

(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  
2018年8月9日(09.08.2018)



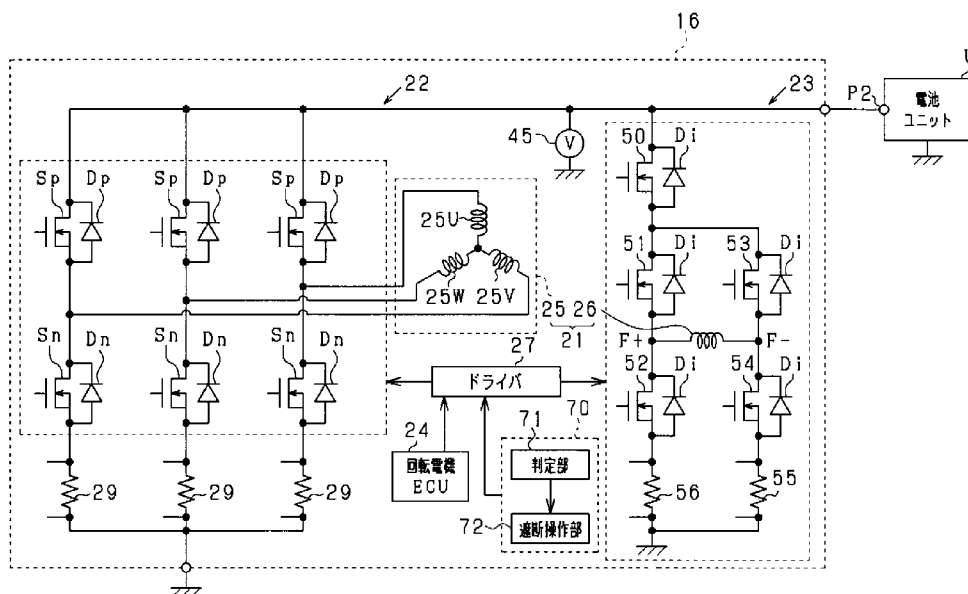
(10) 国際公開番号

WO 2018/142867 A1

- (51) 国際特許分類:  
H02P 25/024 (2016.01) H02M 7/48 (2007.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/000454
- (22) 国際出願日: 2018年1月11日(11.01.2018)
- (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 2017-016080 2017年1月31日(31.01.2017) 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: 猪熊 賢二 (INOKUMA, Kenji); 〒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). 鈴木 拓人 (SUZUKI, Takuto); 〒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1番24号第一はせ川ビル6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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,

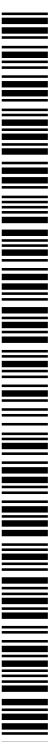
(54) Title: SWITCH CONTROL DEVICE

(54) 発明の名称: スイッチ制御装置



- 24 Dynamo electric machine ECU
- 27 Driver
- 71 Determination unit
- 72 Break operation unit
- U Battery unit

(57) Abstract: Switch control devices (24, 70) turn a pair of switches (Sp, Sn, 51, 52) on and off alternately according to a duty signal, so that both are not on simultaneously. The switches (Sp, Sn, 51, 52) are provided in series between a power supply unit and a ground. The switch control device comprises: a signal generating unit (24) that generates duty signals; a determination unit (71) that determines that overcurrent is flowing in a route passing through the pair of switches, in a state for which after an on failure has occurred with one switch of the pair of switches, the other switch is turned on;



WO 2018/142867 A1

HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH,  
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,  
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,  
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,  
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,  
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,  
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類 :

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

---

a break operation unit (72) that, when it is determined by the determination unit that overcurrent is flowing, breaks at a slower speed than the normal break speed of the other switch; and a restriction unit (24) that restricts the on time of the duty signal so as to ensure at least the time required for overcurrent determination by the determination unit and starting of the break operation by the break operation unit.

(57) 要約 : スイッチ制御装置 (24, 70) は、電源部とグラウンドとの間に直列に設けられた一対のスイッチ (Sp, Sn, 51, 52) を、両方が同時にオンしないようにしてデューティ信号により互い違いにオンオフさせる。スイッチ制御装置は、デューティ信号を生成する信号生成部 (24) と、一対のスイッチのうち一方のスイッチのオン故障が生じた後に他方のスイッチがオンした状態で、一対のスイッチに通じる経路で過電流が流れたことを判定する判定部 (71) と、判定部により過電流が流れたと判定された場合に、他方のスイッチを通常の遮断速度よりも遅い速度で遮断させる遮断操作部 (72) と、少なくとも判定部による過電流判定と遮断操作部による遮断操作開始とに要する時間が確保されるようにデューティ信号のオン時間を制限する制限部 (24) と、を備える。

## 明 細 書

**発明の名称：スイッチ制御装置**

### 関連出願の相互参照

[0001] 本出願は、2017年1月31日に出願された日本出願番号2017-016080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、電源部とグラウンドとの間に直列に設けられた一対のスイッチをオンオフさせるスイッチ制御装置に関するものである。

### 背景技術

[0003] 従来、回転電機（交流モータ）について異常の有無を判定し、異常発生時にはその異常に応じた対応処置を実施する技術が知られている。例えば特許文献1には、電力変換装置の電流と電流変化量とに応じた判定用電圧値を検出し、判定用電圧値が第1判定閾値を上回った場合に、電力変換の運転停止を指示する一方、判定用電圧値が第1判定閾値よりも大きい第2判定閾値を上回った場合に、電力変換の運転停止後において電力変換の運転再開を制限する技術が開示されている。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0004] 特許文献1：特開2016-178802号公報

### 発明の概要

[0005] ところで、インバータ等の電力変換装置では一般に、電源部とグラウンドとの間に直列に電流制御用の一対の半導体スイッチを接続し、その一対の半導体スイッチを互い違いにオンオフさせる構成が用いられる。かかる構成では、一対の半導体スイッチのうち一方がオン故障することに伴い一対の半導体スイッチを通じて過大な電流（貫通電流）が流れることが考えられるため、過電流が流れたと判定されると、その判定に応じてスイッチを遮断させる処置が行われる。

[0006] ここで、過電流の判定にはある程度の時間を要する。そのため、過電流が流れ始めてから過電流判定が完了するまでの間に、半導体スイッチが通常操作として遮断されることがあり得る。かかる場合、そのスイッチ遮断に伴い、大電流遮断による半導体スイッチのサージ破壊が生じることが懸念される。

[0007] 本開示は、上記課題に鑑みてなされたものであり、その主たる目的は、一对のスイッチを含む経路での過電流発生時において適正にスイッチ遮断を実施することができるスイッチ制御装置を提供することにある。

[0008] 以下、上記課題を解決するための手段、及びその作用効果について説明する。

[0009] 第1の手段では、

電源部とグランドとの間に直列に設けられた一对のスイッチを、両方が同時にオンしないようにしてデューティ信号により互い違いにオンオフさせるスイッチ制御装置であって、

前記デューティ信号を生成する信号生成部と、

前記一对のスイッチのうち一方のスイッチのオン故障が生じた後に他方のスイッチがオンした状態で、前記一对のスイッチに通じる経路で過電流が流れたことを判定する判定部と、

前記判定部により前記過電流が流れたと判定された場合に、前記他方のスイッチを通常の遮断速度よりも遅い速度で遮断させる遮断操作部と、

少なくとも前記判定部による過電流判定と前記遮断操作部による遮断操作開始とに要する時間が確保されるように前記デューティ信号のオン時間を制限する制限部と、を備える。

[0010] 一对のスイッチのうち一方のスイッチのオン故障が生じた後に他方のスイッチがオンすると、一对のスイッチに過大な電流（貫通電流）が流れる。また、大電流が流れている状態でスイッチを遮断すると、サージ電圧によるスイッチ破壊が懸念される。そのため、大電流が流れている状態では、通常の遮断速度よりも遅い速度でスイッチ遮断（いわゆるソフト遮断）が行われる

とよい。ただし、デューティ信号によりオンオフされる各スイッチにおいて、そのオン時間が短すぎると、過電流判定とそれに伴うスイッチ遮断操作とが適正に行われず、結果として大電流遮断が行われることが懸念される。

[0011] この点、上記構成では、少なくとも判定部による過電流判定と遮断操作部による遮断操作開始とに要する時間が確保されるようにデューティ信号のオン時間が制限されるようになっている。これにより、一方のスイッチがオン故障した場合において、過電流を適正に判定するとともに、その過電流が流れている状態でのスイッチ遮断（ソフト遮断）を適正に実施することができる。その結果、一对のスイッチを含む経路での過電流発生時において適正にスイッチ遮断を実施し、ひいてはスイッチの保護を図ることができる。

