

(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
2019年10月31日(31.10.2019)



(10) 国際公開番号

WO 2019/208024 A1

- (51) 国際特許分類:
H02P 25/22 (2006.01) *H02P 25/20* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/011109
- (22) 国際出願日: 2019年3月18日(18.03.2019)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2018-086359 2018年4月27日(27.04.2018) JP
- (71) 出願人: 株式会社デンソー (DENSO CORPORATION) [JP/JP]; 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 石田 純 (ISHIDA Jun); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地株式会社デンソー

内 Aichi (JP). 谷口 真 (TANIGUCHI Makoto); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地株式会社デンソー内 Aichi (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人 明成国際特許事務所 (TOKKYO GYOMUHOJIN MEISEI INTERNATIONAL PATENT FIRM); 〒4600008 愛知県名古屋市中区栄一丁目12番17号 Aichi (JP).

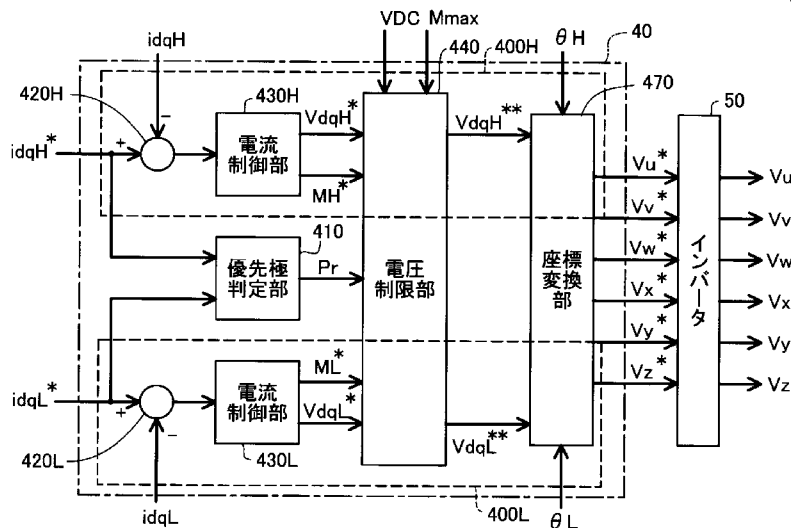
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,

(54) Title: ELECTRIC MOTOR CONTROL DEVICE

(54) 発明の名称: 電動機制御装置

[図3]

Fig.3



50... INVERTER
410... PRIORITY POLE
DETERMINATION UNIT
430H, 430L... CURRENT
CONTROL UNIT
440... VOLTAGE LIMITING UNIT
470... COORDINATE
TRANSFORMATION UNIT

(57) Abstract: This electric motor control device 10 is provided with: a high-pole control unit 400H for generating a voltage command in a high pole having a large number of poles and controlling the operation of the high pole; a low-pole control unit 400L for generating a voltage command in a low pole having a small number of poles and controlling the operation of the low pole; and a priority pole determination unit 410 for, when switching between the operation of the high pole and the operation of the low pole, determining whether to prioritize and control the operation of any of the poles.

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

添付公開書類：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

When switching between the operation of the high pole and the operation of the low pole, a pole control unit which is the high-pole control unit or the low-pole control unit prioritized by the priority pole determination unit calculates a voltage command in the prioritized pole, and a pole control unit which is not prioritized calculates, using the voltage command in the prioritized pole control, a voltage command in the pole which is not prioritized.

(57) 要約：電動機制御装置 10 は、極数が大きい高極における電圧指令を生成し、前記高極の動作を制御する高極制御部 400H と、極数が小さい低極における電圧指令を生成し、前記低極の動作を制御する低極制御部 400L と、前記高極の動作と前記低極の動作とを切り替えるときに、いずれの極の動作を優先して制御するかを決める優先極判定部 410 と、を備え、前記高極の動作と前記低極の動作とを切り替えるときに、前記高極制御部と前記低極制御部のうち前記優先極判定部により優先される極の制御部は、前記優先される極における電圧指令を算出し、優先されない極の制御部は、前記優先する極の制御における電圧指令を用いて、優先されない極における電圧指令を算出する。

明 細 書

発明の名称：電動機制御装置

関連出願の相互参照

[0001] 本願は、2018年4月27日に出願された出願番号2018-086359号の日本出願に基づく優先権を主張し、その開示の全てが参照により本願に組み込まれる。

技術分野

[0002] 本発明は、電動機制御装置に関する。

背景技術

[0003] 高回転ができ、かつ、高トルクを出せる電動機を実現するために様々な提案がなされている。特開平08-223999号公報には、高回転と高トルクとを両立する電動機が開示されている。特開平08-223999号公報に記載の電動機は、6相の電動機であり、6相の電流の位相関係を変化させることで、低回転数領域で高いトルクを出すことができる高極駆動と、高回転まで回転させることができる低極駆動と、を切り替えている。特開平08-223999号公報に記載の運転制御装置は、高極側の電流指令を生成する高極側制御部と低極側の電流指令を生成する低極側制御部とを有し、高極駆動と低極駆動の切り替え時には、高極側制御部と低極側制御部の一方の電流指令を漸増すると共に他方の電流指令を漸減する。

発明の概要

[0004] 切り替えの遷移時においては、電動機の多相コイルに印加される相電圧は、高極側の電圧指令値によって決められる電圧と、低極側の電圧指令値によって決められる電圧との和となる。しかしながら、特開平08-223999号公報に記載の運転制御装置では、高極側の電圧指令値と、低極側の電圧指令値とは、それぞれ独立して算出されるため、高極の動作と低極の動作とを切り替える過渡期に、両者を合算した電圧指令値が、電源から出力不可能な電圧になる可能性があった。発明者の詳細な検討の結果、このような場合

、電圧指令通りに電流制御ができなくなって過電流が生じ、あるいは、トルク変動が大きくなるおそれがあることが見出された。

[0005] 本発明の一形態によれば、電動機制御装置が提供される。この電動機制御装置は、複数の巻き線を有する電動機に対して m 通り（ m は2以上の整数）の極数に極数の切り替えを行うことができる電動機制御装置であって、極数が大きい高極における電圧指令を生成し、前記高極の動作を制御する高極制御部と、極数が小さい低極における電圧指令を生成し、前記低極の動作を制御する低極制御部と、前記高極の動作と前記低極の動作とを切り替えるときに、いずれの極の動作を優先して制御するかを決める優先極判定部と、を備え、前記高極の動作と前記低極の動作とを切り替えるときに、前記高極制御部と前記低極制御部のうち前記優先極判定部により優先される極の制御部は、前記優先される極における電圧指令を算出し、優先されない極の制御部は、前記優先する極の制御における電圧指令を用いて、前記優先されない極における電圧指令を算出する。この形態によれば、高極の動作と低極の動作とを切り替えるときに、高極制御部と低極制御部のうち優先極判定部により優先される極の制御部は、優先される極における電圧指令を算出し、優先されない極の制御部は、優先する極の制御における電圧指令を用いて、優先されない極における電圧指令を算出する。その結果、高極駆動と低極駆動との切り替えるときにおいて、電源から出力不可能な電圧になる可能性がなく、極側制御部の指令値と、低極側制御部の指令値とを、それぞれ独立して算出する場合に比べて、トルク変動を小さく抑えることが可能となる。

図面の簡単な説明

[0006] [図1]図1は、第1実施形態の電動機の電動機制御装置の概略構成を示す説明図であり、

[図2]図2は、インバータの電圧を同一にしたときの高極駆動と低極駆動におけるトルク－回転数特性を示す説明図であり、

[図3]図3は、高極・低極制御部の概略構成を示す説明図であり、

[図4]図4は、高極駆動における電圧の余裕度を付記した高極駆動と低極駆動

のトルク－回転数特性を示す説明図であり、

[図5]図5は、電圧制限部の構成を詳しく説明する説明図であり、

[図6]図6は、電圧制限部の動作の一例を示す説明図であり、

[図7]図7は、電圧制限部の動作の変形例を示す説明図であり、

[図8]図8は、図3の座標変換部の動作を示す行列であり、

[図9]図9は、第1変調率上限が1のときのu相の電圧指令と、インバータのu相の出力電圧を示す説明図であり、

[図10]図10は、第1変調率上限が1.15のときのu相の電圧指令と、インバータのu相の出力電圧を示す説明図であり、

[図11]図11は高極駆動から低極駆動に切り替える場合における第1実施形態の効果を示す説明図であり、

[図12]図12は、低極駆動から高極駆動に切り替える場合における第1実施形態の効果を示す説明図であり、

[図13]図13は、第2実施形態における電圧制限部の構成を示す説明図であり、

[図14]図14は、u相の電圧指令を示すグラフであり、

[図15]図15は、u相の電圧指令のピークが $V_{DC}/2$ よりも大きい値であるときのu相の電圧指令と、インバータのu相の出力電圧を示す説明図であり、

[図16]図16は、第3実施形態の高極・低極制御部の概略構成を示す説明図であり、

[図17]図17は、高極振幅補償部と、低極振幅補償部の概略構成を示す説明図である。

発明を実施するための形態

[0007] ・第1実施形態：

図1は、第1実施形態の電動機20の電動機制御装置10の概略構成を示す説明図である。本実施形態では、電動機20は、スター結線された6相の巻き線20u～20zを有する6相モータであり、巻き線20u～20zの

巻き方及び巻き線 20u ~ 20z への電圧の印加の仕方により、高極駆動と、低極駆動の2つの動作が可能である。

- [0008] 電動機制御装置 10 の概略構成について、説明する。電動機制御装置 10 は、トルク指令生成部 30 と、電流指令生成部 35 と、高極・低極制御部 40 と、インバータ 50 と、電流センサ 55 と、角速度センサ 60 と、機械角電気角変換部 70H、70L と、加算器 75H、75L と、積分器 80H、80L と、座標変換部 90H、90L と、を備える。符号の末尾の「H」、「L」は、それぞれ高極用、低極用の装置であることを意味する。
- [0009] トルク指令生成部 30 は、電動機 20 に要求するトルクを指令するトルク指令 T^* を算出する。例えば、電動機 20 が車両に用いられる場合、トルク指令生成部 30 は、車両のアクセルペダルの踏み込み量と、車両の速度とを用いて、電動機 20 に要求するトルクを指令するトルク指令 T^* を算出する。
- [0010] 電流指令生成部 35 は、トルク指令 T^* と、電動機 20 の機械角周波数 ω_r とを用いて、高極駆動用の d q 軸電流指令 i_{dqH}^* と、低極駆動用の d q 軸電流指令 i_{dqL}^* と、高極すべり角周波数 ω_H と、低極すべり角周波数 ω_L と、を算出する。
- [0011] 高極・低極制御部 40 は、高極駆動用の d q 軸電流指令 i_{dqH}^* と、低極駆動用の d q 軸電流指令 i_{dqL}^* と、高極 d q 軸電流 i_{dqH} と、低極 d q 軸電流 i_{dqL} と、高極磁束位置 θ_H と、低極磁束位置 θ_L とを用いて、各相の電圧指令 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* 、 V_x^* 、 V_y^* 、 V_z^* を算出する。
- [0012] インバータ 50 は、電圧指令 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* 、 V_x^* 、 V_y^* 、 V_z^* を用いて、各相の巻き線 20u、20v、20w、20x、20y、20z に印加する電圧 V_u 、 V_v 、 V_w 、 V_x 、 V_y 、 V_z を生成する。
- [0013] 電流センサ 55 は、各相の巻き線 20u、20v、20w、20x、20y、20z に流れる電流 i_u 、 i_v 、 i_w 、 i_x 、 i_y 、 i_z (図1では、これらをまとめて「 i_{uvwxyz} 」と記載、以後明細書でも「 i_{uvwxyz} 」を用いる) を取得する。
- [0014] 角速度センサ 60 は、所定の位置を基準とする電動機 20 のロータ (図示

せず)の機械角周波数 ω_r を取得する。

[0015] 高極用の機械角電気角変換部70Hは、機械角周波数 ω_r を、高極の極対数を用いて高極側の電気角周波数である高極電気角周波数 ω_{rH} に変換し、低極用の機械角電気角変換部70Lは、機械角周波数 ω_r を、低極の極対数を用いて低極側の電気角周波数である低極電気角周波数 ω_{rL} に変換する。

[0016] 高極用の加算器75Hは、高極電気角周波数 ω_{rH} と、高極すべり角周波数 ω_H とを加算する。高極用の積分器80Hはこの加算値を積分し、高極磁束位置 θ_H を算出する。低極用の加算器75Lは、低極電気角周波数 ω_{rL} と、低極すべり角周波数 ω_L とを加算する。低極用の積分器80Lは、この加算値を積分し、低極磁束位置 θ_L を算出する。

[0017] 高極用の座標変換部90Hは、多相電流 i_{uvwxyz} を、高極磁束位置 θ_H を用いて高極dq軸電流 i_{dqH} に変換し、低極用の座標変換部90Lは、電流 i_{uvwxyz} を、低極磁束位置 θ_L を用いて低極dq軸電流 i_{dqL} に変換する。

