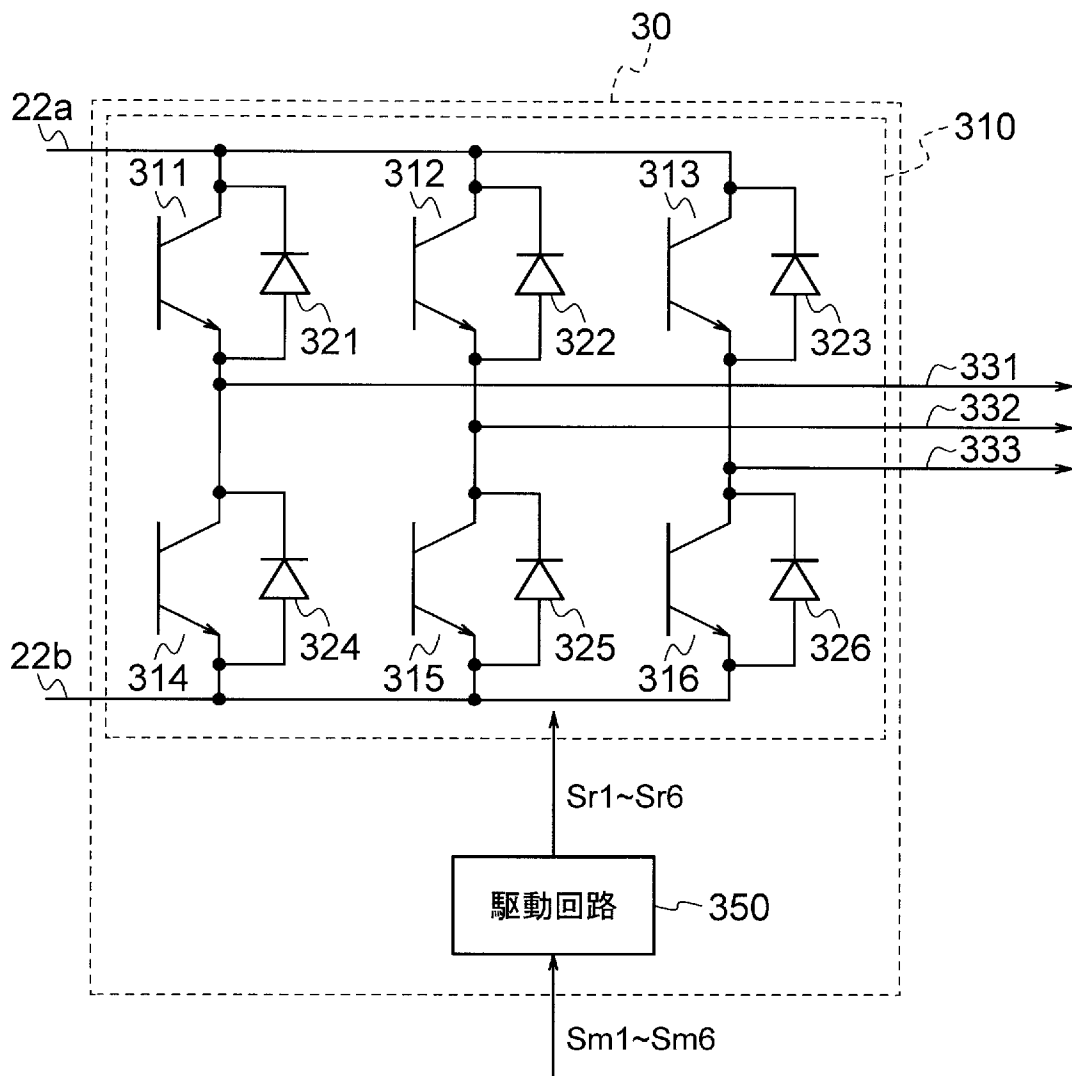
[図1]



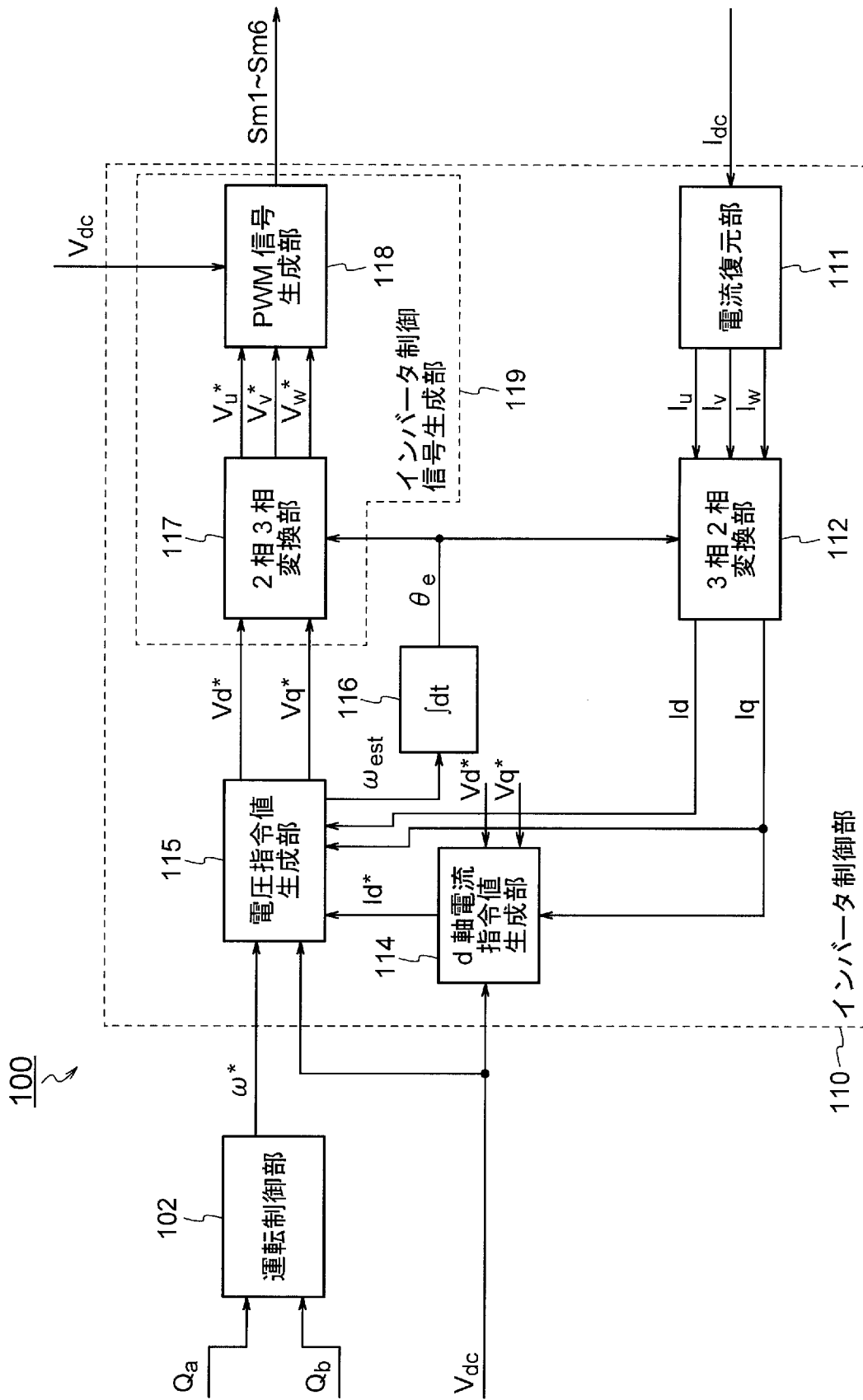
[図2]