[0012] 第2の手段では、巻線界磁型の回転電機の界磁巻線を通電させる界磁回路を有する回転電機ユニットに適用され、前記界磁回路は、前記一对のスイッチとして電源部側の第1界磁スイッチとグラウンド側の第2界磁スイッチとを有しており、前記判定部は、前記第1界磁スイッチ及び前記第2界磁スイッチを通じて前記過電流が流れたことを判定し、前記制限部は、前記第1界磁スイッチをオンオフする前記デューティ信号についてデューティ上限値による制限、及び当該デューティ信号についてデューティ下限値による制限の少なくともいずれかを実施する。

[0013] 巻線界磁型回転電機の界磁回路では、界磁電流制御において第1界磁スイッチ及び第2界磁スイッチが互い違いにオンオフされる。この場合、第1界磁スイッチ用のデューティ信号についてデューティ上限値による制限を実施することにより、第1界磁スイッチのオン故障に起因して過電流が流れることを想定した上で、第2界磁スイッチのオン期間内において過電流判定とスイッチ遮断操作とを適正に実施できる。又は、第1界磁スイッチ用のデューティ信号についてデューティ下限値による制限を実施することにより、第2界磁スイッチのオン故障に起因して過電流が流れることを想定した上で、第1界磁スイッチのオン期間内において過電流判定とスイッチ遮断操作とを適正に実施できる。

[0014] なお、第1界磁スイッチ及び第2界磁スイッチが互い違いにオンオフされる構成からすると、第1界磁スイッチ用のデューティ信号についてデューティ上限値による制限を実施することは、第2界磁スイッチ用のデューティ信号についてデューティ下限値による制限を実施することと同意である。また同様に、第1界磁スイッチ用のデューティ信号についてデューティ下限値による制限を実施することは、第2界磁スイッチ用のデューティ信号についてデューティ上限値による制限を実施することと同意である。なお、デューティ上限値は、デューティ比100%よりも小さい値、デューティ下限値はデューティ比0%よりも大きい値である。これらは後述の手段3についても同様である。

[0015] 第3の手段では、3相の電機子巻線群を有する回転電機と、前記回転電機の各相の電機子巻線を相ごとに通電させるインバータ回路を有する回転電機ユニットに適用され、前記インバータ回路は、前記一对のスイッチとして相ごとに上アームスイッチと下アームスイッチとを有しており、前記判定部は、前記上アームスイッチ及び前記下アームスイッチを通じて前記過電流が流れたことを判定し、前記制限部は、前記上アームスイッチをオンオフする前記デューティ信号についてデューティ上限値による制限、及び当該デューティ信号についてデューティ下限値による制限の少なくともいずれかを実施する。

[0016] 回転電機のインバータ回路では、各相の通電電流制御において上アームスイッチ及び下アームスイッチが互い違いにオンオフされる。この場合、上アームスイッチ用のデューティ信号についてデューティ上限値による制限を実施することにより、上アームスイッチのオン故障に起因して過電流が流れることを想定した上で、下アームスイッチのオン期間内において過電流判定とスイッチ遮断操作とを適正に実施できる。又は、上アームスイッチ用のデューティ信号についてデューティ下限値による制限を実施することにより、下アームスイッチのオン故障に起因して過電流が流れることを想定した上で、上アームスイッチのオン期間内において過電流判定とスイッチ遮断操作とを

適正に実施できる。

[0017] 第4の手段では、回転電機の電機子巻線及び界磁巻線の少なくともいずれかに繋がる通電経路に前記一对のスイッチが設けられ、その一对のスイッチのオンオフを制御するスイッチ制御装置であって、前記デューティ信号は、前記電機子巻線及び前記界磁巻線の少なくともいずれかへの通電電流の要求値に応じて算出される指令信号と、所定周波数のキャリア信号との比較に基づいて生成され、前記制限部は、前記キャリア信号の周波数に応じて定められるデューティ制限値により、前記デューティ信号のデューティ比を制限する。

[0018] 回転電機では、例えば、電機子制御用のデューティ信号を生成する際に用いるキャリア信号の周波数と、界磁制御用のデューティ信号を生成する際に用いるキャリア信号の周波数とが互いに異なることが考えられる。また、電機子制御用のデューティ信号を生成する際に用いるキャリア信号の周波数を可変にすること、又は、界磁制御用のデューティ信号を生成する際に用いるキャリア信号の周波数を可変にすることが考えられる。この点を考慮し、キャリア信号の周波数に応じて定められるデューティ制限値により、デューティ信号のデューティ比を制限するとよい。これにより、過電流判定とスイッチ遮断操作との所要時間を確保しつつ、適度なオン時間の制限を実現できる。例えば、キャリア信号の周波数が大きいほどデューティ上限値を小さくする。また、キャリア信号の周波数が大きいほどデューティ下限値を大きくする。

[0019] 第4の手段では、電機子巻線に繋がる通電経路、及び界磁巻線に繋がる通電経路にそれぞれ一对のスイッチが設けられ、それら各一对のスイッチのオンオフを制御するスイッチ制御装置において、電機子制御用のデューティ信号を生成する際に用いるキャリア信号の周波数と、界磁制御用のデューティ信号を生成する際に用いるキャリア信号の周波数とが相違していることが考えられる。かかる場合において、第5の手段のように、前記デューティ制限値が、前記電機子制御用のデューティ信号と、前記界磁制御用のデューティ

信号とで各々異なる値として定められているとよい。

### 図面の簡単な説明

- [0020] 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、車両システムを示す電気回路図であり、
  - [図2]図 2 は、回転電機ユニットの電氣的構成を示す回路図であり、
  - [図3]図 3 は、界磁回路における通電経路を示す回路図であり、
  - [図4]図 4 は、ドライバの構成を簡略に示す回路図であり、
  - [図5]図 5 は、操作信号生成の処理手順を示すフローチャートであり、
  - [図6]図 6 は、界磁回路における第 1 スイッチ及び第 2 スイッチのスイッチング動作を示すタイムチャートであり、
  - [図7]図 7 は、2 相変調手法を説明するための図であり、
  - [図8]図 8 は、2 相変調手法を説明するための図であり、
  - [図9]図 9 は、デューティ制限値を説明するための図であり、
  - [図10]図 10 は、ハーフブリッジ構成の界磁回路を示す回路図である。

### 発明を実施するための形態

- [0021] 以下、実施形態を図面に基づいて説明する。本実施形態では、エンジン（内燃機関）を駆動源として走行する車両の各種機器に電力を供給する車両システムにおいて、当該システムの制御を実施する制御装置を具体化するものとしている。なお、以下の各実施形態相互において、互いに同一又は均等である部分には、図中、同一符号を付しており、同一符号の部分についてはその説明を援用する。

- [0022] 図 1 に示すように、車両システムは、電源部として鉛蓄電池 11 とリチウムイオン蓄電池 12 とを有する 2 電源システムである。各蓄電池 11, 12 からは、スタータ 13 や、各種の電気負荷 14, 15、回転電機ユニット 16 への給電が可能となっている。また、各蓄電池 11, 12 に対しては、回転電機ユニット 16 による充電が可能となっている。本システムでは、回転電機ユニット 16 及び電気負荷 14, 15 のそれぞれに対して、鉛蓄電池 1

1 及びリチウムイオン蓄電池 1 2 が並列に接続されている。

[0023] 鉛蓄電池 1 1 は周知の汎用蓄電池である。リチウムイオン蓄電池 1 2 は、鉛蓄電池 1 1 に比べて、充放電における電力損失が少なく、出力密度、及びエネルギー密度の高い高密度蓄電池である。リチウムイオン蓄電池 1 2 は、鉛蓄電池 1 1 に比べて充放電時のエネルギー効率が高い蓄電池であることが望ましい。このリチウムイオン蓄電池 1 2 は、それぞれ複数の単電池を有してなる組電池として構成されている。これら各蓄電池 1 1, 1 2 の定格電圧はいずれも同じであり、例えば 1 2 V である。

[0024] リチウムイオン蓄電池 1 2 は、収容ケースに収容されて基板一体の電池ユニット U として構成されている。電池ユニット U は、出力端子 P 1, P 2, P 3 を有しており、このうち出力端子 P 1, P 3 に鉛蓄電池 1 1 とスタータ 1 3 と電気負荷 1 4 とが接続され、出力端子 P 2 に電気負荷 1 5 と回転電機ユニット 1 6 とが接続されている。

[0025] 各電気負荷 1 4, 1 5 は、各蓄電池 1 1, 1 2 からの供給電力の電圧に対する要求が相違するものである。このうち電気負荷 1 4 には、供給電力の電圧が一定又は少なくとも所定範囲内で変動するよう安定であることが要求される定電圧要求負荷が含まれる。これに対し、電気負荷 1 5 は、定電圧要求負荷以外の一般的な電気負荷である。

[0026] 定電圧要求負荷である電気負荷 1 4 の具体例としては、ナビゲーション装置やオーディオ装置、メータ装置、エンジン ECU 等の各種 ECU が挙げられる。この場合、供給電力の電圧変動が抑えられることで、上記各装置において不要なリセット等が生じることが抑制され、安定動作が確保される。電気負荷 1 4 として、電動ステアリング装置やブレーキ装置等の走行系アクチュエータが含まれていてもよい。電気負荷 1 5 の具体例としては、シートヒータやリヤウインドウのデフロスタ用ヒータ、ヘッドライト、フロントウインドウのワイパ、空調装置の送風ファン等が挙げられる。

