

(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12日(12.12.2024)



(10) 国際公開番号

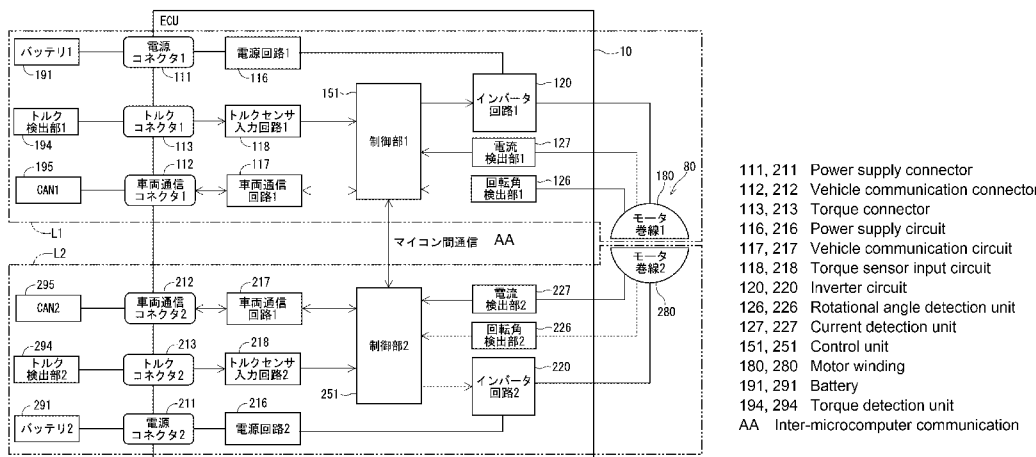
WO 2024/253064 A1

- (51) 国際特許分類:
H02P 25/22 (2006.01) H02P 27/08 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2024/020218
- (22) 国際出願日: 2024年6月3日(03.06.2024)
- (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 2023-092274 2023年6月5日(05.06.2023) 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: 新立 剛丈 (SHINTATE Tsuyoshi); 〒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). 大竹 弘泰 (OTAKE Hiroyasu); 〒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: 弁理士法人服部国際特許事務所 (HATTORI & PARTNERS); 〒4600002 愛知県名古屋市中区丸の内一丁目4番12号 アレックスビル8階 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: ROTATING ELECTRIC MACHINE CONTROL DEVICE

(54) 発明の名称: 回転電機制御装置

[図4]



(57) Abstract: A rotating electric machine control device (10) controls driving of a rotating electric machine (80) having a plurality of sets of motor windings (180, 280) and comprises a plurality of control units (151, 251). The control units (151, 251) have energization control units (500, 600) that calculate voltage command values to be applied to the motor windings (180, 280) on the basis of current detection values and current command values, and control the energization of the motor windings (180, 280) on the basis of the voltage command values. The control units (151, 251) are provided for the respective motor windings (180, 280) and can communicate with each other. The rotating electric machine control device (10) can execute cooperative drive control for performing energization control by sharing at least one parameter between the systems. The sub control unit (251) performs the energization control of the motor winding using the current command value transmitted from the main control unit (151). The main control unit (151) performs the energization

[続葉有]

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))

control of the motor winding using the same current command value as that transmitted to the sub control unit (251).

(57) 要約: 回転電機制御装置 (10) は、複数組のモータ巻線 (180、280) を有する回転電機 (80) の駆動を制御するものであって、複数の制御部 (151、251) を備える。制御部 (151、251) は、電流検出値および電流指令値に基づいてモータ巻線 (180、280) に印加する電圧指令値を演算し、電圧指令値に基づいてモータ巻線 (180、280) の通電を制御する通電制御部 (500、600) を有し、モータ巻線 (180、280) ごとに設けられて相互に通信可能である。回転電機制御装置 (10) は、系統間で少なくとも1つのパラメータを共用して通電制御を行う協調駆動制御を実施可能である。サブ制御部 (251) は、メイン制御部 (151) から送信された電流指令値を用いてモータ巻線の通電制御を行う。メイン制御部 (151) は、サブ制御部 (251) に送信したのと同じ電流指令値を用いてモータ巻線の通電制御を行う。

明 細 書

発明の名称： 回転電機制御装置

関連出願の相互参照

[0001] 本出願は、2023年6月5日に提出された特許出願番号2023-092274号に基づくものであり、ここにその記載内容を援用する。

技術分野

[0002] 本開示は、回転電機制御装置に関する。

背景技術

[0003] 従来、複数の系統を協調させて回転電機の駆動を制御する回転電機制御装置が知られている。例えば特許文献1では、第1制御部にて演算された指令値に基づき、第1系統および第2系統の通電を制御する。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2018-130007号公報

発明の概要

[0005] 第1制御部から通信にて送られる指令値を用いて第2制御部での演算を行う場合、例えば第1制御部側にて演算負荷増大等により指令演算が通信タイミングに間に合わず、第1制御部と第2制御部とで異なる指令値を用いた制御が行われると、電圧指令値が増大し、過電流が生じる虞がある。

[0006] また、協調駆動制御において、複数系統の電流和および電流差を制御している場合、系統間で電流指令値が異なると、制御量が増大する。また、この状態で電流和と電流差の制御量のバランスが崩れると、過電流が生じる虞がある。本開示の目的は、過電流を抑制可能な回転電機制御装置を提供することにある。

[0007] 本開示の回転電機制御装置は、複数組のモータ巻線を有する回転電機の駆動を制御するものであって、モータ巻線に通電される電流の電流検出値および電流指令値に基づいてモータ巻線に印加する電圧指令値を演算し、電圧指

令値に基づいてモータ巻線の通電を制御する通電制御部を有し、モータ巻線ごとに設けられて相互に通信可能である複数の制御部を備える。回転電機制御装置は、モータ巻線と対応する制御部との組み合わせを系統とし、系統間で少なくとも1つのパラメータを共用して通電制御を行う協調駆動制御を実施可能である。

[0008] 1つの態様では、1つの制御部をメイン制御部、他の制御部をサブ制御部とすると、サブ制御部は、メイン制御部から送信された電流指令値を用いてモータ巻線の通電制御を行い、メイン制御部は、サブ制御部に送信したものと同一電流指令値を用いてモータ巻線の通電制御を行う。

[0009] もう1つの態様では、通電制御部は、自系統の電流検出値と他系統の電流検出値との電流和および電流差を用いた電流フィードバック制御において、電流和に基づくフィードバック演算結果である和のフィードバック制御量、および、電流差に基づくフィードバック演算結果である差のフィードバック制御量の上下限を制限する。これにより、過電流を防ぐことができる。

図面の簡単な説明

[0010] 本開示についての上記目的及びその他の目的、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実施形態による電動パワーステアリング装置の概略構成図であり、
[図2]図2は、第1実施形態による駆動装置の断面図であり、
[図3]図3は、図2のⅠⅠⅠーⅠⅠⅠ線断面図であり、
[図4]図4は、第1実施形態によるECUの構成を示すブロック図であり、
[図5]図5は、第1実施形態による第1制御部の通電制御部を示すブロック図であり、
[図6]図6は、第1実施形態による第1制御部および第2制御部の通電制御部を示すブロック図であり、
[図7]図7は、参考例による電流制御処理を説明するタイムチャートであり、
[図8]図8は、第1実施形態による電流制御処理を説明するタイムチャートで

あり、

[図9]図9は、第1実施形態による電流制御処理を説明するフローチャートであり、

[図10]図10は、第2実施形態による電流制御処理を説明するフローチャートであり、

[図11]図11は、第2実施形態による電流制御処理を説明するタイムチャートであり、

[図12]図12は、第2実施形態による電流制御処理を説明するタイムチャートであり、

[図13]図13は、第2実施形態による電流制御処理を説明するタイムチャートであり、

[図14]図14は、第3実施形態による設定定数送信処理を説明するフローチャートであり、

[図15]図15は、電流検出値および電流指令値を示すタイムチャートであり、

[図16]図16は、電流指令値が異なる場合の第1制御部のF B制御量を示すタイムチャートであり、

[図17]図17は、電流指令値が異なる場合の第2制御部のF B制御量を示すタイムチャートであり、

[図18]図18は、和のF B制御量と差のF B制御量の制限値が異なる場合の電圧指令値を示すタイムチャートであり、

[図19]図19は、和のF B制御量と差のF B制御量の制限値が異なる場合の電流を示すタイムチャートであり、

[図20]図20は、第4実施形態によるF B制御量制限処理を説明するフローチャートであり、

[図21]図21は、第4実施形態によるF B制御量および電圧指令値を示すタイムチャートであり、

[図22]図22は、第4実施形態によるF B制御量を示すタイムチャートであ

り、

[図23]図23は、第4実施形態によるFB制御量を示すタイムチャートであり、

[図24]図24は、第5実施形態による異常判定処理を説明するフローチャートであり、

[図25]図25は、第5実施形態による異常時処置への移行を説明するタイムチャートであり、

[図26]図26は、第6実施形態による異常判定処理を説明するフローチャートであり、

[図27]図27は、第7実施形態による第1制御部における指令値比較処理を説明するフローチャートであり、

[図28]図28は、第7実施形態による第2制御部における指令値比較処理を説明するフローチャートであり、

[図29]図29は、第7実施形態による指令値比較処理を説明するタイムチャートであり、

[図30]図30は、第7実施形態による指令値比較処理を説明するタイムチャートであり、

[図31]図31は、第8実施形態による第1制御部における指令値比較処理を説明するフローチャートであり、

[図32]図32は、第8実施形態による第2制御部における指令値比較処理を説明するフローチャートであり、

[図33]図33は、第8実施形態による指令値比較処理を説明するタイムチャートであり、

[図34]図34は、第9実施形態による第1制御部における指令値比較処理を説明するフローチャートであり、

[図35]図35は、第9実施形態による第2制御部における指令値比較処理を説明するフローチャートであり、

[図36]図35は、第9実施形態による指令値比較処理を説明するタイムチャ

ートであり、

[図37]図37は、第10実施形態による第1制御部における設定定数比較処理を説明するフローチャートであり、

[図38]図38は、第10実施形態による第1制御部における設定定数比較処理を説明するフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、本開示による回転電機制御装置を図面に基づいて説明する。以下、複数の実施形態において、実質的に同一の構成には同一の符号を付して説明を省略する。

[0012] (第1実施形態)

図1に示すように、回転電機制御装置としてのECU10は、回転電機としてのモータ80とともに、例えば車両のステアリング操作を補助するための電動パワーステアリング装置8に適用される。

[0013] 図1は、電動パワーステアリング装置8を備えるステアリングシステム90の全体構成を示すものである。ステアリングシステム90は、操舵部材であるステアリングホイール91、ステアリングシャフト92、ピニオンギア96、ラック軸97、車輪98、および、電動パワーステアリング装置8等を備える。

[0014] ステアリングホイール91は、ステアリングシャフト92と接続される。ステアリングシャフト92には、操舵トルクを検出するトルクセンサ94が設けられる。トルクセンサ94は、第1トルク検出部194および第2トルク検出部294を有しており、各々自身の故障検出ができるセンサが二重化されている。ステアリングシャフト92の先端には、ピニオンギア96が設けられる。ピニオンギア96は、ラック軸97に噛み合っている。ラック軸97の両端には、タイロッド等を介して一対の車輪98が連結される。

[0015] 運転者がステアリングホイール91を回転させると、ステアリングホイール91に接続されたステアリングシャフト92が回転する。ステアリングシャフト92の回転運動は、ピニオンギア96によってラック軸97の直線運

動に変換される。一对の車輪 98 は、ラック軸 97 の変位量に応じた角度に操舵される。

[0016] 図 1 および図 2 に示すように、電動パワーステアリング装置 8 は、駆動装置 1、および、動力伝達部である減速ギア 89 等を備える。駆動装置 1 は、モータ 80、および、ECU 10 を有する。駆動装置 1 は、モータ 80 の軸方向の一方側に ECU 10 が一体的に設けられており、いわゆる「機電一体型」であるが、モータ 80 と ECU 10 とは別途に設けられていてもよい。ECU 10 は、モータ 80 の出力軸とは反対側において、シャフト 870 の軸 A x に対して同軸に配置されている。ECU 10 は、モータ 80 の出力軸側に設けられていてもよい。機電一体型とすることで、搭載スペースに制約のある車両において、ECU 10 とモータ 80 とを効率的に配置することができる。

[0017] 減速ギア 89 は、モータ 80 の回転を減速して駆動対象であるステアリングシャフト 92 に伝える。すなわち、本実施形態の電動パワーステアリング装置 8 は、所謂「コラムアシストタイプ」であるが、モータ 80 の回転をラック軸 97 に伝える所謂「ラックアシストタイプ」等としてもよい。

[0018] 図 2 および図 3 に示すように、モータ 80 は、操舵に要するトルクの全部または全部を出力するものであって、2 組のモータ巻線 180、280 を有する。モータ 80 には、電源としてのバッテリー 191、291（図 4 参照）から電力が供給され、モータ巻線 180、280 への通電を制御することにより駆動され、減速ギア 89 を正逆回転させる。モータ 80 は、3 相ブラシレスモータであって、ステータ 840、ロータ 860、および、これらを収容するハウジング 830 等を備える。

[0019] 以下、第 1 モータ巻線 180 の通電制御に係る構成の組み合わせを第 1 系統 L1、第 2 モータ巻線 280 の通電制御に係る構成の組み合わせを第 2 系統 L2 とし、第 1 系統 L1 に係る構成を主に 100 番台で付番し、第 2 系統 L2 に係る構成を主に 200 番台で付番する。また、第 1 系統 L1 の第 1 制御部 151 に係る構成を 500 番台、第 2 系統 L2 の第 2 制御部 251 に係

る構成を６００番台で付番する。第１系統Ｌ１および第２系統Ｌ２において、同様または類似の構成には、下２桁が同じとなるように付番し、適宜説明を省略する。以下適宜、第１系統Ｌ１に係る値に添え字の「１」、第２系統Ｌ２に係る値に添え字の「２」を付して記載する。

[0020] ハウジング８３０は、リアフレームエンド８３７を含む有底筒状のケース８３４、および、ケース８３４の開口側に設けられるフロントフレームエンド８３８を有する。ケース８３４とフロントフレームエンド８３８とは、ボルト等により互いに締結されている。リアフレームエンド８３７には、リード線挿通孔８３９が形成される。

[0021] ステータ８４０は、ハウジング８３０に固定されており、モータ巻線１８０、２８０が巻回される。モータ巻線１８０、２８０の各相と接続されるリード線１８５、２８５は、リード線挿通孔８３９に挿通され、ＥＣＵ１０側に取り出されて基板２０に接続される。

[0022] ロータ８６０は、ステータ８４０の径方向内側に設けられる。ステータ８４０の径方向外側には、マグネットが設けられており、ステータ８４０に対して相対回転可能に設けられる。

[0023] シャフト８７０は、ロータ８６０に嵌入され、ロータ８６０と一体に回転する。シャフト８７０は、軸受８３５、８３６により、ハウジング８３０に回転可能に支持される。シャフト８７０のＥＣＵ１０側の端部は、ハウジング８３０からＥＣＵ１０側に突出する。シャフト８７０のＥＣＵ１０側の端部には、マグネット８７５が設けられる。

[0024] ＥＣＵ１０は、カバー１１、カバー１１に固定されているヒートシンク１５、ヒートシンク１５に固定されている基板２０、および、基板２０に実装される各種の電子部品等を備える。

[0025] カバー１１は、外部の衝撃から電子部品を保護したり、ＥＣＵ１０の内部への埃や水等の浸入を防止したりする。カバー１１は、カバー本体１２およびコネクタ部１３が一体に形成されている。コネクタ部１３は、カバー本体１２とは別体であってもよい。コネクタ部１３には、後述する電源コネクタ

１１１、２１１、車両通信コネクタ１１２、２１２、および、トルクコネクタ１１３、２１３が含まれる。コネクタ端子１４は、基板２０と接続される。本実施形態では、コネクタ部１３は、系統毎に設けられており、間口が２つであって、モータ８０と反対側に開口している。間口の数や向き、端子数等は、適宜変更可能である。

[0026] 基板２０は、例えばプリント基板であり、リアフレームエンド８３７と対向して設けられる。基板２０には、２系統分の電子部品が系統毎に領域を分けて実装されている。本実施形態では、１枚の基板２０に電子部品が実装されているが、複数の基板に分けて電子部品を実装してもよい。また、基板２０をモータ８０側（例えばリアフレームエンド８３７）に固定してもよい。

[0027] 基板２０の２つの主面のうち、モータ８０側の面をモータ面２１、モータ８０と反対側の面をカバー面２２とする。図３に示すように、モータ面２１には、インバータ回路１２０を構成するスイッチング素子１２１、インバータ回路２２０を構成するスイッチング素子２２１、回転角検出部１２６、２２６、カスタムＩＣ１３５、２３５等が実装される。回転角検出部１２６、２２６は、マグネット８７５の回転に伴う磁界の変化を検出可能なように、マグネット８７５と対向する箇所に実装される。

[0028] カバー面２２には、コンデンサ１２８、２２８、インダクタ１２９、２２９、および、制御部１５１、２５１を構成するマイコン等が実装される。図３では、制御部１５１、２５１を構成するマイコンについて、それぞれ「１５１」、「２５１」と付番した。コンデンサ１２８、２２８は、バッテリー１９１、２９１から入力された電力を平滑化する。また、コンデンサ１２８、２２８は、電荷を蓄えることで、モータ８０への電力供給を補助する。コンデンサ１２８、２２８、および、インダクタ１２９、２２９は、フィルタ回路を構成し、バッテリー１９１、２９１を共用する他の装置から伝わるノイズを低減するとともに、駆動装置１からバッテリー１９１、２９１を共用する他の装置に伝わるノイズを低減する。なお、図３中には図示を省略しているが、電源リレー、モータリレー、および、電流検出部１２７、２２７等につい

ても、モータ面 2 1 またはカバー面 2 2 に実装される。

[0029] 図 4 に示すように、ECU 1 0 は、インバータ回路 1 2 0、2 2 0、および、制御部 1 5 1、2 5 1 等を備える。ECU 1 0 には、電源コネクタ 1 1 1、2 1 1、車両通信コネクタ 1 1 2、2 1 2、および、トルクコネクタ 1 1 3、2 1 3 が設けられる。第 1 電源コネクタ 1 1 1 は、第 1 バッテリ 1 9 1 に接続され、第 2 電源コネクタ 2 1 1 は、第 2 バッテリ 2 9 1 に接続される。電源コネクタ 1 1 1、2 1 1 は、同一のバッテリーに接続されていてもよい。第 1 電源コネクタ 1 1 1 は、第 1 電源回路 1 1 6 を経由して、第 1 インバータ回路 1 2 0 と接続される。第 2 電源コネクタ 2 1 1 は、第 2 電源回路 2 1 6 を経由して、第 2 インバータ回路 2 2 0 と接続される。電源回路 1 1 6、2 1 6 には、例えば電源リレー等が含まれる。

[0030] 車両通信コネクタ 1 1 2 は車両通信網 1 9 5 に接続され、車両通信コネクタ 2 1 2 は車両通信網 2 9 5 に接続される。車両通信コネクタ 1 1 2、2 1 2 は、それぞれ別途の車両通信網 1 9 5、2 9 5 に接続されているが、同一の車両通信網に接続されてもよい。また、図 4 では、車両通信網 1 9 5、2 9 5 として、CAN (Controller Area Network) を例示しているが、CAN-FD (CAN with Flexible Data rate) や FlexRay 等、どのような規格のものでもよい。制御部 1 5 1、2 5 1 は、それぞれ、車両通信回路 1 1 7、2 1 7 を経由して車両通信網 1 9 5、2 9 5 と各種信号の送受信を行う。

[0031] トルクコネクタ 1 1 3、2 1 3 は、トルクセンサ 9 4 と接続される。詳細には、第 1 トルクコネクタ 1 1 3 は、第 1 トルク検出部 1 9 4 と接続される。第 2 トルクコネクタ 2 1 3 は、第 2 トルク検出部 2 9 4 と接続される。

[0032] 第 1 制御部 1 5 1 は、トルクコネクタ 1 1 3 およびトルクセンサ入力回路 1 1 8 を経由して、第 1 トルク検出部 1 9 4 から操舵トルク T_s に係るトルク信号を取得可能である。第 2 制御部 2 5 1 は、トルクコネクタ 2 1 3 およびトルクセンサ入力回路 2 1 8 を経由して、第 2 トルク検出部 2 9 4 から操舵トルク T_s に係るトルク信号を取得可能である。これにより、制御部 1 5

1、251は、トルク信号に基づき、操舵トルク T_s を演算可能である。

[0033] 第1インバータ回路120は、6つのスイッチング素子121を有する3相インバータであって、第1モータ巻線180へ供給される電力を変換する。スイッチング素子121は、第1制御部151から出力される制御信号に基づいてオンオフ作動が制御される。第2インバータ回路220は、6つのスイッチング素子221を有する3相インバータであって、第2モータ巻線280へ供給される電力を変換する。スイッチング素子221は、第2制御部251から出力される制御信号に基づいてオンオフ作動が制御される。

[0034] 第1電流検出部127は、第1モータ巻線180の各相に通電される電流を検出し、検出値を第1制御部151に出力する。第2電流検出部227は、第2モータ巻線280の各相に通電される電流を検出し、検出値を第2制御部251に出力する。第1回転角検出部126は、モータ80の回転角を検出し、検出値を第1制御部151に出力する。第2回転角検出部226は、モータ80の回転角を検出し、検出値を第2制御部251に出力する。

[0035] 制御部151、251は、マイコン等を主体として構成され、内部にはいずれも図示しないCPU、ROM、RAM、I/O及び、これらの構成を接続するバスライン等を備えている。制御部151、251における各処理は、ROM等の実体的なメモリ装置（すなわち、読み出し可能非一時的有形記録媒体）に予め記憶されたプログラムをCPUで実行することによるソフトウェア処理であってもよいし、専用の電子回路によるハードウェア処理であってもよい。第1制御部151および第2制御部251は、相互に通信可能に設けられる。以下、制御部151、251間の通信を、「マイコン間通信」という。通信方法は、SPIやSENT等のシリアル通信や、CAN通信、FlexRay通信等、どのような方法を用いてもよい。後述の実施形態の各制御部についても同様である。

[0036] 本実施形態の電流制御を図5および図6に示す。図5および図6では、簡略化のため、制御線やブロックを一部省略している。図5は、第1制御部151について示しており、第2制御部251の記載は省略した。また、図6

では、記載の都合上、送信部 171、271 および受信部 172、272 を適宜分けて記載した。以下、第 1 系統 L1 の値と第 2 系統 L2 の値とを読み替えれば同様である点については、d 軸電流演算等、第 2 制御部 251 に係る説明は適宜省略し、第 1 制御部 151 を例に説明する。

[0037] 本実施形態では、第 1 系統 L1 をメイン系統、第 2 系統 L2 をサブ系統として説明する。ここでは、どちらの指令を優先的に使用するかを区別するために便宜的に「メイン」、「サブ」としているが、出力は同等である。以下、第 1 系統 L1 をメイン、第 2 系統 L2 をサブとして第 1 系統 L1 と第 2 系統 L2 とを協調させる制御を「協調駆動制御」、第 1 系統 L1 と第 2 系統 L2 とを協調させずに 2 系統で駆動する制御を「独立駆動制御」、第 1 系統 L1 または第 2 系統 L2 の一方で駆動する制御を「片系統駆動制御」とする。

[0038] 図 5 および図 6 に示すように、第 1 制御部 151 は、通電制御部 500、異常判定部 560、警告部 565、送信部 171、および、受信部 172 等を有する。通電制御部 500 は、第 1 モータ巻線 180 の通電を制御するものであって、電気角演算部 506、検出電流演算部 507、トルク指令演算部 511、基本指令演算部 512、トルク d 軸電流指令演算部 519、弱め界磁演算部 521、弱め界磁 d 軸電流指令調停部 522、d 軸電流指令演算部 525、q 軸電流指令演算部 526、電流制御演算部 530、および、PWM 出力部 555 等が含まれる。

[0039] 第 2 制御部 251 は、通電制御部 600、異常判定部 660、警告部 665、送信部 271、および、受信部 272、等を有する。通電制御部 600 は、第 2 モータ巻線 280 の通電を制御するものであって、電気角演算部 606、検出電流演算部 607、トルク指令演算部 611、基本指令演算部 612、トルク d 軸電流指令演算部 619、弱め界磁演算部 621、弱め界磁 d 軸電流指令調停部 622、d 軸電流指令演算部 625、q 軸電流指令演算部 626、電流制御演算部 630、および、PWM 出力部 655 等が含まれる。

[0040] 送信部 171 は、第 1 制御部 151 にて演算された値が格納され、通信タ

タイミングにて格納されている値を第2制御部251に送信する。受信部172は、第2制御部251から送信された値を受信する。送信部271は、第2制御部251にて演算された値が格納され、通信タイミングにて格納されている値を第1制御部151に送信する。受信部272は、第1制御部151から送信された値を受信する。

