

(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  
2020年7月2日(02.07.2020)



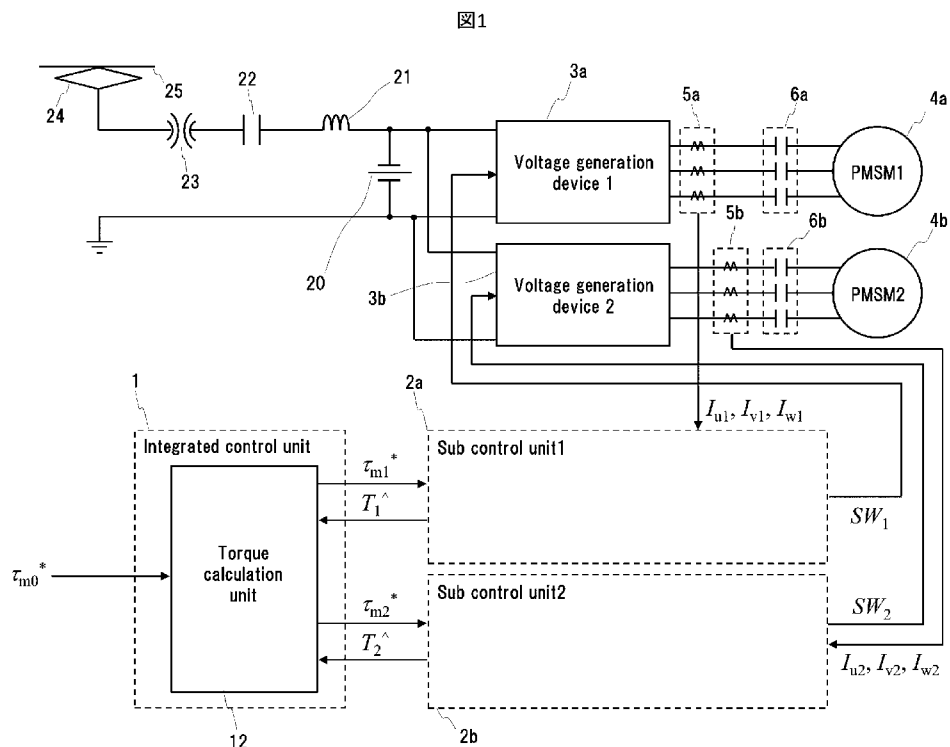
(10) 国際公開番号

WO 2020/137219 A1

- (51) 国際特許分類:  
H02P 5/46 (2006.01) B60L 9/18 (2006.01)  
B60L 3/00 (2019.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/044581
- (22) 国際出願日: 2019年11月13日(13.11.2019)
- (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 2018-247828 2018年12月28日(28.12.2018) JP
- (71) 出願人: 株式会社日立製作所(HITACHI, LTD.)  
[JP/JP]; 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 國廣 直希 (KUNIHIRO, Naoki); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 篠宮 健志(SHINOMIYA, Takeshi); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 伊藤 誠(ITO, Makoto); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人第一国際特許事務所(PATENT CORPORATE BODY DAI-ICHI KOKUSAI TOKKYO JIMUSHO); 〒1010032 東京都千代田区岩本町三丁目5番12号 Tokyo (JP).

(54) Title: DRIVE DEVICE FOR DYNAMO-ELECTRIC MACHINE, AND METHOD FOR DRIVING

(54) 発明の名称: 回転電機の駆動装置および駆動方法



(57) Abstract: When driving and controlling a plurality of dynamo-electric machines, in order to improve the efficiency of a system that obtains drive force from the plurality of dynamo-electric machines by varying the torque operation amount of each machine in consideration of the temperature dependency of the loss of each dynamo-electric machine, the present invention comprises a plurality of voltage output devices that output a desired voltage to the plurality of dynamo-electric machines, and a control device that adjusts the output voltage of the voltage output devices, the control device acquiring

WO 2020/137219 A1

(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, 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, 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))

---

temperature information for each of the plurality of dynamo-electric machines, selecting a dynamo-electric machine having relatively high efficiency from among the plurality of dynamo-electric machines on the basis of the respective temperature information, and relatively increasing a torque command value for the selected dynamo-electric machine in relation to others of the plurality of dynamo-electric machines.

(57) 要約 : 複数台の回転電機を駆動制御する際に、個々の回転電機の損失の温度依存性を考慮してトルク操作量を個々に変化させることで、複数台の回転電機により動力を得るシステムの効率を向上させるために、複数の回転電機に対して任意の電圧を出力する複数の電圧出力装置と、電圧出力装置の出力電圧を調整する制御装置とを備え、制御装置は、複数の回転電機個々の温度情報を取得し、個々の温度情報に基づいて複数の回転電機の中から相対的に高効率となる回転電機を選定し、選定した回転電機に対するトルク指令値を他の複数の回転電機に対して相対的に増加させる。

## 明 細 書

**発明の名称**：回転電機の駆動装置および駆動方法

### 技術分野

[0001] 本発明は、回転電機の駆動装置に関し、特に、鉄道車両用の永久磁石同期電動機の駆動装置として好適である。

### 背景技術

[0002] 近年、大規模輸送が可能でありエネルギー効率の高い、鉄道車両が注目されている。鉄道車両は、高効率な回転電機の導入、省エネ運転制御および回転電機の特性に合わせた制御によって、更なる省エネルギー化や効率の向上が期待されている。

[0003] これらの類の技術の一つとして、鉄道車両では、複数台の回転電機によって動力を得ることから、複数台の回転電機を個別に制御することで、鉄道車両用駆動システムの高効率化や信頼性を向上する技術が検討されている。

[0004] 特許文献1には、鉄道車両の高効率化を目的に、電力変換装置と複数台の回転電機それぞれとの間に交流遮断器を設け、運転台からの運転制御指令に基づいて交流遮断器の開閉を個別に制御する遮断器制御部を備える構成を有し、車両の必要なトルクに応じて回転電機の駆動個数を少なくすることにより、回転電機が高効率となる動作条件で駆動する鉄道車両用制御装置が提案されている。

[0005] 特許文献2には、開放運転時においても電気車の出力トルクを維持することを目的に、回転電機の温度が予め設定した許容値を超過した時または超過すると判断した時に、当該回転電機の温度を許容値内に抑制するトルク指令に変更するにあたり、他の回転電機のうち温度に余裕のある順にトルクを補完する回転電機を選定し、温度上昇が発生した回転電機における出力トルクの不足分を補う電気車制御装置が提案されている。

### 先行技術文献

### 特許文献

[0006] 特許文献1：特開2018-57185号公報

特許文献2：特許第5060266号公報

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0007] 本願発明者は、鉄道車両用駆動装置の更なる効率の向上を目的に鋭意検討した結果、次の知見を得るに至った。

1) 特許文献1では、遮断器を用いて回転電機の個数を切り替えて回転電機の効率が高くなる点で駆動させることにより、高効率化する技術が開示されている。そして、回転電機の温度変動に対しては駆動させる回転電機の温度が偏ることがないように、回転電機を選択して駆動しているが、単に温度の低い回転電機を動作させて複数の回転電機の損失を均等化するのみで、複数台の回転電機に発生する損失そのものは低減しておらず、高効率化には改善の余地がある。

また仮に、特許文献1に記載の技術を永久磁石同期電動機に適用した場合、回転子に永久磁石を備えるため、交流遮断器開放時の回転子のフリーラン中に鉄損が発生し、永久磁石同期電動機が温度上昇する問題がある。特に高速域では、通常の制御期間中は弱め界磁制御によって磁束を弱めるのに対し、開放時のフリーラン中は磁束を弱めないため鉄損が増加する。最高速付近では、通常の制御期間よりも開放期間の方が、発熱が増加する可能性があり、冷却性能や信頼性の点でも課題がある。

[0008] 2) 特許文献2では、開放運転時においても車両の出力トルクを維持することを目的に、回転電機の温度が予め設定した許容値を超過した時または超過すると判断した時に、温度に余裕のある回転電機の順に選定してトルクを補完する技術が開示されている。温度の超過時のみ動作するため、通常時には高効率化の効果は得られないが、仮に、特許文献2の技術を適用し、温度に余裕のある順に回転電機のトルクを割り振った場合、低速回転時や高トルク時では、回転電機の損失の内、銅損が支配的な動作条件のため、温度が低い程、抵抗値が小さくなって高効率化の効果を得られる。

しかし、高速回転時や低トルク時では、鉄損が支配的な動作条件のため、温度が低い程、磁石磁束は増加し、効率が低下する問題が発生する。つまり、永久磁石同期電動機の温度に基づいて、温度に余裕のある順に回転電機のトルクを割り振るということだけでは高効率化には不十分であり、動作条件によっては効率の低下を招く可能性がある。

[0009] 3) 以上の理由により、複数台の回転電機、特に永久磁石同期電動機を用いた駆動システムの高効率化には改善の余地がある。

[0010] 本発明の目的は、複数台の回転電機を駆動制御する際に、回転電機の温度依存性を考慮してトルク操作量を個々に変化させることで、複数台の回転電機によって動力を得るシステムの効率を向上させることである。

### 課題を解決するための手段

[0011] 本発明は、複数の回転電機に対して任意の電圧を出力する複数の電圧出力装置と、電圧出力装置の出力電圧を調整する制御装置を備え、制御装置は、複数の回転電機個々の温度情報を取得し、個々の温度情報に基づいて複数の回転電機の中から相対的に高効率となる回転電機を選定し、選定した回転電機に対するトルク指令値を他の複数の回転電機に対して相対的に増加させることを特徴とする。

### 発明の効果

[0012] 本発明によれば、複数台の回転電機を用いて駆動するシステムにおいて、回転電機の効率の温度依存性を考慮し、複数台の回転電機の出力トルクを個々に変化させることで、駆動システムの高効率化が図られ、更なる消費電力量の低減が可能となる。

### 図面の簡単な説明

[0013] [図1]実施例1に係る永久磁石同期電動機の駆動装置の機能ブロックの一例を示す図である。

[図2]実施例1に係る永久磁石同期電動機の駆動装置の変形例として、永久磁石同期電動機に温度検出器を設置した一例を示す図である。

[図3]永久磁石同期電動機を同一の回転速度で駆動し、トルクと温度とを変化

させた時の銅損と鉄損との割合の変化を示す図である。

[図4]永久磁石同期電動機を同一のトルクで駆動し、回転速度と温度とを変化させた時の銅損と鉄損との割合の変化を示す図である。

[図5]永久磁石同期電動機の温度が基準値よりも高い場合と低い場合で、永久磁石同期電動機が高効率となる動作領域の一例を示す図である。

[図6]図1に示す統括制御部が備えるトルク演算部の機能ブロックの一例を示す図である。

[図7]本発明に係る永久磁石同期電動機の駆動装置を搭載する鉄道車両の一部の概略構成を示す図である。

[図8]実施例2に係る永久磁石同期電動機の駆動装置の機能ブロックの一例を示す図である。

[図9]惰行再起動時のトルク立上げ前のトルクゼロ制御期間に磁石磁束の推定を実施する時間的流れを示す図である。

[図10]トルク立下げ後のゲートオフ直前のトルクゼロ制御期間に磁石磁束の推定を実施する時間的流れを示す図である。

### 発明を実施するための形態

[0014] 以下、本発明を実施するための形態として、実施例1および2について、それぞれ図面に従い詳細に説明する。各実施例において参照番号が同一のものは、同一の構成要件または類似の機能を備えた構成要件として示している。