[0027] 回転電機ユニット 1 6 は、回転電機 2 1 と、インバータ 2 2 と、界磁回路 2 3 と、回転電機 2 1 の作動を制御する回転電機 ECU 2 4 とを備えている

。回転電機ユニット16は、モータ機能付き発電機であり、機電一体型のISG (Integrated Starter Generator) として構成されている。回転電機ユニット16の詳細については後述する。

[0028] 電池ユニットUには、ユニット内電気経路として、各出力端子P1, P2を繋ぐ電気経路L1と、電気経路L1上の点N1とリチウムイオン蓄電池12とを繋ぐ電気経路L2とが設けられている。このうち電気経路L1にスイッチ31が設けられ、電気経路L2にスイッチ32が設けられている。

[0029] また、電池ユニットUには、スイッチ31を迂回するバイパス経路L3が設けられている。バイパス経路L3は、出力端子P3と電気経路L1上の点N1とを接続するようにして設けられている。出力端子P3は、ヒューズ35を介して鉛蓄電池11に接続されている。このバイパス経路L3によって、スイッチ31を介さずに、鉛蓄電池11と電気負荷15及び回転電機ユニット16との接続が可能となっている。バイパス経路L3には、例えば常閉式の機械式リレーからなるバイパススイッチ36が設けられている。バイパススイッチ36をオン（閉鎖）することで、スイッチ31がオフ（開放）されていても鉛蓄電池11と電気負荷15及び回転電機ユニット16とが電氣的に接続される。

[0030] 電池ユニットUは、各スイッチ31, 32のオンオフ（開閉）を制御する電池ECU37を備えている。電池ECU37は、CPU、ROM、RAM、入出力インターフェース等を含むマイコンにより構成されている。電池ECU37は、各蓄電池11, 12の蓄電状態や、上位制御装置であるエンジンECU40からの指令値に基づいて、各スイッチ31, 32のオンオフを制御する。これにより、鉛蓄電池11とリチウムイオン蓄電池12とを選択的に用いて充放電が実施される。例えば、電池ECU37は、リチウムイオン蓄電池12のSOC (State of Charge) を算出し、SOCが所定の使用範囲内に保持されるようにリチウムイオン蓄電池12への充電量及び放電量を制御する。

[0031] 回転電機ユニット16の回転電機ECU24や、電池ユニットUの電池E

CU37には、各ECU24, 37を統括的に管理する上位制御装置としてのエンジンECU40が接続されている。エンジンECU40は、CPU、ROM、RAM、入出力インターフェース等を含むマイコンにより構成されており、都度のエンジン運転状態や車両走行状態に基づいてエンジン42の運転を制御する。各ECU24, 37, 40や、その他図示しない各種の車載ECUは、CAN等の通信ネットワークを構築する通信線41により接続されて相互に通信可能となっており、所定周期で双方向の通信が実施される。これにより、各ECU24, 37, 40に記憶される各種データを互いに共有できるものとなっている。

[0032] 次に、回転電機ユニット16の電氣的構成について図2を用いて説明する。回転電機21は3相交流モータ（同期機）であり、3相電機子巻線25としてU相、V相、W相の相巻線25U, 25V, 25Wと、界磁巻線26とを備えている。各相巻線25U, 25V, 25Wが電機子巻線群に相当する。各相巻線25U, 25V, 25Wは星形結線され、中性点にて互いに接続されている。回転電機21の回転軸は、図示しないエンジン出力軸に対してベルトにより駆動連結されており、エンジン出力軸の回転によって回転電機21の回転軸が回転する一方、回転電機21の回転軸の回転によってエンジン出力軸が回転する。つまり、回転電機21は、エンジン出力軸や車軸の回転により発電（回生発電）を行う発電機能と、エンジン出力軸に回転力を付与する力行機能とを備えている。例えば、アイドリングストップ制御でのエンジン再始動時や車両加速のための動力アシスト時に、回転電機21が力行駆動される。

[0033] インバータ22は、各相巻線25U, 25V, 25Wから出力される交流電圧を直流電圧に変換して電池ユニットUに対して出力する。また、インバータ22は、電池ユニットUから入力される直流電圧を交流電圧に変換して各相巻線25U, 25V, 25Wへ出力する。インバータ22は、相巻線の相数と同数の上下アームを有するブリッジ回路であり、3相全波整流回路を構成している。インバータ22は、回転電機21に供給される電力を調節す

ることで回転電機 21 を駆動する駆動回路を構成している。

[0034] インバータ 22 は、相ごとに上アームスイッチ  $S_p$  及び下アームスイッチ  $S_n$  を備えており、各相のスイッチ  $S_p$ ,  $S_n$  が互い違いにオンオフされることにより、相ごとに時系列の通電が行われる。本実施形態では、各スイッチ  $S_p$ ,  $S_n$  として、電圧制御形の半導体スイッチング素子を用いており、具体的には、NチャネルMOSFETを用いている。上アームスイッチ  $S_p$  には、上アームダイオード  $D_p$  が逆並列に接続され、下アームスイッチ  $S_n$  には、下アームダイオード  $D_n$  が逆並列に接続されている。すなわち、各ダイオード  $D_p$ ,  $D_n$  は、カソードを電源側、アノードをグランド側とする向きでそれぞれ設けられている。本実施形態では、各ダイオード  $D_p$ ,  $D_n$  として、各スイッチ  $S_p$ ,  $S_n$  の寄生ダイオードを用いている。なお、各ダイオード  $D_p$ ,  $D_n$  としては、寄生ダイオードに限らず、例えば各スイッチ  $S_p$ ,  $S_n$  とは別部品のダイオードであってもよい。各相におけるスイッチ  $S_p$ ,  $S_n$  の直列接続体の中間点は、各相巻線 25U, 25V, 25Wの一端にそれぞれ接続されている。

[0035] インバータ 22 には、相ごとの電流経路に、各相電流  $I_u$ ,  $I_v$ ,  $I_w$  を検出する電流検出部 29 が設けられている。電流検出部 29 は、例えばシャント抵抗やカレントトランスを備える構成を有する。

[0036] 界磁回路 23 は、複数のスイッチング素子のオンオフに応じて界磁巻線 26 を通電させるものである。界磁回路 23 は、1つの遮断スイッチ 50 と、4つの界磁スイッチ 51, 52, 53, 54 とを有してなり、界磁スイッチ 51~54 によりHブリッジ整流回路が構成されている。各スイッチ 50~54 の基本構成はインバータ 22 の各スイッチと同じであり、各々において半導体スイッチング素子にはダイオード  $D_i$  が逆並列に接続されている。

[0037] 界磁回路 23 では、界磁スイッチ 51, 52 が電源部（図 2 では電池ユニット U）とグランドとの間に直列接続されるとともに、界磁スイッチ 53, 54 が、電源部とグランドとの間に直列接続されている。そして、界磁スイッチ 51, 53 のハイサイドどうし、界磁スイッチ 51, 52 及び界磁スイ

ッチ53, 54の中間点どうし、界磁スイッチ52, 54のローサイドどうしがそれぞれ電氣的に接続されることで、各界磁スイッチ51~54がHブリッジ状に接続されている。この場合、界磁スイッチ53は界磁スイッチ51に並列に設けられ、界磁スイッチ54は界磁スイッチ52に並列に設けられている。なお以下においては、説明の便宜上、界磁スイッチ51~54を、それぞれ第1スイッチ51、第2スイッチ52、第3スイッチ53、第4スイッチ54とも称する。

[0038] 界磁巻線26は、界磁スイッチ51, 52の中間点と界磁スイッチ53, 54の中間点とを繋ぐ経路部分に設けられている。第2スイッチ52を基準にして言えば、界磁巻線26は、第2スイッチ52の両端に接続され第2スイッチ52と並列となる並列経路部に設けられている。界磁巻線26の両端のうち一方は界磁スイッチ51, 52の中間点であるF+端子に接続され、他方は界磁スイッチ53, 54の中間点であるF-端子に接続されている。F+端子が電源側端子（ハイサイド端子）であり、F-端子がグランド側端子（ローサイド端子）である。なお、界磁巻線26は、図示しないブラシを介してF+端子、F-端子にそれぞれ接続されている。

[0039] 遮断スイッチ50は、電源部と第1スイッチ51との間、より詳しくは、電池ユニットUに繋がる母線と第1スイッチ51及び第3スイッチ53の分岐点との間に設けられている。遮断スイッチ50のオンオフにより、界磁回路23に対する電力供給と電力遮断とが切り替えられる。