[0041] 電気角演算部506は、回転角検出部126の検出値に基づき、電気角 θ_{e1} を演算する。検出電流演算部507は、電流検出部127の検出値に基づいて各相電流 I_{u1} 、 I_{v1} 、 I_{w2} を演算する。また、検出電流演算部507は、電気角 θ_{e1} を用いて各相電流 I_{u1} 、 I_{v1} 、 I_{w1} をd-q変換し、d軸電流検出値 I_{d1} およびq軸電流検出値 I_{q1} を演算する。以下、d軸とq軸の値をまとめて記載する場合、「d-q軸」とする。d-q軸電流検出値 I_{d1} 、 I_{q1} は、自系統での電流制御演算に用いられる他、マイコン間通信にて第2制御部250に送信され、他系統での電流制御にも用いられる。

[0042] 図5に示すように和差演算部508は、第1系統L1のd-q軸電流検出値 I_{d1} 、 I_{q1} 、および、第2系統L2のd-q軸電流検出値 I_{d2} 、 I_{q2} を取得する。和差演算部508は、d軸電流検出値 I_{d1} 、 I_{d2} の和であるd軸電流和 I_{d_a} 、d軸電流検出値 I_{d1} 、 I_{d2} の差であるd軸電流差 I_{d_s} 、q軸電流検出値 I_{q1} 、 I_{q2} の和であるq軸電流和 I_{q_a} 、および、q軸電流検出値 I_{q1} 、 I_{q2} の差であるq軸電流差 I_{q_s} 演算する。トルク電流演算部509は、d軸電流和 I_{d_a} およびq軸電流和 I_{q_a} に基づき、トルク電流検出値 I_{trq1} を演算する。本実施形態では、トルク電流検出値 I_{trq1} をモニタすることで、モータ80の出力トルクをモニタしている。

[0043] 図6に示すように、トルク指令演算部511は、操舵トルクや車速等に基づき、トルク指令値 T_{rq1}^* を演算する。基本指令演算部512は、トルク電流指令演算部513、電流制限演算部515、電流制限調停部516、および、電流制限部517を有し、基本電流指令値 I_{b1}^* を演算する。基本指

令演算部 6 1 2 は、トルク電流指令演算部 6 1 3、切替部 6 1 4、電流制限演算部 6 1 5、電流制限調停部 6 1 6、および、電流制限部 6 1 7 を有し、基本電流指令値 I_{b2}^* を演算する。

[0044] トルク電流指令演算部 5 1 3、6 1 3 は、トルク指令値 T_{rq1}^* 、 T_{rq2}^* に基づき、例えば所定の係数を乗じることで、トルク電流指令値 I_{trq1}^* 、 I_{trq2}^* を演算する。第 1 トルク電流指令値 I_{trq1}^* は、第 2 制御部 2 5 1 に送信される。

[0045] 切替部 6 1 4 は、制御に用いるトルク電流指令値 I_{trq1}^* 、 I_{trq2}^* を切替可能である。本実施形態では、切替部 6 1 4 は、協調駆動制御のとき、第 1 トルク電流指令値 I_{trq1}^* を用い、独立駆動制御または第 2 系統 L 2 での片系統駆動制御のとき、第 2 トルク電流指令値 I_{trq2}^* を選択する。

[0046] 電流制限演算部 5 1 5 は、過熱保護等のための電流制限値 I_{lim1} を演算する。電流制限値 I_{lim1} は、第 2 制御部 2 5 1 に送信される。また、第 1 制御部 1 5 1 は、第 2 制御部 2 5 1 で演算された電流制限値 I_{lim2} を取得する。

[0047] 電流制限調停部 5 1 6 は、自系統の電流制限値 I_{lim1} 、および、他系統の電流制限値 I_{lim2} に基づき、調停後電流制限値 I_{lim_m1} を演算する。本実施形態では、ミニマムセレクトにて、自系統の電流制限値 I_{lim1} または他系統の電流制限値 I_{lim2} の小さい方の値を調停後電流制限値 I_{lim_m1} とする。

[0048] 電流制限部 5 1 7 は、トルク電流指令値 I_{trq1}^* および調停後電流制限値 I_{lim_m1} に基づき、小さい方の値を基本電流指令値 I_{b1}^* を演算する。電流制限部 6 1 7 では、切替部 6 1 4 で選択されたトルク電流指令値および調停後電流制限値 I_{lim_m2} に基づき、小さい方の値を基本電流指令値 I_{b2}^* を演算する。

[0049] トルク d 軸電流指令演算部 5 1 9 は、基本電流指令値 I_{b1}^* に基づき、マップ演算等によりトルク d 軸電流指令値 $I_{d_t1}^*$ を演算する。

- [0050] 弱め界磁演算部521は、電流制限値 I_{lim1} 、最大印加電圧に対する飽和値、および、電圧指令値の変調率等に基づき、制限前弱め界磁d軸電流指令値 $I_{dw b1*}$ を演算する。また、弱め界磁演算部521は、和差演算部508からq軸電流和 I_{qa} を取得し、q軸電流和 I_{qa} に基づいて弱め界磁d軸電流制限値 $I_{lim w1}$ を演算する。弱め界磁演算部521は、制限前弱め界磁d軸電流指令値 $I_{dw b1*}$ および弱め界磁d軸電流制限値 $I_{lim w1}$ に基づき、絶対値が小さい方の値を弱め界磁d軸電流指令値 I_{dw1*} とする。弱め界磁d軸電流指令値 I_{dw1*} は、第2制御部251に送信される。また、第1制御部151は、第2制御部251で演算された弱め界磁d軸電流指令値 I_{dw2*} を取得する。
- [0051] 弱め界磁d軸電流指令調停部522は、自系統の弱め界磁d軸電流指令値 I_{dw1*} 、および、他系統の弱め界磁d軸電流指令値 I_{dw2*} に基づき、調停後弱め界磁d軸電流指令値 $I_{dw m1*}$ を演算する。本実施形態では、ミニマムセレクトにて、調停後弱め界磁d軸電流指令値 $I_{dw m1*}$ を演算する。なお、d軸電流が負の値であれば、ミニマムセレクトでは、絶対値が大きい方の値が選択されることを補足しておく。他のd軸電流に係るミニマムセレクトも同様である。なお、図5では、簡略化のため、弱め界磁d軸電流指令調停部522の記載を省略し、自系統の弱め界磁d軸電流指令値 I_{dw1*} がd軸電流指令演算部525に入力されるものとして記載した。
- [0052] d軸電流指令演算部525は、トルクd軸電流指令値 I_{dt1*} および調停後弱め界磁d軸電流指令値 $I_{dw m1*}$ に基づき、ミニマムセレクトにて、d軸電流指令値 I_{d1*} を演算する。q軸電流指令演算部526は、基本電流指令値 I_{b1*} およびd軸電流指令値 I_{d1*} に基づき、例えばマップ演算によりq軸電流指令値 I_{q1*} を演算する。
- [0053] 電流制御演算部530は、電流指令値 I_{d1*} 、 I_{q1*} 等に基づき、電流和指令値 I_{da*} 、 I_{qa*} および電流差指令値 I_{ds*} 、 I_{qs*} を演算する。図5に示すように、電流制御演算部530は、減算器531～534、電流フィードバック制御部541～544、および、電圧指令演算部55

0等を有する。

[0054] 減算器531は、d軸電流和指令値 $I_{d_a}^*$ からd軸電流和 I_{d_a} を減算し、d軸電流和偏差 ΔI_{d_a} を演算する。減算器532は、q軸電流和指令値 $I_{q_a}^*$ からq軸電流和 I_{q_a} を減算し、q軸電流和偏差 ΔI_{q_a} を演算する。減算器533は、d軸電流差指令値 $I_{d_s}^*$ からd軸電流差 I_{d_s} を減算し、d軸電流差偏差 ΔI_{d_s} を演算する。減算器534は、q軸電流差指令値 $I_{q_s}^*$ からq軸電流差 I_{q_s} を減算し、q軸電流差偏差 ΔI_{q_s} を演算する。

[0055] 電流フィードバック制御部541～544は、それぞれ、d軸電流和偏差 ΔI_{d_a} 、q軸電流和偏差 ΔI_{q_a} 、d軸電流差偏差 ΔI_{d_s} 、q軸電流差偏差 ΔI_{q_s} が0に収束するように、例えばPI演算等により、和のFB制御量 FB_{d_a} 、 FB_{q_a} 、および、差のFB制御量 FB_{d_s} 、 FB_{q_s} を演算する。電圧指令演算部550は、FB制御量 FB_{d_a} 、 FB_{q_a} 、 FB_{d_s} 、 FB_{q_s} に基づき、電圧指令値 V_{d1}^* 、 V_{q1}^* 、 V_{d2}^* 、 V_{q2}^* を演算する。すなわち本実施形態の協調駆動制御では、2系統の電流和と電流差を制御する「和と差の制御」を行っている。これにより、相互インダクタンスの影響を打ち消すことができる。

[0056] PWM出力部555は、電圧指令値 V_{d1}^* 、 V_{q1}^* を逆dq変換した3相電圧指令 V_{u1}^* 、 V_{v1}^* 、 V_{w1}^* に基づき、PWM信号を生成する。PWM信号は、信号タイミングが系統間で揃うよう、例えば同期信号等により同期される。同期信号は、一方の系統から他方の信号に送信されるようにしてもよいし、両系統が外部から取得するようにしてもよい。

[0057] 異常判定部560は、電流検出値等の異常を判定する。異常が検出された場合、異常時処置を行う。警告部565は、異常時処置を行う場合、ワーニングランプ等によりドライバに異常を警告する。ドライバへの警告は、ワーニングランプの点灯に限らず、ディスプレイ表示や音声での警告としてもよい。異常判定および異常時処置の詳細は、後述の実施形態にて説明する。

[0058] 協調駆動制御において、第2系統L2では、第1系統L1からマイコン間

通信にて送信される電流指令値を用いて電流制御を行う。詳細には、第1系統L1から送信される電流指令値は、第1トルク電流指令値 I_{trq1}^* であるが、以下適宜、説明の簡略化のため、協調駆動制御時に制御部151、251にて共通して用いられる電流指令値を、電流指令値 I^* とする。

[0059] 電流制御演算を図7および図8のタイムチャートに基づいて説明する。図7および図8では、共通時間軸を横軸とし、上段から、第1制御部151での電流指令演算、送信電流指令値格納、第1制御部151での電流フィードバック制御、マイコン間通信、受信電流指令値格納、第2制御部251での電流フィードバック制御である。以下、「フィードバック」を、適宜「FB」と記載する。

[0060] 図7等において、上から3段は第1制御部151での処理であり、下2段は第2制御部251での処理であり、図中の「(L1)」は第1制御部151での処理、「(L2)」は第2制御部251での処理であることを意味する。また、「<Ca>」といった具合に適宜演算値を記載するとともに、演算値のやり取りを一点鎖線の矢印で示した。また図7および図8では、指令演算周期（例えば400[μs]）よりも電流FB演算周期（例えば200[μs]）の方が短い場合を例示した。

[0061] 図7に示すように、時刻x10～時刻x11にて、第1制御部151で演算された電流指令値 I^* の値をCaとすると、時刻x12にて電流指令値 I^* として値Caが送信部171に格納される。時刻x12は、時刻x13にて開始するマイコン間通信の格納データ更新タイミングである。時刻x13にて第1制御部151から第2制御部251に送信された電流指令値 I^* は、時刻x14にて受信部272に格納される。また、時刻x15では、電流制御演算部530、630における電流指令値 I^* の値は共にCaであって、同一の値を用いた電流FB演算が行われる。

[0062] ここで、時刻x16からの電流指令値演算において、演算負荷の増大等により、電流指令値 I^* の演算がマイコン間通信の格納データ更新タイミングである時刻x17に間に合わなかった場合、送信部171には前回値Caが保

持され、時刻×18では、電流指令値 I^* として値C aが第2制御部251に送信される。第2制御部251では、時刻×19にて、電流指令値 I^* として値C aを用いた電流F B演算が行われる。

[0063] 参考例として、時刻×19において、第1制御部151での電流F B演算に電流指令値 I^* として最新の値C bを用いると、制御部151、251にて、異なる指令値での電流F B制御が行われることになる。各系統で電流指令値 I^* が異なる場合、電圧指令値が増大し、異常電流が発生する虞がある。

[0064] そこで本実施形態では、第1制御部151および第2制御部252にて同一の電流指令値 I^* を用いた電流F B演算を行うべく、第1制御部151では、送信部171に格納されている値を電流F B演算に用いる。

[0065] 図8に示すように、時刻×20～時刻×21にて、第1制御部151での電流指令演算で演算された値C aは、時刻×22にて送信部171に格納され、時刻×23にてマイコン間通信にて第2制御部251に送信される。第2制御部252側の処理は、図7と同様である。第1制御部151は、時刻×24において、送信部171に格納されている値C aを電流指令値 I^* として用いて電流F B演算を行う。

[0066] 時刻×30からの電流指令演算において、電流指令値 I^* の演算がマイコン間通信の格納データ更新タイミングの時刻×31に間に合わなかった場合、送信部171には前回更新時の値C aが保持されているので、時刻×33では、第1制御部151は電流指令値 I^* として値C aを用いて電流F B演算を行う。すなわち、第1制御部151は、時刻×32にて電流指令値 I^* の演算が完了しているが、第2制御部251と用いる値を揃えるべく、時刻×32にて演算された値C bではなく、送信部171に格納されている前回値である値C aを用いて電流F B演算を行う。

[0067] 次のデータ更新タイミングである時刻×34では、時刻×32にて演算完了した値C bが電流指令値 I^* として送信部171に格納され、時刻×35にて第2制御部251に送信される。時刻×36では、制御部151、251は、共に値C bを電流指令値 I^* として用いて電流F B制御を行う。

- [0068] 本実施形態の電流制御処理を図9のフローチャートに基づいて説明する。
この処理は、メイン制御部である第1制御部151における処理である。以下、ステップS101等の「ステップ」を省略し、単に記号「S」と記す。
- [0069] S101では、第1制御部151は、電流指令値 I^* を演算する。S102では、第1制御部151は、所定の更新タイミングにて送信部171のデータを更新する。ここでは、電流指令演算が終わっていない場合、前回値が保持される。S103では、第1制御部151は、マイコン間通信にて送信部171に格納されているデータを第2制御部251へ送信する。S104では、第1制御部151は、送信部171に格納されている電流指令値 I^* を用いて電流FB制御演算を行う。
- [0070] 本実施形態では、第1系統L1と第2系統L2で同一の電流指令値 I^* を用いた電流FB演算が行われるように、第1制御部151では、送信部171に格納されている値を用いて電流FB演算を行う。これにより、マイコン間通信タイミングに電流指令値 I^* の演算が間に合わなかった場合であっても、制御部151、251にて、同じ値を用いた電流フィードバック演算を行うことができる。
- [0071] 以上説明したように、ECU10は、複数組のモータ巻線180、280を有するモータ80の駆動を制御するものであって、複数の制御部151、251を備える。制御部151、251は、通電制御部500、600を有し、モータ巻線180、280ごとに設けられて相互に通信可能である。通電制御部500、600は、モータ巻線180、280に通電される電流の電流検出値および電流指令値に基づいてモータ巻線180、280に印加する電圧指令値を演算し、電圧指令値に基づいてモータ巻線180、280の通電を制御する。
- [0072] ECU10は、モータ巻線180、280と対応する制御部151、251との組み合わせを系統とし、系統間で少なくとも1つのパラメータを共用して通電制御を行う協調駆動制御を実施可能である。パラメータには、電流指令値や電流検出値等が含まれる。電流以外に係る指令値や検出値を含んで

もよい。詳細には、本実施形態では、協調駆動制御において、電流検出値 I_{d1} 、 I_{q1} 、 I_{d2} 、 I_{q2} 、および、トルク電流指令値 I_{trq1}^* 等が共用される。

[0073] 1つの制御部151をメイン制御部、他の制御部251をサブ制御部とすると、第2制御部251は、第1制御部151から送信された電流指令値 I^* を用いてモータ巻線280の通電制御を行う。第1制御部151は、第2制御部251に送信したのと同じ電流指令値 I^* を用いてモータ巻線180の通電制御を行う。制御部151、251で同じ電流指令値 I^* を用いることで、系統間での指令値乖離による異常電流の発生を防ぐことができる。

[0074] 第1制御部151は、第2制御部251に送信する電流指令値 I^* を格納可能な送信部171を有し、送信部171に格納した電流指令値 I^* を用いてモータ巻線180の通電制御を行う。これにより、例えば演算負荷等により、電流指令値 I^* の演算がマイコン間通信に間に合わなかった場合であっても、第1制御部151は、第2制御部251に送信した値と同じ値を用いた電流FB制御演算を行うことができる。

[0075] (第2実施形態)

第2実施形態を図10～図13に示す。本実施形態の電流制御処理を図10のフローチャートに基づいて説明する。以下適宜、演算タイミングを、適宜添え字の (n) 、 $(n-1)$ 等で示す。S121では、第1制御部151は、S101と同様、電流指令値 I^* を演算する。

[0076] S122では、第1制御部151は、送信部171に格納する今回値 $I_{(n)}^*$ が前回値 $I_{(n-1)}^*$ と異なるか否かを判断する。今回値 $I_{(n)}^*$ が前回値 $I_{(n-1)}^*$ と等しいと判断された場合(S122:NO)、S123をスキップし、送信部171の値を更新しない。今回値 $I_{(n)}^*$ が前回値 $I_{(n-1)}^*$ と異なると判断された場合(S122:YES)、S123へ移行し、所定の更新タイミングで送信部171のデータを更新する。S124では、制御部151は、マイコン間通信にて送信部171に格納されているデータを第2制御部251へ送信する。

[0077] S125では、第1制御部151は、送信部171に格納されている電流

指令値 I^* が更新されたか否か判断する。送信部 171 の電流指令値 I^* が更新されていると判断された場合 (S125: YES)、S126 へ移行し、電流指令値 I^* を更新して電流 FB 制御演算を行う。送信部 171 の電流指令値 I^* が更新されていないと判断された場合 (S124: NO)、S127 へ移行し、電流指令値 I^* を更新せず電流 FB 制御演算を行う。

[0078] 電流制御処理を説明するタイムチャートを図 11～図 13 に示す。図 11 に示すように、時刻 $x40$ ～時刻 $x41$ にて、第 1 制御部 151 で演算された電流指令値 I^* の値が Cb であって、送信部 171 に格納されている値 Ca と異なっているので、マイコン間通信の格納データ更新タイミングである時刻 $x42$ にて値 Cb が送信部 171 に格納される。

[0079] 時刻 $x43$ では、マイコン間通信にて電流指令値 I^* が第 2 制御部 251 に送信される。時刻 $x44$ では、第 1 制御部 151 は、送信部 171 に格納されている電流指令値 I^* が値 Cb に更新されているので、値 Cb を用いて電流 FB 演算を行う。これにより、時刻 $x44$ において、制御部 151、251 では、同じ値 Cb を用いた電流 FB 制御演算が行われる。

[0080] 図 12 に示すように、時刻 $x50$ からの電流指令演算において、電流指令値 I^* の演算がマイコン間通信の格納データ更新タイミングである時刻 $x51$ に間に合わなかった場合、送信部 171 のデータは更新されず、値 Ca が保持され、時刻 $x52$ にて第 2 制御部 251 に送信される。第 2 制御部 251 では、時刻 $x54$ にて、電流指令値 I^* として値 Ca を用いた電流 FB 制御演算が行われる。また、時刻 $x54$ にて、第 1 制御部 151 は、送信部 171 のデータが更新されていないので、電流 FB 制御演算に用いる指令値を更新せず、電流指令値 I^* として値 Ca を用いて電流 FB 制御演算を行う。すなわち、送信部 171 に格納された値が更新されていなければ、電流 FB 制御演算に使用する電流指令値 I^* も更新しない。

[0081] 時刻 $x51$ の次のデータ更新タイミングである時刻 $x55$ では、送信部 171 に格納される電流指令値 I^* が時刻 $x53$ にて演算完了した値 Cb に更新され、時刻 $x56$ にて第 2 制御部 251 へ送信される。時刻 $x57$ にて、第

2制御部252は、電流指令値 I^* として値C_bを用いて電流F_B演算を行う。また、第1制御部151は、送信部171のデータが更新されているので、電流指令値 I^* を値C_bに更新し、電流F_B制御演算を行う。

[0082] 図13に示すように、時刻 $\times 58$ に演算完了した電流指令値 I^* の値が、送信部171に格納されている値C_aと同じである場合、送信部171に格納されている値を更新しない。制御部151、251は、次の電流指令値 I^* の演算まで、電流指令値 I^* として値C_aを用いた演算を継続する。

[0083] 本実施形態では、第1制御部151では、送信部171に格納された電流指令値 I^* の更新状況を判定し、値が更新されている場合は、電流F_B制御演算に用いる電流指令値 I^* を更新する。また、送信部171に格納された電流指令値 I^* が更新されていない場合、電流F_B演算に用いる電流指令値 I^* を更新せず、前回値での電流F_B演算を行う。これにより、制御部151、251にて、同じ値を用いた電流F_B演算を行うことができる。

[0084] 第1制御部151は、送信部171に格納されている電流指令値 I^* が更新されていない場合、電流指令値として前回値を保持してモータ巻線180の通電制御を行う。これにより、例えば演算負荷等により、電流指令値 I^* の演算がマイコン間通信に間に合わなかった場合、第1制御部151においても電流指令値 I^* を更新せず前回値での電流F_B制御演算が実施されるので、系統間での指令値乖離による異常電流の発生を防ぐことができる。また上記実施形態と同様の効果を奏する。

[0085] (第3実施形態)

第3実施形態を図14に示す。上記実施形態では、制御部151、251にて、電流指令値 I^* として同じ値を用いて電流F_B制御を行う。ここで、電流指令値 I^* が同じであっても、電流F_B制御に用いる設定定数が異なっている場合、電流F_B制御演算結果としての電圧指令値が異なり、異常電流が発生する虞がある。

[0086] そこで本実施形態では、第1制御部151側が全ての設定定数を持っており、第2制御部251では、第1制御部151から送信された設定定数を用

いて電流制御演算を行う。設定定数には、例えば電流制限値、PIゲイン、および、異常判定閾値等が含まれる。なお、第2制御部251側で設定定数を持つように構成し、第2制御部251から第1制御部151へ設定定数を送るように構成してもよい。

[0087] 本実施形態の設定定数送信処理を図14のフローチャートに基づいて説明する。この処理は、例えばECU10が起動されたイニシャルチェック時に行われる処理であるが、イニシャルチェック以外の任意のタイミングで行ってもよい。第10実施形態も同様である。

[0088] S201では、第1制御部151は、第2制御部251へ設定定数を送信する。S202では、第2制御部251は、第1制御部151から設定定数を受信する。S203では、第2制御部251は、受信した設定定数を図示しない記憶部に格納する。

[0089] 本実施形態では、1つの制御部151は、電流制御演算に用いる定数である設定定数を、他の制御部251に送信する。換言すると、本実施形態では、1つの制御部151のみに設定定数が格納されており、設定定数を他の制御部251と共用する。これにより、制御部151、251にて同じ設定定数を用いての電流制御演算を行うことができるので、設定定数の違いによる演算値の乖離を防ぐことができる。また上記実施形態と同様の効果を奏する。

[0090] (第4実施形態)

第4実施形態を図15～図23に示す。上記実施形態では、制御部151、251にて電流指令値 I^* を共通にしている。本実施形態では、制御部151、251で電流指令値 I^* が異なっている場合を説明する。

[0091] まず、電流FB制御演算について、q軸電流を例に説明する。第1系統L1のq軸電流検出値を I_{q1} 、第2系統L2のq軸電流検出値を I_{q2} 、q軸電流和 I_{q_a} を式(1)、q軸電流差 I_{q_s} を式(2)とする。また、電流差指令値を0とし、電流検出値が安定しているとき、電流和指令値と電流和とは一致する。また、式(1)、(2)を前提とすれば、電流検出値

I_{q1} 、 I_{q2} は、電流和と電流差から、式（３）、（４）となる。

$$[0092] \quad I_{q_a} = I_{q1} + I_{q2} \quad \dots (1)$$

$$I_{q_s} = I_{q1} - I_{q2} \quad \dots (2)$$

$$I_{q1} = (I_{q_a} + I_{q_s}) / 2 \quad \dots (3)$$

$$I_{q2} = (I_{q_a} - I_{q_s}) / 2 \quad \dots (4)$$

[0093] 第１系統Ｌ１の電流和指令値を x 、第２系統Ｌ２の電流和指令値を y とすると、式（５）～（７）となり、ＦＢ制御量 FB_{q_a1} 、 FB_{q_a2} 、 FB_{q_s1} 、 FB_{q_s2} の傾きは全て同じとなる。すなわち、第１系統Ｌ１では、和のＦＢ制御量 FB_{q_a1} と差のＦＢ制御量 FB_{q_s1} は逆方向に同じだけ増え、第２系統Ｌ２では和のＦＢ制御量 FB_{q_a2} と差のＦＢ制御量 FB_{q_s2} は同じ方向に同じだけ増える。また、和のＦＢ制御量と差のＦＢ制御量とが同様に変化している場合、電圧指令値は変化しない。

[0094] 第１系統の電流和指令値－電流和

$$= I_{q_a1}^* - I_{q_a} = x - (x + y) / 2 = (x - y) / 2 \quad \dots (5)$$

第２系統の電流和指令値－電流和

$$= I_{q_a2}^* - I_{q_a} = y - (x + y) / 2 = -(x - y) / 2 \quad \dots (6)$$

電流差指令値－電流差

$$\begin{aligned} &= I_{q_s1}^* - I_{q_s} = I_{q_s2}^* - I_{q_s} \\ &= 0 - (x - y) / 2 = -(x - y) / 2 \quad \dots (7) \end{aligned}$$