なお、以下に説明する構成は、あくまでも実施例として提示したものであり、本発明に係る実施態様は、以下の実施例に限定されるものではない。

#### 実施例 1

[0015] 図1は、実施例1に係る永久磁石同期電動機の駆動装置の機能ブロックの一例を示す図である。永久磁石同期電動機の個々の温度情報に基づいて、複数の永久磁石同期電動機から成る駆動システムのトータル効率が高くなるように、トルク指令値を調整する際の構成を機能ブロックとして示したものである。

[0016] 図1では、2台の永久磁石同期電動機4 aおよび4 bを示しているが、複数台であれば永久磁石同期電動機は2台に限定されるものではない。以下では、2台に対応させる形で、それぞれに関連する構成部品と機能を、添字 a および b を用いて区別する。

[0017] また、図1では、パンタ2 4 を介して架線2 5 と電力の授受を行い、高速遮断器2 3 および断流器2 2 によって、架線側と永久磁石同期電動機側の電流を遮断できる構成としている。また、電圧出力装置3 a および3 b と架線2 5 との間には、フィルタリアクトル2 1 とフィルタコンデンサ2 0 とから成る直流電流平滑用のLCフィルタ回路を備える。

[0018] 永久磁石同期電動機の駆動制御のための制御装置として、統括制御部1 と制御部2 a および2 b とを含む。制御部2 a および2 b からのスイッチング指令に基づき、電圧出力装置3 a および3 b は電圧を出力し、永久磁石同期電動機4 a および4 b に所定のトルクを出力させて動力を得ている。

[0019] 統括制御部1 が備えるトルク演算部1 2 は、上位のシステム制御部（図示は省略）からの動力指令 $\tau_{m0}$ \*または制御モードの切替指令に応じて、永久磁石同期電動機4 a および4 b に発生させるトルク指令値 $\tau_{m1}$ \*および $\tau_{m2}$ \*を、制御部2 a および2 b それぞれに出力する。

[0020] 制御部2 a および2 b には、負荷として接続する永久磁石同期電動機4 a および4 b を駆動制御するための制御プログラムが実装されている。制御部2 a および2 b は、永久磁石同期電動機4 a および4 b が所定のトルクを出力するためのスイッチング指令 $SW_1$  および $SW_2$  を出力する。電圧出力装置3 a および3 b は、スイッチング指令 $SW_1$  および $SW_2$  を受けてスイッチング制御を行い、電圧を出力する。

[0021] ここで、図1は、実施例1に必要な最小限の機能ブロックのみを示したもので、IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) 等の駆動用トランジスタやダイオード等のパワーデバイスから構成される電力変換器およびこの電力変換器に対する制御構成については、電圧出力装置3 a および3 b のブロック図で示し、詳細な図示を省略して

いる。

- [0022] 永久磁石同期電動機 4 a および 4 b は、3 相交流電圧の印加により固定子側に発生した回転磁界による磁極と回転子の永久磁石の磁極との吸引および反発によって発生するマグネットトルクと、固定子の回転磁界による磁極と回転子の磁気的な突極との吸引力によって発生するリラクタンストルクとにより、回転トルクを発生する。
- [0023] 電流検出器 5 a および 5 b は、永久磁石同期電動機 4 a および 4 b に流れる U 相、V 相および W 相の 3 相電流  $I_{u1}$ 、 $I_{v1}$  および  $I_{w1}$  と  $I_{u2}$ 、 $I_{v2}$  および  $I_{w2}$  の波形をそれぞれ検出する。ただし、電流検出器 5 a および 5 b によって必ずしも 3 相全ての電流を検出する必要はなく、3 相の内のいずれか 2 相を検出し、残る 1 相は 3 相電流が平衡状態であると仮定して演算により求める構成としてもよい。
- [0024] また、交流接触器 6 a および 6 b は、電圧出力装置 3 a および 3 b と永久磁石同期電動機 4 a および 4 b との間に設けられ、異常時に電流を遮断動作する。ここで、交流接触器 6 a および 6 b は、統括制御部 1 もしくは制御部 2 a および 2 b が出力する制御信号（図示は省略）に従い、開閉動作を行うものとする。
- [0025] 制御部 2 a および 2 b は、電流検出器 5 a および 5 b の電流検出値を用いて、永久磁石同期電動機 4 a および 4 b それぞれの温度情報  $T1^{\wedge}$  および  $T2^{\wedge}$  を推定し、統括制御部 1 に送信する。
- [0026] また、実施例 1 の変形例として、図 2 に、永久磁石同期電動機 4 a および 4 b に温度検出器 40 a および 40 b を設置して、温度情報  $T1^{\wedge}$  および  $T2^{\wedge}$  を検出する場合の構成を示す。温度検出に当たっては、フレーム温度、巻線温度または永久磁石温度等を検出する構成としてもよい。
- [0027] 以下に、本発明の要点となる永久磁石同期電動機の温度と効率との関係について説明する。

永久磁石同期電動機に発生する損失は、大きく分けて、銅損、機械損および鉄損に分類される。永久磁石同期電動機に対して、入力電力を  $P_{in}$ 、出力

電力を  $P_{out}$ 、トルクを  $\tau_m$ 、銅損を  $W_s$ 、鉄損を  $W_i$ 、機械損を  $W_m$  とし、回転電機の機械角の角周波数を  $\omega_m$  とすると、永久磁石同期電動機の効率  $n$  は、式 (1) で表される。

[数1]

$$\begin{aligned} n &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \\ &= \frac{\tau_m \cdot \omega_m}{\tau_m \cdot \omega_m + W_s + W_i + W_m} \end{aligned} \quad (1)$$

[0028] また、永久磁石同期電動機のトルク  $\tau_m$  は、式 (2) で表される。

[数2]

$$\tau_m = m \cdot P_m \cdot K_e \cdot I_q + m \cdot P_m \cdot (L_d - L_q) \cdot I_d \cdot I_q \quad (2)$$

ここで、 $m$  は相数、 $P_m$  は極対数、 $K_e$  は磁石磁束（発電定数）、 $I_d$  は d 軸電流、 $I_q$  は q 軸電流、 $L_d$  は d 軸インダクタンス、 $L_q$  は q 軸インダクタンスとする。

[0029] 式 (2) の第 1 項が、先のマグネットトルク（回転磁界による磁極と回転子の永久磁石の磁極との吸引および反発によって発生するトルク）であり、式 (2) の第 2 項が、先のリラクタンストルク（固定子の回転磁界による磁極と回転子の磁気的な突極との吸引力によって発生するトルク）である。

[0030] マグネットトルクは、磁石磁束  $K_e$  と q 軸電流  $I_q$  の積によって決定することから、磁石磁束  $K_e$  の変動の影響で変動し、出力トルクが増減することはよく知られている。永久磁石が、例えば  $-0.1\% / ^\circ\text{C}$  で減磁すれば、温度が  $10^\circ\text{C}$  上昇すると、磁石磁束  $K_e$  は  $1\%$  低下することとなる。すなわち、磁石磁束が増加する低温条件の方が、式 (1) における分子の出力トルクが増加することから、高効率な動作になると考えられることが多い。

[0031] このような考え方に基づいて、駆動システムの高効率化を図る場合、例えば、高効率化を目的とする特許文献 2 に記載の技術を適用し、回転電機の温度に余裕のある順にトルクを補完することが考えられる。

[0032] しかし、発明者らは、詳細な検討に基づき、式 (1) の分母が示す損失の温度依存性に着目して、単に温度の低い永久磁石同期電動機が高効率となる

わけではなく、トルクと周波数の動作条件に応じて、温度の低い時と高い時のそれぞれで異なる動作領域において高効率になるということを見出した。

[0033] 以下に、銅損 $W_c$ 、機械損 $W_m$ および鉄損 $W_i$ の概要とそれらの温度依存性について説明する。

銅損 $W_c$ は、固定子巻線に発生する損失であり、永久磁石同期電動機に流れる電流値と抵抗値とから算出できる。銅損 $W_c$ の温度依存性については、抵抗値が固定子巻線に用いる材質の温度係数に従って変化するため、温度が高い程抵抗値は大きくなって銅損 $W_c$ は増加する傾向となる。

[0034] 機械損 $W_m$ は、回転子に備える冷却ファンによる圧力損失や、回転子を永久磁石同期電動機のフレームに支持するベアリングの摩擦等によって発生するものであり、一般的には、駆動周波数の関数として算出できる。機械損 $W_m$ の温度依存性については、厳密にはベアリングに用いるグリースの粘度の変化等があるものの、鉄道車両用回転電機では無視できる程の変化である。そのため、鉄道車両用回転電機の機械損 $W_m$ は、温度による影響を受けないものとして扱われることが多い。

[0035] 鉄損 $W_i$ は、交流磁界を印加して固定子鉄心や回転子鉄心に用いる磁性材料中の磁束が変化した際のヒステリシスループの面積に応じた磁気損失であり、ヒステリシス損と渦電流損との和として定義され、一般的には磁束密度と周波数との関数として算出できる。鉄損 $W_i$ の温度依存性については、永久磁石同期電動機で鉄損に大きく影響する磁石磁束そのものが温度依存性を持ち、温度上昇時には、上述のように例えば $-0.1\%/^{\circ}\text{C}$ 程度で減磁する。

[0036] さらに、鉄損 $W_i$ の内、ヒステリシス損は、温度依存性がほぼ無いと考えられる場合が多い。しかし、渦電流損は、温度上昇により鉄心の電気抵抗が増加すると、その損失は低減する傾向にある。そのため、永久磁石同期電動機における鉄損 $W_i$ は、温度が高い程減少する傾向となる。

[0037] 以上のとおり、永久磁石同期電動機の損失は、温度の低い時では、銅損が低減して鉄損は増加し、逆に、温度の高い時では、銅損が増加して鉄損は減少する。すなわち、銅損と鉄損とは、温度に対してトレードオフの関係とな

るため、ある動作条件での温度変化時における損失の変化を考えた場合、鉄損と銅損との割合によって、低温と高温のどちらの条件で回転電機としての損失が小さくなるかが異なることとなる。

[0038] 図3は、永久磁石同期電動機を同一の回転速度で駆動し、トルクと温度とを変化させた時の銅損と鉄損との割合の変化特性を示す図である。

図3の(a)は高トルク時、図3の(b)は中トルク時、図3の(c)は低トルク時の各磁界解析による計算結果で、温度変化時においても出力トルクは同一となるように電流値を調整している。また、各図の数値は、各条件で銅損と鉄損との合計が最も大きくなる温度条件の損失で正規化している。なお、抵抗と磁石温度とは、同様に変化することを仮定している。

[0039] 高トルク時は、図3の(a)のように、トルクが大きい動作条件では大電流を流すため、図3の(b)および(c)に対して銅損の割合が大きくなる。また、温度上昇時には、鉄損の減少よりも銅損の増加の方が大きくなり、永久磁石同期電動機の温度が低い方が高効率となる。

[0040] 中トルク時は、図3の(b)のように、図3の(a)よりも負荷トルクが小さく電流も小さくなる条件であるため、回転電機の温度の高い方がわずかに効率は良くなる。