[0040] 界磁回路23により界磁巻線26の通電を行う際には、以下のように各スイッチ50~54がオンオフされる。図3には界磁回路23における通電経路を示す。回転電機21の作動に伴う界磁巻線26の通電時には、遮断スイッチ50が常時オン（オン固定）されるとともに、第3スイッチ53が常時オフ（オフ固定）、第4スイッチ54が常時オン（オン固定）とされる。そして、その状態下で第1スイッチ51及び第2スイッチ52が相反する期間でオンオフされる。この場合、第1スイッチ51がオン、第2スイッチ52がオフとなる状態では、図3に破線で示すように、遮断スイッチ50→第1

スイッチ5 1 →界磁巻線2 6 →第4スイッチ5 4 →グラウンドの順となる経路Y 1で電流が流れる。また、その後、第1スイッチ5 1がオフ、第2スイッチ5 2がオンとなる状態では、図3に二点鎖線で示すように、界磁巻線2 6 →第4スイッチ5 4 →第2スイッチ5 2 →界磁巻線2 6の順となる還流経路Y 2で電流（還流電流）が流れる。

[0041] ここで、第4スイッチ5 4の両端の電気経路のうちグラウンド側には、界磁巻線2 6を流れる界磁電流 $I_f$ を検出する界磁電流検出部5 5が設けられている。また、第2スイッチ5 2の両端の電気経路のうちグラウンド側には、第1スイッチ5 1がオフ、第2スイッチ5 2がオンとなる状態で流れる還流電流 $I_r$ を検出する還流電流検出部5 6が設けられている。なお、電源側からグラウンドに流れる向きを正とすると、界磁電流 $I_f$ は正の電流として検出され、還流電流 $I_r$ は負の電流として検出される。電流検出部5 5, 5 6は、例えばシャント抵抗やカレントトランスを備える構成を有する。

[0042] 図2に戻り、インバータ2 2の高圧側経路には、インバータ2 2の入出力の電圧（すなわち電源電圧）を検出する電圧センサ4 5が設けられている。この電圧センサ4 5を含め各センサの検出信号は回転電機ECU 2 4に適宜入力される。

[0043] インバータ2 2及び界磁回路2 3を構成する各スイッチは、ドライバ2 7を介してそれぞれ独立にオン／オフ駆動が切り替えられる。

[0044] 回転電機ECU 2 4は、CPU、ROM、RAM、入出力インターフェース等を含むマイコンにより構成されている。回転電機ECU 2 4は、その内部の図示しないICレギュレータにより、界磁巻線2 6に流す励磁電流を調整する。これにより、回転電機ユニット1 6の発電電圧（電池ユニットUに対する出力電圧）が制御される。また、回転電機ECU 2 4は、通電位相に応じて各相のスイッチ $S_p$ ,  $S_n$ のオンオフを制御するとともに、各相の通電時にオンオフ比率（例えばデューティ比）を調整することで通電電流を制御する。ここで、回転電機ECU 2 4は、車両の走行開始後にインバータ2 2を制御して回転電機2 1を駆動させて、エンジンの駆動力をアシストする

。回転電機 21 は、エンジン始動時にクランク軸に初期回転を付与することが可能であり、エンジン始動装置としての機能も有している。

[0045] 回転電機 ECU 24 によるインバータ 22 の通電電流制御について補足する。回転電機 ECU 24 は、上位制御装置であるエンジン ECU 40 からの力行トルク指令値や発電電圧指令値に基づいて通電電流指令値を算出するとともに、その通電電流指令値と実際の通電電流（電流検出部 29 の電流検出値）との偏差に基づいて、相ごとに通電電流制御のためのデューティ信号として操作信号を生成する。具体的には、通電電流指令値と電流検出値との偏差に基づいて相ごとに指令電圧を算出するとともに、その指令電圧とキャリア信号（例えば三角波信号）との大小比較に基づく PWM 処理によって操作信号（PWM 信号）を生成する。本実施形態では、3 相変調により操作信号を生成するが、3 次高調波重畳パターンを用いたパルス幅変調を実施することも可能である。そして、回転電機 ECU 24 は、各相の操作信号により、相ごとに上アームスイッチ  $S_p$  及び下アームスイッチ  $S_n$  を各々オンオフさせる。これにより、回転電機 21 の各相電流がフィードバック制御される。

[0046] なお、回転電機 21 の力行時及び発電時においては、所定回転速度以下となる回転域で上記の PWM 制御が実施されるとよい。この場合、所定回転速度を超える回転域では、例えば矩形波制御（目標電圧のゼロクロス点でオンオフ操作される制御）が実施されるとよい。

[0047] 回転電機 ECU 24 による界磁電流制御について補足する。回転電機 ECU 24 は、エンジン ECU 40 からの力行トルク指令値や発電電圧指令値に基づいて、界磁電流指令値を算出するとともに、その界磁電流指令値と実際の界磁電流（界磁電流検出部 55 の電流検出値）との偏差に基づいて、界磁電流制御のためのデューティ信号として操作信号を生成する。具体的には、界磁電流指令値と電流検出値との偏差に基づいて指令電圧を算出するとともに、その指令電圧とキャリア信号との大小比較に基づく PWM 処理によって操作信号（PWM 信号）を生成する。そして、回転電機 ECU 24 は、操作信号により、第 1 スイッチ 51 及び第 2 スイッチ 52 を各々オンオフさせる

。これにより、界磁電流がフィードバック制御される。

[0048] ここで、ドライバ27の構成を図4を用いて説明する。ドライバ27は、インバータ22の各スイッチ $S_p$ 、 $S_n$ や界磁回路23の各スイッチ51～54を構成するスイッチング素子のゲート端子（導通制御端子）に対して充電及び放電を行い、そのスイッチング素子をオン状態及びオフ状態で切り替える駆動装置である。なおここでは、スイッチ $S_p$ を例にドライバ27の構成を説明する。

[0049] ドライバ27は、充電用回路として、電源61に接続された抵抗62及び充電用スイッチ63を有しており、充電用スイッチ63がオンすることで、スイッチ $S_p$ のゲートに一定の電流が流れ、スイッチ $S_p$ のゲート充電が行われる。これにより、スイッチ $S_p$ がオン状態となる。

[0050] また、ドライバ27は、放電用回路として2系統の放電部を有しており、一方は、操作信号による通常遮断用の第1放電部64、他方は、ソフト遮断用の第2放電部65となっている。第1放電部64は、第1放電用抵抗66及び第1放電用スイッチ67を有し、第2放電部65は、第2放電用抵抗68及び第2放電用スイッチ69を有している。第1放電用抵抗66と第2放電用抵抗68とは抵抗値が相違しており、第1放電用抵抗66の抵抗値 $R_1$ と第2放電用抵抗68の抵抗値 $R_2$ とは $R_1 < R_2$ の関係となっている。これら放電用抵抗66、68は放電速度（遮断速度）を調整する抵抗であり、 $R_1 < R_2$ の関係からして、第1放電用スイッチ67を介してゲート放電を行う場合よりも、第2放電用スイッチ69を介してゲート放電を行う場合の方が放電速度が遅くなるものとなっている。

[0051] つまり、スイッチ $S_p$ をオフ（遮断）する際には、第1放電用スイッチ67と第2放電用スイッチ69とが択一的にオンされるようになっており、第1放電用スイッチ67がオンされることで通常遮断が行われ、第2放電用スイッチ69がオンされることで、通常遮断よりも遮断速度を遅くしたソフト遮断が行われる。なお、充電用スイッチ63及び第1放電用スイッチ67のオンオフは、回転電機ECU24からの操作信号に基づいて行われる。

[0052] ところで、インバータ22では、相ごとに、直列接続体である一对のスイッチとして上アームスイッチ $S_p$ 及び下アームスイッチ $S_n$ が設けられており、界磁回路23では、直列接続体である一对のスイッチとして第1スイッチ51及び第2スイッチ52が設けられている。そして、これら各一对のスイッチは、操作信号により互い違いにオンオフされる。かかる場合において、一对のスイッチのうち一方のスイッチのオン故障が生じた後に他方のスイッチがオンすると、一对のスイッチに過大な電流（貫通電流）が流れる。また、過電流対策としてスイッチ遮断が行われるが、大電流が流れている状態でスイッチを遮断すると、サージ電圧によるスイッチ破壊が懸念される。そのため、大電流が流れている状態では、ソフト遮断によりスイッチがオフ操作される。ただし、操作信号のオン時間が短すぎると、過電流判定とそれに伴うスイッチ遮断操作とが適正に行われず、結果として大電流遮断が行われることが懸念される。

[0053] そこで本実施形態では、少なくとも過電流判定と遮断操作開始とに要する時間が確保されるように操作信号のオン時間が制限されるようになっている。これにより、一方のスイッチがオン故障した場合において、過電流が適正に判定されるとともに、その過電流が流れている状態でのスイッチ遮断（ソフト遮断）が適正に実施される。