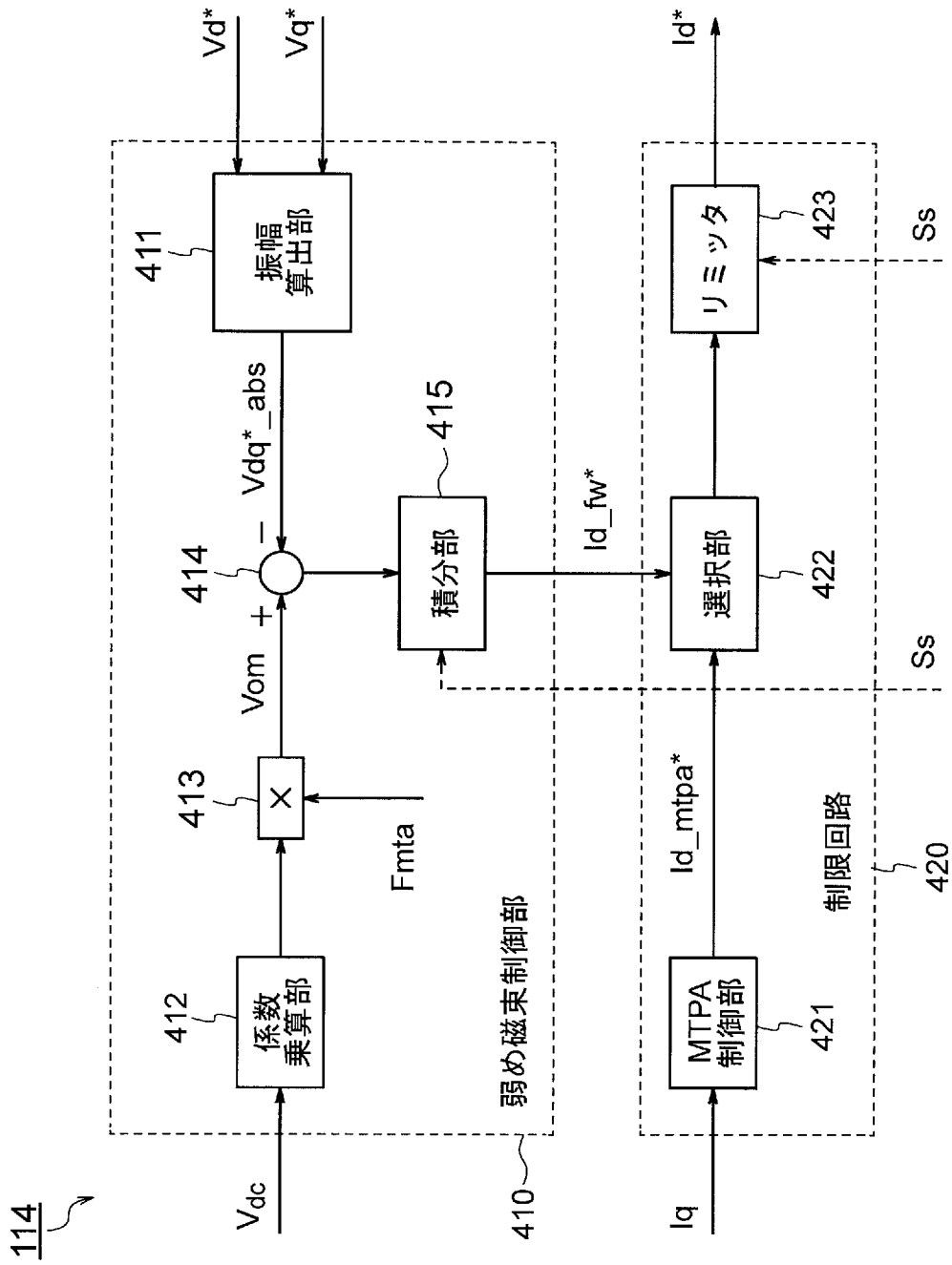
[図3]