[0095] また、第１系統Ｌ１の電圧指令値 V_{q1}^* を式（８）、第２系統Ｌ２の電圧指令値 V_{q2}^* を式（９）とする。

$$[0096] \quad V_{q1}^* = (FB_{q_a1} + FB_{q_s1}) / 2 \quad \dots (8)$$

$$V_{q2}^* = (FB_{q_a2} - FB_{q_s2}) / 2 \quad \dots (9)$$

[0097] 図１５～図１７は、いずれも横軸を時間とし、図１５は電流指令値および電流検出値、図１６は第１制御部１５１の和と差のＦＢ制御量、図１７は第

2制御部251の和と差のFB制御量を示している。図15に示すように、第1制御部151の電流和指令値 $I_{q_a1}^*$ および電流検出値 I_{q1} と、第2制御部251の $I_{q_a2}^*$ および電流検出値 I_{q2} とが異なっているものとする。

[0098] 図16に示すように、第1制御部151では、検出値であるq軸電流和 I_{q_a} が電流和指令値 $I_{q_a1}^*$ より小さいため、和のFB制御量 FB_{q_a1} は電流和を大きくする側に演算される。図17に示すように、第2制御部251では、q軸電流和 I_{q_a} が電流和指令値 $I_{q_a2}^*$ より大きいいため、和のFB制御量 FB_{q_a2} は電流和を小さくする側に演算される。また、図16および図17に示すように、電流検出値 I_{q1} 、 I_{q2} に差が生じているので、差のFB制御量 FB_{q_s1} 、 FB_{q_s2} は電流差を小さくする側に演算される。

[0099] 本実施形態では、電流制御演算部530、630において、制御のオーバーフローを防ぐべく、FB制御量の上下限にガードをかける。和のFB制御量の制限値を A_lim 、差のFB制御量の制限値を S_lim とすると、1系統駆動時の出力が狙い通りとなるように、和の制限値 A_lim を差の制限値 S_lim より大きく設定する、といった具合に、和の制限値 A_lim と差の制限値 S_lim とを異ならせる場合がある。

[0100] 図18は、第1系統L1のq軸電流に係る値であって、上段から、和のFB制御量 FB_{q_a1} 、差のFB制御量 FB_{q_s1} 、電圧指令値 V_{q1}^* を示している。この例では、和の制限値 A_lim （図18には不図示）と差の制限値 S_lim とが異なっており、 $|S_lim| < |A_lim|$ である。時刻 x_r にて、差のFB制御量 FB_{q_s1} が制限値 $-S_lim$ となると、 $FB_{q_s1} = -S_lim$ で制限される。一方、和のFB制御量 $FB_{q_a1} < A_lim$ であるので、電圧指令値 V_{q1}^* は、和のFB制御量 FB_{q_a1} の増加に伴って増大する。図19に示すように、電流和が一定であっても、電圧指令値 V_{q1}^* 、 V_{q2}^* の増大に伴って電流検出値 I_{q1} 、 I_{q2} が増大すると、過電流となる虞がある。

[0101] そこで本実施形態では、和のFB制御量 FBq_a または差のFB制御量 FBq_s の一方が制限値で制限される場合、他方は前回値を保持する。本実施形態のFB制御量制限処理を図20のフローチャートに基づいて説明する。図20では、和の制限値 A_lim が差の制限値 S_lim より大きいものとして説明する。

[0102] S301では、電流制御演算部530、630は、差のFB制御量 FBq_s が差の制限値 S_lim で制限されているか否か判断する。差のFB制御量 FBq_s が差の制限値 S_lim で制限されていないと判断された場合（S301：NO）、S302へ移行し、和のFB制御量 FBq_a として今回の演算値を用いる。差のFB制御量 FBq_s が差の制限値 S_lim で制限されていると判断された場合（S301：YES）、S303へ移行し、和のFB制御量 FBq_a として前回値を保持する。

[0103] 図21では、第1系統L1を例とし、共通時間軸を横軸とし、上段から、和のFB制御量 FBq_a1 、差のFB制御量 FBq_s1 、電圧指令値 $Vq1^*$ を示している。図21に示すように、 $|S_lim| < |A_lim|$ であって、時刻x60にて、差のFB制御量 FBq_s1 が差の制限値 $-S_lim$ で制限されると、和のFB制御量 FBq_a1 は前回値を保持する。これにより、電圧指令値 $Vq1^*$ が保持されるため、過電流を防ぐことができる。

[0104] なお、制限値は、d軸の和と差、q軸の和と差でそれぞれ揃っていればよく、d軸に係る値とq軸に係る値とで等しくてもよく、異なってもよい。図22および図23では、第1系統L1を例とし、共通時間軸を横軸とし、上段から、d軸の和のFB制御量 FBd_a1 、差のFB制御量 FBd_s1 、q軸の和のFB制御量 FBq_a1 、差のFB制御量 FBq_s1 を示す。また、d軸の和の制限値を Ad_lim 、d軸の差の制限値を Sd_lim 、q軸の和の制限値を Aq_lim 、q軸の差の制限値を Sq_lim とする。

[0105] 図22の例では、d軸の差の制限値 Sd_lim とq軸の差の制限値 Sq

__l i mとが異なっており、 $S d_l i m < S q_l i m$ である。時刻×61にてd軸の差のFB制御量 $F B d_s 1$ が制限値 $S d_l i m$ で制限されるので、和のFB制御量 $F B d_a 1$ は前回値が保持される。また、時刻×62にてq軸の差のFB制御量 $F B q_s 1$ が制限値 $S q_l i m$ で制限されるので、和のFB制御量 $F B q_a 1$ は前回値が保持される。

[0106] また、FB制御量の傾きは等しいので、図23に示すように、d軸の和の制限値 $A d_l i m$ と差の制限値 $S d_l i m$ 、q軸の和の制限値 $A q_l i m$ と差の制限値 $S q_l i m$ を、それぞれ同じ値にすることも過電流を防ぐことができる。図23の例では、時刻×65にて、d軸の和のFB制御量 $F B d_a 1$ および差のFB制御量 $F B s_s 1$ が共に制限値で制限される。また、時刻×66にて、q軸の和のFB制御量 $F B q_a 1$ および差のFB制御量 $F B q_s 1$ が共に制限値で制限される。

[0107] 本実施形態では、通電制御部500、600は、自系統の電流検出値と他系統の電流検出値との電流和および電流差を用いた電流フィードバック制御において、電流和に基づくフィードバック演算結果である和のFB制御量 $F B_a$ 、および、電流差に基づくフィードバック演算結果である差のFB制御量 $F B_s$ の上下限を制限する。詳細には、協調駆動制御時において、和のFB制御量 $F B_a$ と差のFB制御量 $F B_s$ とが同時に制限されるように上下限を制限する。ここで「同時」とは、均衡が崩れて大電流にならない程度の誤差は許容されるものとする。これにより、制御のオーバーフローを防ぐことができる。

[0108] 通電制御部500、600は、和のFB制御量 $F B_a$ または差のFB制御量 $F B_s$ の一方が制限値で制限されている場合、和のFB制御量 $F B_a$ または差のFB制御量 $F B_s$ の他方は、前回値を保持する。これにより、和の制限値 $A_l i m$ と差の制限値 $S_l i m$ とが異なる値に設定されている場合であっても、協調駆動制御時には、和のFB制御量 $F B_a$ と差のFB制御量 $F B_s$ とを同時に制限可能であり、過電流を防ぐことができる。

[0109] また、和のF B制御量 $F B_a$ の上下限を制限する和の制限値 A_lim と、差のF B制御量 $F B_s$ の上下限を制限する差の制限値 S_lim とを等しくしてもよい。これにより、和と差のF B制御量の均衡が崩れることなく、過電流を防ぐことができる。また上記実施形態と同様の効果を奏する。

[0110] (第5実施形態)

第5実施形態を図24および図25に示す。第5実施形態～第10実施形態では、異常時処置を中心に、主に第1系統L1を例に説明する。第1系統L1のq軸電流検出値 I_{q1} が正方向に増大し、第2系統L2のq軸電流検出値 I_{q2} が負方向に増大する場合、加算すると0となり、大電流が流れていないようにみえる場合がある(図19参照)。一方、均衡が崩れると、大電流が表面化し、制御対象の故障に繋がる虞がある。

[0111] そこで本実施形態では、1以上の系統で電流検出値に異常が生じた場合、異常時処置を行う。本実施形態の異常判定処理を図24のフローチャートおよび図25のタイムチャートに基づいて説明する。図24に示すように、S401では、異常判定部560は、各系統の電流検出値 I_{d1} 、 I_{q1} 、 I_{d2} 、 I_{q2} を取得する。

[0112] S402では、異常判定部560は、各系統の電流検出値 I_{d1} 、 I_{q1} 、 I_{d2} 、 I_{q2} が電流異常判定閾値 TH_i より小さいか否かを判断する。ここでは絶対値での判断とする。電流異常判定閾値 TH_i は、d軸に係る値とq軸に係る値とで等しくてもよいし異なってもよい。各系統の電流検出値 I_{d1} 、 I_{q1} 、 I_{d2} 、 I_{q2} が電流異常判定閾値 TH_i より小さいと判断された場合(S402: YES)、S403へ移行し、2系統での通常の協調駆動制御を継続する。各系統の電流検出値 I_{d1} 、 I_{q1} 、 I_{d2} 、 I_{q2} の少なくとも1つが電流異常判定閾値 TH_i 以上であると判断された場合(S402: NO)、S404へ移行し、異常時処置とする。異常時処置を行う場合、警告部565により、ワーニングランプ等での警告を行う。後述の実施形態における異常時処置実施時についても同様である。

- [0113] 図25では、共通時間軸を横軸とし、上段に検出電流、下段に状態遷移を示す。ここでは、検出電流として、q軸電流検出値 I_{q1} を例示した。時刻 $\times 68$ にて、q軸電流検出値 I_{q1} が電流異常判定閾値 TH_i を超えると、異常時処置として、2系統での協調駆動制御から独立駆動制御へ移行する。異常時処置として、独立駆動制御への移行に替えて、電流異常が検出された系統を停止させる片系統駆動制御への移行、または、アシスト停止としてもよい。また、異常時処置として、2系統での協調駆動制御を継続しつつ、過電流が発生しないように、電流FB演算結果に基づいて演算される値である電圧指令値を制限してもよい。
- [0114] また、S402では、電流検出値での判定に替えて、d軸電流和 I_{d_a} またはq軸電流和 I_{q_a} を用いて判定してもよい。さらにまた、電圧指令値 V_{d^*} 、 V_{q^*} が電圧異常判定閾値 TH_v を超えた場合に異常時処置を行うようにしてもよい。また、電流指令値および電圧指令値は、dq軸の値に限らず、3相の値を異常判定に用いてもよい。
- [0115] 制御部151、251は、電流検出値、または、複数系統の電流検出値の和が電流異常判定閾値 TH_i より大きい場合、電圧指令値を制限する、または、協調駆動制御を停止する。協調駆動制御の停止には、独立駆動制御への移行、片系統駆動制御への移行、および、アシスト停止が含まれる。
- [0116] また、制御部151、251は、電圧指令値が電圧異常判定閾値 TH_v より大きい場合、電圧指令値を制限する、または、協調駆動制御を停止してもよい。電圧指令値制限やアシスト停止とすることで、モータ巻線180、280の電流を直接的に小さくすることができる。また、独立駆動制御または片系統駆動制御へ移行することで、系統間の電流指令値乖離による過電流を防ぐことができる。
- [0117] 制御部151、251は、電圧指令値を制限する、または、協調駆動制御を停止するとき、ドライバに警告する警告部565、665を有する。これにより、通常の2系統での協調駆動制御とは異なる制御となっている旨の情報を、ドライバに適切に報知することができる。また、上記実施形態と同様

の効果を奏する。

[0118] (第6実施形態)

第6実施形態を図26に示す。本実施形態では、基板温度異常を検出した場合、異常時処置を行う。本実施形態の異常判定処理を図26のフローチャートに基づいて説明する。

[0119] S501では、制御部151は、図示しない温度センサの検出値に基づき、基板推定温度Hbを演算する。S502では、異常判定部560は、基板推定温度Hbが過熱判定閾値THhより小さいか否か判断する。基板推定温度Hbが過熱判定閾値THhより小さいと判断された場合(S502: YES)、S503へ移行する。基板推定温度Hbが過熱判定閾値TH以上であると判断された場合(S502: NO)、S504へ移行する。

[0120] S503では、電流制御演算部530は、電圧制限を行わず、電流指令値に基づいて演算された電圧指令値をそのまま出力する。S504では、電流制御演算部530は、異常時処置として、電圧指令値Vq1*、Vd1*を電圧制限値Vq__lim、Vd__limに制限する。

[0121] 例えば、電流FB演算周期が200[μs]、温度推定演算周期が80[ms]といった具合に、温度推定演算周期が電流FB制御演算周期より大きい場合、電流FB制御に係るパラメータに用いて電圧制限を行う場合と比較し、演算負荷を低減することができる。また、過熱保護として、電流FB制御演算結果に基づいて演算される電圧指令値を制限することで、例えば系統間指令乖離等、電流指令値制限では阻止できない異常電流を防ぐことができる。なお、異常時処置として、独立駆動制御への移行、片系統駆動制御への移行、または、アシスト停止としてもよい。

[0122] 本実施形態では、モータ巻線180、280の通電の切り替えに係るインバータ回路120、220が実装される基板20の温度である基板推定温度Hbが過熱判定閾値THhより高い場合、電圧指令値を制限する、または、協調駆動制御を停止する。電流FB制御後の指令値である電圧指令値を制限することで駆動電圧が小さくなるため、より適切にインバータ回路120、

220等の過熱を抑制することができる。また、上記実施形態と同様の効果を奏する。

[0123] (第7実施形態)

第7実施形態を図27～図30に示す。図7等で説明したように、制御部151、251で電流指令値が異なっていると、異常電流が発生する虞がある。そこで本実施形態では、電流FB制御に使用された電流指令値が異なっていた場合、異常時処置とする。

[0124] 本実施形態のメイン側である第1制御部151の指令値比較処理を図27、サブ側である第2制御部251の指令値比較処理を図28に示す。この処理は、指令値を共有しての協調駆動制御を行っているときに実施される。図27に示すように、S601では、第1制御部151は、電流FB制御演算に用いた電流指令値 I_1^* を比較用の値として送信部171に格納する。以下、比較用に用いる指令値を $I_1^*_{_c}$ 、 $I_2^*_{_c}$ とする。

[0125] S602では、第1制御部151は、比較用電流指令値 $I_1^*_{_c}$ を第2制御部251に送信する。S603では、第1制御部151は、第2制御部251から比較結果を受信する。

[0126] S604では、異常判定部560は、第2制御部251から取得した比較結果に基づき、比較用電流指令値 $I_1^*_{_c}$ 、 $I_2^*_{_c}$ が一致していたか否か判断する。比較用電流指令値 $I_1^*_{_c}$ 、 $I_2^*_{_c}$ が一致していたと判断された場合(S604: YES)、S605へ移行し、2系統での通常の協調駆動制御を継続する。比較用電流指令値 $I_1^*_{_c}$ 、 $I_2^*_{_c}$ が一致していないと判断された場合(S604: NO)、S606へ移行し、異常時処置とする。

[0127] 図28に示すように、S651では、第2制御部251は、電流FB制御演算に用いた電流指令値 I_2^* を図示しない記憶部に比較用として格納する。ここで格納される値を $I_2^*_{_c}$ とする。協調駆動制御を行っている場合、第1制御部151からマイコン間通信にて受信した値が比較用電流指令値 $I_2^*_{_c}$ として格納される。

- [0128] S 6 5 2 では、第 2 制御部 2 5 1 は、マイコン間通信にて、第 1 制御部 1 5 1 から比較用電流指令値 $I_{1_c}^*$ を受信する。S 6 5 3 では、第 2 制御部 2 5 1 は、比較用電流指令値 $I_{1_c}^*$ 、 $I_{2_c}^*$ の比較を行う。S 6 5 4 では、第 2 制御部 2 5 1 は、比較用電流指令値 $I_{1_c}^*$ 、 $I_{2_c}^*$ の比較結果を、マイコン間通信にて第 1 制御部 1 5 1 へ送信する。S 6 5 5 ~ S 6 5 7 の処理は、図 2 7 中の S 6 0 4 ~ S 6 0 6 の処理と同様である。
- [0129] 本実施形態の指令値比較処理を図 2 9、図 3 0 のタイムチャートに基づいて説明する。図 2 9 はトルク電流指令値 I_{trq1}^* を比較用とする例であり、図 3 0 は例えば q 軸電流指令値 I_{q1}^* 、 I_{q2}^* 等の電流制御演算部 5 3 0 での演算に使用した指令値を比較用とする例である。q 軸電流指令値に替えて d 軸電流指令値を用いてもよい。第 9 実施形態も同様である。図 2 9 および図 3 0 では、主に比較用データに係る処理を中心に説明し、電流 F B 演算に用いるデータの送受信等については説明を省略する。
- [0130] 図 2 9 に示すように、時刻 $\times 7 0$ では、第 1 制御部 1 5 1 は、比較用電流指令値 $I_{1_c}^*$ としてトルク電流指令値 I_{trq1}^* を送信部 1 7 1 に格納する。また、時刻 $\times 7 1$ では、第 2 制御部 2 5 1 では、第 1 制御部 1 5 1 から受信したトルク電流指令値を比較用電流指令値 $I_{2_c}^*$ として受信部 2 7 2 に格納する。受信部 2 7 2 以外の記憶領域に記憶してもよい。なお、比較用電流指令値 $I_{1_c}^*$ 、 $I_{2_c}^*$ は、時刻 $\times 7 2$ の電流 F B 制御演算に用いられる値である。
- [0131] 電流 F B 制御演算後の時刻 $\times 7 3$ では、第 1 制御部 1 5 1 は、前回の電流 F B 演算で用いた電流指令値である比較用電流指令値 $I_{1_c}^*$ をマイコン間通信にて第 2 制御部 2 5 1 へ送信する。時刻 $\times 7 4$ では、第 2 制御部 2 5 1 では、前回の電流 F B 制御演算に用いた電流指令値 $I_{1_c}^*$ 、 $I_{2_c}^*$ を比較し、比較結果をマイコン間通信にて第 1 制御部 1 5 1 へ送信する。
- [0132] 時刻 $\times 7 5$ における電流 F B 制御演算では、前回演算に用いた指令値比較結果に応じた処置を行う。すなわち、前回の電流 F B 制御演算に用いた電流指令値 $I_{1_c}^*$ 、 $I_{2_c}^*$ が一致していた場合、通常の 2 系統での協調駆動

制御とし、一致していなかった場合、異常時処置とする。

[0133] 図30に示すように、時刻×76では、第1制御部151は、電流FB制御演算に用いたq軸電流指令値 I_{q1}^* を比較用電流指令値 I_{1c}^* として送信部171に格納する。第2制御部251は、電流FB制御演算に用いたq軸電流指令値 I_{q2}^* を比較用電流指令値 I_{2c}^* として図示しない記憶部に格納する。

[0134] 時刻×77では、第1制御部151は、マイコン間通信にて比較用電流指令値 I_{1c}^* を第2制御部251に送信する。時刻×78では、第2制御部251は、比較用電流指令値 I_{1c}^* 、 I_{2c}^* を比較し、比較結果をマイコン間通信にて第1制御部151に送信する。時刻×79における電流FB制御演算は、図29の時刻×75と同様である。

[0135] 本実施形態では、第1制御部151から比較用電流指令値 I_{1c}^* を第2制御部251へ送信し、第2制御部251にて指令値比較を行うものとして説明したが、第2制御部251から第1制御部151へ比較用の値を送信し、第1制御部151にて指令値比較を行うようにしてもよいし、比較用の値を送り合い、制御部151、251にてそれぞれ指令値比較を行うようにしてもよい。

[0136] 図29および図30の例では、電流指令値または電流FB制御の演算周期（例えば200[μs]）ごとに系統間での指令値比較を行っているが、比較周期は、例えば800[μs]ごと、といった具合に電流指令値等の演算周期と異なってもよい。比較周期が演算周期と異なっている場合、比較タイミングの値を代表値として比較を行ってもよいし、全ての値を送信して個別に比較を行ってもよい。また例えば、比較周期の間に演算された複数の値を用いた演算値（例えば加算値）での比較を行ってもよい。また、CRC信号等のような検査用の値を算出して比較を行ってもよい。後述の実施形態において比較に用いられる各パラメータについても同様である。

[0137] 制御部151、251は、自系統で前回の電流制御演算に用いた指令値である前回自系統指令値と、他系統で前回の電流制御演算に用いた指令値であ

る前回他系統指令値とを比較し、前回自系統指令値と前回他系統指令値とが異なっていた場合、電圧指令値を制限する、または、協調駆動制御を停止する。これにより、長時間の電流指令値乖離を防ぐことができるので、指令値乖離による過電流を防ぐことができる。また上記実施形態と同様の効果を奏する。

[0138] (第8実施形態)

第8実施形態を図31～図33に示す。第7実施形態では、前回演算の指令値比較により異常時処置とするか否かを判定する。第8実施形態および第9実施形態では、今回の指令値比較により異常時処置とするか否かを判断する。

[0139] 第1制御部151側の処理を図31、第2制御部251側の処理を図32に示す。図31に示すように、S701では、第1制御部151は、トルク電流指令値 I_{trq1}^* を第2制御部251に送信する。S702では、第1制御部151は、第2制御部251から送り返されたトルク電流指令値である返送値 $I_{trq1}^*_{-r}$ を受信する。

[0140] S703では、第1制御部151は、返送値 $I_{trq1}^*_{-r}$ とトルク電流指令演算部513で演算された値とを比較する。ここで、トルク電流指令演算部513で演算された値であって、返送値 $I_{trq1}^*_{-r}$ との比較に用いる値を「第1系統演算値」とする。S704では、第1制御部151は、比較結果を第2制御部251へ送信する。

[0141] S705では、第1制御部151は、返送値 $I_{trq1}^*_{-r}$ と第1系統演算値とが一致しているか否かを判断する。返送値 $I_{trq1}^*_{-r}$ と第1系統演算値とが一致していると判断された場合(S705: YES)、S706へ移行し、2系統での通常の協調駆動制御を継続する。返送値 $I_{trq1}^*_{-r}$ と第1系統演算値とが一致していないと判断された場合(S705: NO)、S707へ移行し、異常時処置とする。

[0142] 図32に示すように、S751では、第2制御部251は、マイコン間通信にてトルク電流指令値 I_{trq1}^* を受信する。S752では、第2制御部

251は、S251にて受信した値を返送値 $l_{trq1}^*_{_r}$ としてマイコン間通信にて第1制御部151へ送り返す。S753では、第2制御部251は、マイコン間通信にて第1制御部151から比較結果を受信する。

[0143] S754では、第2制御部251は、第1制御部151から取得した比較結果に基づき、返送値 $l_{trq1}^*_{_r}$ が第1系統演算値と一致するか否か判断する。S754～S756の詳細は、図31中のS705～S707と同様である。

[0144] 本実施形態の指令値比較処理を図33のタイムチャートに基づいて説明する。時刻 $\times 80$ にて、第1制御部151は、トルク電流指令演算部513にて演算されたトルク電流指令値 l_{trq1}^* を送信部171に格納する。時刻 $\times 81$ にて、第1制御部151は、トルク電流指令値 l_{trq1}^* を第2制御部251に送信し、第2制御部251は、受信した値を受信部272に格納する。

[0145] 時刻 $\times 82$ では、第2制御部251は、第1制御部151から受信したトルク電流指令値 l_{trq1}^* を第1制御部151に送り返す。時刻 $\times 83$ では、第1制御部151は、第2制御部251から送り返された返送値 $l_{trq1}^*_{_r}$ と第1系統演算値とを比較し、比較結果をマイコン間通信にて第2制御部251へ送信する。時刻 $\times 84$ では、比較結果に応じた処置を行う。この周期の演算では、トルク電流指令値 l_{trq1}^* の演算遅れがなく、返送値 $l_{trq1}^*_{_r}$ と第1系統演算値とが一致しているので、2系統での協調駆動制御とする。

[0146] 次のマイコン間通信のデータ格納タイミングである時刻 $\times 85$ では、電流指令値演算が完了していないため、前回値が保持される。時刻 $\times 86$ では、マイコン間通信にて第1制御部151から第2制御部251に前回値が送信され、時刻 $\times 87$ では、マイコン間通信にて第2制御部251から第1制御部151に値が返送される。

[0147] 時刻 $\times 88$ では、第1制御部151は、返送値 $l_{trq1}^*_{_r}$ と第1系統演算値とを比較し、比較結果をマイコン間通信にて第2制御部251へ送信

する。時刻×85のマイコン間通信のデータ格納タイミングには間に合わなかったものの、時刻×88の比較タイミングには電流指令値 I_{trq1}^* の演算が完了している。そのため、電流指令値 I_{trq1}^* の値が前回の周期と変わっていた場合、時刻×88での比較結果は一致しない。したがって、時刻×89では、異常時処置とする。