[0041] 低トルク時は、トルクがほぼゼロの動作条件であり、このような条件下では、図3の(c)のように、高温時の方が、低温時に対して銅損と鉄損との合計を3割近く低減することを可能にする。

[0042] すなわち、負荷トルクが小さい動作条件では、複数台の永久磁石同期電動機の内、温度の高い永久磁石同期電動機のトルク指令値を敢えて増加させ、逆に、温度の低い永久磁石同期電動機のトルク指令値を低減することにより、トータルとして高効率で駆動できることが分かる。

[0043] 図4は、永久磁石同期電動機を同一のトルクで駆動し、回転速度と温度とを変化させた時の銅損と鉄損との割合の変化特性を示す図である。

図4の(a)は低速回転時、図4の(b)は中速回転時、図4の(c)は高速回転時の各磁界解析による計算結果で、温度変化時においても、出力ト

ルクは同一となるように電流を調整している。また、各図の数値は、各条件で銅損と鉄損との合計が最も大きくなる温度条件の損失で正規化している。なお、抵抗と磁石温度とは、同様に変化することを仮定している。

[0044] 低速回転時は、図4の(a)のように、回転速度の低い動作条件では、鉄損が小さいため相対的に銅損の割合が高くなる。また、温度上昇時には、鉄損の低減よりも銅損の増加の方が大きくなり、永久磁石同期電動機の温度が低い方が高効率となる。

[0045] 中速回転時は、図4の(b)のように、図4の(a)よりも回転速度が高く鉄損の割合が相対的に大きくなる条件であるため、回転電機の温度が変わっても効率がほぼ変化しない領域となる。

[0046] 高速回転時は、図4の(b)よりもさらに回転速度が高く、このような条件下では、図4の(c)のように、高温時の方が、低温時に対して銅損と鉄損との合計を1割近く低減することを可能にする。

[0047] すなわち、回転速度が高い条件では、複数台の永久磁石同期電動機の内、温度の高い永久磁石同期電動機のトルク指令値を敢えて増加させ、逆に、温度の低い永久磁石同期電動機のトルク指令値を低減することにより、トータルとして高効率で駆動できることが分かる。

[0048] 図5は、速度(横軸)とトルク(縦軸)に対して、永久磁石同期電動機の温度が基準値よりも高い場合と低い場合で、永久磁石同期電動機が高効率となる動作領域の一例を示す図である。

[0049] 図3および図4に示したように、温度の仕様範囲の中央値を基準にした場合、温度によって高効率となる領域は、トルクと速度に対して境界を持つこととなる。つまり、少なくとも2台以上の永久磁石同期電動機で動力を得る場合には、温度、速度およびトルクに応じて、トータルの効率が最大となるようにトルク指令値の配分を変更すれば、システムの高効率化が可能となる。

[0050] ここで、図6は、図1に示す統括制御部1が備えるトルク演算部12の機能ブロックの一例を示す図である。

具体的に、図1に示すトルク指令値 $\tau_{m1}^*$ および $\tau_{m2}^*$ について、図6を用いて説明する。トルク演算部12は、図6の(b)および(c)に示すように、トルク操作量演算部26を用いて構成され、永久磁石同期電動機の温度変化時における効率を示すマップまたは効率を求める算出式に従って、動力指令 $\tau_{m0}^*$ に対してトルク操作量を加算してトルク指令値を出力する。上記の効率を示すマップまたは効率を求める算出式は、実測値や磁界解析によって導いたものであって、統括制御部1またはトルク演算部12の中に適宜に記憶装置(図示は省略)を設けて記録しておく。

[0051] 例えば、2モータ単位に適用する場合には、(b)に示すように、 $\Delta\tau_{m1}^*$ および $\Delta\tau_{m2}^*$ を動力指令 $\tau_{m0}^*$ に加算してトルク指令値 $\tau_{m1}^*$ および $\tau_{m2}^*$ を算出する。

また、4モータ単位に適用する場合には、(c)に示すように、 $\Delta\tau_{m1}^*$ 、 $\Delta\tau_{m2}^*$ 、 $\Delta\tau_{m3}^*$ および $\Delta\tau_{m4}^*$ を動力指令 $\tau_{m0}^*$ に加算してトルク指令値 $\tau_{m1}^*$ 、 $\tau_{m2}^*$ 、 $\tau_{m3}^*$ および $\tau_{m4}^*$ を算出する。

[0052] トルク操作量演算部26は、永久磁石同期電動機の個々の温度推定値に基づき、高効率となる永久磁石同期電動機を判別し、判別結果からトルク操作量を決定する。ただし、図6の(a)に示す従来の構成に対し、駆動システムから出力されるトルクの総量を変化させないために、図6の(b)または(c)に示すように、トルク補償量の和は略ゼロ( $\Delta\tau_{m1}^* + \Delta\tau_{m2}^* = 0$ または $\Delta\tau_{m1}^* + \Delta\tau_{m2}^* + \Delta\tau_{m3}^* + \Delta\tau_{m4}^* = 0$ )となるように、換言すれば、駆動システムにおけるトルク指令値の総量は略一定となるように、調整する。

[0053] ここにおいて、図6に示すトルク指令値 $\Delta\tau_{m1}^* \sim \Delta\tau_{m4}^*$ の操作量の演算やその補償法は、あくまでも一例であって、回転電機の温度依存性を考慮し、速度や周波数に応じてトルク操作量を個々に調整する構成であれば、図6に示す構成に限定されるものではない。

また、実施例1では、トルク指令値を操作する例を示したが、トルク指令値に相当する電流指令値や電圧指令値を操作する構成としてもよい。

- [0054] ただし、低トルク時や高速回転時に、温度の高い回転電機を積極的に使用することで温度上昇が懸念される。しかし、鉄道車両では、同一の周波数やトルクの動作点で常時運転をし続けることはなく、停止、加速、減速および停止の動作を繰り返すため、高温の回転電機のみ偏って駆動することはないので、異常な発熱等は発生しない。ただし、永久磁石の不可逆減磁等を考慮した温度許容値を超えることが予測される場合には、温度の高い回転電機のトルク指令値を増加させず、温度に対するリミッタを設けて補償を停止させるようにする。
- [0055] 他方、回転電機として誘導電動機を用いた駆動システムの場合は、回転電機として永久磁石を用いていないため、温度上昇時に磁束が減少することはない。そのため、鉄損（回転子に発生する二次銅損を除いた磁気損失）は温度によらず略一定となる。つまり、誘導電動機の場合は、単に温度の低い回転電機（誘導電動機）に対してトルク指令の配分を大きくすることで、駆動システムのトータル効率の向上が可能となる。
- [0056] 図7は、本発明に係る永久磁石同期電動機の駆動装置を搭載する鉄道車両の一部の概略構成を示す図である。インバータ30によって駆動する複数の永久磁石同期電動機4a、4b、4cおよび4dが、減速ギア（図示は省略）を介して鉄道車両の車軸と連結されている。鉄道車両は、車軸に接続された車輪27とレール28との間に生じる接線力により走行する。
- [0057] 鉄道車両では、進行方向に応じて重心が変わることから進行方向に対して軸毎にトルクの配分を変更させる制御を用いること、回転電機への走行風の当たり方の影響を受けること、回転電機の通風ダクトの汚損状態の影響を受けること、等が起因して、回転電機毎に温度がばらつく。そのため、本発明を鉄道車両に適用することで、鉄道車両の駆動システムを高効率化する効果が得られる。
- [0058] 以上のとおり、実施例1では、個々の永久磁石同期電動機の温度依存性を考慮してトルク操作量を個々に変化させることで、複数台の永久磁石同期電動機のトータル効率を向上させることが可能となる。

## 実施例 2

- [0059] 実施例 2 は、実施例 1 と比べて、永久磁石同期電動機の温度情報として、センサレス制御で駆動中のトルクゼロ制御時における推定磁石温度を用いる点で異なる。これにより、図 2 に示す温度センサを不要とし、かつ、永久磁石同期電動機のインダクタンスや抵抗の定数誤差に対して、ロバストに永久磁石の温度を推定することができる。
- [0060] 図 8 は、実施例 2 に係る永久磁石同期電動機の駆動装置の機能ブロックの一例を示す図である。
- 実施例 2 の制御部 2 a は、PWM 制御部 7 a、座標変換器 8 a、電流制御部 9 a、電流指令演算部 10 a、温度推定部 11 a および速度推定部 31 a を内部に備える。
- [0061] 電流指令演算部 10 a は、統括制御部 1 からのトルク指令値  $\tau_{m1}^*$  に基づき、電流指令値  $I_{d1}^*$  および  $I_{q1}^*$  を出力する。
- [0062] 座標変換器 8 a は、電流検出器 5 a で検出した永久磁石同期電動機 3 の 3 相電流  $I_{u1}$ 、 $I_{v1}$  および  $I_{w1}$  を、位相角  $\theta_1$  を用いて回転座標系の d q 座標に変換し、 $I_{d1}$  および  $I_{q1}$  として電流制御部 9 a に出力する。
- [0063] 電流制御部 9 a は、 $I_{d1}^*$  および  $I_{q1}^*$  に対して、d 軸電流検出値  $I_{d1}$  および q 軸電流検出値  $I_{q1}$  が一致するように、P I (P r o p o r t i o n a l - I n t e g r a l) 制御等により電流偏差をゼロに収束させるように、電圧指令値  $V_{d1}^*$  および  $V_{q1}^*$  を出力する。
- [0064] PWM 制御部 7 a は、電圧指令値  $V_{d1}^*$  および  $V_{q1}^*$  に基づき、電圧出力装置 3 a を制御するためのスイッチング指令  $SW_1$  を出力する。
- [0065] 速度推定部 31 a は、電流検出値  $I_{d1}$  および  $I_{q1}$  と電圧指令値  $V_{d1}^*$  および  $V_{q1}^*$  とに基づき、回転子の角周波数  $\omega_1^*$  を推定する。
- [0066] 温度推定部 11 a は、電流指令値  $I_{d1}^*$  および  $I_{q1}^*$  または電流検出値  $I_{d1}$  および  $I_{q1}$  と、電圧指令値  $V_{d1}^*$  および  $V_{q1}^*$  と、角周波数  $\omega_1^*$  とに基づいて、磁石温度推定値  $T_1^{\wedge}$  または磁石磁束推定値  $K_{e1}^{\wedge}$  を出力する。磁石温度および磁石磁束は、基準値に対して  $-0.1\%/^{\circ}\text{C}$  の換算で算出するものとし

、どちらを推定値として出力する構成としてもよい。以降では、磁石磁束推定値  $K_e \hat{\cdot}$  を用いて説明する。

また、制御部 2 b の内部のブロック図は、制御部 2 a と同一構成であるので、図示を省略する。

[0067] 以下に、永久磁石の温度を高精度に推定する原理について説明する。永久磁石同期電動機の電圧方程式は次式 (3) および (4) で表される。

[数3]

$$v_d = r_1 \cdot i_d + L_d \cdot \frac{d}{dt} i_d - \omega_1 \cdot L_q \cdot i_q \quad (3)$$

[数4]

$$v_q = r_1 \cdot i_q + L_q \cdot \frac{d}{dt} i_q + \omega_1 \cdot L_d \cdot i_d + \omega_1 \cdot K_e \quad (4)$$