[0018] 図2は、インバータ50の電圧を同一にしたときの高極駆動と低極駆動におけるトルク－回転数特性を示す説明図である。なお、電動機20の巻き線20u～20zは、高極駆動用の巻き方及び低極駆動用の巻き方の両方を備える巻き方となっている。高極駆動は、低極駆動と比較すると、高回転数領域でトルクが小さいが、低回転数領域ではトルクが大きい。一方、低極駆動は、高極駆動と比較すると、低回転数領域でトルクは小さいが、高回転数領域ではトルクが大きい。したがって、電動機20を、低回転数領域では高極駆動し、高回転数領域では低極駆動することで、トルクを大きくできる。なお、図2において、領域Xは、高極駆動のみが可能な領域であり、領域Yは、低極駆動のみが可能な領域である。領域Zは、高極駆動、低極駆動のいずれの駆動も可能である。

[0019] 以下、高極駆動と低極駆動における各相の電圧と電流について説明する。

(1) 高極駆動における各相の電圧と電流

高極駆動における各相の電圧と電流は、以下の通りである。

(i) 電圧

$$u \text{ 相 } V_{uH} = V_{mH} \cdot \cos(\theta_H + \sigma_H)$$

$$v \text{ 相 } V_{vH} = V_{mH} \cdot \cos(\theta_H + \sigma_H - 2\pi/3)$$

$$w \text{ 相 } V_{wH} = V_{mH} \cdot \cos(\theta_H + \sigma_H - 4\pi/3)$$

$$x \text{ 相 } V_{xH} = V_{mH} \cdot \cos(\theta_H + \sigma_H)$$

$$y \text{ 相 } V_{yH} = V_{mH} \cdot \cos(\theta_H + \sigma_H - 2\pi/3)$$

$$z \text{ 相 } V_{zH} = V_{mH} \cdot \cos(\theta_H + \sigma_H - 4\pi/3)$$

(ii) 電流

$$u \text{ 相 } I_{uH} = I_{mH} \cdot \cos(\theta_H + \alpha_H)$$

$$v \text{ 相 } I_{vH} = I_{mH} \cdot \cos(\theta_H + \alpha_H - 2\pi/3)$$

$$w \text{ 相 } I_{wH} = I_{mH} \cdot \cos(\theta_H + \alpha_H - 4\pi/3)$$

$$x \text{ 相 } I_{xH} = I_{mH} \cdot \cos(\theta_H + \alpha_H)$$

$$y \text{ 相 } I_{yH} = I_{mH} \cdot \cos(\theta_H + \alpha_H - 2\pi/3)$$

$$z \text{ 相 } I_{zH} = I_{mH} \cdot \cos(\theta_H + \alpha_H - 4\pi/3)$$

上式からわかるように、u相の電圧 V_{uH} と、x相の電圧 V_{xH} は同じである。また、v相の電圧 V_{vH} と、y相の電圧 V_{yH} は同じであり、w相の電圧 V_{wH} と、z相の電圧 V_{zH} は同じである。すなわち、高極駆動では、2相の巻き線を1組として、同じ電圧を印加する。また、u相の巻き線20u及びx相の巻き線20xに印加される電圧と、v相の巻き線20v及びy相の巻き線20yに印加される電圧と、w相の巻き線20wとz相の巻き線20zに印加される電圧は、それぞれ位相が $2\pi/3$ だけずれている。

[0020] (2) 低極駆動における各相の電圧と電流

低極駆動における各相の電圧と電流は、以下の通りである。

(i) 電圧

$$V_{uL} = V_{mL} \cdot \cos(\theta_L + \sigma_L)$$

$$V_{vL} = V_{mL} \cdot \cos(\theta_L + \sigma_L - \pi/3)$$

$$V_{wL} = V_{mL} \cdot \cos(\theta_L + \sigma_L - 2\pi/3)$$

$$V_{xL} = V_{mL} \cdot \cos(\theta_L + \sigma_L - 3\pi/3)$$

$$V_{yL} = V_{mL} \cdot \cos(\theta_L + \sigma_L - 4\pi/3)$$

$$V_{zL} = V_{mL} \cdot \cos(\theta_L + \sigma_L - 5\pi/3)$$

(i i) 電流

$$I_{uL} = I_{mL} \cdot \cos(\theta_L + \alpha_L)$$

$$I_{vL} = I_{mL} \cdot \cos(\theta_L + \alpha_L - \pi/3)$$

$$I_{wL} = I_{mL} \cdot \cos(\theta_L + \alpha_L - 2\pi/3)$$

$$I_{xL} = I_{mL} \cdot \cos(\theta_L + \alpha_L - 3\pi/3)$$

$$I_{yH} = I_{mL} \cdot \cos(\theta_L + \alpha_L - 4\pi/3)$$

$$I_{zL} = I_{mL} \cdot \cos(\theta_L + \alpha_L - 5\pi/3)$$

上式からわかるように、低極駆動では、u相の電圧 V_{uL} とv相の電圧 V_{vL} とは位相が $\pi/3$ だけずれている。v相の電圧 V_{vL} とw相の電圧 V_{wL} とも位相が $\pi/3$ だけずれている。以下、w相の電圧 V_{wL} とx相の電圧 V_{xL} 、x相の電圧 V_{xL} とy相の電圧 V_{yL} 、y相の電圧 V_{yL} とz相の電圧 V_{zL} 、z相の電圧 V_{zL} とu相の電圧 V_{uL} ともそれぞれ位相が $\pi/3$ だけずれている。

[0021] 高極駆動と低極駆動とは、以下の場合に切り替えられる。ここでは、電動機20が、車両に用いられる場合を例にとって説明する。

(1) 運転者の車両のアクセルペダルの踏み込み量が一定で、駆動力一定で加速するときには、図2の(1)で示すように、高極駆動から低極駆動に切り替えられる。

(2) 運転者の車両のアクセルペダルの踏み込み量が一定で、駆動力が一定だが、車両が上り坂などで減速するときには、図2の(2)で示すように、低極駆動から高極駆動に切り替えられる。

(3) 運転者が車両のアクセルペダルを踏み込んで、駆動力を急に増加させたときには、図2の(3)で示すように、高極駆動から低極駆動に切り替えられる。

(4) 運転者が車両のアクセルペダルを緩めて、駆動力を急に減少させたときには、図2の(4)で示すように、低極駆動から高極駆動に切り替えられ

る。

[0022] 電動機 20 は、通常は、高極駆動と低極駆動のいずれかの動作モードで駆動される。しかし、高極駆動と低極駆動の切り替え時には、一方の極の電圧指令を順次下げ、他方の極の駆動の電圧指令を順次上げる。すなわち、切り替えの過渡期には、高極駆動と低極駆動とが混在する。本実施形態では、高極駆動と低極駆動のうち、いずれの極の動作を優先して制御するかを決め、先ず、優先する極の電圧指令を算出し、優先する極の電圧指令を用いて、優先されない極における電圧指令を算出する。

[0023] 図 3 は、高極・低極制御部 40 の概略構成を示す説明図である。高極・低極制御部 40 は、高極制御部 400H と、低極制御部 400L と、優先極判定部 410 とを備える。高極制御部 400H は、高極駆動を制御し、低極制御部 400L は、低極駆動を制御する。

[0024] 優先極判定部 410 は、高極駆動と低極駆動のどちらからどちらに切り替えるか、及び電動機 20 の動作状態と、により優先する極を判定し、優先フラグ P_r を出力する。低極駆動を優先する場合の優先フラグ P_r の値は 1 であり、高極駆動を優先する場合の優先フラグ P_r の値は 0 である。

[0025] 図 3 に示した高極・低極制御部 40 の構成を説明する前に、優先極判定部 410 は、高極駆動と低極駆動のどちらを優先するかについて説明する。高極駆動から低極駆動に切り替える場合には、優先極判定部 410 は、低極駆動を優先する。この理由は、切り替え時のトルク変動を抑えるには、切り替え後の極のトルクを早く立ち上げる必要があるため、切り替え後の極である低極駆動を優先する。ただし、高極駆動を優先してもよい。高極駆動を優先すれば、高極駆動のトルクを維持できるため、トルク変動を抑制できる。

[0026] 低極駆動から高極駆動に切り替える場合について説明する。図 4 は、高極駆動における電圧の余裕度を付記した高極駆動と低極駆動のトルク－回転数特性を示す説明図である。図 4 において、高極駆動の回転数が低い領域は、電圧の余裕がある領域であり、高極駆動の回転数が高い領域は、電圧の余裕がない領域である。優先極判定部 410 は、 dq 軸電流指令 i_{dqH^*} と、低

極駆動用の d q 軸電流指令 i_{dqL}^* とを用いて、切り替え後の動作点を算出し、優先する極を決定する。

(1) 切り替え後の高極駆動の動作点が電圧の余裕がある領域の場合には、優先極判定部410は、高極駆動を優先する。この理由は、切り替え時のトルク変動を抑えるには、切り替え後の極のトルクを早く立ち上げる必要があるため、切り替え後の極である高極駆動を優先するためである。

(2) 切り替え後の高極駆動の動作点が電圧の余裕がない領域の場合には、優先極判定部410は、低極駆動を優先する。この理由は、高極駆動を優先すると、高極の電圧が制限に達したときに、低極駆動で利用できる電圧が無くなり、低極の制御ができなくなって、トルクショックが発生するおそれがあるからである。

[0027] 図3に戻り、高極制御部400Hと、低極制御部400Lについて説明を続ける。高極制御部400Hは、差分演算器420Hと、電流制御部430Hと、電圧制限部440と、座標変換部470と、を備える。低極制御部400Lは、差分演算器420Lと、電流制御部430Lと、電圧制限部440と、座標変換部470と、を備える。高極制御部400Hと、低極制御部400Lは、電圧制限部440と、座標変換部470については、共用している。

[0028] 差分演算器420Hは、高極駆動用の d q 軸電流指令 i_{dqH}^* と、高極 d q 軸電流 i_{dqH} との差分を算出し、電流制限部430Hに送る。電流制限部430Hは、高極駆動用の d q 軸電流指令 i_{dqH}^* と、高極 d q 軸電流 i_{dqH} との差分を用いて、第1高極 d 軸電圧指令 V_{dH}^* と、第1高極 q 軸電圧指令 V_{qH}^* と、第1高極変調率指令 MH^* とを算出する。なお、図3では、第1高極 d 軸電圧指令 V_{dH}^* と、第1高極 q 軸電圧指令 V_{qH}^* とを合わせて、第1高極 d q 軸電圧指令 V_{dqH}^* として図示している。第1高極変調率指令 MH^* は、以下の式により算出される。

[数1]

[Math. 1]

$$M_H^* = \sqrt{\frac{2}{3}} \frac{\sqrt{(V_{dH}^*)^2 + (V_{qH}^*)^2}}{V_{DC}/2} \quad \dots (1)$$

ここで、 V_{DC} は、インバータ50の電源電圧である。

[0029] 同様に、差分演算器420Lは、低極駆動用の dq 軸電流指令 i_{dqL}^* と、低極 dq 軸電流 i_{dqL} との差分を算出し、電流制限部430Lに送る。電流制限部430Lは、低極駆動用の dq 軸電流指令 i_{dqL}^* と、低極 dq 軸電流 i_{dqL} との差分を用いて、第1低極 d 軸電圧指令 V_{dL}^* と、第1低極 q 軸電圧指令 V_{qL}^* と、第1低極変調率指令 M_L^* とを算出する。なお、図3では、第1低極 d 軸電圧指令 V_{dL}^* と、第1低極 q 軸電圧指令 V_{qL}^* とを合わせて、第1低極 dq 軸電圧指令 V_{dqL}^* として図示している。第1低極変調率指令 M_L^* は、以下の式により算出される。

[数2]

[Math. 2]

$$M_L^* = \sqrt{\frac{2}{3}} \frac{\sqrt{(V_{dL}^*)^2 + (V_{qL}^*)^2}}{V_{DC}/2} \quad \dots (2)$$

[0030] 電圧制限部440は、第1高極 dq 軸電圧指令 V_{dqH}^* と、第1高極変調率指令 M_H^* と、第1低極 dq 軸電圧指令 V_{dqL}^* と、第1低極変調率指令 M_L^* と、インバータ50の電源電圧 V_{DC} の値と、第1変調率上限 M_{max} を用いて、第2高極 dq 軸電圧指令 V_{dqH}^{**} と、第2低極 dq 軸電圧指令 V_{dqL}^{**} とを算出する。第1変調率上限 M_{max} は、電動機20が高極または低極のいずれか一方で動作するとき、インバータ50の動作が線形領域、すなわち、各相の電圧指令(V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* 、 V_x^* 、 V_y^* 、 V_z^*)

）が $VDC/2$ 以下となる値である。電源電圧 VDC の値と、第1変調率上限 M_{max} については、例えば、電動機10によって、予め定められており、電圧制限部440に格納されている。

[0031] 図5は、電圧制限部440の構成を詳しく説明する説明図である。電圧制限部440は、第1変調率セクタ442と、変調率制限部444と、変調率制限決定部446と、電圧制限部448、450、452、454と、出力セクタ456、458を備える。

