

(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  
2013 年 12 月 27 日(27.12.2013)



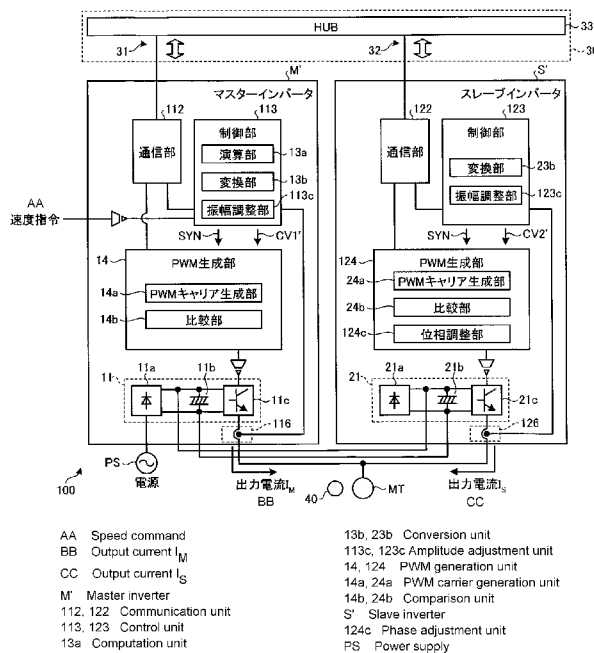
(10) 国際公開番号  
**WO 2013/190609 A1**

- (51) 国際特許分類:  
**H02M 7/493 (2007.01) H02M 7/48 (2007.01)**
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/065475
- (22) 国際出願日: 2012 年 6 月 18 日(18.06.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱電機株式会社 (Mitsubishi Electric Corporation) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目 7 番 3 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 梶浦 吾一 (KAJIURA, Goichi) [—/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目 7 番 3 号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 加藤 昌則 (KATO, Masanori) [—/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目 7 番 3 号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 酒井 宏明 (SAKAI, Hiroaki); 〒1006020 東京都千代田区霞が関三丁目 2 番 5 号 霞が関ビルディング 酒井国際特許事務所 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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:  
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: INVERTER SYSTEM AND COMMUNICATION METHOD

(54) 発明の名称: インバータシステム、及び通信方法

[図1]



(57) Abstract: Provided is an inverter system wherein one or more slave inverters each comprise: a driver unit that drives a motor on the basis of a second PWM carrier and a second command voltage; a communication unit that receives first data via a half-duplex communication line and broadcast-transmits second data, which includes an actual output current of the slave inverter to the motor, to the half-duplex communication line in synchronization with the second PWM carrier and at a timing to avoid the reception timing of the first data; and a phase adjustment unit that adjusts, in accordance with the reception timing of the first data, the phase of the second PWM carrier such that the phase of the second PWM carrier matches the phase of a first PWM carrier, and wherein a master inverter further comprises an amplitude adjustment unit that, when the second data is received by the communication unit, adjusts, in accordance with the received second data, the amplitude of a first command voltage in such a manner that attains a balance between an actual output current of the master inverter to the motor and the actual output current of each of the one or more slave inverters to the motor.

(57) 要約:

[続葉有]



インバータシステムにおいて、1以上のスレーブインバータのそれぞれは、第2のPWMキャリアと第2の指令電圧とに基づいて、モータを駆動する駆動部と、第1のデータを半二重通信回線経由で受信するとともに、第2のPWMキャリアに同期して、第1のデータの受信タイミングを避けるタイミングで、スレーブインバータのモータへの実出力電流を含む第2のデータを半二重通信回線にブロードキャスト送信する通信部と、第1のデータの受信タイミングに応じて、第1のPWMキャリアの位相に一致するように、第2のPWMキャリアの位相を調整する位相調整部とを有し、マスターインバータは、第2のデータが前記通信部により受信された際に、受信された第2のデータに応じて、マスターインバータのモータへの実出力電流と1以上のスレーブインバータのそれぞれのモータへの実出力電流とでバランスがとれるように、第1の指令電圧の振幅を調整する振幅調整部をさらに有する。

## 明 細 書

**発明の名称：** インバータシステム、及び通信方法

### 技術分野

[0001] 本発明は、インバータシステム、及び通信方法に関する。

### 背景技術

[0002] 特許文献 1 には、上位制御装置及び複数のモータ駆動装置がデジチエーン接続されたモータ制御用シリアル通信装置において、全てのモータ駆動装置の内部にカウントアップ速度が同じ通信タイミングカウンタを設け、上位制御装置から全てのモータ駆動装置に指令データを送信した際に、全てのモータ駆動装置において、指令データが正常に取り込まれたタイミングで通信タイミングカウンタをリセットさせることが記載されている。これにより、特許文献 1 によれば、通信タイミングカウンタを基準にして全てのモータ駆動装置が同時に指令データの制御への反映とフィードバックデータのサンプリングを実行することができるので、複数のモータを協調動作させる場合に各モータの動作にずれが生じず精度の高い制御が可能になるとされている。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0003] 特許文献1：特開 2 0 0 3 - 1 8 9 6 5 4 号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献 1 に記載の技術は、複数のモータ駆動装置が互いに別々のモータを駆動させることが前提となっている。すなわち、特許文献 1 に記載の技術では、複数のモータ駆動装置と複数のモータとの間の複数の接続が互いに独立していると考えられる。

[0005] 一方、マスターインバータ及び 1 以上のスレーブインバータが共通接続ノードを介して 1 つのモータに並列接続された構成では、マスターインバータ

及び1以上のスレーブインバータが共通接続ノードを介して互いに接続されているため、マスターインバータ及び1以上のスレーブインバータの間で横流電流が流れる可能性がある。

[0006] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、マスターインバータ及び1以上のスレーブインバータの間における横流電流を抑制できるインバータシステム、及び通信方法を得ることを目的とする。

### 課題を解決するための手段

[0007] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明の1つの側面にかかるインバータシステムは、モータに接続されたマスターインバータと、半二重通信回線を介して前記マスターインバータに接続されるとともに、前記モータに対して共通接続ノードを介して前記マスターインバータと並列にそれぞれ接続された1以上のスレーブインバータとを備え、前記マスターインバータは、第1のPWMキャリアと第1の指令電圧とに基づいて、前記モータを駆動する駆動部と、前記第1のPWMキャリアに同期して、電流指令を含む第1のデータを前記半二重通信回線にブロードキャスト送信する通信部とを有し、前記1以上のスレーブインバータのそれぞれは、第2のPWMキャリアと第2の指令電圧とに基づいて、前記モータを駆動する駆動部と、前記第1のデータを前記半二重通信回線経由で受信するとともに、前記第2のPWMキャリアに同期して、前記第1のデータの受信タイミングを避けるタイミングで、前記スレーブインバータから前記モータへの実出力電流を含む第2のデータを前記半二重通信回線にブロードキャスト送信する通信部と、前記第1のデータの受信タイミングに応じて、前記第1のPWMキャリアの位相に一致するように、前記第2のPWMキャリアの位相を調整する位相調整部とを有し、前記マスターインバータは、前記第2のデータが前記通信部により受信された際に、受信された第2のデータに応じて、前記マスターインバータから前記モータへの実出力電流と前記1以上のスレーブインバータのそれぞれから前記モータへの実出力電流とでバランスがとれるように、前記第1の指令電圧の振幅を調整する振幅調整部をさらに有することを特徴と

する。

## 発明の効果

[0008] 本発明によれば、第1のPWMキャリアの位相に一致するように、第2のPWMキャリアの位相を調整するので、第1のPWMキャリアと第2のPWMキャリアとの間の位相ずれを低減できる。また、マスターインバータからモータへの実出力電流とスレーブインバータからモータへの実出力電流とでバランスがとれるように、第1の指令電圧の振幅を調整するので、第1の指令電圧と第2の指令電圧との間の振幅ずれを低減できる。これにより、マスターインバータ及び1以上のスレーブインバータの間における横流電流を抑制できる。

## 図面の簡単な説明

[0009] [図1]図1は、実施の形態1にかかるインバータシステムの構成を示す図である。

[図2]図2は、実施の形態1にかかるインバータシステムの構成を示す図である。

[図3]図3は、実施の形態1にかかるインバータシステムの動作を示す図である。

[図4]図4は、実施の形態1にかかるインバータシステムの動作を示すフローチャートである。

[図5]図5は、実施の形態2にかかるインバータシステムの構成を示す図である。

[図6]図6は、実施の形態2にかかるインバータシステムの動作を示す図である。

[図7]図7は、実施の形態2にかかるインバータシステムの動作を示す図である。

[図8]図8は、実施の形態3にかかるインバータシステムの動作を示す図である。

[図9]図9は、基本の形態にかかるインバータシステムの構成を示す図である。

。

[図10]図10は、基本の形態にかかるインバータシステムの動作を示す図である。

[図11]図11は、基本の形態にかかるインバータシステムの動作を示す図である。

[図12]図12は、基本の形態の変形例にかかるインバータシステムの構成を示す図である。

### 発明を実施するための形態

[0010] 以下に、本発明にかかるインバータシステムの実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施の形態によりこの発明が限定されるものではない。

[0011] 実施の形態1.

