

(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
2024年12月19日(19.12.2024)



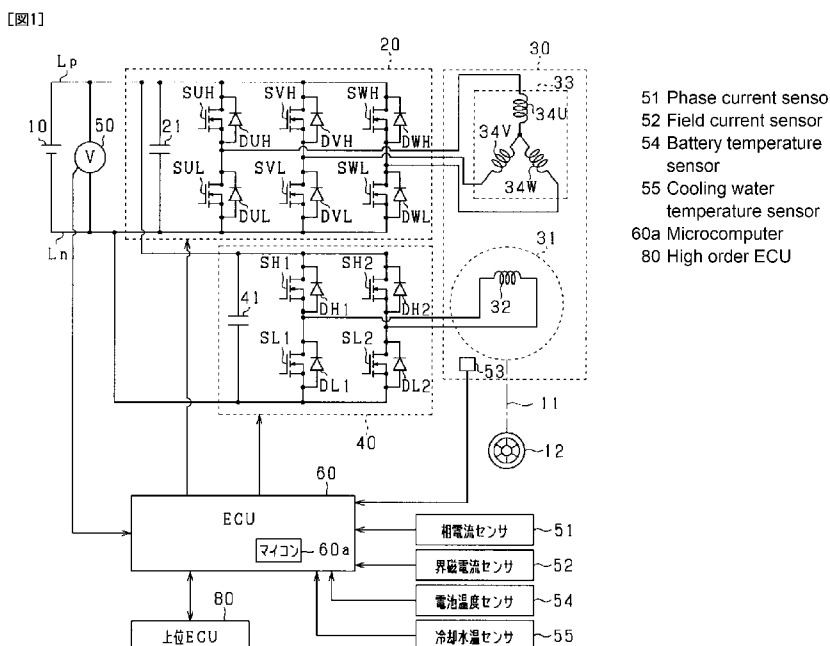
(10) 国際公開番号

WO 2024/257621 A1

- (51) 国際特許分類:
H02P 21/22 (2016.01) H02P 29/60 (2016.01)
H02P 27/06 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2024/019898
- (22) 国際出願日: 2024年5月30日(30.05.2024)
- (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 2023-097686 2023年6月14日(14.06.2023) 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: 橋爪 瞭弥 (HASHIZUME, Ryoya); 〒4700111 愛知県日進市米野木町南山500番地20 株式会社SOKEN内 Aichi (JP).
外山 佳祐 (TOYAMA, Keisuke); 〒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: 山田 強 (YAMADA, Tsuyoshi); 〒4500002 愛知県名古屋市中村区名駅三丁目13番24号 第一はせ川ビル6階 あいぎ特許事務所 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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC,

(54) Title: CONTROL DEVICE FOR POWER CONVERTER AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 電力変換器の制御装置、プログラム



(57) Abstract: A control device (60) is applied to a system comprising a pair of gears (13, 14) constituting a motive power transmission mechanism (11) from a rotor (31) of a rotary electric machine (30) to a rotary drive target (12). The control device comprises: target value calculation units (63, 67, 163) that calculate d- and q-axis target currents (I_d^* , I_q^*) to be passed in armature windings (34U to 34W); and an armature control unit (68) that performs switching control on a power converter (20) so as to control the d-axis current (I_{dr}) flowing in a corresponding armature winding to be set to the

EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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))

d-axis target current and so as to control the q-axis current (I_{qr}) flowing in a corresponding armature winding to be set to the q-axis target current. The target value calculation unit calculates d- and q-axis target currents so as to satisfy a first condition in which a generated torque of the rotor is set to a torque capable of maintaining the rotation stop state of the rotor, and a second condition in which a time average value of the generated torque in one cycle or a plurality of cycles of an AC current flowing in the armature windings is offset from 0.

(57) 要約: 回転電機 (30) のロータ (31) から回転駆動対象 (12) までの動力伝達機構 (11) を構成する一対のギア (13, 14) を備えるシステムに制御装置 (60) は適用される。制御装置は、電機子巻線 (34U~34W) に流す d, q 軸目標電流 (I_{d*} , I_{q*}) を算出する目標値算出部 (63, 67, 163) と、d 軸目標電流に電機子巻線に流れる d 軸電流 (I_{dr}) を制御するとともに、q 軸目標電流に電機子巻線に流れる q 軸電流 (I_{qr}) を制御すべく、電力変換器 (20) のスイッチング制御を行う電機子制御部 (68) と、を備える。目標値算出部は、ロータの発生トルクを、ロータの回転停止状態を維持可能なトルクにするとの第1条件、及び電機子巻線に流す交流電流の1周期又は複数周期における発生トルクの時間平均値を0からオフセットさせるとの第2条件を満たすように、d, q 軸目標電流を算出する。

明 細 書

発明の名称：電力変換器の制御装置、プログラム

関連出願の相互参照

[0001] 本出願は、2023年6月14日に出願された日本出願番号2023-097686号に基づくもので、ここにその記載内容を援用する。

技術分野

[0002] 本開示は、電力変換器の制御装置、及びプログラムに関する。

背景技術

[0003] 従来、蓄電部と、蓄電部に電氣的に接続された電力変換器と、電力変換器に電氣的に接続された電機子巻線を有する回転電機とを備えるシステムが知られている。このシステムに適用される制御装置は、電力変換器のスイッチング制御を行うことにより、電機子巻線に流す q 軸電流を0としつつ、電機子巻線に d 軸電流を流す。これにより、回転電機のロータの回転停止状態を維持しつつ、蓄電部を昇温させる。なお、このような制御装置の例として、特許文献1に開示された制御装置が挙げられる。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許第5259752号公報

発明の概要

[0005] ロータの回転停止状態を維持しつつ、電力変換器のスイッチング制御により熱を発生させる場合におけるNV（Noise, Vibration）が問題となり得る。

[0006] 本開示は、回転電機のロータの回転停止状態を維持しつつ、電力変換器のスイッチング制御により熱を発生させる場合におけるNVを改善できる電力変換器の制御装置及びプログラムを提供することを主たる目的とする。

[0007] 本開示は、蓄電部と、
ロータ及び電機子巻線を有する回転電機と、
前記蓄電部及び前記電機子巻線を電氣的に接続し、上、下アームスイッチ

を有する電力変換器と、

前記ロータから回転駆動対象までの動力伝達機構を構成し、前記ロータからの回転動力によって回転するとともに互いに噛み合う少なくとも一對のギアと、

を備えるシステムに適用される電力変換器の制御装置において、

前記電機子巻線に流す d 、 q 軸目標電流を算出する目標値算出部と、

算出された前記 d 軸目標電流に前記電機子巻線に流れる d 軸電流を制御するとともに、算出された前記 q 軸目標電流に前記電機子巻線に流れる q 軸電流を制御すべく、前記上、下アームスイッチのスイッチング制御を行う電機子制御部と、

を備え、

前記目標値算出部は、前記ロータの発生トルクを、前記ロータの回転停止状態を維持可能なトルクにするとの第1条件、及び前記電機子巻線に流す交流電流の1周期又は複数周期における前記発生トルクの時間平均値を0からオフセットさせるとの第2条件を満たすように、前記 d 、 q 軸目標電流を算出する。

[0008] 本開示では、電機子巻線に流れる d 軸電流を d 軸目標電流に制御するとともに、電機子巻線に流れる q 軸電流を q 軸目標電流に制御すべく、電力変換器を構成する上、下アームスイッチのスイッチング制御が行われる。 d 、 q 軸目標電流は、ロータの発生トルクを、ロータの回転停止状態を維持可能なトルクにするとの条件を満たすように算出される。

[0009] 本開示において、システムは、ロータから回転駆動対象までの動力伝達経路を構成する少なくとも一對のギアを備えている。一對のギアは、互いに噛み合うとともに、ロータからの回転動力によって回転する。

[0010] ここで、一對のギアにはバックラッシュが設けられている。上記スイッチング制御によってロータの発生トルクの極性が正負交互に変化すると、ギアの回転方向が交互に変化し、ギアの歯打ちが発生し得る。この場合、ロータの回転停止状態を維持しているにもかかわらず、ギアの歯打ち音が発生する

。歯打ち音が大きくなると、システムのNVが悪化してしまう。

[0011] そこで、本開示では、電機子巻線に流す交流電流の1周期又は複数周期における回転電機の発生トルクの時間平均値を0からオフセットさせるとの条件を満たすように、 d 、 q 軸目標電流が算出される。これにより、一对のギアが有する歯同士の押し付け状態を維持して歯打ち音が発生するのを抑制したり、歯打ちが発生したとしても歯打ち音を低減したりすることができる。その結果、NVを改善することができる。

図面の簡単な説明

[0012] 本開示についての上記目的およびその他の目的、特徴や利点は、添付の図面を参照しながら下記の詳細な記述により、より明確になる。その図面は、
[図1]図1は、第1実施形態に係る車載システムの全体構成図であり、
[図2]図2は、熱伝達部としての冷却システムの概要を示す図であり、
[図3]図3は、比較例に係るギアの歯打ち態様を示す図であり、
[図4]図4は、比較例に係るロータの発生トルクの推移を模式的に示すタイムチャートであり、
[図5]図5は、第1実施形態に係るロータの発生トルクの推移を模式的に示すタイムチャートであり、
[図6]図6は、ギアの歯打ちが防止される態様を示す図であり、
[図7]図7は、第1実施形態及び比較例に係る昇温制御中におけるロータ回転角度の推移を示すタイムチャートであり、
[図8]図8は、昇温制御における3相交流電流、 d 、 q 軸電流及び界磁電流の推移を示すタイムチャートであり、
[図9]図9は、昇温制御のブロック図であり、
[図10]図10は、昇温制御の処理手順を示すフローチャートであり、
[図11]図11は、昇温制御の処理手順を示すフローチャートであり、
[図12]図12は、第2実施形態に係る徐変処理態様を示すタイムチャートであり、
[図13]図13は、初期目標値算出部のブロック図であり、

[図14]図 1 4 は、終了時目標値算出部のブロック図であり、
[図15]図 1 5 は、第 3 実施形態に係る車載システムの全体構成図であり、
[図16]図 1 6 は、 d 、 q 軸目標電流の推移を示すタイムチャートであり、
[図17]図 1 7 は、 d 、 q 軸目標電流の推移を示すタイムチャートであり、
[図18]図 1 8 は、昇温制御のブロック図であり、
[図19]図 1 9 は、昇温制御の処理手順を示すフローチャートであり、
[図20]図 2 0 は、第 4 実施形態に係る d 、 q 軸目標電流の推移を示すタイムチャートであり、
[図21]図 2 1 は、その他の実施形態に係るロータの発生トルクの推移を模式的に示すタイムチャートであり、
[図22]図 2 2 は、その他の実施形態に係るロータの発生トルクの推移を模式的に示すタイムチャートである。

発明を実施するための形態

[0013] <第 1 実施形態>

以下、本開示に係る制御装置を具体化した第 1 実施形態について、図面を参照しつつ説明する。本実施形態の制御装置を備えるシステムは、電気自動車やハイブリッド車等の車両に搭載されている。

[0014] 図 1 に示すように、システムは、蓄電池 10（「蓄電部」に相当）と、2 つの電力変換器と、回転電機 30 とを備えている。本実施形態において、回転電機 30 は、巻線界磁型の回転電機である。本実施形態の回転電機 30 は、 d 軸インダクタンス L_d が q 軸インダクタンス L_q よりも大きい特性である順突極性を有する回転電機である。

[0015] 蓄電池 10 は、例えば、単位電池の直列接続体を備える組電池である。単位電池は、1 つの電池セル、又は複数の電池セルの直列接続体である。電池セルは、例えば、リチウムイオン電池等の 2 次電池である。蓄電池 10 は、車両の外部に備えられた外部充電器により充電可能である。外部充電器は、例えば定置式の充電器である。

[0016] 回転電機 30 は、車両の駆動輪 12（「回転駆動対象」に相当）に回転動

力を付与して駆動輪 12 を回転させる機器である。回転電機 30 は、ロータ 31 を備えている。ロータ 31 は、ロータコアと、ロータコアから径方向に延びる複数の界磁突極部とを備えている。各界磁突極部には、界磁巻線 32 が巻回されている。ロータ 31 の回転軸は、システムに備えられた動力伝達機構 11 を介して、車両の駆動輪 12 と動力伝達が可能とされている。回転電機 30 が電動機として機能することにより発生するトルクが、動力伝達機構 11 を介して駆動輪 12 に伝達され、駆動輪 12 が回転する。これにより、車両が走行する。なお、回転電機 30 は、例えば、車両の駆動輪 12 に一体に設けられるインホイールモータであってもよいし、車両の車体に備えられるオンボードモータであってもよい。

[0017] 動力伝達機構 11 は、変速装置及びシャフトを含む。変速装置は、例えば減速装置であり、少なくとも一对のギアを含む（図 3，6 参照）。詳しくは、変速装置は、第 1 ギア 13 及び第 2 ギア 14 を含む。第 1 ギア 13 及び第 2 ギア 14 は、互いに噛み合った状態で、所定方向に延びる回転中心軸線を中心に回転可能になっている。

[0018] 回転電機 30 は、ステータ 33 を備えている。ステータ 33 は、電機子コアと、電機子巻線とを備えている。電機子コアは、円環状のバックヨーク部と、バックヨーク部から径方向においてロータ 31 側に延びる複数のティース部とを備えている。電機子巻線は、電気角で互いに 120° ずれた状態で星形結線された U，V，W 相巻線 34 U，34 V，34 W である。

[0019] システムは、インバータ 20（「第 1 電力変換器」に相当）と、界磁通電回路 40（「第 2 電力変換器」に相当）とを備えている。インバータ 20 は、蓄電池 10 からの直流電流を交流電流に変換して電機子巻線に供給する。インバータ 20 は、U，V，W 相上アームスイッチ S_{UH}，S_{VH}，S_{WH} と、U，V，W 相下アームスイッチ S_{UL}，S_{VL}，S_{WL} との直列接続体を備えている。本実施形態において、各スイッチ S_{UH}，S_{VH}，S_{WH}，S_{UL}，S_{VL}，S_{WL} は、N チャネル MOSFET である。各スイッチ S_{UH}，S_{VH}，S_{WH}，S_{UL}，S_{VL}，S_{WL} は、ボディダイオード D_U

H, DVH, DWH, DUL, DVL, DWLを備えている。

[0020] U, V, W相上アームスイッチSUH, SVH, SWHの高電位側端子であるドレインには、高電位側電気経路L_pを介して蓄電池10の正極端子が接続されている。U, V, W相下アームスイッチSUL, SVL, SWLの低電位側端子であるソースには、低電位側電気経路L_nを介して蓄電池10の負極端子が接続されている。各電気経路L_p, L_nは、バスバー等の導電部材である。インバータ20は、平滑コンデンサである第1コンデンサ21を備えている。なお、第1コンデンサ21は、インバータ20の外部に設けられていてもよい。

[0021] 界磁通電回路40は、蓄電池10から界磁巻線32に電流を供給する。本実施形態の界磁通電回路40は、フルブリッジ回路であり、第1上アームスイッチSH1及び第1下アームスイッチSL1の直列接続体と、第2上アームスイッチSH2及び第2下アームスイッチSL2の直列接続体とを備えている。本実施形態において、各スイッチSH1, SH2, SL1, SL2は、NチャネルMOSFETである。各スイッチSH1, SH2, SL1, SL2は、ボディダイオードDH1, DH2, DL1, DL2を備えている。各スイッチSH1, SH2, SL1, SL2は、オンされている場合、ドレインからソースへの電流の流通、及びソースからドレインへの電流の流通が許可される双方向導通型のスイッチング素子である。