[0032] 第1変調率セクタ442は、優先フラグ P_r の値を用いて、変調率制限部444に送る第1変調率 M_{in}^* を、第1高極変調率指令 MH^* とするか、第1低極変調率指令 ML^* とするか、を決定する。第1変調率セクタ442は、優先フラグ P_r が0の場合には、第1変調率 M_{in}^* を第1高極変調率指令 MH^* とし、優先フラグ P_r が0の場合には、第1変調率 M_{in}^* を第1低極変調率指令 ML^* とする。

[0033] 変調率制限部444は、第1変調率 M_{in}^* を用いて制限処理済変調率 M_{pri} を算出する。具体的には、変調率制限部444は、第1変調率 M_{in}^* が第1変調率上限 M_{max} 以下の場合には、制限処理済変調率 M_{pri} の値を第1変調率 M_{in}^* と同じ値とし、第1変調率 M_{in}^* が第1変調率上限 M_{max} を越えている場合には、制限処理済変調率 M_{pri} の値を第1変調率上限 M_{max} と同じ値とする。

[0034] 変調率制限決定部446は、第1変調率上限 M_{max} から制限処理済変調率 M_{pri} を引いて、第2変調率上限 M'_{max}^* を算出する。変調率制限決定部446は、例えば、制限処理済変調率 M_{pri} から第2変調率上限 M'_{max}^* を算出するためのテーブルを備えていても良く、演算により制限処理済変調率 M_{pri} から第2変調率上限 M'_{max}^* を算出してもよい。

[0035] 電圧制限部448は、第1高極 dq 軸電圧指令 V_{dqH}^* と、第2変調率上限 M'_{max}^* と、電源電圧 VDC と、を用いて、第2高極 dq 軸電圧指令 V_{dqH}^{**} を算出する。電圧制限部450は、第1高極 dq 軸電圧指令 V_{dqH}^* と、第1変調率上限 M_{max} と、電源電圧 VDC と、を用いて、第2高極

d q軸電圧指令 V_{dqH}^{**} を算出する。電圧制限部452は、第1低極d q軸電圧指令 V_{dqL}^{*} と、第2変調率上限 M'_{max} と、電源電圧 V_{DC} と、を用いて、第2低極d q軸電圧指令 V_{dqL}^{**} を算出する。電圧制限部454は、第1低極d q軸電圧指令 V_{dqL}^{*} と、第1変調率上限 M_{max} と、電源電圧 V_{DC} と、を用いて、第2低極d q軸電圧指令 V_{dqL}^{**} を算出する。

[0036] 図6は、電圧制限部448の動作の一例を示す説明図である。図6の横軸はd軸電圧 V_d であり、縦軸はq軸電圧 V_q である。破線は、電圧制限値を示す。電圧制限値は、電源電圧 V_{DC} と、第2変調率上限 M'_{max} とから算出される。電圧制限部448は、第1高極d q軸電圧指令 V_{dqH}^{*} の電圧ベクトルの大きさが電圧制限値を越えている場合には、電圧の位相を維持したまま電圧制限値まで縮小して、第2高極d q軸電圧指令 V_{dqH}^{**} を算出し、第1高極d q軸電圧指令 V_{dqH}^{*} の電圧ベクトルの大きさが電圧制限値以下の場合には、第1高極d q軸電圧指令 V_{dqH}^{*} を第2高極d q軸電圧指令 V_{dqH}^{**} とする。

[0037] 電圧制限部450は、電圧制限値を、電源電圧 V_{DC} と、第1変調率上限 M_{max} とから算出し、第1高極d q軸電圧指令 V_{dqH}^{*} の電圧ベクトルの大きさが電圧制限値を越えている場合には、電圧の位相を維持したまま電圧制限値まで縮小して、第2高極d q軸電圧指令 V_{dqH}^{**} を算出し、第1高極d q軸電圧指令 V_{dqH}^{*} の電圧ベクトルの大きさが電圧制限値以下の場合には、第1高極d q軸電圧指令 V_{dqH}^{*} を第2高極d q軸電圧指令 V_{dqH}^{**} とする。

[0038] 電圧制限部452は、電圧制限値を、電源電圧 V_{DC} と、第2変調率上限 M'_{max} とから算出し、第1低極d q軸電圧指令 V_{dqL}^{*} の電圧ベクトルの大きさが電圧制限値を越えている場合には、電圧の位相を維持したまま電圧制限値まで縮小して、第2低極d q軸電圧指令 V_{dqL}^{**} を算出し、第1低極d q軸電圧指令 V_{dqL}^{*} の電圧ベクトルの大きさが電圧制限値以下の場合には、第1低極d q軸電圧指令 V_{dqL}^{*} を第2低極d q軸電圧指令 V_{dqL}^{**} とする。

qL^{**} とする。

[0039] 電圧制限部454は、電圧制限値を、電源電圧 VDC と、第1変調率上限 $Mmax$ とから算出し、第1低極 dq 軸電圧指令 $VdqL^*$ の電圧ベクトルの大きさが電圧制限値を越えている場合には、電圧の位相を維持したまま電圧制限値まで縮小して、第2低極 dq 軸電圧指令 $VdqL^{**}$ を算出し、第1低極 dq 軸電圧指令 $VdqL^*$ の電圧ベクトルの大きさが電圧制限値以下の場合には、第1低極 dq 軸電圧指令 $VdqL^*$ を第2低極 dq 軸電圧指令 $VdqL^{**}$ とする。

[0040] 図7は、電圧制限部448の動作の変形例を示す説明図である。この変形例では、電圧制限部448は、第1高極 dq 軸電圧指令 $VdqH^*$ の電圧ベクトルの大きさが電圧制限値を越えている場合には、第1高極 dq 軸電圧指令 $VdqH^*$ の d 軸成分 VdH^* を維持したまま、 q 軸成分 VqH^* を小さくすることで、電圧制限値まで縮小して、第2高極 dq 軸電圧指令 $VdqH^{**}$ を算出する。電圧制限部448は、第1高極 dq 軸電圧指令 $VdqH^*$ の電圧ベクトルの大きさが電圧制限値以下の場合には、第1高極 dq 軸電圧指令 $VdqH^*$ を第2高極 dq 軸電圧指令 $VdqH^{**}$ とする。電圧制限部450、452、454の動作も同様である。

[0041] 図5に戻り、出力セクタ456、458について説明する。出力セクタ456は、優先フラグ Pr の値が1の場合には、電圧制限部448から出力された第2高極 dq 軸電圧指令 $VdqH^{**}$ を選択し、優先フラグ Pr の値が0の場合には、電圧制限部450から出力された第2高極 dq 軸電圧指令 $VdqH^{**}$ を選択する。出力セクタ458は、優先フラグ Pr の値が1の場合には、電圧制限部454から出力された第2低極 dq 軸電圧指令 $VdqL^{**}$ を選択し、優先フラグ Pr の値が0の場合には、電圧制限部452から出力された第2低極 dq 軸電圧指令 $VdqL^{**}$ を選択する。

[0042] 以上説明した電圧制限部440の動作を整理して説明すると、以下の通りである。

電圧制限部440は、優先される極では、第1変調率上限 $Mmax$ を上限

に、第1高極d q軸電圧指令 V_{dqH}^* または第1低極d q軸電圧指令 V_{dqL}^* の電圧制限処理を行う。一方、電圧制限部440は、優先されない極では、第1変調率指令（第1高極変調率指令 M_{H}^* または第1低極変調率指令 M_{L}^* のうちの優先されない極の第1変調率指令）を第1変調率上限 M_{max} で制限した制限処理済変調率 M_{pri} を算出し、制限処理済変調率 M_{pri} に基づいて第2変調率上限 M'_{max} を算出し、第2変調率上限 M'_{max} を上限に第1高極d q軸電圧指令 V_{dqH}^* または第1低極d q軸電圧指令 V_{dqL}^* の電圧制限処理を行う。

[0043] 図8は、図3の座標変換部470の動作を示す行列である。座標変換部470は、この行列と、第2低極d軸電圧指令 V_{dL}^{**} と、第2低極q軸電圧指令 V_{dL}^{**} と、第2高極d軸電圧指令 V_{dH}^{**} と、第2高極q軸電圧指令 V_{qH}^{**} と、を用いて、各相の電圧指令 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* 、 V_x^* 、 V_y^* 、 V_z^* を算出する。

[0044] 図9は、第1変調率上限 M_{max} が1のときのu相の電圧指令 V_u^* と、インバータ50のu相の出力電圧を示す説明図である。電圧指令 V_u^* は、正弦波となっている。

[0045] 図10は、第1変調率上限 M_{max} が1.15のときのu相の電圧指令 V_u^* と、インバータ50のu相の出力電圧 V_u を示す説明図である。制限処理をしなければ、電圧指令 V_u^* が $DC/2$ あるいは、 $-V_{DC}/2$ を越える位相において、電圧指令 V_u^* が制限されている。

[0046] 図11は、高極駆動から低極駆動に切り替える場合における第1実施形態の効果を示す説明図である。比較例は、座標変換部470が図8に示す行列と、第1低極d軸電圧指令 V_{dL}^* と、第1低極q軸電圧指令 V_{dL}^* と、第1高極d軸電圧指令 V_{dH}^* と、第1高極d軸電圧指令 V_{dH}^* と、を用いて、各相の電圧指令 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* 、 V_x^* 、 V_y^* 、 V_z^* を算出した場合であり、極の優先が行われない例である。比較例における高極駆動から低極駆動に切り替える場合の合計トルクの変動は ΔT_{HLO} であり、第1実施形態における高極駆動から低極駆動に切り替える場合の合計トルクの変動は

で $\Delta T H L 1$ であり、第1実施形態の方が、比較例よりも、 $\Delta T H L$ だけトルクの変動が小さい。

[0047] 図12は、低極駆動から高極駆動に切り替える場合における第1実施形態の効果を示す説明図である。比較例における低極駆動から高極駆動に切り替える場合の合計トルクの変動は $\Delta T L H 0$ であり、第1実施形態における高極駆動から低極駆動に切り替える場合の合計トルクの変動は $\Delta T L H 1$ であり、第1実施形態の方が、比較例よりも、 $\Delta T L H$ だけトルクの変動が小さい。

[0048] 以上、第1実施形態によれば、高極制御部400Hと低極制御部400Lのうち優先極判定部410により優先される極の制御部は、優先される極における電圧指令を算出し、優先されない極の制御部は、優先する極の制御における電圧指令を用いて、優先されない極における電圧指令を算出するので、高極駆動から低極駆動に切り替えるとき、あるいは、低極駆動から高極駆動へ切り替えるときのトルク変動を小さく抑えることができる。

[0049] 第1実施形態によれば、第2dq軸電圧指令 $V d q H^{**}$ と $V d q L^{**}$ は、電圧制限処理により、同時に出力できる電圧の組み合わせとなる。

[0050] ・第2実施形態：

図13は、第2実施形態における電圧制限部440の構成を示す説明図である。第2実施形態は、第1変調率上限 M_{max} が、電動機20が、高極または低極のいずれか一方で動作するとき、インバータ50の動作が線形領域、すなわち、各相の電圧指令($V u^{*}$ 、 $V v^{*}$ 、 $V w^{*}$ 、 $V x^{*}$ 、 $V y^{*}$ 、 $V z^{*}$)のピークが $V D C / 2$ よりも大きい値であるときに採用される。

[0051] 第2実施形態における電圧制限部440は、変調率制限決定部446の代わりに、変調率制限決定部447を備える点が、第1実施形態と異なっている。図13に示すように、横軸を制限処理済変調率 $M p r i$ 、縦軸を第2変調率上限 M'_{max} とすると、上に凸のグラフとなる。変調率制限決定部447は、例えば、制限処理済変調率 $M p r i$ から第2変調率上限 M'_{max} を算出するためのテーブルを備えていても良く、演算により制限処理済変調

率 M_{pri} から第2変調率上限 M'_{max} を算出してもよい。また、第1変調率上限は、 $4/\pi$ であってもよい。インバータ50の電源電圧 V_{DC} を最大限利用できる。

[0052] 図14は、u相の電圧指令 V_u^* を示すグラフである。電圧指令 V_u^* は、高極駆動の電圧指令 V_{uH}^* と、低極駆動の電圧指令 V_{uL}^* の和である。

[0053] 図15は、u相の電圧指令 V_u^* のピークが $V_{DC}/2$ よりも大きい値であるときのu相の電圧指令 V_u^* と、インバータ50のu相の出力電圧 V_u を示す説明図である。u相の電圧指令 V_u^* が、 $V_{DC}/2$ を越える範囲では、出力電圧 V_u は、1つの幅広いパルスとなっている。

[0054] 第2実施形態における第2変調率上限 M'_{max} の値は、優先される極の第2電圧指令と、優先されない極の第2電圧指令との合計相電圧指令のピークが電源電圧の $1/2$ を越えるように設定された値であり、第1実施形態における第2変調率上限 M'_{max} の値よりも大きい。そのため、より高出力の領域から極を切り替えることができる。また、極の切り替え時に、高極、低極ともより大きい電圧を利用でき、切り替え時の電流応答性を向上できる。