実施の形態1にかかるインバータシステム100について説明する前に、基本の形態にかかるインバータシステム1について図9を用いて説明する。図9は、基本の形態にかかるインバータシステム1の構成を示す図である。

[0012] 1つのモータは一般的に1台のインバータで駆動されるが、モータの容量がインバータの容量よりも大きい場合、例えば、モータの容量が800kWであり1台のインバータの容量が500kWである場合、1台のインバータが所定の指令に従って1つのモータを適正に駆動することが困難である。

[0013] それに対して、容量の大きいモータを駆動する方法として、複数台のインバータの出力を並列接続する並列駆動方式が考えられる。例えば、モータの容量が800kWであり、2台のインバータの容量がそれぞれ500kWである場合、そのモータMTに2台のインバータを並列接続することで、2台のインバータが所定の指令に従ってモータMTを適正に駆動できるようにも考えられる。

[0014] 具体的には、図9に示すように、インバータシステム1は、マスターインバータM及びスレーブインバータSを備える。マスターインバータM及びスレーブインバータSは、モータMTに対して共通接続ノードCNを介して互

いに並列に接続されている。これにより、マスターインバータM及びスレーブインバータSは、互いに協調してモータMTを駆動する。モータMTは、例えば、誘導モータである。

[0015] マスターインバータMは、図9に示すように、外部（例えば、上位のコントローラ）から速度指令 $\omega^*$ を受けるが、この速度指令 $\omega^*$ はモータMT全体に対するものであるため、速度指令 $\omega^*$ に応じた駆動能力をマスターインバータM及びスレーブインバータSのそれぞれに分配する必要がある。このため、インバータシステム1では、マスターインバータMが半二重通信回線30を介してスレーブインバータSに接続され、マスターインバータMがその分配された駆動能力をスレーブインバータSへ知らせることができるように構成する。

[0016] 半二重通信回線30は、複数のノードから送信が行われた場合にコリジョン（データ衝突）が起こり得る通信回線であり、例えば、ハブ33、ハブ33とマスターインバータMとを接続する通信線31、及びハブ33とスレーブインバータSとを接続する通信線32を有する。

[0017] より具体的には、マスターインバータMは、駆動部11、制御部13、通信タイミングカウンタ15、通信部12、及びPWM生成部14を有する。

[0018] 駆動部11は、PWM信号をPWM生成部14から受けて、PWM信号に従ってモータMTを駆動する。駆動部11は、例えば、整流部11a、平滑部11b、及びインバータ主回路11cを有し、外部の電源PSから受けた整流部11aで整流化し平滑部11bで平滑化して直流電力を生成し、直流電力をインバータ主回路11cでPWM信号に従って交流電力に変換する。インバータ主回路11cは、例えば、上アーム11c1のスイッチング素子と下アーム11c2のスイッチング素子とを含む複数のスイッチング素子を有し、PWM信号に従って複数のスイッチング素子をそれぞれ所定のタイミングでオン・オフさせることで、直流電力を交流電力へ変換する。駆動部11は、変換された交流電力をモータMTへ供給することで、モータMTを駆動する。図9では、駆動部11からモータMTへ供給される交流電力のうち

電流成分を出力電流  $I_M$  として示している。

[0019] 制御部 13 は、マスターインバータ M を全体的に制御する。例えば、制御部 13 は、PWM キャリアを生成する際の基準となる PWM キャリア同期信号 SYN を生成して PWM 生成部 14 へ供給する。

[0020] また、制御部 13 は、外部（例えば、上位のコントローラ）から速度指令  $\omega^*$  を受けて、速度指令  $\omega^*$  に応じた制御を行う。例えば、制御部 13 は、演算部 13a 及び変換部 13b を有する。演算部 13a は、速度指令  $\omega^*$  を外部から受け、実速度  $\omega$  を速度センサー 40 から受ける。演算部 13a は、例えば速度指令  $\omega^*$  から実速度  $\omega$  を引いた値をモータ MT 全体に対する駆動能力に対応した総電流指令  $I^*$  に変換し、総電流指令  $I^*$  をマスターインバータ M 用の電流指令  $I_M^*$  とスレーブインバータ S 用の電流指令  $I_S^*$  とに（例えば均等に）分割する。

[0021] 例えば、演算部 13a は、図 2 に示すように、減算器 13a1、係数器 13a2、係数器 13a3、及び係数器 13a4 を有する。減算器 13a1 は、速度指令  $\omega^*$  から実速度  $\omega$  を減算して速度偏差  $\Delta\omega$  を求め、速度偏差  $\Delta\omega$  を係数器 13a2 へ供給する。係数器 13a2 は、速度偏差  $\Delta\omega$  に係数  $K_0$  を乗算して総電流指令  $I^*$  を求め、総電流指令  $I^*$  を係数器 13a3、及び係数器 13a4 へ供給する。係数器 13a3 は、総電流指令  $I^*$  に係数  $K_M$  を乗算してマスターインバータ M 用の電流指令  $I_M^*$  を求める。係数器 13a4 は、総電流指令  $I^*$  に係数  $K_S$  を乗算してスレーブインバータ S 用の電流指令  $I_S^*$  を求める。なお、図 2 は、実施の形態 1 にかかるインバータシステムの構成を示す図であるが、演算部 13a の部分は同様であるため、説明に用いている。

[0022] 演算部 13a は、マスターインバータ M 用の電流指令  $I_M^*$  を変換部 13b へ供給する。変換部 13b は、マスターインバータ M 用の電流指令  $I_M^*$  を第 1 の指令電圧 CV1 に変換して PWM 生成部 14 へ供給する。

[0023] また、制御部 13 は、スレーブインバータ S 用の電流指令  $I_S^*$  を含む送信データを生成して通信部 12 へ供給する。

- [0024] 通信タイミングカウンタ 15 は、所定のクロックに同期して、カウントアップ動作を行う。そのカウント値は、通信タイミングカウンタ 15 がリセットされるまで増加し続ける。通信タイミングカウンタ 15 は、カウント値を通信部 12 へ供給する。
- [0025] 通信部 12 は、カウント値を通信タイミングカウンタ 15 から受け、送信データを制御部 13 から受ける。通信部 12 は、カウント値に応じて送信すべきタイミングになったと判断したら、送信データを半二重通信回線 30 にブロードキャスト送信する。
- [0026] PWM生成部 14 は、PWMキャリア同期信号 S Y N 及び第 1 の指令電圧 C V 1 を制御部 13 から受け、PWMキャリア同期信号 S Y N 及び第 1 の指令電圧 C V 1 を用いて PWM 信号生成する。例えば、PWM生成部 14 は、PWMキャリア生成部 14 a 及び比較部 14 b を有する。PWMキャリア生成部 14 a は、PWMキャリア同期信号 S Y N に応じて、所定の周期を有する第 1 の PWM キャリアを生成する。
- [0027] 比較部 14 b は、第 1 の PWM キャリアを PWM キャリア生成部 14 a から受け、第 1 の指令電圧 C V 1 を制御部 13 から受ける。比較部 14 b は、第 1 の PWM キャリアと第 1 の指令電圧 C V 1 とを比較し、比較結果に応じた PWM 信号を生成してインバータ主回路 11 c へ供給する。これにより、駆動部 11 は、第 1 の PWM キャリアと第 1 の指令電圧 C V 1 とに基づいて生成された PWM 信号を受けて、PWM 信号に従って直流電力を交流電力へ変換してモータ M T へ供給する。すなわち、駆動部 11 は、第 1 の PWM キャリアと第 1 の指令電圧とに基づいて、モータ M T を駆動する。
- [0028] 例えば、図 10 に示すように、比較部 14 b は、第 1 の PWM キャリアが第 1 の指令電圧を超えるタイミングで、上アーム 21 c 1 用の PWM 信号である上アーム O N 信号をオンレベルからオフレベルにし、その直後のタイミングで、下アーム 21 c 2 用の PWM 信号である下アーム O N 信号をオフレベルからオンレベルにする。比較部 14 b は、第 1 の PWM キャリアが第 1 の指令電圧を下回るタイミングで、下アーム O N 信号をオンレベルからオフ

レベルにし、その直後のタイミングで、上アームON信号をオフレベルからオンレベルにする。これに応じて、インバータ主回路11cは、例えば、上アーム21c1のスイッチング素子と下アーム21c2のスイッチング素子とが、それぞれ、PWM信号に従ったスイッチング動作を行い、上アーム出力状態及び下アーム出力状態に示されるように交流電力をモータMTへ供給する。

[0029] 一方、図9に示すスレーブインバータSは、駆動部21、通信タイミングカウンタ25、通信部22、制御部23、及びPWM生成部24を有する。

[0030] 駆動部21は、PWM信号をPWM生成部24から受けて、PWM信号に従ってモータMTを駆動する。駆動部21は、例えば、整流部21a、平滑部21b、及びインバータ主回路21cを有し、外部の電源PSから受けた整流部21aで整流化し平滑部21bで平滑化して直流電力を生成し、直流電力をインバータ主回路21cでPWM信号に従って交流電力に変換する。インバータ主回路21cは、例えば、上アーム21c1のスイッチング素子と下アーム21c2のスイッチング素子とを含む複数のスイッチング素子を有し、PWM信号に従って複数のスイッチング素子をそれぞれ所定のタイミングでオン・オフさせることで、直流電力を交流電力へ変換する。駆動部21は、変換された交流電力をモータMTへ供給することで、モータMTを駆動する。図9では、駆動部21からモータMTへ供給される交流電力のうち電流成分を出力電流 $I_s$ として示している。

