

(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
2017年7月13日(13.07.2017)



(10) 国際公開番号

WO 2017/119227 A1

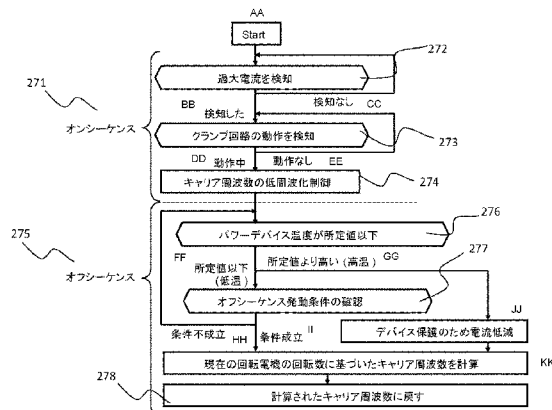
- (51) 国際特許分類:
H02P 27/08 (2006.01) H02M 7/48 (2007.01)
B60L 11/14 (2006.01) H02P 6/08 (2016.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/086295
- (22) 国際出願日: 2016年12月7日(07.12.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2016-000035 2016年1月4日(04.01.2016) JP
- (71) 出願人: 日立オートモティブシステムズ株式会社 (HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS, LTD.)
[JP/JP]; 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場2520番地 Ibaraki (JP).
- (72) 発明者: 鈴木 康介 (SUZUKI Kosuke); 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場2520番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Ibaraki (JP). 宮崎 英樹 (MIYAZAKI Hideki); 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場2520番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Ibaraki (JP).
- (74) 代理人: 戸田 裕二 (TODA Yuji); 〒1008220 東京都千代田区丸の内一丁目6番1号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NL, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロパ (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),

[続葉有]

(54) Title: ROTATING ELECTRICAL MACHINE DRIVE SYSTEM CONTROL DEVICE

(54) 発明の名称: 回転電機駆動システムの制御装置

[図11]



- 271 On sequence
272 Detect excessively large current
273 Detect operation of clamp circuit
274 Perform control to reduce carrier frequency
275 Off sequence
276 Power device temperature at most equal to prescribed value
277 Check Off sequence triggering conditions
278 Return to calculated carrier frequency
AA Start
BB Detected
CC Not detected
DD Operating
EE Not operating
FF At most equal to prescribed value (low temperature)
GG Higher than prescribed value (high temperature)
HH Conditions not met
II Conditions met
JJ Reduce current for device protection
KK Calculate carrier frequency based on rotational speed of rotating electrical machine at present time

(57) Abstract: The objective of the present invention is to obtain a control device of a rotating electrical machine drive system capable of appropriately protecting a power device of an inverter circuit when an excessively large current is applied from the inverter circuit to the rotating electrical machine. A control device 400 of a rotating electrical machine drive system 100 is provided with a rotating electrical machine 300 having a stator 310 configured from phase coils of N (where N is an integer at least equal to 3) phases, and an inverter circuit 200 including a power device 201 which applies an N-phase alternating current voltage to the stator 310, and also includes a control unit which performs PWM control of the power device 201. The inverter circuit 200 includes a clamp circuit 250 which is energized when a voltage at least equal to a prescribed voltage is applied between an input terminal 202 and a signal input terminal 203 of the power device 201. Furthermore, when the clamp circuit 250 enters the energized state, the control unit reduces the PWM control frequency in the energized state compared with the PWM control frequency prior to the clamp circuit 250 entering the energized state.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2017/119227 A1



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

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

インバータ回路から回転電機に過大電流を印加したときにインバータ回路のパワーデバイスを適切に保護することができる回転電機駆動システムの制御装置を得ること。 回転電機駆動システム 100 の制御装置 400 は、 N (N は 3 以上の整数) 相の相コイルにより構成される固定子 310 を有する回転電機 300 と、固定子 310 に N 相の交流電圧を印加するパワーデバイス 201 を有するインバータ回路 200 を備え、パワーデバイス 201 を PWM 制御する制御部を有する。インバータ回路 200 は、パワーデバイス 201 の入力端子 202 と信号入力端子 203 との間に所定電圧以上の電圧が印加されると通電するクランプ回路 250 を有している。そして、制御部は、クランプ回路 250 が通電状態となった場合、通電状態前の PWM 制御の周波数よりも通電状態の PWM 制御の周波数を低くする。

明 細 書

発明の名称： 回転電機駆動システムの制御装置

技術分野

[0001] 本発明は、インバータ回路により回転電機を制御する回転電機駆動システムの制御装置に関する。

背景技術

[0002] ハイブリッド自動車や電気自動車、燃料電池自動車等の電動車両は、駆動用の回転電機を有しており、かかる回転電機に対する低電圧化と小型高出力化の要求が高まっている。

一般的に、回転電機に印加される通常電流は、固定子コイルの電流密度と発熱量、固定子コアや回転子コアの磁気飽和、インバータ回路のパワーデバイスの容量と発熱許容量など、主に発熱量とその安全率と許容できる継続時間を考慮して、予め設定された最大定格に制限されている。そして、最大定格を超えた過大電流をインバータ回路から回転電機に一時的に印加して、回転トルクを増大させることが行われている。

[0003] 特許文献1には、正弦波駆動の最大定格よりも大きな回転トルクの発生を要求する大トルク発生指令を受けたときに、非正弦波駆動モードに移行して回転電機の回転トルクを増加させる制御技術が示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2009-303289号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] インバータ回路から回転電機に過大電流を印加したときに発生する熱やサージ電圧からインバータ回路のパワーデバイスを適切に保護する必要がある。

本発明は、上記の点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところ

は、インバータ回路から回転電機に過大電流を印加したときにインバータ回路のパワーデバイスを適切に保護することができる回転電機駆動システムの制御装置を提供することである。

課題を解決するための手段

[0006] 上記課題を解決する本発明の回転電機駆動システムの制御装置は、 N (N は3以上の整数)相の相コイルにより構成される固定子を有する回転電機と、前記固定子に N 相の交流電圧を印加するパワーデバイスを有するインバータ回路と、を備える回転電機駆動システムの制御装置であって、前記パワーデバイスをPWM制御する制御部を有し、インバータ回路は、パワーデバイスの入力端子と当該パワーデバイスのゲート端子との間に所定電圧以上の電圧が印加されると通電するクランプ回路を有し、前記制御部は、前記クランプ回路が通電状態となった場合、当該通電状態前の前記PWM制御の周波数よりも当該通電状態の当該PWM制御の周波数を低くすることを特徴とする。

発明の効果

[0007] 本発明によれば、インバータ回路から回転電機に過大電流を印加したときに発生する熱やサージ電圧からインバータ回路のパワーデバイスを適切に保護することができる。なお、上記した以外の課題、構成及び効果は、以下の実施形態の説明により明らかにされる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]高出力化のために回転トルクを増加した場合の3相交流回転電機の出力線図。

[図2]ハイブリッド自動車のシステムブロック図。

[図3]3相交流のインバータ回路を示す図。

[図4]クランプ回路の一例を示す図。

[図5]回転電機の一例を示す図。

[図6]図5の部分拡大図で、多相固定子コイルが捲回された固定子鉄心の1本分を抜き出した図。

[図7]クランプ回路を取り付けずにインバータ回路に過大電流を入力したとき

の、パワーデバイスの動作経過図。

[図8] クランプ回路を取り付けたインバータ回路に過大電流を入力したときの、パワーデバイスの動作経過図。

[図9] 搬送波が高周波であるときにクランプ回路を用いた場合のサージ電圧の影響の残存することを示した図。

[図10] 搬送波が低周波であるときにクランプ回路を用いた場合のサージ電圧の影響を最小化に出来る事を示した図。

[図11] 本発明の動作一連を説明するフローチャート。

[図12] クランプ回路の動作判定回路図。

[図13] 本発明の適用判断を実施しながら、加速要求に応答するプロセスを示したフローチャート。

発明を実施するための形態

[0009] 図1は、高出力化のために回転トルクを増加した場合の3相交流回転電機の実出力線図である。3相交流回転電機の回転トルクを増加させる方法は、磁石の増量と電流の増加の2方法があるが、磁石増量をさせる方法は避けたい。これは、低電圧化要求の観点から、駆動中の誘起電圧の増加を回避したいからである。そのため、インバータ回路から回転電機に供給する電流を増加させて、トルクを増大させる方法を採用する。

[0010] 一般的には、回転電機300の回転トルクは、図1に実線で示されるように、最大定格301に制限される。制限を左右している要因は、回転電機300の固定子コイル311の電流密度と発熱量、固定子コア312や回転子コア321の磁気飽和、インバータ回路200のパワーデバイス201の容量と発熱許容量など、主に発熱量とその安全率と許容できる継続時間である。

[0011] この最大定格301を超えて、図1に示した限界定格領域302の限界定格303を得るためには、過大電流の印加が必要になる。限界定格領域302は、主に車両発進時の補助用途が予想される。その理由は、通常加速時に使用すると、強すぎる回転トルクが発生する危険性があるからである。その

ため、限界定格領域 302 の使用継続時間は、発進直後の数秒間を主要使用範囲と想定している。

[0012] そして、過大電流を印加したときに発生する熱に対するインバータ回路 200 のパワーデバイス 201 の発熱対策と保護方法が、大きな課題である。すなわち、本発明の課題は、過大電流入力時のパワーデバイス 201 の発熱対策と保護方法である

[0013] 図 2 は、ハイブリッド自動車のシステムブロック図である。

本発明は、特にハイブリッド自動車 101 の駆動用の回転電機 300 に適用できる発明である。

[0014] 図 2 に示すハイブリッド自動車 101 は、回転電機 300 と燃料噴射型エンジン 500 との協調により、少なくとも一方の回転トルクを駆動輪 504 に伝達可能なパラレル方式の駆動系を有している。ただし、本発明はパラレル方式のハイブリッド自動車 101 への適用に限定するものではない。本発明は、回転電機を用いる電動車両(ハイブリッド自動車、電気自動車、燃料電池自動車)に幅広く使用できる。

[0015] ハイブリッド自動車 101 は、例えば回転電機 300 の回転トルクを主動力として走行を開始する。このとき、クラッチ 501 は接続状態にある。そして、車速が早くなると、内燃機関である燃料噴射型エンジン 500 が始動する。その後、ハイブリッド自動車 101 は、燃料噴射型エンジン 500 が発生した回転トルクを主駆動力として走行を継続することができる。