[0055] 上記説明では、第1実施形態では、変調率制限決定部446を用い、第2実施形態では、変調率制限決定部447を用いているが、変調率制限決定部446のテーブルと、変調率制限決定部447のテーブルの両方を備え、各相の電圧指令(V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* 、 V_x^* 、 V_y^* 、 V_z^*)のピークに応じて、これらのテーブルを使い分けても良い。演算による場合も同様である。

[0056] ・第3実施形態：

図16は、第3実施形態の高極・低極制御部40の概略構成を示す説明図である。第3実施形態は、優先される極の第2電圧指令と優先されない極の第2電圧指令との合計相電圧指令のピークが電源電圧の $1/2$ を越える場合に適用できる。第3実施形態の高極・低極制御部40は、電圧制限部440と、座標変換部470との間に、さらに、高極振幅補償部460Hと、低極

振幅補償部460Lを備える点で、第2実施形態の高極・低極制御部40と異なっている。

[0057] 電圧制限部440は、第1高極d q軸電圧指令 V_{dqH}^* と、第1高極変調率指令 M_H^* と、第1低極d q軸電圧指令 V_{dqL}^* と、第1低極変調率指令 M_L^* と、インバータ50の電源電圧 V_{DC} と、第1変調率上限 M_{max} と、を用いて、第2高極d q軸電圧指令 V_{dqH}^{**} と、第2低極d q軸電圧指令 V_{dqL}^{**} とを算出することに加え、第2高極変調率指令 M_H^{**} と、第2低極変調率指令 M_L^{**} を算出する。第2高極変調率指令 M_H^{**} と、第2低極変調率指令 M_L^{**} は、それぞれ、以下の式により算出される。

[数3]

[Math. 3]

$$M_H^{**} = \sqrt{\frac{2}{3}} \frac{\sqrt{(V_{dH}^{**})^2 + (V_{qH}^{**})^2}}{V_{DC}/2} \quad \dots (3)$$

[数4]

[Math. 4]

$$M_L^{**} = \sqrt{\frac{2}{3}} \frac{\sqrt{(V_{dL}^{**})^2 + (V_{qL}^{**})^2}}{V_{DC}/2} \quad \dots (4)$$

[0058] 図17は、高極振幅補償部460Hと、低極振幅補償部460Lの概略構成を示す説明図である。高極振幅補償部460Hは、高極振幅補償ゲイン算出部462Hと、積算部464Hを備える。高極振幅補償ゲイン算出部462Hは、第2高極変調率指令 M_H^{**} と、第2低極変調率指令 M_L^{**} と、を用いて、高極振幅補償ゲイン K_H を算出する2次元のテーブルを備える。図17に示すテーブルは、グラデーションの色が濃いほど高極振幅補償ゲイン K

Hの値が大きい。積算部464Hは、第2高極d q軸電圧指令 V_{dqH}^{**} と高極振幅補償ゲイン K_H とを積算して、第3高極d q軸電圧指令 V_{dqH}^{***} を算出する。

[0059] 低極振幅補償部460Lは、低極振幅補償ゲイン算出部462Lと、積算部464Lを備える。低極振幅補償ゲイン算出部462Lは、第2低極変調率指令 M_L^{**} と、第2高極変調率指令 M_H^{**} と、を用いて、低極振幅補償ゲイン K_L を算出する2次元のテーブルを備える。図17に示すテーブルは、グラデーションの色が濃いほど低極振幅補償ゲイン K_L の値が大きい。積算部464Lは、第2低高極d q軸電圧指令 V_{dqL}^{**} と低極振幅補償ゲイン K_L とを積算して、第3低極d q軸電圧指令 V_{dqL}^{***} を算出する。なお、振幅補償ゲイン K_H 、 K_L の値は、インバータ50の出力相電圧の高極基本波成分の振幅及び低極基本波成分の振幅が、それぞれ高極の第2電圧指令 V_{dqH}^{**} に対する相電圧指令に基本波成分および低極の第2電圧指令 V_{dqL}^{**} に対する相電圧指令に基本波成分に一致するように定められた値である。

[0060] 高極振幅補償ゲイン K_H と、低極振幅補償ゲイン K_L の値は、第2高極d q軸電圧指令 V_{dqH}^{**} と第2低極d q軸電圧指令 V_{dqL}^{**} による各相の電圧指令 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* 、 V_x^* 、 V_y^* 、 V_z^* が $V_{DC}/2$ を越える場合には、1よりも大きく、 $V_{DC}/2$ 以下の場合には、1であり、振幅補償ゲインを掛けない値と等しい。

[0061] 第3実施形態では、図16の座標変換部470は、図8に示す行列と、第3低極d軸電圧指令 V_{dL}^{***} と、第3低極q軸電圧指令 V_{qL}^{***} と、第3高極d軸電圧指令 V_{dH}^{***} と、第3高極q軸電圧指令 V_{qH}^{***} と、を用いて、各相の電圧指令 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* 、 V_x^* 、 V_y^* 、 V_z^* を算出する。

[0062] 以上、第3実施形態によれば、第2高極d q軸電圧指令 V_{dqH}^{**} と第2低極d q軸電圧指令 V_{dqL}^{**} に、それぞれ高極振幅補償ゲイン K_H 、低極振幅補償 K_L を乗ずることで、インバータ50の出力電圧の平均電圧が V_d

qH^{**} 、 $VdqL^{**}$ となる第3高極 dq 軸電圧指令 $VdqH^{***}$ と第3低極 dq 軸電圧指令 $VdqL^{***}$ を算出できる。

[0063] 上記各実施形態において、電動機20は、巻き線20u～20zがスター結線されているとしたが、高極駆動と低極駆動の両方が可能であれば、スター結線に限られない。例えば、巻き線20u～20zがデルタ結線されていてもよい。また、何組かに分けて結線してもよい。例えば、巻き線20u～20wで一組のスター結線、巻き線20x～20zでもう一組のスター結線としてもよい。また、電動機20は、6相の電動機に限られず、それ以上の相の電動機であってもよい。

[0064] 本発明は、上述の実施形態に限られるものではなく、その趣旨を逸脱しない範囲において種々の構成で実現することができる。例えば、発明の概要の欄に記載した各形態中の技術的特徴に対応する実施形態の技術的特徴は、上述の課題の一部又は全部を解決するために、あるいは、上述の効果の一部又は全部を達成するために、適宜、差し替えや、組み合わせを行うことが可能である。また、その技術的特徴が本明細書中に必須なものとして説明されていなければ、適宜、削除することが可能である。例えば、上記実施形態においてハードウェアにより実現した構成の一部は、ソフトウェアにより実現することができる。また、ソフトウェアにより実現している構成の少なくとも一部は、ディスクリートな回路構成により実現することも可能である。

[0065] 本発明は、上述の課題を踏まえてなされたものであり、以下の形態として実現することが可能である。

[0066] 本発明の一形態によれば、電動機制御装置(10)が提供される。この電動機制御装置は、複数の巻き線(20u～20z)を有する電動機(20)に対して m 通り(m は2以上の整数)の極数に極数の切り替えを行うことができる電動機制御装置であって、極数が大きい高極における電圧指令を生成し、前記高極の動作を制御する高極制御部(400H)と、極数が小さい低極における電圧指令を生成し、前記低極の動作を制御する低極制御部(400L)と、前記高極の動作と前記低極の動作とを切り替えるときに、いずれ

の極の動作を優先して制御するかを決める優先極判定部（４１０）と、を備え、前記高極の動作と前記低極の動作とを切り替えるときに、前記高極制御部と前記低極制御部のうち前記優先極判定部により優先される極の制御部は、前記優先される極における電圧指令（ V_{dqH}^{**} と V_{dqL}^{**} の一方）を算出し、優先されない極の制御部は、前記優先する極の制御における電圧指令を用いて、前記優先されない極における電圧指令（ V_{dqH}^{**} と V_{dqL}^{**} の他方）を算出する。この形態によれば、高極の動作と低極の動作とを切り替えるときに、高極制御部と低極制御部のうち優先極判定部により優先される極の制御部は、優先される極における電圧指令を算出し、優先されない極の制御部は、優先する極の制御における電圧指令を用いて、優先されない極における電圧指令を算出する。その結果、高極駆動と低極駆動との切り替えるときにおいて、電源から出力不可能な電圧になる不安定化を回避し、高極側制御部の指令値と、低極側制御部の指令値とを、それぞれ独立して算出する場合に比べて、トルク変動を小さく抑えることが可能となる。

[0067] 上記形態の電動機制御装置であって、前記高極制御部と前記低極制御部は、前記電動機の動作状態に応じて、それぞれの極における第１電圧指令（ V_{dqH}^{*} 、 V_{dqL}^{*} ）を算出し、前記優先される極における制御部は、前記優先される極における前記第１電圧指令を用いて、前記優先される極における第２電圧指令（ V_{dqH}^{**} 、 V_{dqL}^{**} の一方）を前記優先される極における前記電圧指令として生成し、前記優先されない極における制御部は、前記優先されない極における前記第１電圧指令と、前記優先される極における第２電圧指令（ V_{dqH}^{**} 、 V_{dqL}^{**} の一方）とを用いて、前記優先されない極における第２電圧指令（ V_{dqH}^{**} 、 V_{dqL}^{**} の他方）を前記優先されない極における前記電圧指令として生成し、前記優先される極における前記第２電圧指令と、前記優先されない極における第２電圧指令は、前記高極と前記低極において、同時に出力できる電圧の組み合わせであってもよい。この形態によれば、高極駆動と低極駆動との切り替えるときにおいて、電源から出力不可能な電圧になる不安定化を回避し、高極側制御部の指令値と

、低極側制御部の指令値とを、それぞれ独立して算出する場合に比べて、トルク変動を小さく抑えることが可能となる。

[0068] 上記形態の電動機制御装置であって、前記優先極判定部は、前記電動機の運転状態に応じて、前記高極の動作と前記低極の動作のいずれを優先するかを決定してもよい。この形態によれば、電動機の運転状態に応じて、電動機を適切に制御できる。

[0069] 上記形態の電動機制御装置であって、前記制御部は、前記電動機の動作を前記高極の動作から前記低極の動作に切り替える場合、前記低極の動作を優先して前記第2電圧指令を生成してもよい。この形態によれば、低極の動作におけるトルクを早く立ち上げることができ、切り替え時間を短縮できる。

[0070] 上記形態の電動機制御装置であって、前記制御部は、前記電動機の動作を前記低極の動作から前記高極の動作に切り替える場合、前記低極の動作を優先して前記第2電圧指令を生成してもよい。この形態によれば、低極の動作におけるトルクを早く立ち上げることができ、切り替え時間を短縮できる。

[0071] 上記形態の電動機制御装置であって、前記制御部は、前記電動機の動作を前記低極の動作から前記高極の動作に切り替える場合、前記高極の動作を優先して前記第2電圧指令を生成してもよい。この形態によれば、高極の動作におけるトルクを早く立ち上げることができ、切り替え時間を短縮できる。

[0072] 上記形態の電動機制御装置であって、前記制御部は、前記電動機の動作を前記高極の動作から前記低極の動作に切り替える場合、前記高極の動作を優先して前記第2電圧指令を生成してもよい。この形態によれば、高極のトルクを維持することで、トルク変動を抑制できる。

[0073] 上記形態の電動機制御装置であって、前記優先される極の制御部は、前記優先される極の前記第1電圧指令を第1変調率上限 (M_{max}) を超えないように制限することで、前記優先される極の前記第2電圧指令を生成し、前記優先されない極の制御部は、前記優先されない極の前記第1電圧指令を前記優先される極の前記第2電圧指令から生成される第2変調率上限を越えないように制限することで、前記優先されない極の前記第2電圧指令を算出し

てもよい。この形態によれば、高極、低極それぞれの電圧指令を、高極と低極の同時に出力できる電圧の制限できる。

[0074] 上記形態の電動機制御装置であって、前記第1変調率上限は、前記電動機を前記高極単独または前記低極単独で動作させるときにおいて、前記複数の巻き線の電圧 ($V_u \sim V_z$) を供給するインバータ (50) の動作領域が線形領域となる値であり、前記第2変調率上限 (M'_{max}) は、前記第1変調率上限から、前記優先される極の前記第2電圧指令に対する変調率指令を減算した値であってもよい。この形態によれば、高極、低極の同時駆動においても、インバータを線形領域で動作させることができ、高調波によるトルクリップルを抑制できる。

[0075] 上記形態の電動機制御装置であって、前記第1変調率上限は、前記電動機を前記高極単独または前記低極単独で動作させるときにおいて、前記複数の巻き線の電圧を供給するインバータの動作領域が線形領域となる値よりも大きい値であり、

前記第2変調率上限は、前記優先される極の前記第2電圧指令と、前記優先されない極の前記第2電圧指令との合計相電圧指令のピークが電源電圧の $1/2$ を越えるように設定された値であってもよい。この形態によれば、より高出力の領域から極数を切り替えることができる。また、極数の切り替え時に、高極、低極共により大きい電圧を利用でき、切り替え時の電流応答性を向上できる。

[0076] 上記形態の電動機制御装置であって、前記第1変調率上限は、 $4/\pi$ であってもよい。この形態によれば、インバータの電源電圧を最大限利用できる。