[0022] 第1, 第2上アームスイッチSH1, SH2の高電位側端子であるドレインには、高電位側電気経路L_pを介して蓄電池10の正極端子が接続されている。第1, 第2下アームスイッチSL1, SL2の低電位側端子であるソースには、低電位側電気経路L_nを介して蓄電池10の負極端子が接続されている。第1上アームスイッチSH1と第1下アームスイッチSL1との接続点には、図示しないブラシを介して界磁巻線32の第1端が接続されている。第2上アームスイッチSH2と第2下アームスイッチSL2との接続点には、図示しないブラシを介して界磁巻線32の第2端が接続されている。界磁通電回路40は、平滑コンデンサである第2コンデンサ41を備えてい

る。なお、第2コンデンサ41は、界磁通電回路40の外部に設けられていてもよい。また、界磁通電回路40に個別に第2コンデンサ41が設けられるとともにインバータ20に個別に第1コンデンサ21が設けられる構成に代えて、インバータ20及び界磁通電回路40に共通のコンデンサが設けられる構成であってもよい。この場合、例えば、第2コンデンサ41が設けられない構成とすればよい。

[0023] システムは、図2に示すように、車両を走行させるためにインバータ20のスイッチング制御が行われている場合においてインバータ20、界磁通電回路40、回転電機30及び蓄電池10を冷却する装置を備えている。詳しくは、車両は、冷却水が循環する循環経路400と、電動式のウォータポンプ401と、ラジエータ402と、電動式のファン403とを備えている。ウォータポンプ401は、給電されて駆動されることにより冷却水を循環させる。図2に示す例では、循環経路400において、ウォータポンプ401の下流側には、順に、インバータ20、界磁通電回路40、回転電機30、蓄電池10が配置されている。なお、循環経路400における配置順は、図2に示す順序に限らない。

[0024] 循環経路400においてウォータポンプ401と蓄電池10の間には、ラジエータ402が設けられている。ラジエータ402は、循環経路400を介して流入する冷却水を冷却してウォータポンプ401へと供給する。車両の走行に伴いラジエータ402に吹き付けられる走行風や、ファン403を回転駆動させることによりラジエータ402に吹き付けられる風により、ラジエータ402に流入する冷却水が冷却される。

[0025] なお、ウォータポンプ401及びファン403は、制御装置60とは別の制御装置により駆動され得る。ただし、本実施形態では、便宜上、ウォータポンプ401及びファン403が、システムが備える制御装置60により駆動されるものとする。

[0026] 図1の説明に戻り、システムは、電圧センサ50、相電流センサ51、界磁電流センサ52、角度センサ53、電池温度センサ54及び冷却水温セン

サ 5 5 を備えている。電圧センサ 5 0 は、蓄電池 1 0 の電圧を検出する。相電流センサ 5 1 は、U, V, W 相巻線 3 4 U, 3 4 V, 3 4 W のうち少なくとも 2 相の巻線に流れる相電流を検出する。界磁電流センサ 5 2 は、界磁巻線 3 2 に流れる界磁電流を検出する。角度センサ 5 3 は、ロータ 3 1 の回転角（具体的には電気角）を検出する。電池温度センサ 5 4 は、蓄電池 1 0 の温度を検出する。冷却水温センサ 5 5 は、循環経路 4 0 0 に流れる冷却水の温度を検出する。

[0027] システムは、制御装置 6 0 と、制御装置 6 0 よりも上位の上位制御装置 8 0 とを備えている。各センサ 5 0 ~ 5 5 の検出値は、制御装置 6 0 に入力される。

[0028] 制御装置 6 0 は、マイコン 6 0 a を主体として構成される電子制御装置 (Electronic Control Unit) である。上位制御装置 8 0 は、マイコンを主体として構成される電子制御装置 (Electronic Control Unit) である。制御装置 6 0 と上位制御装置 8 0 とは、情報のやり取りが可能になっている。

[0029] マイコン 6 0 a は、CPU (Central Processing Unit) を備えている。マイコン 6 0 a が提供する機能は、実体的なメモリ装置に記録されたソフトウェア及びそれを実行するコンピュータ、ソフトウェアのみ、ハードウェアのみ、あるいはそれらの組合せによって提供することができる。例えば、マイコン 6 0 a がハードウェアである電子回路によって提供される場合、それは多数の論理回路を含むデジタル回路、又はアナログ回路によって提供することができる。例えば、マイコン 6 0 a は、自身が備える記憶部としての非遷移的実体的記録媒体 (non-transitory tangible storage medium) に格納されたプログラムを実行する。プログラムには、例えば、後述する図 9 ~ 1 1 等に示す処理のプログラムが含まれる。プログラムを構成するインストラクションのセットが実行されることにより、プログラムに対応する方法が実行される。記憶部は、例えば不揮発性メモリである。なお、記憶部に記憶されたプログラムは、例えば O T A (Over The Air) 等、インターネット等の通信ネットワークを介して更新可能である。

- [0030] 制御装置60は、界磁巻線32を励磁すべく、界磁通電回路40を構成する各スイッチのスイッチング制御を行う。詳しくは、制御装置60は、界磁電流センサ52により検出された界磁電流 I_{fr} を界磁目標電流 I_{f*} に制御すべく、第1状態と第2状態とが交互に出現するようにスイッチング制御を行う。第1状態は、第1上アームスイッチSH1と第2下アームスイッチSL2とがオンされて、かつ、第2上アームスイッチSH2と第1下アームスイッチSL1とがオフされている状態である。第2状態は、第1上アームスイッチSH1と第2下アームスイッチSL2とがオフされて、かつ、第2上アームスイッチSH2と第1下アームスイッチSL1とがオンされている状態である。
- [0031] 制御装置60は、界磁巻線32が励磁されている状態において、各センサ50～55の検出値に基づいて、回転電機30の制御量を指令値にフィードバック制御すべく、インバータ20を構成する各スイッチのスイッチング制御を行う。本実施形態において、制御量はトルクである。各相において、上アームスイッチと下アームスイッチとは交互にオンされる。このフィードバック制御により、ロータ31の回転動力が駆動輪12に伝達され、車両が走行する。
- [0032] 続いて、制御装置60により実行される蓄電池10の昇温制御について説明する。この制御は、車両の停車中において外部充電器により蓄電池10を充電する場合において、電池温度センサ54により検出された蓄電池10の温度 T_r が目標温度 T_* を下回るとき、インバータ20及び界磁通電回路40のスイッチング制御により熱を発生させる制御である。発生した熱は、ウォータポンプ401の駆動によって循環経路400を循環する冷却水を介して蓄電池10に伝えられる。昇温制御は、例えば、蓄電池10の温度 T_r が目標温度 T_* に到達するまで継続される。また、ウォータポンプ401の駆動は、少なくとも昇温制御の実行中は継続される。なお、本実施形態において、循環経路400、循環経路400を循環する冷却水及びウォータポンプ401が「熱伝達部」に相当する。昇温制御により、蓄電池10を迅速に昇

温させ、外部充電器による蓄電池 10 の充電時間の短縮を図る。

[0033] 昇温制御による昇温能力を高めるために、制御装置 60 は、昇温制御において、電機子巻線に正弦波状の d 、 q 軸電流を流すようにインバータ 20 のスイッチング制御を行う。この際、ロータ 31 の回転停止状態を維持して車両の停車状態を維持するために、制御装置 60 は、 d 、 q 軸電流の流通によって発生するリラクタンストルクをマグネットトルクで減少させるように界磁通電回路 40 のスイッチング制御を行う。

[0034] ところで、図 3 に示すように、動力伝達機構 11 を構成する第 1 ギア 13 及び第 2 ギア 14 には、バックラッシュが設けられている。図 3 には、各ギア 13、14 として外歯歯車を例示している。バックラッシュが設けられる構成において、昇温制御におけるインバータ 20 のスイッチング制御により、図 4 に示すようにロータ 31 の発生トルク T_{rqr} の極性が正負交互に変化すると、第 1 ギア 13 及び第 2 ギア 14 の回転方向が交互に変化し、第 1 ギア 13 の歯 13a 及び第 2 ギア 14 の歯 14a 同士が衝突する歯打ちが発生し得る。図 4 の T_{rqmax} は、トルク閾値である。トルク閾値 T_{rqmax} は、駆動輪 12 が回転し始めるトルクであり、例えば、駆動輪 12 が回転し始めるトルクとして想定される範囲の上限値に設定されている。なお、図 4 の T_{rH} 、 T_{rL} は、昇温制御に伴い発生する NV 特性値（例えば、騒音、振動）を許容値以下にするトルク幅 ΔT_r を規定する上、下限値である。

[0035] 昇温制御において、ロータ 31 の発生トルク T_{rqr} がトルク閾値 T_{rqmax} 以下となってロータ 31 の回転停止状態を維持されているにもかかわらず、ギアの歯打ち音が大きくなると、システムの NV が悪化してしまう。

[0036] ちなみに、発生トルク T_{rqr} を 0 にするように昇温制御を行うことも考えられる。しかしながら、相電流センサ 51 の検出誤差等に起因して、実際の発生トルクの変動量が小さいながらも、発生トルクの極性が正負交互に変化し、歯打ちが発生する懸念がある。

[0037] そこで、本実施形態では、図 5、8 に示すように、電機子巻線に流す交流

電流の1周期又は複数周期における発生トルク T_{rqr} の時間平均値を0からオフセット値 T_{offset} だけオフセットさせるとの条件を満たすように、インバータ20及び界磁通電回路40のスイッチング制御が行われる。これにより、図6及び図7に示すように、第1ギア13の歯13a及び第2ギア14の歯14a同士の押し付け状態を維持して歯打ち音が発生するのを抑制し、NVの改善を図る。

[0038] 続いて、本実施形態の昇温制御の概要について説明する。

[0039] 巻線界磁型の回転電機30の発生トルク T_{rq} は、下式(eq1)で表されるように、マグネットトルク T_M と、リラクタンストルク T_R とからなる。下式(eq1)において、 P は回転電機30の極対数を示し、 ϕ_f は界磁巻線32に界磁電流が流れることにより発生する磁束を示す。

[0040] $T_{rq} = T_M + T_R$

$$= P \cdot \phi_f \cdot I_q + P \cdot (L_d - L_q) \cdot I_d \cdot I_q \cdots (eq1)$$

制御装置60は、昇温制御において、電気角で120度位相がずれた正弦波状の3相交流電流 I_U , I_V , I_W を各相巻線34U~34Wに流すように、インバータ20のスイッチング制御を行う。この場合、正弦波状の d , q 軸電流 I_d , I_q が流れる。この場合における d , q 軸電流 I_d , I_q の周波数は同じであり、 d 軸電流 I_d と q 軸電流 I_q との位相差は電気角で90度である。

[0041] ここで、電機子巻線に流す交流電流の1周期における発生トルク T_{rqr} の時間平均値を、0からオフセット値 T_{offset} だけ常時オフセットさせるとの条件を満たすために、上式(eq1)の左辺をオフセット値 T_{offset} にすると、下式(eq2)が導かれる。オフセット値 T_{offset} は、ロータ31の発生トルクがトルク閾値 T_{rqmax} 以下になるような値に設定されている。

[0042] $T_{offset} = P \cdot \phi_f \cdot I_q + P \cdot (L_d - L_q) \cdot I_d \cdot I_q \cdots (eq2)$

また、「 $\phi_f = L_{mf} \times I_f$ 」の関係がある。 $L_{mf} (>0)$ は、結合イ

ンダクタンスであり、ステータ 33 のバックヨーク部及びティース部と、ロータ 31 のロータコア及び界磁突極部とを含む d 軸磁路のインダクタンスである。

[0043] 「 $\phi_f = L_{mf} \times I_f$ 」を上式 (eq 2) に代入するとともに、上式 (eq 2) を d 軸電流 I_d について解くと、下式 (eq 3) が導かれる。

[0044] [数1]

$$I_d = \frac{I_f \cdot L_{mf}}{L_q - L_d} - \frac{T_{offset}}{P(L_q - L_d)I_q} \dots (eq3)$$

図 8 に示すように、制御装置 60 は、正弦波状の界磁目標電流 I_f^* を算出する。また、制御装置 60 は、界磁目標電流 I_f^* との位相差が 90 度となる正弦波状の q 軸目標電流 I_q^* を算出する。制御装置 60 は、算出した界磁目標電流 I_f^* 及び q 軸目標電流 I_q^* と、上式 (eq 3) とに基づいて、d 軸目標電流 I_d^* を算出する。各目標電流 I_f^* 、 I_q^* 、 I_d^* の周波数は同じであり、d 軸目標電流 I_d^* と界磁目標電流 I_f^* との位相差は 180 度となる。

[0045] オフセット値 T_{offset} を含む上式 (eq 3) の右辺第 2 項の極性は、q 軸目標電流 I_q^* の極性が切り替わるたびに切り替わる。図 8 において、 t_1 は q 軸目標電流 I_q^* の極性が正から負に切り替わるタイミングであり、 t_2 は q 軸目標電流 I_q^* の極性が負から正に切り替わるタイミングである。d 軸目標電流 I_d^* は、q 軸目標電流 I_q^* の極性が切り替わる場合に d 軸目標電流 I_d^* の大きさが増加方向にオフセットするような波形となる。

[0046] 図 9 に、制御装置 60 により実行される昇温制御のブロック図を示す。

[0047] 3 相目標振幅算出部 61 は、制御周期毎に、上位制御装置 80 から目標熱量 Q^* を取得し、取得した目標熱量 Q^* に基づいて、U 相目標電流の振幅 I_{uamp}^* 、V 相目標電流の振幅 I_{vamp}^* 、及び W 相目標電流の振幅 I_{wamp}^* を算出する。各振幅 I_{uamp}^* 、 I_{vamp}^* 、 I_{wamp}^* は同じ値である。3 相目標振幅算出部 61 は、例えば、目標熱量 Q^* が大き

いほど、各振幅 I_{uamp*} , I_{vamp*} , I_{wamp*} を大きく算出する。3相目標振幅算出部61は、例えば、目標熱量 Q^* 及び各振幅 I_{uamp*} , I_{vamp*} , I_{wamp*} が関係付けられたマップ情報と、取得した目標熱量 Q^* とに基づいて、各振幅 I_{uamp*} , I_{vamp*} , I_{wamp*} を算出すればよい。なお、目標熱量 Q^* は、例えば、インバータ20の各スイッチ S_{UH} , S_{UL} , S_{VH} , S_{VL} , S_{WH} , S_{WL} のスイッチング制御に伴い単位時間あたりに各スイッチ S_{UH} , S_{UL} , S_{VH} , S_{VL} , S_{WH} , S_{WL} で発生する熱量 $[W]$ の目標値である。

[0048] 2相目標振幅算出部62は、制御周期毎に、各相電流の振幅 I_{uamp*} , I_{vamp*} , I_{wamp*} と、角度センサ53により検出された電気角 θ_e とに基づいて、3相固定座標系における各相電流の振幅 I_{uamp*} , I_{vamp*} , I_{wamp*} を、2相回転座標系 (dq 座標系) における d 軸目標電流 I_d^* の振幅 I_{damp*} 及び q 軸目標電流 I_q^* の振幅 I_{qamp*} に変換する。

[0049] 目標 q 軸電流算出部63は、2相目標振幅算出部62により算出された q 軸目標電流 I_q^* の振幅 I_{qamp*} を振幅とする正弦波状の q 軸目標電流 I_q^* を算出する。目標 q 軸電流算出部63は、例えば、下式 (eq4) の q 軸目標電流 I_q^* を算出する。なお、下式 (eq4) において、 ω は各周波数であり、 t は基準タイミングからの経過時間である。

[0050] $I_q^* = I_{qamp*} \times \sin(\omega \times t) \cdots (eq4)$

2相変換部64は、制御周期毎に、相電流センサ51の検出値と、検出された電気角 θ_e とに基づいて、3相固定座標系における U , V , W 相電流を、 dq 座標系における d 軸電流 I_{dr} 及び q 軸電流 I_{qr} に変換する。