[0016] 回転電機 300 や燃料噴射型エンジン 500 が発生させた回転トルクは、トランスミッション 502 とディファレンシャルギア 503 を介して、駆動輪 504 に伝達される。回転電機 300 は、加速や登坂など、高回転トルクが必要なときに、燃料噴射型エンジンの回転トルクをアシストするように回転トルクを発生させることがある。

[0017] 回生制動の運転時、回転電機 300 は、駆動輪 504 から伝達されてきた回転トルクに基づいて、交流電力を発生する。発生した交流電力は、インバータ回路 200 により直流電力に変換されて、電力供給源 204 に充電され

る。そして、電力供給源 204 に充電された電力は、走行エネルギーとして再び使用される。

[0018] インバータ回路 200 は、パワーケーブル 205 を介して電力供給源 204 と電氣的に接続されている。そして、電力供給源 204 とインバータ回路 200 との相互において電力の授受が行われる。回転電機 300 をモータとして動作させる場合、インバータ回路 200 は、パワーケーブル 205 を介して電力供給源 204 から供給された直流電力を交流電力に変換し、回転電機 300 に供給する。

[0019] 図 3 は、回転電機の駆動システムの構成を説明する図である。

回転電機駆動システムは、インバータ回路 200 と、回転電機 300 と、制御装置 400 を有している。インバータ回路 200 は、例えば図 3 に示す 3 相交流のインバータ回路を有している。

[0020] インバータ回路 200 は、固定子に N 相の交流電圧を印加するパワーデバイス 201 を有する。インバータ回路 200 に使用されるパワーデバイス 201 は、耐圧や印加電圧によって、MOS 型電界効果トランジスタ (MOS-FET) と絶縁ゲート型バイポーラトランジスタ (IGBT) が使い分けられる。ただし、これは他のパワーデバイスの使用を除外するものではない。

[0021] インバータ回路 200 の 1 相あたりのレグ 206 は、上アームとして動作するパワーデバイス及びダイオード (以下、上アーム用パワーデバイス、またはパワーデバイス) 201a と、下アームとして動作するパワーデバイス及びダイオード (以下、下アーム用パワーデバイス、またはパワーデバイス) 201b の直列接続で構成されている。

[0022] インバータ回路 200 は、このレグ 206 を、出力しようとする交流電力の U 相、V 相、W 相の三相にそれぞれ対応して備えている。これらの三相は、回転電機 300 の固定子コイル 311 の三相の各相巻線に対応している (図 5 を参照)。

[0023] 三相のそれぞれのレグ 206 は、それぞれの中間電極 207 からパワーケーブル 205 または交流バスバ (不図示) を介して、回転電機 300 の各相

巻線に交流電流を出力する。上アーム用パワーデバイス 201 a の中間電極 207 につながれていない側の端子は、正極バス 208 に電氣的に接続されている。下アーム用パワーデバイス 201 b の中間電極 207 につながれていない側の端子は、負極バス 209 に電氣的に接続されている。

[0024] 正極バス 208 と負極バス 209 は、平滑用コンデンサ 210 に電氣的に接続されている。さらに、正極バス 208 と負極バス 209 は、パワーケーブル 205 などを介して、電力供給源 204 に接続されている。制御装置 400 は、ゲートドライバ回路 211 と制御回路 212 から構成されている。制御装置 400 は、たとえば車両の運転手の操作状態を判断する上位制御装置 213 から制御指令を受ける。

[0025] 制御回路 212 は、各パワーデバイス 201 のスイッチングタイミングを演算処理するための制御部（マイクロコンピュータ。別称、マイコン）（不図示）を備えている。制御部への入力情報は、例えば、回転電機 300 に対して要求される目標回転トルク値、インバータ回路 200 から回転電機 300 に供給される電流値、及び回転電機 300 の回転子 320 の磁極位置などがある。

[0026] 制御部は、受けた制御指令やセンシングされた物理値に基づいて、U 相、V 相、W 相の電圧指令値を演算する。そして、制御部は、各相の電圧指令値に基づく基本波（正弦波）と搬送波（三角波）との比較からパルス状の変調波を生成し、この生成された変調波を PWM（パルス幅変調）信号としてゲートドライバ回路 211 に出力する（PWM 制御）。

[0027] ゲートドライバ回路 211 は、制御回路 212 から入力した PWM 信号に基づいて各相のパワーデバイス 201 を制御するための駆動パルスを生成し、各相のパワーデバイス 201 に供給する。

[0028] 各相のパワーデバイス 201 は、駆動パルスに基づいて、導通と遮断動作を行い、電力供給源 204 から供給された直流電力を三相交流電力に変換し、回転電機 300 の各相に供給する。

[0029] 図 4 は、クランプ回路の一例を示す図である。

クランプ回路 250 は、パワーデバイス 201 の近傍に備え付けられている。クランプ回路 250 は、パワーデバイス 201 の入力端子 202 と信号入力端子 203 との間に所定電圧以上の電圧が印加されると通電する。クランプ回路 250 は、インバータ回路 200 のパワーデバイス 201 がスイッチングする時に発生するサージ電圧を抑制する役割を持つ。上記以外にもインバータ回路 200 は、スター結線されたコンデンサの電磁ノイズ対策用フィルタ（Y コンデンサと略称する）（不図示）を備える。

[0030] クランプ回路 250 は、リカバリダイオード 215 と、クランプ回路用のツェナーダイオードを有している。そして、入力端子 202 は、パワーデバイス 201 が上アーム用パワーデバイスの場合は正極バス 208 に接続され、下アーム用パワーデバイスの場合は各相に 1ヶ所ずつ配置されている中間電極 207 に接続されている。信号入力端子 203 は、ゲートドライバ回路 211 に接続されている。出力端子 214 は、パワーデバイス 201 が上アーム用パワーデバイスの場合は中間電極 207 に接続され、下アーム用パワーデバイスの場合は負極バス 209 に接続されている。

[0031] 図 5 は、回転電機の一例を示す図である。

回転電機 300 は、永久磁石同期電動機であり、ネオジウムなどの磁石 322 を使用した永久磁石型の同期電動機が適している。ただし、これは、他の回転電機の使用を除外するものではない。

[0032] 本発明は、誘導電動機やリラクタンストルク電動機または発電機などに幅広く応用できる。回転電機 300 は、運転方法により回転トルクを発生するだけでなく、回転電機 300 に外部から加えられる機械エネルギーを電力に変換する機能を有する。

[0033] 図 5 に示す回転電機 300 は、例えば集中巻型回転電機 305 である。ただし、これは、集中巻以外の巻線方式を除外するものではない。回転電機 300 は、固定子 310 と回転子 320 を有する。固定子 310 は、 N (N は 3 以上の整数) 相の相コイルにより構成されており、固定子鉄心 313 を有する。

[0034] 図6は、図5の部分拡大図306であり、多相固定子コイル311が捲回された固定子鉄心313の1本分を抜き出した図である。固定子鉄心313には、多相固定子コイル311が1回以上捲回されている。固定子鉄心313に複数回捲回された多相固定子コイル311において、その終端の一方311aはインバータ装置のU相、V相、W相のいずれかに接続されており、他方311bは、他相の固定子コイルと接続されて、中性点としてまとめられている(不図示)。固定子鉄心313と多相固定子コイル311の間には、絶縁部材314が挿入されている。絶縁部材314は、例えば、樹脂系部品や絶縁紙が相当する。

[0035] 回転子320は、回転子コア321、磁石322、回転軸323から形成されている。回転子コア321は、例えばケイ素鋼板製で、磁石322の固定や回転軸323との締結を担う。磁石322は、たとえば永久磁石であり、フェライト磁石やネオジウムなどの磁石である。

[0036] 固定子310と回転子320は、例えばアルミ製筐体などに収納されており、回転電機を構成している。固定子310と回転子320は、そのアルミ製筐体を介して自動車の車体に締結される。回転電機300は、空冷方式、水冷方式、油冷方式のいずれかまたは併用によって冷却される。

[0037] 図1に示す限界定格領域302においてパワーデバイス201に入力される電流は、各パワーデバイス201の許容電流値を超過した値である。しかし、継続時間が、極短時間であればパワーデバイス201の耐久性に影響を与えることはない。

[0038] 図7は、クランプ回路250を取り付けずに、インバータ回路200に過大電流を入力したときのパワーデバイス201の動作経過図である。

[0039] 一般的に、パワーデバイス201に電流が入力されている時にスイッチングオフ（パワーデバイスオフ）になると、パワーデバイスの入出力間電圧262にサージ電圧263が発生する。サージ電圧263の大きさは、遮断する入力電流261に比例する。サージ電圧263が、パワーデバイス201の許容電圧限界265を超過すると、パワーデバイス201が破損するおそ

れがある。

- [0040] 遮断によってパワーデバイスが破損する理由は、配線インダクタンスの電磁エネルギーである。例えば、限界定格303の入力電流が最大定格301の電流に対して3倍大きい場合、電磁エネルギー比は、9倍になる($Li^2/2$ より(Lは交流バスバのインダクタンス))。
- [0041] 図7に示すように、パワーデバイスのオフによって損失266は発生するが、短時間または、パワーデバイス201の破損の可能性から重要視されない。
- [0042] 図8は、クランプ回路250を取り付けたインバータ回路200に過大電流を入力したときの、パワーデバイス201の動作経過図である。
- [0043] パワーデバイス201の入出力間電圧262に発生したサージ電圧264は、クランプ回路250によって上限を制限されるため、パワーデバイス201を破損させるほどの電圧にはならない。
- [0044] なお、クランプ回路250は、電圧と電流と時間の積で損失267を発生させる。したがって、クランプ回路250の損失267は、継続時間が長いほど大きくなる。そして、その損失267によってパワーデバイス201が高温化するため、熱破損する可能性がある。
- [0045] そこで、損失267を下げるために、クランプ回路250を用いるとともに、搬送波(キャリア周波数)を低周波化させる。搬送波によって発生するスイッチング損失は、搬送波が低周波数のほうが小さいからである。以上より、損失267を損失268まで低減させることができる。
- [0046] 図9は、搬送波が高周波であるときにクランプ回路を用いた場合のサージ電圧の影響の残存することを示した図である。
- [0047] クランプ回路250を適用すると、パワーデバイス201が完全にオフになる時間が延びる。そのため、図9のように、搬送波が高周波のままでは、回転電機300が高回転であるほど、一回前のスイッチング時にクランプ回路250が抑制したサージ電圧264の影響が残る可能性がある。
- [0048] しかし、搬送波が低周波であれば、図10のように、クランプ回路250