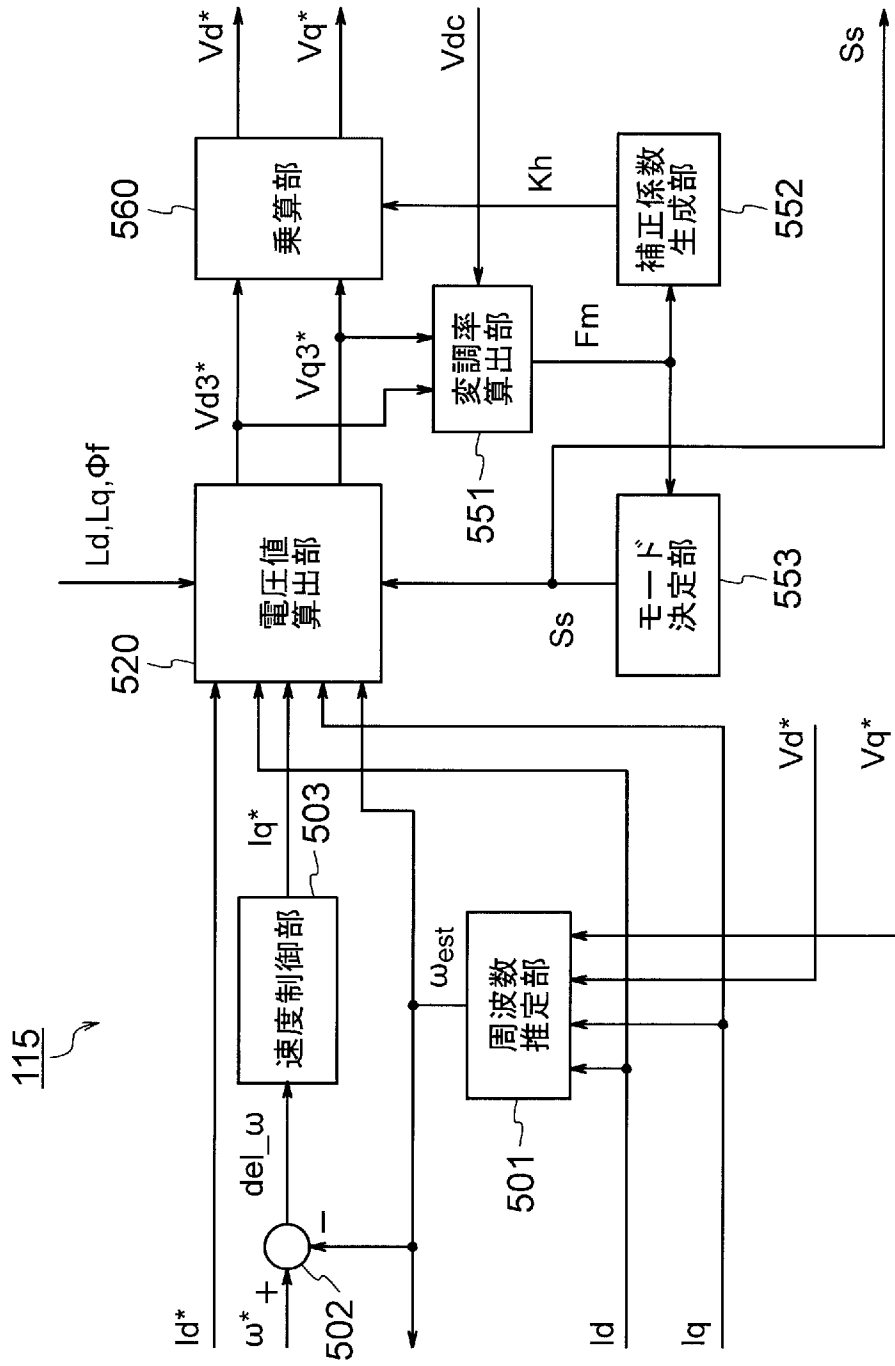
[図4]



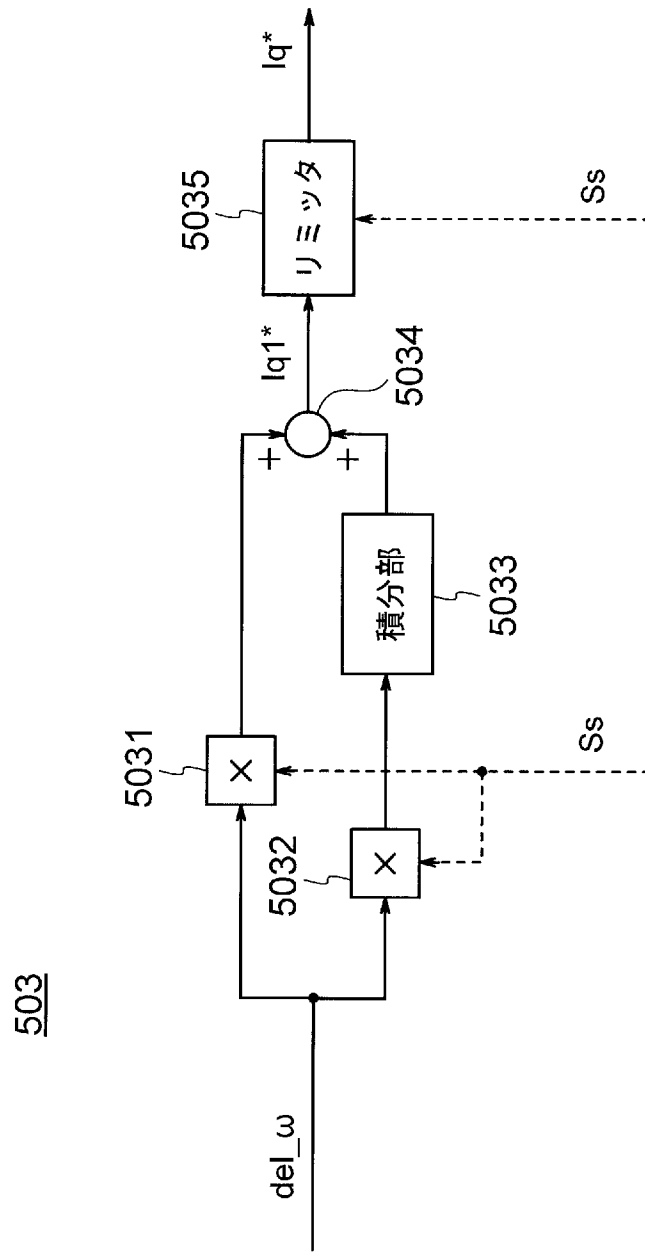
[図5]