[0068] 仮に、永久磁石同期電動機の実際の電圧、電流、抵抗値およびインダクタンスの各状態量を正確に把握できるとすれば、式 (5) にて磁束の推定値  $K_e \hat{\cdot}$  を算定できる。

[数5]

$$K_e \hat{\cdot} = (v_q - r_1 \cdot i_q - L_q \cdot \frac{d}{dt} i_q - \omega_1 \cdot L_d \cdot i_d) / \omega_1 \quad (5)$$

[0069] 式 (5) により磁石磁束の定数  $K_e \hat{\cdot}$  の算定を考えると、電圧  $v_d$  および  $v_q$  は電圧出力装置 3 の電圧指令値  $v_d^*$  および  $v_q^*$  を参照し、電流は電流検出値  $i_d$  および  $i_q$  を用いればよい。ところが、抵抗  $r_1$  とインダクタンス  $L_d$  および  $L_q$  は、永久磁石同期電動機の巻線温度や、鉄心に用いられる磁性材料の磁気飽和特性、モータ構造および電流条件に依存するものであることから、正確に把握することが難しい。

[0070] そこで、発明者らは、定数誤差の影響を受けずに磁石磁束  $K_e$  を推定するために、d 軸および q 軸の電流指令値  $i_{d1}^*$  および  $i_{q1}^*$  を意図的にゼロとして、式 (2) に示すトルクをゼロに制御した状態において、制御が安定した状態での電圧指令値  $V_q^*$  および角周波数  $\omega_1^*$  を用いることで、抵抗  $r_1$  およびインダクタンス  $L_d$  並びに  $L_q$  の定数誤差の影響を受けることなく磁石磁束  $K_e$  を推定できることを見出した。

[0071] 式(2)および(3)で、電流指令値 $i_d^*$ および $i_q^*$ をゼロに設定し、電流制御部10による電流制御の誤差をゼロと見なすと、整定した状態の電圧指令値 $v_d^*$ および $v_q^*$ は、次式(6)および(7)となる。

[数6]

$$v_d^* = 0 \quad (6)$$

[数7]

$$v_q^* = \omega_1^* \cdot K_e \quad (7)$$

[0072] すなわち、磁石磁束の推定値 $K_e^{\wedge}$ は、次式(8)にて算出できる。

[数8]

$$K_e^{\wedge} = v_q^* / \omega_1^* \quad (8)$$

[0073] 電流指令値 $i_d^*$ および $i_q^*$ をゼロにして、電流制御による誤差がゼロとすると、q軸の電圧指令値 $v_q^*$ は、実際の磁石磁束 $K_e$ による誘起電圧を打ち消すだけの電圧を出力する状態となる。よって、式(7)は、抵抗 $r_1$ およびインダクタンス $L_d$ 並びに $L_q$ の項を含まず、電圧指令値 $v_q^*$ は $\omega_1^*$ と $K_e$ のみによって算定できることが分かる。

[0074] また、同一の周波数において磁石磁束が変動した場合を例にすると、式(7)から、永久磁石の温度が上昇して実際の磁石磁束 $K_e$ が減少した場合には、整定した状態の $v_q^*$ も減少する。逆に、永久磁石の温度が低下して実際の磁束 $K_e$ が増加した場合には、整定した状態の $v_q^*$ も増加する。このようにして、電流指令値 $i_d^*$ および $i_q^*$ をゼロとした際のq軸電圧指令値 $v_q^*$ に基づき、磁石磁束 $K_e$ を推定することが可能となる。ただし、式(8)から、永久磁石同期電動機の回転子速度 $\omega_1$ がゼロの条件では、実施例2の推定法は原理的に適用できない。

[0075] ここで、実施例2の推定法では、電流制御による電流偏差がゼロとなっている必要があるため、電流指令値 $i_d^*$ および $i_q^*$ をゼロとして駆動制御し、制御が整定した状態でのq軸電圧指令値 $v_q^*$ および角周波数指令値 $\omega_1^*$ を用いる。また、ノイズの影響を除去するために、フィルタ処理、移動平均処理

または積分処理を施してもよい。

[0076] 次に、このトルクゼロ制御期間に実施する磁石磁束の推定は、ゲートオフかつ回転子がフリーラン（惰行）中から、永久磁石同期電動機を再起動する際のトルク立上げ前のトルクゼロ制御期間を用いて実施するか、または、トルク立下げ後のゲートオフ直前のトルクゼロ制御期間を用いて実施する。

[0077] 図9は、惰行再起動時のトルク立上げ前のトルクゼロ制御期間に磁石磁束の推定を実施する時間的流れを示す図である。また、図10は、トルク立下げ後のゲートオフ直前のトルクゼロ制御期間に磁石磁束の推定を実施する時間的流れを示す図である。

[0078] ただし、トルクゼロ指令時において、電流を厳密にゼロとせず、微小なd軸電流を流す構成としてもよい。電圧出力装置3aおよび3bでは、各相に設けられた上下アームに備えたIGBT等の素子の短絡防止のために、上下の出力素子を同時にオフする期間を設けるため、電圧補償を加えない場合は、この同時オフ期間の出力電圧が不足することとなる。そこで、公知として知られるデッドタイム補償技術により、電流検出値または電流指令値の極性にに基づき、指令値通りの電圧を出力できるように、電圧指令値に補償を加える。

[0079] 特に、永久磁石同期電動機の誘起電圧が低くかつ変調率の低い低速域では、細い幅の電圧パルスを数多く出力する状態となるため、出力電圧に対して相対的にこの同時オフ期間が占める割合が大きくなり、出力電圧に与える影響が大きくなり易い。

すなわち、低速域において、実施例1に示したd軸電流指令値 $I_d^*$ とq軸電流指令値 $I_q^*$ の両者をゼロにした場合、上述のとおり、デッドタイム補償に用いる電流検出値または電流指令値の極性が正確に把握できず、誤った極性にに基づき電圧補償したとなれば、デッドタイム補償によって逆に電圧誤差を増加させることになり、推定精度を低下させる可能性がある。

[0080] これに対し、電流指令値または電流検出値の極性を判断できるように、q軸電流指令値はゼロとしつつ、d軸電流指令値には意図的に微小な値を与え

る。これにより、トルクゼロ指令時においても、電流の極性の判別が可能となり、デッドタイム補償を正確に動作させることができ、電圧出力精度を向上させることができる。

[0081] ただし、式(10)に示すように、d軸インダクタンス $L_d$ の定数誤差の影響を受けないように、微小な電流指令値 $i_d$ の大きさは、電機子反作用による磁束( $L_d$ と $i_d$ の積)が、磁石磁束 $K_e$ に対して $1/5$ 程度以下になるようにする。例えば、 $1/5$ 以下にする場合、制御器に設定している発電定数の設定値(基準値) $K_e^*$ とd軸インダクタンス $L_d^*$ に対して、微小な電流指令値 $i_d^*$ の大きさは、式(11)の範囲にすればよい。

[数9]

$$K_e^{\wedge} = (v_q^* - \omega_1^* \cdot L_d^* \cdot i_d) / \omega_1^* \quad (9)$$

[数10]

$$K_e \gg L_d \cdot i_d \quad (10)$$

[数11]

$$i_d^* \leq K_e^* / (5 \cdot L_d^*) \quad (11)$$

[0082] 以上のとおり、実施例2では、センサレス制御でのトルク指令値をゼロに制御した期間に磁石温度(または磁石磁束)を算出することで、温度センサを用いることなく、高精度に温度情報を得ることができる。また、実施例2は、実施例1に記載のトルク操作量の割り振りを正確に配分でき、実施例1よりも更なる高効率化およびシステムの簡素化が可能となる。

## 符号の説明

[0083] 1…統括制御部、2…制御部、3…電圧出力装置、4…永久磁石同期電動機、5…電流検出器、6…交流接触器、7…PWM制御部、8…座標変換器、9…電流制御部、10…電流指令演算部、11…磁石温度推定部、12…トルク指令演算部、20…フィルタコンデンサ、21…フィルタリアクトル、22…断流器、23…高速度遮断器、24…パンタ、25…架線、26…トルク補償演算部、27…車輪、28…レール、30…インバータ、31…速

度推定演算部、40…温度検出器

## 請求の範囲

- [請求項1] 複数の回転電機に対して任意の電圧を出力する複数の電圧出力装置と、  
前記電圧出力装置の出力電圧を調整する制御装置とを備え、  
前記制御装置は、  
前記複数の回転電機個々の温度を取得し、  
前記個々の温度に基づいて前記複数の回転電機の中から相対的に高効率となる回転電機を選定し、  
選定した前記回転電機に対するトルク指令値を他の前記複数の回転電機に対して相対的に増加させることを特徴とする回転電機の駆動装置。
- [請求項2] 請求項1に記載の回転電機の駆動装置であって、  
前記複数の回転電機に対するトルク指令値の総量は略一定となることを特徴とする回転電機の駆動装置。
- [請求項3] 請求項1または2に記載の回転電機の駆動装置であって、  
前記回転電機は永久磁石同期電動機であることを特徴とする回転電機の駆動装置。
- [請求項4] 請求項3に記載の回転電機の駆動装置であって、  
前記制御装置は、  
低速域では前記温度が複数の前記永久磁石同期電動機の中で相対的に低い電動機を選定し、  
高速域では前記温度が複数の前記永久磁石同期電動機の中で相対的に高い電動機を選定することを特徴とする回転電機の駆動装置。
- [請求項5] 請求項3に記載の回転電機の駆動装置であって、  
前記制御装置は、  
前記トルク指令値が大きい場合は前記温度が複数の前記永久磁石同

期電動機の中で相対的に低い電動機を選定し、

前記トルク指令値が小さい場合は前記温度が複数の前記永久磁石同期電動機の中で相対的に高い電動機を選定する

ことを特徴とする回転電機の駆動装置。

[請求項6] 請求項3から5のいずれか1項に記載の回転電機の駆動装置であって、

前記制御装置は、

前記永久磁石同期電動機の温度変化時における当該永久磁石同期電動機の効率を示すマップまたは当該効率を求める演算式を記録しておく、

前記マップまたは前記演算式に基づき、前記永久磁石同期電動機の温度変化に対して複数の前記永久磁石同期電動機の中から相対的に高効率となる電動機を選定する

ことを特徴とする回転電機の駆動装置。

[請求項7] 請求項3から6のいずれか1項に記載の回転電機の駆動装置であって、

前記制御装置は、前記永久磁石同期電動機の高速度または低トルク域で、前記温度が予め設定した許容温度を超えた場合に、当該温度の高い当該永久磁石同期電動機に対する前記トルク指令値を増加させない

ことを特徴とする回転電機の駆動装置。

[請求項8] 請求項3から7のいずれか1項に記載の回転電機の駆動装置であって、

前記温度として、前記永久磁石同期電動機の回転子中の永久磁石の温度推定値を用いる

ことを特徴とする回転電機の駆動装置。

[請求項9] 請求項8に記載の回転電機の駆動装置であって、

前記制御装置は、前記温度または前記永久磁石の磁束量を、前記永

久磁石同期電動機に対する前記トルク指令値を略ゼロにして駆動する期間を利用して推定する

ことを特徴とする回転電機の駆動装置。

[請求項10]