[0148] 第2制御部251は、第1制御部151から送信された電流指令値を第1制御部151に送り返し、第1制御部151にて第2制御部251から送り返された電流指令値である返送値 $I_{trq1}^*_{-r}$ と自系統の電流指令値とを比較し、値が異なっていた場合、電圧指令値を制限する、または、協調駆動制御を停止する。これにより、今回値での比較結果に応じて異常時処置に移行可能である。また上記実施形態と同様の効果を奏する。

[0149] (第9実施形態)

第9実施形態を図34～図36に示す。第1制御部151側の処理を図34、第2制御部251側の処理を図35に示す。図34に示すように、S801では、第1制御部151は、q軸電流指令値 I_{q1}^* を比較用q軸電流指令値 $I_{q1}^*_{-c}$ として送信部171に格納する。S802では、第1制御部151は、比較用q軸電流指令値 $I_{q1}^*_{-c}$ を第2制御部251に送信する。S803では、第1制御部151は、第2制御部251から比較結果を受信する。

[0150] S804では、第1制御部151は、比較用q軸電流指令値 $I_{q1}^*_{-c}$ 、 $I_{q2}^*_{-c}$ が一致しているか否かを判断する。比較用q軸電流指令値 $I_{q1}^*_{-c}$ 、 $I_{q2}^*_{-c}$ が一致していると判断された場合(S804: YES)、S805へ移行し、2系統での通常の協調駆動制御とする。比較用q軸電流指令値 $I_{q1}^*_{-c}$ 、 $I_{q2}^*_{-c}$ が一致していないと判断された場合(S804: NO)、S806へ移行し、異常時処置とする。

[0151] 図35に示すように、S851では、第2制御部251は、本処理とは別途の処理にて第1制御部151から取得されるトルク電流指令値 I_{trq1}^* に基づいて演算されたq軸電流指令値 I_{q2}^* を図示しない記憶部に比較用と

して格納する。ここで格納される値を $I_{q2}^*_{-c}$ とする。

[0152] S852では、第2制御部251は、マイコン間通信にて、第1制御部151から比較用q軸電流指令値 $I_{q1}^*_{-c}$ を受信する。S853では、第2制御部251は、比較用q軸電流指令値 $I_{q1}^*_{-c}$ 、 $I_{q2}^*_{-c}$ の比較を行う。S854では、第2制御部251は、比較結果を第1制御部151へ送信する。S855～S857の処理は、図34中のS805～S807の処理と同様である。

[0153] 本実施形態の指令値比較処理を図36のタイムチャートに基づいて説明する。時刻x91では、第1制御部151は、q軸電流指令値 I_{q1}^* を比較用q軸電流指令値 $I_{q1}^*_{-c}$ として送信部171に格納する。また、第2制御部251は、q軸電流指令値 I_{q2}^* を比較用電流指令値 $I_{q2}^*_{-c}$ として図示しない記憶部に格納する。

[0154] 時刻x92では、第1制御部151は、比較用q軸電流指令値 $I_{q1}^*_{-c}$ を第2制御部252に送信する。時刻x93では、第2制御部251は、比較用q軸電流指令値 $I_{q1}^*_{-c}$ 、 $I_{q2}^*_{-c}$ を比較し、比較結果をマイコン間通信にて第1制御部151へ送信する。時刻x94では、比較結果に応じた処置を行う。すなわち、比較用q軸電流指令値 $I_{q1}^*_{-c}$ 、 $I_{q2}^*_{-c}$ が一致する場合、通常の2系統での協調駆動制御とし、一致しない場合、異常時処置とする。

[0155] 本実施形態では、制御部151、251は、トルク電流指令値 I_{trq}^* に基づいて演算され、電流FB制御に用いられるd軸電流指令値 I_d^* 、 I_q^* を電流FB制御演算の前に他系統に係る値と比較し、dq軸電流指令値 I_d^* 、 I_q^* の少なくとも一方が他系統に係る値と異なる場合、電圧指令値を制限する、または、協調駆動制御を停止する。これにより、第8実施形態と同様、今回値での比較結果に応じて異常時処置に移行可能である。また上記実施形態と同様の効果を奏する。

[0156] (第10実施形態)

第10実施形態を図37および図38に基づいて説明する。第3実施形態

では、第1制御部151が設定定数を持っており、第2制御部251は第1制御部151から設定定数をマイコン間通信で取得して用いている。本実施形態では、第1制御部151および第2制御部251がそれぞれで設定定数を持っているものとする。

[0157] メイン側の設定定数比較処理を図37、サブ側の設定定数比較処理を図38に示す。この処理は、例えばイニシャルチェック時に行われる。図38の処理をサブ側、図37の処理をメイン側で行ってもよい。図37に示すように、S901では、第1制御部151は、第2制御部251から設定定数を受信する。ここで送受信される設定定数は、定数そのものであってもよいし、複数の設定定数の加算値等の演算値やCRCのような検査用の値であってもよい。

[0158] S902では、第1制御部151は、第1制御部151に格納されている設定定数と、第2制御部251から受信した設定定数とが一致しているか否か判断する。設定定数が一致していると判断された場合（S902：YES）、S903へ移行し、2系統での通常の協調駆動制御とする。設定定数が一致していないと判断された場合（S902：NO）、異常時処置とする。また、S902の判定結果は、第2制御部251に送信される。

[0159] 図38に示すように、S951では、第2制御部251は、マイコン間通信により設定定数を第1制御部151に送信する。S952では、第2制御部251は、マイコン間通信により第1制御部151から設定定数の比較結果を受信する。

[0160] S953では、第2制御部251は、第1制御部151から取得した比較結果に基づき、設定定数が一致するか否か判断する。設定定数が一致していると判断された場合（S953：YES）、S954へ移行し、2系統での通常の協調駆動制御とする。設定定数が一致していないと判断された場合（S953：NO）、S955へ移行し、異常時処置とする。

[0161] 本実施形態では、制御部151、251は、電流制御に用いる定数である設定定数について、自身で持つ値と他の制御部の値とが異なっている場合、

電圧指令値を制限する、または、協調駆動制御を停止する。これにより、設定定数の違いによる演算値の乖離を防ぐことができる。また上記実施形態と同様の効果を奏する。

[0162] 実施形態では、E C U 1 0 が「回転電機制御装置」、モータ 8 0 が「回転電機」、第 1 制御部 1 5 1 が「メイン制御部」、第 2 制御部 2 5 1 が「サブ制御部」、送信部 1 7 1 が「送信部」に対応する。

[0163] (他の実施形態)

上記実施形態では、制御部は 2 つである。他の実施形態では、制御部は 3 つ以上であってもよい。例えば第 1 実施形態のように、メインサブ構成とする場合、1 つの制御部をメイン制御部、残りの制御部をサブ制御部とする。また、複数の制御部は、メインサブ構成でなくてもよい。

[0164] 上記実施形態では、協調駆動制御において、トルク電流指令値をメイン制御部からサブ制御部に送信して系統間で共用している。他の実施形態では、 dq 軸電流指令値をメイン制御部からサブ制御部に送信して系統間で共用してもよい。また、トルク電流指令値に換算する前のトルク指令値を共有してもよい。この場合、トルク指令値は、電流指令値に換算可能であって、「電流指令値」と見做す。

[0165] 上記実施形態では、協調駆動制御では、2 系統の電流和および電流差を制御する和と差の制御を行っている。他の実施形態では、協調駆動制御は、少なくとも 1 つのパラメータが系統間で共用されていればよく、制御手法は和と差の制御に限らない。また、電流制御の詳細は、上記実施形態と異なってもよい。また、3 系統以上で構成されている場合、任意の 2 系統を用いて和と差の制御を行ってもよい。

[0166] 上記実施形態では、モータ巻線およびインバータ部が 2 つずつ設けられる。他の実施形態では、モータ巻線およびインバータ部は、1 つまたは 3 つ以上であってもよい。また、例えば複数のモータ巻線およびインバータ部に対して 1 つの制御部を設ける、或いは、1 つの制御部に対して複数のインバータ部およびモータ巻線を設ける、といった具合に、モータ巻線、インバータ

部および制御部の数が異なってもよい。

- [0167] 上記実施形態では、回転電機は3相ブラシレスモータである。他の実施形態では、回転電機は、ブラシレスモータに限らない。また、回転電機は、発電機の機能を併せ持つ、所謂モータジェネレータであってもよい。また、上記実施形態では、回転電機制御装置は、電動パワーステアリング装置に適用される。他の実施形態では、回転電機制御装置を、ステアバイワイヤ装置等、操舵を司る電動パワーステアリング装置以外の装置に適用してもよい。
- [0168] 1つの前記制御部は、電流制御演算に用いる定数である設定定数を、他の前記制御部に送信する態様1～7のいずれか一項に記載の回転電機制御装置、としてもよい。
- [0169] 前記制御部は、電流制御に用いる定数である設定定数について、自身で持つ値と他の前記制御部の値とが異なっている場合、前記電圧指令値を制限する、または、前記協調駆動制御を停止する態様1～8のいずれか一項に記載の回転電機制御装置、としてもよい。
- [0170] 前記制御部は、前記電流検出値、または、複数系統の前記電流検出値の和が電流異常判定閾値より大きい場合、前記電圧指令値を制限する、または、前記協調駆動制御を停止する態様1～9のいずれか一項に記載の回転電機制御装置、としてもよい。
- [0171] 前記制御部は、前記電圧指令値が電圧異常判定閾値より大きい場合、前記電圧指令値を制限する、または、前記協調駆動制御を停止する態様1～10のいずれか一項に記載の回転電機制御装置、としてもよい。
- [0172] 前記制御部は、前記モータ巻線の通電の切り替えに係るインバータ回路（120、220）が実装される基板（20）の温度が過熱判定閾値より高い場合、前記電圧指令値を制限する、または、前記協調駆動制御を停止する態様1～11のいずれか一項に記載の回転電機制御装置、としてもよい。
- [0173] 前記制御部は、自系統で前回の電流制御演算に用いた指令値である前回自系統指令値と、他系統で前回の電流制御演算に用いた指令値である前回他系統指令値とを比較し、前記前回自系統指令値と前記前回他系統指令値とが異

なっていた場合、前記電圧指令値を制限する、または、前記協調駆動制御を停止する態様 1 ～ 12 のいずれか一項に記載の回転電機制御装置、としてもよい。

[0174] 前記電流指令値は、トルク指令値に基づいて演算されるトルク電流指令値であって、

前記制御部は、前記トルク電流指令値に基づいて演算され、電流フィードバック制御に用いられる d 軸電流指令値および q 軸電流指令値を電流フィードバック制御演算の前に他系統に係る値と比較し、前記 d 軸電流指令値および前記 q 軸電流指令値の少なくとも一方が他系統に係る値と異なる場合、前記電圧指令値を制限する、または、前記協調駆動制御を停止する態様 1 ～ 12 のいずれか一項に記載の回転電機制御装置、としてもよい。

[0175] 前記制御部は、前記電圧指令値を制限する、または、前記協調駆動制御を停止するとき、ドライバに警告する警告部（565、665）を有する態様 1 ～ 14 のいずれか一項に記載の回転電機制御装置、としてもよい。

[0176] 本開示に記載の制御部及びその手法は、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部及びその手法は、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部及びその手法は、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。以上、本開示は、上記実施形態になんら限定されるものではなく、その趣旨を逸脱しない範囲において種々の形態で実施可能である。

[0177] 本開示は実施形態に準拠して記述された。しかしながら、本開示は当該実施形態および構造に限定されるものではない。本開示は、様々な変形例および均等の範囲内の変形をも包含する。また、様々な組み合わせおよび形態、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および形態も、本開示の範疇および思想範囲に入るものである。

請求の範囲

- [請求項1] 複数組のモータ巻線（１８０、２８０）を有する回転電機（８０）の駆動を制御する回転電機制御装置であって、
- 前記モータ巻線に通電される電流の電流検出値および電流指令値に基づいて前記モータ巻線に印加する電圧指令値を演算し、前記電圧指令値に基づいて前記モータ巻線の通電を制御する通電制御部（５００、６００）を有し、前記モータ巻線ごとに設けられて相互に通信可能である複数の制御部（１５１、２５１）を備え、
- 前記モータ巻線と対応する前記制御部との組み合わせを系統とし、系統間で少なくとも１つのパラメータを共用して通電制御を行う協調駆動制御を実施可能であって、
- １つの前記制御部（１５１）をメイン制御部、他の前記制御部（２５１）をサブ制御部とすると、
- 前記サブ制御部は、前記メイン制御部から送信された前記電流指令値を用いて前記モータ巻線の通電制御を行い、
- 前記メイン制御部は、前記サブ制御部に送信したものと同一前記電流指令値を用いて前記モータ巻線の通電制御を行う、回転電機制御装置。
- [請求項2] 前記メイン制御部は、前記サブ制御部に送信する前記電流指令値を格納可能な送信部（１７１）を有し、前記送信部に格納した前記電流指令値を用いて前記モータ巻線の通電制御を行う請求項１に記載の回転電機制御装置。
- [請求項3] 前記メイン制御部は、前記サブ制御部に送信する前記電流指令値を格納可能な送信部（１７１）を有し、前記送信部に格納されている前記電流指令値が更新されていない場合、前記電流指令値として前回値を保持して前記モータ巻線の通電制御を行う請求項１に記載の回転電機制御装置。
- [請求項4] 前記サブ制御部は、前記メイン制御部から送信された前記電流指令

値を前記メイン制御部に送り返し、

前記メイン制御部にて、前記サブ制御部から送り返された前記電流指令値と、自系統の前記電流指令値とを比較し、値が異なっていた場合、前記電圧指令値を制限する、または、前記協調駆動制御を停止する請求項1～3のいずれか一項に記載の回転電機制御装置。

[請求項5] 複数組のモータ巻線（180、280）を有する回転電機（80）の駆動を制御する回転電機制御装置であって、

前記モータ巻線に通電される電流の電流検出値および電流指令値に基づいて前記モータ巻線に印加する電圧指令値を演算し、前記電圧指令値に基づいて前記モータ巻線の通電を制御する通電制御部（500、600）を有し、前記モータ巻線ごとに設けられて相互に通信可能である複数の制御部（151、251）を備え、

前記モータ巻線と対応する前記制御部との組み合わせを系統とし、系統間で少なくとも1つのパラメータを共用して通電制御を行う協調駆動制御を実施可能であって、

前記通電制御部は、自系統の前記電流検出値と他系統の前記電流検出値との電流和および電流差を用いた電流フィードバック制御において、電流和に基づくフィードバック演算結果である和のフィードバック制御量、および、電流差に基づくフィードバック演算結果である差のフィードバック制御量の上下限を制限する回転電機制御装置。

[請求項6] 前記和のフィードバック制御量の上下限を制限する和の制限値と、前記差のフィードバック制御量の上下限を制限する差の制限値とは等しい、請求項5に記載の回転電機制御装置。

[請求項7] 前記通電制御部は、前記和のフィードバック制御量または前記差のフィードバック制御量の一方が制限値で制限されている場合、前記和のフィードバック制御量または前記差のフィードバック制御量の他方は、前回値を保持する請求項5に記載の回転電機制御装置。

[請求項8] 1つの前記制御部は、電流制御演算に用いる定数である設定定数を

、他の前記制御部に送信する請求項 1 ～ 3、 5 ～ 7 のいずれか一項に記載の回転電機制御装置。

[請求項9] 前記制御部は、電流制御に用いる定数である設定定数について、自身で持つ値と他の前記制御部の値とが異なっている場合、前記電圧指令値を制限する、または、前記協調駆動制御を停止する請求項 1 ～ 3、 5 ～ 7 のいずれか一項に記載の回転電機制御装置。

[請求項10] 前記制御部は、前記電流検出値、または、複数系統の前記電流検出値の和が電流異常判定閾値より大きい場合、前記電圧指令値を制限する、または、前記協調駆動制御を停止する請求項 1 ～ 3、 5 ～ 7 のいずれか一項に記載の回転電機制御装置。

[請求項11] 前記制御部は、前記電圧指令値が電圧異常判定閾値より大きい場合、前記電圧指令値を制限する、または、前記協調駆動制御を停止する請求項 1 ～ 3、 5 ～ 7 のいずれか一項に記載の回転電機制御装置。

[請求項12] 前記制御部は、前記モータ巻線の通電の切り替えに係るインバータ回路（120、220）が実装される基板（20）の温度が過熱判定閾値より高い場合、前記電圧指令値を制限する、または、前記協調駆動制御を停止する請求項 1 ～ 3、 5 ～ 7 のいずれか一項に記載の回転電機制御装置。

[請求項13] 前記制御部は、自系統で前回の電流制御演算に用いた指令値である前回自系統指令値と、他系統で前回の電流制御演算に用いた指令値である前回他系統指令値とを比較し、前記前回自系統指令値と前記前回他系統指令値とが異なっていた場合、前記電圧指令値を制限する、または、前記協調駆動制御を停止する請求項 1 ～ 3、 5 ～ 7 のいずれか一項に記載の回転電機制御装置。

[請求項14] 前記電流指令値は、トルク指令値に基づいて演算されるトルク電流指令値であって、

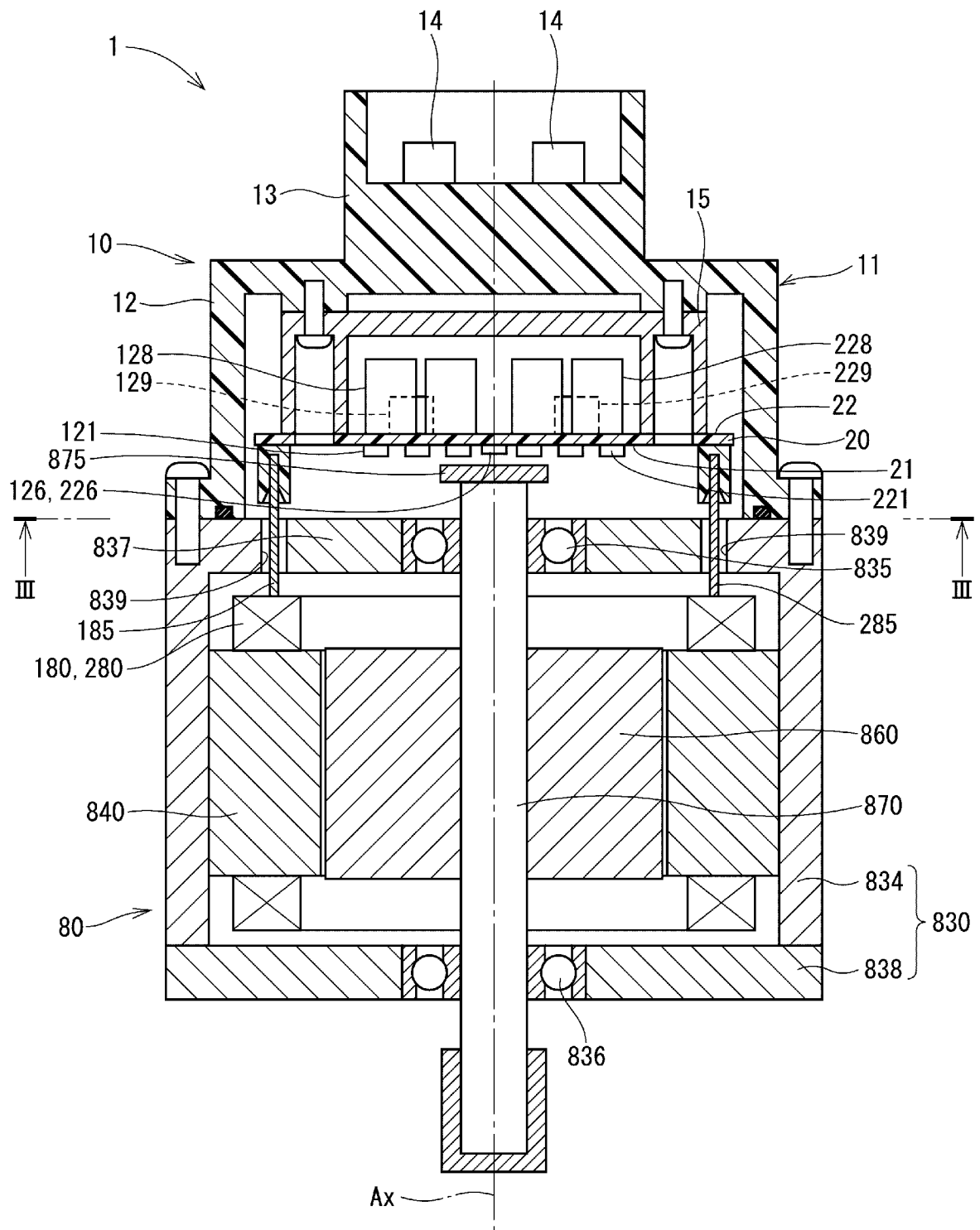
前記制御部は、前記トルク電流指令値に基づいて演算され、電流フィードバック制御に用いられる d 軸電流指令値および q 軸電流指令値

を電流フィードバック制御演算の前に他系統に係る値と比較し、前記 d 軸電流指令値および前記 q 軸電流指令値の少なくとも一方が他系統に係る値と異なる場合、前記電圧指令値を制限する、または、前記協調駆動制御を停止する請求項 1 ～ 3、5 ～ 7 のいずれか一項に記載の回転電機制御装置。

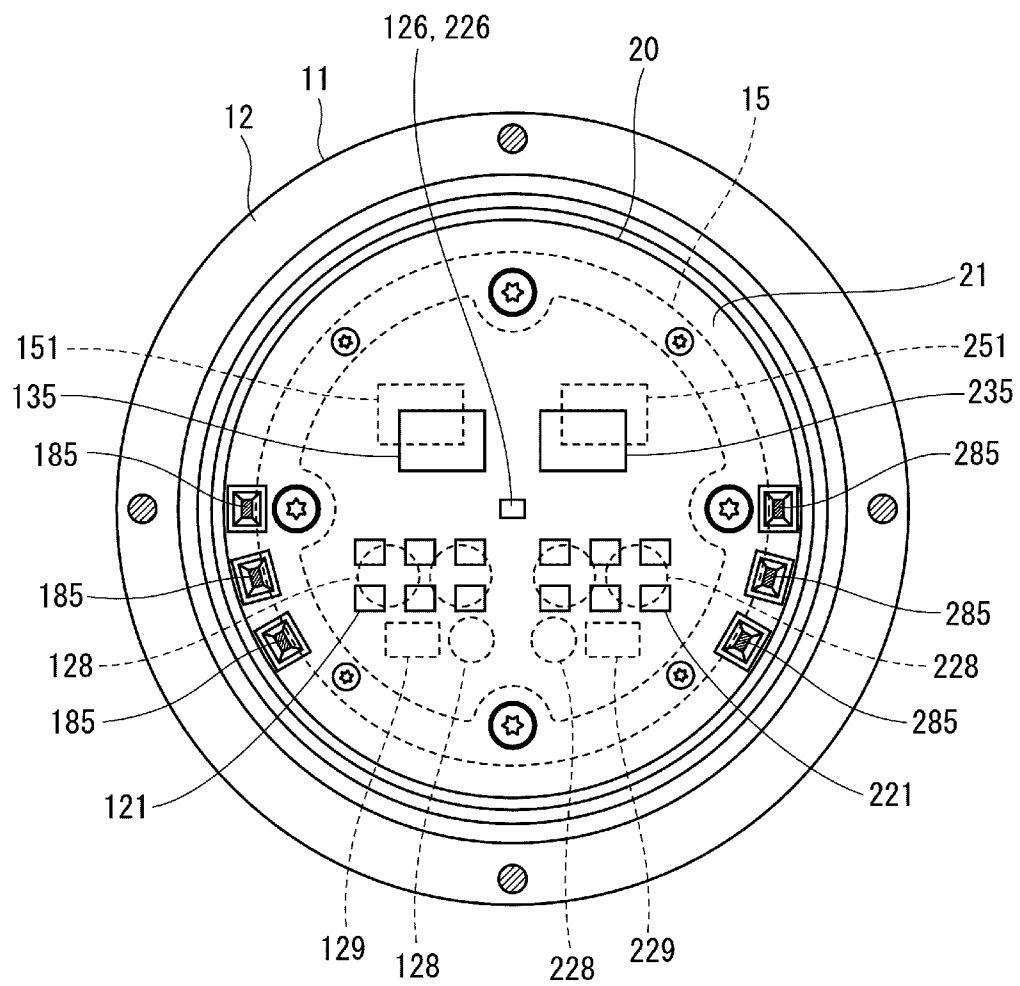
[請求項15] 前記制御部は、前記電圧指令値を制限する、または、前記協調駆動制御を停止するとき、ドライバに警告する警告部（565、665）を有する請求項 1 ～ 3、5 ～ 7 のいずれか一項に記載の回転電機制御装置。

Diagram illustrating a vehicle chassis system 8. The system includes a steering wheel 91, a steering shaft 92, a torque sensor 94, an ECU 10, a motor 80, a motor shaft 89, a differential gear 96, drive shafts 97, and wheels 98. The torque sensor 94 is connected to the ECU 10 and the motor 80. The motor 80 is connected to the motor shaft 89, which is connected to the differential gear 96. The differential gear 96 is connected to the drive shafts 97, which are connected to the wheels 98. The entire system is labeled 8.