が抑制したサージ電圧 264 の影響を最小限にできる時間を得られる。これによって、クランプ回路 250 は、パワーデバイスの入出力間電圧 262 の過上昇を抑制し、低キャリア周波数化でスイッチング損失を抑制することで、パワーデバイス 201 の損失最小化と破損阻止ができる。制御部は、クランプ回路 250 が通電状態となった場合、通電状態前の PWM 制御の周波数よりも通電状態の PWM 制御の周波数を低くする制御を行う。

[0049] 本発明は、搬送波を利用しているインバータ回路 200 と、回転電機 300 を組み合わせた回転電機駆動システム全てに適用できる。

[0050] 図 11 は、キャリア周波数の低周波数化を実行又は解除する制御を説明するフローチャートである。以下では、クランプ回路 250 が通電状態となった場合、通電状態前の PWM 制御の周波数よりも通電状態の PWM 制御の周波数を低くするシーケンスをオンシーケンスと定義し、PWM 制御の周波数をクランプ回路の通電状態前の PWM 制御の周波数に近づけるシーケンスをオフシーケンスと定義する。

[0051] このプロセスは、回転電機 300 に過大電流が印加された場合にのみ適用される。領域を限定する理由は、低キャリア周波数は、回転電機 300 の振動騒音特性を悪化させる要因になるからである。キャリア周波数を低周波化するオンシーケンス 271 は、次の通りである。なお、各プロセス切替判断は、制御部で行われるが、論理回路を使って構成しても良い。

[0052] 制御部は、過大電流が回転電機 300 に印加されると、たとえば、電流センサ(不図示)でセンシングされた結果により、過大電流を検知する(272)。スイッチング動作によって変動するパワーデバイスの入出力間電圧 262 があらかじめ定められた閾値を超過すると、クランプ回路 250 が自動的に作動する。

[0053] しかし、このクランプ回路 250 の動作開始は、制御部では検知できない。そのため、クランプ回路 250 の動作を制御部に検知させる回路が必要である。例えば、図 12 に示す回路 252 が、クランプ回路 250 の動作判定回路である。

[0054] 同回路は、パワーデバイス201の信号入力端子203に備えられているバッファ回路253の両端信号から、真理値表254を満たすように論理回路が組まれている。クランプ回路250が動作しているとき、AはLow、BはHighになる。論理回路は、この条件のときにCがHighになるように組まれている。Cの結果は、例えばD/Aコンバータ(不図示)を介して、制御部に取り込まれる。そして、制御部は、クランプ回路250が動作中であると判断する(273)。これによって、搬送波を低周波化させるオンシーケンスが成立する(274)。

[0055] 次に、オフシーケンス275の発動条件について具体的に説明する。

まず、制御部は、パワーデバイス201の温度を検知する(276)。パワーデバイス201の温度は、実測温度または推定温度とする。推定温度は、例えば熱推定モデルやオブザーバで算出された値が該当する。制御部は、検知した温度を、所定の温度(例えば、制御部の最大作動温度から尤度を減算した値)と比較する。

[0056] 制御部は、パワーデバイス201の温度情報に基づいて、PWM制御の周波数を、クランプ回路250の通電状態前のPWM制御の周波数に近づけるか否かを判断する。制御部は、パワーデバイス温度が所定温度よりも高い場合、パワーデバイス201の保護のために、電流制限をかけてパワーデバイス201への通電電流を低下させる。そして、制御部は、ドライバーにオーバーヒートシグナルを警告する。そして、回転電機300の回転数に応じて決定される通常制御時のキャリア周波数に変更する(278)。

[0057] パワーデバイス201の温度が所定温度よりも低い場合は、出来る限り長時間、限界定格領域302の回転トルクを出力し続けるようにする。そのため、制御部は、あらかじめオフシーケンス275の発動条件が成立するまで、通常制御時のキャリア周波数に変更しない。そして、条件成立により、現在の回転電機の回転数に基づいたキャリア周波数(通常制御時のキャリア周波数)を計算し、その計算されたキャリア周波数に戻す。

[0058] オフシーケンス275の発動条件の例を、以下に4点示す。

[0059] ＜条件 1＞

条件例 1 は、クランプ回路の動作判定回路 252 を利用する方法である。

まず制御部は、クランプ回路 250 のオフを確認する。クランプ回路 250 が作動していないことは、以下の方法から判断する。真理値表 254 で C 列が Low になったら、クランプ回路 250 が動作していないと判断する。

[0060] クランプ回路が動作していないことを判断したら、条件成立と判断する(277)。条件成立の場合、制御部は、現在の回転電機 300 の回転数に基づいてキャリア周波数を計算する。そして、制御部は、その計算したキャリア周波数に変更し、通常制御へと移行する(278)。条件不成立の場合は、条件成立まで継続する。

[0061] ＜条件 2＞

条件例 2 は、クランプ回路の動作判定回路 252 を利用する方法である。

条件例 1 との差異は、クランプ回路 250 が作動していないことを判断する判断方法である。

[0062] まず、制御部は、回転電機 300 に入力される電流を検知する。制御部は、検知した電流と最大定格 301 の電流を比較する。検知した電流が最大定格 301 の電流よりも小さい場合は、クランプ回路 250 が動作していないと判断する。クランプ回路が動作していないことを判定したら、条件成立と判断する(277)。条件成立の場合、制御部は、現在の回転電機 300 の回転数に基づいてキャリア周波数を計算する。そして制御部は、その計算したキャリア周波数に変更し、通常制御へと移行する(278)。条件不成立の場合は、条件成立まで継続する。記述はしていないが、比較判断においては、ヒステリシスコンパレータを用いてもよい。

[0063] ＜条件 3＞

条件例 3 は、タイマを用いる方法である。

タイマは例えば、制御部にプログラムとして組み込まれている。タイマは、クランプ回路 250 の動作を検知した瞬間、または搬送波が低周波に変更された瞬間から、最大 N 秒のカウントを始める(Nは 0 以上の値)。

[0064] 制御部は、クランプ回路 250 の通電状態の開始時点からの経過時間に基づいて、PWM制御の周波数を、クランプ回路 250 の通電状態前の PWM 制御の周波数に近づけるか否かを判断する。例えば、N 秒が経過したら、制御部は、パワーデバイス 291 の温度を再検知する。パワーデバイス温度が所定温度以上の場合は、条件成立と判断する(277)。条件成立の場合、制御部は、現在の回転電機 300 の回転数に基づいてキャリア周波数を計算する。そして、制御部は、その計算したキャリア周波数に変更し、通常制御へと移行する(278)。条件不成立の場合、タイマは不成立と判断された瞬間から、再びN秒をカウントする。制御部は、N 秒が経過したら、前記と同様の検知と比較を行う。

[0065] <その4>

条件例 4 は、無負荷誘起電圧を使う方法である。

例えば、限界定格領域 302 の用途を、初期始動時の燃料噴射型エンジン 500 の回転トルクのアシストと想定する。この場合、燃料噴射型エンジン 500 の初期始動期間が過ぎれば、回転電機 300 による回転トルクのアシストは、不要である。

[0066] 回転電機 300 に力行指令がなく、かつ燃料噴射型エンジン 500 に外部から回転させられている状態にある場合は、無負荷駆動である。したがって、制御部は、回転電機 300 の各相の端子(不図示)から無負荷誘起電圧を検知できる。制御部は、無負荷誘起電圧から、燃料噴射型エンジン 500 の回転数が安定して駆動できる回転数以上であるか、回転電機 300 の回転数から判断する。また、燃料噴射型エンジン 500 の回転数を直接検知して判断してもよい。

[0067] 制御部は、回転電機 300 または燃料噴射型エンジン 500 の少なくとも一方の回転数に基づいて、PWM制御の周波数を、クランプ回路 250 の通電状態前の PWM 制御の周波数に近づけるか否かを判断する。制御部は、燃料噴射型エンジン 500 が安定して駆動できる回転数以上の場合、条件成立と判断する(277)。条件成立の場合、制御部は、現在の回転電機 300 の

回転数に基づいてキャリア周波数を計算する。そして、その計算したキャリア周波数に変更し、通常制御へと移行する(278)。条件不成立の場合は、条件成立まで継続する。

[0068] 図13は、本発明の適用判断を実施しながら、高回転トルクの出力に応答するプロセスを示したフローチャート図である。

[0069] ドライバーから連続して高回転トルク要求が来る可能性がある。連続する高回転トルクの出力要求の状況下において、2回目以降はパワーデバイス201がすでに高温に達している可能性がある。

[0070] 制御部は、高回転トルク要求を検知したら、必要な回転トルク指令値を算出する(281)。そして、算出された回転トルク指令値が、限界定格領域302にあるか判断する(282)。回転トルク指令値が最大定格301以下であれば、本発明の適用なしで高回転トルク要求に対応する。

[0071] 一方で、回転トルク指令値が最大定格301よりも高い場合は、限界定格領域302内の回転トルクを要求されたと判断する。次に、制御部は、低キャリア周波数制御が適用されているかを判断する(283)。この判断は、現時点での搬送波周波数、またはクランプ回路の動作判定回路252から行う。低キャリア周波数制御が適用されていないときは、図11のオンシーケンス271を速やかに実行する(284)。

[0072] 制御部は、低キャリア周波数制御が適用された状態になった後、図11のオフシーケンス275の実行判定を行う(285)。すでにパワーデバイス201が高温であるときは、すぐにオフシーケンス275に移行する。これによって、パワーデバイス201の過剰な温度上昇を防止できる。オフシーケンス275がすぐに実行されない場合は、そのまま高回転トルク要求に対応する。

[0073] オフシーケンス275が実行されて、搬送波が高周波化された後も、ドライバーからの高回転トルク要求が継続している場合は、パワーデバイス201の温度を検知しながら、最大定格301以下の回転トルクで対応する(286)。すなわち、制御部は、オフシーケンス275を実行中に(285)

、オンシーケンス 271 の条件を満たした場合に、オフシーケンス 275 を継続する (286)。

[0074] 高回転トルク要求が終了した場合は、本プロセスのいずれかを実行中であっても、速やかに通常制御へ移行する。この時、オフシーケンス 275 が実行されていなければ、オフシーケンス 275 を実行してから通常制御へ移行する。

[0075] 上記した回転電機駆動システムの制御装置によれば、インバータ回路から回転電機に過大電流を印加したときに発生する熱やサージ電圧からインバータ回路のパワーデバイスを適切に保護することができる。

[0076] 以上、本発明の実施形態について詳述したが、本発明は、前記の実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された本発明の精神を逸脱しない範囲で、種々の設計変更を行うことができるものである。例えば、前記した実施の形態は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施形態の構成の一部を他の実施形態の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施形態の構成に他の実施形態の構成を加えることも可能である。さらに、各実施形態の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。