[0031] 通信タイミングカウンタ25は、所定のクロックに同期して、カウントアップ動作を行う。そのカウント値は、通信タイミングカウンタ25がリセットされるまで増加し続ける。通信タイミングカウンタ25は、カウント値を通信部22へ供給してもよい。

[0032] 通信部22は、スレーブインバータS用の電流指令 $I_s^*$ を含むデータを半二重通信回線30経由でマスターインバータMから受信する。通信部22は、スレーブインバータS用の電流指令 $I_s^*$ を含むデータを制御部23へ供給する。また、通信部22は、カウント値を通信タイミングカウンタ25から

受けてもよく、カウント値に応じて、所定の送信データを半二重通信回線 30 にブロードキャスト送信してもよい。

[0033] 制御部 23 は、スレーブインバータ S を全体的に制御する。例えば、制御部 23 は、PWM キャリアを生成する際の基準となる PWM キャリア同期信号 SYN を生成して PWM 生成部 24 へ供給する。

[0034] また、制御部 23 は、スレーブインバータ S 用の電流指令  $I^*_s$  を含むデータを通信部 22 から受けて、電流指令  $I^*_s$  に応じた制御を行う。例えば、制御部 23 は、変換部 23b を有する。変換部 23b は、スレーブインバータ S 用の電流指令  $I^*_s$  を第 2 の指令電圧 CV2 に変換して PWM 生成部 24 へ供給する。

[0035] また、制御部 23 は、所定の送信データを生成して通信部 22 へ供給してもよい。

[0036] PWM 生成部 24 は、PWM キャリア同期信号 SYN 及び第 2 の指令電圧 CV2 を制御部 23 から受け、PWM キャリア同期信号 SYN 及び第 2 の指令電圧 CV2 を用いて PWM 信号生成する。例えば、PWM 生成部 24 は、PWM キャリア生成部 24a 及び比較部 24b を有する。PWM キャリア生成部 24a は、PWM キャリア同期信号 SYN に応じて、所定の周期を有する第 2 の PWM キャリアを生成する。

[0037] 比較部 24b は、第 2 の PWM キャリアを PWM キャリア生成部 24a から受け、第 2 の指令電圧 CV2 を制御部 23 から受ける。比較部 24b は、第 2 の PWM キャリアと第 2 の指令電圧 CV2 とを比較し、比較結果に応じた PWM 信号を生成してインバータ主回路 21c へ供給する。これにより、駆動部 21 は、第 2 の PWM キャリアと第 2 の指令電圧とに基づいて生成された PWM 信号を受けて、PWM 信号に従って直流電力を交流電力へ変換してモータ MT へ供給する。すなわち、駆動部 21 は、第 2 の PWM キャリアと第 2 の指令電圧とに基づいて、モータ MT を駆動する。

[0038] 例えば、図 10 に示すように、比較部 24b は、第 2 の PWM キャリアが第 2 の指令電圧を超えるタイミングで、上アーム 21c1 用の PWM 信号で

ある上アームON信号をオンレベルからオフレベルにし、その直後のタイミングで、下アーム21c2用のPWM信号である下アームON信号をオフレベルからオンレベルにする。比較部24bは、第2のPWMキャリアが第2の指令電圧を下回るタイミングで、下アームON信号をオンレベルからオフレベルにし、その直後のタイミングで、上アームON信号をオフレベルからオンレベルにする。これに応じて、インバータ主回路21cは、例えば、上アーム21c1のスイッチング素子と下アーム21c2のスイッチング素子とが、それぞれ、PWM信号に従ったスイッチング動作を行い、上アーム出力状態及び下アーム出力状態に示されるように交流電力をモータMTへ供給する。

[0039] マスターインバータM及びスレーブインバータSが共通接続ノードCNを介して1つのモータMTに並列接続された構成では、マスターインバータM及びスレーブインバータSが共通接続ノードCNを介して互いに接続されているため、マスターインバータM及びスレーブインバータSの間で横流電流が流れる可能性がある。

[0040] 例えば、マスターインバータMからスレーブインバータSへ図9に示すように横流電流 $I_{MS}$ が流れると、マスターインバータMからモータMTへの電力供給が減少するとともにスレーブインバータSからモータMTへの電力供給が阻害されるため、マスターインバータM及びスレーブインバータSが速度指令 $\omega^*$ に従ってモータMTを適正に駆動することが困難になる。

[0041] この横流電流を抑制するために、図12に示すように、インバータシステム1iにおいて、マスターインバータM及びスレーブインバータSとモータMTとの間を、互いに逆巻きの結合リアクトル2i、3iを介して接続することも考えられる。この構成では、マスターインバータM及びスレーブインバータSの間のインピーダンスを上げることで、横流電流の抑制を図っている。

[0042] しかし、マスターインバータM及びスレーブインバータSのそれぞれがモータMTに3相の交流電力を供給する場合、3相の交流電力を接合する結合

リアクトルが大きく高価であるため、インバータシステム 1 i の製造コストが増大しやすい。また、インバータシステム 1 i において、インバータの並列台数を増やすためには、各インバータとモータとの間に非常に複雑な構造の結合リアクトルを設ける必要があり、インバータシステム 1 i の製造コストがさらに増大しやすい。

[0043] そこで、本発明者は、結合リアクトルを用いずに横流電流を抑制できないかについて、図 10 及び図 11 に示すような検討を行った。

[0044] 例えば、図 10 に示すように、マスターインバータ M とスレーブインバータ S との間で、それぞれの素子特性のばらつきにより、出力遅延時間  $T_{dm}$ 、 $T_{ds}$  に差があることが多い。この出力遅延差に加えて、マスターインバータ M で用いる第 1 の PWM キャリアとスレーブインバータ S で用いる第 2 の PWM キャリアとの間で位相ずれ  $\Delta CP$  に応じた時間ずれ  $T_{dc}(\Delta CP)$  が大きいと、マスターインバータ M 及びスレーブインバータ S の間で共通接続ノード CN を介して横流電流が流れる可能性がある。すなわち、図 10 に示す横流誘発期間  $T_{ms}$  において、マスターインバータ M の上アーム 11c1 がオンであると同時にスレーブインバータ S の下アーム 21c1 がオンであるので、図 9 に破線の矢印で示すように、マスターインバータ M から共通接続ノード CN を経由してスレーブインバータ S へ横流電流  $I_{ms}$  が流れやすい。この横流誘発期間  $T_{ms}$  は、下記の数式 1 に示すように、第 1 の PWM キャリアと第 2 の PWM キャリアとの位相ずれ  $\Delta CP$  が大きいほど、長くなる傾向にある。

[0045]  $T_{ms} = T_{dc}(\Delta CP) + T_{ds} - T_{dm} \cdots$  数式 1

[0046] あるいは、例えば、図 11 に示すように、マスターインバータ M とスレーブインバータ S との出力遅延差に加えて、マスターインバータ M で用いる第 1 の指令電圧とスレーブインバータ S で用いる第 2 の指令電圧との間で振幅ずれ  $\Delta CV$  に応じた時間ずれ  $T_{dc}(\Delta CV)$  が大きいと、マスターインバータ M 及びスレーブインバータ S の間で共通接続ノード CN を介して横流電流が流れる可能性がある。すなわち、図 11 に示す横流誘発期間  $T_{ms}$  にお

いて、マスターインバータMの上アーム11c1がオンであると同時にスレーブインバータSの下アーム21c1がオンであるので、図9に破線の矢印で示すように、マスターインバータMから共通接続ノードCNを経由してスレーブインバータSへ横流電流 $I_{MS}$ が流れやすい。この横流誘発期間 $T_{ms}$ は、下記の数式2に示すように、第1の指令電圧と第2の指令電圧との振幅ずれ $\Delta CV$ が大きいほど、長くなる傾向にある。

[0047]  $T_{ms} = T_{dc}(\Delta CV) + T_{ds} - T_{dm} \cdots$  数式2

[0048] すなわち、本発明者は、横流誘発期間 $T_{ms}$ を短くし横流電流 $I_{MS}$ を抑制するために、第1のPWMキャリアと第2のPWMキャリアとの位相ずれ $\Delta CP$ を小さくすることと、第1の指令電圧と第2の指令電圧との振幅ずれ $\Delta CV$ を小さくすることとが必要であることを見出した。

[0049] そこで、本実施の形態では、第1のPWMキャリアの位相と第2のPWMキャリアの位相とを一致させる調整を行うとともに、マスターインバータM'からモータMTへの実出力電流 $I_M$ とスレーブインバータS'からモータMTへの実出力電流 $I_S$ とでバランスがとれるように第1の指令電圧及び第2の指令電圧の少なくとも一方を調整することで、各インバータのスイッチング動作を精度よく同期させ、横流電流を抑制させることを目指す。