[0054] 図2の構成においては、回転電機ユニット16に、一对のスイッチに通じる経路で過電流が流れたことを判定する判定部71と、判定部71により過電流が流れたと判定された場合に、他方のスイッチについてソフト遮断を行わせる遮断操作部72とが設けられている。判定部71は例えば比較器を用いて構成される。判定部71及び遮断操作部72は、例えば専用IC回路であるASIC70により実現される。本実施形態では、回転電機ECU24とASIC70とにより「スイッチ制御装置」が構成されている。

[0055] インバータ22の上アームスイッチ $S_p$ 及び下アームスイッチ $S_n$ について言えば、判定部71は、電流検出部29により検出した電流検出値を入力し、その電流検出値が所定の閾値を上回ることに基づいて、過電流が流れた

と判定する。遮断操作部 7 2 は、判定部 7 1 の判定結果に基づいて、ドライバ 2 7 におけるソフト遮断用の第 2 放電部 6 5 に対して第 2 放電用スイッチ 6 9 をオンする旨の指令信号を出力する。これにより、上アームスイッチ  $S_p$  及び下アームスイッチ  $S_n$  のうちオン故障が生じていない側のスイッチについてソフト遮断が実施される。

[0056] また、界磁回路 2 3 の第 1 スイッチ 5 1 及び第 2 スイッチ 5 2 について言えば、判定部 7 1 は、還流電流検出部 5 6 により検出した電流検出値を入力し、その電流検出値が所定の閾値を上回ることに基づいて、過電流が流れたと判定する。遮断操作部 7 2 は、判定部 7 1 の判定結果に基づいて、ドライバ 2 7 におけるソフト遮断用の第 2 放電部 6 5 に対して第 2 放電用スイッチ 6 9 をオンする旨の指令信号を出力する。これにより、第 1 スイッチ 5 1 及び第 2 スイッチ 5 2 のうちオン故障が生じていない側のスイッチについてソフト遮断が実施される。

[0057] ここで、例えば界磁回路 2 3 において、第 1 スイッチ 5 1 及び第 2 スイッチ 5 2 のうち第 1 スイッチ 5 1 で生じるオン故障を想定すると、過電流判定及びソフト遮断を適正に行うには、第 2 スイッチ 5 2 におけるオン時間として必要最小限の時間を確保する必要がある。そのため、第 1 スイッチ 5 1 の操作信号に対してデューティ比の上限ガードを実施する。この上限ガードは、デューティ比が 100% よりも小さいデューティ上限値により行われる。この上限ガードにより、第 2 スイッチ 5 2 の操作信号が 0% よりも大きいデューティ比の信号となる。また、第 2 スイッチ 5 2 で生じるオン故障を想定すると、過電流判定及びソフト遮断を適正に行うには、第 1 スイッチ 5 1 におけるオン時間として必要最小限の時間を確保する必要がある。そのため、第 1 スイッチ 5 1 の操作信号に対してデューティ比の下限ガードを実施する。この下限ガードは、デューティ比が 0% よりも大きいデューティ下限値により行われる。この下限ガードにより、第 2 スイッチ 5 2 の操作信号が 100% よりも小さいデューティ比の信号となる。

[0058] 図 5 は、回転電機 ECU 2 4 により実施される操作信号生成の処理手順を

示すフローチャートであり、本処理は所定周期で繰り返し実施される。ここでは、界磁電流制御のための操作信号を例にして説明する。

[0059] 図5において、ステップS11では、力行トルク指令値や発電電圧指令値に基づいて、PWM処理によりPWM信号を生成する。続くステップS12では、第1スイッチ51及び第2スイッチ52のうち第1スイッチ51のPWMデューティ比が所定の上限値を超えているか否かを判定する。上限値は例えば95%である。そして、ステップS12が肯定されると、ステップS13に進み、第1スイッチ51のPWMデューティ比を所定の上限値で制限する（デューティ比＝上限値とする）。

[0060] また、ステップS14では、第1スイッチ51及び第2スイッチ52のうち第1スイッチ51のPWMデューティ比が所定の下限値未満であるか否かを判定する。下限値は例えば5%である。そして、ステップS14が肯定されると、ステップS15に進み、第1スイッチ51のPWMデューティ比を所定の下限値で制限する（デューティ比＝下限値とする）。その後、ステップS16では、上記のごとく制限が実施されたPWMデューティ比、又は制限が実施されていないPWMデューティ比に基づいて操作信号を生成し、出力する。

[0061] なお、第1スイッチ51及び第2スイッチ52が互い違いにオンオフされる構成からすると、第1スイッチ用の操作信号についてデューティ上限値による制限を実施することは、第2スイッチ用の操作信号についてデューティ下限値による制限を実施することと同意である。また同様に、第1スイッチ用の操作信号についてデューティ下限値による制限を実施することは、第2スイッチ用の操作信号についてデューティ上限値による制限を実施することと同意である。

[0062] 上記図5の処理では、第1スイッチ51のオン故障を想定してデューティ比の上限ガードを実施するとともに、第2スイッチ52のオン故障を想定してデューティ比の下限ガードを実施する構成としたが、これらのいずれか一方のみを想定した構成であってもよい。図5の処理を用い、インバータ22

の各スイッチ $S_p$ 、 $S_n$ について適用することも可能である。この場合、上アームスイッチ $S_p$ のPWMデューティ比が所定の上限値を超えていれば、そのデューティ比を所定の上限値で制限する。また、上アームスイッチ $S_p$ のPWMデューティ比が所定の下限値未満であれば、そのデューティ比を所定の下限値で制限する。

[0063] 図6は、界磁回路23における第1スイッチ51及び第2スイッチ52のスイッチング動作を示すタイムチャートである。第1スイッチ用の第1操作信号と、第2スイッチ用の第2操作信号とは、互い違いにオンオフされ、かつ所定のデッドタイムを有するものとなっている。なお、キャリア信号は例えば1kHzであり、キャリア信号により決定されるPWM周期は1msである。

[0064] 図6において、第1操作信号のオン期間 $T_1$ では第1スイッチ51がオンされ、第2操作信号のオン期間 $T_2$ では第2スイッチ52がオンされる。なお、図6には、還流電流検出部56により検出される電流の推移を示しており、当該電流は、第1スイッチ51がオフされる期間において負の電流として検出される。そして、例えばタイミング $t_a$ で第1スイッチ51のオン故障が生じると、その後に第2スイッチ52がオンすることに伴い、両スイッチ51、52を通じて過大な電流（貫通電流）が流れ始める。このとき、判定部71において過電流判定が実施される。なお、過電流が流れたと判定されるには例えば10 $\mu$ s程度の時間を要する。

[0065] 判定部71において過電流が流れたと判定されると、その判定結果に基づいて、遮断操作部72において第1スイッチ51及び第2スイッチ52のいずれかについてソフト遮断が行われる。このとき、第1スイッチ51のオン故障を想定して第1操作信号のデューティ比の上限ガードが実施されている、逆に言えば、第2操作信号のデューティ比の下限ガードが実施されていることで、第2スイッチ52のオン期間において過電流判定とスイッチ遮断操作とが適正に行われる。このとき、第2スイッチ52のオン時間として、例えば少なくとも20 $\mu$ sの時間が確保されているとよい。

- [0066] インバータ22において、2相変調を用いた通電電流制御を実施してもよい。具体的には、回転電機ECU24は、各相の上アームスイッチ $S_p$ 及び下アームスイッチ $S_n$ の操作状態を1相ずつ所定周期ごとに順次固定するとともに、その固定された相以外の2相を構成する上アームスイッチ $S_p$ 及び下アームスイッチ $S_n$ をPWM処理によりオンオフ操作する。
- [0067] より具体的には、図7に示すように、回転電機21の電気角 $120^\circ$ ごとに、1相ずつ上アームスイッチ $S_p$ のオフ操作固定及び下アームスイッチ $S_n$ のオン操作固定が順次行われるように各相の指令信号（各相の通電電流指令値と回転電機21の電気角速度に応じて算出されるフィードフォワード操作量）が設定される。そして、この指令信号に基づいて、相ごとに操作信号が生成される。なお、相間電圧が正弦波となるように操作状態を固定する2相の指令信号が設定されるとよい。この場合、キャリア信号の最大値が「1」、最小値が「0」になることを前提として、オフ操作固定される上アームスイッチ $S_p$ の指令信号が下限値に固定され、オン操作固定される下アームスイッチ $S_n$ の指令信号が上限値に固定される。
- [0068] 又は、図8に示すように、回転電機21の電気角 $120^\circ$ ごとに、1相ずつ上アームスイッチ $S_p$ のオン操作固定及び下アームスイッチ $S_n$ のオフ操作固定が順次行われるように各相の指令信号が設定される。そして、この指令信号に基づいて、相ごとに操作信号が生成される。この場合、オン操作固定される上アームスイッチ $S_p$ の指令信号が上限値に固定され、オン操作固定される下アームスイッチ $S_n$ の指令信号が上限値に固定される。
- [0069] 上記のような2相変調が行われる構成においても、上述のとおりデューティ比の制限を行うことで、上アームスイッチ $S_p$ がオン故障した場合、又は下アームスイッチ $S_n$ がオン故障した場合において、過電流判定とスイッチ遮断とが好適に実施される。
- [0070] 以上詳述した本実施形態によれば、以下の優れた効果が得られる。
- [0071] 回転電機21における一对のスイッチをオンオフさせる操作信号のオン時間を、少なくとも判定部71による過電流判定と遮断操作部72による遮断