請求項9に記載の回転電機の駆動装置であって、

前記回転子中の永久磁石が形成する磁極の方向をd軸、当該d軸に対して電気角で直行する方向をq軸、前記制御装置での前記d軸におけるインダクタンスの設定値および前記磁石磁束の設定値をそれぞれ $L_d^*$ および $K_e^*$ 並びに前記d軸の電流指令値を $i_d^*$ とした場合に、

前記トルク指令値が略ゼロとは、前記q軸の電流指令値がゼロで、かつ前記d軸の電流指令値 $i_d^*$ が

$$i_d^* \leq K_e^* / (5 \cdot L_d^*)$$

である

ことを特徴とする回転電機の駆動装置。

[請求項11]

請求項9または10に記載の回転電機の駆動装置であって、

前記制御装置は、前記永久磁石同期電動機に対する電圧出力が停止されかつ当該永久磁石同期電動機の回転子がフリーランの状態からの惰行再起動時において、前記トルク指令値を立ち上げる前に設けた当該トルク指令値をゼロにする期間に前記温度または前記磁束量を推定する

ことを特徴とする回転電機の駆動装置。

[請求項12]

請求項9から11のいずれか1項に記載の回転電機の駆動装置であって、

前記制御装置は、前記トルク指令値をゼロに絞った後で前記永久磁石同期電動機の回転子速度が所定値以上である場合において、前記トルク指令値をゼロとして駆動する期間に前記温度または前記磁束量を推定する

ことを特徴とする回転電機の駆動装置。

[請求項13]

請求項1または2に記載の回転電機の駆動装置であって、

前記回転電機は誘導電動機であることを特徴とする回転電機の駆動装置。

- [請求項14] 請求項13に記載の回転電機の駆動装置であって、  
前記制御装置は、前記温度の低い前記誘導電動機に対する前記トルク指令値を他の前記誘導電動機に対して相対的に増加させることを特徴とする回転電機の駆動装置。
- [請求項15] 請求項1から14のいずれか1項に記載の回転電機の駆動装置を搭載し当該回転電機は車輪を駆動する電動機である鉄道車両。
- [請求項16] 任意の電圧を出力する複数の電圧出力装置によって駆動される複数の回転電機個々の温度情報を取得し、  
前記個々の温度情報に基づいて前記複数の回転電機の中から相対的に高効率となる回転電機を選定し、  
選定した前記回転電機に対するトルク指令値を他の前記複数の回転電機に対して相対的に増加させることを特徴とする回転電機の駆動方法。
- [請求項17] 請求項16に記載の回転電機の駆動方法であって、  
前記複数の回転電機に対するトルク指令値の総量を略一定とすることを特徴とする回転電機の駆動方法。
- [請求項18] 請求項16または17に記載の回転電機の駆動方法であって、  
前記回転電機は永久磁石同期電動機であり、  
低速域では前記温度情報の値が複数の前記永久磁石同期電動機の中で相対的に低い電動機を選定し、高速域では前記温度情報の値が複数の前記永久磁石同期電動機の中で相対的に高い電動機を選定することを特徴とする回転電機の駆動方法。
- [請求項19] 請求項16または17に記載の回転電機の駆動方法であって、  
前記回転電機は永久磁石同期電動機であり、  
前記トルク指令値が大きい場合は前記温度情報の値が複数の前記永久磁石同期電動機の中で相対的に低い電動機を選定し、前記トルク指

令値が小さい場合は前記温度情報の値が複数の前記永久磁石同期電動機の中で相対的に高い電動機を選定することを特徴とする回転電機の駆動方法。

[図1]

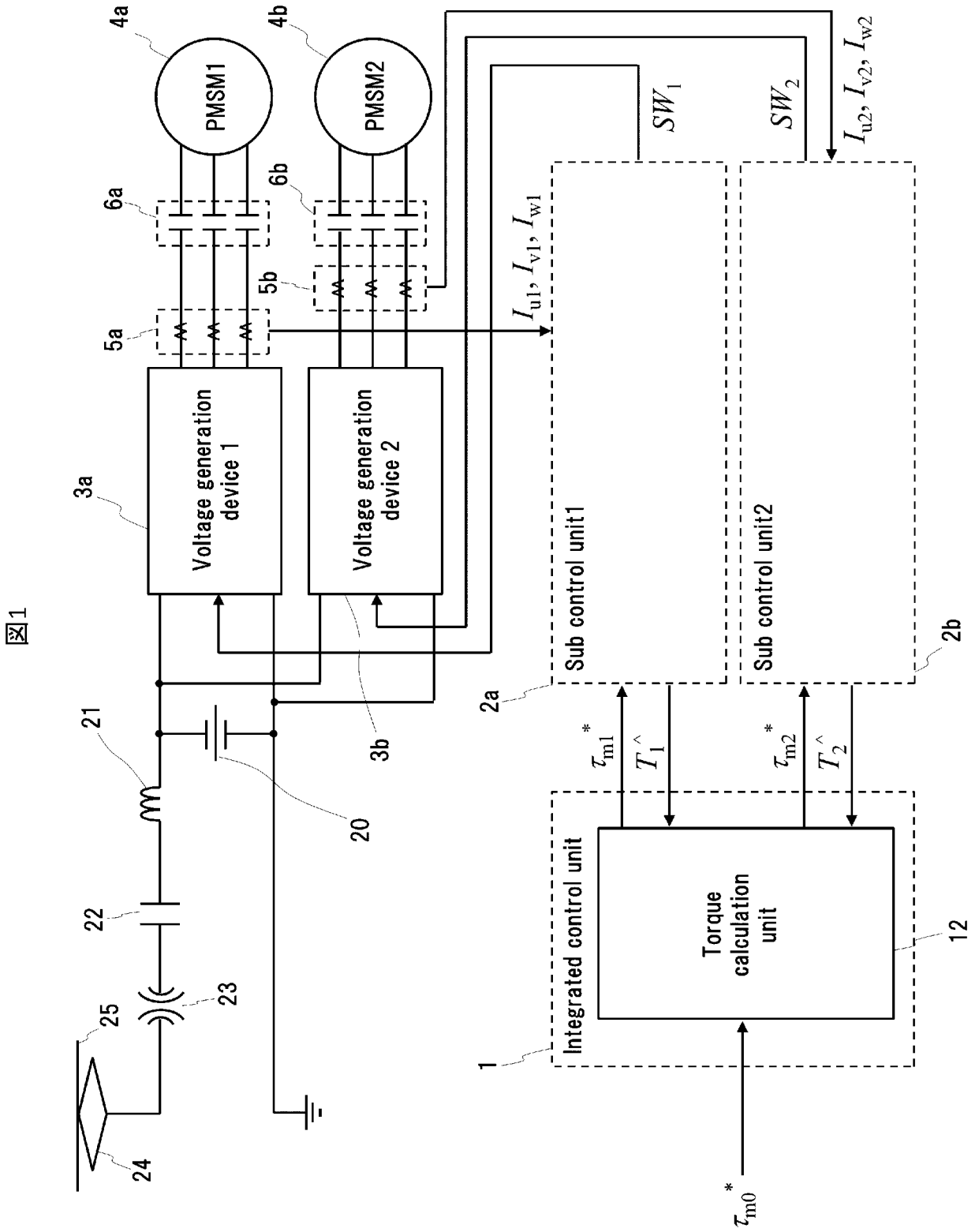
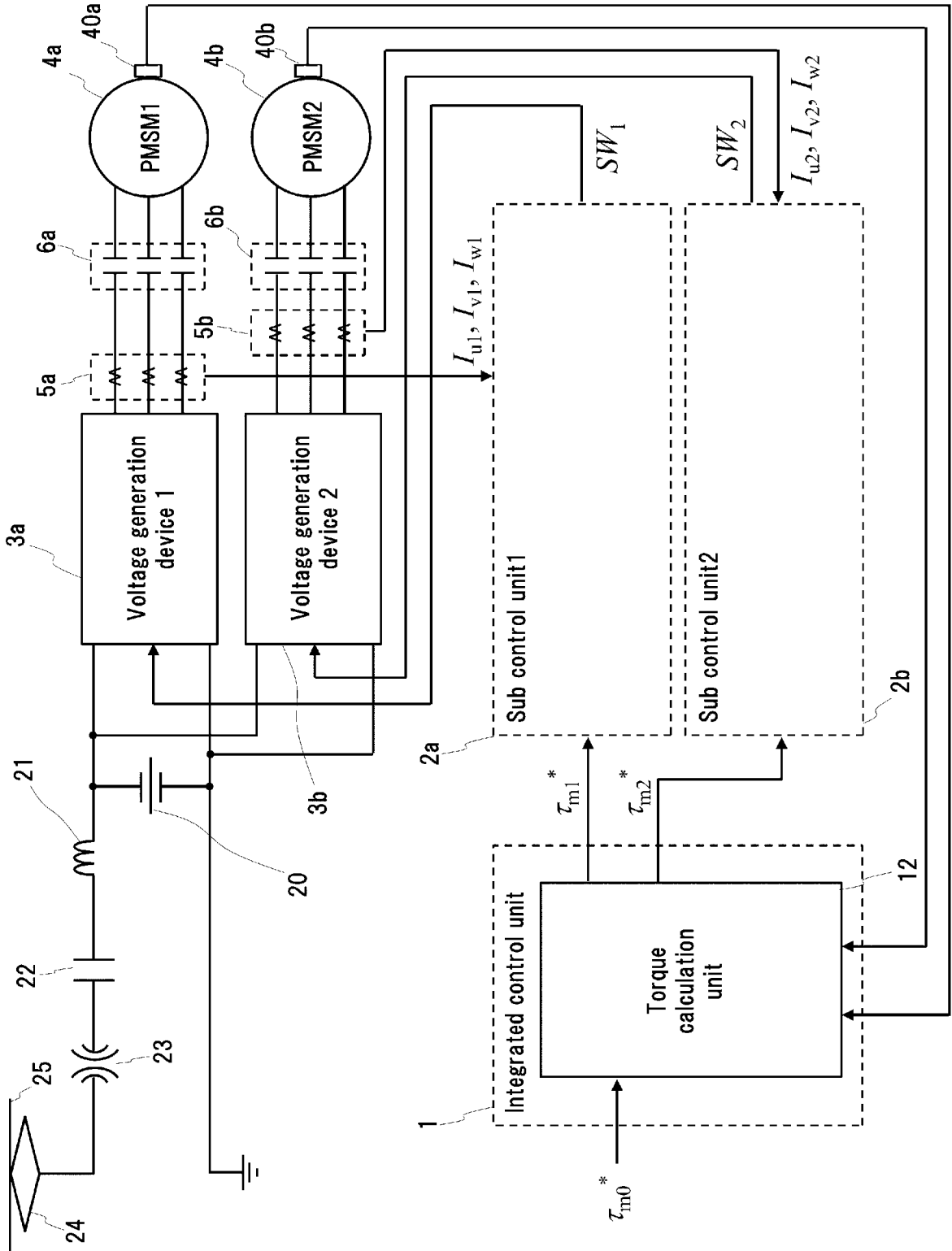
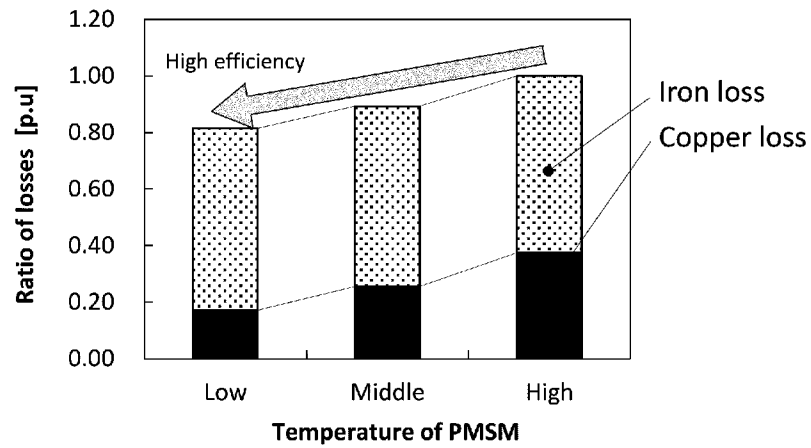