[0050] 具体的には、図1に示すように、インバータシステム100は、マスターインバータM'及びスレーブインバータS'を備える。図1は、インバータシステム100の構成を示す図である。以下では、基本の形態と異なる部分を中心に説明する。

[0051] 本実施の形態では、第1のPWMキャリアの位相と第2のPWMキャリアの位相とを一致させるために、通信方式の変更を行っている。

[0052] 基本の形態では、マスターインバータM及びスレーブインバータSが半二重通信回線30を介して接続されているため、マスターインバータM及びスレーブインバータSから送信が行われた場合にコリジョン（データ衝突）が起こる可能性がある。このとき、半二重通信回線30では、例えばハブ33がリピータハブであればコリジョンを検出してデータの再送処理が行われ、

例えばハブ 3 3 がスイッチングハブであればコリジョンの可能性を検出して調停処理が行われる。この再送処理や調整処理が行われると、第 1 の PWM キャリアの位相と第 2 の PWM キャリアの位相とを一致させるためのデータをマスターインバータ M からスレーブインバータ S に送信した際に、マスターインバータ M 側の送信タイミングとスレーブインバータ S 側の受信タイミングとの間にタイムラグが発生し、第 1 の PWM キャリアの位相と第 2 の PWM キャリアの位相とを一致させることが困難になる。

[0053] それに対して、本実施の形態では、マスターインバータ M' の通信部 1 1 2 によるデータの送信とスレーブインバータ S' の通信部 1 2 2 によるデータの送信とを時分割で行う（図 3 参照）。これにより、上記のようなタイムラグの発生を防ぐことができる。このとき、マスターインバータ M' の通信部 1 1 2 によるデータの送信タイミングとスレーブインバータ S' の通信部 1 2 2 によるデータの送信タイミングとの基準となる信号を互いに同期させておくことが必要となる。

[0054] 基本の形態では、マスターインバータ M の通信部 1 2 によるデータの送信タイミングとスレーブインバータ S の通信部 2 2 によるデータの送信タイミングとの基準となる信号が通信タイミングカウンタ 1 5、2 5 のカウント値になっている。仮に、第 1 の PWM キャリアの位相と第 2 の PWM キャリアの位相とを一致させるためには、通信タイミングカウンタ 1 5、2 5 を動作させるための所定のクロックの位相及び周期を一致させる調整を行ってから第 1 の PWM キャリアの位相と第 2 の PWM キャリアの位相とを一致させる調整を行うという 2 段階の調整が必要になる。これにより、インバータシステム 1 において、第 1 の PWM キャリアの位相と第 2 の PWM キャリアの位相とを一致させるための処理時間が増大しやすく、モータ制御のリアルタイム性を確保することが困難である。

[0055] それに対して、本実施の形態では、マスターインバータ M' の通信部 1 1 2 は、PWM 生成部 1 4 から第 1 の PWM キャリアを受け、第 1 の PWM キャリアにおける第 1 の位相（例えば、キャリアの山）に同期して、スレーブ

インバータS'用の電流指令 $I^*_s$ を含む第1のデータを半二重通信回線30にブロードキャスト送信する(図3参照)。これに応じて、スレーブインバータS'の通信部122は、第1のデータを半二重通信回線30経由で受信するとともに、第2のPWMキャリアに同期して、第1のデータの受信タイミングを避けるタイミングで、第2のデータを半二重通信回線30にブロードキャスト送信する。すなわち、スレーブインバータS'の通信部122は、PWM生成部124から調整後の第2のPWMキャリアを受け、第2のPWMキャリアにおける第2の位相(例えば、キャリアの谷)に同期して、第2のデータを半二重通信回線30にブロードキャスト送信する(図3参照)。これにより、半二重通信回線30における第1のデータと第2のデータとのコリジョン(データ衝突)を避けることができ、スレーブインバータS'の通信部122は、マスターインバータM'から送信された第1のデータを半二重通信回線30経由でリアルタイムに受信することができる。

[0056] また、スレーブインバータS'のPWM生成部124は、位相調整部124cをさらに有する。位相調整部124cは、通信部122で受信された第1のデータを制御部123経由でリアルタイムに受け、第1のデータの受信タイミングに応じて、第1のPWMキャリアの位相に一致するように、第2のPWMキャリアの位相を調整する。すなわち、位相調整部124cは、第1のデータがマスターインバータM'側で第1のPWMキャリアにおける第1の位相(例えば、キャリアの山)に同期して送信されたものであることに応じて、第1のデータの受信タイミングにおいて、第2のPWMキャリアの位相が第1の位相(例えば、キャリアの山)になるように調整する。

[0057] 例えば、図3に示す場合、タイミング $t_1$ 近傍において第1のPWMキャリア及び第2のPWMキャリアの間に位相ずれが発生しているが、スレーブインバータS'の位相調整部124cは、第1のデータ「 $I^*_{n+2}$ 」を受信したタイミング $t_2$ において、第2のPWMキャリアの位相を強制的に第1の位相(例えば、キャリアの山)に調整している。これにより、タイミング $t_2$ 以降において、第1のPWMキャリアの位相と第2のPWMキャリアの

位相とを一致させたものとすることができる。

[0058] また、本実施の形態では、マスターインバータM' からモータMTへの実出力電流  $I_M$  とスレーブインバータS' からモータMTへの実出力電流  $I_S$  とでバランスがとれるように第1の指令電圧及び第2の指令電圧の少なくとも一方を調整するために、以下の工夫を行っている。

[0059] スレーブインバータS' は電流センサー126をさらに有する。電流センサー126は、スレーブインバータS' からモータMTへの実出力電流  $I_S$  を検出して制御部123へ供給する。制御部123は、スレーブインバータS' からモータMTへの実出力電流  $I_S$  を含む第2のデータを生成して通信部122へ供給する。通信部122は、第2のPWMキャリアにおける第2の位相（例えば、キャリアの谷）に同期して、第2のデータを半二重通信回線30にブロードキャスト送信する（図3参照）。

[0060] マスターインバータM' は電流センサー116をさらに有し、マスターインバータM' の制御部113は振幅調整部113cをさらに有する。電流センサー116は、マスターインバータM' からモータMTへの実出力電流  $I_M$  を検出して制御部113へ供給する。振幅調整部113cは、実出力電流  $I_M$  を電流センサー116から受ける。また、振幅調整部113cは、第2のデータが通信部112により受信された際に、第2のデータを通信部112から受ける。振幅調整部113cは、第2のデータに応じて、スレーブインバータS' からモータMTへの実出力電流  $I_S$  を認識する。そして、振幅調整部113cは、マスターインバータM' からモータMTへの実出力電流  $I_M$  とスレーブインバータS' からモータMTへの実出力電流  $I_S$  とでバランスがとれるように第1の指令電圧CV1を調整する。

[0061] 例えば、振幅調整部113cは、変換部13bにより変換された場合に第1の指令電圧CV1になるべき電流指令  $I^*_M$  を演算部13aから受ける。振幅調整部113cは、実出力電流  $I_M$  と実出力電流  $I_S$  とに応じて、マスターインバータM' からモータMTへの実出力電圧の振幅とスレーブインバータS' からモータMTへの実出力電圧の振幅とが互いに均等になるように、電

流指令  $I_M^*$  を調整して変換部 13b へ供給する。変換部 13b は、調整後の電流指令  $I_M^{*'}$  を振幅調整部 113c から受けて、調整後の電流指令  $I_M^{*'}$  を第 1 の指令電圧  $CV1'$  に変換して PWM 生成部 14 へ供給する。すなわち、振幅調整部 113c は、第 1 の指令電圧  $CV1$  に対応した電流指令  $I_M^*$  を調整することで、間接的に第 1 の指令電圧  $CV1$  を調整して調整後の第 1 の指令電圧  $CV1'$  を生成する。

[0062] 例えば、振幅調整部 113c は、図 2 に示すように、減算器 113c1、係数器 113c2、加算器 113c3、係数器 113c4、減算器 113c5、係数器 113c6、補正計算部 113c7、及び加算器 113c8 を有する。減算器 113c1 は、電流指令  $I_M^*$  から実出力電流  $I_M$  を減算して電流偏差  $\Delta I_M$  を求め、電流偏差  $\Delta I_M$  を係数器 113c2 へ供給する。係数器 113c2 は、電流偏差  $\Delta I_M$  に係数  $K_1$  を乗算して  $K_1 \Delta I_M$  を補正計算部 113c7 へ供給する。加算器 113c3 は、実出力電流  $I_s$  に実出力電流  $I_M$  を加算して実出力電流  $(I_M + I_s)$  を係数器 113c4 へ供給する。係数器 113c4 は、実出力電流  $(I_M + I_s)$  に係数  $K_2$  を乗算して  $K_2 (I_M + I_s)$  を減算器 113c5 へ供給する。減算器 113c5 は、 $K_2 (I_M + I_s)$  から実出力電流  $I_M$  を減算して  $((K_2 - 1) I_M + K_2 I_s)$  を係数器 113c6 へ供給する。係数器 113c6 は、 $((K_2 - 1) I_M + K_2 I_s)$  に係数  $K_3$  を乗算して  $K_3 ((K_2 - 1) I_M + K_2 I_s)$  を補正計算部 113c7 へ供給する。補正計算部 113c7 は、 $K_1 \Delta I_M$  と  $K_3 ((K_2 - 1) I_M + K_2 I_s)$  とに応じて、振幅ずれをキャンセルするような補正量  $\Delta C I_M$  を求め、補正量  $\Delta C I_M$  を加算器 113c8 へ供給する。加算器 113c8 は、電流指令  $I_M^*$  に補正量  $\Delta C I_M$  を加算して、調整された電流指令  $I_M^{*'} (= I_M^* + \Delta C I_M)$  を求める。