操作開始とに要する時間が確保されるように制限する構成とした。これにより、一对のスイッチのうち一方のスイッチがオン故障した場合において、過電流を適正に判定するとともに、その過電流が流れている状態でのスイッチ遮断（ソフト遮断）を適正に実施することができる。その結果、一对のスイッチを含む経路での過電流発生時において適正にスイッチ遮断を実施し、ひいてはスイッチの保護を図ることができる。

[0072] 界磁回路23でのスイッチ制御で言えば、第1スイッチ51用の操作信号についてデューティ上限値による制限を実施することにより、第1スイッチ51のオン故障に起因して過電流が流れることを想定した上で、第2スイッチ52のオン期間内において過電流判定とスイッチ遮断操作とを適正に実施できる。又は、第1スイッチ51用の操作信号についてデューティ下限値による制限を実施することにより、第2スイッチ52のオン故障に起因して過電流が流れることを想定した上で、第1スイッチ51のオン期間内において過電流判定とスイッチ遮断操作とを適正に実施できる。

[0073] また、インバータ22でのスイッチ制御で言えば、上アームスイッチS<sub>p</sub>用の操作信号についてデューティ上限値による制限を実施することにより、上アームスイッチS<sub>p</sub>のオン故障に起因して過電流が流れることを想定した上で、下アームスイッチS<sub>n</sub>のオン期間内において過電流判定とスイッチ遮断操作とを適正に実施できる。又は、上アームスイッチS<sub>p</sub>用の操作信号についてデューティ下限値による制限を実施することにより、下アームスイッチS<sub>n</sub>のオン故障に起因して過電流が流れることを想定した上で、上アームスイッチS<sub>p</sub>のオン期間内において過電流判定とスイッチ遮断操作とを適正に実施できる。

[0074] (他の実施形態)

上記実施形態を例えば次のように変更してもよい。

[0075] ・回転電機21では、例えば、電機子巻線25のオンオフ制御に用いる操作信号の生成に用いるキャリア信号の周波数f<sub>1</sub>と、界磁巻線26のオンオフ制御に用いる操作信号の生成に用いるキャリア信号の周波数f<sub>2</sub>とが互い

に異なることが考えられる。例えば、 $f_1 > f_2$  になること、又は  $f_1 < f_2$  になることが考えられる。また、電機子制御用の操作信号の生成に用いるキャリア信号の周波数  $f_1$  を可変にすること、又は、界磁制御用の操作信号の生成に用いるキャリア信号の周波数  $f_2$  を可変にすることが考えられる。この点を考慮し、キャリア信号の周波数に応じてデューティ制限値を定め、そのデューティ制限値により操作信号のデューティ比を制限するとよい。例えば、キャリア信号の周波数が大きいほどデューティ上限値を小さくする。また、キャリア信号の周波数が大きいほどデューティ下限値を大きくする。

[0076] 図9には、電機子制御用（インバータ制御用）の操作信号の生成に用いるキャリア信号の周波数  $f_1$  と、界磁制御用の操作信号の生成に用いるキャリア信号の周波数  $f_2$  とが  $f_1 > f_2$  の関係である場合においてデューティ制限値の違いを示す。この場合、電機子制御と界磁制御とで比べて、デューティ制限値が相違している。詳しくは、高周波数側の電機子制御では、低周波数側の界磁制御に比べて、デューティ上限値が小さく、デューティ下限値が大きいものとなっている。

[0077] 上記構成によれば、過電流判定とスイッチ遮断操作との所要時間を確保しつつ、適度なオン時間の制限を実現できる。

[0078] ・上記実施形態では、界磁回路23をHブリッジ回路にて構成したが、これに代えて、界磁回路23をハーフブリッジ回路にて構成してもよい。図10に、ハーフブリッジ回路構成の界磁回路23を示す。図10の界磁回路23では、電源部とグラウンドとの間に第1スイッチ51と第2スイッチ52とが直列接続され、第2スイッチ52と並列となる並列経路部に界磁巻線26が設けられている。本構成においても、上記のとおり操作信号（デューティ信号）のデューティ比が制限されるとよい。

[0079] ・上記実施形態では、回転電機21として3相交流モータへの適用例を説明したが、これを変更してもよい。例えば3相の電機子巻線群を2組有する6相交流モータへの適用も可能である。要は、3相の電機子巻線群を  $n$  組（ $n$  は1以上）有する交流モータへの適用が可能である。

- [0080] ・上記実施形態では、発電動作と力行動作とを行う回転電機について説明したが、発電動作及び力行動作のいずれかのみを行う回転電機にも適用することができる。
- [0081] ・本開示が適用される電源システムを、車両以外の用途、例えば船舶、航空機、ロボット等の用途に用いることも可能である。
- [0082] ・上記の各構成要素は概念的なものであり、上記実施形態に限定されない。例えば、一つの構成要素が有する機能を複数の構成要素に分散して実現したり、複数の構成要素が有する機能を一つの構成要素で実現したりしてもよい。
- [0083] 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] 電源部とグラウンドとの間に直列に設けられた一対のスイッチ（ $S_p$ ， $S_n$ ，51，52）を、両方が同時にオンしないようにしてデューティ信号により互い違いにオンオフさせるスイッチ制御装置（24，70）であって、
- 前記デューティ信号を生成する信号生成部（24）と、
- 前記一対のスイッチのうち一方のスイッチのオン故障が生じた後に他方のスイッチがオンした状態で、前記一対のスイッチに通じる経路で過電流が流れたことを判定する判定部（71）と、
- 前記判定部により前記過電流が流れたと判定された場合に、前記他方のスイッチを通常の遮断速度よりも遅い速度で遮断させる遮断操作部（72）と、
- 少なくとも前記判定部による過電流判定と前記遮断操作部による遮断操作開始とに要する時間が確保されるように前記デューティ信号のオン時間を制限する制限部（24）と、を備えるスイッチ制御装置。
- [請求項2] 巻線界磁型の回転電機（21）の界磁巻線（26）を通电させる界磁回路（23）を有する回転電機ユニット（16）に適用され、前記界磁回路は、前記一対のスイッチとして電源部側の第1界磁スイッチ（51）とグラウンド側の第2界磁スイッチ（52）とを有しており、
- 前記判定部は、前記第1界磁スイッチ及び前記第2界磁スイッチを通じて前記過電流が流れたことを判定し、
- 前記制限部は、前記第1界磁スイッチをオンオフする前記デューティ信号についてデューティ上限値による制限、及び当該デューティ信号についてデューティ下限値による制限の少なくともいずれかを実施する請求項1に記載のスイッチ制御装置。
- [請求項3] 3相の電機子巻線群を有する回転電機（21）と、前記回転電機の各相の電機子巻線（25）を相ごとに通电させるインバータ回路（22）を有する回転電機ユニット（16）に適用され、前記インバータ

回路は、前記一对のスイッチとして相ごとに上アームスイッチ（S<sub>p</sub>）と下アームスイッチ（S<sub>n</sub>）とを有しており、

前記判定部は、前記上アームスイッチ及び前記下アームスイッチを通じて前記過電流が流れたことを判定し、

前記制限部は、前記上アームスイッチをオンオフする前記デューティ信号についてデューティ上限値による制限、及び当該デューティ信号についてデューティ下限値による制限の少なくともいずれかを実施する請求項1又は2に記載のスイッチ制御装置。

[請求項4]

回転電機（21）の電機子巻線（25）及び界磁巻線（26）の少なくともいずれかに繋がる通電経路に前記一对のスイッチが設けられ、その一对のスイッチのオンオフを制御するスイッチ制御装置であって、

前記デューティ信号は、前記電機子巻線及び前記界磁巻線の少なくともいずれかへの通電電流の要求値に応じて算出される指令信号と、所定周波数のキャリア信号との比較に基づいて生成され、

前記制限部は、前記キャリア信号の周波数に応じて定められるデューティ制限値により、前記デューティ信号のデューティ比を制限する請求項1乃至3のいずれか1項に記載のスイッチ制御装置。

[請求項5]