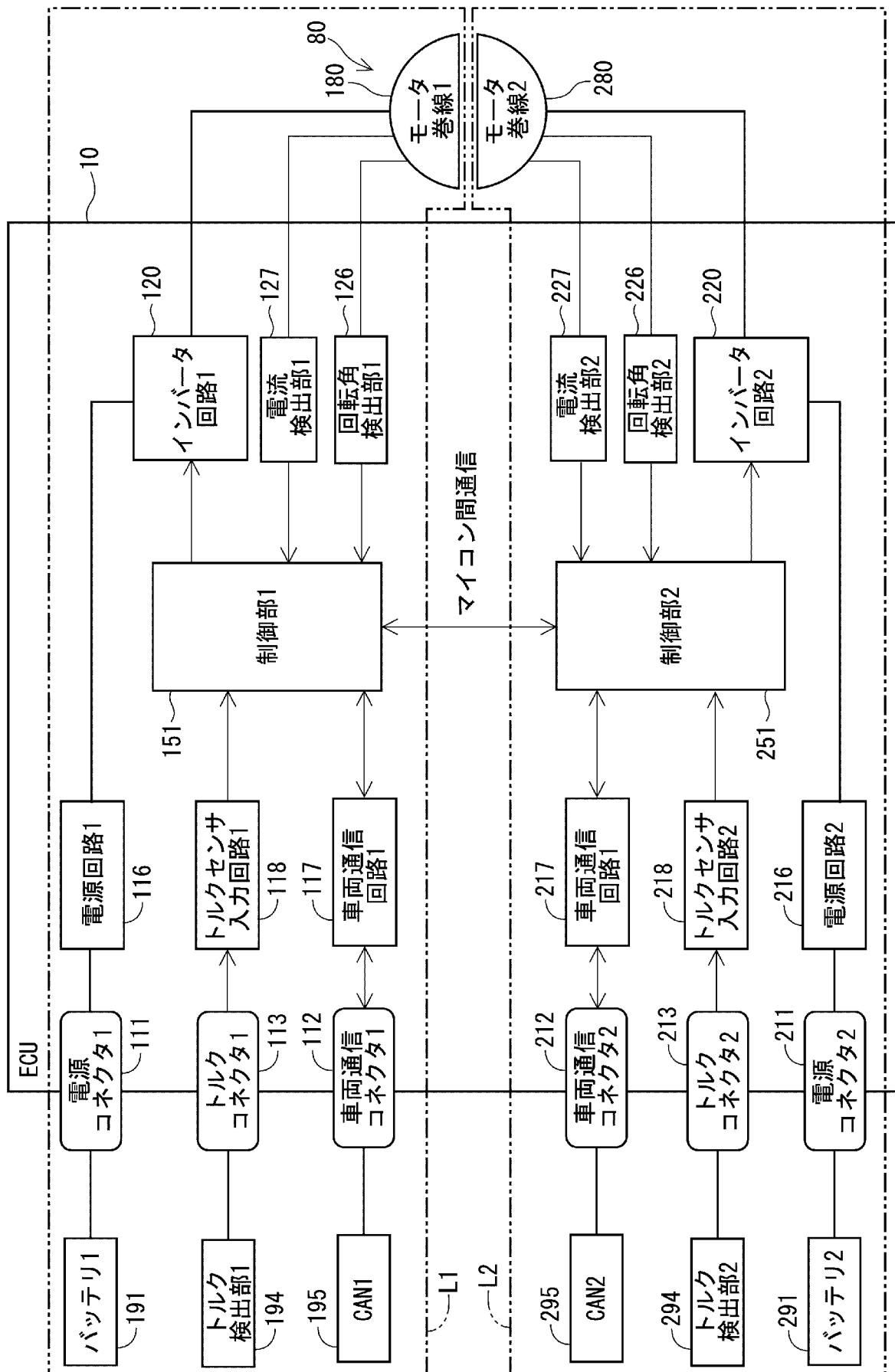
[図2]



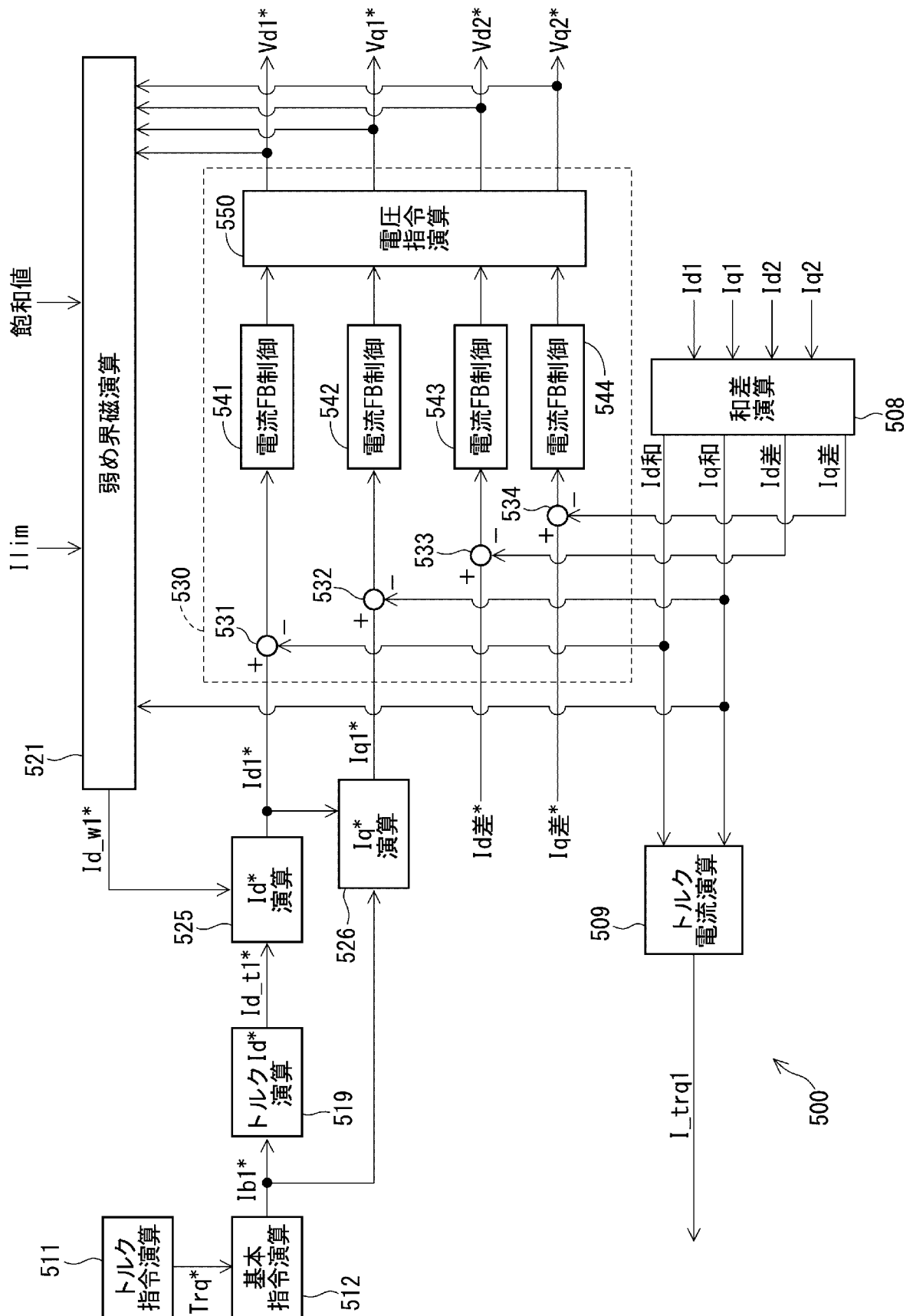
[図3]



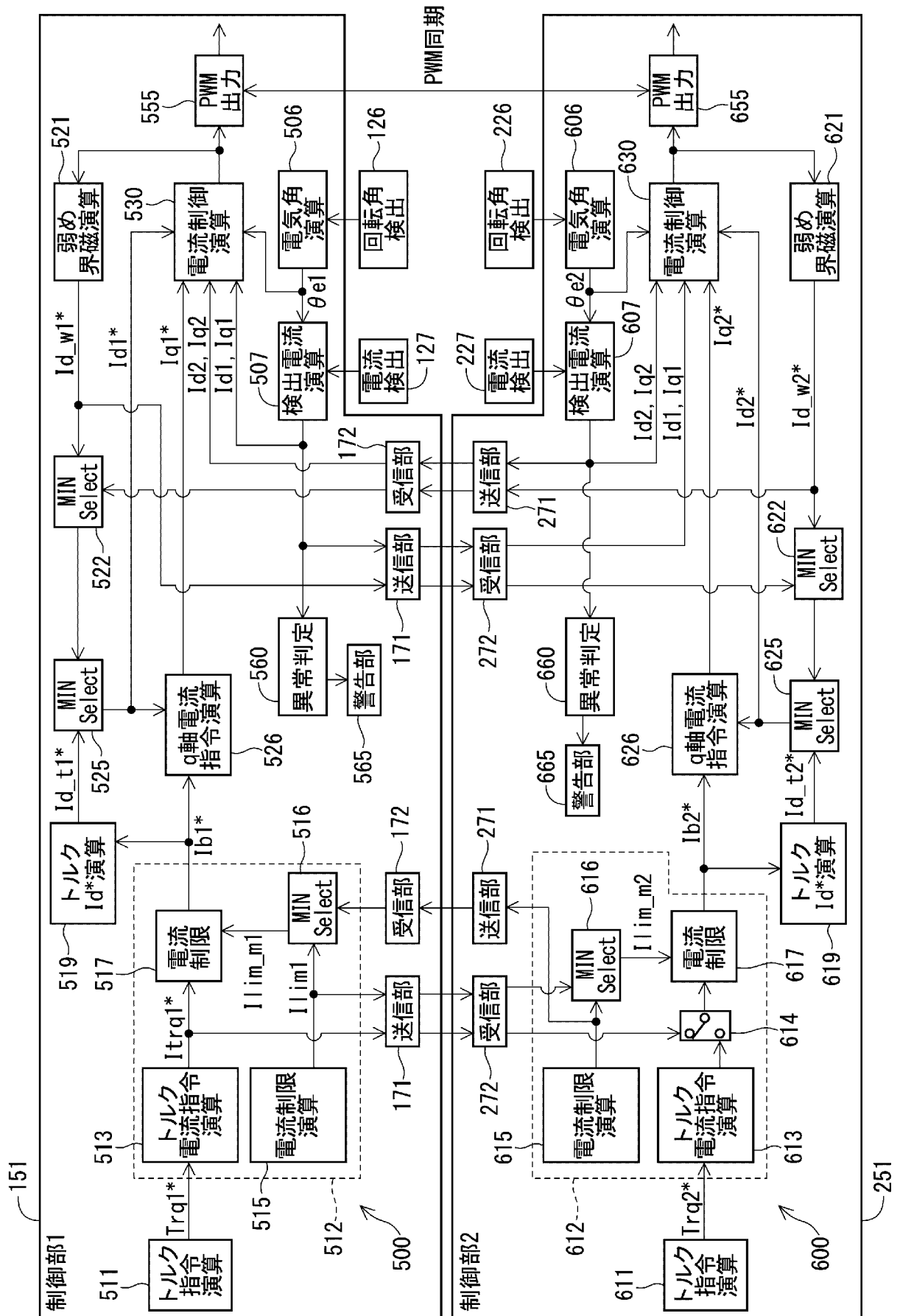
[図4]



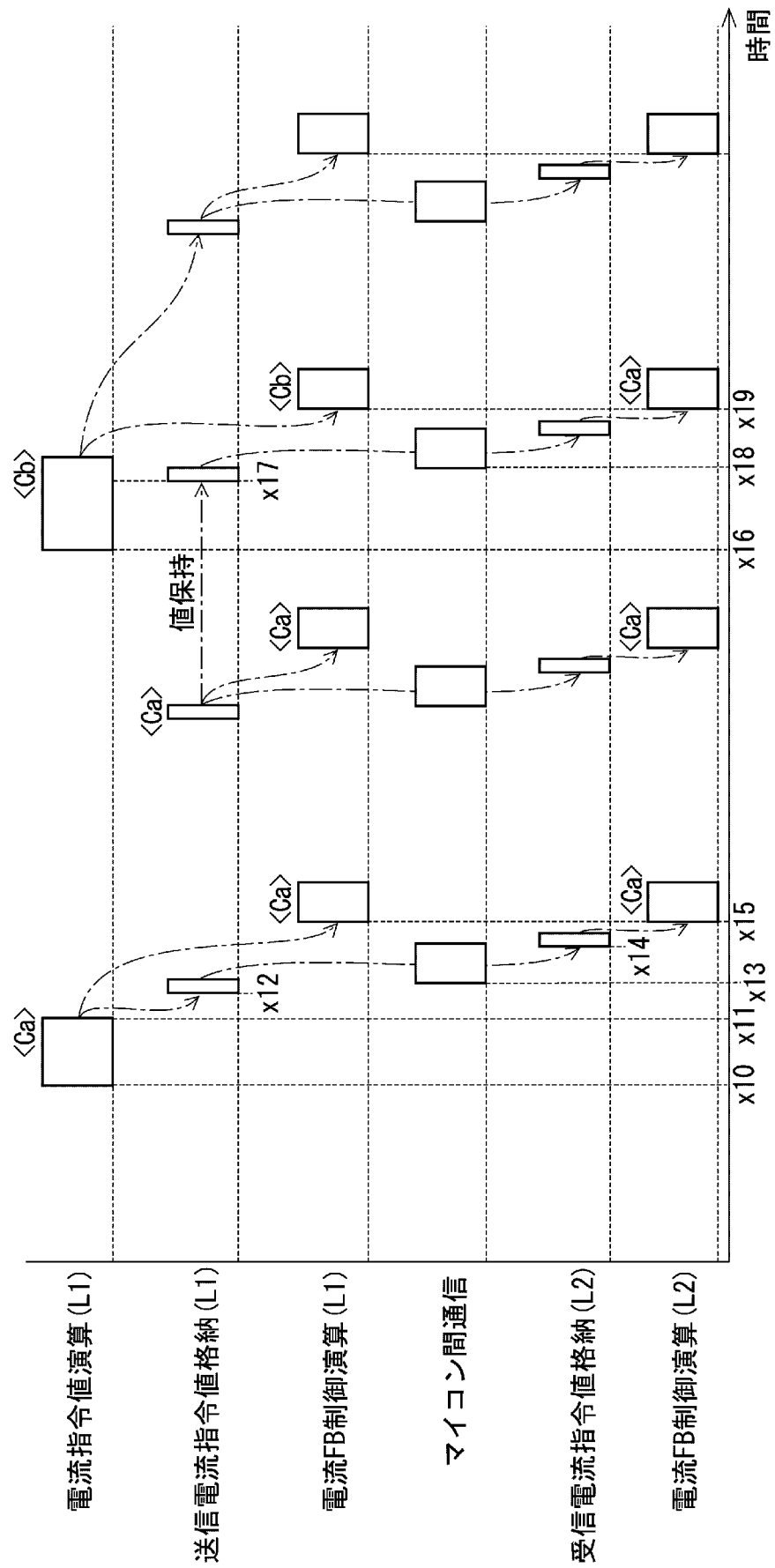
[図5]



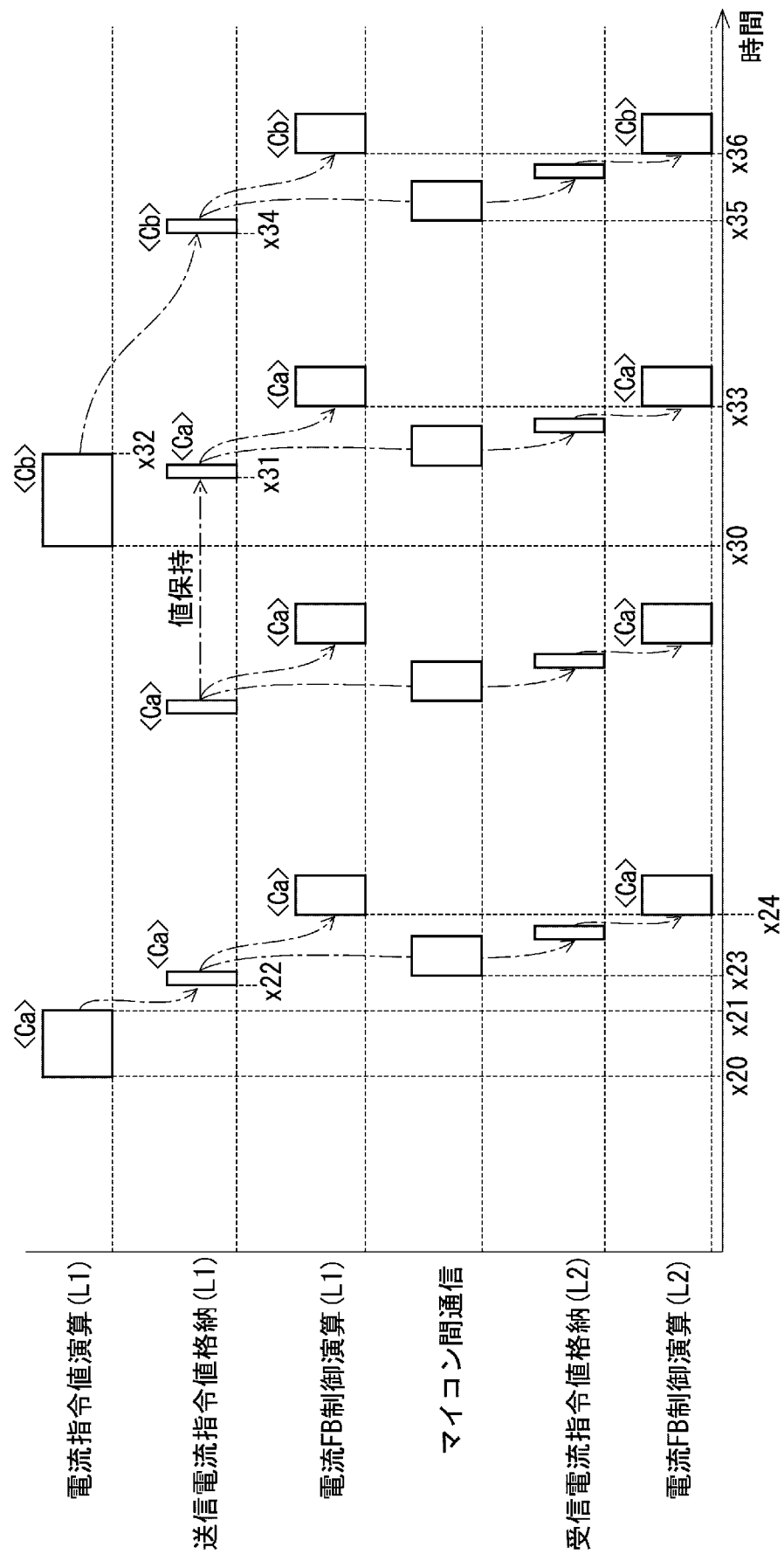
[図6]



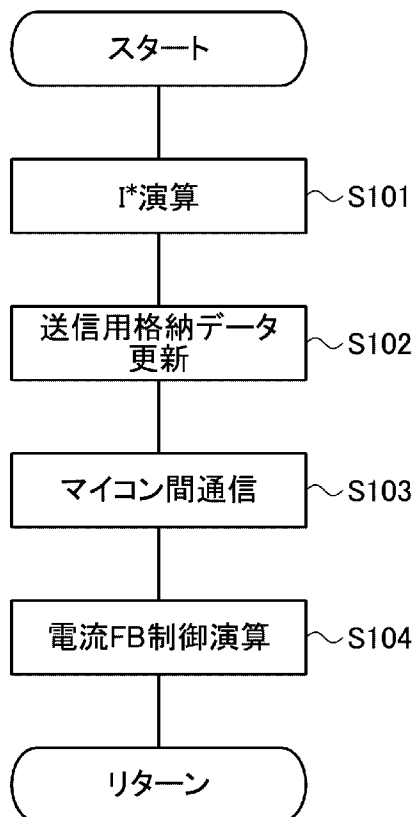
[図7]



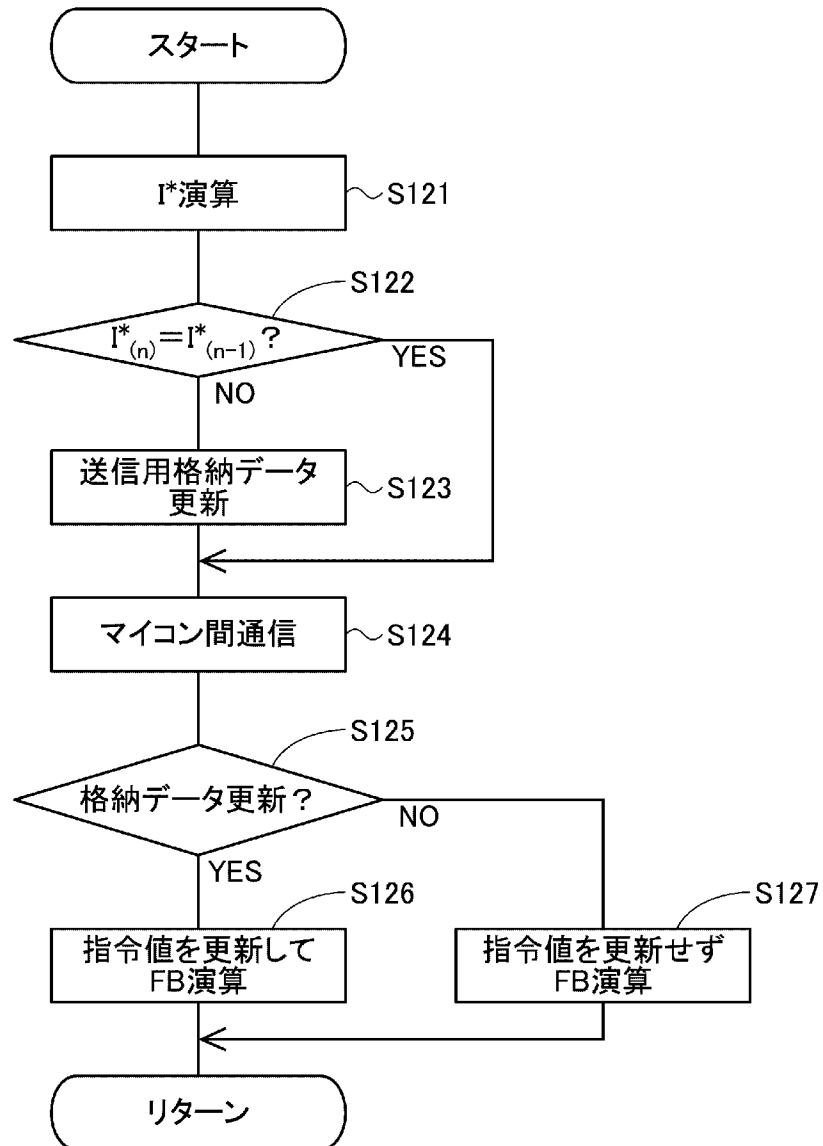
[図8]



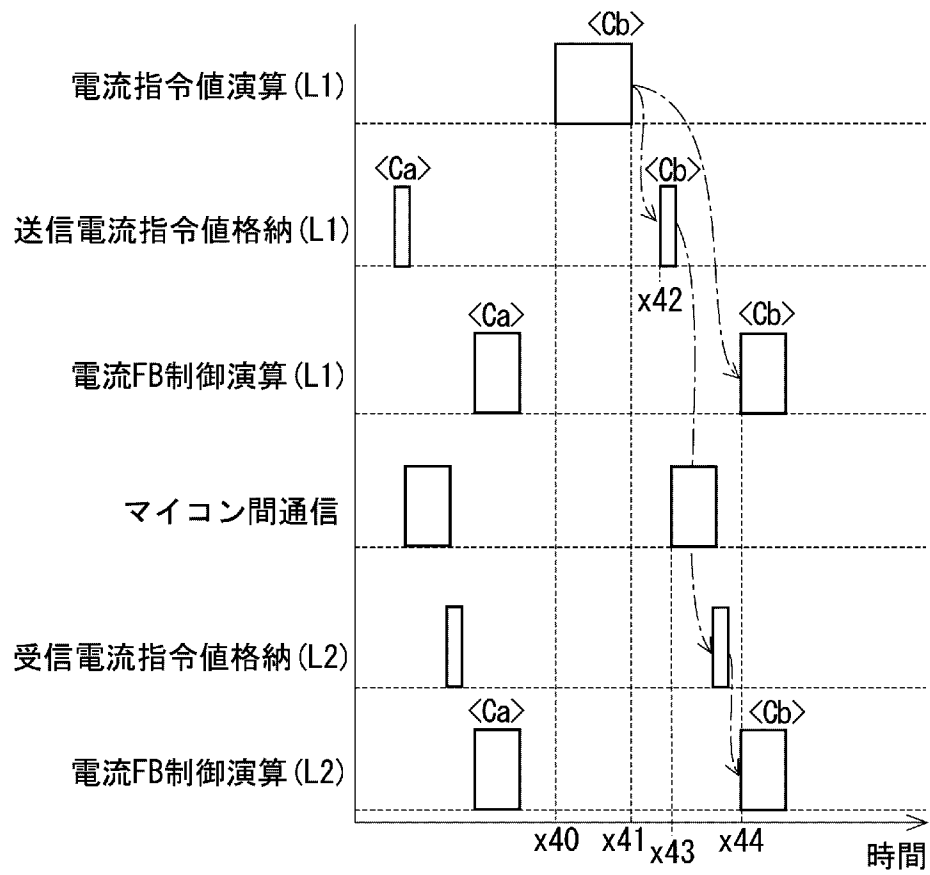
[図9]