符号の説明

- [0077] 100・・・回転電機駆動システム
101・・・ハイブリッド自動車
200・・・インバータ回路
201・・・パワーデバイス
201a・・・上アームとして動作するパワーデバイス及びダイオード
201b・・・下アームとして動作するパワーデバイス及びダイオード
202・・・パワーデバイスの入力端子
203・・・パワーデバイスの信号入力端子 203
204・・・電力供給源

- 205 . . . パワーケーブル
- 206 . . . 1相あたりのレグ
- 207 . . . 中間電極(各相に1ヶ所ずつ)
- 208 . . . 正極バス
- 209 . . . 負極バス
- 210 . . . 平滑用コンデンサ
- 211 . . . ゲートドライバ回路
- 212 . . . 制御回路
- 213 . . . 上位制御装置
- 214 . . . パワーデバイスの出力端子
- 215 . . . リカバリダイオード
- 250 . . . クランプ回路
- 251 . . . クランプ回路用ツェナーダイオード
- 252 . . . クランプ回路の動作判定回路
- 253 . . . バッファ回路
- 254 . . . 真理値表
- 261 . . . パワーデバイスの入力電流
- 262 . . . パワーデバイス入出力間の電圧
- 263 . . . サージ電圧(クランプ回路なし)
- 264 . . . サージ電圧(クランプ回路なし)
- 265 . . . パワーデバイスの許容電圧限界
- 266 . . . パワーデバイスの損失(クランプ回路なし)
- 267 . . . パワーデバイスの損失(クランプ回路あり)
- 268 . . . パワーデバイスの損失(クランプ回路と低キャリア周波数を適用)
- 271 . . . オンシーケンス
- 272 . . . 過大電流の検知シーケンス
- 273 . . . クランプ回路の動作判断シーケンス

- 274 . . . 搬送波を低周波化させるシーケンス
- 275 . . . オフシーケンス
- 276 . . . パワーデバイスの温度を検知シーケンス
- 277 . . . オフシーケンスの発動条件の確認シーケンス
- 278 . . . 通常制御への移行シーケンス
- 281 . . . 回転トルク指令値を算出シーケンス
- 282 . . . 限界定格領域の判断シーケンス
- 283 . . . 低キャリア周波数制御の適用判断シーケンス
- 284 . . . オンシーケンスの即実行シーケンス
- 285 . . . オフシーケンスの実行判定シーケンス
- 286 . . . 最大定格以下の回転トルクでの対応シーケンス
- 300 . . . 回転電機
- 301 . . . 最大定格
- 302 . . . 限界定格領域
- 303 . . . 限界定格
- 304 . . . 最大定格の動作領域
- 305 . . . 集中巻型回転電機
- 306 . . . 305の部分拡大図
- 310 . . . 固定子
- 311 . . . 固定子コイル
- 311 a . . . 固定子コイルの終端
- 311 b . . . 固定子コイルの終端
- 312 . . . 固定子コア
- 313 . . . 固定子鉄心
- 314 . . . 絶縁部材
- 320 . . . 回転子
- 321 . . . 回転子コア
- 322 . . . 磁石

- 3 2 3 . . . 回転軸
- 4 0 0 . . . 制御装置
- 5 0 0 . . . 燃料噴射型エンジン
- 5 0 1 . . . クラッチ
- 5 0 2 . . . トランスミッション
- 5 0 3 . . . ディファレンシャルギア
- 5 0 4 . . . 駆動輪

請求の範囲

- [請求項1] N(Nは3以上の整数)相の相コイルにより構成される固定子を有する回転電機と、
- 前記固定子にN相の交流電圧を印加するパワーデバイスを有するインバータ回路と、
- を備える回転電機駆動システムの制御装置であって、
- 前記パワーデバイスをPWM制御する制御部を有し、
- 前記インバータ回路は、前記パワーデバイスの入力端子と当該パワーデバイスのゲート端子との間に所定電圧以上の電圧が印加されると通電するクランプ回路を有し、
- 前記制御部は、前記クランプ回路が通電状態となった場合、当該通電状態前の前記PWM制御の周波数よりも当該通電状態の当該PWM制御の周波数を低くすることを特徴とする回転電機駆動システムの制御装置。
- [請求項2] 前記制御部は、前記パワーデバイスの温度情報に基づいて、前記PWM制御の周波数を、前記クランプ回路の前記通電状態前の前記PWM制御の周波数に近づけるか否かを判断することを特徴とする請求項1に記載の回転電機駆動システムの制御装置。
- [請求項3] 前記制御部は、前記回転電機の回転数に基づいて、前記PWM制御の周波数を、前記クランプ回路の前記通電状態前の前記PWM制御の周波数に近づけるか否かを判断することを特徴とする請求項2に記載の回転電機駆動システムの制御装置。
- [請求項4] 前記制御部は、前記パワーデバイスの温度が所定温度よりも高いとき、前記パワーデバイスへの通電電流を低下させることを特徴とする請求項1から請求項3のいずれか一項に記載の回転電機駆動システムの制御装置。
- [請求項5] 前記制御部は、前記クランプ回路の通電状態の開始時点からの経過時間に基づいて、前記PWM制御の周波数を、前記クランプ回路の前

記通電状態前の前記PWM制御の周波数に近づけるか否かを判断することを特徴とする請求項1に記載の回転電機駆動システムの制御装置。

[請求項6] 前記回転電機駆動システムは、エンジンと協調して駆動をしており、

前記制御部は、前記エンジンの回転数に基づいて、前記PWM制御の周波数を、前記クランプ回路の前記通電状態前の前記PWM制御の周波数に近づけるか否かを判断することを特徴とする請求項1に記載の回転電機駆動システムの制御装置。

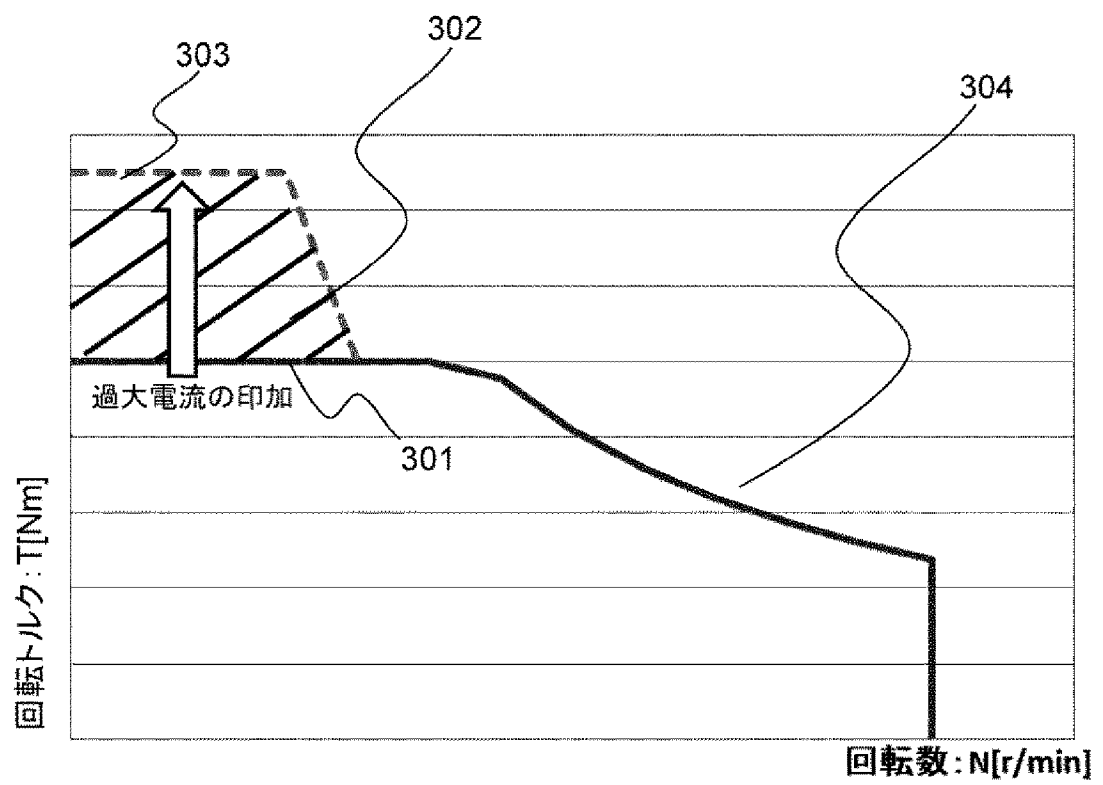
[請求項7] 前記クランプ回路が通電状態となった場合、当該通電状態前の前記PWM制御の周波数よりも当該通電状態の当該PWM制御の周波数を低くするシーケンスをオンシーケンスと定義し、

前記PWM制御の周波数を前記クランプ回路の前記通電状態前の前記PWM制御の周波数に近づけるシーケンスをオフシーケンスと定義し、

前記制御部は、前記オフシーケンスを実行中に、前記オンシーケンスの条件を満たした場合に、当該オフシーケンスを継続することを特徴とする請求項1に記載の回転電機駆動システムの制御装置。