[0077] 上記形態の電動機制御装置であって、前記優先される極の前記第2電圧指令と前記優先されない極の前記第2電圧指令との合計相電圧指令のピークが電源電圧の $1/2$ を越える場合、前記高極制御部と前記低極制御部は、それぞれの前記第2電圧指令に1よりも大きな振幅補償ゲイン (K_H 、 K_L) を乗じて第3電圧指令 (V_{dqH}^{***} 、 V_{dqL}^{***}) を生成し、前記第3電圧

指令を前記電圧指令としてもよい。この形態によれば、相電圧指令のピークが、電源電圧の $1/2$ を越える場合でも、インバータ出力相電圧に高調基本波成分の振幅及び低調基本波成分の振幅を、高極、低極それぞれの第2電圧指令に対する相電圧の基本波電圧振幅と一致させることができる。

[0078] 上記形態の電動機制御装置であって、前記振幅補償ゲインは、前記高極の前記第2電圧指令に対する高極変調指令と、前記低極の前記第2電圧指令に対する低極変調指令とを用いて決定され、前記振幅補償ゲインの値は、インバータの出力相電圧の高極基本波成分の振幅及び低極基本波成分の振幅が、それぞれ前記高極の前記第2電圧指令に対する相電圧指令に基本波成分および前記低極の前記第2電圧指令に対する相電圧指令に基本波成分に一致するように定められた値であってもよい。この形態によれば、適切に振幅補償ゲインを算出できる。

[0079] 上記形態の電動機制御装置であって、前記優先される極の前記第2電圧指令と前記優先されない極の前記第2電圧指令との合計相電圧指令のピークが電源電圧の $1/2$ 以下の場合、前記振幅補償ゲインを乗じなくてもよい。この形態によれば、振幅補償をしないので、演算を簡素にできる。

[0080] なお、本発明は、種々の形態で実現することが可能であり、例えば、電動機制御装置の他、電動機制御方法で実現することができる。

請求の範囲

- [請求項1] 複数の巻き線（ $20u \sim 20z$ ）を有する電動機（ 20 ）に対して m 通り（ m は 2 以上の整数）の極数に極数の切り替えを行うことができる電動機制御装置（ 10 ）であって、
- 極数が大きい高極における電圧指令を生成し、前記高極の動作を制御する高極制御部（ $400H$ ）と、
- 極数が小さい低極における電圧指令を生成し、前記低極の動作を制御する低極制御部（ $400L$ ）と、
- 前記高極の動作と前記低極の動作とを切り替えるときに、いずれの極の動作を優先して制御するかを決める優先極判定部（ 410 ）と、
- を備え、
- 前記高極の動作と前記低極の動作とを切り替えるときに、
- 前記高極制御部と前記低極制御部のうち前記優先極判定部により優先される極の制御部は、前記優先される極における電圧指令（ $VdqH^{**}$ と $VdqL^{**}$ の一方）を算出し、
- 優先されない極の制御部は、前記優先する極の制御における電圧指令を用いて、前記優先されない極における電圧指令（ $VdqH^{**}$ と $VdqL^{**}$ の他方）を算出する、
- 電動機制御装置。
- [請求項2] 請求項1に記載の電動機制御装置であって、
- 前記高極制御部と前記低極制御部は、
- 前記電動機の動作状態に応じて、それぞれの極における第1電圧指令（ $VdqH^*$ 、 $VdqL^*$ ）を算出し、
- 前記優先される極における制御部は、前記優先される極における前記第1電圧指令を用いて、前記優先される極における第2電圧指令（ $VdqH^{**}$ 、 $VdqL^{**}$ の一方）を前記優先される極における前記電圧指令として生成し、
- 前記優先されない極における制御部は、前記優先されない極にお

ける前記第 1 電圧指令と、前記優先される極における第 2 電圧指令（ $V_{dqH^{**}}$ 、 $V_{dqL^{**}}$ の一方）とを用いて、前記優先されない極における第 2 電圧指令（ $V_{dqH^{**}}$ 、 $V_{dqL^{**}}$ の他方）を前記優先されない極における前記電圧指令として生成し、

前記優先される極における前記第 2 電圧指令と、前記優先されない極における第 2 電圧指令は、前記高極と前記低極において、同時に出力できる電圧の組み合わせである、

電動機制御装置。

[請求項3]

請求項 2 に記載の電動機制御装置であって、

前記優先極判定部は、前記電動機の運転状態に応じて、前記高極の動作と前記低極の動作のいずれを優先するかを決定する、

電動機制御装置。

[請求項4]

請求項 3 に記載の電動機制御装置であって、

前記制御部は、前記電動機の動作を前記高極の動作から前記低極の動作に切り替える場合、前記低極の動作を優先して前記第 2 電圧指令を生成させる、

電動機制御装置。

[請求項5]

請求項 3 に記載の電動機制御装置であって、

前記制御部は、前記電動機の動作を前記低極の動作から前記高極の動作に切り替える場合、前記低極の動作を優先して前記第 2 電圧指令を生成する、

電動機制御装置。

[請求項6]

請求項 3 に記載の電動機制御装置であって、

前記制御部は、前記電動機の動作を前記低極の動作から前記高極の動作に切り替える場合、前記高極の動作を優先して前記第 2 電圧指令を生成する、

電動機制御装置。

[請求項7]

請求項 3 に記載の電動機制御装置であって、

前記制御部は、前記電動機の動作を前記高極の動作から前記低極の動作に切り替える場合、前記高極の動作を優先して前記第 2 電圧指令を生成する、

電動機制御装置。

[請求項8] 請求項 2 から請求項 7 のいずれか一項に記載の電動機制御装置であって、

前記優先される極の制御部は、前記優先される極の前記第 1 電圧指令を、第 1 変調率上限 (M_{max}) を超えないように制限することで、前記優先される極の前記第 2 電圧指令を生成し、

前記優先されない極の制御部は、前記優先されない極の前記第 1 電圧指令を前記優先される極の前記第 2 電圧指令から生成される第 2 変調率上限を越えないように制限することで、前記優先されない極の前記第 2 電圧指令を算出する、

電動機制御装置。

[請求項9] 請求項 8 に記載の電動機制御装置であって、

前記第 1 変調率上限は、前記電動機を前記高極単独または前記低極単独で動作させるときにおいて、前記複数の巻き線の電圧 ($V_u \sim V_z$) を供給するインバータ (50) の動作領域が線形領域となる値であり、

前記第 2 変調率上限 (M'_{max*}) は、前記第 1 変調率上限から、前記優先される極の前記第 2 電圧指令に対する変調率指令を減算した値である、

電動機制御装置。

[請求項10] 請求項 8 に記載の電動機制御装置であって、

前記第 1 変調率上限は、前記電動機を前記高極単独または前記低極単独で動作させるときにおいて、前記複数の巻き線の電圧を供給するインバータの動作領域が線形領域となる値よりも大きい値であり、

前記第 2 変調率上限は、前記優先される極の前記第 2 電圧指令と、

前記優先されない極の前記第2電圧指令との合計相電圧指令のピークが電源電圧の $1/2$ を越えるように設定された値である、

電動機制御装置。

[請求項11]

請求項10に記載の電動機制御装置であって、

前記第1変調率上限は、 $4/\pi$ である、電動機制御装置。

[請求項12]

請求項2から請求項11のいずれか一項に記載の電動機制御装置であって、

前記優先される極の前記第2電圧指令と前記優先されない極の前記第2電圧指令との合計相電圧指令のピークが電源電圧の $1/2$ を越える場合、前記高極制御部と前記低極制御部は、それぞれの前記第2電圧指令に1よりも大きな振幅補償ゲイン（ K_H 、 K_L ）を乗じて第3電圧指令（ V_{dqH}^{***} 、 V_{dqL}^{***} ）を生成し、前記第3電圧指令を前記電圧指令とする、

電動機制御装置。

[請求項13]

請求項12に記載の電動機制御装置であって、

前記振幅補償ゲインは、前記高極の前記第2電圧指令に対する高極変調指令と、前記低極の前記第2電圧指令に対する低極変調指令とを用いて決定され、

前記振幅補償ゲインの値は、インバータの出力相電圧の高極基本波成分の振幅及び低極基本波成分の振幅が、それぞれ前記高極の前記第2電圧指令に対する相電圧指令に基本波成分および前記低極の前記第2電圧指令に対する相電圧指令に基本波成分に一致するように定められた値である、

電動機制御装置。

[請求項14]

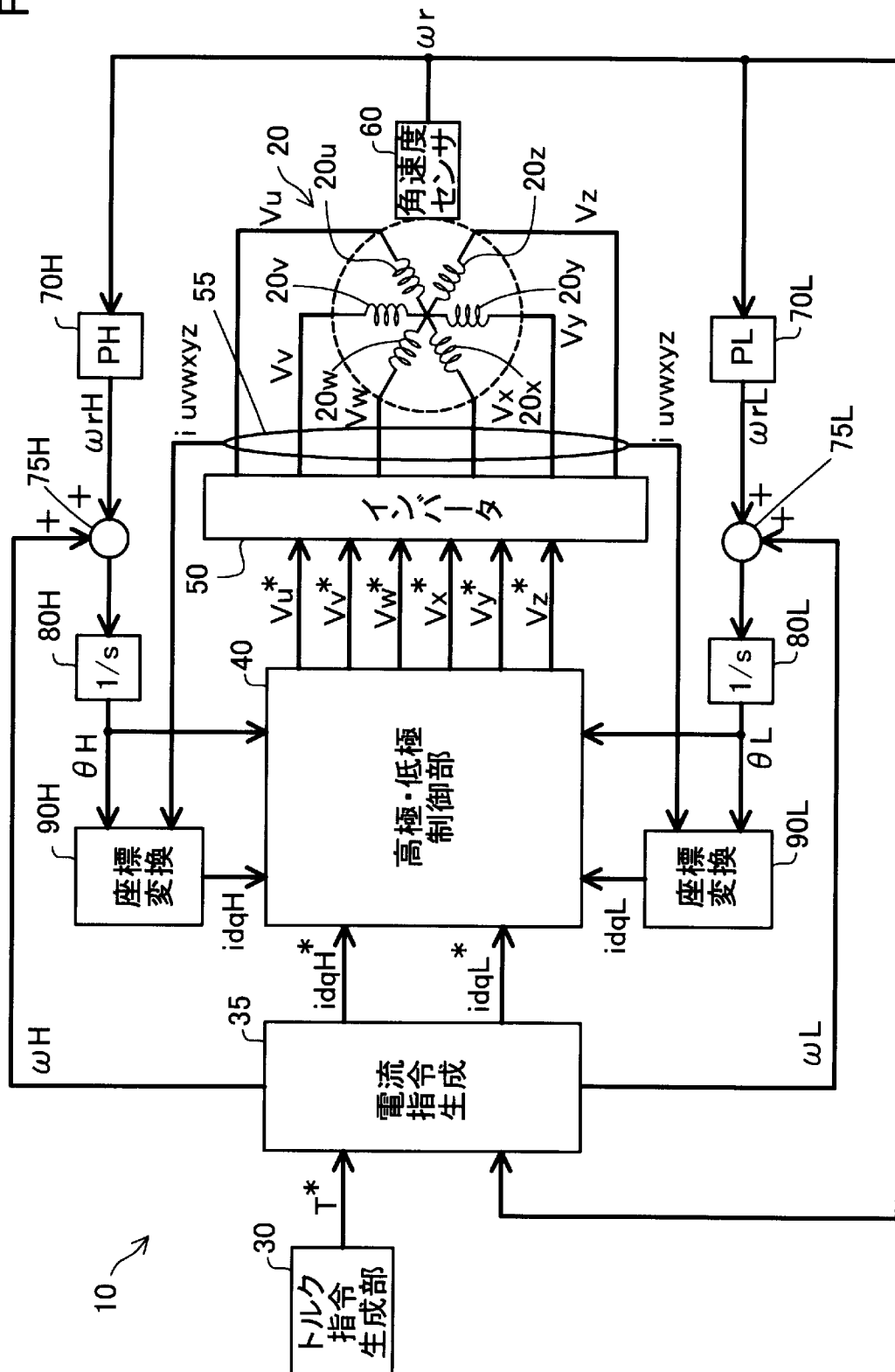
請求項12または請求項13に記載の電動機制御装置であって、

前記優先される極の前記第2電圧指令と前記優先されない極の前記第2電圧指令との合計相電圧指令のピークが電源電圧の $1/2$ 以下の場合、前記振幅補償ゲインを乗じない、