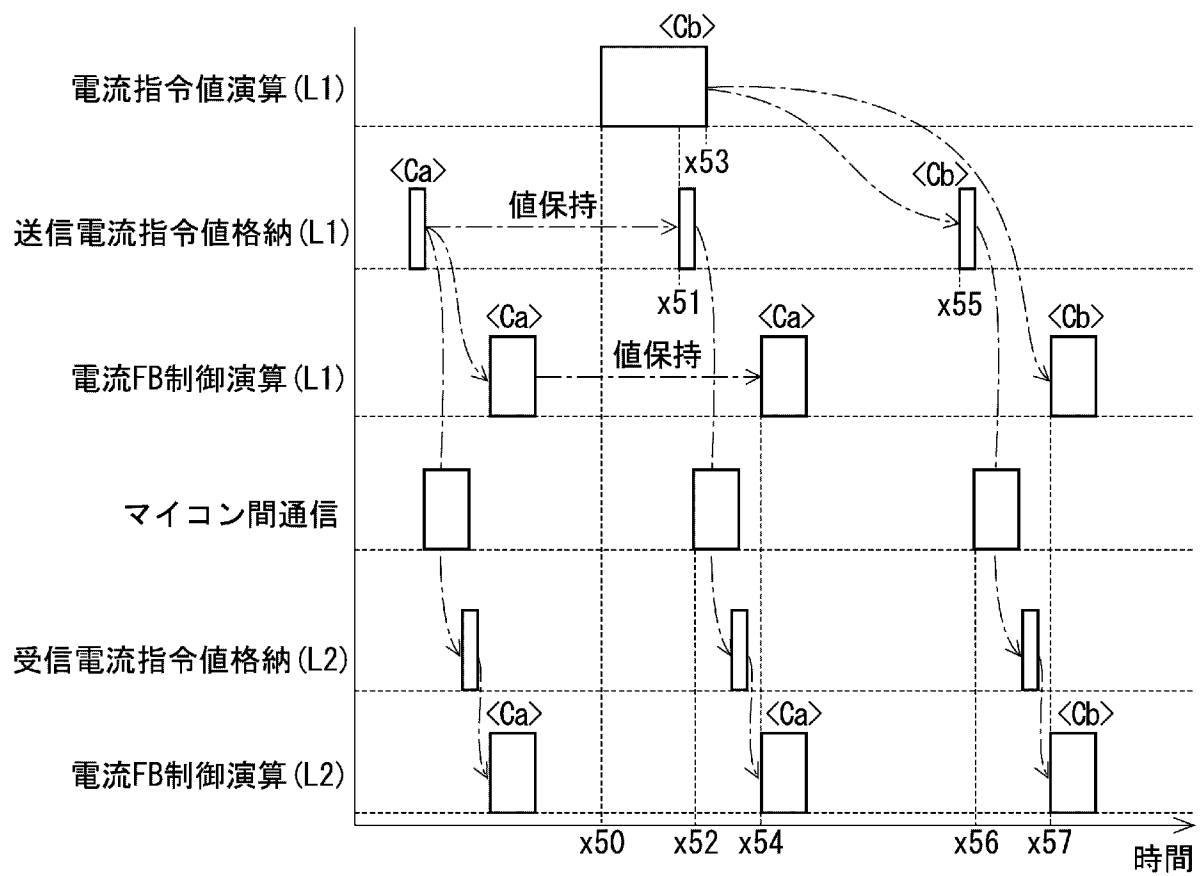
[図10]



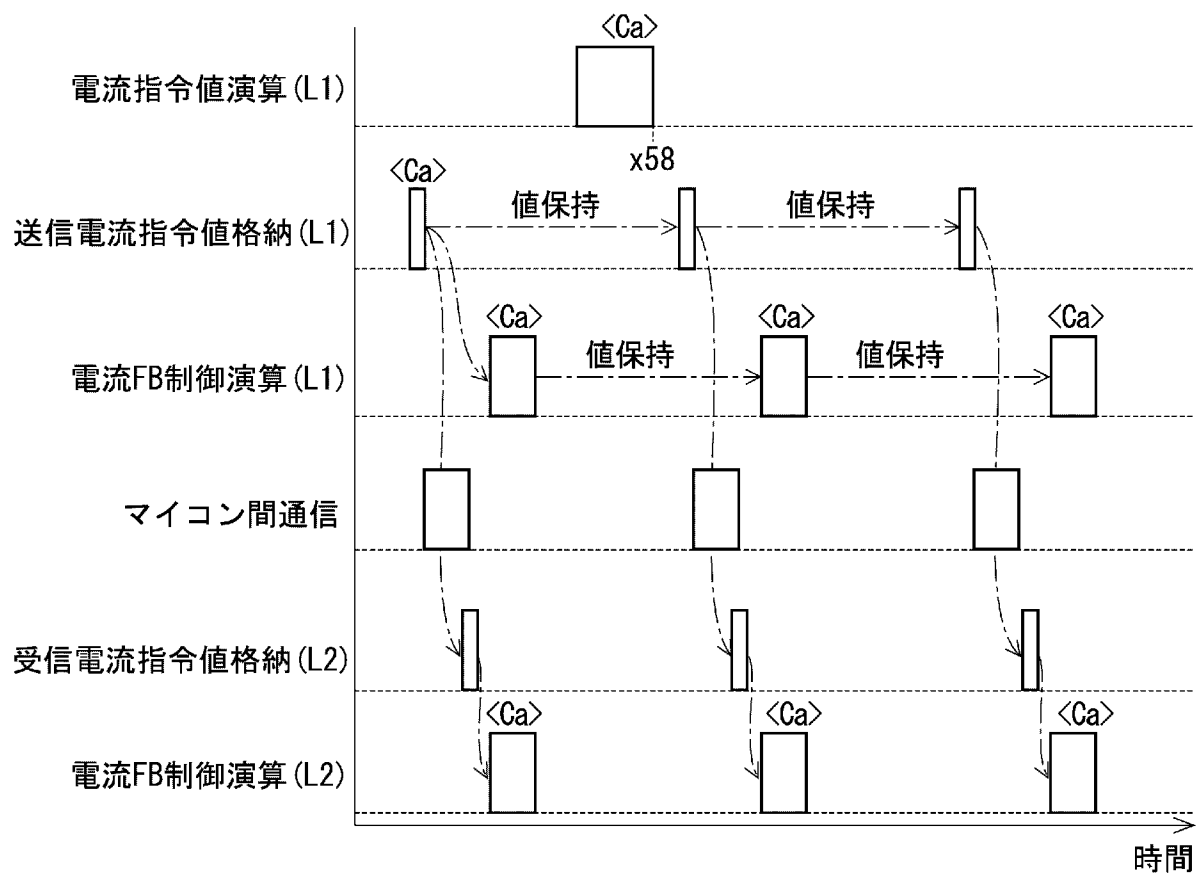
[図11]



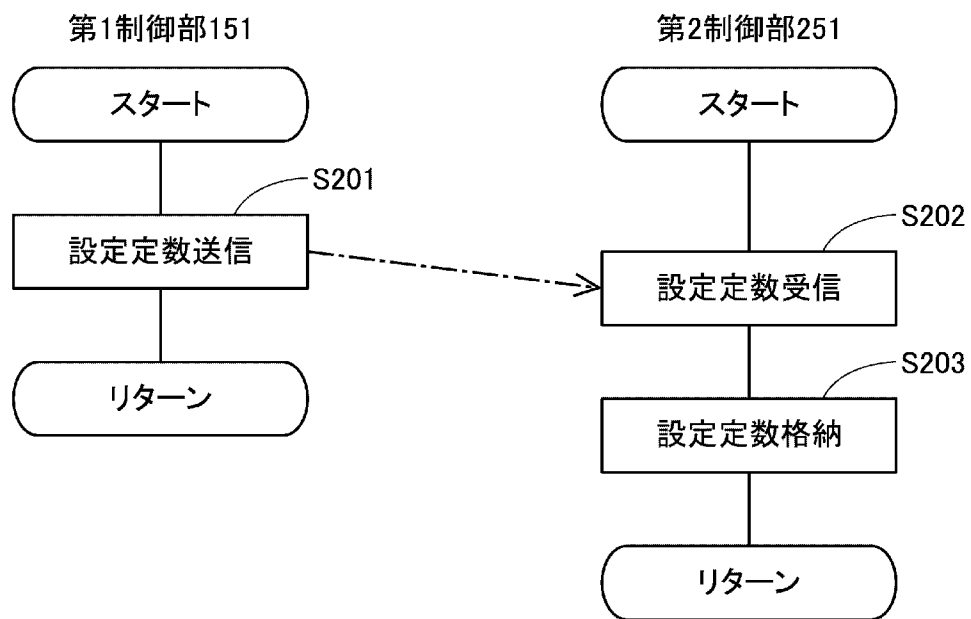
[図12]



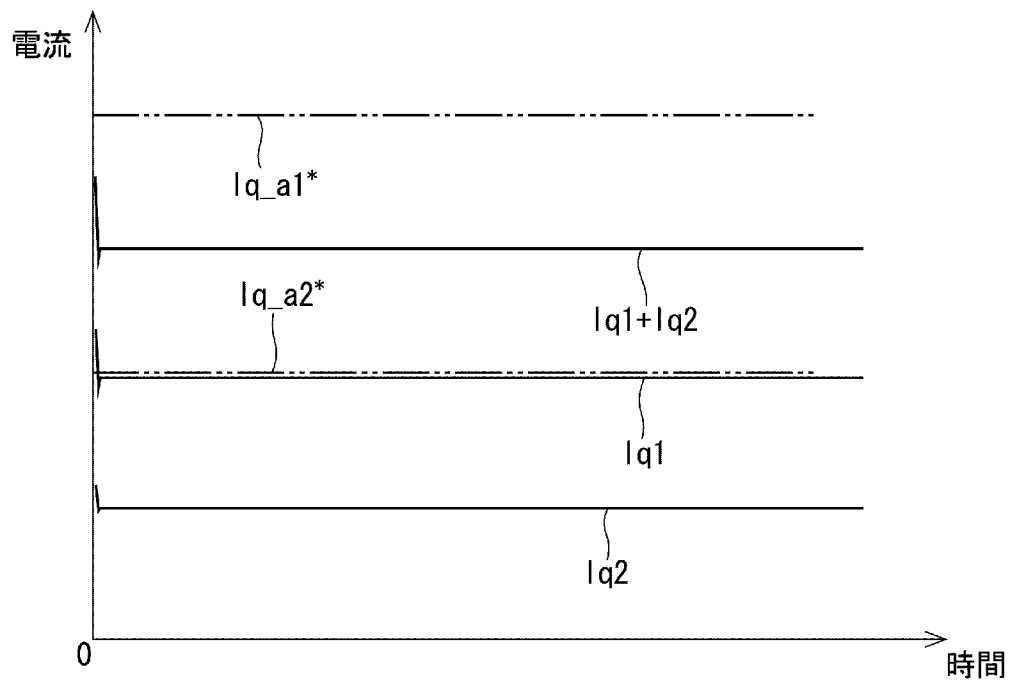
[図13]



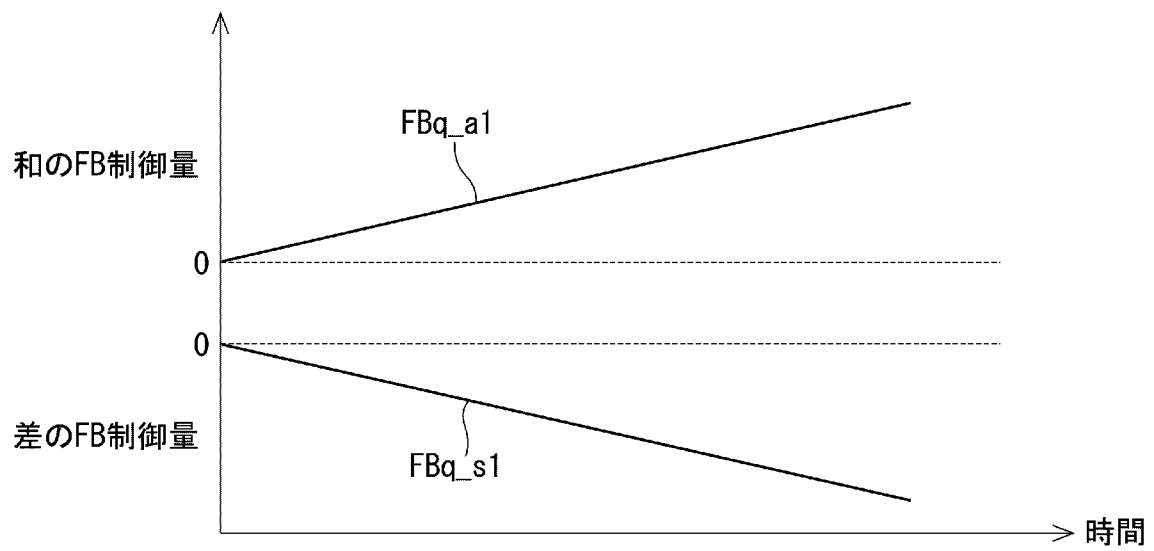
[図14]



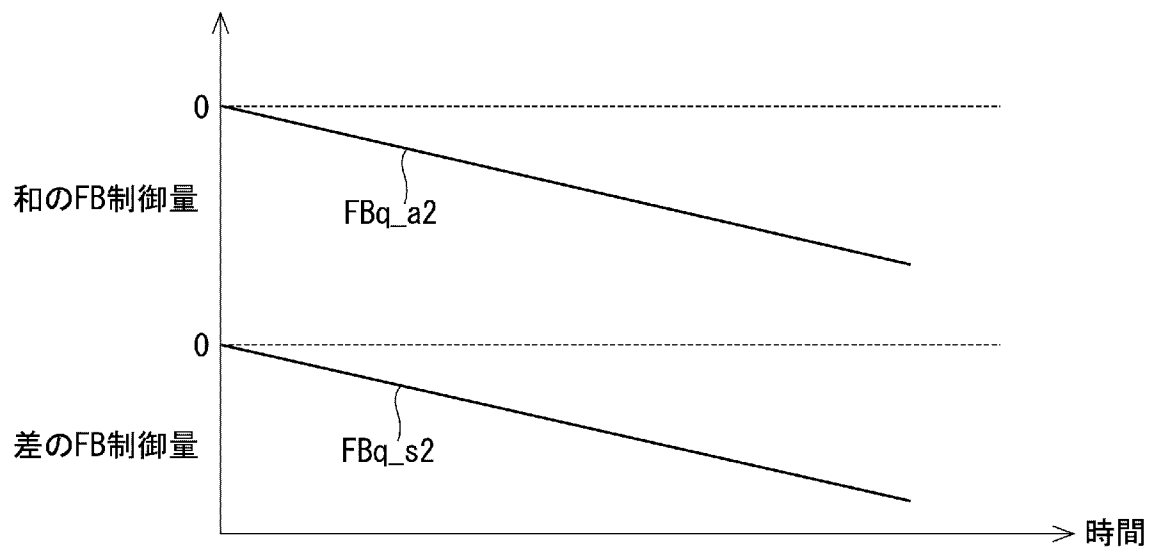
[図15]



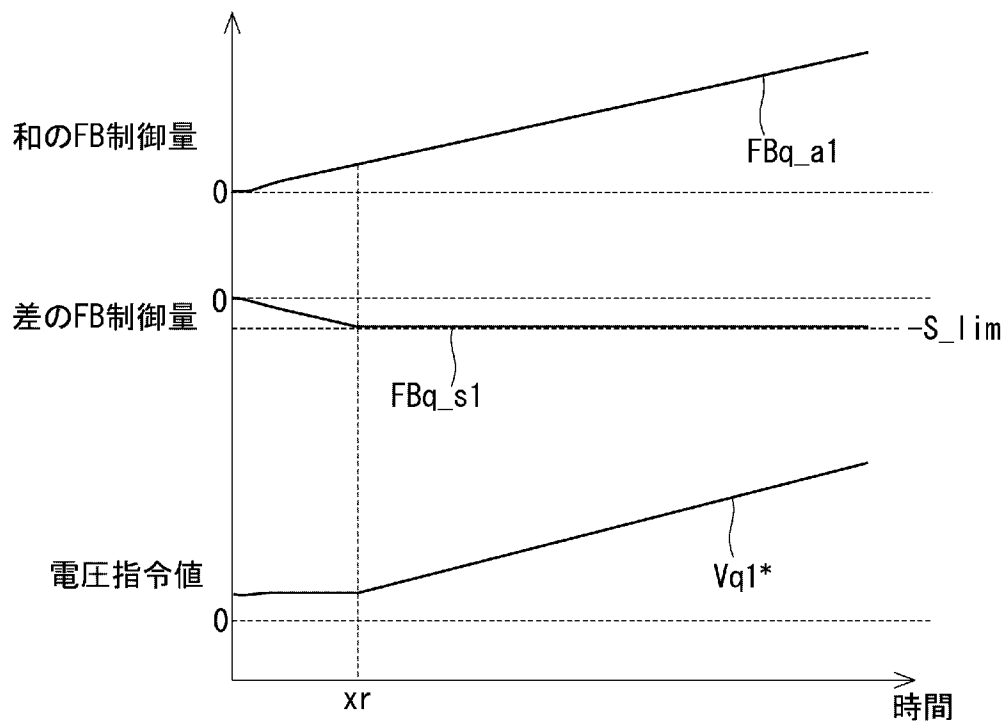
[図16]



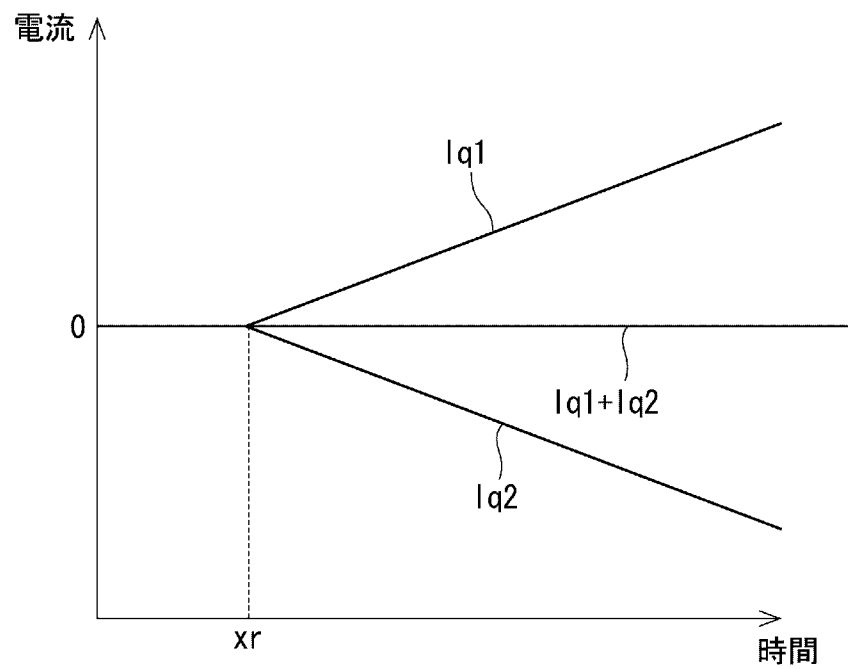
[図17]



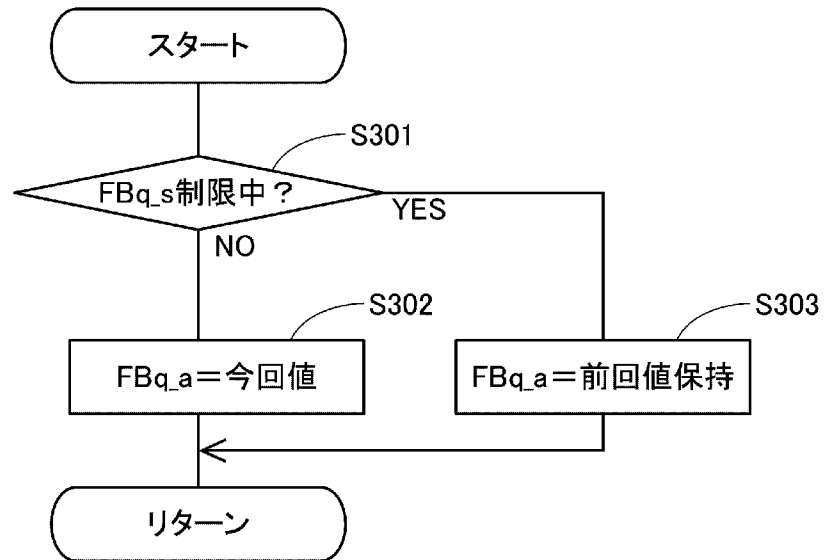
[図18]



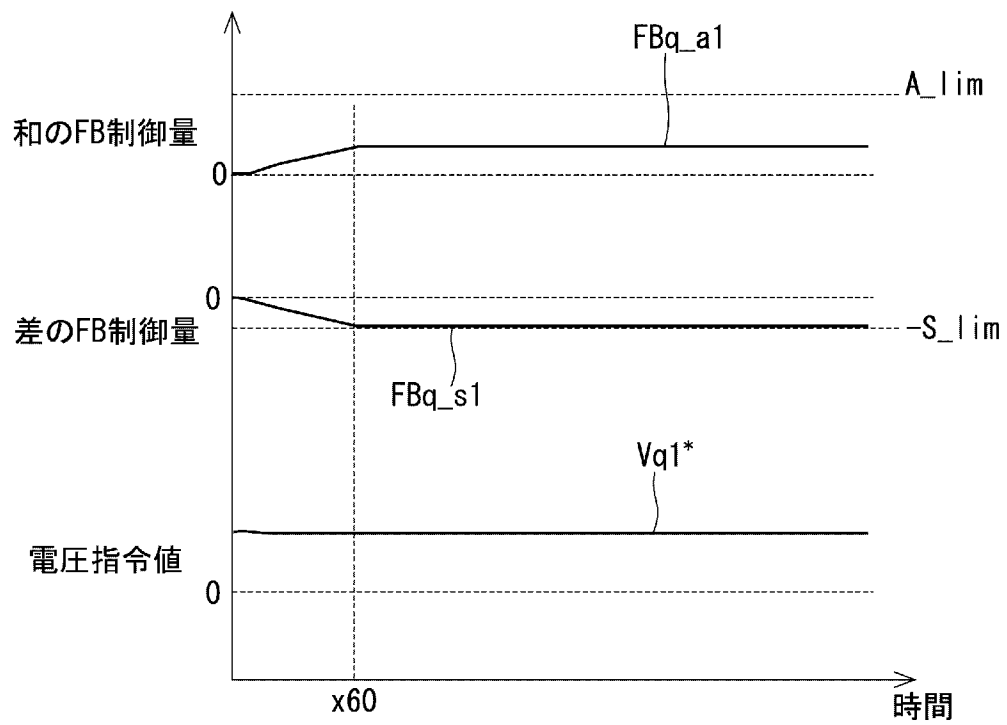
[図19]



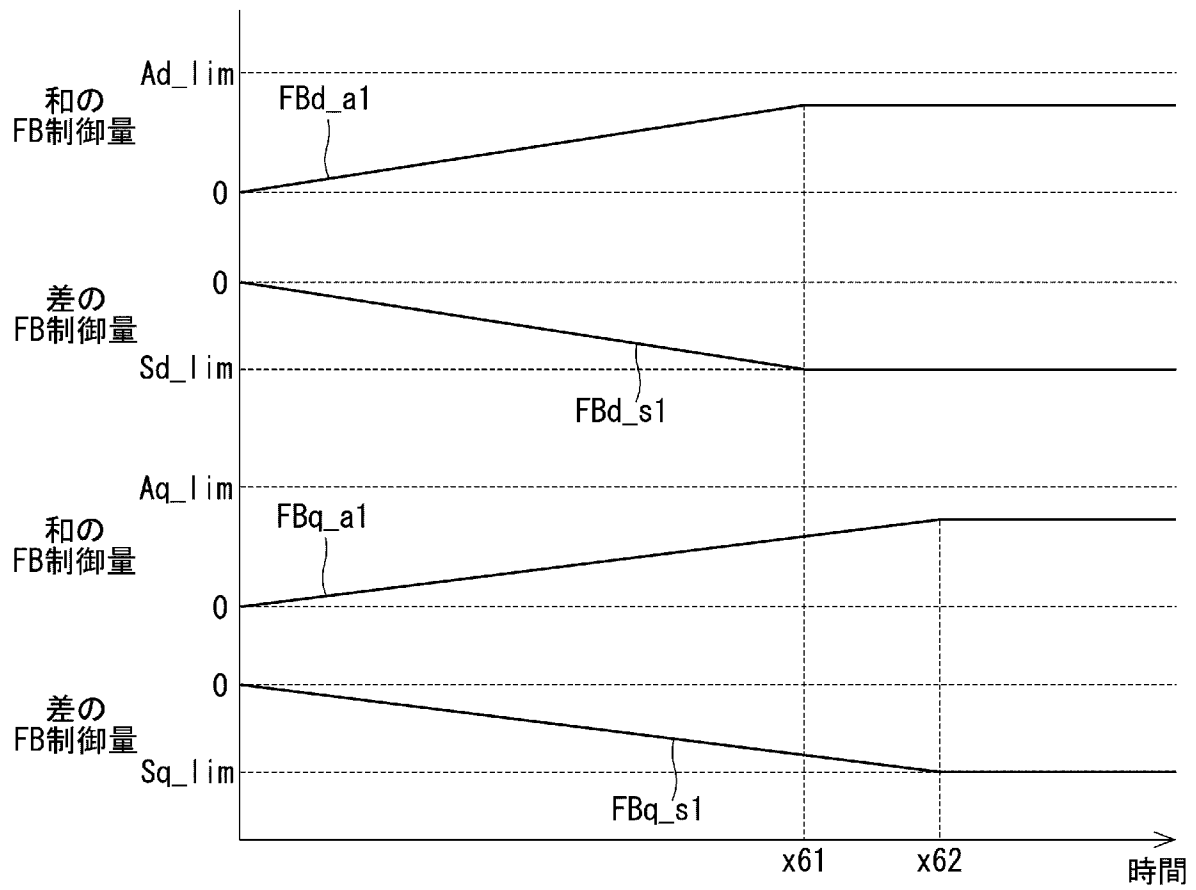
[図20]