[0051] 目標界磁算出部65は、制御周期毎に、2相目標振幅算出部62により算出された d 軸目標電流 I_d^* の振幅 I_{damp*} に基づいて、 q 軸目標電流 I_q^* と90度位相がずれて、かつ、 q 軸目標電流 I_q^* と同じ周波数を有する正弦波状の界磁目標電流 I_f^* を算出する。目標界磁算出部65は、例えば、 d 軸目標電流 I_d^* の振幅 I_{damp*} と、下式 (eq5) とに基づ

いて、界磁目標電流 I_{f*} を算出する。

[0052] [数2]

$$I_{f*} = -\frac{L_d - L_q}{L_{mf}} I_{damp*} \times \sin(\omega \times t + \frac{\pi}{2}) \quad \dots (eq5)$$

なお、界磁目標電流 I_{f*} の周波数は、界磁電流 I_{fr} の制御応答性を満足できる周波数に設定されており、例えば、5 Hz 以上の周波数又は 10 Hz 以上であって、かつ、30 又は 40 Hz 以下の周波数に設定されている。

[0053] 界磁制御部 66 は、目標界磁算出部 65 により算出された界磁目標電流 I_{f*} に、検出された界磁電流 I_{fr} をフィードバック制御すべく、界磁通電回路 40 の各スイッチ SH1, SL1, SH2, SL2 のゲート駆動信号を生成する。界磁制御部 66 は、生成したゲート駆動信号を各スイッチ SH1, SL1, SH2, SL2 を駆動するドライブ回路に出力する。これにより、界磁電流 I_{fr} が正弦波状の界磁目標電流 I_{f*} に制御される。

[0054] 目標 d 軸電流算出部 67 は、制御周期毎に、目標界磁算出部 65 により算出された界磁目標電流 I_{f*} 、目標 q 軸電流算出部 63 により算出された q 軸目標電流 I_{q*} 、及び上式 (eq3) に基づいて、d 軸目標電流 I_{d*} を算出する。本実施形態では、「 $L_d > L_q$ 」であるため、d 軸目標電流 I_{d*} と界磁目標電流 I_{f*} との位相差が 180 度となる。なお、本実施形態において、目標 d 軸電流算出部 67 及び目標 q 軸電流算出部 63 が「目標値算出部」に相当する。

[0055] ちなみに、上式 (eq3) の右辺第 2 項の分母が 0 に近い値になると、d 軸目標電流 I_{d*} が非常に大きな値になり得る。本実施形態では、非常に大きな値にならないように、d 軸目標電流 I_{d*} が算出される。例えば、目標 d 軸電流算出部 67 は、リミッタを備え、リミッタは、右辺第 2 項の絶対値が規制値を超える場合、右辺第 2 項の絶対値を規制値とする。d 軸目標電流 I_{d*} のピーク値が取り得る範囲の最大値を I_p とする場合、規制値は、例えば、「 $0.05 \times I_p \leq \text{規制値} \leq 0.25 \times I_p$ 」、「 $0.1 \times I_p \leq \text{規制値} \leq 0.2 \times I_p$ 」、「 $0.05 \times I_p \leq \text{規制値} \leq 0.15 \times I_p$ 」又は

「 $0.08 \times I_p \leq \text{規制値} \leq 0.12 \times I_p$ 」に設定されていればよい。なお、目標d軸電流算出部67にリミッタが備えられていない場合であっても、制御上の不都合は発生しない。例えば、右辺第2項の分母が0に近い値になってd軸目標電流 I_d^* が非常に大きな値になったとしても、実際のd軸電流の応答性の影響により、実際のd軸電流が非常に大きな値になることはない。

[0056] 3相制御部68は、算出されたq軸目標電流 I_q^* に、2相変換部64により算出されたq軸電流 I_{qr} をフィードバック制御するとともに、目標d軸電流算出部67により算出されたd軸目標電流 I_d^* に、2相変換部64により算出されたd軸電流 I_{dr} をフィードバック制御すべく、インバータ20の各スイッチ S_{UH} , S_{UL} , S_{VH} , S_{VL} , S_{WH} , S_{WL} のゲート駆動信号を生成する「電機子制御部」として機能する。この生成処理において、電気角 θ_e と、電圧センサ50により検出された電源 V_{dc} とが用いられる。3相制御部68は、生成したゲート駆動信号を各スイッチ S_{UH} , S_{UL} , S_{VH} , S_{VL} , S_{WH} , S_{WL} を駆動するドライブ回路に出力する。これにより、d軸電流 I_{dr} が正弦波状のd軸目標電流 I_d^* に制御されるとともに、q軸電流 I_{qr} が正弦波状のq軸目標電流 I_q^* に制御される。

[0057] 図10は、制御装置60により実行される昇温制御の処理手順を示すフローチャートである。この処理は、例えば、外部充電器による蓄電池10の充電が開始されたと制御装置60により判定された場合に実行される。

[0058] ステップS10では、蓄電池10の昇温要求があるか否かを判定する。本実施形態では、検出された蓄電池10の温度 T_r が目標温度 T^* を下回っている場合に昇温要求があると判定する。なお、本実施形態において、ステップS10の処理が「判定部」に相当する。

[0059] ステップS10において昇温要求があると判定した場合には、ステップS11に進み、昇温制御処理を行う。

[0060] ステップS12では、昇温対象の温度 T_{obj} が目標温度 T^* に到達した

か否かを判定する。本実施形態では、上述したように、昇温対象が蓄電池 10 のため、昇温対象の温度 T_{obj} は蓄電池 10 の温度 T_r である。

[0061] ステップ S 12 において蓄電池 10 の温度 T_r が目標温度 T^* 未満であると判定した場合には、ステップ S 11 の処理を継続する。一方、蓄電池 10 の温度 T_r が目標温度 T^* に到達したと判定した場合には、昇温制御を停止させる。ちなみに、昇温制御の実行中において、循環経路 400 の冷却水の温度低下を抑制するために、ファン 403 の回転駆動を停止させておいてもよい。

[0062] 図 11 を用いて、ステップ S 11 の処理について説明する。

[0063] ステップ S 20 では、上位制御装置 80 から目標熱量 Q^* を取得する。なお、上位制御装置 80 は、例えば、目標温度 T^* から蓄電池 10 の温度 T_r を差し引いた値が大きいほど、目標熱量 Q^* を大きく算出すればよい。

[0064] ステップ S 21 では、3 相目標振幅算出部 61 において、ステップ S 20 で取得した目標熱量 Q^* に基づいて、U 相目標電流の振幅 I_{uamp}^* 、V 相目標電流の振幅 I_{vamp}^* 、及び W 相目標電流の振幅 I_{wamp}^* を算出する。

[0065] ステップ S 22 では、2 相目標振幅算出部 62 において、ステップ S 21 で算出した各相電流の振幅 I_{uamp}^* 、 I_{vamp}^* 、 I_{wamp}^* と、電気角 θ_e とに基づいて、d 軸目標電流 I_d^* の振幅 I_{damp}^* 及び q 軸目標電流 I_q^* の振幅 I_{qamp}^* を算出する。

[0066] ステップ S 23 では、目標 q 軸電流算出部 63 において、ステップ S 22 で算出した q 軸目標電流 I_q^* の振幅 I_{qamp}^* に基づいて、q 軸目標電流 I_q^* を算出する。

[0067] ステップ S 24 では、目標界磁算出部 65 において、ステップ S 22 で算出した d 軸目標電流 I_d^* の振幅 I_{damp}^* に基づいて、界磁目標電流 I_f^* を算出する。

[0068] ステップ S 25 では、目標 d 軸電流算出部 67 において、ステップ S 24 で算出した界磁目標電流 I_f^* と、ステップ S 23 で算出した q 軸目標電流

I_{q*} とに基づいて、 d 軸目標電流 I_{d*} を算出する。

[0069] ステップS26では、2相変換部64において、相電流センサ51の検出値と、電気角 θ_e とに基づいて、 d 軸電流 I_{dr} 及び q 軸電流 I_{qr} を算出する。

[0070] ステップS27では、界磁制御部66において、ステップS24で算出した界磁目標電流 I_{f*} に界磁電流 I_{fr} をフィードバック制御すべく、界磁通電回路40の各SH1, SL1, SH2, SL2のスイッチング制御を行う。

[0071] ステップS28では、3相制御部68において、ステップS25で算出した d 軸目標電流 I_{d*} にステップS26で算出した d 軸電流 I_{dr} をフィードバック制御するとともに、ステップS23で算出した q 軸目標電流 I_{q*} にステップS26で算出した q 軸電流 I_{qr} をフィードバック制御すべく、インバータ20の各スイッチSUH, SUL, SVH, SVL, SWH, SWLのスイッチング制御を行う。

[0072] 以上説明した本実施形態によれば、一对のギア13, 14が有する歯13a, 14a同士の押し付け状態を維持して歯打ち音が発生するのを抑制することができる。

[0073] <第1実施形態の変形例>

- ・回転電機30は、 q 軸インダクタンス L_q が d 軸インダクタンス L_d よりも大きい特性である逆突極性を有する回転電機であってもよい。この場合、 d 軸目標電流 I_{d*} と界磁目標電流 I_{f*} との位相差が0度となる。

[0074] ・制御装置60は、トルク閾値 T_{rqmax} を可変とすることができる。
例えば、制御装置60は、車両のパーキングブレーキが作動状態であると判定した場合、作動状態でない場合よりもトルク閾値 T_{rqmax} を大きく設定する。

[0075] また、制御装置60は、車両の走行路面温度を取得する取得部を有し、取得した路面温度に基づいてトルク閾値 T_{rqmax} を変更してもよい。ここでは、路面温度及びトルク閾値 T_{rqmax} が関係付けられたマップ情報が

用いられればよい。

[0076] ・制御装置 60 は、昇温制御の実行中において、車両に備えられる機械式ブレーキ装置により車両の車輪に制動トルクを付与するようにしてもよい。

[0077] <第 2 実施形態>

以下、第 2 実施形態について、第 1 実施形態との相違点を中心に図面を参照しつつ説明する。本実施形態では、図 12 及び図 13 に示すように、制御装置 60 は、初期目標値算出部 69A を備えている。初期目標値算出部 69A は、初期 d 、 q 軸目標電流 $K_t \times I_{d*}$ 、 $K_t \times I_{q*}$ と、初期界磁目標電流 $K_t \times I_{f*}$ とを算出する。初期 d 、 q 軸目標電流 $K_t \times I_{d*}$ 、 $K_t \times I_{q*}$ は、3 相制御部 68 によるインバータ 20 のスイッチング制御及び界磁制御部 66 による界磁通電回路 40 のスイッチング制御の開始タイミング t_1 からタイミング t_2 までの第 1 所定期間において用いられる d 、 q 軸目標電流 I_{d*} 、 I_{q*} である。初期界磁目標電流 $K_t \times I_{f*}$ は、第 1 所定期間において用いられる界磁目標電流 I_{f*} である。算出された初期 d 、 q 軸目標電流 $K_t \times I_{d*}$ 、 $K_t \times I_{q*}$ は、3 相制御部 68 で用いられ、算出された初期界磁目標電流 $K_t \times I_{f*}$ は、界磁制御部 66 で用いられる。

[0078] 初期目標値算出部 69A は、第 1 所定期間の開始タイミング t_1 における係数 K_t を 0 に設定し、開始タイミング t_1 から第 1 所定期間の終了タイミング t_2 に向かうにつれて係数 K_t を 1 に向かって漸増させ、終了タイミング t_2 以降において係数 K_t を 1 に設定する。係数 K_t が乗算される q 軸目標電流 I_{q*} は、目標 q 軸電流算出部 63 により算出され、係数 K_t が乗算される d 軸目標電流 I_{d*} は、目標 d 軸電流算出部 67 により算出される。また、係数 K_t が乗算される界磁目標電流 I_{f*} は、目標界磁算出部 65 により算出される。

[0079] これにより、昇温制御開始時におけるロータ 31 の発生トルクの脈動を抑制できる。

[0080] また、図 12 及び図 14 に示すように、制御装置 60 は、終了時目標値算

出部 69B を備えている。終了時目標値算出部 69B は、終了時 d 、 q 軸目標電流 $K_t \times I_d^*$ 、 $K_t \times I_q^*$ と、終了時界磁目標電流 $K_t \times I_f^*$ とを算出する。終了時 d 、 q 軸目標電流 $K_t \times I_d^*$ 、 $K_t \times I_q^*$ は、3 相制御部 68 によるインバータ 20 のスイッチング制御及び界磁制御部 66 による界磁通電回路 40 のスイッチング制御の終了タイミング t_4 よりも前のタイミング t_3 から、終了タイミング t_4 までの第 2 所定期間において用いられる d 、 q 軸目標電流 I_d^* 、 I_q^* である。終了時界磁目標電流 $K_t \times I_f^*$ は、第 2 所定期間において用いられる界磁目標電流 I_f^* である。算出された終了時 d 、 q 軸目標電流 $K_t \times I_d^*$ 、 $K_t \times I_q^*$ は、3 相制御部 68 で用いられ、算出された終了時界磁目標電流 $K_t \times I_f^*$ は、界磁制御部 66 で用いられる。

[0081] 終了時目標値算出部 69B は、第 2 所定期間の開始タイミング t_3 における係数 K_t を 1 に設定し、開始タイミング t_3 から第 2 所定期間の終了タイミング t_4 に向かうにつれて係数 K_t を 0 に向かって漸減させ、終了タイミング t_4 以降において係数 K_t を 0 に設定する。係数 K_t が乗算される q 軸目標電流 I_q^* は、目標 q 軸電流算出部 63 により算出され、係数 K_t が乗算される d 軸目標電流 I_d^* は、目標 d 軸電流算出部 67 により算出される。また、係数 K_t が乗算される界磁目標電流 I_f^* は、目標界磁算出部 65 により算出される。

[0082] これにより、昇温制御の終了時におけるロータ 31 の発生トルクの脈動を抑制できる。

[0083] <第 3 実施形態>

以下、第 3 実施形態について、第 1 実施形態との相違点を中心に図面を参照しつつ説明する。本実施形態では、図 15 に示すように、回転電機 30 は、永久磁石界磁型の回転電機である。

[0084] 回転電機 30 のロータ 31 は、界磁極として、第 1 実施形態の界磁巻線 32 に代えて、永久磁石 35（例えば、ネオジム磁石）を備えている。このため、本実施形態のシステムは、界磁通電回路 40 及び界磁電流センサ 52 を

備えていない。

[0085] 続いて、本実施形態の昇温制御の概要について説明する。

[0086] 永久磁石界磁型の回転電機 30 の発生トルク T_{rq} は、下式 (eq 6) で表されるように、マグネットトルク T_M と、リラクタンストルク T_R とからなる。下式 (eq 6) において、 ϕ_m は永久磁石 35 により発生する磁束を示す。

$$\begin{aligned} [0087] \quad T_{rq} &= T_M + T_R \\ &= P \cdot \phi_m \cdot I_q + P \cdot (L_d - L_q) \cdot I_d \cdot I_q \quad \dots (eq 6) \end{aligned}$$

ここで、電機子巻線に流す交流電流の 1 周期又は複数周期における発生トルク T_{rq} の時間平均値を 0 からオフセット値 T_{offset} だけオフセットさせるとの条件を満たすために、上式 (eq 6) の左辺をオフセット値 T_{offset} にすると、下式 (eq 7) が導かれる。

$$[0088] \quad T_{offset} = P \cdot \phi_m \cdot I_q + P \cdot (L_d - L_q) \cdot I_d \cdot I_q \quad \dots (eq 7)$$