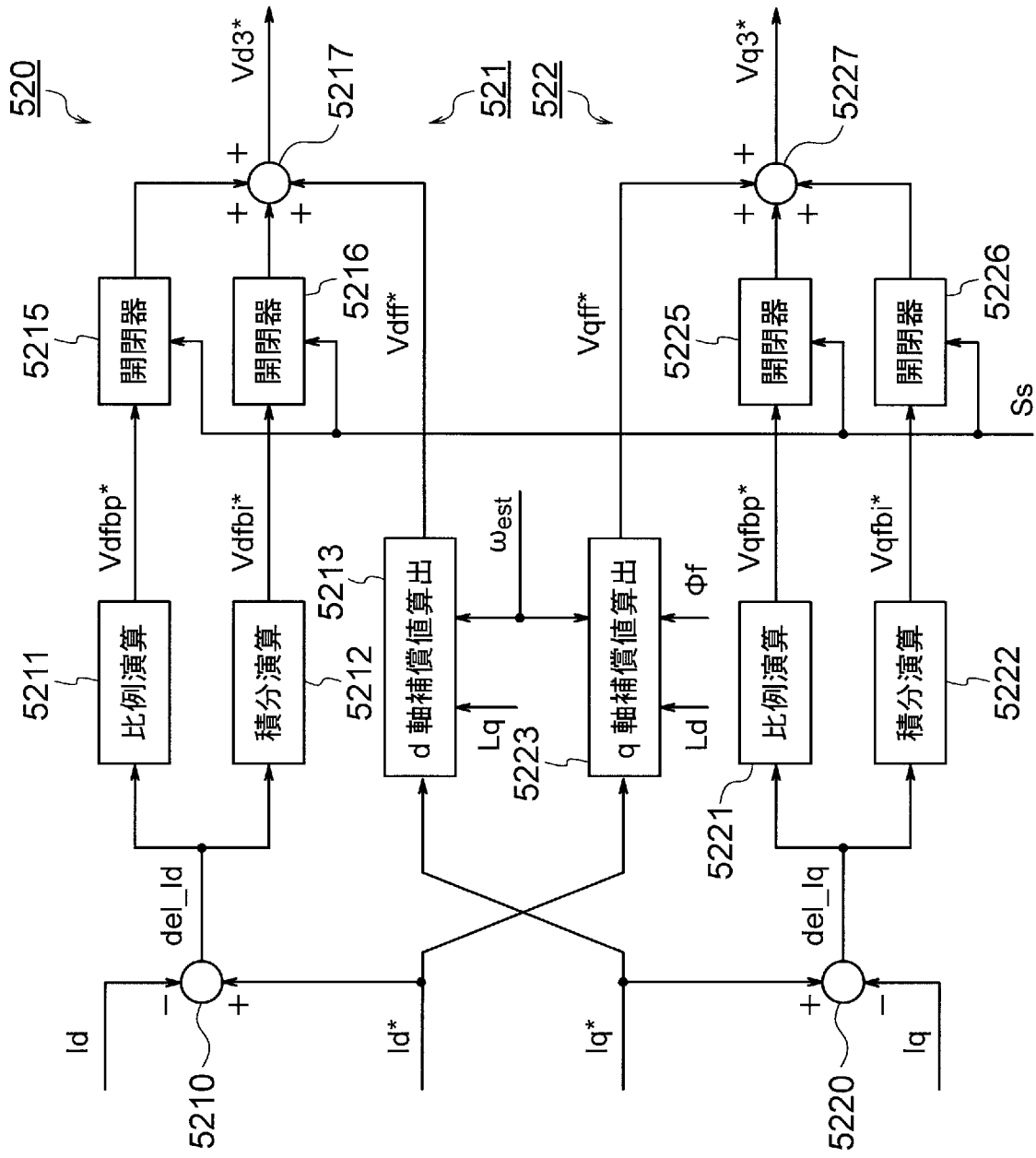
[図6]



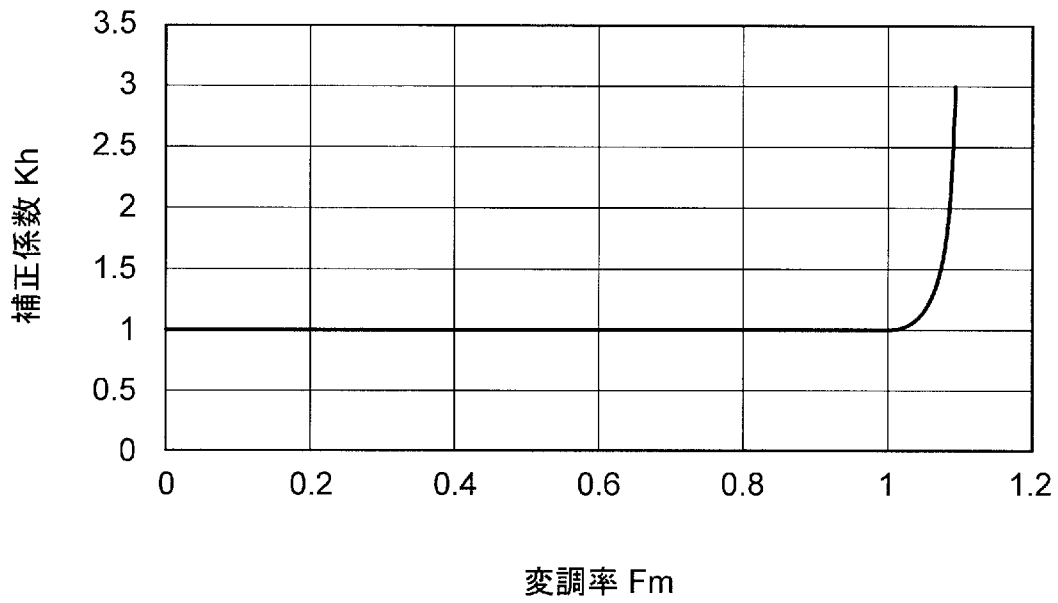
[図7]