電動機制御装置。

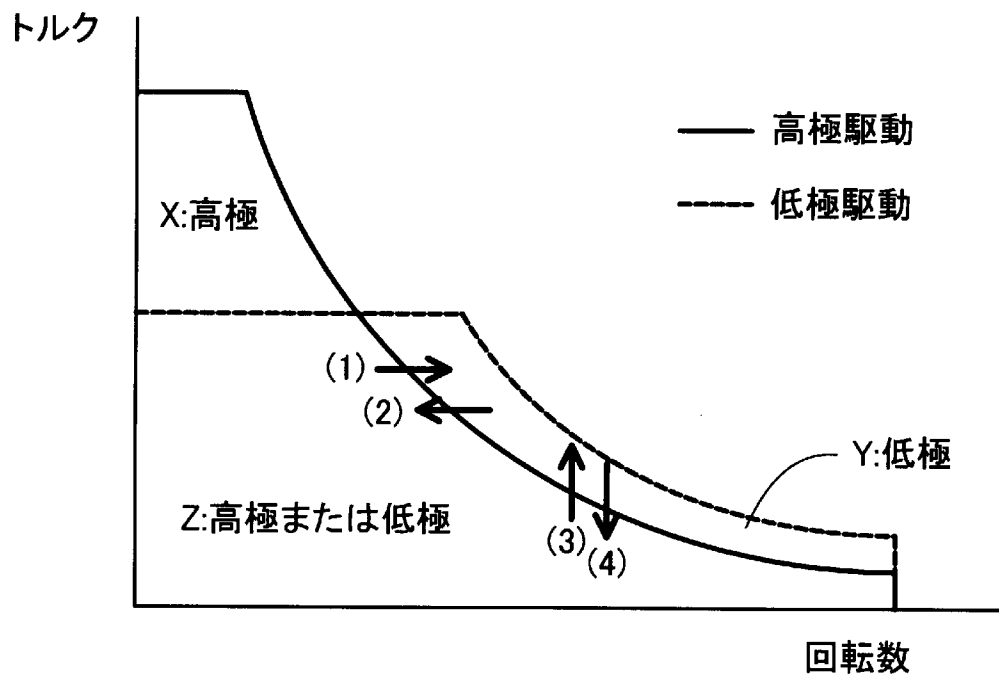
[図1]

Fig.1



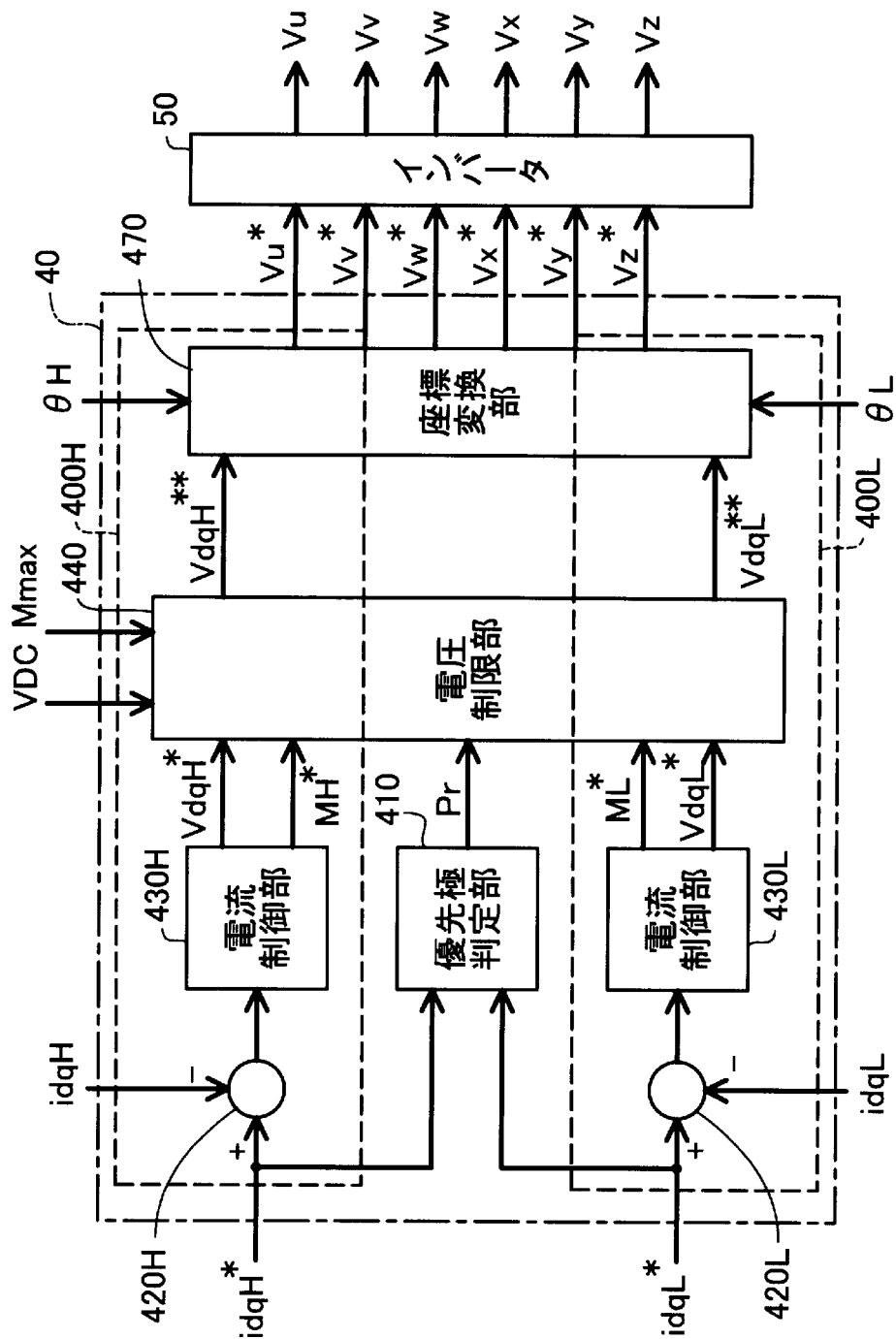
[図2]

Fig.2



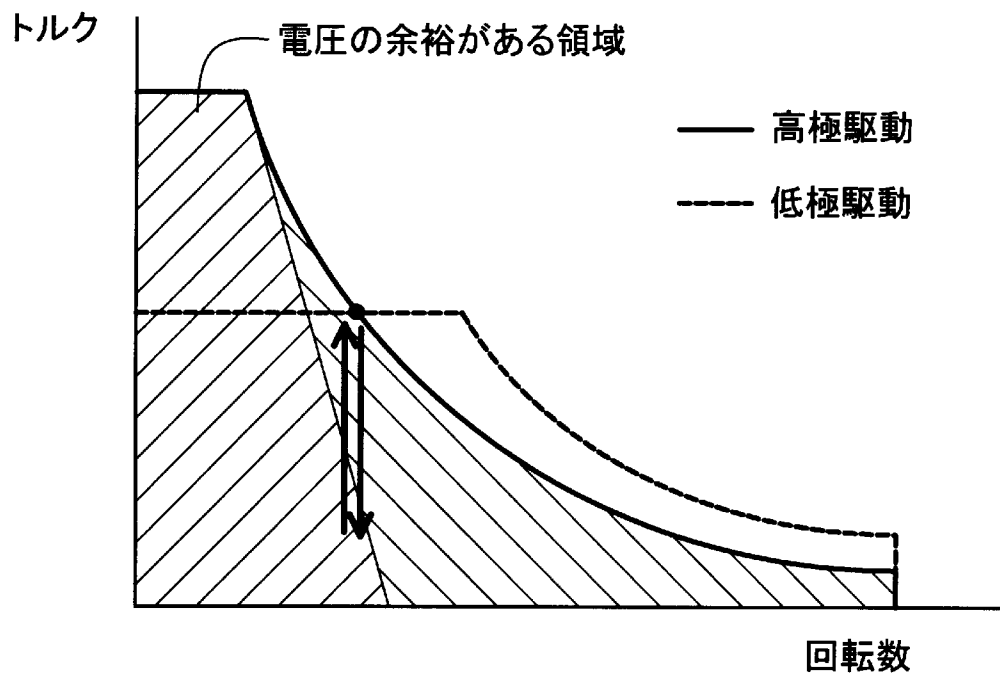
[図3]

Fig.3

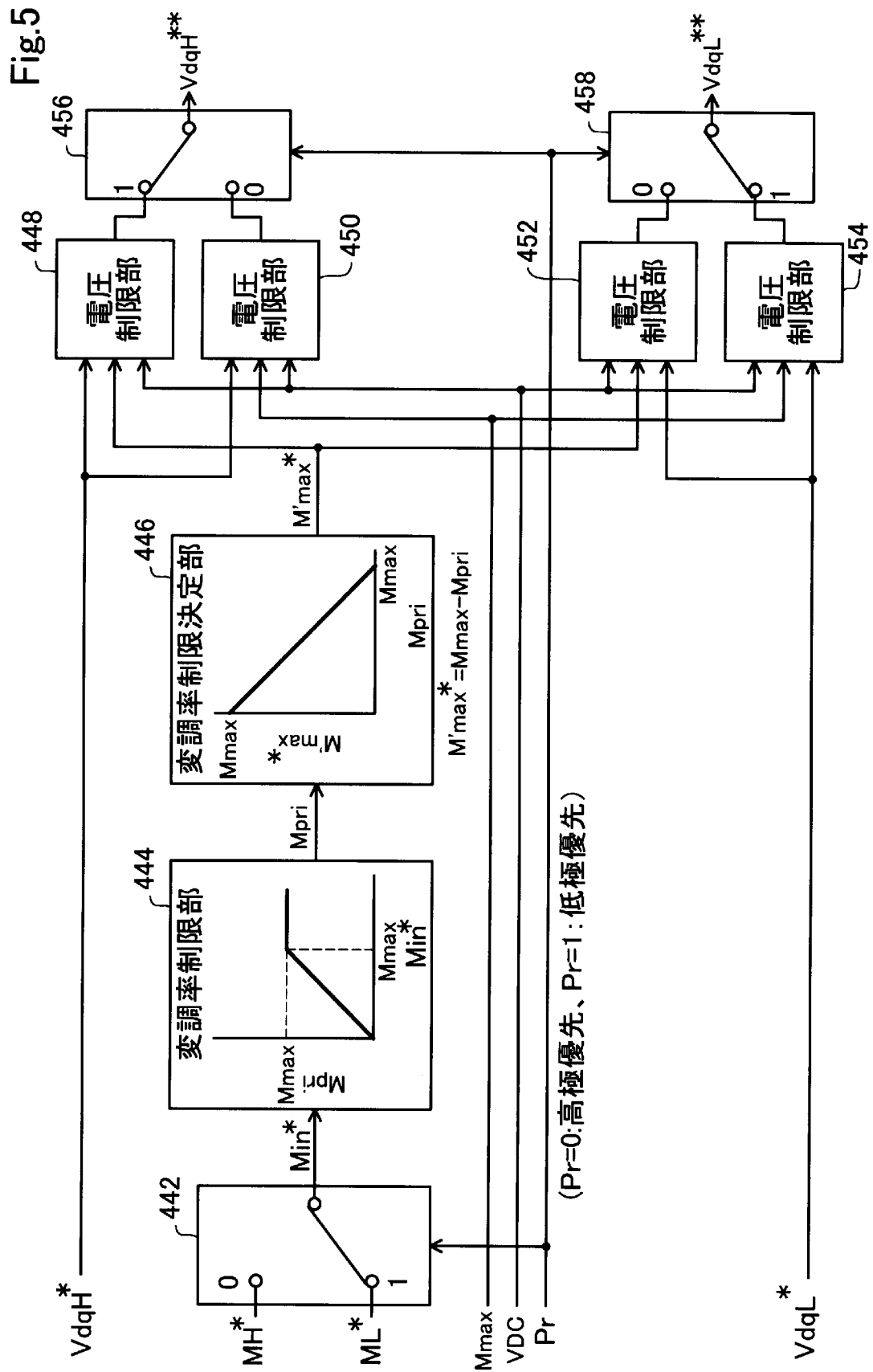


[図4]

Fig.4

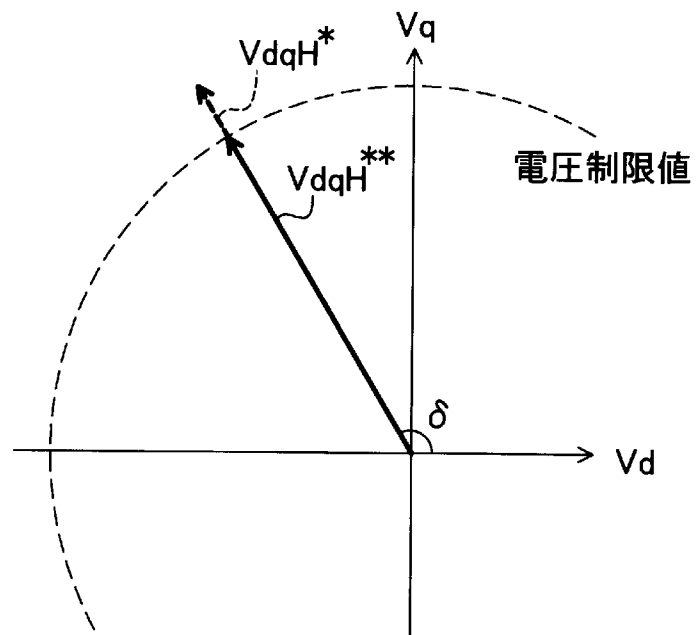


[図5]