図2

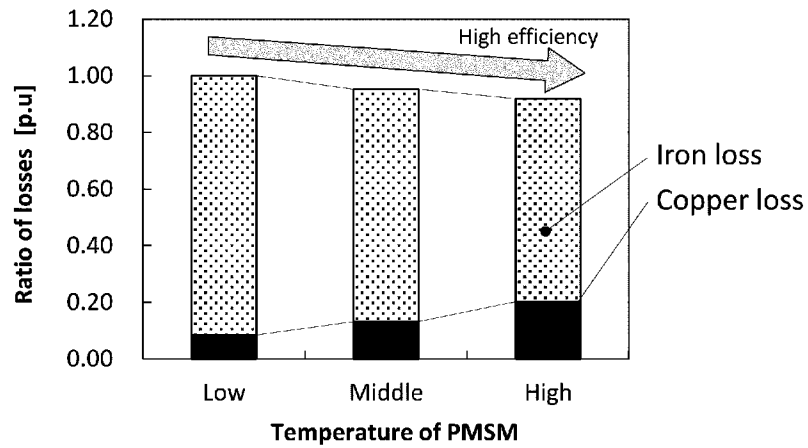


[図3]

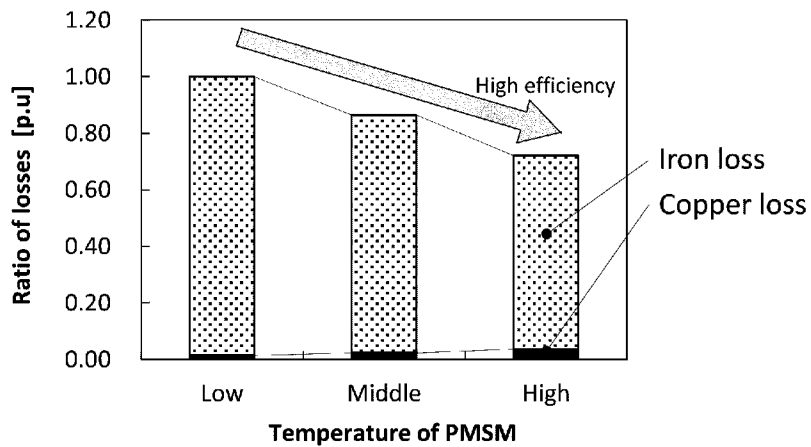
[図3]



(a) at the time of high torque



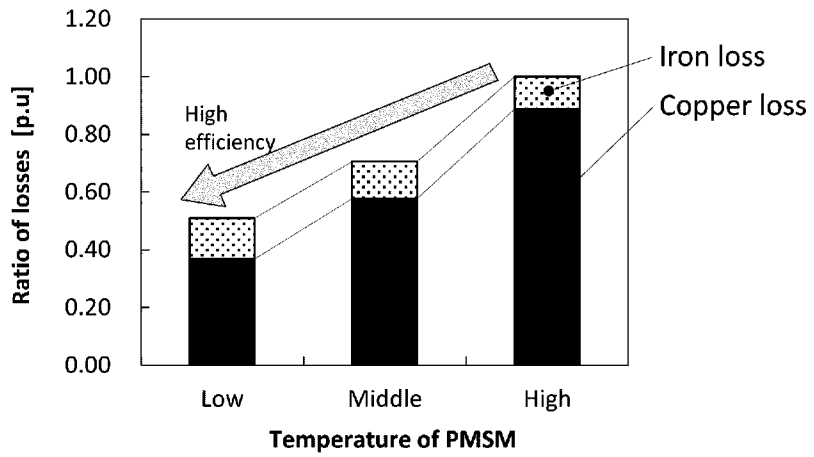
(b) at the time of middle torque



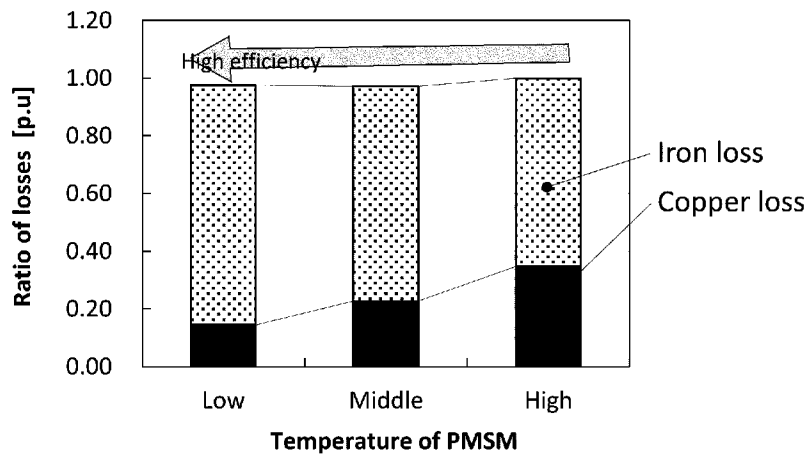
(c) at the time of low torque

[図4]

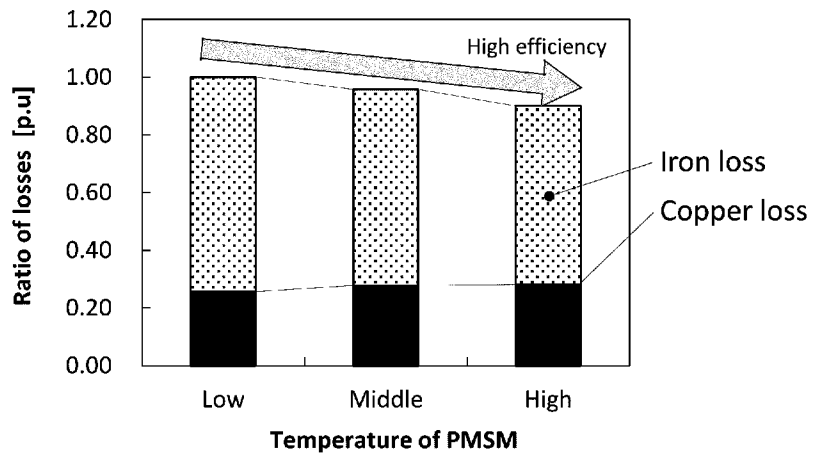
図4



(a) in low-speed range



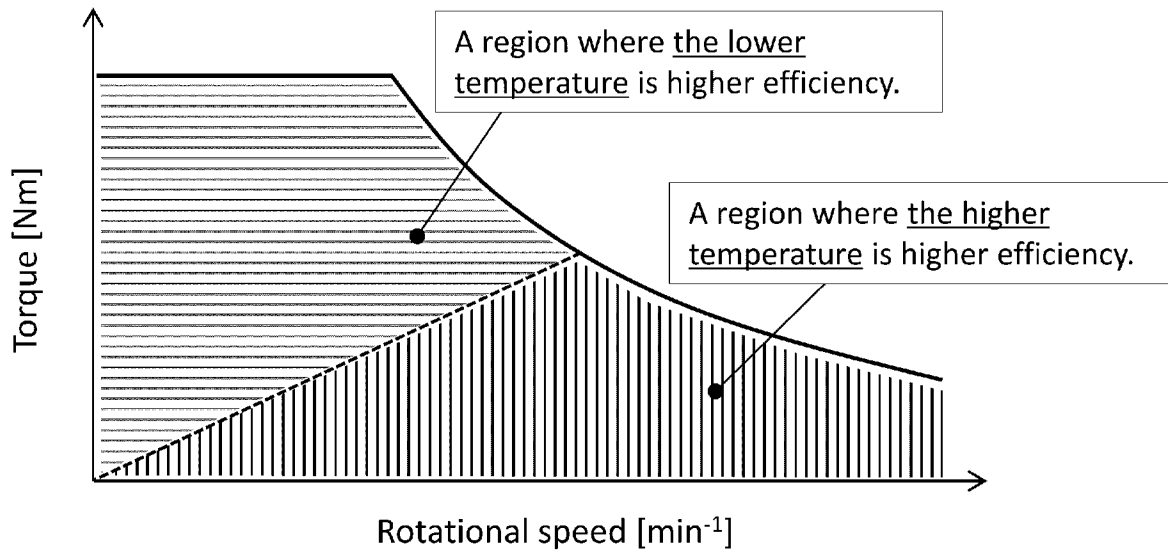
(b) in medium-speed range



(c) in high-speed range

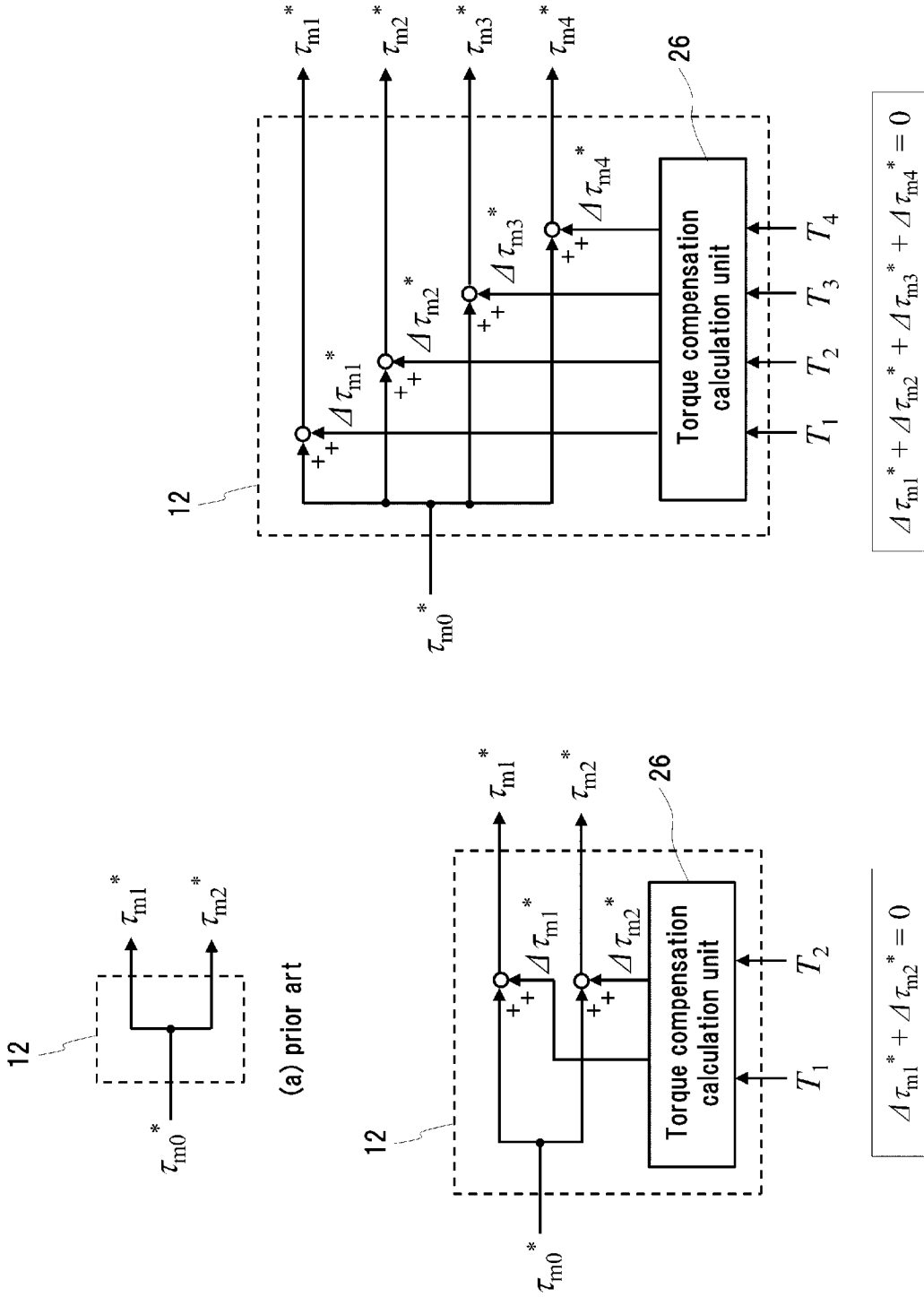
[図5]