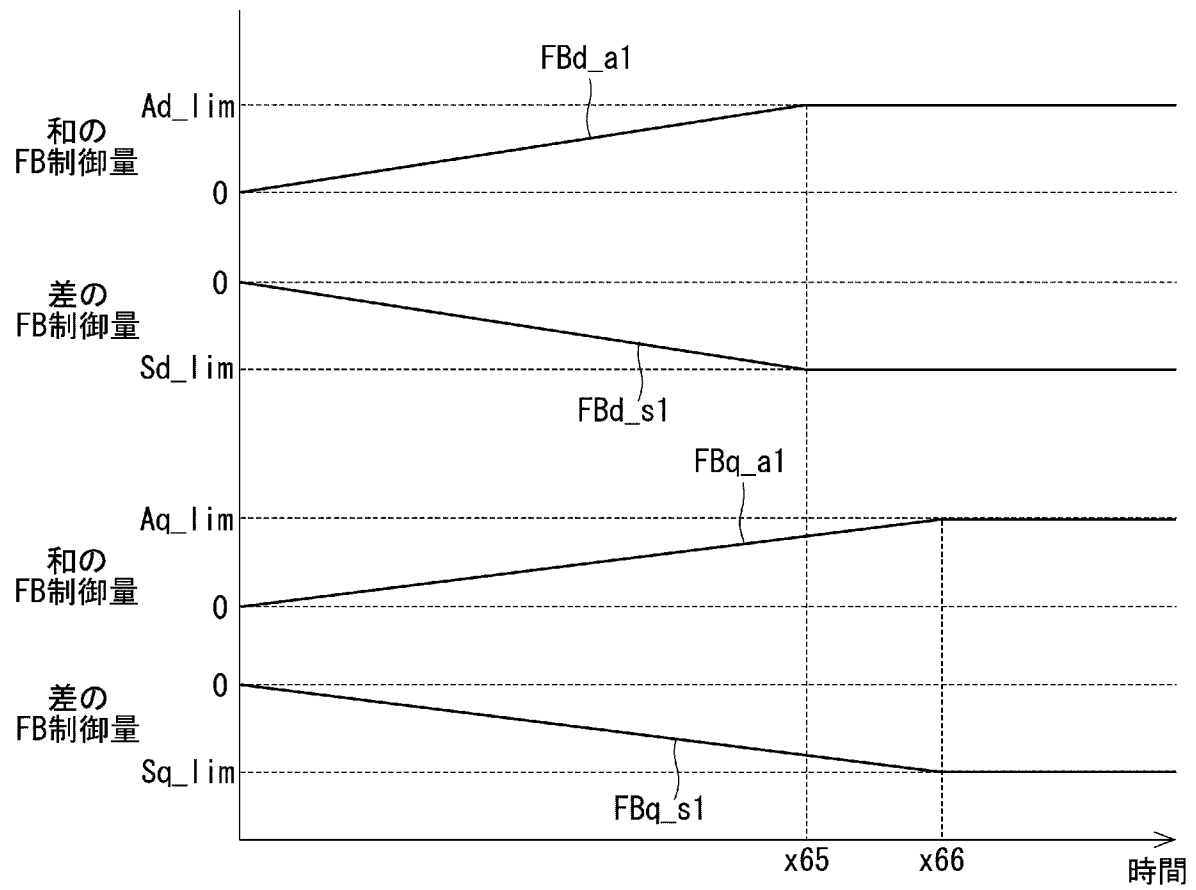
[図21]



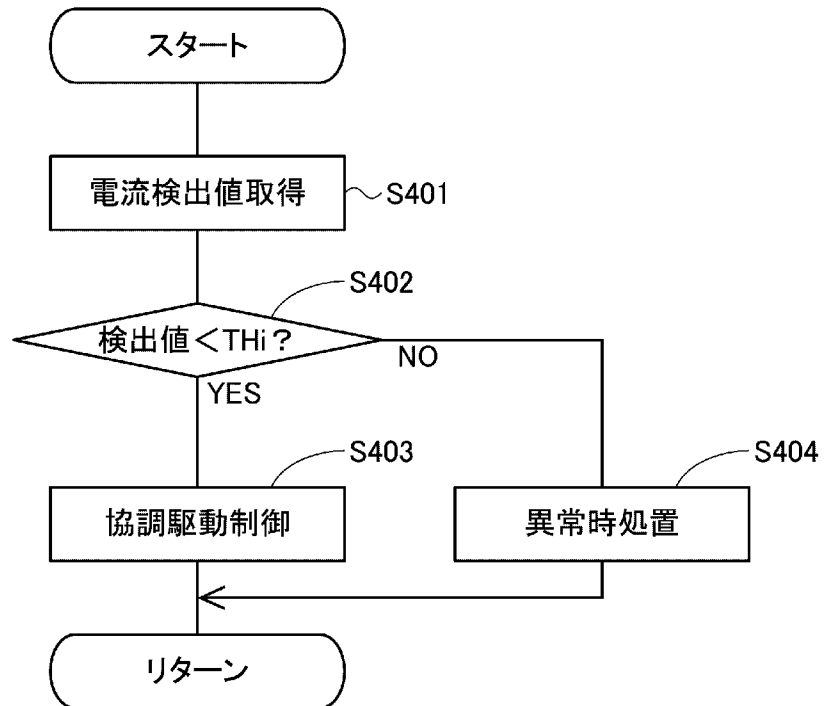
[図22]



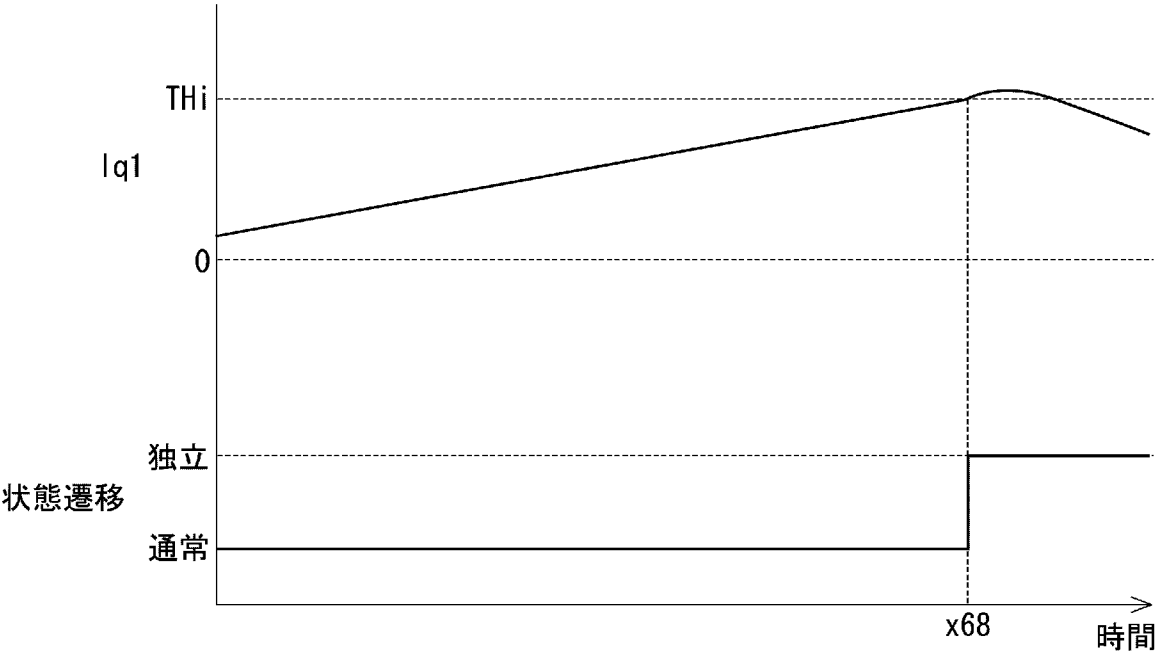
[図23]



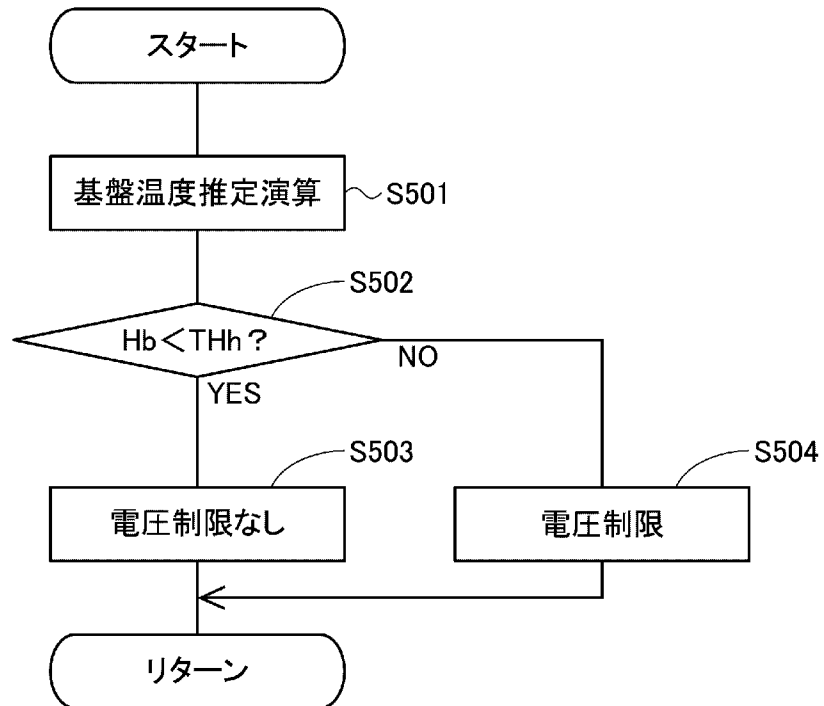
[図24]



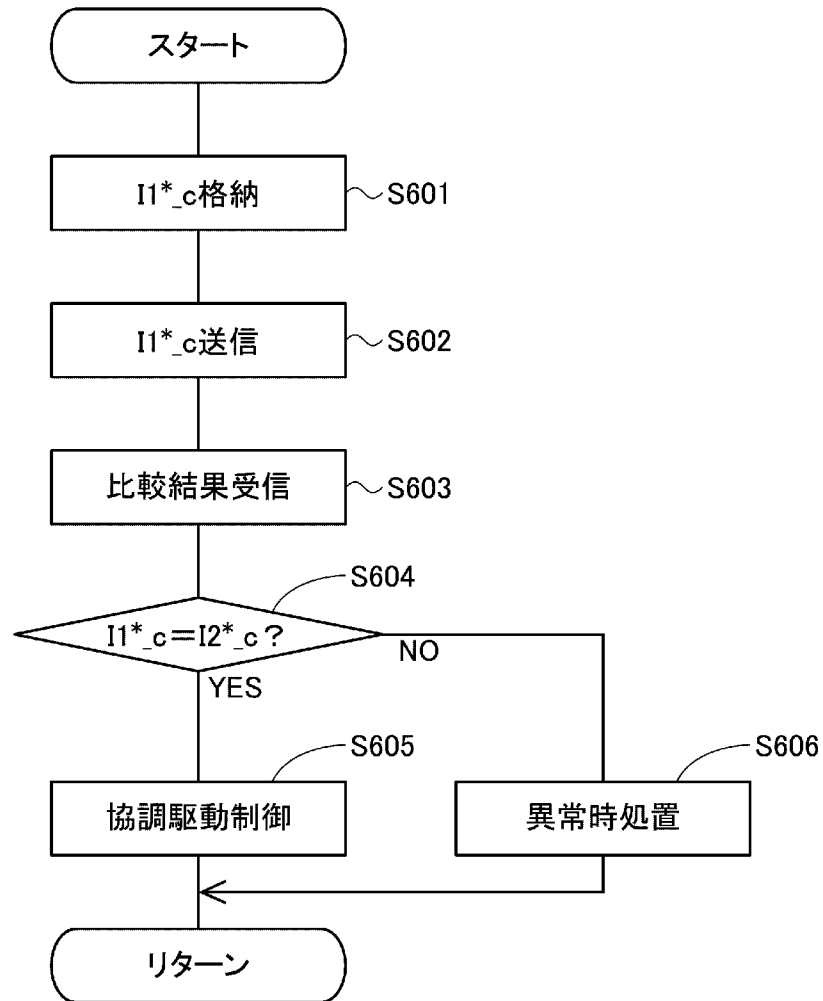
[図25]



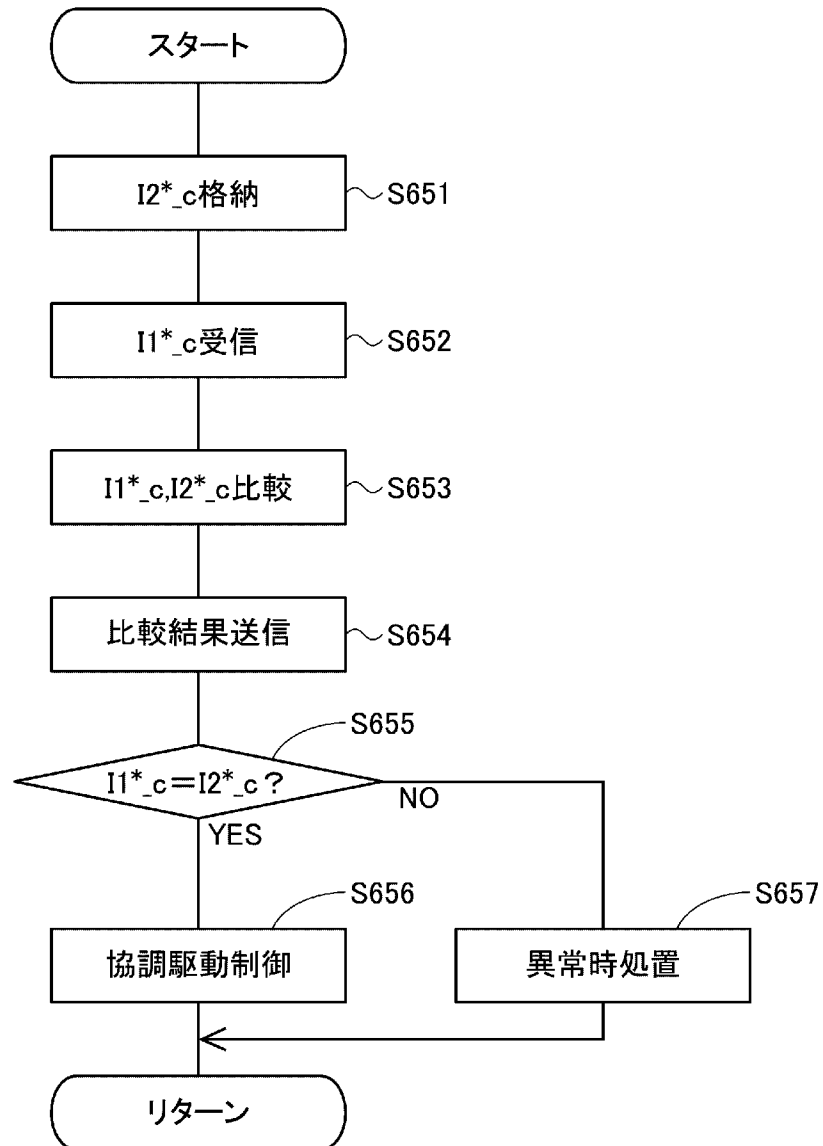
[図26]



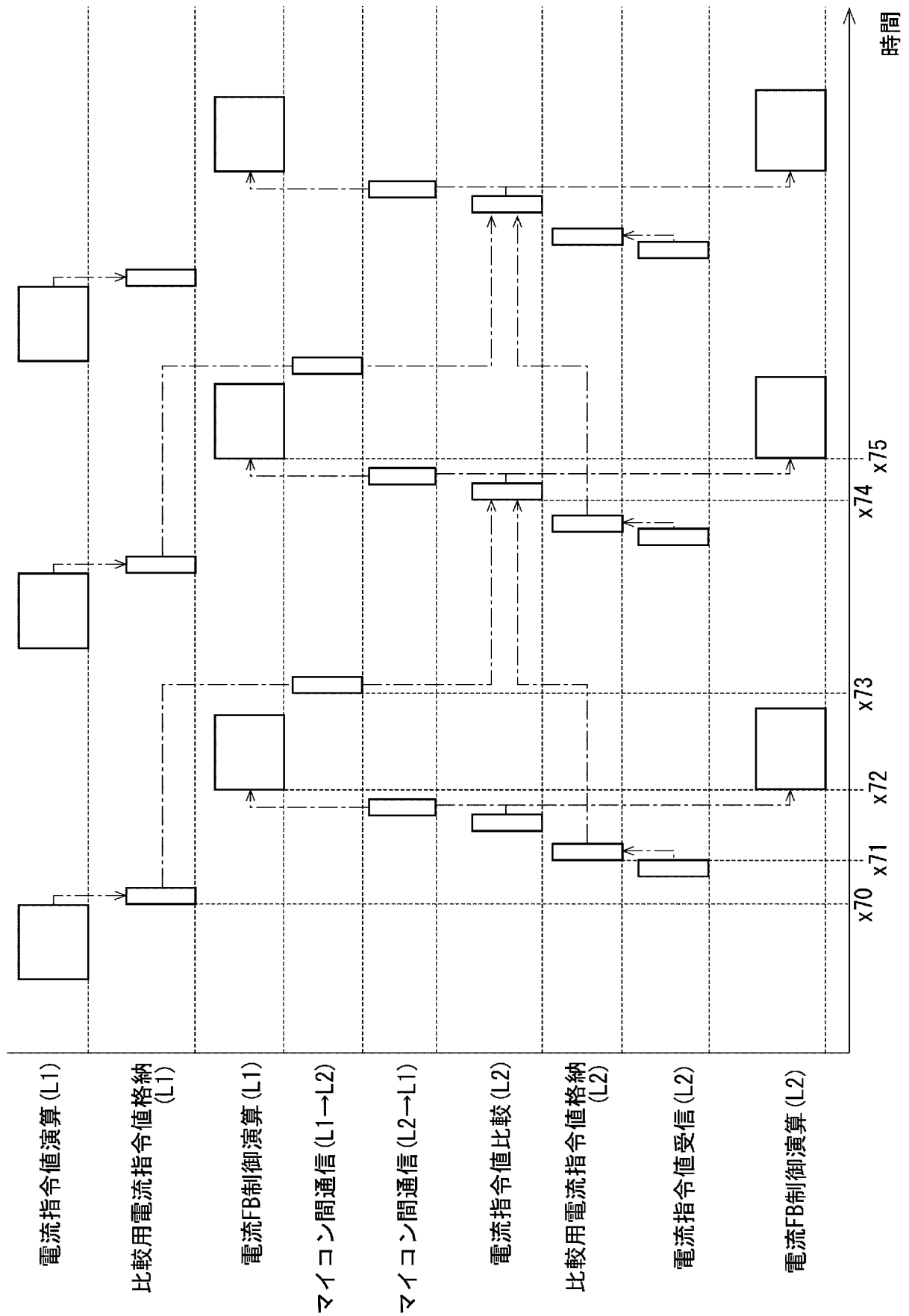
[図27]



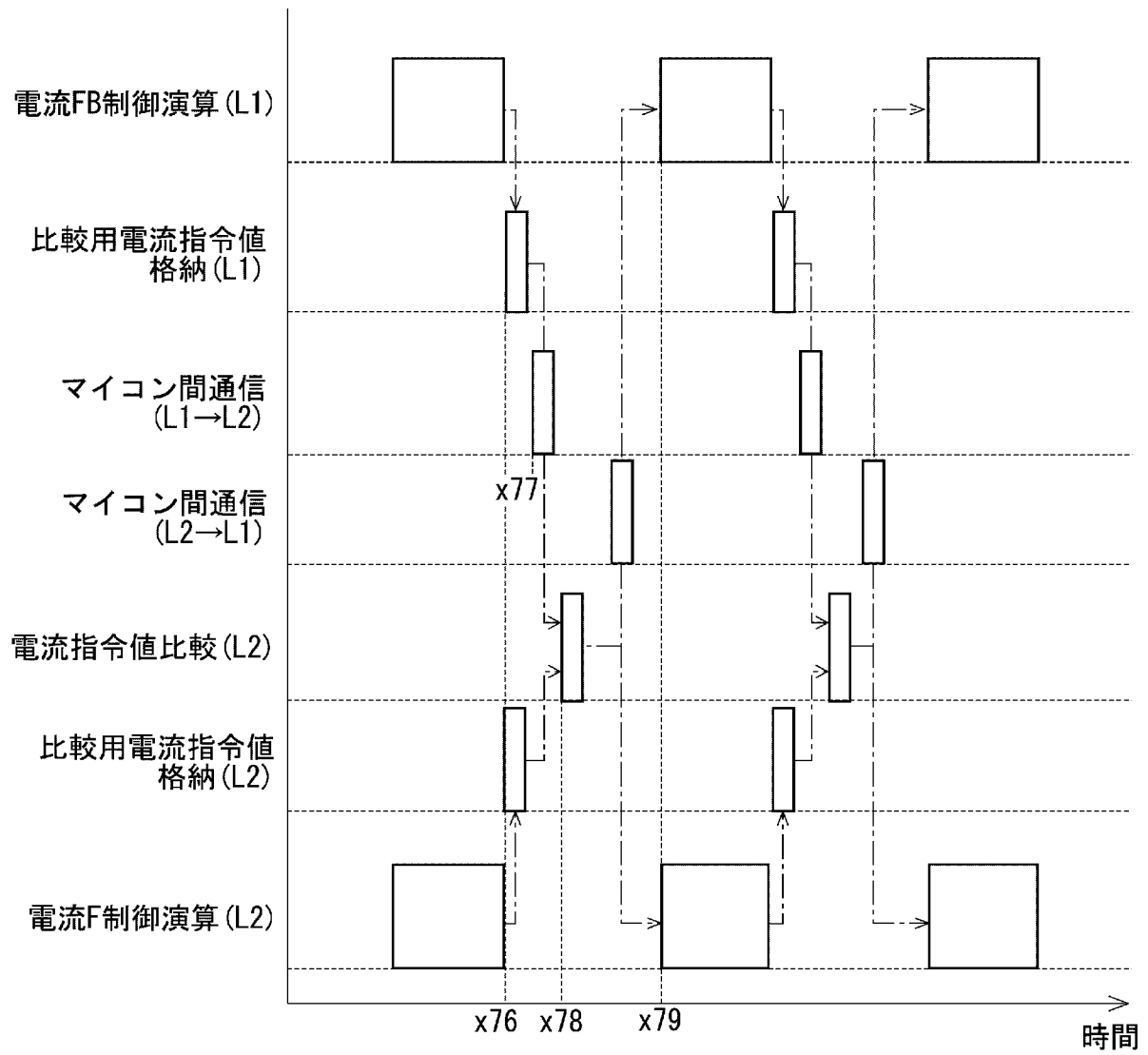
[図28]