上式 (eq 7) を q 軸電流 I_q について解くと、下式 (eq 8) が導かれる。

[0089] [数3]

$$I_q = \frac{T_{offset}}{P\{\phi_m + (L_q - L_d)I_d\}} \quad \dots (eq8)$$

本実施形態の制御装置 60 は、直流の d 軸目標電流 I_d^* を算出する。制御装置 60 は、算出した d 軸目標電流 I_d^* 及び上式 (eq 8) に基づいて q 軸目標電流 I_q^* を算出するため、 q 軸目標電流 I_q^* も直流電流となる。ここで、回転電機 30 として、以下 (A) 又は (B) の特性を有するものがあるため、制御装置 60 は、各特性に応じた d 、 q 軸目標電流 I_d^* 、 I_q^* を算出する。

[0090] (A) $\phi_m + (L_q - L_d) \times I_d > 0$ となる特性

この場合、制御装置 60 は、図 16 に示すように、互いの極性が同じにな

る d 、 q 軸目標電流 I_d^* 、 I_q^* を算出する。図16において、正の d 軸電流は強め界磁電流を示し、負の d 軸電流は弱め界磁電流を示すため、制御装置60は、強め界磁の d 軸目標電流 I_d^* を算出する。この場合、電機子巻線に弱め界磁電流を流すことに伴う永久磁石35の減磁の発生を抑制できる。なお、制御装置60は、強め界磁の d 軸目標電流 I_d^* を算出することに代えて、弱め界磁の d 軸目標電流 I_d^* を算出してもよい。

[0091] (B) $\phi_m + (L_q - L_d) \times I_d < 0$ となる特性

この場合、制御装置60は、図17に示すように、互いの極性が異なる d 、 q 軸目標電流 I_d^* 、 I_q^* を算出する。図17に示す例では、制御装置60は、強め界磁の d 軸目標電流 I_d^* を算出する。なお、制御装置60は、強め界磁の d 軸目標電流 I_d^* を算出することに代えて、弱め界磁の d 軸目標電流 I_d^* を算出してもよい。

[0092] 図18に、制御装置60により実行される昇温制御のブロック図を示す。

[0093] 3相目標振幅算出部161は、制御周期毎に、図9の3相目標振幅算出部61と同様に、上位制御装置80から目標熱量 Q^* を取得し、取得した目標熱量 Q^* に基づいて、U相目標電流の振幅 I_{uamp}^* 、V相目標電流の振幅 I_{vamp}^* 、及びW相目標電流の振幅 I_{wamp}^* を算出する。

[0094] 2相目標振幅算出部162は、制御周期毎に、図9の2相目標振幅算出部62と同様に、各相電流の振幅 I_{uamp}^* 、 I_{vamp}^* 、 I_{wamp}^* と、検出された電気角 θ_e とに基づいて、各相電流の振幅 I_{uamp}^* 、 I_{vamp}^* 、 I_{wamp}^* を、 d 軸目標電流 I_d^* の振幅 I_{damp}^* に変換する。

[0095] 目標電流算出部163は、2相目標振幅算出部162により算出された d 軸目標電流 I_d^* の振幅 I_{damp}^* に基づいて、 d 軸目標電流 I_d^* を算出する。目標電流算出部163は、例えば、 d 軸目標電流 I_d^* の振幅 I_{damp}^* を d 軸目標電流 I_d^* ($= I_{damp}^*$) として算出すればよい。

[0096] 2相変換部164は、制御周期毎に、相電流センサ51の検出値と、検出された電気角 θ_e とに基づいて、3相固定座標系におけるU、V、W相電流

を、 dq 座標系における d 軸電流 I_{dr} 及び q 軸電流 I_{qr} に変換する。

[0097] 目標電流算出部163は、制御周期毎に、算出した d 軸目標電流 I_{d*} と、上式(eq8)とに基づいて、 q 軸目標電流 I_{q*} を算出する。なお、本実施形態において、目標電流算出部163が「目標値算出部」に相当する。

[0098] 3相制御部165は、算出された d 軸目標電流 I_{d*} に、2相変換部164により算出された d 軸電流 I_{dr} をフィードバック制御するとともに、算出された q 軸目標電流 I_{q*} に、2相変換部164により算出された q 軸電流 I_{qr} をフィードバック制御すべく、インバータ20の各スイッチ S_{UH} 、 S_{UL} 、 S_{VH} 、 S_{VL} 、 S_{WH} 、 S_{WL} のゲート駆動信号を生成する「電機子制御部」として機能する。この生成処理において、電気角 θ_e と、電圧センサ50により検出された電源 V_{dc} とが用いられる。3相制御部165は、生成したゲート駆動信号を各スイッチ S_{UH} 、 S_{UL} 、 S_{VH} 、 S_{VL} 、 S_{WH} 、 S_{WL} を駆動するドライブ回路に出力する。これにより、 d 軸電流 I_{dr} が直流の d 軸目標電流 I_{d*} に制御されるとともに、 q 軸電流 I_{qr} が直流の q 軸目標電流 I_{q*} に制御される。

[0099] 図19は、本実施形態に係る昇温制御の処理手順を示すフローチャートであり、先の図10のステップS11に示す処理に対応している。

[0100] ステップS30では、ステップS20と同様に、上位制御装置80から目標熱量 Q^* を取得する。

[0101] ステップS31では、3相目標振幅算出部161において、ステップS30で取得した目標熱量 Q^* に基づいて、 U 相目標電流の振幅 I_{uamp*} 、 V 相目標電流の振幅 I_{vamp*} 、及び W 相目標電流の振幅 I_{wamp*} を算出する。

[0102] ステップS32では、2相目標振幅算出部162において、ステップS31で算出した各相電流の振幅 I_{uamp*} 、 I_{vamp*} 、 I_{wamp*} と、電気角 θ_e とに基づいて、 d 軸目標電流 I_{d*} の振幅 I_{damp*} を算出する。

[0103] ステップS33では、目標電流算出部163において、ステップS33で

算出したd軸目標電流 I_d^* の振幅 I_{damp}^* に基づいて、直流のd軸目標電流 I_d^* を算出する。

[0104] ステップS34では、目標電流算出部163において、算出したd軸目標電流 I_d^* に基づいて、直流のq軸目標電流 I_q^* を算出する。

[0105] ステップS35では、2相変換部164において、相電流センサ51の検出値と、電気角 θ_e とに基づいて、d軸電流 I_{dr} 及びq軸電流 I_{qr} を算出する。

[0106] ステップS36では、3相制御部165において、ステップS33で算出したd軸目標電流 I_d^* にステップS36で算出したd軸電流 I_{dr} をフィードバック制御するとともに、ステップS34で算出したq軸目標電流 I_q^* にステップS36で算出したq軸電流 I_{qr} をフィードバック制御すべく、インバータ20の各スイッチSUH, SUL, SVH, SVL, SWH, SWLのスイッチング制御を行う。

[0107] 以上説明した本実施形態によれば、第1実施形態と同様に、一对のギア13, 14が有する歯13a, 14a同士の押し付け状態を維持して歯打ち音が発生するのを抑制することができる。

[0108] <第4実施形態>

以下、第4実施形態について、第3実施形態との相違点を中心に図面を参照しつつ説明する。本実施形態の制御装置60の目標電流算出部163は、直流に代えて、正弦波状の交流のd軸目標電流 I_d^* を算出する。詳しくは、目標電流算出部163は、2相目標振幅算出部162により算出されたd軸目標電流 I_d^* の振幅 I_{damp}^* を振幅とする正弦波状のd軸目標電流 I_d^* を算出する。目標電流算出部163は、例えば、下式(eq9)のd軸目標電流 I_d^* を算出する。

[0109] $I_d^* = I_{damp}^* \times \sin(\omega \times t) \cdots (eq9)$

目標電流算出部163は、算出したd軸目標電流 I_d^* 及び上式(eq8)に基づいてq軸目標電流 I_q^* を算出する。ここで、回転電機30として、以下(C)～(E)の特性を有するものがあるため、目標電流算出部16

3は、各特性に応じた d 、 q 軸目標電流 I_{d*} 、 I_{q*} を算出する。

[0110] (C) $L_q > L_d$ となる特性

この場合、目標電流算出部163は、図20の上段に示すように、 d 軸目標電流 I_{d*} と180度位相が異なる正弦波状の q 軸目標電流 I_{q*} を算出する。

[0111] (D) $L_q < L_d$ となる特性

この場合、目標電流算出部163は、図20の中段に示すように、 d 軸目標電流 I_{d*} と同位相の正弦波状の q 軸目標電流 I_{q*} を算出する。

[0112] (E) $L_q = L_d$ となる特性

この場合、目標電流算出部163は、図20の下段に示すように、直流の q 軸目標電流 I_{q*} を算出する。この場合の q 軸目標電流 I_{q*} は、下式(eq10)で表される。

[0113] [数4]

$$I_{q*} = \frac{T_{offset}}{P \cdot \varphi_m} \dots (eq10)$$

なお、本実施形態の昇温制御は、先の図19に示した処理と同様の処理となる。

[0114] <その他の実施形態>

なお、上記各実施形態は、以下のように変更して実施してもよい。

[0115] ・上式(eq7)を d 軸電流 I_d について解くと、下式(eq11)が導かれる。

[0116] [数5]

$$I_d = \frac{T_{offset} - P \cdot \varphi_m \cdot I_q}{P(L_q - L_d)I_q} \dots (eq11)$$

この場合において、第4実施形態の制御装置60は、正弦波状の q 軸目標電流 I_{q*} 及び上式(eq11)に基づいて、正弦波状の d 軸目標電流 I_{d*} を算出してもよい。

[0117] ・第3、第4実施形態において、図12～図14に示した徐変処理が実行

されてもよい。

[0118] ・第3，第4実施形態の昇温制御が、界磁電流 I_{fr} が一定値となる巻線界磁型の回転電機を備えるシステムに適用されてもよい。

[0119] ・電機子巻線に流す交流電流の複数周期における発生トルクの時間平均値を0からオフセット値 T_{offset} だけオフセットさせるとの条件を満たすように、第1，第2実施形態の d ， q 軸目標電流 I_d^* ， I_q^* 及び界磁目標電流 I_f^* 、又は第3，第4実施形態の d ， q 軸目標電流 I_d^* ， I_q^* が算出されてもよい。

[0120] 図21に示すように、発生トルクの1周期のうち一部期間における発生トルクの極性が負となったり、図22に示すように、複数周期のうち、一部周期の一部期間における発生トルクの極性が負となったりする場合であっても、電機子巻線に流す交流電流の複数周期における発生トルクの時間平均値を0からオフセット値 T_{offset} だけオフセットさせるとの条件を満たすことができる。この場合、歯打ちが発生したとしても歯打ち音を低減したり、歯打ち回数を低減したりすることができる。

[0121] ・回転電機としては、同期機に限らず、誘導機等の非同期機であってもよい。

[0122] ・回転電機としては、ロータ及びステータが径方向に対向するラジアル型のものに限らず、ロータ及びステータが回転軸の軸方向に対向するアキシアル型のものであってもよい。

[0123] ・回転電機としては、星形結線されるものに限らず、 Δ 結線されるものであってもよい。また、回転電機及びインバータとしては、3相のものに限らず、2相のもの、又は4相以上のものであってもよい。

[0124] ・昇温制御による昇温対象を、例えば、循環経路400の冷却水としてもよい。冷却水を車室内暖房の熱源として利用する空調装置が車両に備えられる場合、昇温制御により、暖房の熱源の温度を迅速に上昇させることができる。

[0125] ・熱伝達部としては、冷却流体として冷却水を用いるものに限らず、例え

ば、冷却流体として気体（空気）を用いる空冷式のものであってもよいし、金属製のヒートシンクであってよい。熱伝達部としてヒートシンクが用いられる場合、例えば、ヒートシンクにインバータ等の電力変換器及び蓄電池が設けられていればよい。

[0126] ・電力変換器のスイッチは、NチャネルMOSFETに限らず、例えばIGBTであってよい。この場合、IGBTにフリーホイールダイオードが逆並列接続されていればよい。

[0127] ・インバータ等の電力変換器に接続される蓄電部としては、蓄電池に限らず、例えば、大容量の電気二重層キャパシタ、又は蓄電池及び電気二重層キャパシタの双方を備えるものであってもよい。

[0128] ・制御装置が搭載される移動体としては、車両に限らず、例えば、航空機又は船舶であってよい。航空機の場合、回転駆動対象は例えばプロペラであり、船舶の場合、かいてnは例えばスクリューである。また、制御装置の搭載先は、移動体に限らず、定置式の装置であってよい。

[0129] ・本開示に記載の制御装置及びその手法は、コンピュータプログラムにより具体化された一つ乃至は複数の機能を実行するようにプログラムされたプロセッサ及びメモリを構成することによって提供された専用コンピュータにより、実現されてもよい。あるいは、本開示に記載の制御装置及びその手法は、一つ以上の専用ハードウェア論理回路によってプロセッサを構成することによって提供された専用コンピュータにより、実現されてもよい。もしくは、本開示に記載の制御装置及びその手法は、一つ乃至は複数の機能を実行するようにプログラムされたプロセッサ及びメモリと一つ以上のハードウェア論理回路によって構成されたプロセッサとの組み合わせにより構成された一つ以上の専用コンピュータにより、実現されてもよい。また、コンピュータプログラムは、コンピュータにより実行されるインストラクションとして、コンピュータ読み取り可能な非遷移有形記録媒体に記憶されていてもよい。

[0130] 以下、上述した各実施形態から抽出される特徴的な構成を記載する。

[構成 1]

蓄電部 (10) と、

ロータ (31) 及び電機子巻線 (34U~34W) を有する回転電機 (30) と、

前記蓄電部及び前記電機子巻線を電氣的に接続し、上、下アームスイッチ (SUH~SWL) を有する電力変換器 (20) と、

前記ロータから回転駆動対象 (12) までの動力伝達機構 (11) を構成し、前記ロータからの回転動力によって回転するとともに互いに噛み合う少なくとも一対のギア (13, 14) と、

を備えるシステムに適用される電力変換器の制御装置 (60) において、

前記電機子巻線に流す d , q 軸目標電流 (I_{d*} , I_{q*}) を算出する目標値算出部 (63, 67, 163) と、

算出された前記 d 軸目標電流に前記電機子巻線に流れる d 軸電流 (I_{dr}) を制御するとともに、算出された前記 q 軸目標電流に前記電機子巻線に流れる q 軸電流 (I_{qr}) を制御すべく、前記上、下アームスイッチのスイッチング制御を行う電機子制御部 (68) と、

を備え、

前記目標値算出部は、前記ロータの発生トルクを、前記ロータの回転停止状態を維持可能なトルクにするとの第1条件、及び前記電機子巻線に流す交流電流の1周期又は複数周期における前記発生トルクの時間平均値を0からオフセットさせるとの第2条件を満たすように、前記 d , q 軸目標電流を算出する、電力変換器の制御装置。

[構成 2]

前記回転電機は、永久磁石 (35) を有する前記ロータを備える永久磁石界磁型の回転電機、又は定電流が流れる界磁巻線 (32) を有する前記ロータを備える巻線界磁型の回転電機であり、

前記第2条件は、前記電機子制御部による前記スイッチング制御の実行中において、前記発生トルクを正負方向のうち一方向にオフセットさせるとの

条件である、構成 1 に記載の電力変換器の制御装置。

[構成 3]

前記目標値算出部 (163) は、前記第 1 条件及び前記第 2 条件を満たすように、直流の前記 d 、 q 軸目標電流を算出する、構成 2 に記載の電力変換器の制御装置。

[構成 4]

前記目標値算出部 (163) は、前記第 1 条件及び前記第 2 条件を満たすように、正弦波状の前記 d 軸目標電流を算出するとともに、前記 d 軸目標電流との位相差が 0 度又は 180 度となる正弦波状の前記 q 軸目標電流を算出する、構成 2 に記載の電力変換器の制御装置。

[構成 5]

前記電機子制御部による前記スイッチング制御の開始タイミングからの所定期間において用いられる前記 d 、 q 軸目標電流である初期 d 、 q 軸目標電流 ($K_t \times I_{d*}$, $K_t \times I_{q*}$) を算出する初期目標値算出部 (69A) を備え、