図5



[圖6]

圖6



[図7]

図7

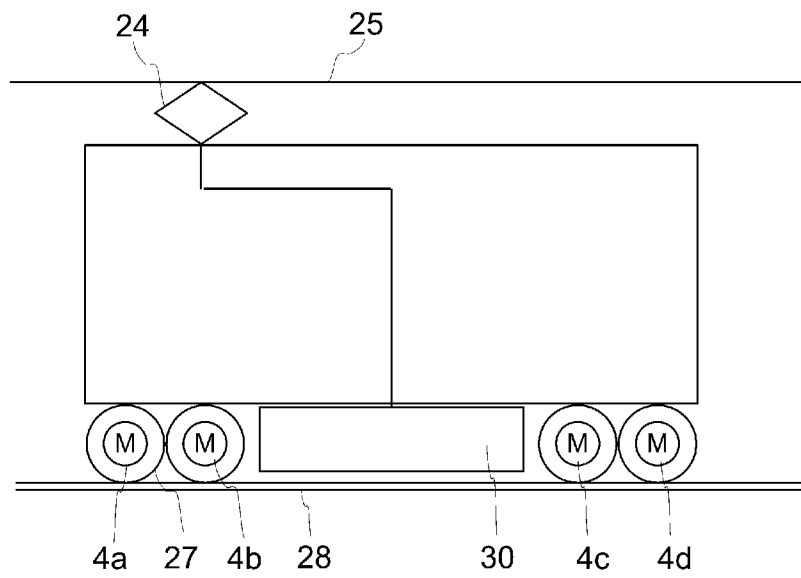
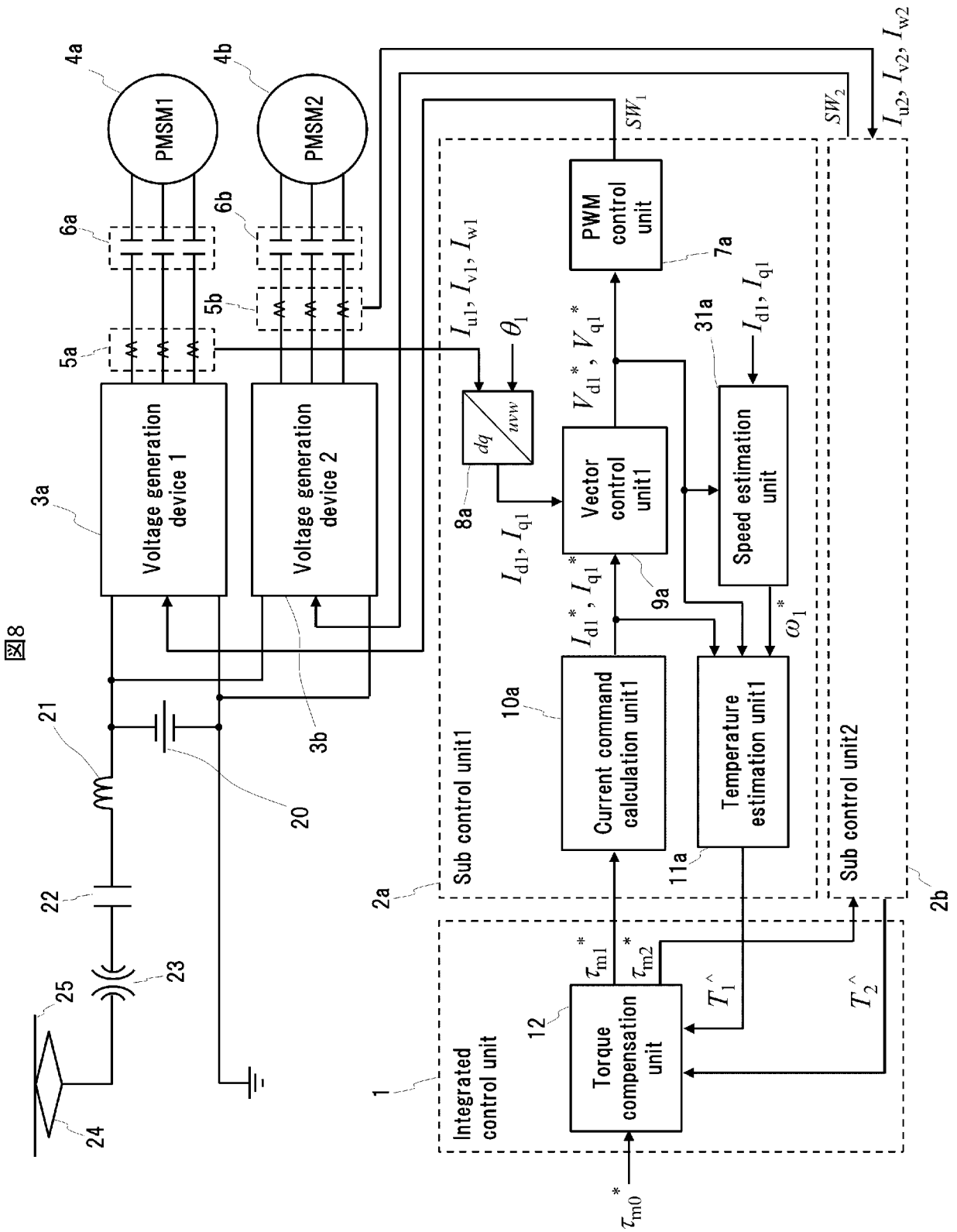
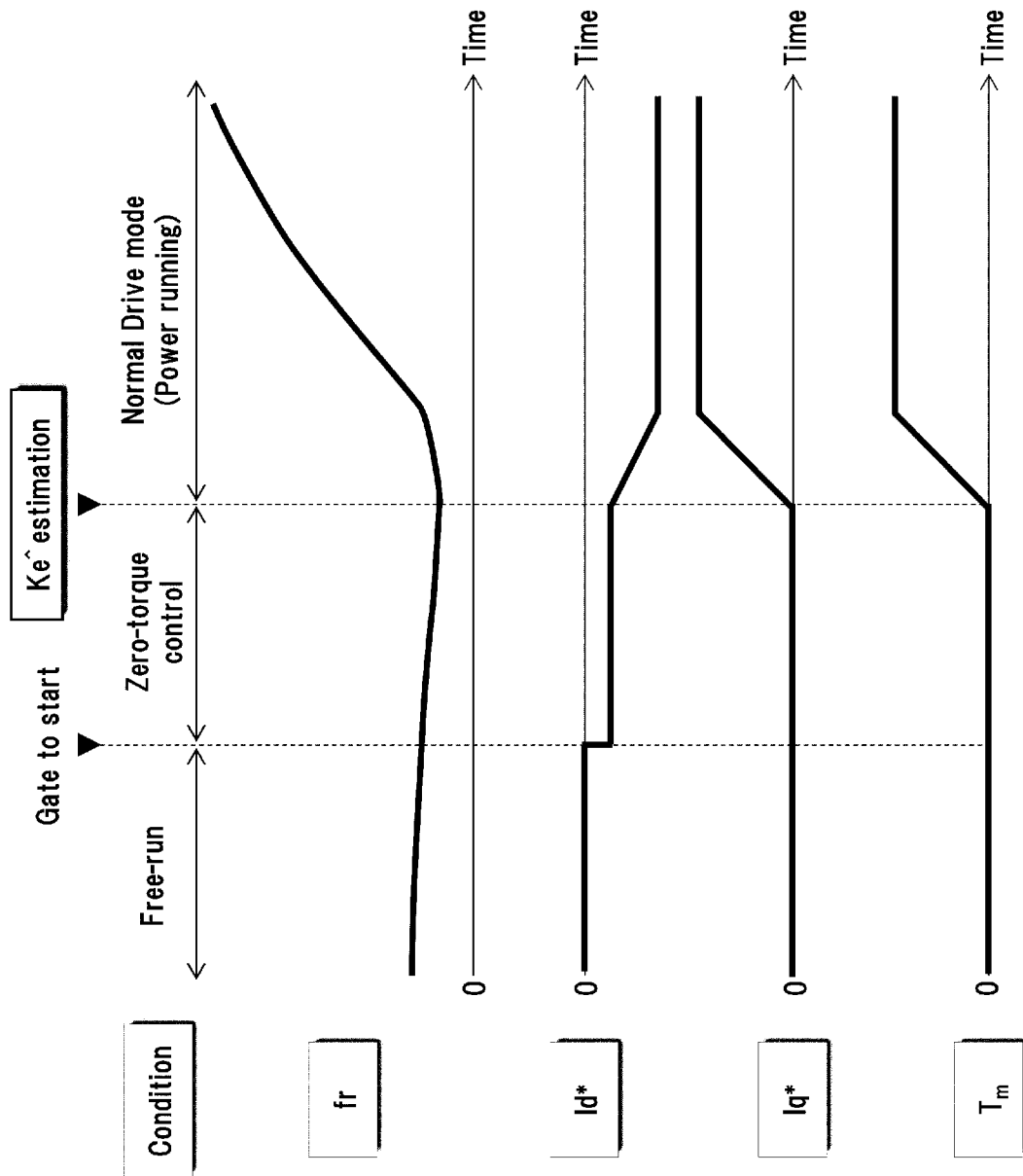