[0063] また、マスターインバータ  $M'$  の制御部 113 は、スレーブインバータ  $S'$  用の電流指令  $I_s^*$  に加えて、マスターインバータ  $M'$  からモータ  $MT$  への実出力電流  $I_M$  を含むように、第 1 のデータを生成して通信部 112 へ供給する。通信部 112 は、第 1 の PWM キャリアにおける第 1 の位相（例えば、

キャリアの山)に同期して、第1のデータを半二重通信回線30にブロードキャスト送信する(図3参照)。

[0064] スレーブインバータS'の制御部123は振幅調整部123cをさらに有する。電流センサー126は、スレーブインバータS'からモータMTへの実出力電流 $I_s$ を検出して制御部123へ供給する。振幅調整部123cは、実出力電流 $I_s$ を電流センサー126から受ける。また、振幅調整部123cは、第1のデータが通信部122により受信された際に、第1のデータを通信部122から受ける。振幅調整部123cは、第1のデータに応じて、マスターインバータM'からモータMTへの実出力電流 $I_m$ を認識する。そして、振幅調整部123cは、マスターインバータM'からモータMTへの実出力電流 $I_m$ とスレーブインバータS'からモータMTへの実出力電流 $I_s$ とでバランスがとれるように第2の指令電圧CV2を調整する。

[0065] 例えば、振幅調整部123cは、変換部23bにより変換された場合に第2の指令電圧CV2になるべき電流指令 $I_s^*$ を演算部13aから受ける。振幅調整部123cは、実出力電流 $I_m$ と実出力電流 $I_s$ とに応じて、マスターインバータM'からモータMTへの実出力電圧の振幅とスレーブインバータS'からモータMTへの実出力電圧の振幅とが互いに均等になるように、電流指令 $I_s^*$ を調整して変換部23bへ供給する。変換部23bは、調整後の電流指令 $I_s^{*'}$ を振幅調整部123cから受けて、調整後の電流指令 $I_s^{*'}$ を第2の指令電圧CV2'に変換してPWM生成部124へ供給する。すなわち、振幅調整部123cは、第2の指令電圧CV2に対応した電流指令 $I_s^*$ を調整することで、間接的に第2の指令電圧CV2を調整して調整後の第2の指令電圧CV2'を生成する。

[0066] 例えば、振幅調整部123cは、図2に示すように、減算器123c1、係数器123c2、加算器123c3、係数器123c4、減算器123c5、係数器123c6、補正計算部123c7、及び加算器123c8を有する。減算器123c1は、電流指令 $I_s^*$ から実出力電流 $I_s$ を減算して電流偏差 $\Delta I_s$ を求め、電流偏差 $\Delta I_s$ を係数器123c2へ供給する。係数器1

23c2は、電流偏差 $\Delta I_M$ に係数 $K_1$ を乗算して $K_1 \Delta I_S$ を補正計算部123c7へ供給する。加算器123c3は、実出力電流 $I_M$ に実出力電流 $I_S$ を加算して実出力電流 $(I_M + I_S)$ を係数器123c4へ供給する。係数器123c4は、実出力電流 $(I_M + I_S)$ に係数 $K_2$ を乗算して $K_2 (I_M + I_S)$ を減算器123c5へ供給する。減算器123c5は、 $K_2 (I_M + I_S)$ から実出力電流 $I_S$ を減算して $(K_2 I_M + (K_2 - 1) I_S)$ を係数器123c6へ供給する。係数器123c6は、 $(K_2 I_M + (K_2 - 1) I_S)$ に係数 $K_3$ を乗算して $K_3 (K_2 I_M + (K_2 - 1) I_S)$ を補正計算部123c7へ供給する。補正計算部123c7は、 $K_1 \Delta I_S$ と $K_3 (K_2 I_M + (K_2 - 1) I_S)$ とに応じて、振幅ずれをキャンセルするような補正量 $\Delta C I_S$ を求め、補正量 $\Delta C I_S$ を加算器123c8へ供給する。加算器123c8は、電流指令 $I^*_S$ に補正量 $\Delta C I_S$ を加算して、調整された電流指令 $I^{*'}_S (= I^*_S + \Delta C I_S)$ を求める。

[0067] 次に、インバータシステム100の動作について図4を用いて説明する。

図4は、インバータシステム100の動作を示すフローチャートである。

[0068] マスターインバータ $M'$ は、第1のPWMキャリアの位相が第1の位相（例えば、キャリアの山）になるまで待機し（ステップS1で「N」）、第1のPWMキャリアの位相が第1の位相（例えば、キャリアの山）になったら（ステップS1で「Y」）、第1の指令電圧を更新し（ステップS2）、出力電流をサンプリングし（ステップS3）、指令電流を計算し（ステップS4）、スレーブインバータ $S'$ 用の電流指令 $I^*_S$ とマスターインバータ $M'$ からモータMTへの実出力電流 $I_M$ とを含む第1のデータを半二重通信回線30にブロードキャスト送信する（ステップS5）。その後、マスターインバータ $M'$ は、第2のデータを受信するまで待機する（ステップS6で「N」）。

[0069] 一方、スレーブインバータ $S'$ は、第2のPWMキャリアの位相が第1の位相（例えば、キャリアの山）になるまで待機し（ステップS11で「N」）、第2のPWMキャリアの位相が第1の位相（例えば、キャリアの山）に

なったら（ステップS 1 1で「Y」）、第2の指令電圧を更新し（ステップS 1 2）、出力電流をサンプリングし（ステップS 1 3）、第1のデータを受信するまで待機する（ステップS 1 4で「N」）。

[0070] スレーブインバータS' は、第1のデータを受信したら（ステップS 1 4で「Y」）、第2のPWMキャリアの位相が第1の位相（例えば、キャリアの山）になるように調整するとともに、第1のデータから、スレーブインバータS' 用の電流指令 $I_s^*$ とマスターインバータM' からモータMTへの実出力電流 $I_m$ とを読み出す（ステップS 1 5）。

[0071] そして、スレーブインバータS' は、第2のPWMキャリアの位相が第2の位相（例えば、キャリアの谷）になるまで待機し（ステップS 1 6で「N」）、第2のPWMキャリアの位相が第2の位相（例えば、キャリアの谷）になったら（ステップS 1 6で「Y」）、スレーブインバータS' からモータMTへの実出力電流 $I_s$ を含む第2のデータを半二重通信回線30にブロードキャスト送信する（ステップS 1 8）。その後、スレーブインバータS' は、ステップS 1 5で読み出されたスレーブインバータS' 用の電流指令 $I_s^*$ とマスターインバータM' からモータMTへの実出力電流 $I_m$ とに応じて、マスターインバータM' からモータMTへの実出力電流 $I_m$ とスレーブインバータS' からモータMTへの実出力電流 $I_s$ とでバランスがとれるように第2の指令電圧を調整するための電流補正量を計算し（ステップS 1 9）、その電流補正量で指令電流を補正し第2の指令電圧に変換し、次回のステップS 1 2で更新されるようにする（ステップS 2 0）。

[0072] 一方、マスターインバータM' は、第2のデータを受信したら（ステップS 6で「Y」）、第2のデータから、スレーブインバータS' からモータMTへの実出力電流 $I_s$ を読み出す（ステップS 8）。その後、マスターインバータM' は、スレーブインバータS' からモータMTへの実出力電流 $I_s$ に応じて、マスターインバータM' からモータMTへの実出力電流 $I_m$ とスレーブインバータS' からモータMTへの実出力電流 $I_s$ とでバランスがとれるように第1の指令電圧を調整するための電流補正量を計算し（ステップS 9）、

その電流補正量で指令電流を補正し第1の指令電圧に変換し、次のステップS2で更新されるようにする（ステップS10）。

[0073] 以上のように、実施の形態1では、マスターインバータM'の通信部112が、第1のPWMキャリアに同期して、電流指令を含む第1のデータを半二重通信回線30にブロードキャスト送信し、スレーブインバータS'の通信部122が、第1のデータを半二重通信回線30経由で受信する。スレーブインバータS'の位相調整部124cは、第1のデータの受信タイミングに応じて、第1のPWMキャリアの位相に一致するように、第2のPWMキャリアの位相を調整する。これにより、第1のPWMキャリアと第2のPWMキャリアとの間の位相ずれを低減できる。また、スレーブインバータS'の通信部122は、第2のPWMキャリアに同期して、第1のデータの受信タイミングを避けるタイミングで、スレーブインバータからモータへの実出力電流を含む第2のデータを半二重通信回線30にブロードキャスト送信する。マスターインバータM'の振幅調整部113cは、第2のデータが通信部112により受信された際に、受信された第2のデータに応じて、マスターインバータからモータへの実出力電流とスレーブインバータからモータへの実出力電流とでバランスがとれるように、第1の指令電圧の振幅を調整する。これにより、第1の指令電圧と第2の指令電圧との間の振幅ずれを低減できる。すなわち、第1のPWMキャリアと第2のPWMキャリアとの間の位相ずれを低減できるとともに、第1の指令電圧と第2の指令電圧との間の振幅ずれを低減できるので、マスターインバータM'及びスレーブインバータS'のそれぞれのインバータ主回路におけるスイッチング動作を精度よく同期させることができ、横流誘発期間 $T_{ms}$ （図10、図11参照）の長さを低減でき（例えば、極めて小さく抑制でき）、結合リアクトルを用いることなくマスターインバータM'及びスレーブインバータS'の間における横流電流を抑制できる。