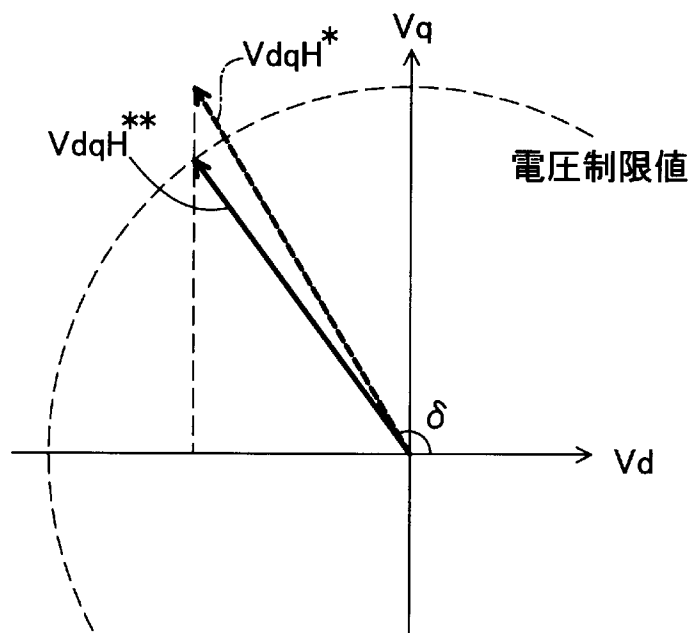
[図6]

Fig.6



[図7]

Fig.7



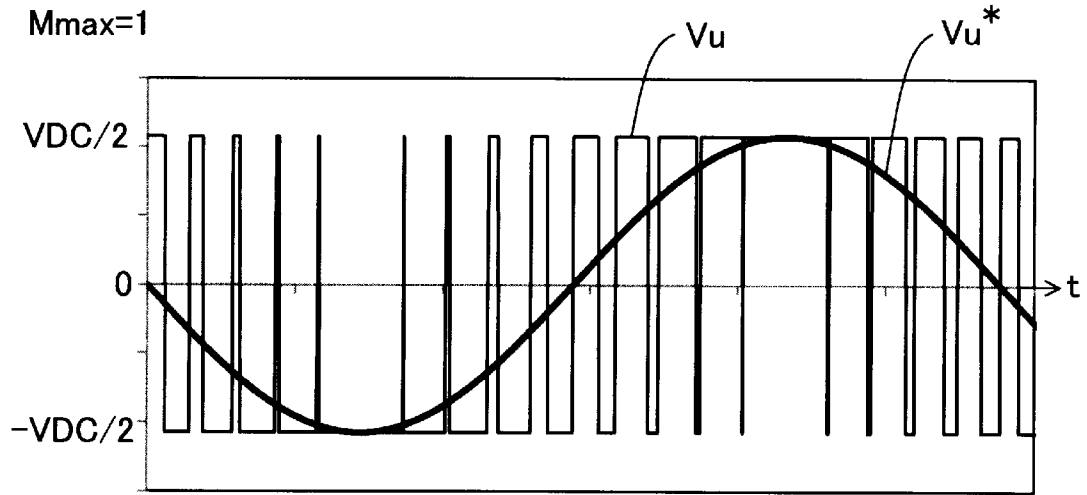
[図8]

Fig. 8

$$\begin{bmatrix} V_u^* \\ V_v^* \\ V_w^* \\ V_x^* \\ V_y^* \\ V_z^* \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} \cos(\theta_L) & -\sin(\theta_L) & \cos(\theta_H) & -\sin(\theta_H) \\ \cos(\theta_L - \frac{1}{3}\pi) & -\sin(\theta_L - \frac{1}{3}\pi) & \cos(\theta_H - \frac{2}{3}\pi) & -\sin(\theta_H - \frac{2}{3}\pi) \\ \cos(\theta_L - \frac{2}{3}\pi) & -\sin(\theta_L - \frac{2}{3}\pi) & \cos(\theta_H - \frac{4}{3}\pi) & -\sin(\theta_H - \frac{4}{3}\pi) \\ \cos(\theta_L - \frac{3}{3}\pi) & -\sin(\theta_L - \frac{3}{3}\pi) & \cos(\theta_H) & -\sin(\theta_H) \\ \cos(\theta_L - \frac{4}{3}\pi) & -\sin(\theta_L - \frac{4}{3}\pi) & \cos(\theta_H - \frac{2}{3}\pi) & -\sin(\theta_H - \frac{2}{3}\pi) \\ \cos(\theta_L - \frac{5}{3}\pi) & -\sin(\theta_L - \frac{5}{3}\pi) & \cos(\theta_H - \frac{4}{3}\pi) & -\sin(\theta_H - \frac{4}{3}\pi) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{dL}^{**} \\ V_{dL}^{**} \\ V_{dH}^{**} \\ V_{qH}^{**} \end{bmatrix}$$

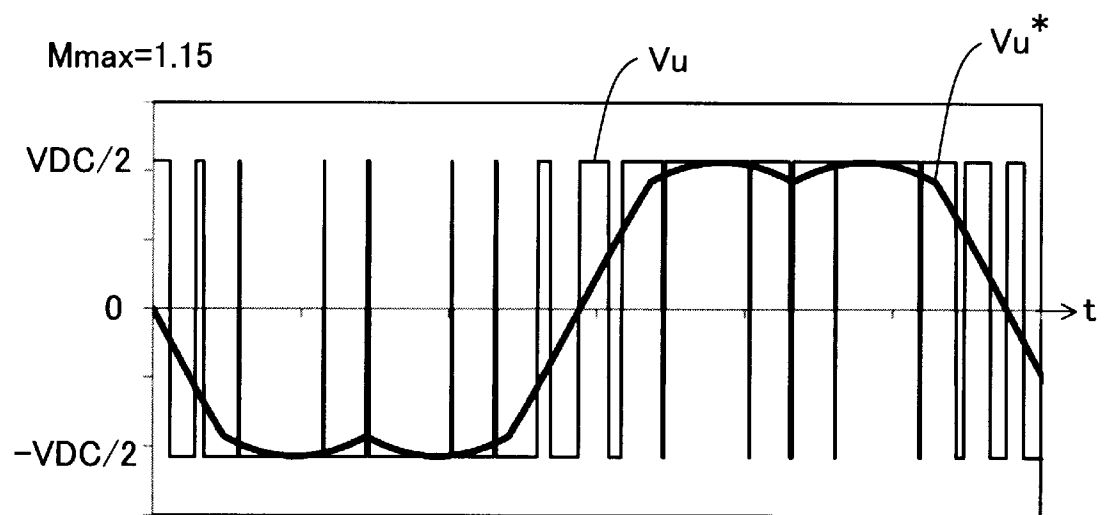
[図9]

Fig.9



[図10]

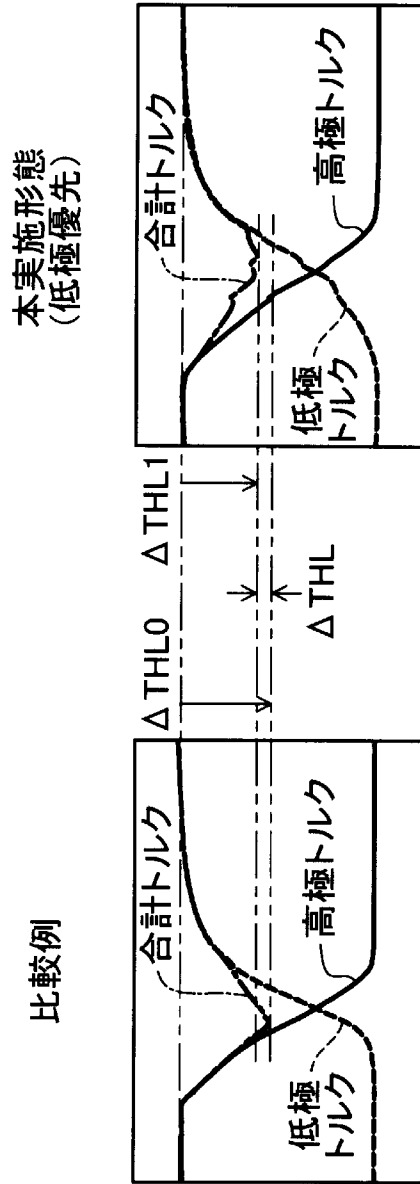
Fig.10



[図11]

Fig.11

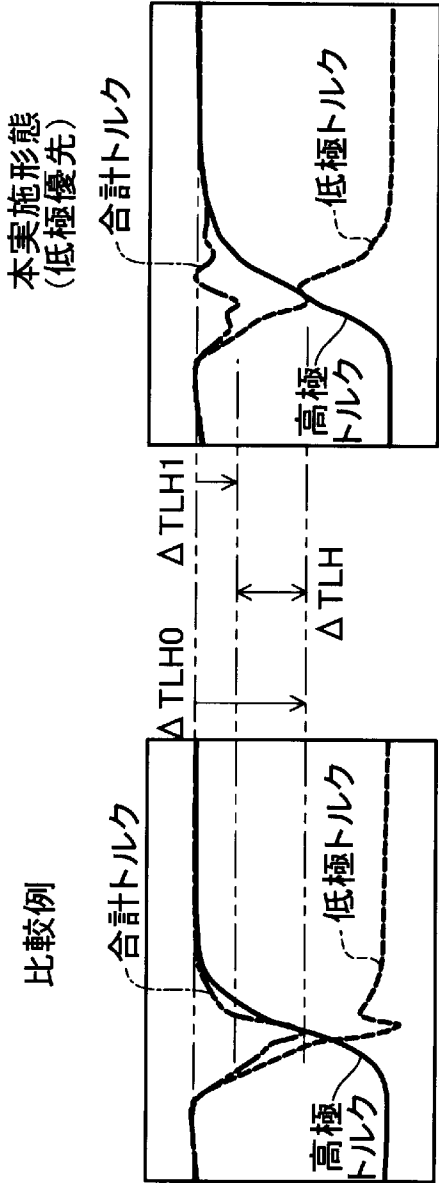
高極駆動⇒低極駆動



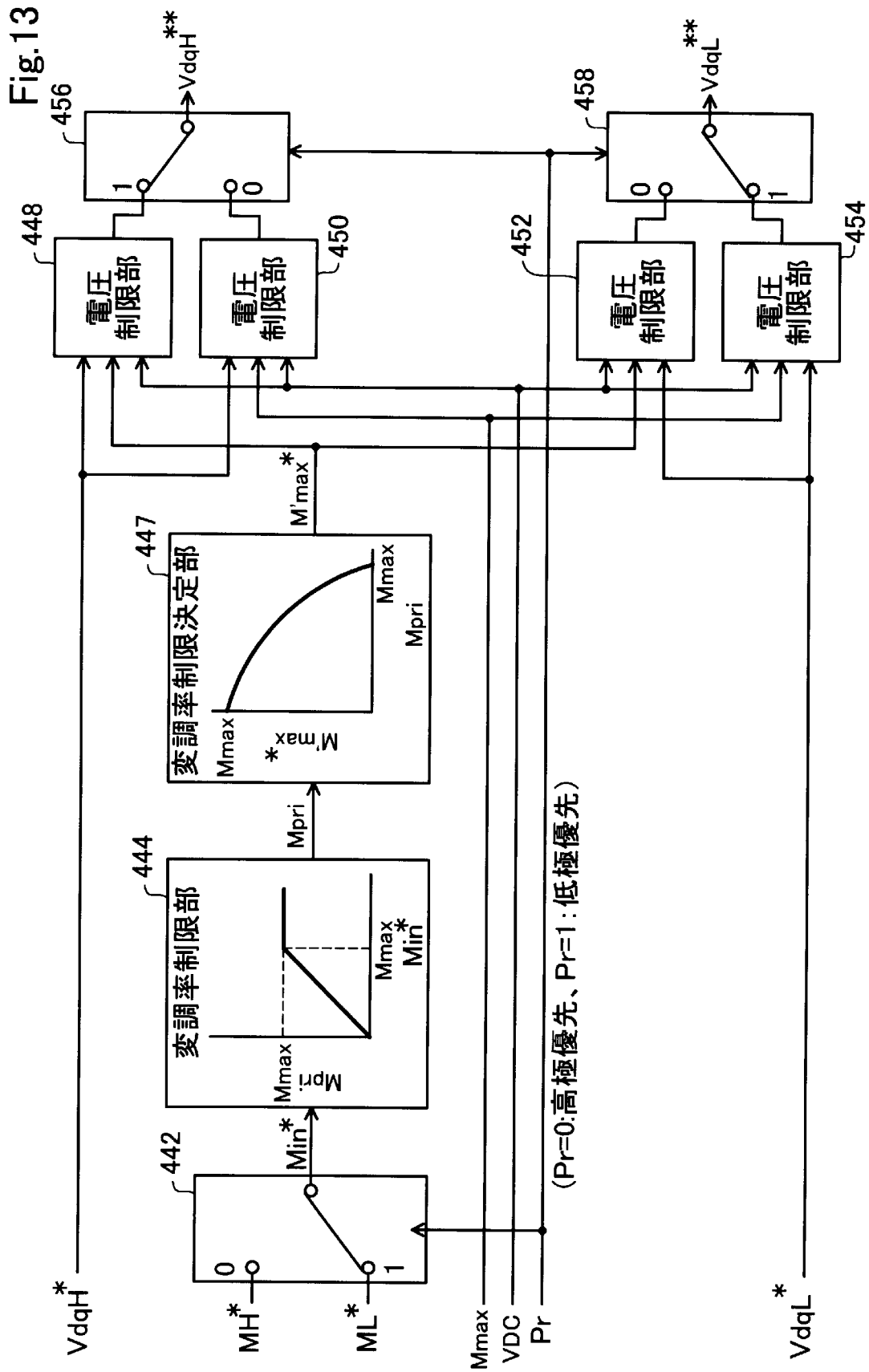
[図12]