図8



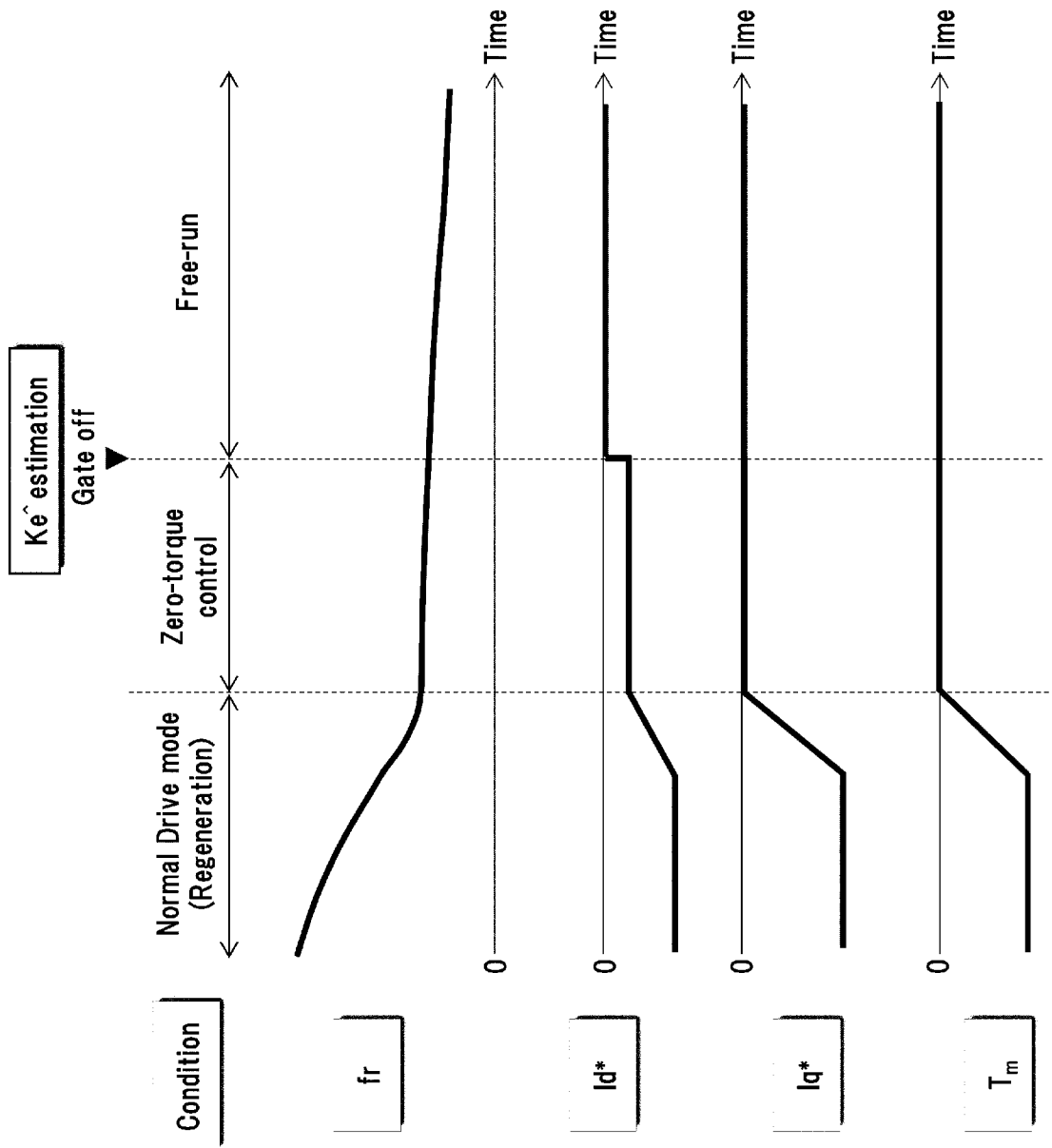
[9]

図9



[10]

[10]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2019/044581

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

Int. Cl. H02P 5/46 (2006.01) i, B60L 3/00 (2019.01) i, B60L 9/18 (2006.01) i  
 FI: H02P5/46 K, B60L9/18 L, B60L3/00 G, H02P5/46 H

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. H02P5/46, B60L3/00, B60L9/18

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 1971-2020  
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2020  
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

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

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 7-039018 A (NISSAN MOTOR CO., LTD.) 07 February 1995, claim 2, paragraphs [0009]-[0011], [0013]-[0022], fig. 1, 2, 5-11	1-3, 6, 8-9, 13-17
A		4-5, 7, 10-12, 18-19
Y	JP 2013-165641 A (DAIKIN INDUSTRIES, LTD.) 22 August 2013, claim 1, fig. 1	1-3, 6, 8-9, 13-17
Y	JP 2015-035874 A (TOYOTA MOTOR CORP.) 19 February 2015, claim 1, fig. 1	1-3, 6, 8-9, 13-17
Y	JP 2018-137932 A (KONICA MINOLTA, INC.) 30 August 2018, claims 1, 9, paragraph [0025]	3, 6, 8-9, 15

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  
17.01.2020

Date of mailing of the international search report  
28.01.2020

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/JP2019/044581

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2004-201425 A (DAIKIN INDUSTRIES, LTD.) 15 July 2004, claim 2, paragraph [0025]	8-9, 15
Y	JP 2010-130726 A (TOYOTA MOTOR CORP.) 10 June 2010, paragraph [0090]	8-9, 15
Y	JP 2013-198340 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 30 September 2013, claims 1, 11	9, 15
Y	WO 2014/057575 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 17 April 2014, claim 1, paragraph [0058]	9, 15
Y	JP 5-038182 A (HITACHI, LTD.) 12 February 1993, paragraphs [0018], [0021], [0026], [0066]-[0068]	13-15
A	JP 2017-011872 A (KOBE STEEL, LTD.) 12 January 2017, entire text, all drawings	1-19
A	JP 7-131994 A (NISSAN MOTOR CO., LTD.) 19 May 1995, entire text, all drawings	1-19
A	JP 11-069871 A (OKI ELECTRIC INDUSTRY CO., LTD.) 09 March 1999, claim 1	4

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2019/044581

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 7-039018 A	07.02.1995	(Family: none)	
JP 2013-165641 A	22.08.2013	(Family: none)	
JP 2015-035874 A	19.02.2015	(Family: none)	
JP 2018-137932 A	30.08.2018	(Family: none)	
JP 2004-201425 A	15.07.2004	US 2005/0247073 A1 paragraph [0222] WO 2004/011807 A1 EP 1541869 A1 CN 1671964 A KR 10-2005-0018989 A	
JP 2010-130726 A	10.06.2010	(Family: none)	
JP 2013-198340 A	30.09.2013	US 2013/0249448 A1 claim 1, 11 DE 102012221757 A1 CN 103326654 A	
WO 2014/057575 A1	17.04.2014	US 2015/0137720 A1 paragraphs [0097], [0098] CN 104718694 A	
JP 5-038182 A	12.02.1993	US 5389749 A column 3, line 15 to column 4, line 6, column 7, line 59 to column 8, line 9	
JP 2017-011872 A	12.01.2017	(Family: none)	
JP 7-131994 A	19.05.1995	(Family: none)	
JP 11-069871 A	09.03.1999	(Family: none)	

<p>A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））                  H02P 5/46(2006.01)i; B60L 3/00(2019.01)i; B60L 9/18(2006.01)i                  FI: H02P5/46 K; B60L9/18 L; B60L3/00 C; H02P5/46 H</p>										
<p>B. 調査を行った分野</p>										
<p>調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））                  H02P5/46; B60L3/00; B60L9/18</p>										
<p>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</p> <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2020年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2020年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2020年
日本国実用新案公報	1922 - 1996年									
日本国公開実用新案公報	1971 - 2020年									
日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年									
日本国登録実用新案公報	1994 - 2020年									
<p>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）</p>										
<p>C. 関連すると認められる文献</p>										
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号								
Y A	JP 7-039018 A（日産自動車株式会社）07.02.1995（1995 - 02 - 07） 請求項2, 段落[0009]-[0011], [0013]-[0022], 図1-2, 5-11	1-3, 6, 8-9, 13-17 4-5, 7, 10-12, 18-19								
Y	JP 2013-165641 A（ダイキン工業株式会社）22.08.2013（2013 - 08 - 22） 請求項1, 図1	1-3, 6, 8-9, 13-17								
Y	JP 2015-035874 A（トヨタ自動車株式会社）19.02.2015（2015 - 02 - 19） 請求項1, 図1	1-3, 6, 8-9, 13-17								
Y	JP 2018-137932 A（コニカミノルタ株式会社）30.08.2018（2018 - 08 - 30） 請求項1, 9, 段落[0025]	3, 6, 8-9, 15								
Y	JP 2004-201425 A（ダイキン工業株式会社）15.07.2004（2004 - 07 - 15） 請求項2, 段落[0025]	8-9, 15								
Y	JP 2010-130726 A（トヨタ自動車株式会社）10.06.2010（2010 - 06 - 10） 段落[0090]	8-9, 15								
Y	JP 2013-198340 A（三菱電機株式会社）30.09.2013（2013 - 09 - 30） 請求項1, 11	9, 15								
<p><input checked="" 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。</p>										
* 引用文献のカテゴリー	<p>“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</p>									
“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	<p>“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</p>									
“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	<p>“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</p>									
“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）	<p>“&amp;” 同一パテントファミリー文献</p>									
“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										
国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日									
17.01.2020	28.01.2020									
名称及びあて先	権限のある職員（特許庁審査官）									
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	佐藤 彰洋 3V 3936									
	電話番号 03-3581-1101 内線 3357									

C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	WO 2014/057575 A1 (三菱電機株式会社) 17.04.2014 (2014 - 04 - 17) 請求項1, 段落[0058]	9, 15
Y	JP 5-038182 A (株式会社日立製作所) 12.02.1993 (1993 - 02 - 12) 段落[0018], [0021], [0026], [0066]-[0068]	13-15
A	JP 2017-011872 A (株式会社神戸製鋼所) 12.01.2017 (2017 - 01 - 12) 全文、全図	1-19
A	JP 7-131994 A (日産自動車株式会社) 19.05.1995 (1995 - 05 - 19) 全文、全図	1-19
A	JP 11-069871 A (沖電気工業株式会社) 09.03.1999 (1999 - 03 - 09) 請求項1	4

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/JP2019/044581

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 7-039018 A	07.02.1995	(ファミリーなし)	
JP 2013-165641 A	22.08.2013	(ファミリーなし)	
JP 2015-035874 A	19.02.2015	(ファミリーなし)	
JP 2018-137932 A	30.08.2018	(ファミリーなし)	
JP 2004-201425 A	15.07.2004	US 2005/0247073 A1 段落[0222] WO 2004/011807 A1 EP 1541869 A1 CN 1671964 A KR 10-2005-0018989 A	
JP 2010-130726 A	10.06.2010	(ファミリーなし)	
JP 2013-198340 A	30.09.2013	US 2013/0249448 A1 請求項1, 11 DE 102012221757 A1 CN 103326654 A	
WO 2014/057575 A1	17.04.2014	US 2015/0137720 A1 段落[0097]-[0098] CN 104718694 A	
JP 5-038182 A	12.02.1993	US 5389749 A 第3欄第15行-第4欄第6行, 第7欄第59行-第8欄第9行	
JP 2017-011872 A	12.01.2017	(ファミリーなし)	
JP 7-131994 A	19.05.1995	(ファミリーなし)	
JP 11-069871 A	09.03.1999	(ファミリーなし)	