[0074] また、実施の形態1では、マスターインバータM'の通信部112が、第1のPWMキャリアにおける第1の位相（例えば、キャリアの山）に同期し

て、第1のデータを半二重通信回線30にブロードキャスト送信する。スレーブインバータS'の位相調整部124cは、第1のデータの受信タイミングに応じて、第2のPWMキャリアの位相が第1の位相（例えば、キャリアの山）になるように、第2のPWMキャリアの位相を調整する。これにより、第1のPWMキャリアの位相に一致するように、第2のPWMキャリアの位相を調整することができる。

[0075] また、実施の形態1では、マスターインバータM'の振幅調整部113cが、通信部112で受信された第2のデータに応じて、マスターインバータからモータへの実出力電圧の振幅とスレーブインバータからモータへの実出力電圧の振幅とが互いに均等になるように、第1の指令電圧の振幅を調整する。これにより、マスターインバータからモータへの実出力電流とスレーブインバータからモータへの実出力電流とでバランスがとれるように、第1の指令電圧の振幅を調整することができる。

[0076] また、実施の形態1では、マスターインバータM'の通信部112が、マスターインバータからモータへの実出力電流を第1のデータに含めてブロードキャスト送信し、スレーブインバータS'の振幅調整部123cは、第1のデータが通信部122により受信された際に、受信された第1のデータに応じて、マスターインバータからモータへの実出力電流とスレーブインバータからモータへの実出力電流とでバランスがとれるように、第2の指令電圧の振幅を調整する。これにより、第1の指令電圧と第2の指令電圧との間の振幅ずれをさらに低減できる。

[0077] また、実施の形態1では、マスターインバータM'の通信部112による第1のデータの送信とスレーブインバータS'の通信部122による第2のデータの送信とが、第1のPWMキャリア及び第2のPWMキャリアの半周期毎に交互に行われる。これにより、マスターインバータM'の通信部112が、第1のPWMキャリアに同期して、スレーブインバータS'の通信部122の送信タイミングを避けるタイミングで、第1のデータを送信でき、スレーブインバータS'の通信部122が、第2のPWMキャリアに同期し

て、マスターインバータM'の通信部112の送信タイミングを避けるタイミングで、第2のデータを送信できる。すなわち、マスターインバータM'の通信部112による第1のデータの送信とスレーブインバータS'の通信部122による第2のデータの送信とを時分割で行うことができる。

[0078] また、実施の形態1では、マスターインバータM'の通信部112が、第1のPWMキャリアの第1の位相（例えば、キャリアの山）に同期して、第1のデータを送信し、スレーブインバータS'の通信部122が、第2のPWMキャリアの第2の位相（例えば、キャリアの谷）に同期して、第2のデータを送信する。これにより、マスターインバータM'の通信部112による第1のデータの送信とスレーブインバータS'の通信部122による第2のデータの送信とを時分割で行うことができ、半二重通信回線30における第1のデータと第2のデータとのコリジョン（データ衝突）を避けることができ、第1のデータをマスターインバータM'からスレーブインバータS'に送信した際に、マスターインバータM'側の送信タイミングとスレーブインバータS'側の受信タイミングとの間のタイムラグの発生を防ぐことができる。すなわち、スレーブインバータS'は、マスターインバータM'から送信された第1のデータを半二重通信回線30経由でリアルタイムに受信することができるので、第1のPWMキャリアの位相と第2のPWMキャリアの位相とを一致させることができる。

[0079] 実施の形態2.

次に、実施の形態2にかかるインバータシステム200について説明する。以下では、実施の形態1と異なる部分を中心に説明する。

[0080] 実施の形態1では、モータMに対して共通接続ノードCNを介してマスターインバータM'と並列に接続されたスレーブインバータS'が1台の場合を説明しているが、実施の形態2では、モータMに対して共通接続ノードCNを介してマスターインバータM'と並列に接続されたスレーブインバータS'-1～S'-3が複数台である場合について説明する。

[0081] 例えば、インバータシステム200では、図5に示すように、モータMに

対して共通接続ノードCNを介してマスターインバータM' と並列に複数台（例えば3台）のスレーブインバータS' - 1 ~ S' - 3が接続されている。これに応じて、マスターインバータM' の演算部13a（図1参照）は、例えば、マスターインバータM' 及びスレーブインバータS' - 1 ~ S' - 3を合わせた台数（例えば4台）で総電流指令I\*を除して、総電流指令I\*をマスターインバータM' 用の電流指令I\*\_Mと各スレーブインバータS' - 1 ~ S' - 3用の電流指令I\*\_sとに分割する。そして、マスターインバータM' の制御部113は、各スレーブインバータS' - 1 ~ S' - 3に送信すべき第1のデータに、スレーブインバータS' - 1 ~ S' - 3の識別子と電流指令I\*\_sとを複数台のスレーブインバータS' - 1 ~ S' - 3について対応付けた情報を含め、マスターインバータM' からモータMTへの実出力電流I\_Mも含める。

[0082] また、半二重通信回線230は、ハブ33と3台のスレーブインバータS' - 1 ~ S' - 3とを接続する3つの通信線32-1 ~ 32-3を有する。このとき、マスターインバータM' の通信部112が、第1のPWMキャリアの第1の位相（例えば、キャリアの山）に同期して、第1のデータを半二重通信回線230にブロードキャスト送信する点は、実施の形態1と同様である（図6参照）。これにより、各スレーブインバータS' - 1 ~ S' - 3の位相調整部124cは、第1のデータを同時に受信でき、第1のデータの受信タイミングに応じて、第1のPWMキャリアの位相に合うように第2のPWMキャリアの位相を同時に調整できる。

[0083] また、スレーブインバータS' - 1 ~ S' - 3の通信部122が、第2のPWMキャリアの第2の位相（例えば、キャリアの谷）に同期して、第2のデータを半二重通信回線230にブロードキャスト送信する点も、実施の形態1と同様である（図6参照）が、複数台のスレーブインバータS' - 1 ~ S' - 3が同時に送信するとコリジョンが発生する可能性があるため、複数台のスレーブインバータS' - 1 ~ S' - 3のいずれかに送信権を割り当てる必要がある。

[0084] そこで、マスターインバータM'の制御部113は、複数台のスレーブインバータS' - 1 ~ S' - 3のいずれかに送信権を割り当て、その送信権を指定する情報を第1のデータにさらに含めて通信部112へ供給する。そして、通信部112は、スレーブインバータS' - 1 ~ S' - 3の識別子と電流指令 $I^*_s$ とを複数台のスレーブインバータS' - 1 ~ S' - 3について対応付けた情報と、マスターインバータM'からモータMTへの実出力電流 $I_M$ と、送信権を指定する情報とを含む第1のデータを、第1のPWMキャリアの第1の位相に同期して、半二重通信回線230にブロードキャスト送信する。これにより、第1のデータを受信した各スレーブインバータS' - 1 ~ S' - 3は、自インバータに送信権があるか否かを判断できる。

[0085] 例えば、図6に示す場合、タイミングt11で、マスターインバータM'が、スレーブインバータS' - 1に送信権を指定する第1のデータ「 $I^*_n$ 」をブロードキャスト送信すると、タイミングt12で、スレーブインバータS' - 1が、スレーブインバータS' - 1からモータMTへの実出力電流 $I_s$ を含む第2のデータ「 $I_{s1n-2}$ 」をブロードキャスト送信する。タイミングt13で、マスターインバータM'が、スレーブインバータS' - 2に送信権を指定する第1のデータ「 $I^*_{n+1}$ 」をブロードキャスト送信すると、タイミングt14で、スレーブインバータS' - 2が、スレーブインバータS' - 2からモータMTへの実出力電流 $I_s$ を含む第2のデータ「 $I_{s2n-1}$ 」をブロードキャスト送信する。タイミングt15で、マスターインバータM'が、スレーブインバータS' - 3に送信権を指定する第1のデータ「 $I^*_{n+2}$ 」をブロードキャスト送信すると、タイミングt16で、スレーブインバータS' - 3が、スレーブインバータS' - 3からモータMTへの実出力電流 $I_s$ を含む第2のデータ「 $I_{s3n}$ 」をブロードキャスト送信する。タイミングt17で、マスターインバータM'が、再び、スレーブインバータS' - 1に送信権を指定する第1のデータ「 $I^*_n$ 」をブロードキャスト送信する。