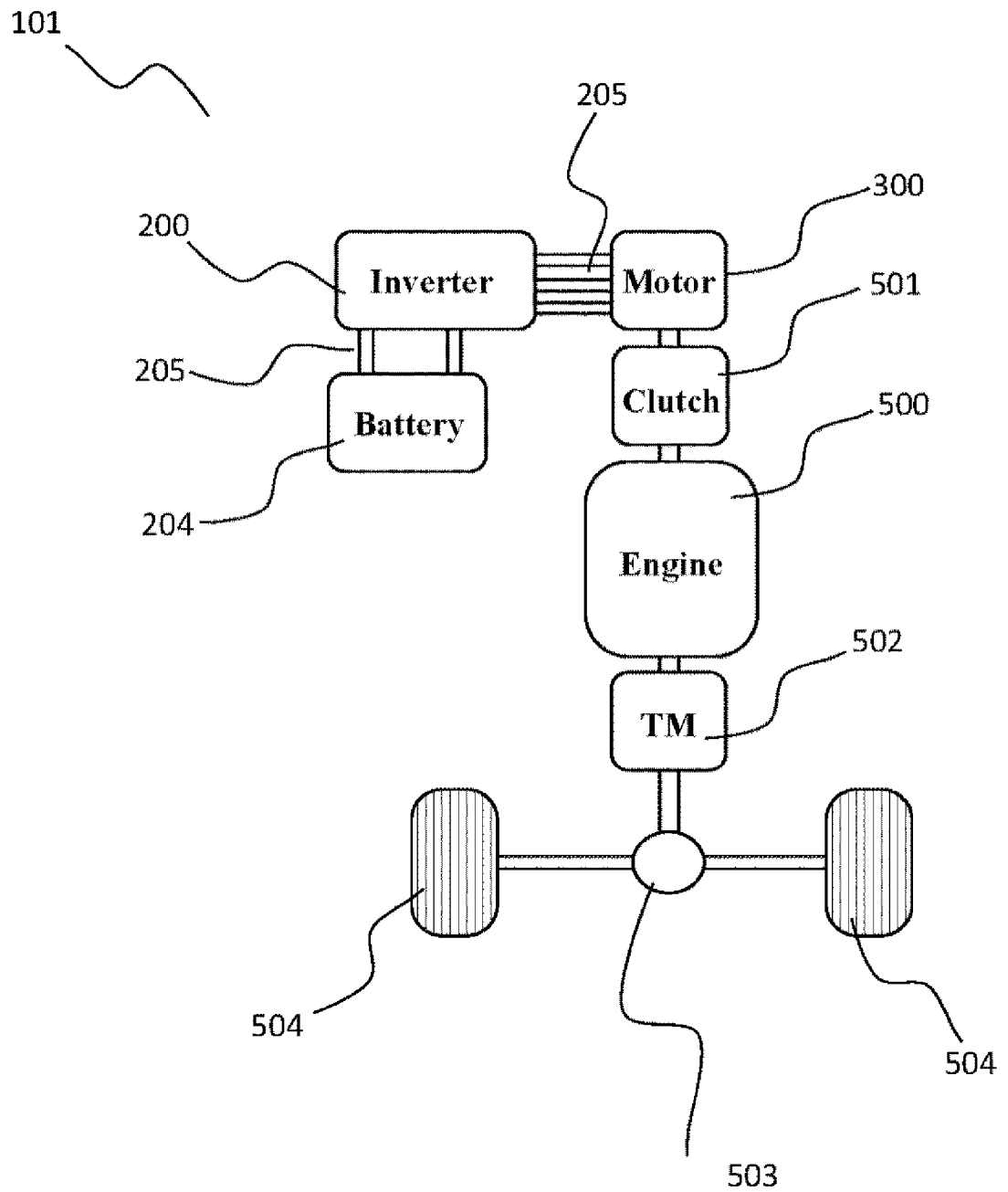
[図1]

【図1】



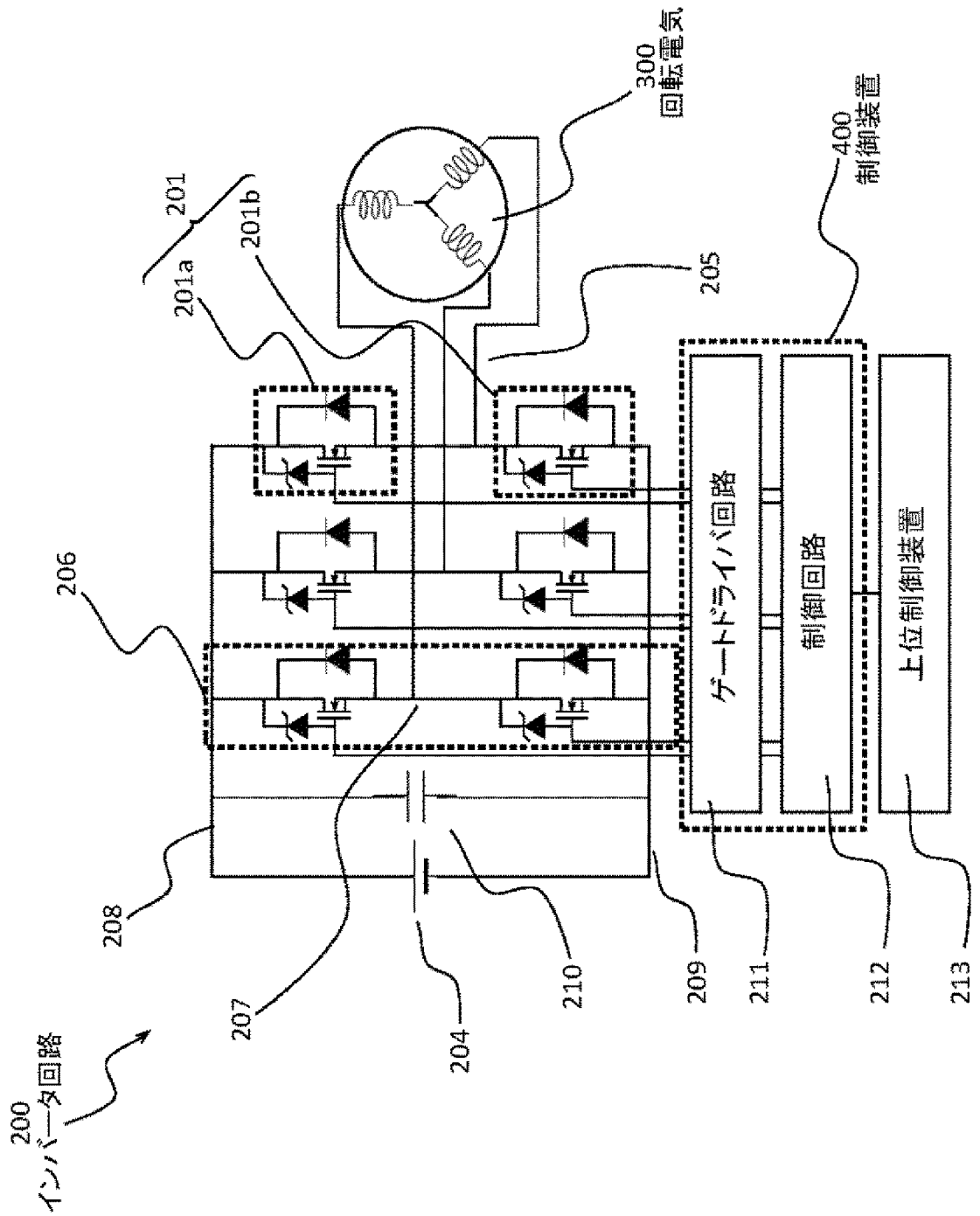
[図2]

【図2】



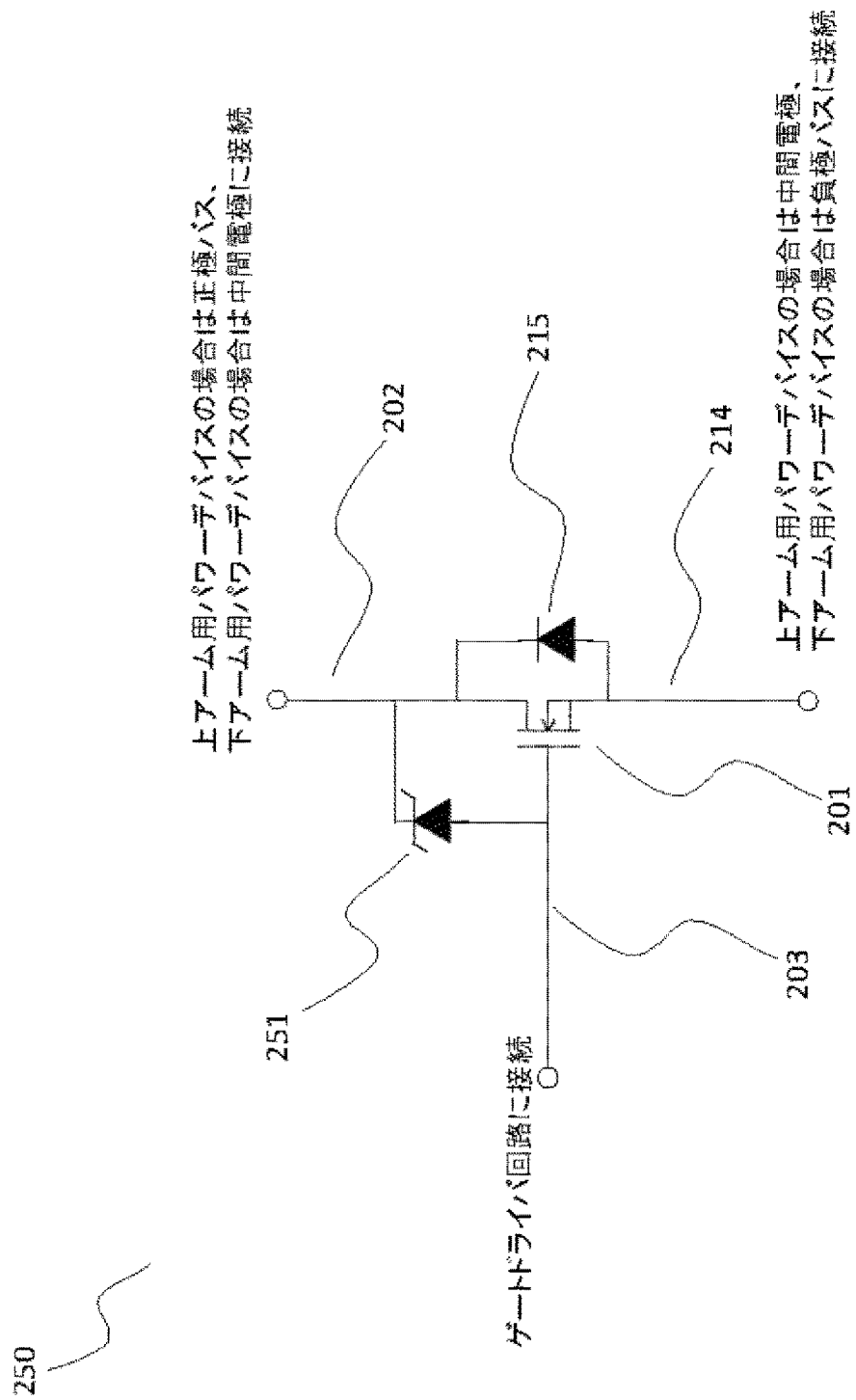
[図3]