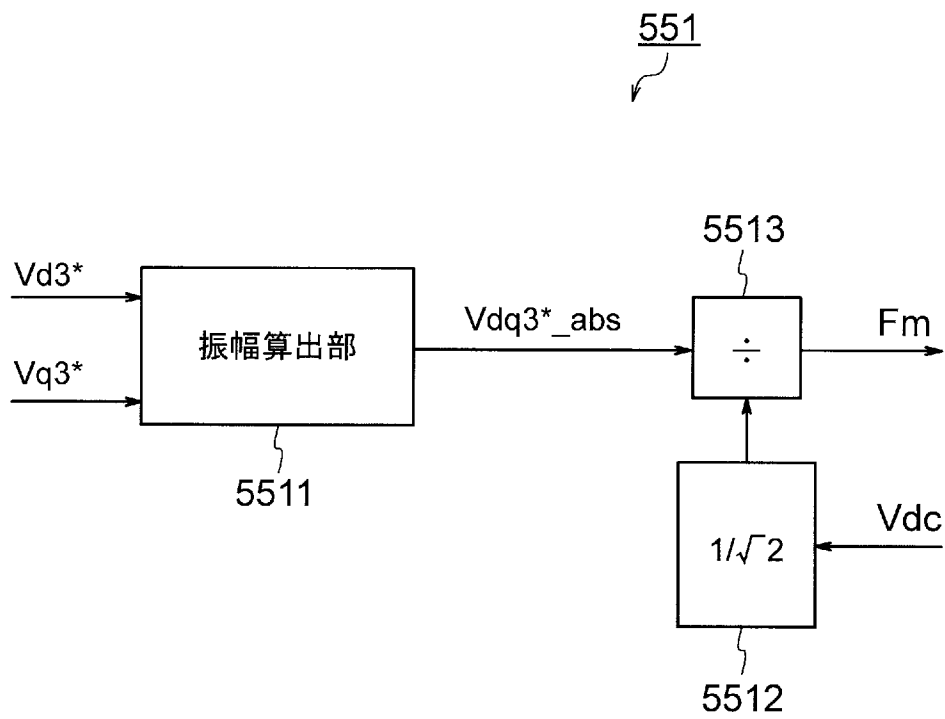
[図8]



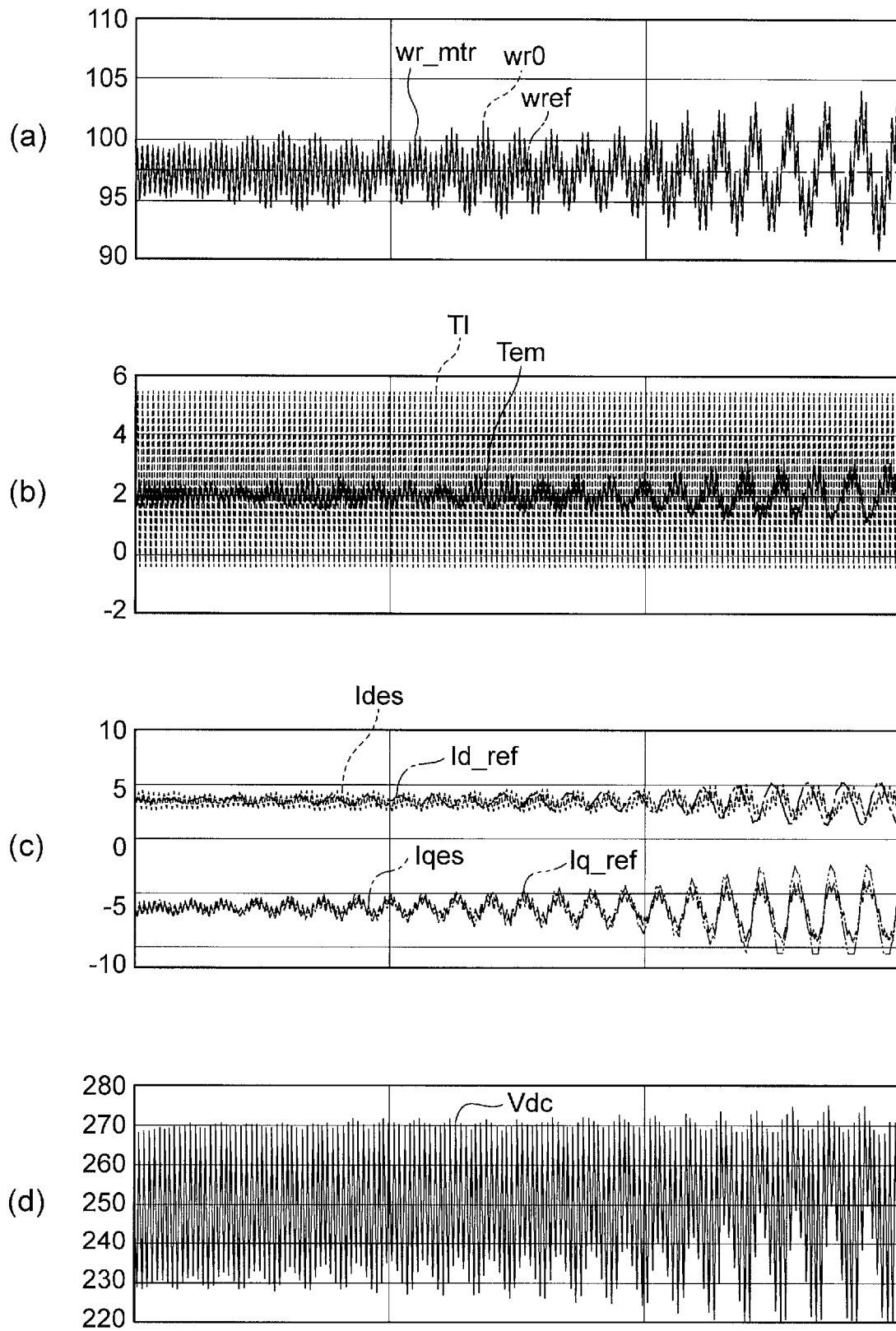
[図9]