Fig.12

低極駆動⇒高極駆動

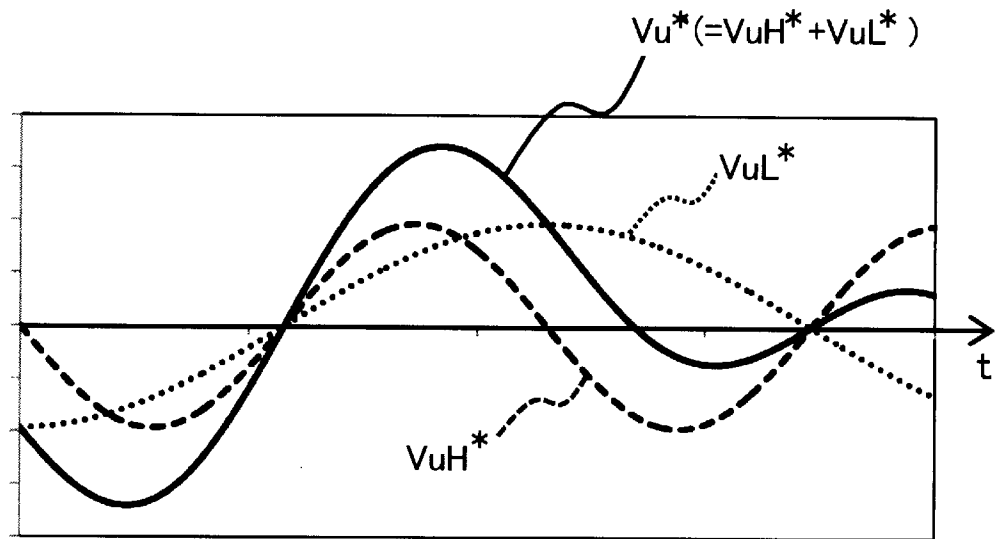


[図13]



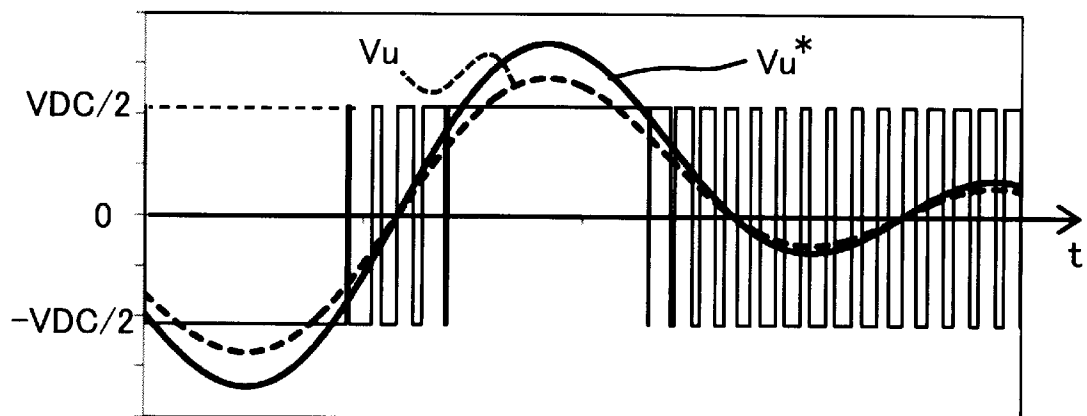
[図14]

Fig.14



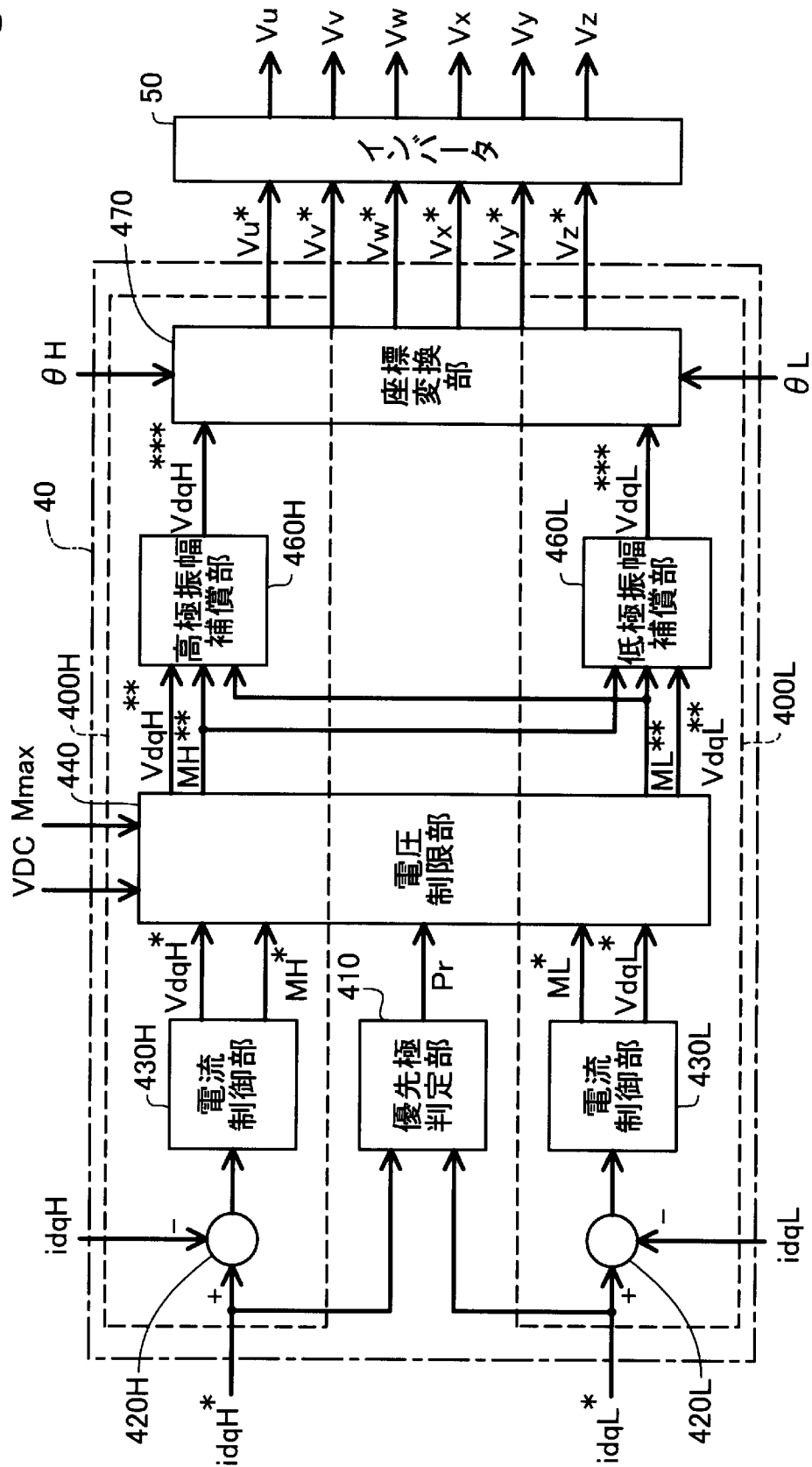
[図15]

Fig.15



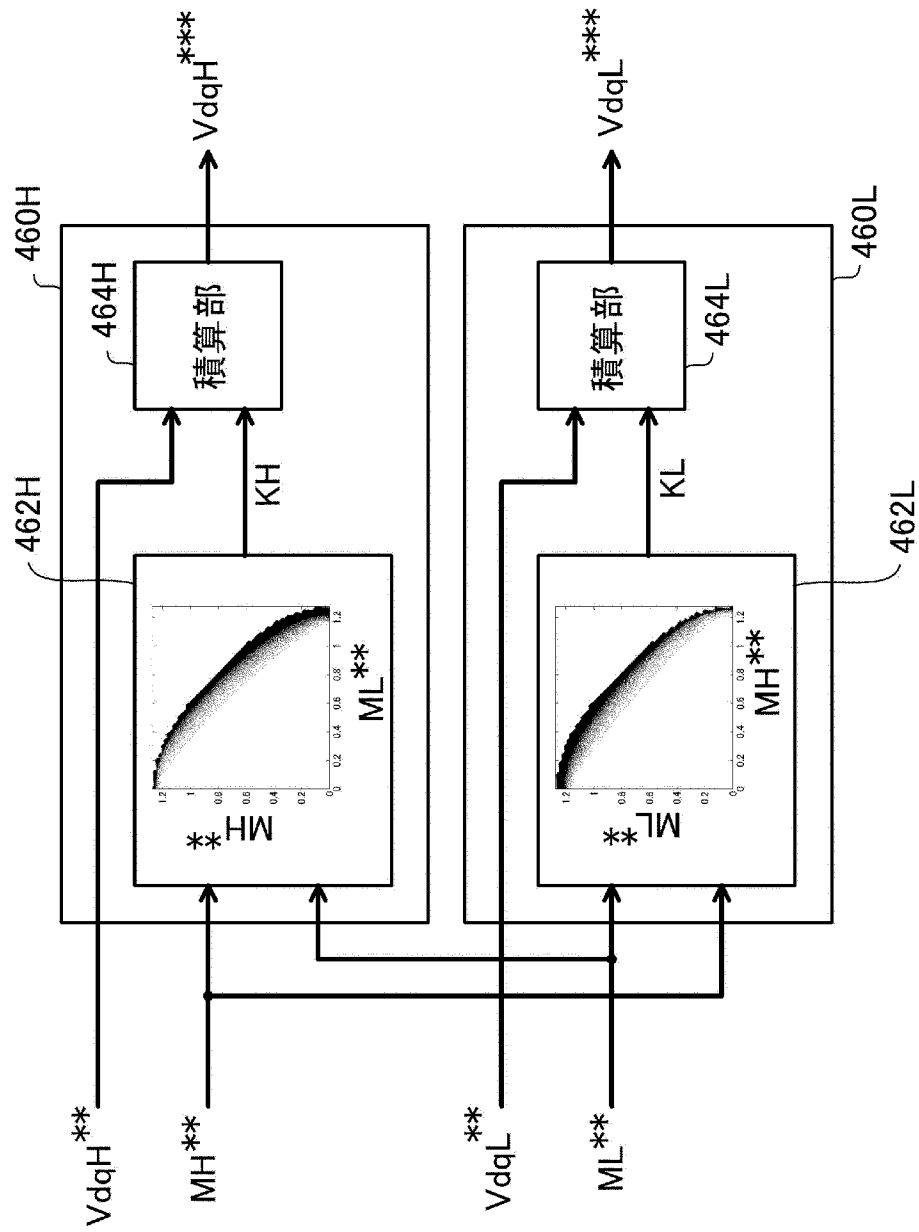
[図16]

Fig.16



[図17]

Fig.17



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/011109

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H02P25/22 (2006.01) i, H02P25/20 (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)

Int.Cl. H02P25/22, H02P25/20

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

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 8-223999 A (MEIDENSHA CORPORATION) 30 August 1996, paragraphs [0021]-[0028], fig. 3-6 & US 6008616 A, column 17, line 37 to column 20, line 57, fig. 19-22D	1-14
A	JP 10-136681 A (ISHIKAWAJIMA-HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO., LTD.) 22 May 1998, paragraphs [0013]-[0020], fig. 1-5 (Family: none)	1-14
A	JP 2504251 B2 (TOYOTA MOTOR CORP.) 05 June 1996, page 3, left column, lines 1-45, fig. 1-2 (Family: none)	1-14

☐ 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

"I" 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
03 June 2019 (03.06.2019)

Date of mailing of the international search report
11 June 2019 (11.06.2019)

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

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H02P25/22(2006.01)i, H02P25/20(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. H02P25/22, H02P25/20

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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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 8-223999 A（株式会社明電舎）1996.08.30, 段落[0021]-[0028], 図3-6 & US 6008616 A, 17欄37行-20欄57行, 図19-22D	1-14
A	JP 10-136681 A（石川島播磨重工業株式会社）1998.05.22, 段落 [0013]-[0020], 図1-5（ファミリーなし）	1-14
A	JP 2504251 B2（トヨタ自動車株式会社）1996.06.05, 3ページ左欄 1行-45行, 図1-2（ファミリーなし）	1-14

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

03.06.2019

国際調査報告の発送日

11.06.2019

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）

安池 一貴

3V

9150

電話番号 03-3581-1101 内線 3357