【図3】



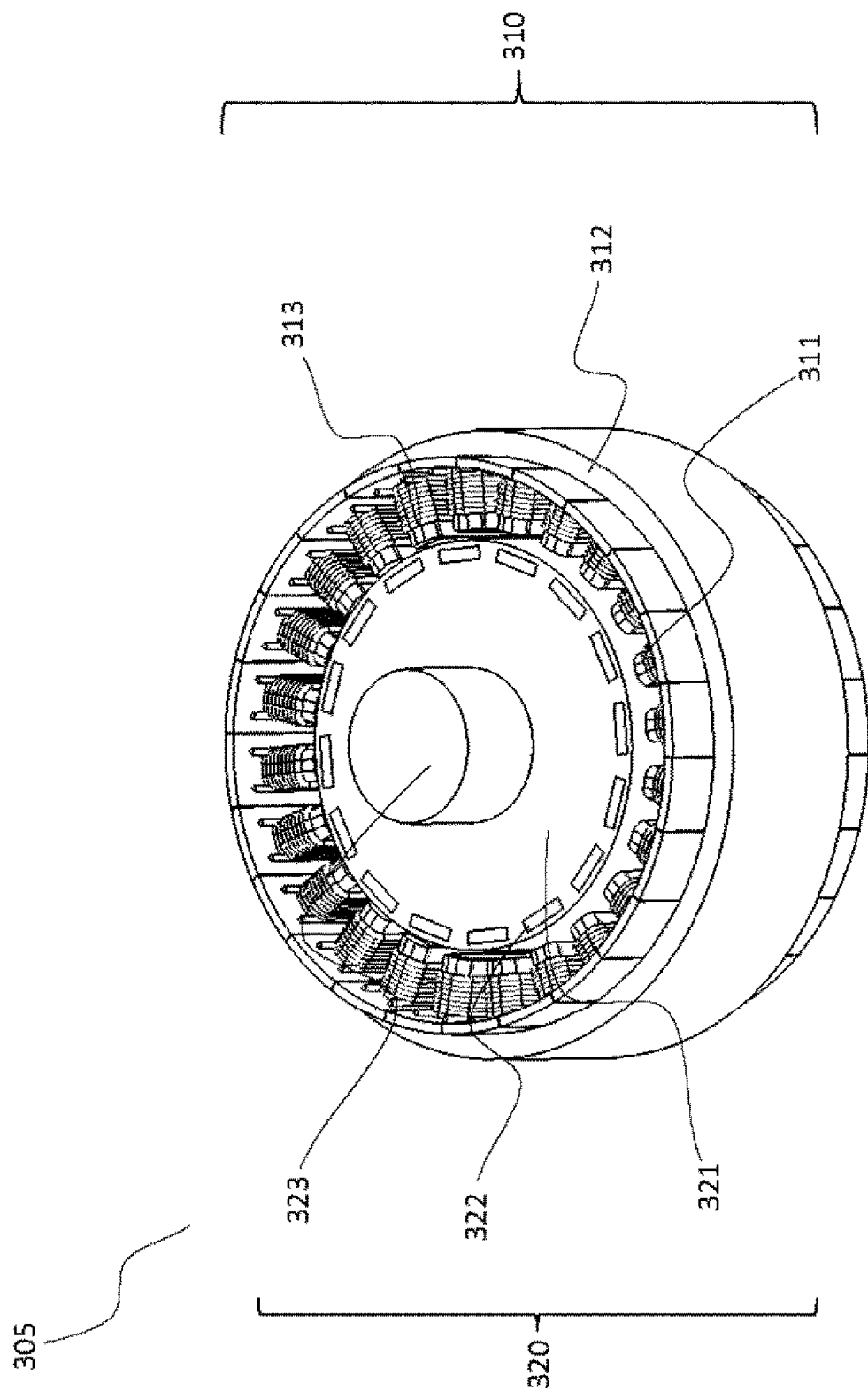
[図4]

【図4】



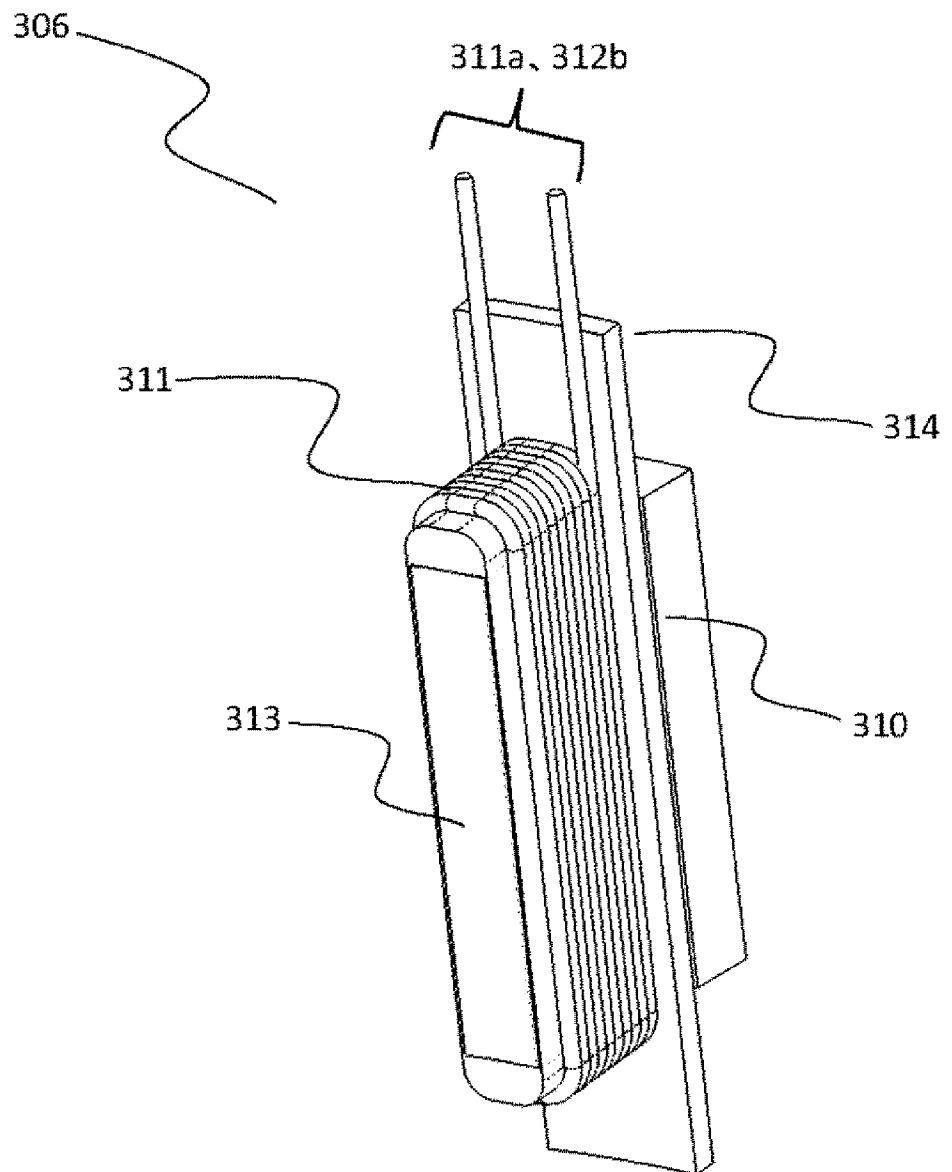
[図5]

【図5】



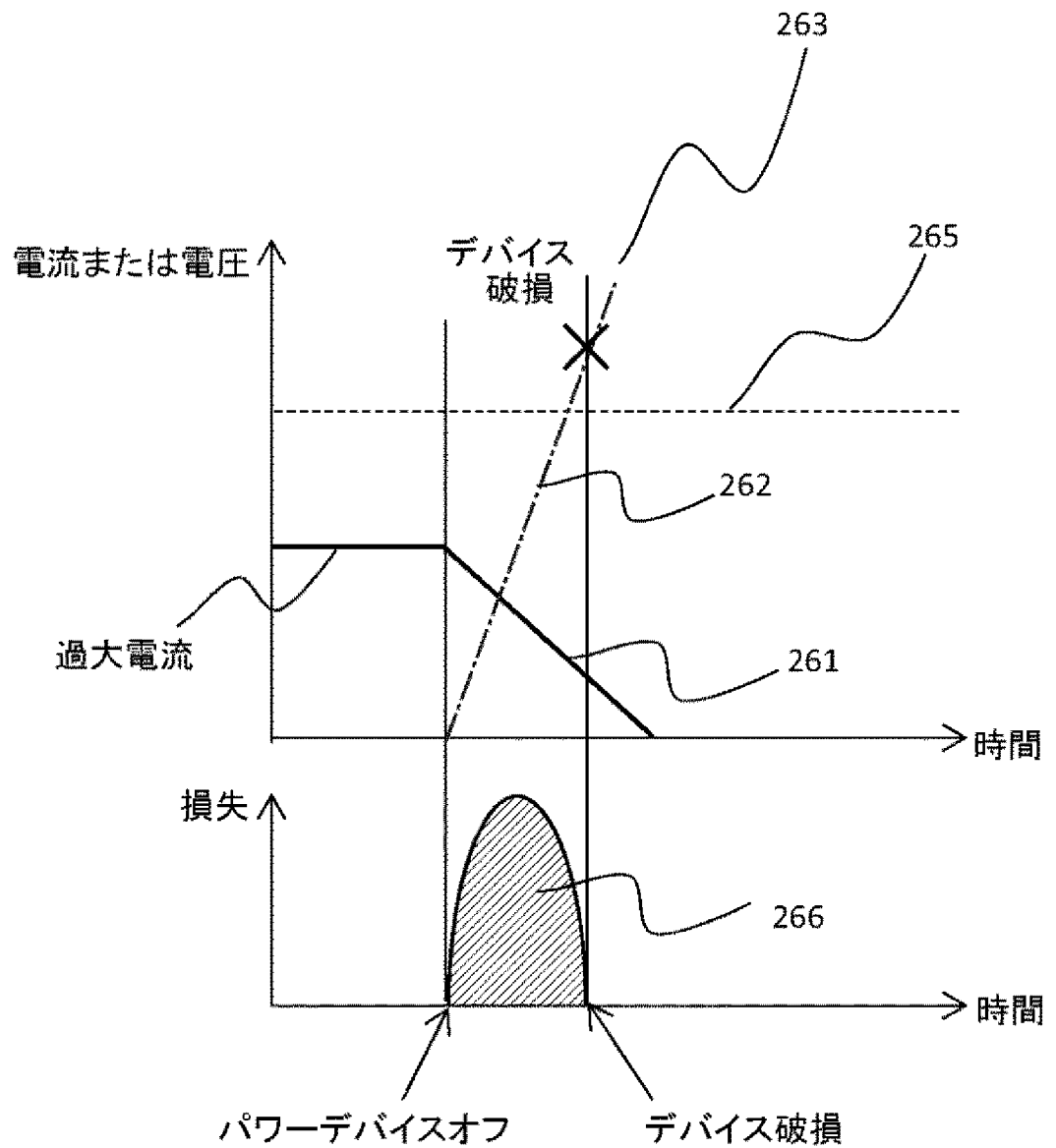
[図6]