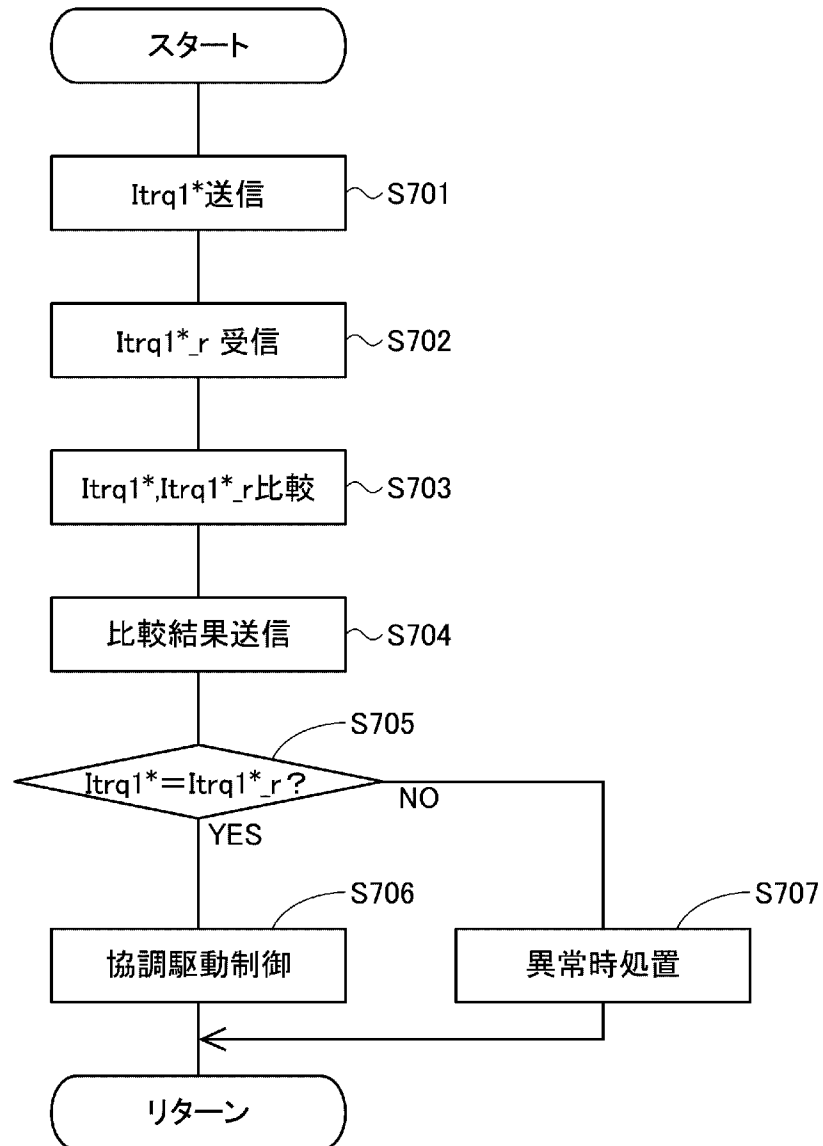
[図29]



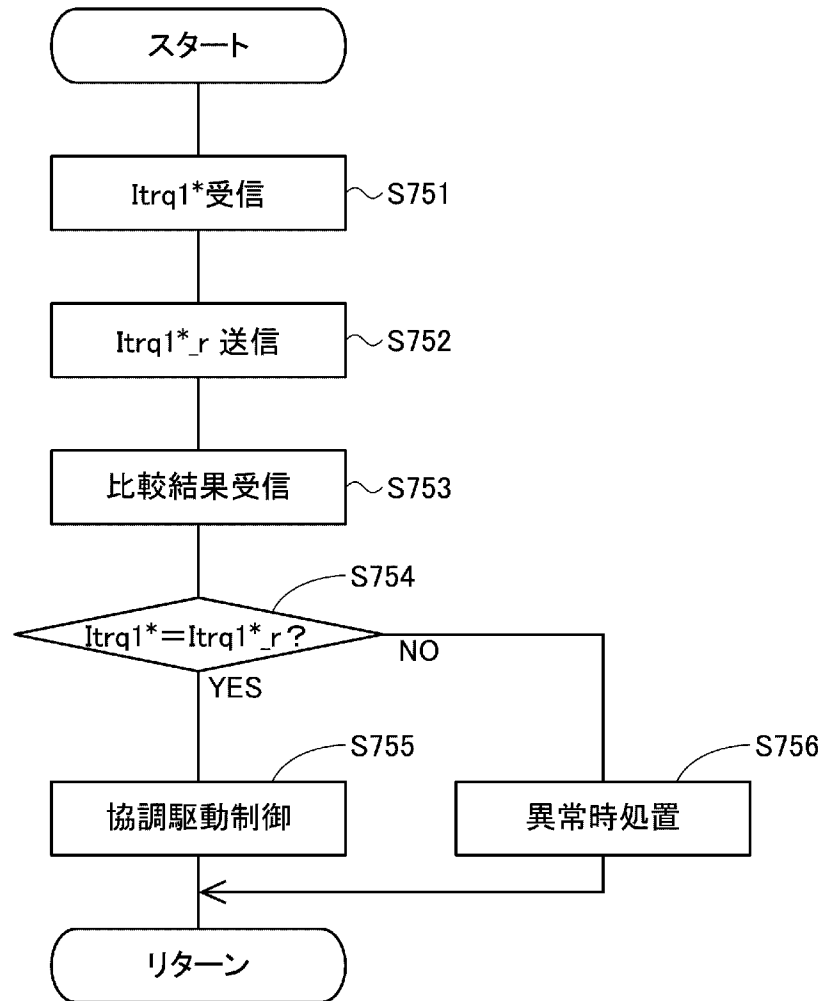
[図30]



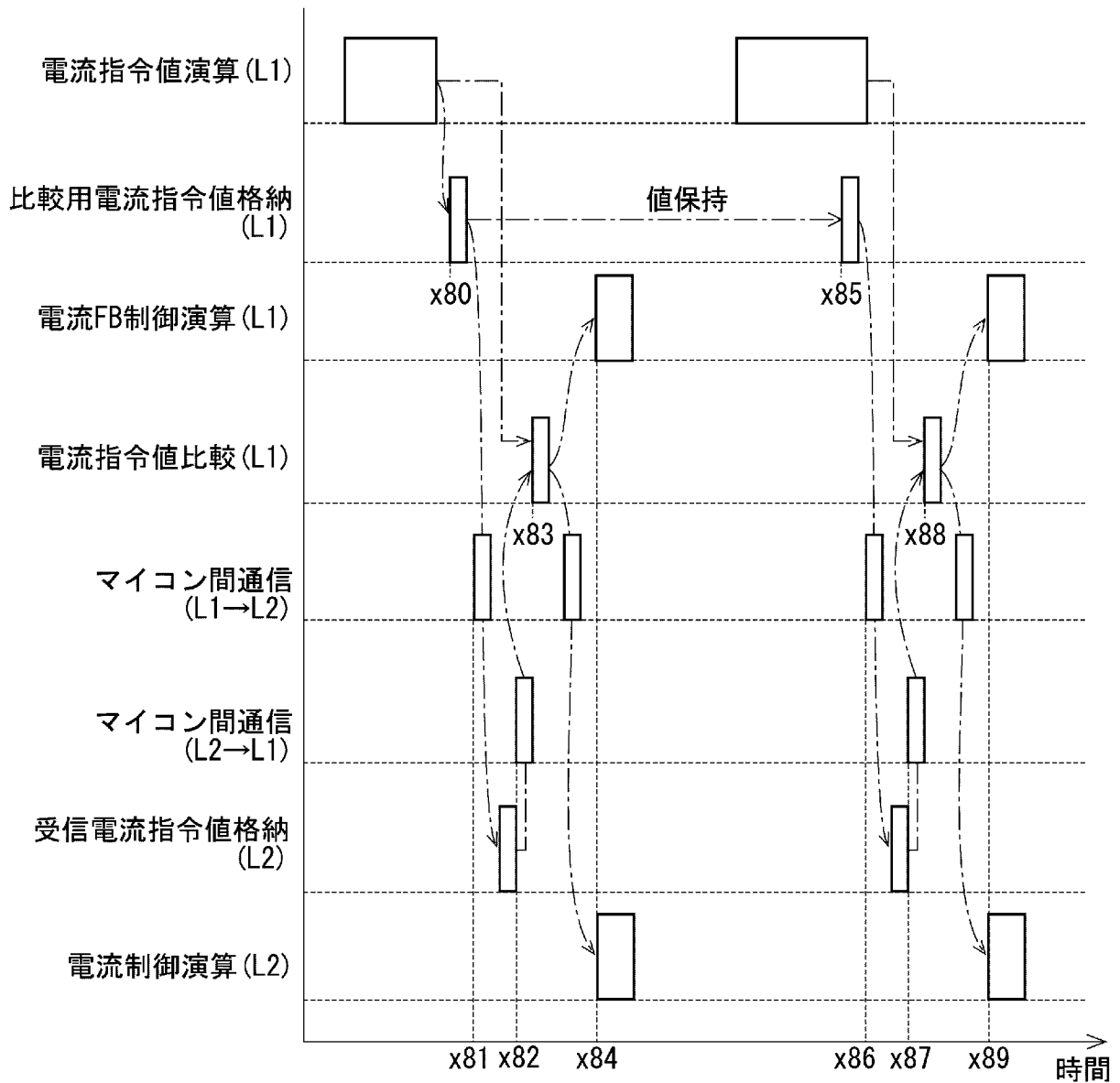
[図31]



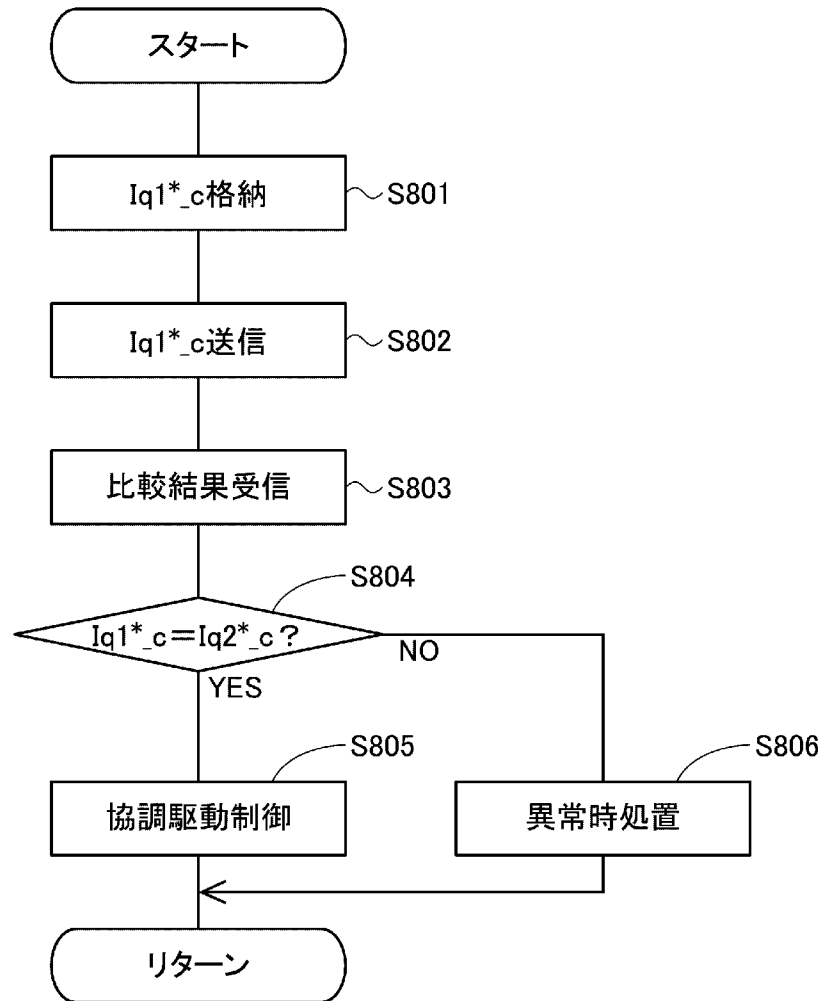
[図32]



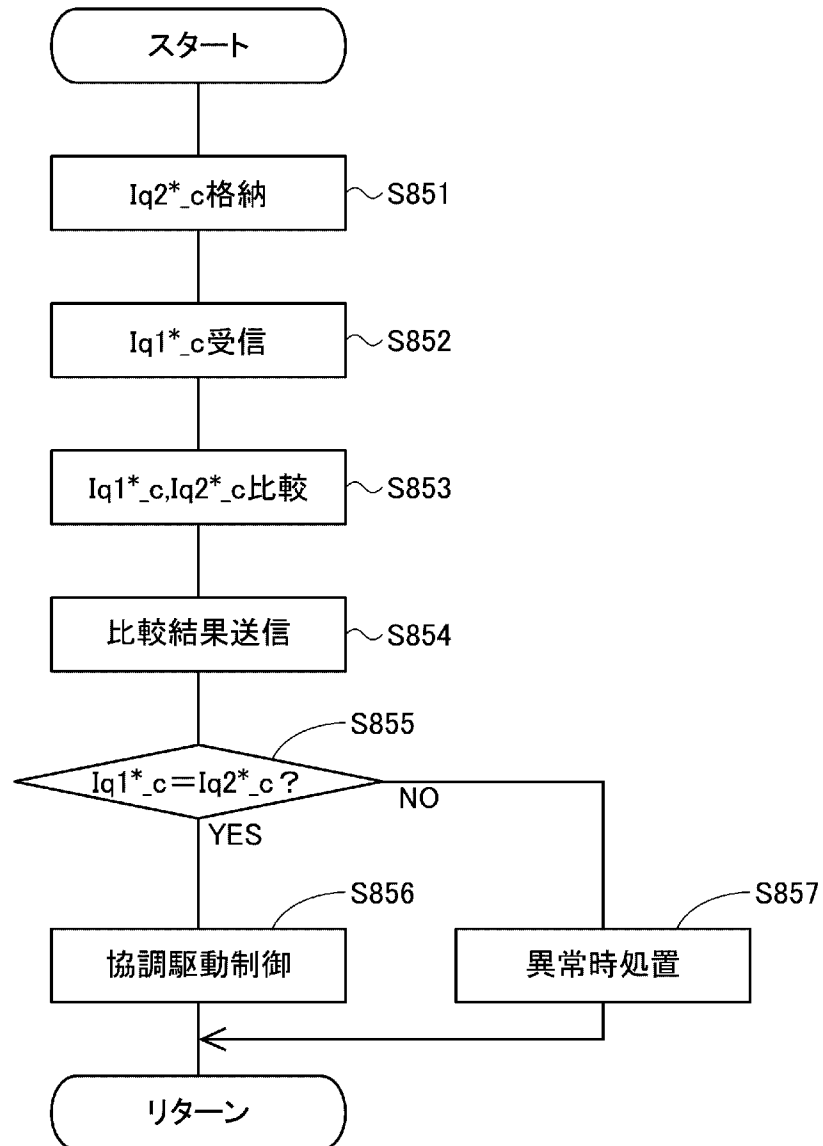
[図33]



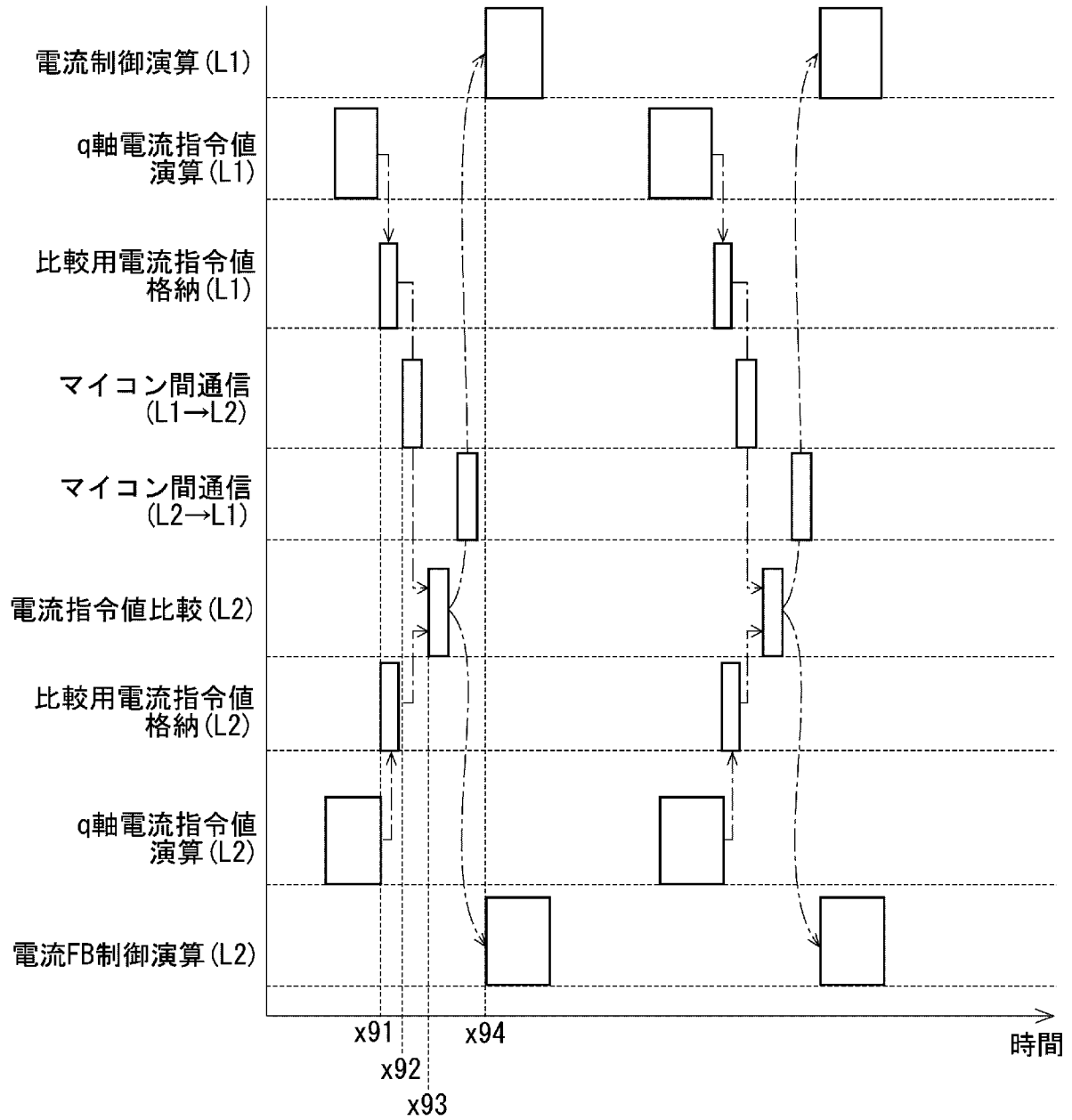
[図34]



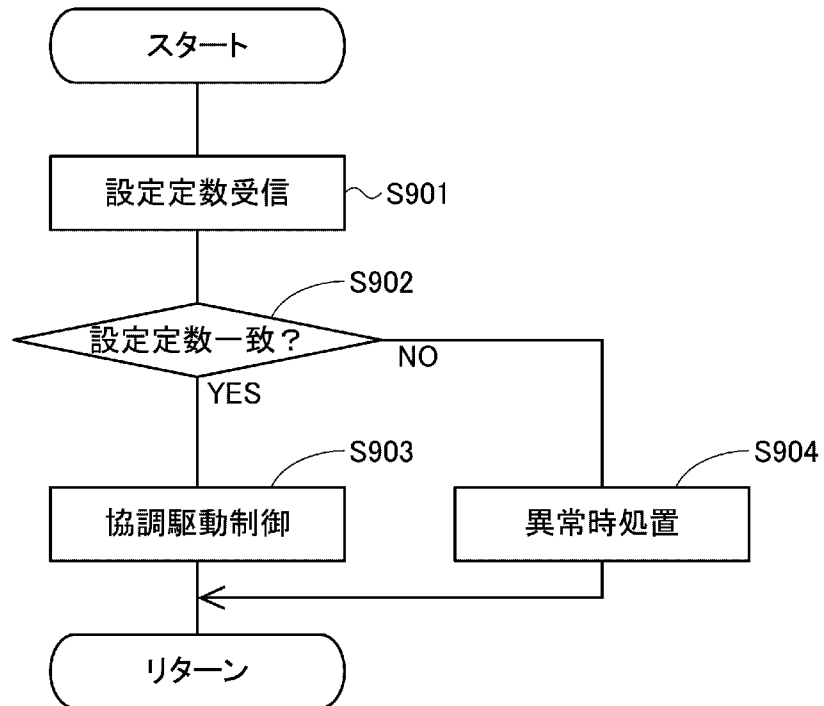
[図35]



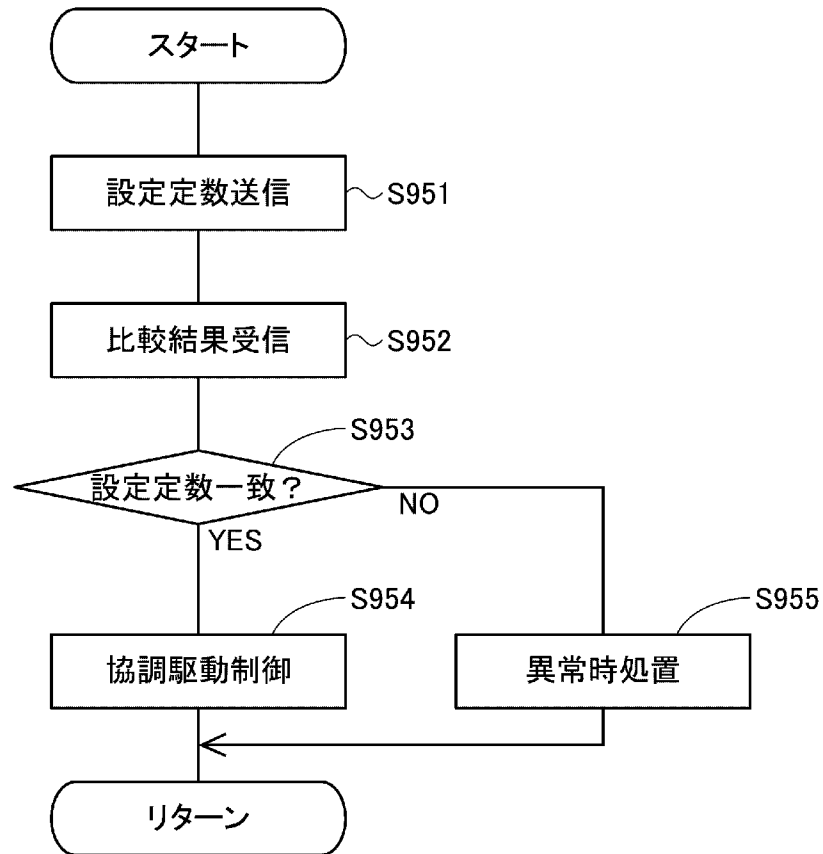
[図36]



[図37]



[図38]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/020218

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H02P 25/22 (2006.01)i; H02P 27/08 (2006.01)i FI: H02P25/22; H02P27/08 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) H02P25/22; H02P27/08 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.
X Y A	JP 2020-184855 A (DENSO CORPORATION) 12 November 2020 (2020-11-12) paragraphs [0008]-[0097], fig. 1-15	1 2-3, 5, 10-12, 14-15 4, 6-9, 13
Y	JP 2018-130007 A (DENSO CORPORATION) 16 August 2018 (2018-08-16) paragraphs [0178], [0196]-[0207]	2-3, 10-12, 14-15
Y A	JP 2017-221039 A (DENSO CORPORATION) 14 December 2017 (2017-12-14) paragraphs [0007]-[0083], fig. 1-10	5, 10-12, 14-15 1-4, 6-9, 13
Y	JP 2017-17898 A (DENSO CORPORATION) 19 January 2017 (2017-01-19) paragraphs [0030]-[0066]	10-12, 14-15
☐ 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 “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 08 August 2024		Date of mailing of the international search report 20 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/JP2024/020218

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
JP	2020-184855	A	12 November 2020	US	2020/0353973	A1	paragraphs [0022]-[0111], fig. 1-15
				CN	111917354	A	
JP	2018-130007	A	16 August 2018	US	2019/0260324	A1	paragraphs [0225], [0243]-[0254]
				CN	110063021	A	
JP	2017-221039	A	14 December 2017	US	2017/0359008	A1	paragraphs [0019]-[0169], fig. 1-10
				DE	102017209694	A1	
JP	2017-17898	A	19 January 2017	US	2017/0001661	A1	paragraphs [0100]-[0204]
				DE	102016211941	A1	
				CN	106330035	A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

H02P 25/22(2006.01)i; H02P 27/08(2006.01)i

FI: H02P25/22; H02P27/08

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））

H02P25/22; H02P27/08

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
X	JP 2020-184855 A（株式会社デンソー）12.11.2020（2020 - 11 - 12） 段落0008 - 0097、図1 - 15	1
Y		2-3, 10-12, 14-15
A		4, 6-9, 13
Y	JP 2018-130007 A（株式会社デンソー）16.08.2018（2018 - 08 - 16） 段落0178、0196 - 0207	2-3, 10-12, 14-15
Y	JP 2017-221039 A（株式会社デンソー）14.12.2017（2017 - 12 - 14） 段落0007 - 0083、図1 - 10	5, 10-12, 14-15
A		1-4, 6-9, 13
Y	JP 2017-17898 A（株式会社デンソー）19.01.2017（2017 - 01 - 19） 段落0030 - 0066	10-12, 14-15

☐ 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

08.08.2024

国際調査報告の発送日

20.08.2024

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）

島倉 理 3V 4131

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/JP2024/020218

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2020-184855	A	12.11.2020	US	2020/0353973	A1	
				段落 0 0 2 2 - 0 1 1 1、 図 1 - 1 5			
				CN	111917354	A	

JP	2018-130007	A	16.08.2018	US	2019/0260324	A1	
				段落 0 2 2 5、0 2 4 3 - 0 2 5 4			
				CN	110063021	A	

JP	2017-221039	A	14.12.2017	US	2017/0359008	A1	
				段落 0 0 1 9 - 0 1 6 9、 図 1 - 1 0			
				DE	102017209694	A1	

JP	2017-17898	A	19.01.2017	US	2017/0001661	A1	
				段落 0 1 0 0 - 0 2 0 4			
				DE	102016211941	A1	
				CN	106330035	A	