前記初期目標値算出部は、前記所定期間において、0 から、前記目標値算出部により算出された前記 d 、 q 軸目標電流に向かって前記初期 d 、 q 軸目標電流を漸増させる、構成 2 ~ 4 のいずれか 1 つに記載の電力変換器の制御装置。

[構成 6]

前記電機子制御部による前記スイッチング制御の終了タイミング前の所定期間において用いられる前記 d 、 q 軸目標電流である終了時 d 、 q 軸目標電流 ($K_t \times I_{d*}$, $K_t \times I_{q*}$) を算出する終了時目標値算出部 (69B) を備え、

前記終了時目標値算出部は、前記所定期間において、前記目標値算出部により算出された前記 d 、 q 軸目標電流から 0 に向かって前記終了時 d 、 q 軸目標電流を漸減させる、構成 2 ~ 5 のいずれか 1 つに記載の電力変換器の制御装置。

〔構成 7〕

前記回転電機は、界磁巻線（32）を有する前記ロータを備える巻線界磁型の回転電機であり、

前記電力変換器は、第1電力変換器であり、

前記システムには、前記蓄電部及び前記界磁巻線を電氣的に接続する第2電力変換器（40）が備えられ、

正弦波状の界磁目標電流（ I_{f*} ）を算出する目標界磁算出部（65）と、

算出された前記界磁目標電流に前記界磁巻線に流れる界磁電流（ I_{fr} ）を制御すべく、前記第2電力変換器のスイッチング制御を行う界磁制御部（66）と、
を備え、

前記第2条件は、前記電機子制御部及び前記界磁制御部による前記スイッチング制御の実行中において、前記発生トルクを正負方向のうち一方向にオフセットさせるとの条件である、構成1に記載の電力変換器の制御装置。

〔構成 8〕

前記目標値算出部（63, 67）は、前記第1条件及び前記第2条件を満たすように、前記界磁目標電流との位相差が180度又は0度となる正弦波状の前記d軸目標電流を算出する、構成7に記載の電力変換器の制御装置。

〔構成 9〕

前記目標値算出部は、正弦波状の前記q軸目標電流を算出するとともに、前記q軸目標電流の極性が切り替わる場合に前記d軸電流の大きさが増加方向にオフセットするような前記d軸目標電流を算出する、構成8に記載の電力変換器の制御装置。

〔構成 10〕

前記電機子制御部による前記スイッチング制御の開始タイミングからの所定期間において用いられる前記d, q軸目標電流である初期d, q軸目標電流（ $K_t \times I_{d*}$, $K_t \times I_{q*}$ ）、及び前記所定期間において用いられる

前記界磁目標電流である初期界磁目標電流 ($K_t \times I_f^*$) を算出する初期目標値算出部 (69A) を備え、

前記初期目標値算出部は、前記所定期間において、0から、前記目標値算出部により算出された前記d、q軸目標電流に向かって前記初期d、q軸目標電流を漸増させるとともに、0から、前記目標界磁算出部により算出された前記界磁目標電流に向かって前記初期界磁目標電流を漸増させる、構成7～9のいずれか1つに記載の電力変換器の制御装置。[構成11]

前記電機子制御部による前記スイッチング制御の終了タイミング前の所定期間において用いられる前記d、q軸目標電流である終了時d、q軸目標電流 ($K_t \times I_d^*$, $K_t \times I_q^*$)、及び前記所定期間において用いられる前記界磁目標電流である終了時界磁目標電流 ($K_t \times I_f^*$) を算出する終了時目標値算出部 (69B) を備え、

前記終了時目標値算出部は、前記所定期間において、前記目標値算出部により算出された前記d、q軸目標電流から0に向かって前記終了時d、q軸目標電流を漸減させるとともに、前記目標界磁算出部により算出された前記界磁目標電流から0に向かって前記終了時界磁目標電流を漸減させる、構成7～10のいずれか1つに記載の電力変換器の制御装置。

[構成12]

前記システムは、車両に搭載されるシステムであり、

前記電機子制御部は、前記車両の停車中において前記スイッチング制御を行う、構成1～11のいずれか1つに記載の電力変換器の制御装置。

[構成13]

前記システムには、前記電力変換器において発生した熱を昇温対象 (10) に伝達する熱伝達部 (400, 401) が備えられ、

前記昇温対象の昇温要求があるか否かを判定する判定部を備え、

前記電機子制御部は、前記昇温要求があると判定された場合、前記スイッチング制御を行う、構成1～12のいずれか1つに記載の電力変換器の制御装置。

[0131] 本開示は、実施例に準拠して記述されたが、本開示は当該実施例や構造に限定されるものではないと理解される。本開示は、様々な変形例や均等範囲内の変形をも包含する。加えて、様々な組み合わせや形態、さらには、それらに一要素のみ、それ以上、あるいはそれ以下、を含む他の組み合わせや形態をも、本開示の範疇や思想範囲に入るものである。

請求の範囲

[請求項1]

蓄電部（10）と、
ロータ（31）及び電機子巻線（34U～34W）を有する回転電機（30）と、
前記蓄電部及び前記電機子巻線を電氣的に接続し、上、下アームスイッチ（SUH～SWL）を有する電力変換器（20）と、
前記ロータから回転駆動対象（12）までの動力伝達機構（11）を構成し、前記ロータからの回転動力によって回転するとともに互いに噛み合う少なくとも一対のギア（13, 14）と、
を備えるシステムに適用される電力変換器の制御装置（60）において、
前記電機子巻線に流す d 、 q 軸目標電流（ I_{d*} , I_{q*} ）を算出する目標値算出部（63, 67, 163）と、
算出された前記 d 軸目標電流に前記電機子巻線に流れる d 軸電流（ I_{dr} ）を制御するとともに、算出された前記 q 軸目標電流に前記電機子巻線に流れる q 軸電流（ I_{qr} ）を制御すべく、前記上、下アームスイッチのスイッチング制御を行う電機子制御部（68）と、
を備え、
前記目標値算出部は、前記ロータの発生トルクを、前記ロータの回転停止状態を維持可能なトルクにするとの第1条件、及び前記電機子巻線に流す交流電流の1周期又は複数周期における前記発生トルクの時間平均値を0からオフセットさせるとの第2条件を満たすように、前記 d 、 q 軸目標電流を算出する、電力変換器の制御装置。

[請求項2]

前記回転電機は、永久磁石（35）を有する前記ロータを備える永久磁石界磁型の回転電機、又は定電流が流れる界磁巻線（32）を有する前記ロータを備える巻線界磁型の回転電機であり、
前記第2条件は、前記電機子制御部による前記スイッチング制御の実行中において、前記発生トルクを正負方向のうち一方向にオフセッ

トさせるとの条件である、請求項 1 に記載の電力変換器の制御装置。

[請求項3] 前記目標値算出部（163）は、前記第 1 条件及び前記第 2 条件を満たすように、直流の前記 d 、 q 軸目標電流を算出する、請求項 2 に記載の電力変換器の制御装置。

[請求項4] 前記目標値算出部（163）は、前記第 1 条件及び前記第 2 条件を満たすように、正弦波状の前記 d 軸目標電流を算出するとともに、前記 d 軸目標電流との位相差が 0 度又は 180 度となる正弦波状の前記 q 軸目標電流を算出する、請求項 2 に記載の電力変換器の制御装置。

[請求項5] 前記電機子制御部による前記スイッチング制御の開始タイミングからの所定期間において用いられる前記 d 、 q 軸目標電流である初期 d 、 q 軸目標電流（ $K_t \times I_{d*}$ 、 $K_t \times I_{q*}$ ）を算出する初期目標値算出部（69A）を備え、

前記初期目標値算出部は、前記所定期間において、0 から、前記目標値算出部により算出された前記 d 、 q 軸目標電流に向かって前記初期 d 、 q 軸目標電流を漸増させる、請求項 2～4 のいずれか 1 項に記載の電力変換器の制御装置。

[請求項6] 前記電機子制御部による前記スイッチング制御の終了タイミング前の所定期間において用いられる前記 d 、 q 軸目標電流である終了時 d 、 q 軸目標電流（ $K_t \times I_{d*}$ 、 $K_t \times I_{q*}$ ）を算出する終了時目標値算出部（69B）を備え、

前記終了時目標値算出部は、前記所定期間において、前記目標値算出部により算出された前記 d 、 q 軸目標電流から 0 に向かって前記終了時 d 、 q 軸目標電流を漸減させる、請求項 2～4 のいずれか 1 項に記載の電力変換器の制御装置。

[請求項7] 前記回転電機は、界磁巻線（32）を有する前記ロータを備える巻線界磁型の回転電機であり、

前記電力変換器は、第 1 電力変換器であり、

前記システムには、前記蓄電部及び前記界磁巻線を電氣的に接続す

る第2電力変換器(40)が備えられ、

正弦波状の界磁目標電流(I_f^*)を算出する目標界磁算出部(65)と、

算出された前記界磁目標電流に前記界磁巻線に流れる界磁電流(I_{fr})を制御すべく、前記第2電力変換器のスイッチング制御を行う界磁制御部(66)と、

を備え、

前記第2条件は、前記電機子制御部及び前記界磁制御部による前記スイッチング制御の実行中において、前記発生トルクを正負方向のうち一方向にオフセットさせるとの条件である、請求項1に記載の電力変換器の制御装置。

[請求項8] 前記目標値算出部(63, 67)は、前記第1条件及び前記第2条件を満たすように、前記界磁目標電流との位相差が180度又は0度となる正弦波状の前記d軸目標電流を算出する、請求項7に記載の電力変換器の制御装置。

[請求項9] 前記目標値算出部は、正弦波状の前記q軸目標電流を算出するとともに、前記q軸目標電流の極性が切り替わる場合に前記d軸電流の大きさが増加方向にオフセットするような前記d軸目標電流を算出する、請求項8に記載の電力変換器の制御装置。

[請求項10] 前記電機子制御部による前記スイッチング制御の開始タイミングからの所定期間において用いられる前記d, q軸目標電流である初期d, q軸目標電流($K_t \times I_d^*$, $K_t \times I_q^*$)、及び前記所定期間において用いられる前記界磁目標電流である初期界磁目標電流($K_t \times I_f^*$)を算出する初期目標値算出部(69A)を備え、

前記初期目標値算出部は、前記所定期間において、0から、前記目標値算出部により算出された前記d, q軸目標電流に向かって前記初期d, q軸目標電流を漸増させるとともに、0から、前記目標界磁算出部により算出された前記界磁目標電流に向かって前記初期界磁目標

電流を漸増させる、請求項 7～9 のいずれか 1 項に記載の電力変換器の制御装置。

[請求項11] 前記電機子制御部による前記スイッチング制御の終了タイミング前の所定期間において用いられる前記 d 、 q 軸目標電流である終了時 d 、 q 軸目標電流 ($K_t \times I_{d*}$, $K_t \times I_{q*}$)、及び前記所定期間において用いられる前記界磁目標電流である終了時界磁目標電流 ($K_t \times I_{f*}$) を算出する終了時目標値算出部 (69B) を備え、

前記終了時目標値算出部は、前記所定期間において、前記目標値算出部により算出された前記 d 、 q 軸目標電流から 0 に向かって前記終了時 d 、 q 軸目標電流を漸減させるとともに、前記目標界磁算出部により算出された前記界磁目標電流から 0 に向かって前記終了時界磁目標電流を漸減させる、請求項 7～9 のいずれか 1 項に記載の電力変換器の制御装置。

[請求項12] 前記システムは、車両に搭載されるシステムであり、

前記電機子制御部は、前記車両の停車中において前記スイッチング制御を行う、請求項 1～4、7～9 のいずれか 1 項に記載の電力変換器の制御装置。

[請求項13] 前記システムには、前記電力変換器において発生した熱を昇温対象 (10) に伝達する熱伝達部 (400, 401) が備えられ、

前記昇温対象の昇温要求があるか否かを判定する判定部を備え、

前記電機子制御部は、前記昇温要求があると判定された場合、前記スイッチング制御を行う、請求項 1～4、7～9 のいずれか 1 項に記載の電力変換器の制御装置。

[請求項14] 蓄電部 (10) と、

ロータ (31) 及び電機子巻線 (34U～34W) を有する回転電機 (30) と、

前記蓄電部及び前記電機子巻線を電氣的に接続し、上、下アームスイッチ (SUH～SWL) を有する電力変換器 (20) と、

前記ロータから回転駆動対象（12）までの動力伝達機構（11）を構成し、前記ロータからの回転動力によって回転するとともに互いに噛み合う少なくとも一对のギア（13，14）と、

コンピュータ（60a）と、

を備えるシステムに適用されるプログラムにおいて、

前記コンピュータに、

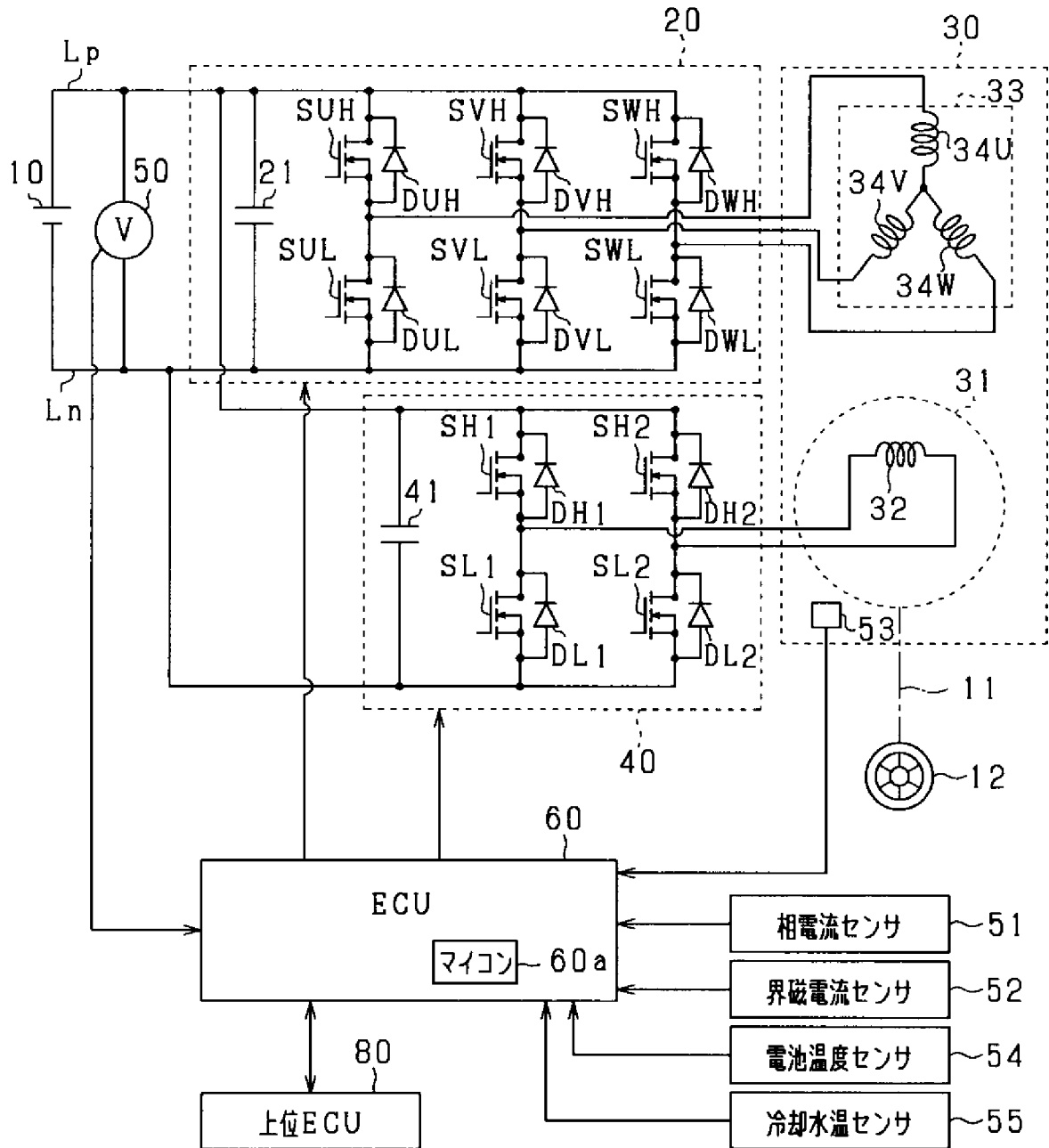
前記電機子巻線に流すd，q軸目標電流（ I_d^* ， I_q^* ）を算出する目標値算出処理と、