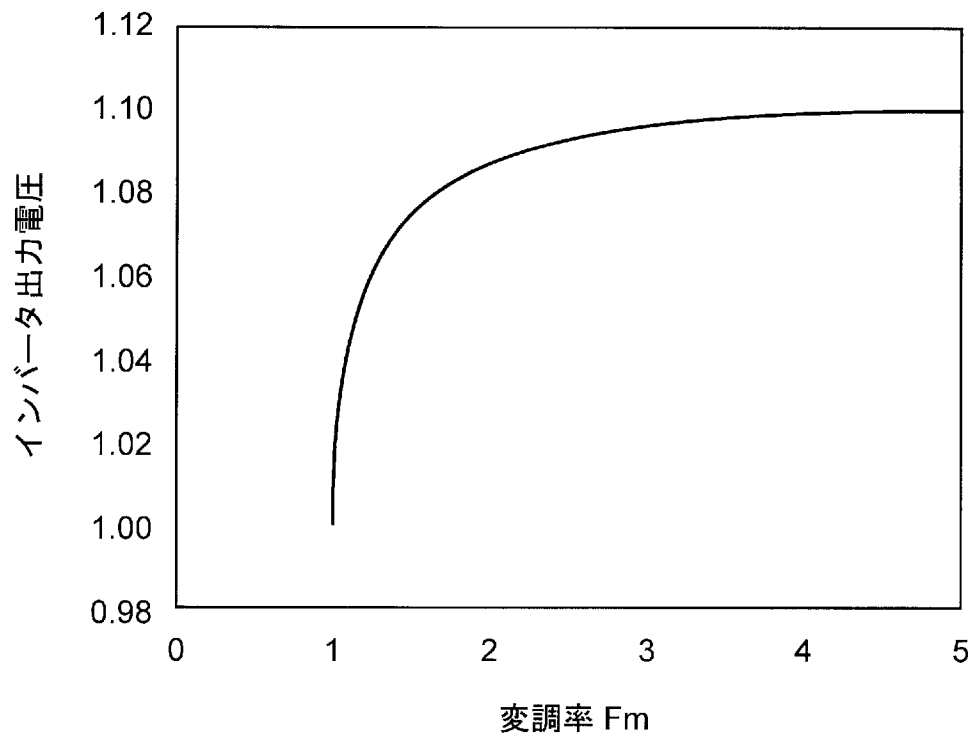
[図10]



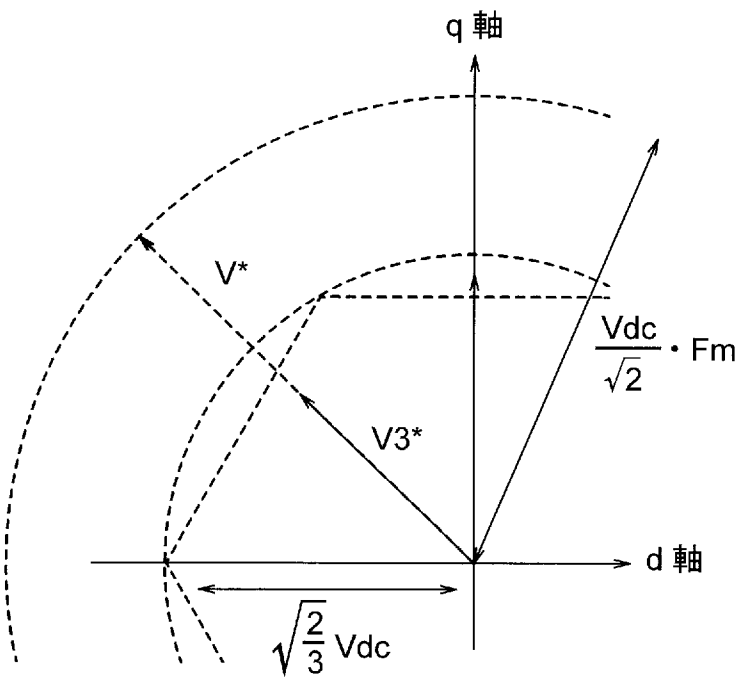
[図11]