[0086] このように、複数のスレーブインバータS' - 1 ~ S' - 3の通信部12

2による第2のデータの送信は、第2のPWMキャリアの複数の周期（図6に示す場合、3周期）に跨ってラウンドロビンのに行われる。

[0087] このとき、例えば、マスターインバータM'の振幅調整部113cは、スレーブインバータS' - 1の第2のデータが通信部112により受信された際に、その第2のデータに応じて、スレーブインバータS' - 1からモータMTへの実出力電流 $I_s$ を認識するとともに、前回認識されたスレーブインバータS' - 2からモータMTへの実出力電流 $I_s$ やスレーブインバータS' - 3からモータMTへの実出力電流 $I_s$ を保持している。そして、振幅調整部113cは、マスターインバータM'からモータMTへの実出力電流 $I_m$ と各スレーブインバータS' - 1～S' - 3からモータMTへの実出力電流 $I_s$ とでバランスがとれるように第1の指令電圧CV1を調整する。

[0088] また、例えば、スレーブインバータS' - 2の振幅調整部123cは、他のスレーブインバータS' - 1の第2のデータが通信部122により受信された際に、その第2のデータに応じて、スレーブインバータS' - 1からモータMTへの実出力電流 $I_s$ を認識するとともに、前回認識されたマスターインバータM'からモータMTへの実出力電流 $I_m$ やスレーブインバータS' - 3からモータMTへの実出力電流 $I_s$ を保持している。そして、振幅調整部123cは、マスターインバータM'からモータMTへの実出力電流 $I_m$ と各スレーブインバータS' - 1～S' - 3からモータMTへの実出力電流 $I_s$ とでバランスがとれるように第2の指令電圧CV2を調整する。

[0089] また、インバータシステム200の動作が、図7に示すように、次の点で実施の形態1と異なる。

[0090] 各スレーブインバータS' - 1～S' - 3は、第2のPWMキャリアの位相が第2の位相（例えば、キャリアの谷）になるまで待機し（ステップS16-1～S16-3で「N」）、第2のPWMキャリアの位相が第2の位相（例えば、キャリアの谷）になったら（ステップS16-1～S16-3で「Y」）、直前に受信した第1のデータに応じて自インバータに送信権があるか否かを判断し、自インバータに送信権がある場合（ステップS217-

1～S 2 1 7－3で「Y」)、第2のデータを半二重通信回線2 3 0にブロードキャスト送信する(ステップS 1 8－1～S 1 8－3)。各スレーブインバータS'－1～S'－3は、自インバータに送信権がない場合(ステップS 2 1 7－1～S 2 1 7－3で「N」)、第2のデータを受信するまで待機し(ステップS 2 2 1－1～S 2 2 1－3で「N」)、第2のデータを受信したら(ステップS 2 2 1－1～S 2 2 1－3で「Y」)、第2のデータから、送信元のスレーブインバータS'－1～S'－3からモータMTへの実出力電流 $I_s$ を読み出す(ステップS 2 2 2－1～S 2 2 2－3)。そして、各スレーブインバータS'－1～S'－3は、ステップS 1 5で読み出されたスレーブインバータS'用の電流指令 $I^*_s$ と、ステップS 2 2 2－1～S 2 2 2－3で読み出された他のスレーブインバータS'－1～S'－3からモータMTへの実出力電流 $I_s$ と、マスターインバータM'からモータMTへの実出力電流 $I_m$ とに応じて、マスターインバータM'からモータMTへの実出力電流 $I_m$ と各スレーブインバータS'－1～S'－3からモータMTへの実出力電流 $I_s$ とでバランスがとれるように第2の指令電圧を調整するための電流補正量を計算する(ステップS 2 1 9－1～S 2 1 9－3)。

[0091] 一方、マスターインバータM'は、第2のデータを受信したら(ステップS 6で「Y」)、次に送信すべきスレーブインバータS'－1～S'－3の識別子(ID)を確認して、その識別子(ID)を送信権を指定する情報に設定する(ステップS 2 0 7)。

[0092] 以上のように、実施の形態2では、マスターインバータM'の通信部1 1 2が、第1のPWMキャリアに同期して、電流指令を含む第1のデータを半二重通信回線2 3 0にブロードキャスト送信し、各スレーブインバータS'－1～S'－3の通信部1 2 2が、第1のデータを半二重通信回線2 3 0経由で受信する。各スレーブインバータS'－1～S'－3の位相調整部1 2 4 cは、第1のデータの受信タイミングに応じて、第1のPWMキャリアの位相に一致するように、第2のPWMキャリアの位相を同時に調整する。これにより、スレーブインバータの台数が複数である場合に、第1のPWMキ

キャリアと複数の第2のPWMキャリアとの間の位相ずれを同時に低減できる。

[0093] また、実施の形態2では、スレーブインバータ $S' - 1 \sim S' - 3$ の通信部122が、第2のPWMキャリアに同期して、第1のデータの受信タイミングを避けるタイミングで、スレーブインバータからモータへの実出力電流を含む第2のデータを半二重通信回線230にブロードキャスト送信する。マスターインバータ $M'$ の振幅調整部113cは、第2のデータが通信部112により受信された際に、受信された第2のデータに応じて、マスターインバータからモータへの実出力電流と各スレーブインバータからモータへの実出力電流とでバランスがとれるように、第1の指令電圧の振幅を調整する。これにより、スレーブインバータの台数が複数である場合に、第1の指令電圧と第2の指令電圧との間の振幅ずれを低減できる。

[0094] また、実施の形態2では、スレーブインバータ $S' - 1 \sim S' - 3$ の通信部122が、他のスレーブインバータ $S' - 1 \sim S' - 3$ から第2のデータを半二重通信回線230経由で受信する。スレーブインバータ $S' - 1 \sim S' - 3$ の振幅調整部123cは、第1のデータと、他のスレーブインバータ $S' - 1 \sim S' - 3$ の第2のデータとに応じて、マスターインバータからモータへの実出力電流と各スレーブインバータからモータへの実出力電流とでバランスがとれるように、第2の指令電圧の振幅を調整する。これにより、スレーブインバータの台数が複数である場合に、第1の指令電圧と第2の指令電圧との間の振幅ずれを低減できる。

[0095] また、実施の形態2では、スレーブインバータの台数が複数である場合に、第1のPWMキャリアと複数の第2のPWMキャリアとの間の位相ずれを同時に低減でき、第1の指令電圧と第2の指令電圧との間の振幅ずれを低減できる。これにより、スレーブインバータの台数が複数である場合に、マスターインバータ $M'$ 及び複数のスレーブインバータ $S' - 1 \sim S' - 3$ の間における横流電流を抑制できる。

[0096] また、実施の形態2では、複数のスレーブインバータ $S' - 1 \sim S' - 3$

の通信部 1 2 2 による第 2 のデータの送信が、第 2 の PWM キャリアの複数の周期に跨ってラウンドロビンの行われる。これにより、スレーブインバータの台数が複数である場合に、複数のスレーブインバータ  $S' - 1 \sim S' - 3$  の通信部 1 2 2 による第 2 のデータの送信を時分割で行うことができ、半二重通信回線 2 3 0 における複数の第 2 のデータのコリジョン（データ衝突）を避けることができる。すなわち、スレーブインバータ  $S' - 1 \sim S' - 3$  は、他のスレーブインバータ  $S' - 1 \sim S' - 3$  から送信された第 2 のデータを半二重通信回線 2 3 0 経由でリアルタイムに受信することができるので、第 1 の指令電圧と第 2 の指令電圧との間の振幅ずれをほぼリアルタイムに低減できる。

[0097] 実施の形態 3.

次に、実施の形態 3 にかかるインバータシステムについて説明する。以下では、実施の形態 2 と異なる部分を中心に説明する。

[0098] 実施の形態 2 では、マスターインバータ  $M'$  の通信部 1 1 2 による第 1 のデータの送信とスレーブインバータ  $S' - 1 \sim S' - 3$  の通信部 1 2 2 による第 2 のデータの送信とが第 1 の PWM キャリア及び第 2 の PWM キャリアの半周期毎に交互に行うことを維持しながら、複数のスレーブインバータ  $S' - 1 \sim S' - 3$  の通信部 1 2 2 による第 2 のデータの送信が、第 2 の PWM キャリアの複数の周期に跨ってラウンドロビンの行われる。

[0099] それに対して、実施の形態 3 では、マスターインバータ  $M'$  の通信部 1 1 2 による第 1 のデータの送信と複数のスレーブインバータ  $S'$  の通信部 1 2 2 による第 2 のデータの送信とが、第 1 の PWM キャリア及び第 2 の PWM キャリアの半周期単位でラウンドロビンの行われる。

[0100] 例えば、図 8 に示す場合、タイミング  $t_{21}$  で、マスターインバータ  $M'$  が、スレーブインバータ  $S' - 1$  に送信権を指定する第 1 のデータ「 $I * n$ 」をブロードキャスト送信すると、タイミング  $t_{22}$  で、スレーブインバータ  $S' - 1$  が、スレーブインバータ  $S' - 1$  からモータ  $MT$  への実出力電流  $I_s$  とスレーブインバータ  $S' - 2$  に送信権を指定する情報とを含む第 2 のデー