算出された前記d軸目標電流に前記電機子巻線に流れるd軸電流（ I_{dr} ）を制御するとともに、算出された前記q軸目標電流に前記電機子巻線に流れるq軸電流（ I_{qr} ）を制御すべく、前記上，下アームスイッチのスイッチング制御を行う処理と、

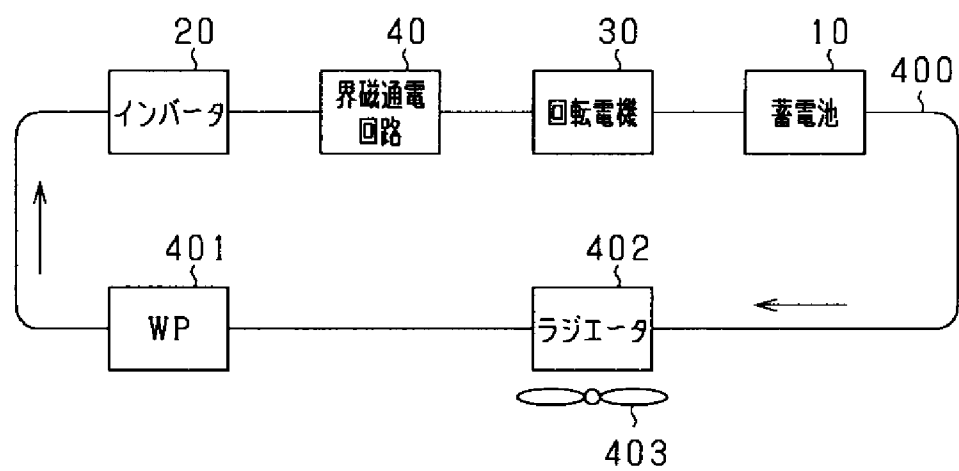
を実行させ、

前記目標値算出処理は、前記ロータの発生トルクを、前記ロータの回転停止状態を維持可能なトルクにするとの第1条件、及び前記電機子巻線に流す交流電流の1周期又は複数周期における前記発生トルクの時間平均値を0からオフセットさせるとの第2条件を満たすように、前記d，q軸目標電流を算出する処理である、プログラム。

[図1]

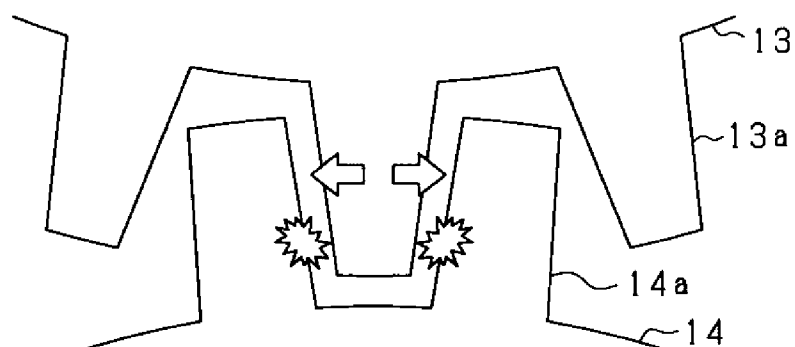


[図2]



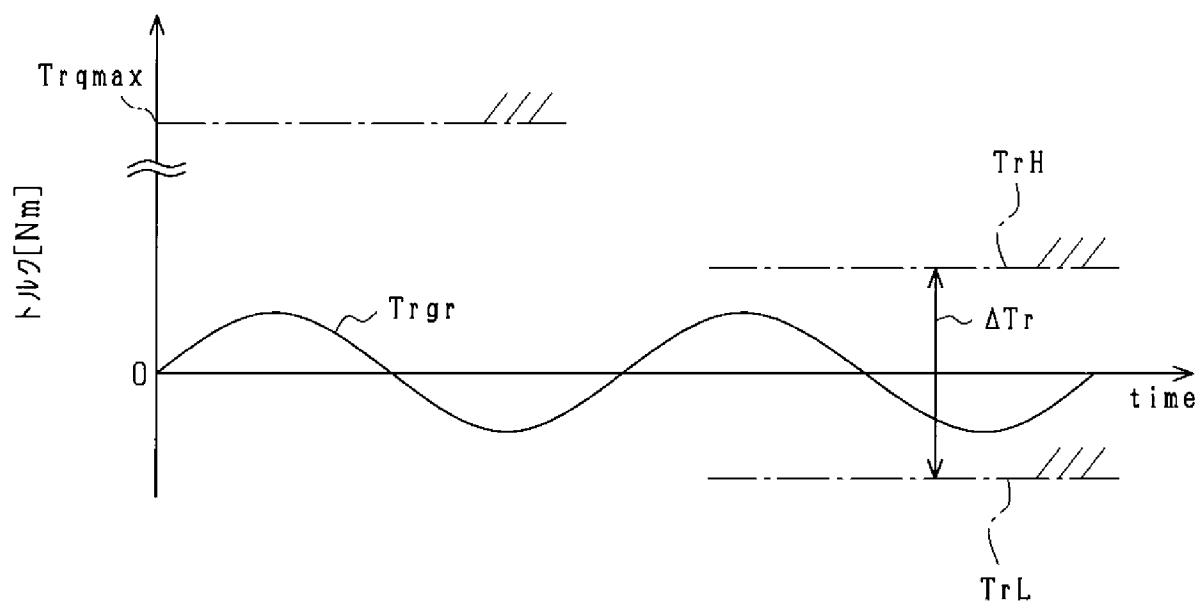
[図3]

<比較例>

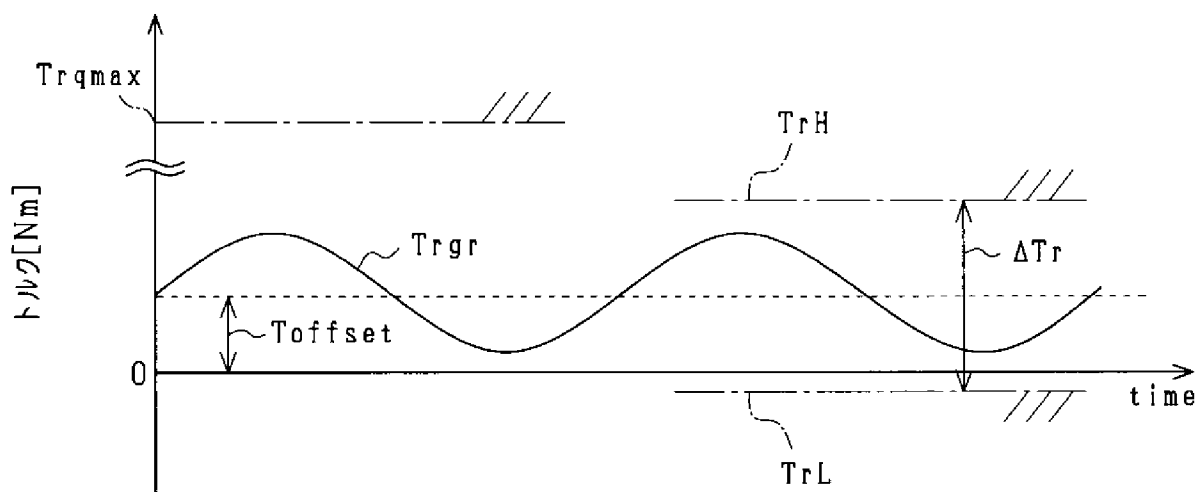


[図4]

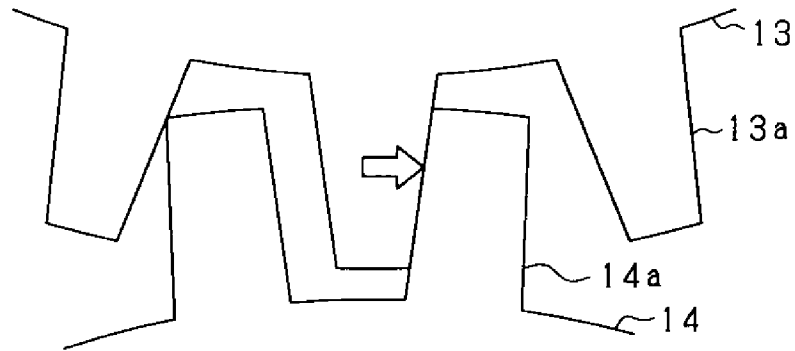
<比較例>



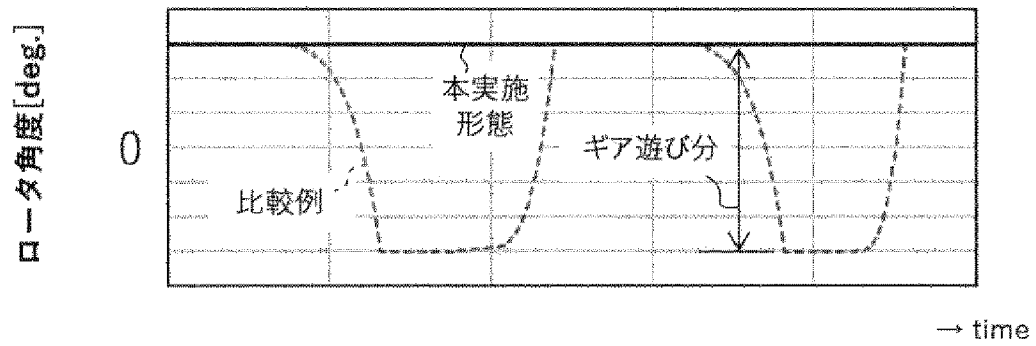
[図5]



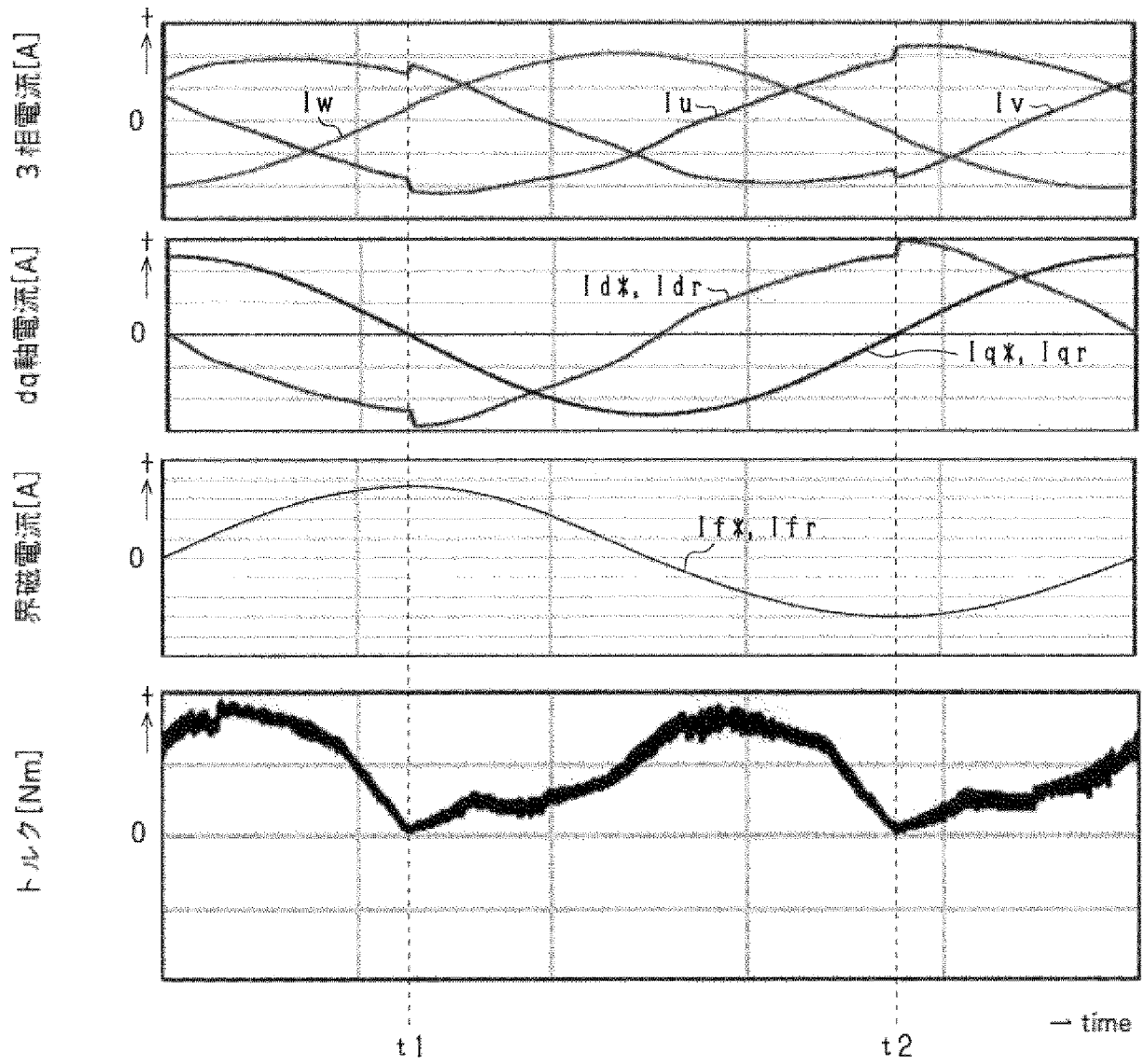
[図6]