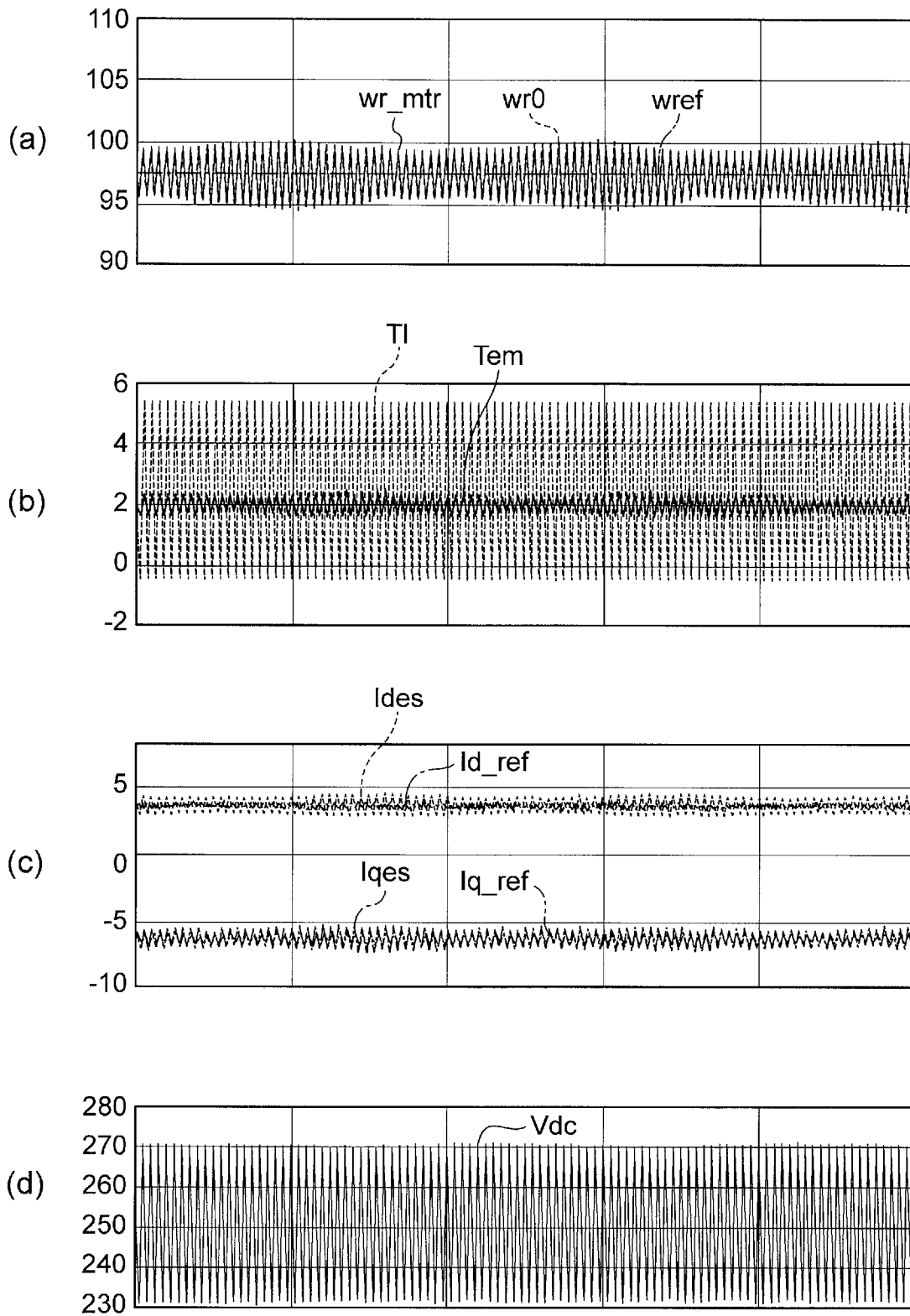
[図12]



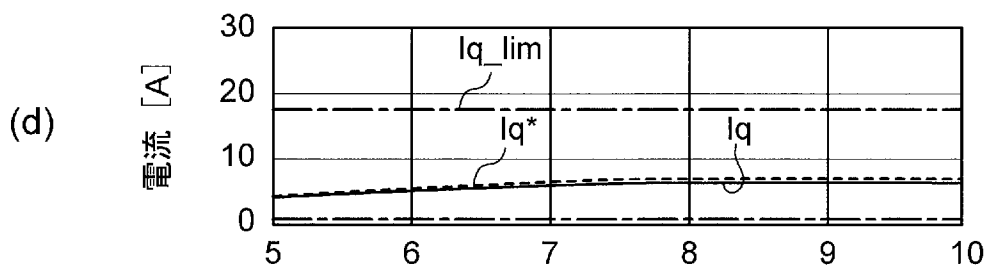
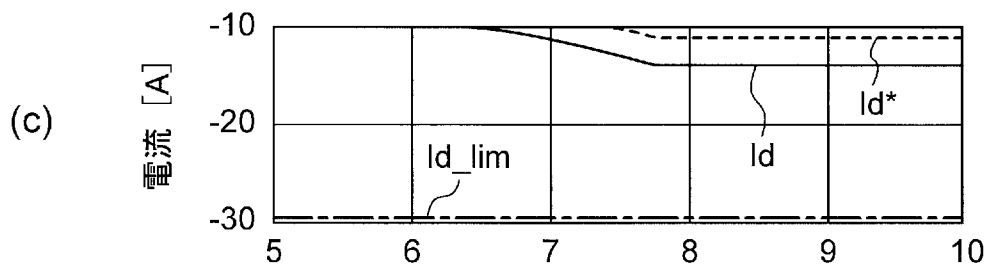
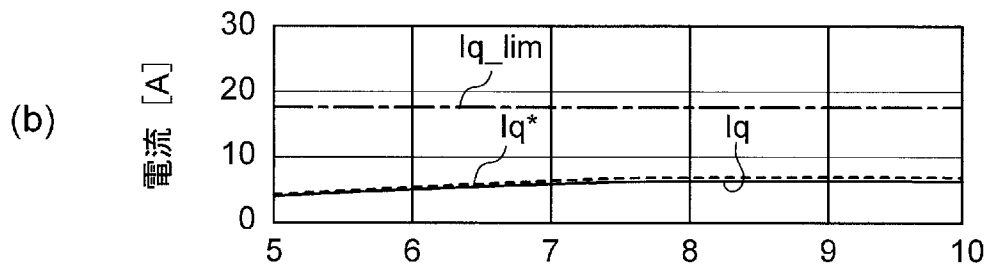
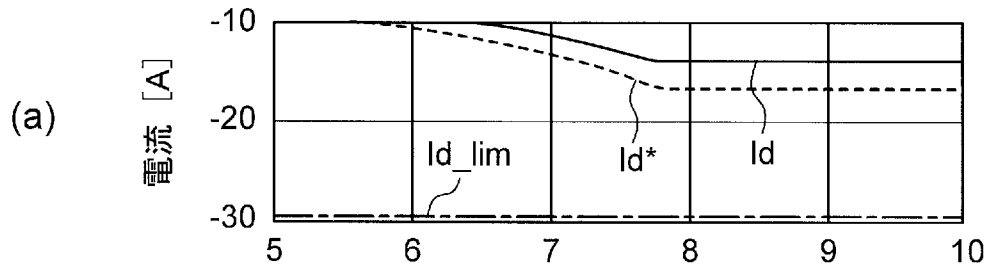
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/047186