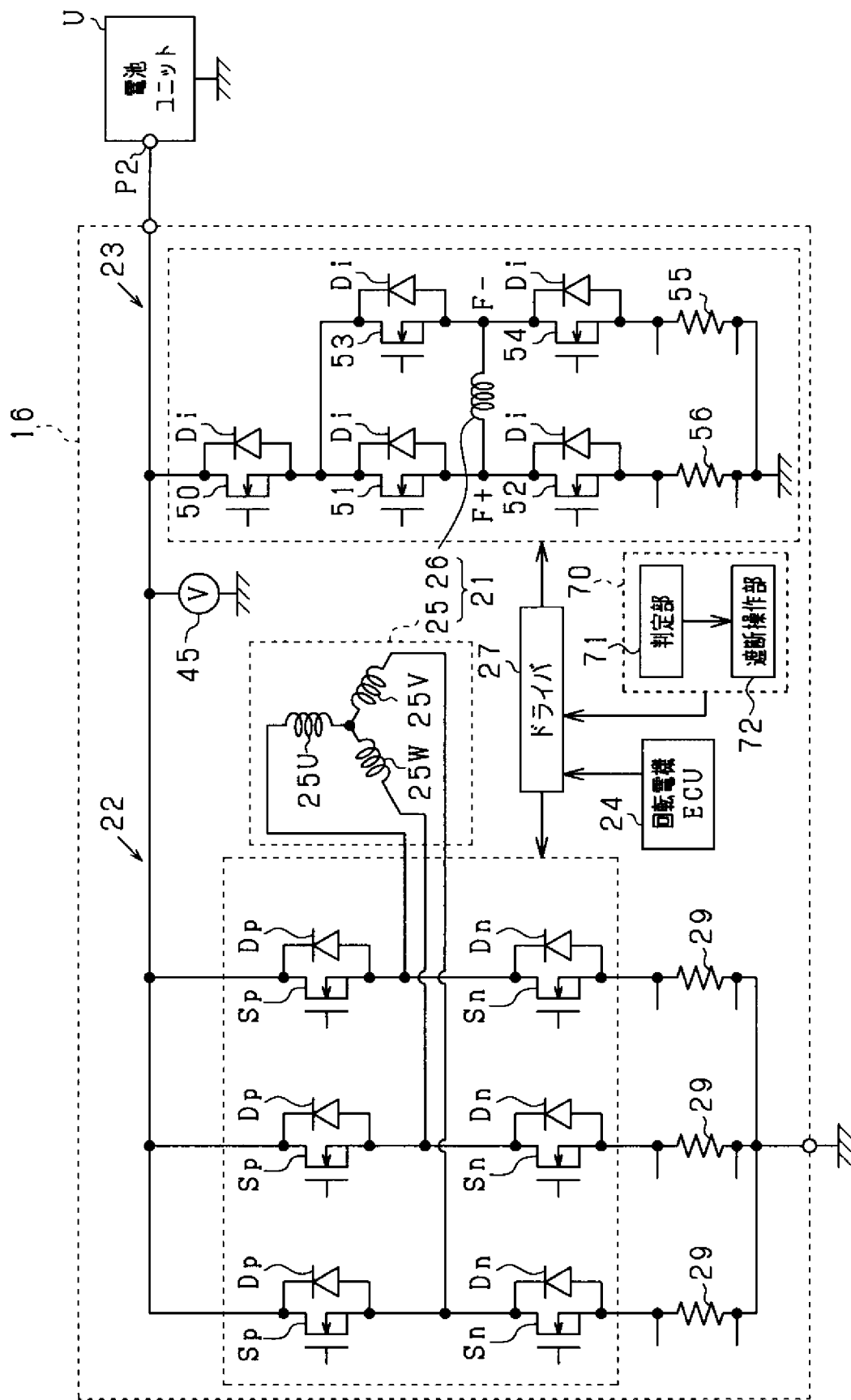
前記電機子巻線に繋がる通電経路、及び前記界磁巻線に繋がる通電経路にそれぞれ前記一对のスイッチが設けられ、それら各一对のスイッチのオンオフを制御するスイッチ制御装置であって、

電機子制御用のデューティ信号を生成する際に用いる前記キャリア信号の周波数と、界磁制御用のデューティ信号を生成する際に用いる前記キャリア信号の周波数とが相違しており、

前記デューティ制限値が、前記電機子制御用のデューティ信号と、前記界磁制御用のデューティ信号とで各々異なる値として定められている請求項4に記載のスイッチ制御装置。

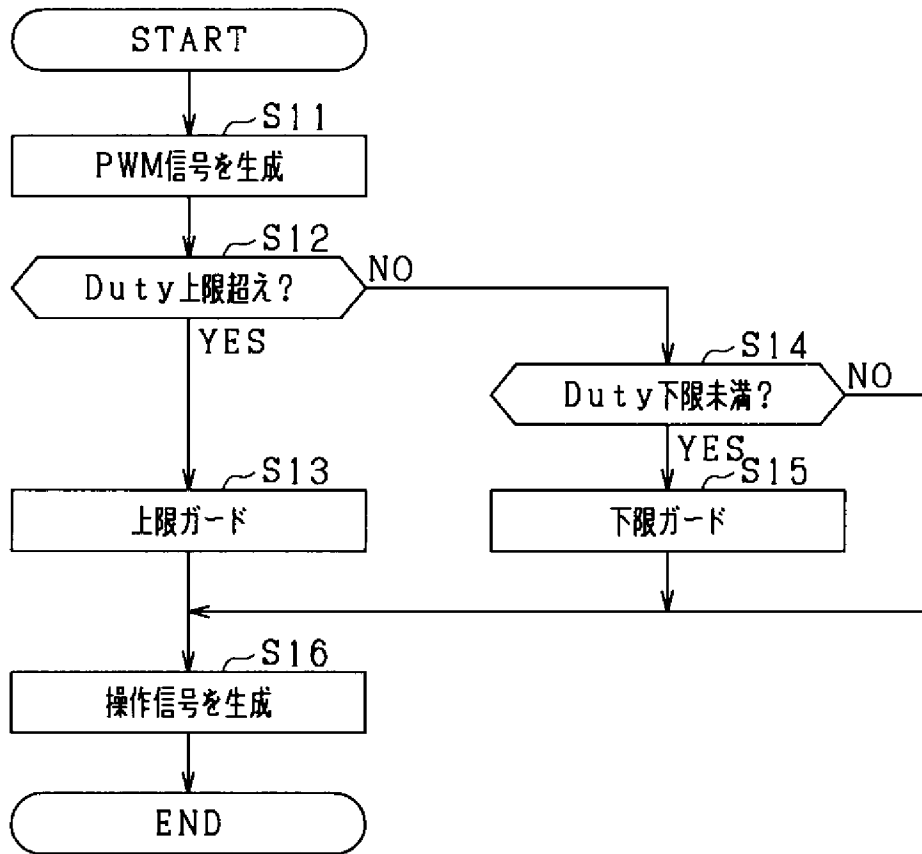


[図2]

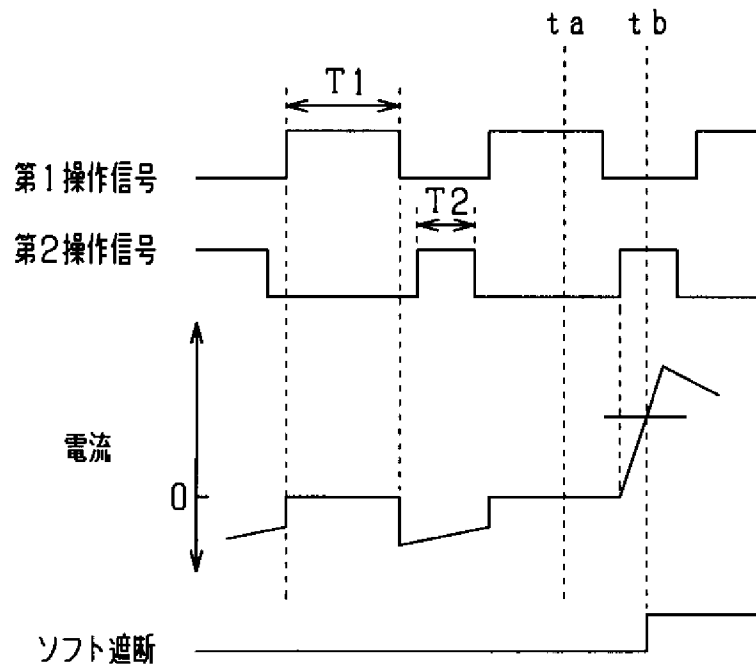




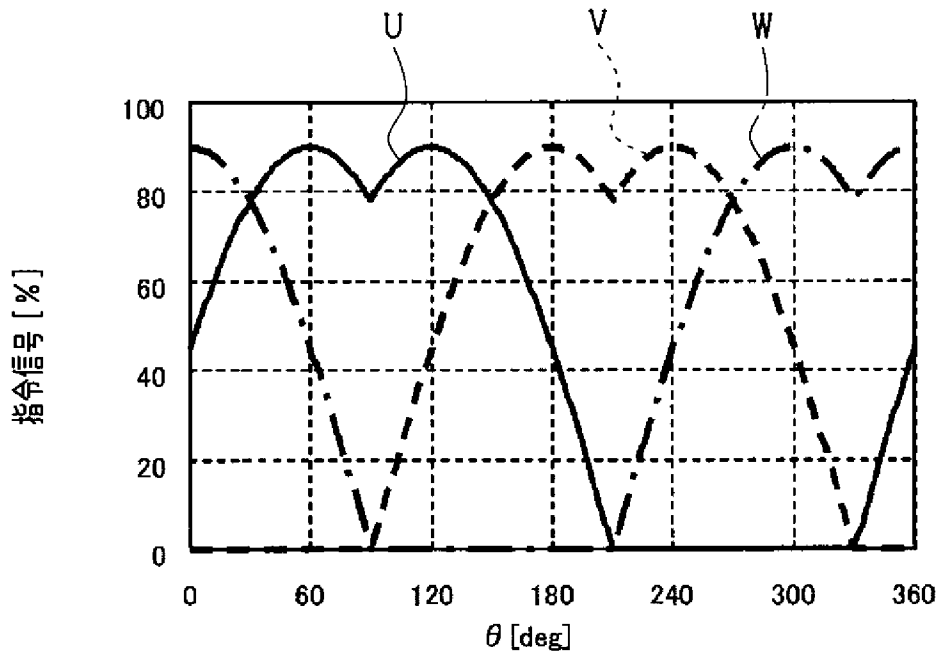
[図5]