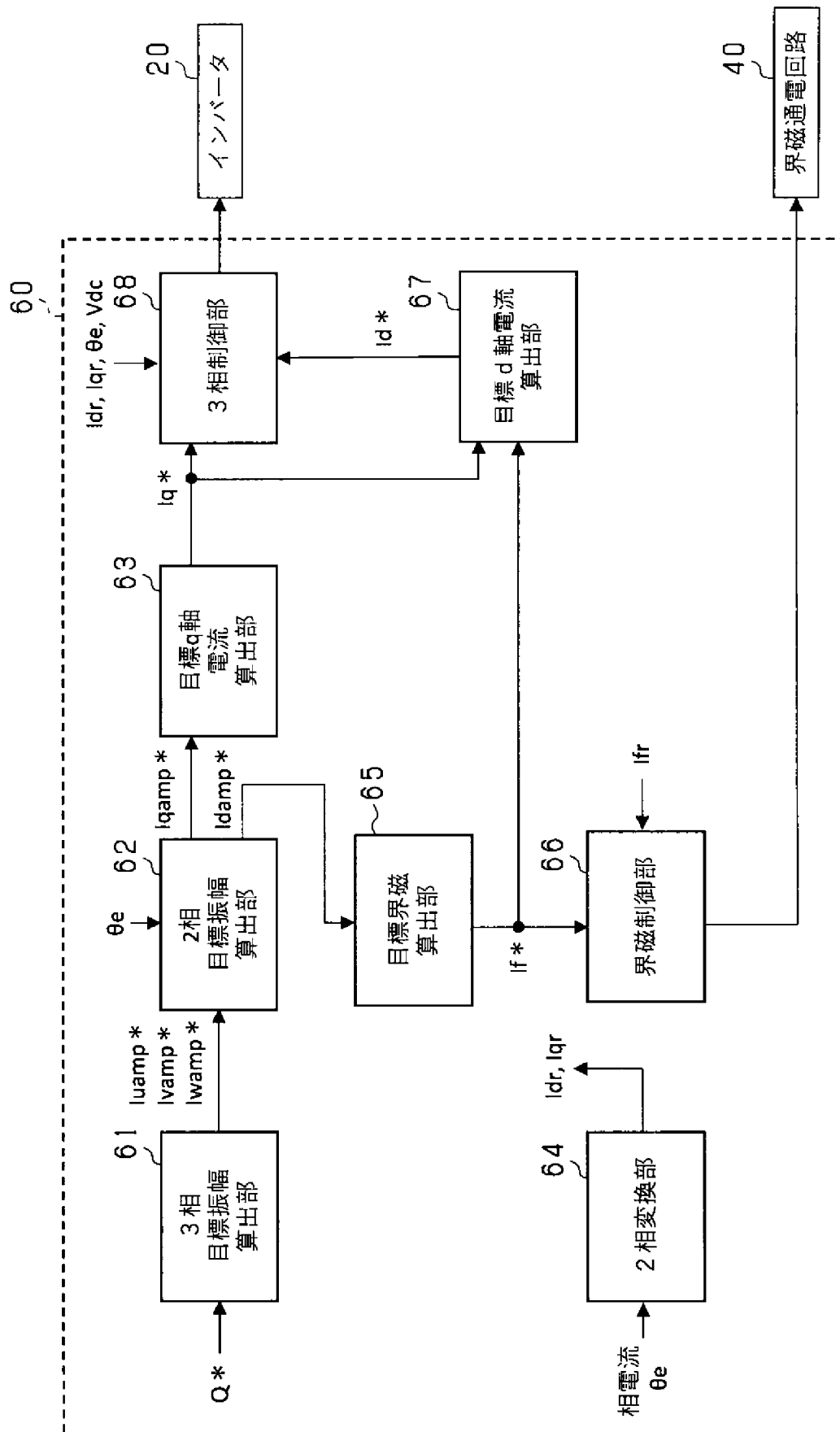
[図7]



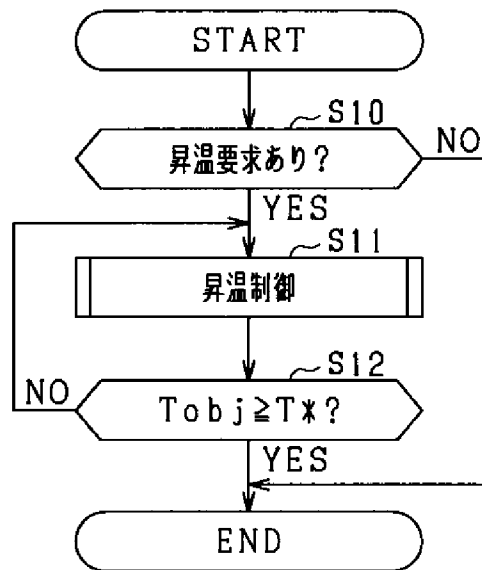
[図8]



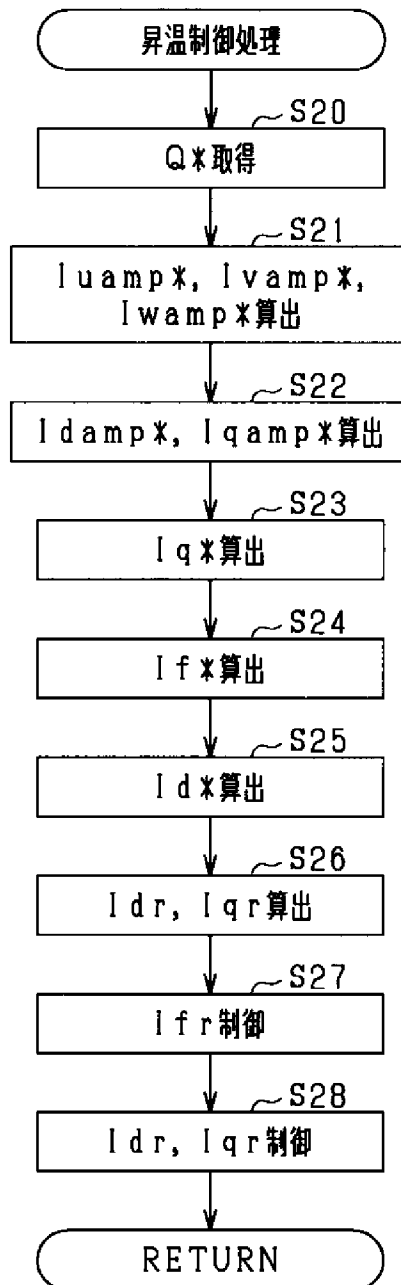
[図9]



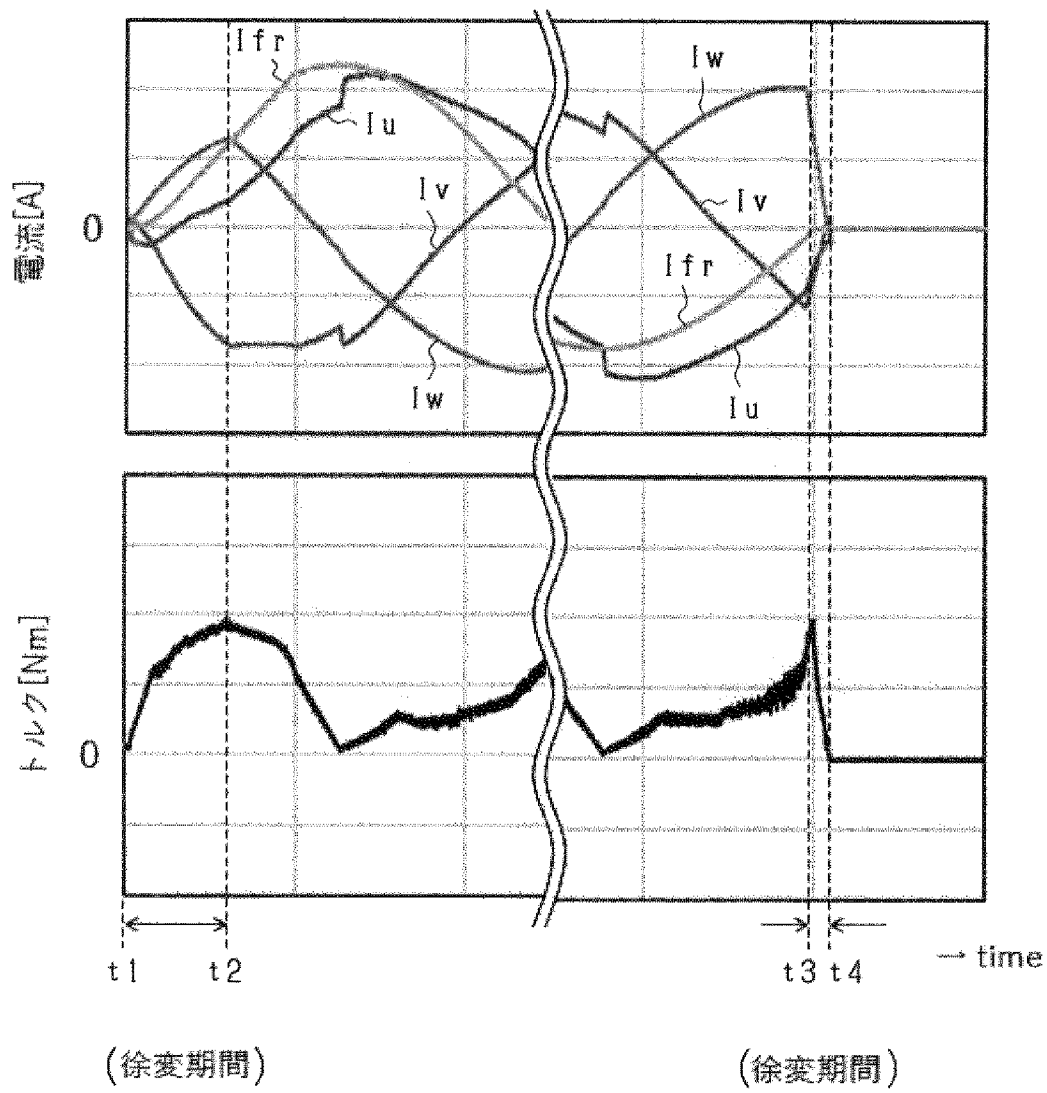
[図10]



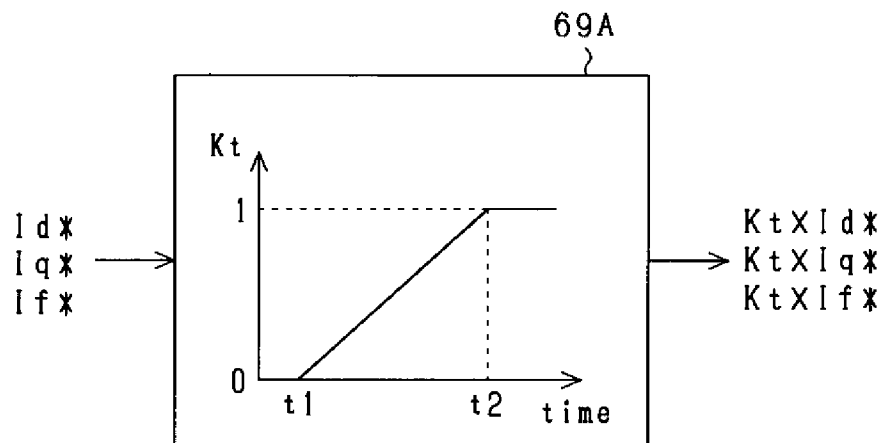
[図11]



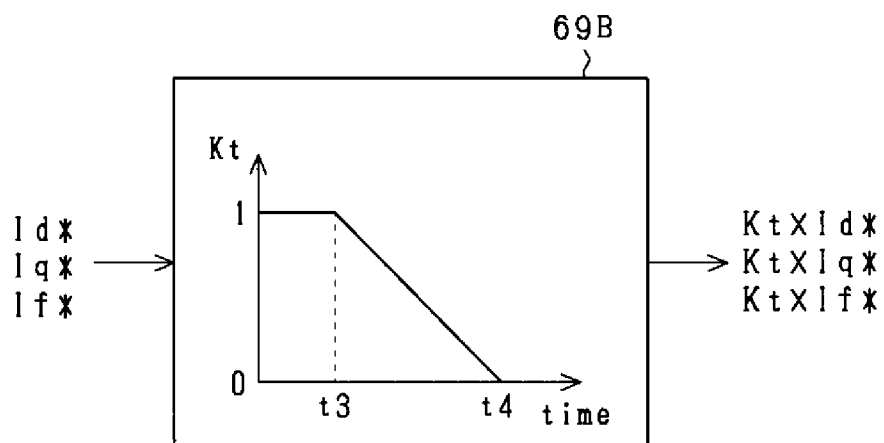
[図12]

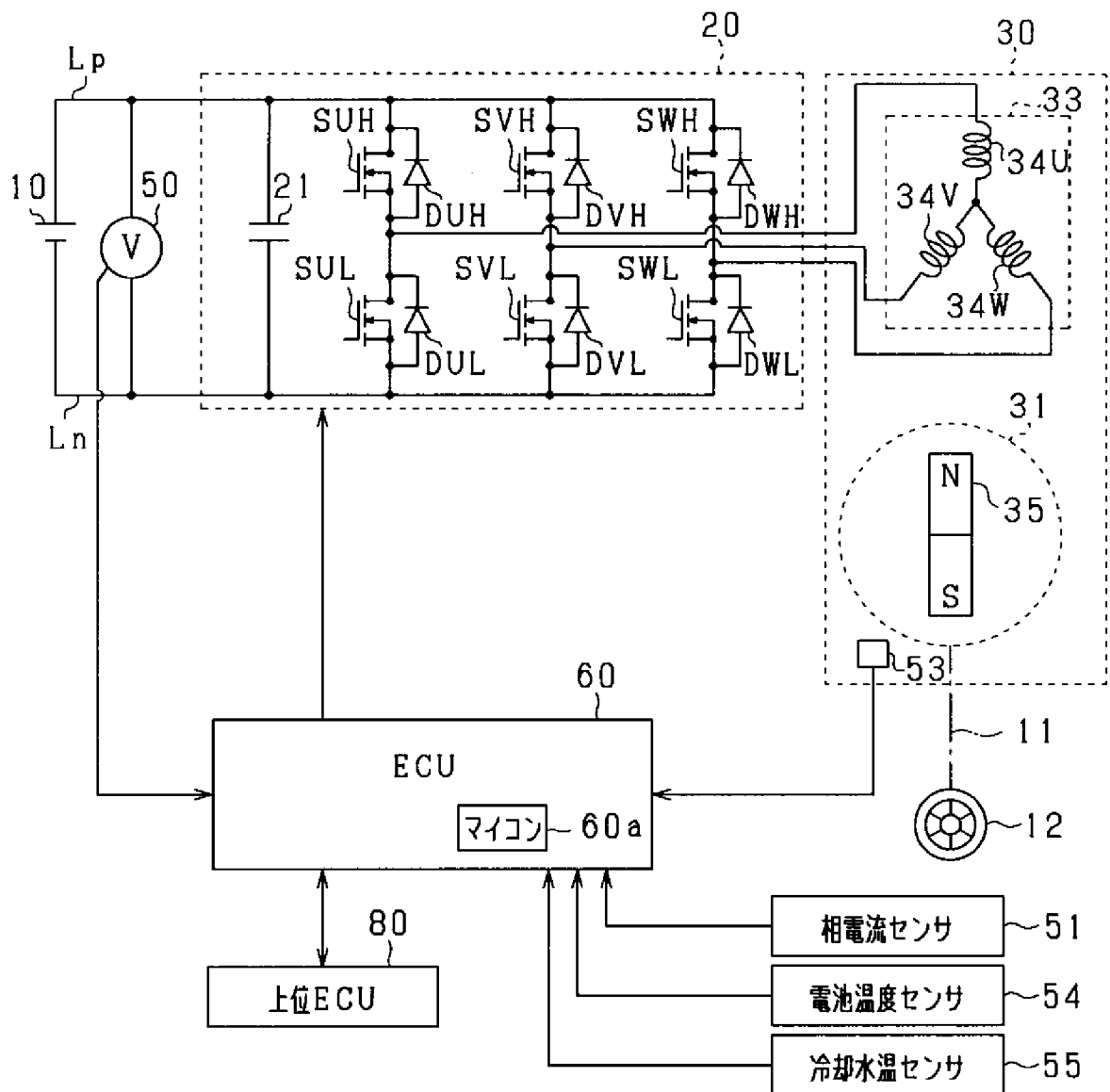


[図13]



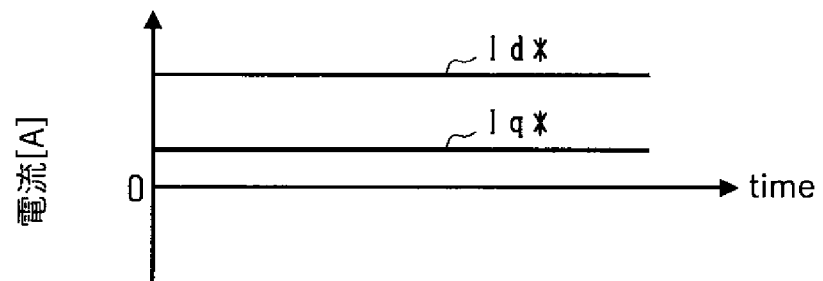
[図14]