<p>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H02P 21/22 (2016.01) i FI: H02P21/22 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC</p>																
<p>B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H02P21/22</p>																
<p>Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched</p> <table style="width:100%; border:none;"> <tr> <td style="width:70%;">Published examined utility model applications of Japan</td> <td style="text-align:right;">1922-1996</td> </tr> <tr> <td>Published unexamined utility model applications of Japan</td> <td style="text-align:right;">1971-2021</td> </tr> <tr> <td>Registered utility model specifications of Japan</td> <td style="text-align:right;">1996-2021</td> </tr> <tr> <td>Published registered utility model applications of Japan</td> <td style="text-align:right;">1994-2021</td> </tr> </table>		Published examined utility model applications of Japan	1922-1996	Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2021	Registered utility model specifications of Japan	1996-2021	Published registered utility model applications of Japan	1994-2021							
Published examined utility model applications of Japan	1922-1996															
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2021															
Registered utility model specifications of Japan	1996-2021															
Published registered utility model applications of Japan	1994-2021															
<p>Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)</p>																
<p>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width:10%;">Category*</th> <th style="width:70%;">Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th style="width:20%;">Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td align="center">A</td> <td>JP 2011-91976 A (HITACHI INDUSTRIAL EQUIPMENT SYSTEMS CO., LTD.) 06 May 2011 (2011-05-06) paragraphs [0009]-[0048], fig. 1-14</td> <td align="center">1-18</td> </tr> <tr> <td align="center">A</td> <td>JP 2006-20411 A (HITACHI, LTD.) 19 January 2006 (2006-01-19) paragraphs [0009]-[0103], fig. 1-13</td> <td align="center">1-18</td> </tr> <tr> <td align="center">A</td> <td>JP 2007-116791 A (HITACHI, LTD.) 10 May 2007 (2007-05-10) paragraphs [0008]-[0086], fig. 1-8</td> <td align="center">1-18</td> </tr> <tr> <td align="center">A</td> <td>JP 2020-31485 A (SANDEN HOLDINGS CORPORATION) 27 February 2020 (2020-02-27) paragraphs [0024]-[0082], fig. 1-4</td> <td align="center">1-18</td> </tr> </tbody> </table>		Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	A	JP 2011-91976 A (HITACHI INDUSTRIAL EQUIPMENT SYSTEMS CO., LTD.) 06 May 2011 (2011-05-06) paragraphs [0009]-[0048], fig. 1-14	1-18	A	JP 2006-20411 A (HITACHI, LTD.) 19 January 2006 (2006-01-19) paragraphs [0009]-[0103], fig. 1-13	1-18	A	JP 2007-116791 A (HITACHI, LTD.) 10 May 2007 (2007-05-10) paragraphs [0008]-[0086], fig. 1-8	1-18	A	JP 2020-31485 A (SANDEN HOLDINGS CORPORATION) 27 February 2020 (2020-02-27) paragraphs [0024]-[0082], fig. 1-4	1-18
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.														
A	JP 2011-91976 A (HITACHI INDUSTRIAL EQUIPMENT SYSTEMS CO., LTD.) 06 May 2011 (2011-05-06) paragraphs [0009]-[0048], fig. 1-14	1-18														
A	JP 2006-20411 A (HITACHI, LTD.) 19 January 2006 (2006-01-19) paragraphs [0009]-[0103], fig. 1-13	1-18														
A	JP 2007-116791 A (HITACHI, LTD.) 10 May 2007 (2007-05-10) paragraphs [0008]-[0086], fig. 1-8	1-18														
A	JP 2020-31485 A (SANDEN HOLDINGS CORPORATION) 27 February 2020 (2020-02-27) paragraphs [0024]-[0082], fig. 1-4	1-18														
<p><input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.</p>																
<table style="width:100%; border:none;"> <tr> <td style="width:50%; vertical-align: top;"> <p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> </td> <td style="width:50%; vertical-align: top;"> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” document member of the same patent family</p> </td> </tr> </table>		<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>													
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>															
<p>Date of the actual completion of the international search 08 February 2021 (08.02.2021)</p>	<p>Date of mailing of the international search report 16 February 2021 (16.02.2021)</p>															
<p>Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan</p>	<p>Authorized officer</p> <p>Telephone No.</p>															

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application no.

PCT/JP2020/047186

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2011-91976 A	06 May 2011	(Family: none)	
JP 2006-20411 A	19 Jan. 2006	CN 1716758 A	
JP 2007-116791 A	10 May 2007	KR 10-2006-0048738 A US 2007/0085507 A1 paragraphs [0019]- [0119], fig. 1-8	
JP 2020-31485 A	27 Feb. 2020	CN 1956317 A (Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H02P 21/22(2016.01)i FI: H02P21/22		
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）） H02P21/22 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 1922 - 1996年 日本国公開実用新案公報 1971 - 2021年 日本国実用新案登録公報 1996 - 2021年 日本国登録実用新案公報 1994 - 2021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 2011-91976 A（株式会社日立産機システム）06.05.2011（2011 - 05 - 06） 段落[0009]-[0048], 図1-14	1-18
A	JP 2006-20411 A（株式会社日立製作所）19.01.2006（2006 - 01 - 19） 段落[0009]-[0103], 図1-13	1-18
A	JP 2007-116791 A（株式会社日立製作所）10.05.2007（2007 - 05 - 10） 段落[0008]-[0086], 図1-8	1-18
A	JP 2020-31485 A（サンデンホールディングス株式会社）27.02.2020（2020 - 02 - 27） 段落[0024]-[0082], 図1-4	1-18
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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抵触するものではなく、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 08.02.2021	国際調査報告の発送日 16.02.2021	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 池田 貴俊 3V 9256 電話番号 03-3581-1101 内線 3357	

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2020/047186

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2011-91976 A	06.05.2011	(ファミリーなし)	
JP 2006-20411 A	19.01.2006	CN 1716758 A KR 10-2006-0048738 A	
JP 2007-116791 A	10.05.2007	US 2007/0085507 A1 段落[0019]-[0119], FIG. 1-8 CN 1956317 A	
JP 2020-31485 A	27.02.2020	(ファミリーなし)	