【図6】



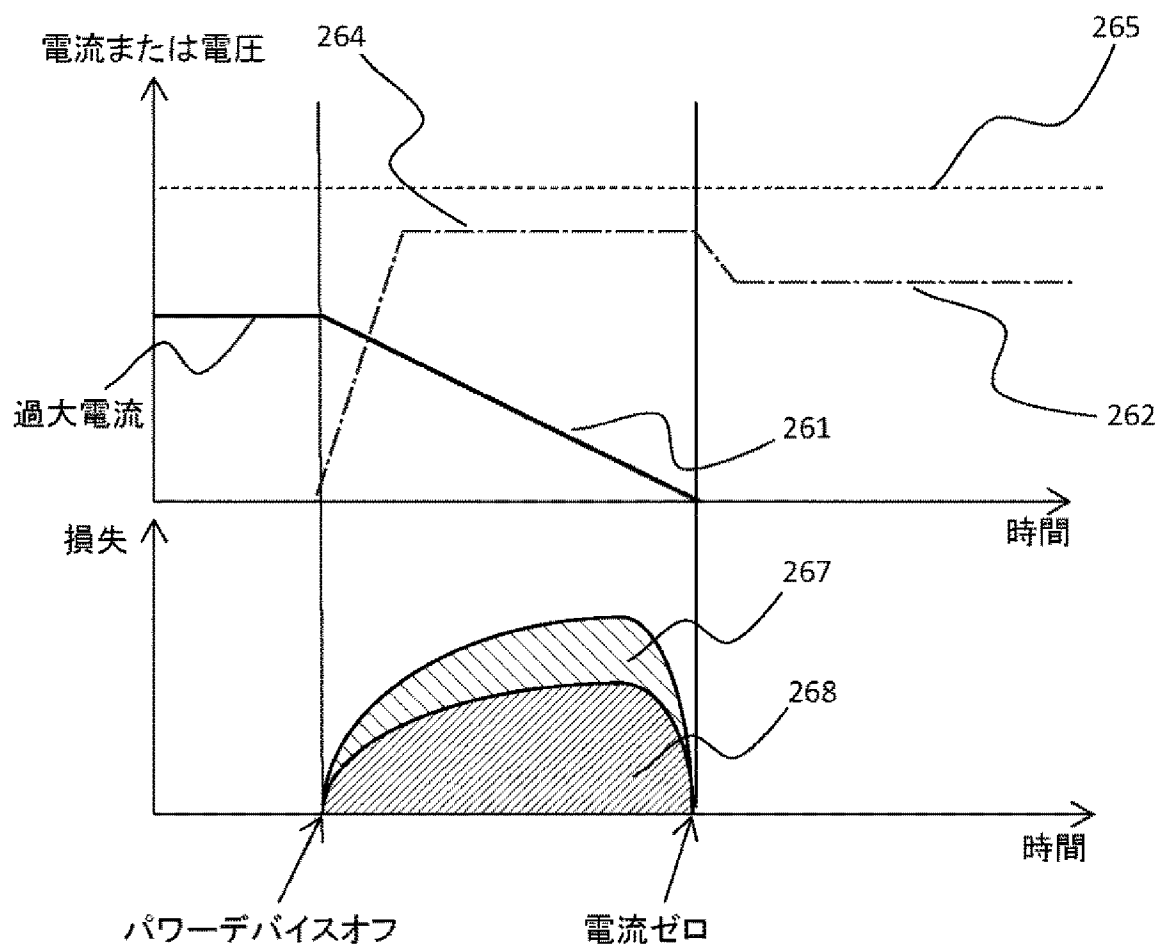
[図7]

【図7】



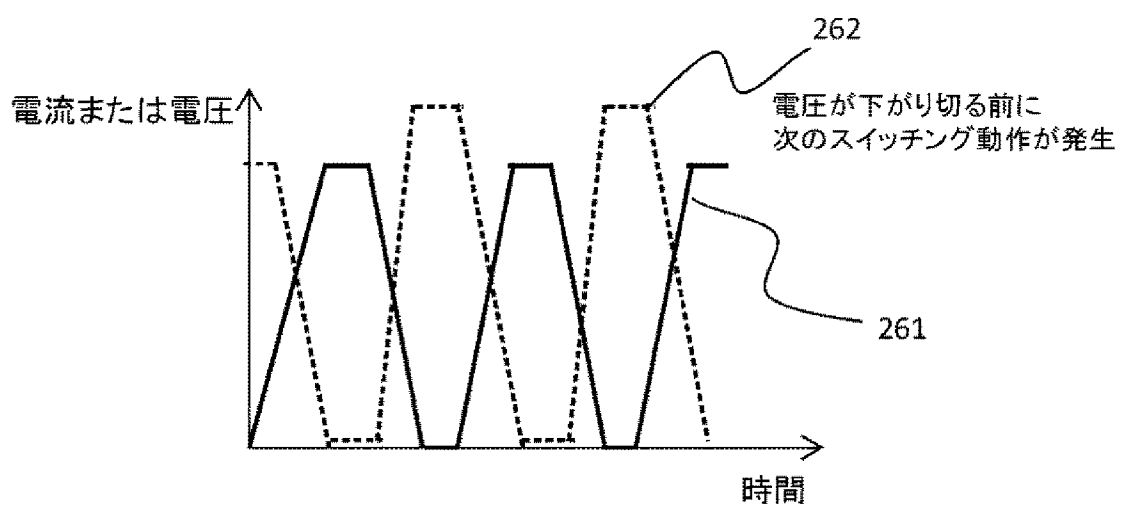
[図8]

【図8】



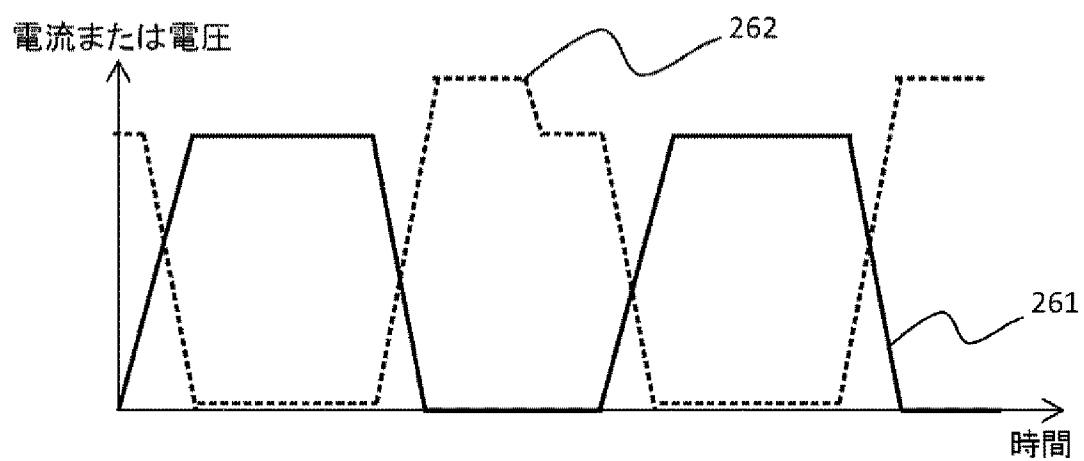
[図9]

【図9】



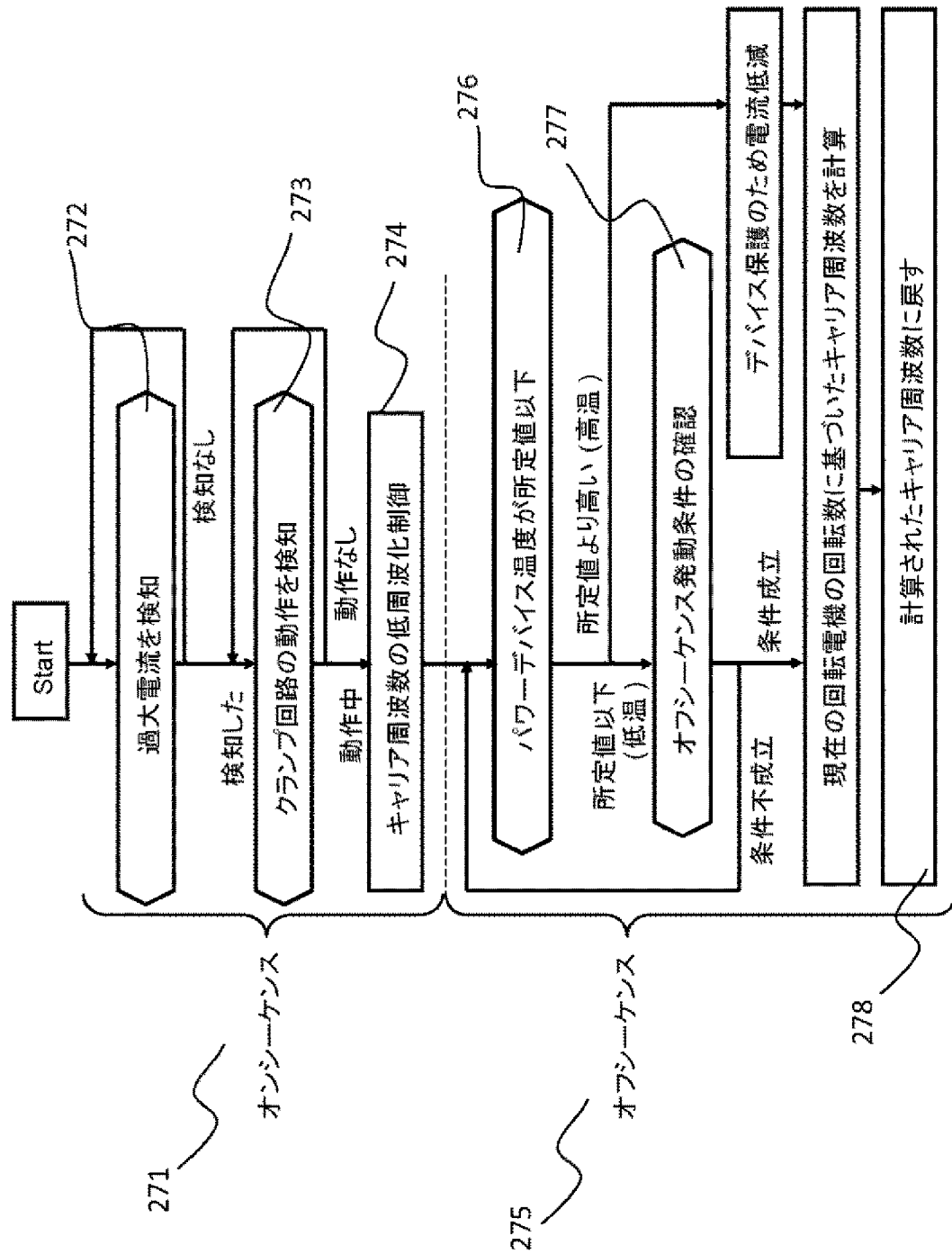
[図10]