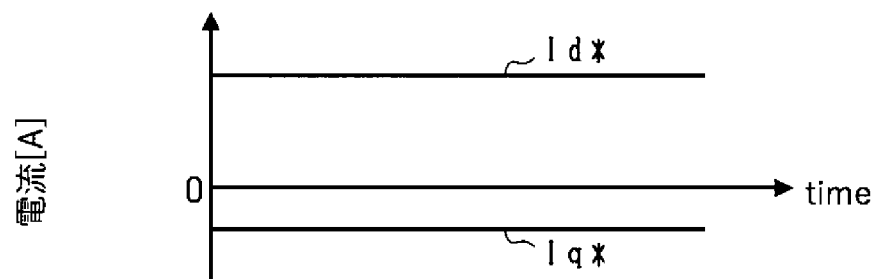
[図16]

$\langle \Phi_m + (L_q - L_d)I_d > 0$ の場合

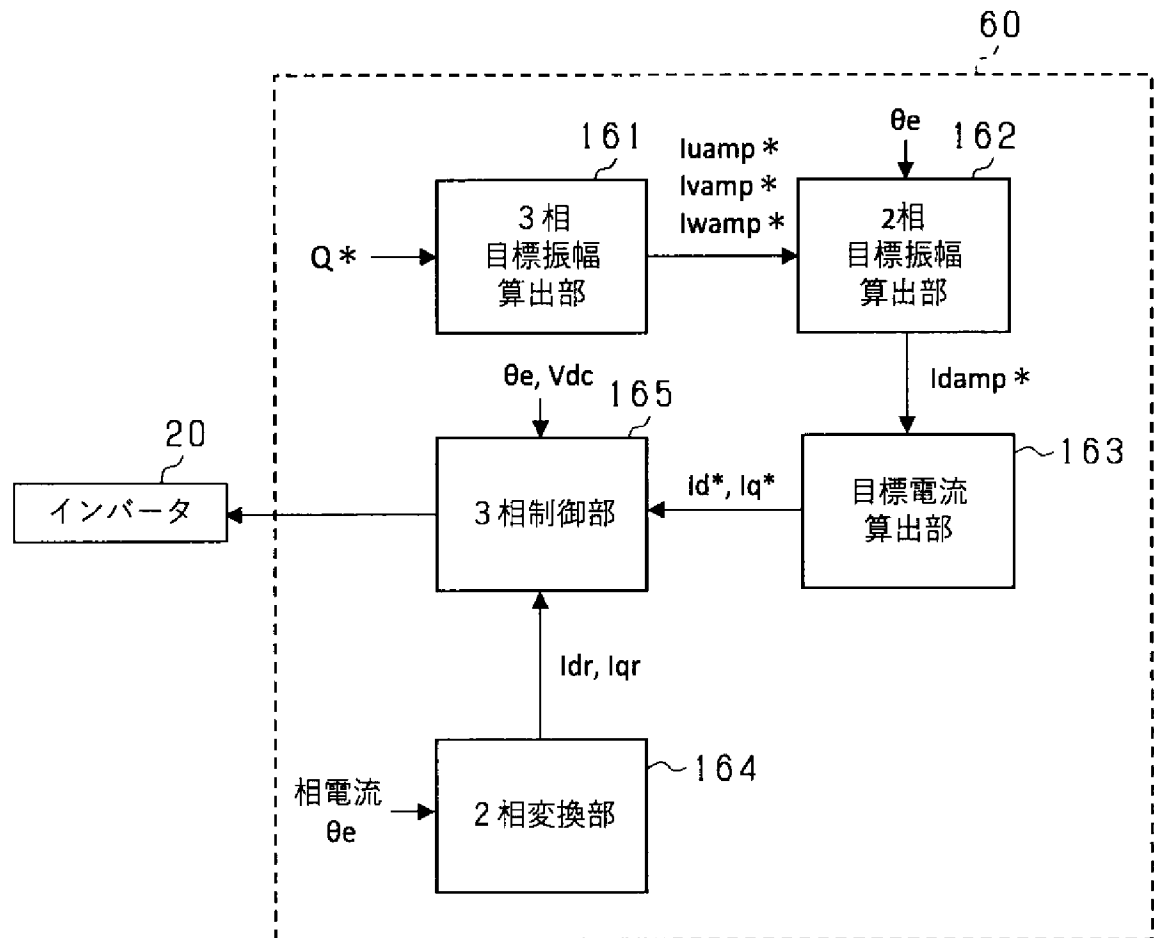


[図17]

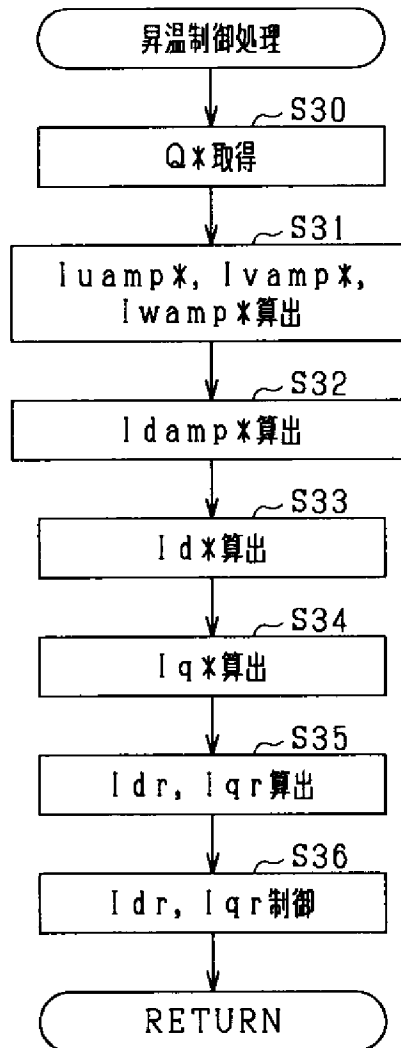
$\langle \Phi_m + (L_q - L_d)I_d < 0$ の場合



[図18]

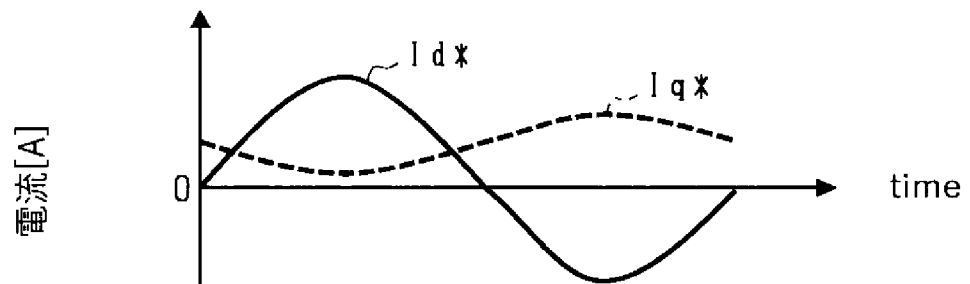


[図19]

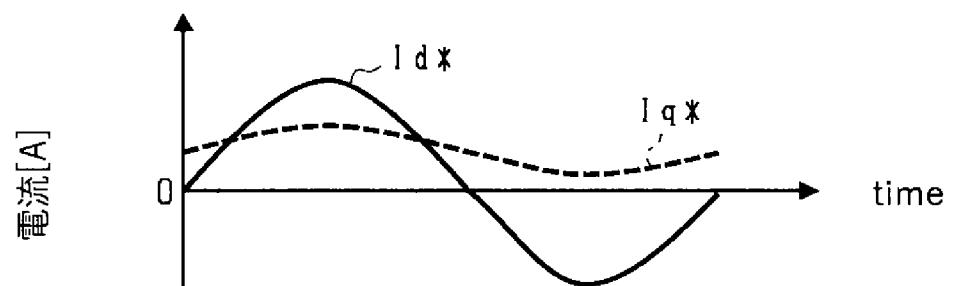


[図20]

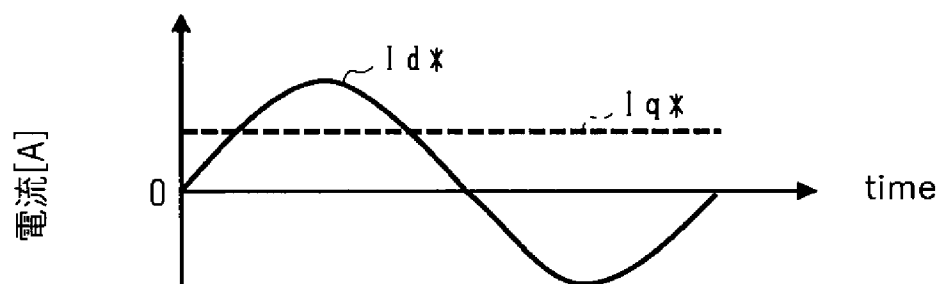
$\langle L_q \rangle > L_d$ の場合



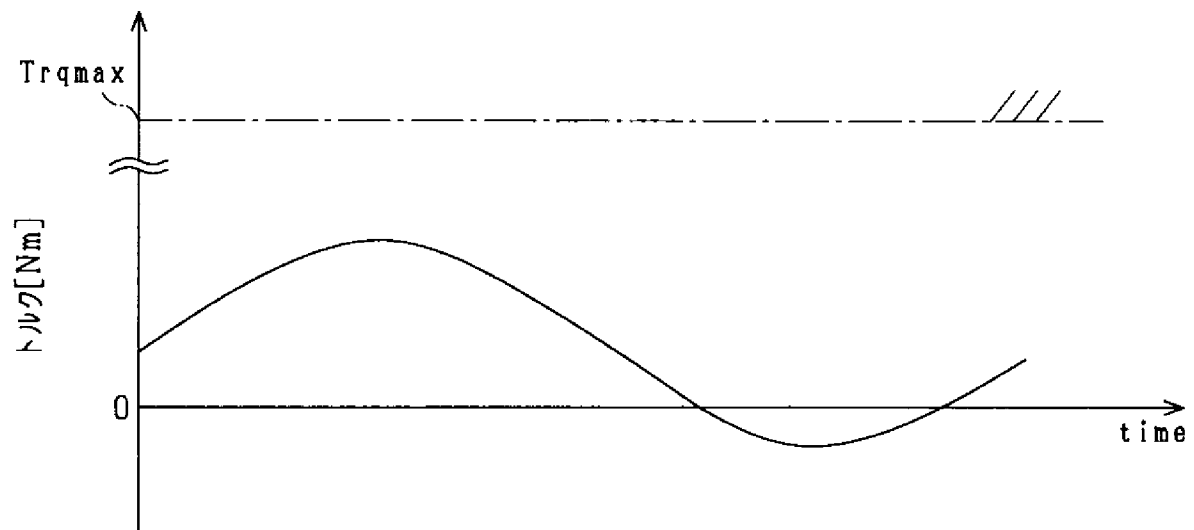
$\langle L_q \rangle < L_d$ の場合



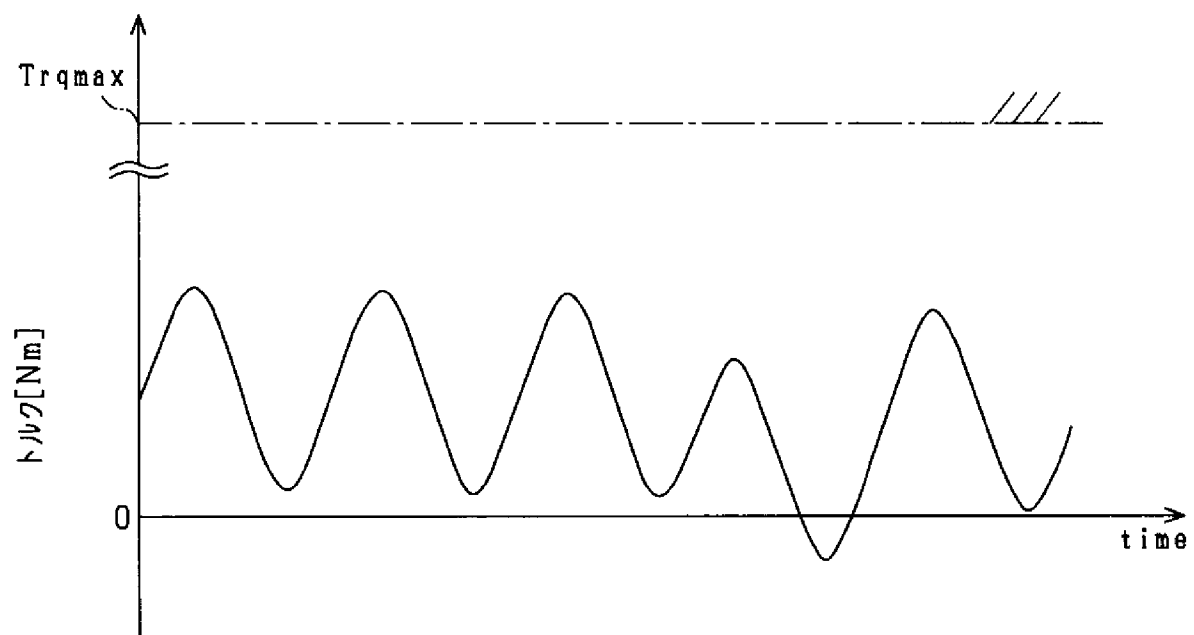
$\langle L_q \rangle = L_d$ の場合



[図21]



[図22]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/019898

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H02P 21/22 (2016.01)i; H02P 27/06 (2006.01)i; H02P 29/60 (2016.01)i FI: H02P21/22; H02P27/06; H02P29/60 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) H02P21/22; H02P27/06; H02P29/60 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 1971-2024 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024 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 2020-120566 A (SOKEN INC.) 06 August 2020 (2020-08-06) paragraphs [0001]-[0108], fig. 1-24	1-14
A	JP 2021-44949 A (SOKEN INC.) 18 March 2021 (2021-03-18) paragraphs [0001]-[0089], fig. 1-20	1-14
A	WO 2016/132426 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 25 August 2016 (2016-08-25) paragraphs [0001]-[0233], fig. 1-21	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 “D” document cited by the applicant in the international application “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 22 July 2024		Date of mailing of the international search report 06 August 2024
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2024/019898

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2020-120566	A	06 August 2020	US 2021/0351684 A1 paragraphs [0001]-[0137], fig. 1-24 DE 112020000503 T5 CN 113348616 A	
JP	2021-44949	A	18 March 2021	(Family: none)	
WO	2016/132426	A1	25 August 2016	US 2018/0006547 A1 paragraphs [0001]-[0252], fig. 1-21 EP 3261246 A1 CN 107210701 A	

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; H02P 27/06(2006.01)i; H02P 29/60(2016.01)i
FI: H02P21/22; H02P27/06; H02P29/60

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; H02P27/06; H02P29/60

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1971-2024年

日本国実用新案登録公報1996-2024年

日本国登録実用新案公報1994-2024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 2020-120566 A（株式会社SOKEN） 06.08.2020（2020-08-06） 段落[0001]-[0108], 図1-24	1-14
A	JP 2021-44949 A（株式会社SOKEN） 18.03.2021（2021-03-18） 段落[0001]-[0089], 図1-20	1-14
A	WO 2016/132426 A1（三菱電機株式会社） 25.08.2016（2016-08-25） 段落[0001]-[0233], 図1-21	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、一般的技术水準を示すもの

“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献

“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22.07.2024

国際調査報告の発送日06.08.2024

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

様式 PCT/ISA/210（第2ページ）（2022年7月）

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/JP2024/019898

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2020-120566	A	06.08.2020	US 2021/0351684 A1 段落[0001]-[0137], FIG.1-24 DE 112020000503 T5 CN 113348616 A	
JP	2021-44949	A	18.03.2021	(ファミリーなし)	
WO	2016/132426	A1	25.08.2016	US 2018/0006547 A1 段落[0001]-[0252], FIG.1-21 EP 3261246 A1 CN 107210701 A	