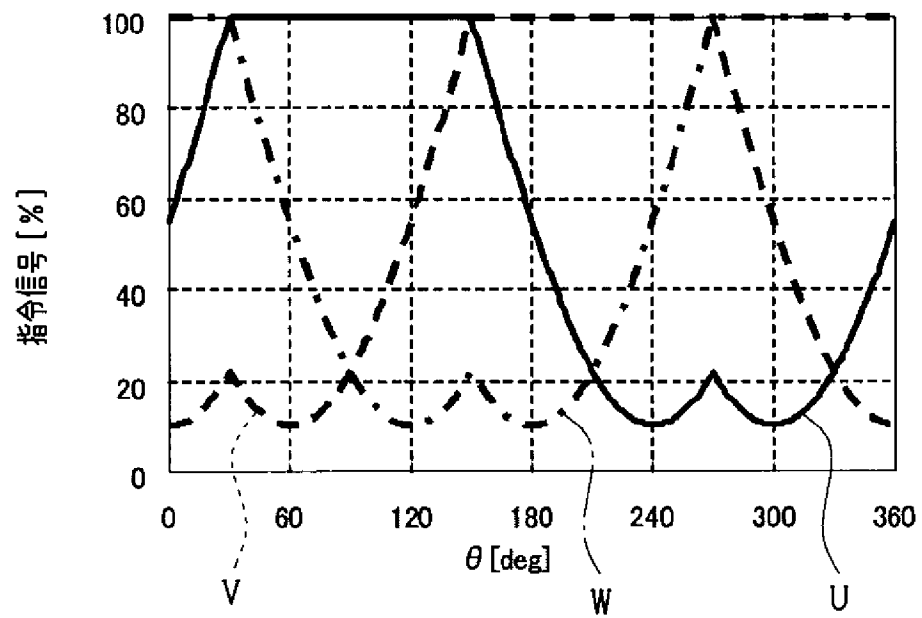
[図6]



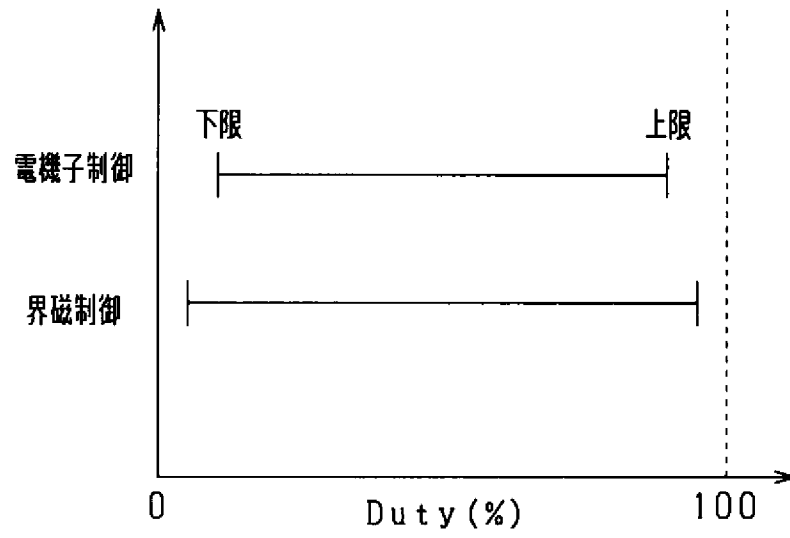
[图7]



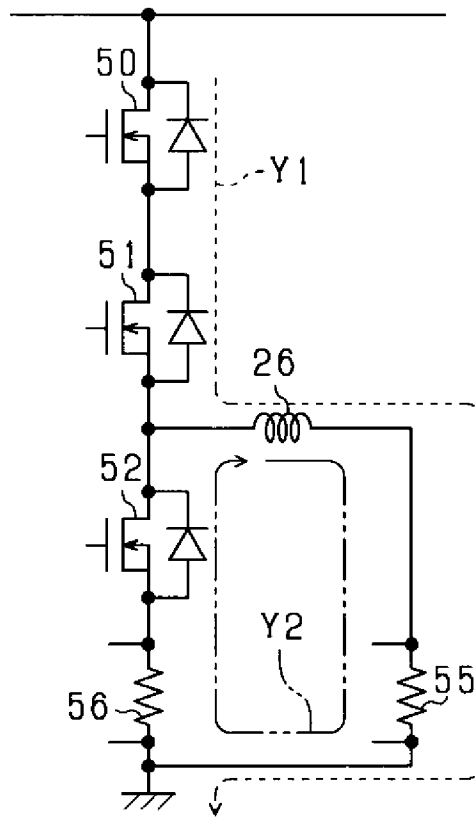
[图8]



[図9]



[図10]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2018/000454

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

Int.Cl. H02P25/024 (2016.01) i, H02M7/48 (2007.01) i

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

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. H02P25/024, H02M7/48

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	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

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

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2012-196065 A (SANDEN CORPORATION) 11 October 2012, paragraphs [0004], [0014]-[0020], [0029], fig. 1, 2 (Family: none)	1-4 5
Y	WO 2014/97485 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 26 June 2014, paragraphs [0011]-[0017], [0023], [0024], [0056], [0057], fig. 1, 2, 9, 10 & US 2015/0311692 A1, paragraphs [0031]-[0037], [0043], [0044], [0076], [0077], fig. 1, 2, 9, 10 & CN 104885320 A	1-4

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 22.03.2018	Date of mailing of the international search report 03.04.2018
---	--

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/JP2018/000454

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2001-145209 A (DENSO CORPORATION) 25 May 2001, paragraphs [0083]-[0086], fig. 25 & US 6590312 B1, column 14, line 20 to line 46, fig. 25 & EP 1102385 A2	2-4 5
Y	JP 2001-197724 A (FUJI ELECTRIC CO., LTD.) 19 July 2001, paragraphs [0002]-[0010], fig. 11 (Family: none)	3-4
Y	JP 2010-148173 A (TOYOTA MOTOR CORPORATION) 01 July 2010, paragraphs [0133]-[0136], fig. 17 (Family: none)	4
A	JP 2014-217249 A (DENSO CORPORATION) 17 November 2014, entire text, all drawings (Family: none)	1-5

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. H02P25/024(2016.01)i, H02M7/48(2007.01)i		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. H02P25/024, H02M7/48		
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 1971-2018年 日本国実用新案登録公報 1996-2018年 日本国登録実用新案公報 1994-2018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
Y A	JP 2012-196065 A (サンデン株式会社) 2012.10.11, 段落 [0004], [0014] - [0020], [0029], 図1-2 (ファミリーなし)	1-4 5
Y	WO 2014/97485 A1 (三菱電機株式会社) 2014.06.26, 段落 [0011] - [0017], [0023] - [0024], [0056] - [0057], 図1-2、9-10 & US 2015/0311692 A1, 段落 [0031] - [0037], [0043] - [0044], [0076] - [0077], 図1-2、9-10 & CN 104885320 A	1-4
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> 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 22.03.2018	国際調査報告の発送日 03.04.2018	
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) 上野 力 電話番号 03-3581-1101 内線 3357	3V 3748

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
Y A	JP 2001-145209 A (株式会社デンソー) 2001.05.25, 段落 [0083] - [0086], 図25 & US 6590312 B1, 第14欄20行-46行, 図25 & EP 1102385 A2	2-4 5
Y	JP 2001-197724 A (富士電機株式会社) 2001.07.19, 段落 [0002] - [0010], 図11 (ファミリーなし)	3-4
Y	JP 2010-148173 A (トヨタ自動車株式会社) 2010.07.01, 段落 [0133] - [0136], 図17 (ファミリーなし)	4
A	JP 2014-217249 A (株式会社デンソー) 2014.11.17, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-5