【図10】



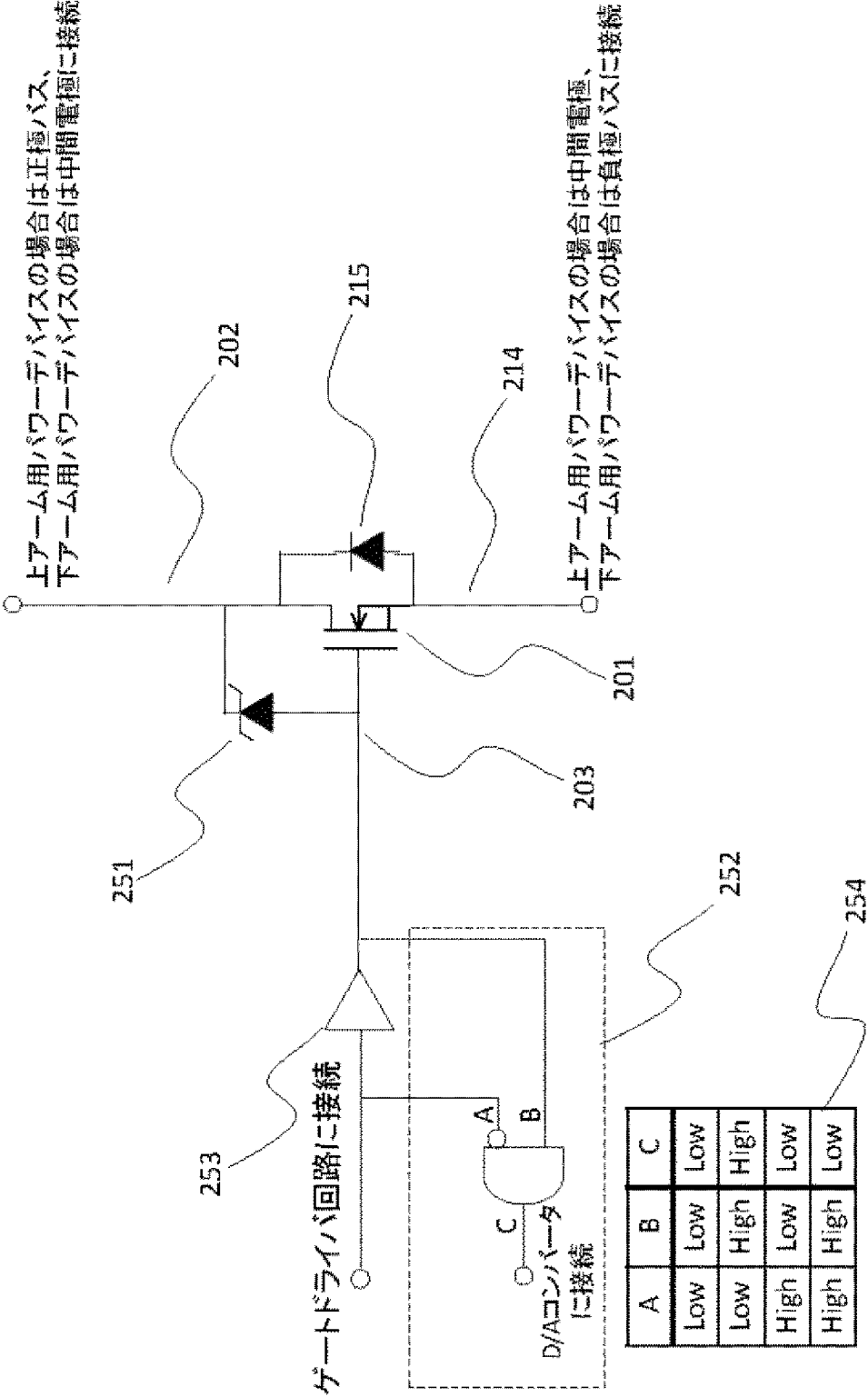
[図11]

【図11】



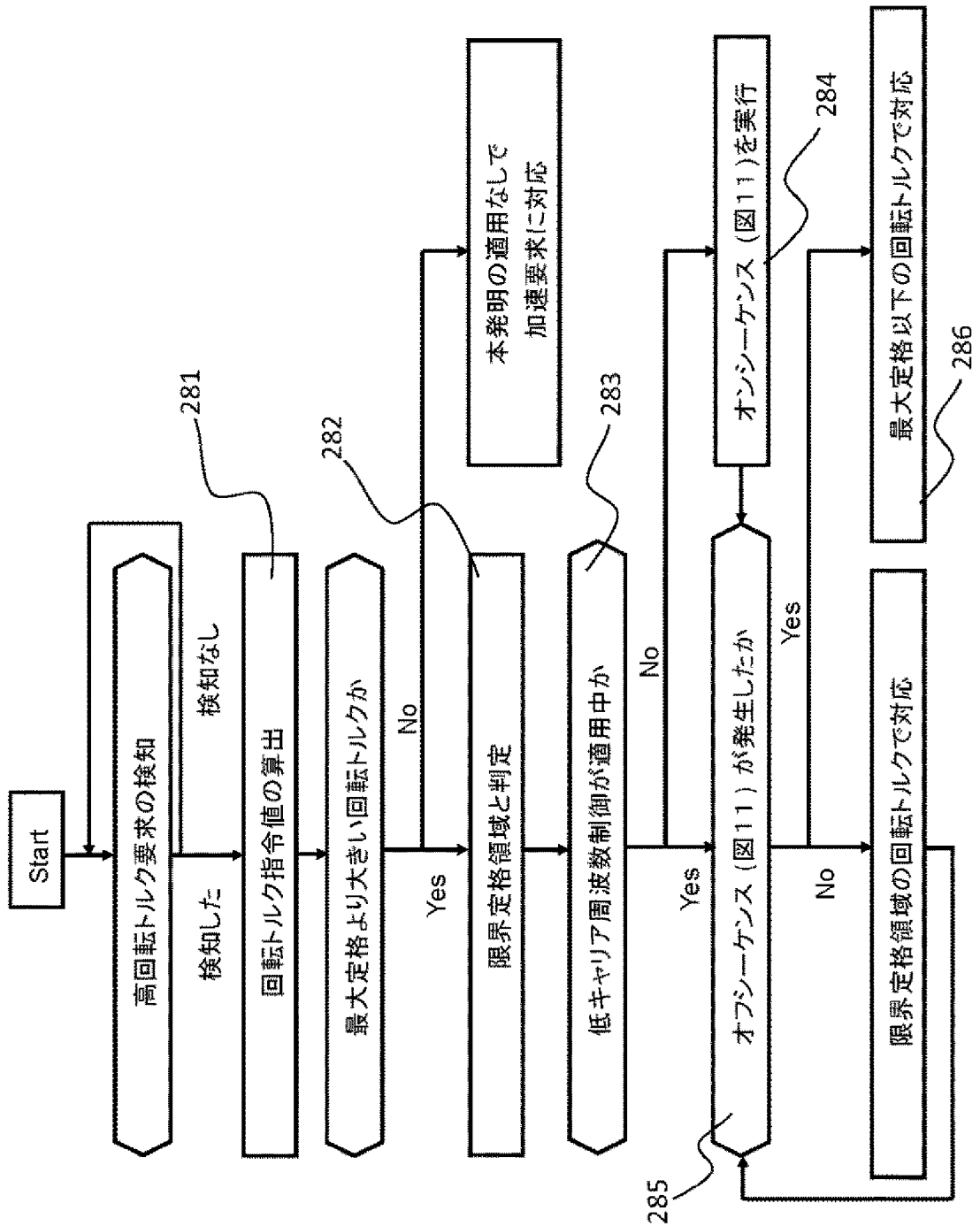
[図12]

【図12】



[図13]

【図13】



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/086295

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02P27/08(2006.01)i, B60L11/14(2006.01)i, H02M7/48(2007.01)i, H02P6/08(2016.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H02P27/08, B60L11/14, H02M7/48, H02P6/08

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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 2009-303298 A (Denso Corp.), 24 December 2009 (24.12.2009), entire text; all drawings & US 2009/0302792 A1 entire text; all drawings	1-7
A	JP 7-131904 A (Honda Motor Co., Ltd.), 19 May 1995 (19.05.1995), entire text; all drawings (Family: none)	1-7
A	JP 2011-50204 A (Ebara Corp.), 10 March 2011 (10.03.2011), entire text; all drawings (Family: none)	1-7

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search
03 March 2017 (03.03.17)

Date of mailing of the international search report
14 March 2017 (14.03.17)

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/086295

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-131035 A (Toyota Motor Corp.), 11 June 2009 (11.06.2009), entire text; all drawings (Family: none)	1-7
A	JP 2002-171746 A (Hitachi, Ltd.), 14 June 2002 (14.06.2002), entire text; all drawings (Family: none)	1-7
A	JP 2013-198342 A (Denso Corp.), 30 September 2013 (30.09.2013), paragraph [0043] (Family: none)	1-7
A	JP 2015-186436 A (Daikin Industries, Ltd.), 22 October 2015 (22.10.2015), entire text; all drawings (Family: none)	1-7

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H02P27/08(2006.01)i, B60L11/14(2006.01)i, H02M7/48(2007.01)i, H02P6/08(2016.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H02P27/08, B60L11/14, H02M7/48, H02P6/08

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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 2009-303298 A (株式会社デンソー) 2009. 12. 24, 全文、全図 & US 2009/0302792 A1, 全文、全図	1-7
A	JP 7-131904 A (本田技研工業株式会社) 1995. 05. 19, 全文、全図（ファミリーなし）	1-7
A	JP 2011-50204 A (株式会社荏原製作所) 2011. 03. 10, 全文、全図（ファミリーなし）	1-7

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

03. 03. 2017

国際調査報告の発送日

14. 03. 2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

森山 拓哉

3 V

3924

電話番号 03-3581-1101 内線 3357

C (続き) . 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 2009-131035 A (トヨタ自動車株式会社) 2009. 06. 11, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-7
A	JP 2002-171746 A (株式会社日立製作所) 2002. 06. 14, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-7
A	JP 2013-198342 A (株式会社デンソー) 2013. 09. 30, 段落[0043] (ファミリーなし)	1-7
A	JP 2015-186436 A (ダイキン工業株式会社) 2015. 10. 22, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-7