タ「 $I_{s1n-2}$ 」をブロードキャスト送信する。タイミング $t_{23}$ で、スレーブインバータ $S'-2$ が、スレーブインバータ $S'-2$ からモータMTへの実出力電流 $I_s$ とスレーブインバータ $S'-3$ に送信権を指定する情報と含む第2のデータ「 $I_{s2n-1}$ 」をブロードキャスト送信する。タイミング $t_{24}$ で、スレーブインバータ $S'-3$ が、スレーブインバータ $S'-3$ からモータMTへの実出力電流 $I_s$ とマスターインバータ $M'$ に送信権を指定する情報とを含む第2のデータ「 $I_{s3n-1}$ 」をブロードキャスト送信する。

- [0101] このように、実施の形態3では、マスターインバータ $M'$ の通信部112による第1のデータの送信と複数のスレーブインバータ $S'-1 \sim S'-3$ の通信部122による第2のデータの送信とは、第1のPWMキャリア及び第2のPWMキャリアの第1の位相及び第2の位相に交互に同期して、ラウンドロビンの行われる。このとき、ラウンドロビンの一巡する周期を、実施の形態2の場合（例えば、図6の場合、3周期）よりも短く（例えば、図8の場合、2周期に）できるので、各インバータが全てのインバータの実出力電流を取得するまでの期間を短縮でき、第1の指令電圧と第2の指令電圧との間の振幅ずれをほぼリアルタイムに低減できる。

### 産業上の利用可能性

- [0102] 以上のように、本発明にかかるインバータシステム及び通信方法は、モータの駆動に有用である。

### 符号の説明

- [0103] 1 インバータシステム  
11 駆動部  
12 通信部  
13 制御部  
13a 演算部  
13b 変換部  
14 PWM生成部

- 1 4 a PWMキャリア生成部
- 1 4 b 比較部
- 1 5 通信タイミングカウンタ
- 2 1 駆動部
- 2 2 通信部
- 2 3 制御部
- 2 3 b 変換部
- 2 4 PWM生成部
- 2 4 a PWMキャリア生成部
- 2 4 b 比較部
- 2 5 通信タイミングカウンタ
- 3 0 半二重通信回線
- 4 0 速度センサー
- 1 0 0 インバータシステム
- 1 1 2 通信部
- 1 1 3 制御部
- 1 1 3 c 振幅調整部
- 1 1 6 電流センサー
- 1 2 2 通信部
- 1 2 3 制御部
- 1 2 3 c 振幅調整部
- 1 2 4 PWM生成部
- 1 2 4 c 位相調整部
- 1 2 6 電流センサー
- 2 0 0 インバータシステム
- 2 3 0 半二重通信回線

## 請求の範囲

### [請求項1]

モータに接続されたマスターインバータと、  
半二重通信回線を介して前記マスターインバータに接続されるとともに、前記モータに対して共通接続ノードを介して前記マスターインバータと並列にそれぞれ接続された1以上のスレーブインバータと、  
を備え、  
前記マスターインバータは、  
第1のPWMキャリアと第1の指令電圧とに基づいて、前記モータを駆動する駆動部と、  
前記第1のPWMキャリアに同期して、電流指令を含む第1のデータを前記半二重通信回線にブロードキャスト送信する通信部と、  
を有し、  
前記1以上のスレーブインバータのそれぞれは、  
第2のPWMキャリアと第2の指令電圧とに基づいて、前記モータを駆動する駆動部と、  
前記第1のデータを前記半二重通信回線経由で受信するとともに、前記第2のPWMキャリアに同期して、前記第1のデータの受信タイミングを避けるタイミングで、前記スレーブインバータから前記モータへの実出力電流を含む第2のデータを前記半二重通信回線にブロードキャスト送信する通信部と、  
前記第1のデータの受信タイミングに応じて、前記第1のPWMキャリアの位相に一致するように、前記第2のPWMキャリアの位相を調整する位相調整部と、  
を有し、  
前記マスターインバータは、  
前記第2のデータが前記通信部により受信された際に、受信された第2のデータに応じて、前記マスターインバータから前記モータへの実出力電流と前記1以上のスレーブインバータのそれぞれから前記モ

ータへの実出力電流とでバランスがとれるように、前記第 1 の指令電圧の振幅を調整する振幅調整部をさらに有する

ことを特徴とするインバータシステム。

[請求項2]

前記マスターインバータの通信部は、前記第 1 の PWM キャリアにおける第 1 の位相に同期して、前記第 1 のデータを前記半二重通信回線にブロードキャスト送信し、

前記 1 以上のスレーブインバータのそれぞれの位相調整部は、前記第 1 のデータの受信タイミングに応じて、前記第 2 の PWM キャリアの位相が前記第 1 の位相になるように、前記第 2 の PWM キャリアの位相を調整し、

前記マスターインバータの振幅調整部は、前記受信された前記第 2 のデータに応じて、前記マスターインバータから前記モータへの実出力電圧の振幅と前記 1 以上のスレーブインバータのそれぞれから前記モータへの実出力電圧の振幅とが互いに均等になるように、前記第 1 の指令電圧の振幅を調整する

ことを特徴とする請求項 1 に記載のインバータシステム。

[請求項3]

前記マスターインバータの通信部は、前記マスターインバータから前記モータへの実出力電流を前記第 1 のデータにさらに含めてブロードキャスト送信し、

前記 1 以上のスレーブインバータのそれぞれは、

前記受信された前記第 1 のデータに応じて、前記第 2 の指令電圧の振幅を調整する振幅調整部をさらに有する

ことを特徴とする請求項 1 に記載のインバータシステム。

[請求項4]

前記 1 以上のスレーブインバータは、複数のスレーブインバータであり、

前記複数のスレーブインバータのそれぞれの通信部は、前記複数のスレーブインバータにおける自インバータ以外の他のスレーブインバータから前記第 2 のデータを前記半二重通信回線経由で受信し、

前記複数のスレーブインバータのそれぞれは、

前記受信された前記第2のデータに応じて、前記第2の指令電圧の振幅を調整する振幅調整部をさらに有する

ことを特徴とする請求項1に記載のインバータシステム。

[請求項5]

前記マスターインバータの通信部は、前記第1のPWMキャリアの第1の位相に同期して、前記第1のデータを送信し、

前記スレーブインバータの通信部は、前記第2のPWMキャリアの第2の位相に同期して、前記第2のデータを送信する

ことを特徴とする請求項1に記載のインバータシステム。

[請求項6]

前記1以上のスレーブインバータは、複数のスレーブインバータであり、

前記複数のスレーブインバータの通信部による前記第2のデータの送信は、前記第2のPWMキャリアの複数の周期に跨ってラウンドロビンの行的に行われる

ことを特徴とする請求項5に記載のインバータシステム。

[請求項7]

前記1以上のスレーブインバータは、複数のスレーブインバータであり、

前記マスターインバータの通信部による前記第1のデータの送信と前記複数のスレーブインバータの通信部による前記第2のデータの送信とは、前記第1のPWMキャリア及び前記第2のPWMキャリアの第1の位相及び第2の位相に交互に同期して、ラウンドロビンの行的に行われる

ことを特徴とする請求項1に記載のインバータシステム。

[請求項8]

モータに接続されたマスターインバータと、半二重通信回線を介して前記マスターインバータに接続されるとともに、前記モータに対して共通接続ノードを介して前記マスターインバータと並列にそれぞれ接続された複数のスレーブインバータとを有するインバータシステムにおける通信方法であって、

第1のPWMキャリアと第1の指令電圧とに基づいて前記モータを駆動する前記マスターインバータが、前記第1のPWMキャリアに同期して、電流指令を含む第1のデータを前記半二重通信回線にブロードキャスト送信する第1の送信ステップと、

前記第1のPWMキャリアと同じ周期を有する第2のPWMキャリアと第2の指令電圧とに基づいて前記モータを駆動する前記複数のスレーブインバータのそれぞれが、前記第1の送信ステップで送信された前記第1のデータを受信する第1の受信ステップと、

前記複数のスレーブインバータのそれぞれが、前記第1の受信ステップでの前記第1のデータの受信タイミングに応じて、前記第1のPWMキャリアの位相に一致するように、前記第2のPWMキャリアの位相を調整する位相調整ステップと、

前記複数のスレーブインバータのいずれかに送信権を割り当てる割り当てステップと、

前記割り当てステップで送信権が割り当てられたスレーブインバータが、前記第2のPWMキャリアに同期して、前記第1の受信ステップでの前記第1のデータの受信タイミングを避けるタイミングで、前記スレーブインバータから前記モータへの実出力電流を含む第2のデータを前記半二重通信回線にブロードキャスト送信する第2の送信ステップと、

前記マスターインバータと前記割り当てステップで送信権が割り当てられていないスレーブインバータが、前記第2のデータを前記半二重通信回線経由でそれぞれ受信する第2の受信ステップと、

前記マスターインバータと前記割り当てステップで送信権が割り当てられていないスレーブインバータとが、前記マスターインバータから前記モータへの実出力電流と前記複数のスレーブインバータのそれぞれから前記モータへの実出力電流とでバランスがとれるように、前記第1の指令電圧及び前記第2の指令電圧の振幅をそれぞれ調整する

振幅調整ステップと、

を備えたことを特徴とする通信方法。

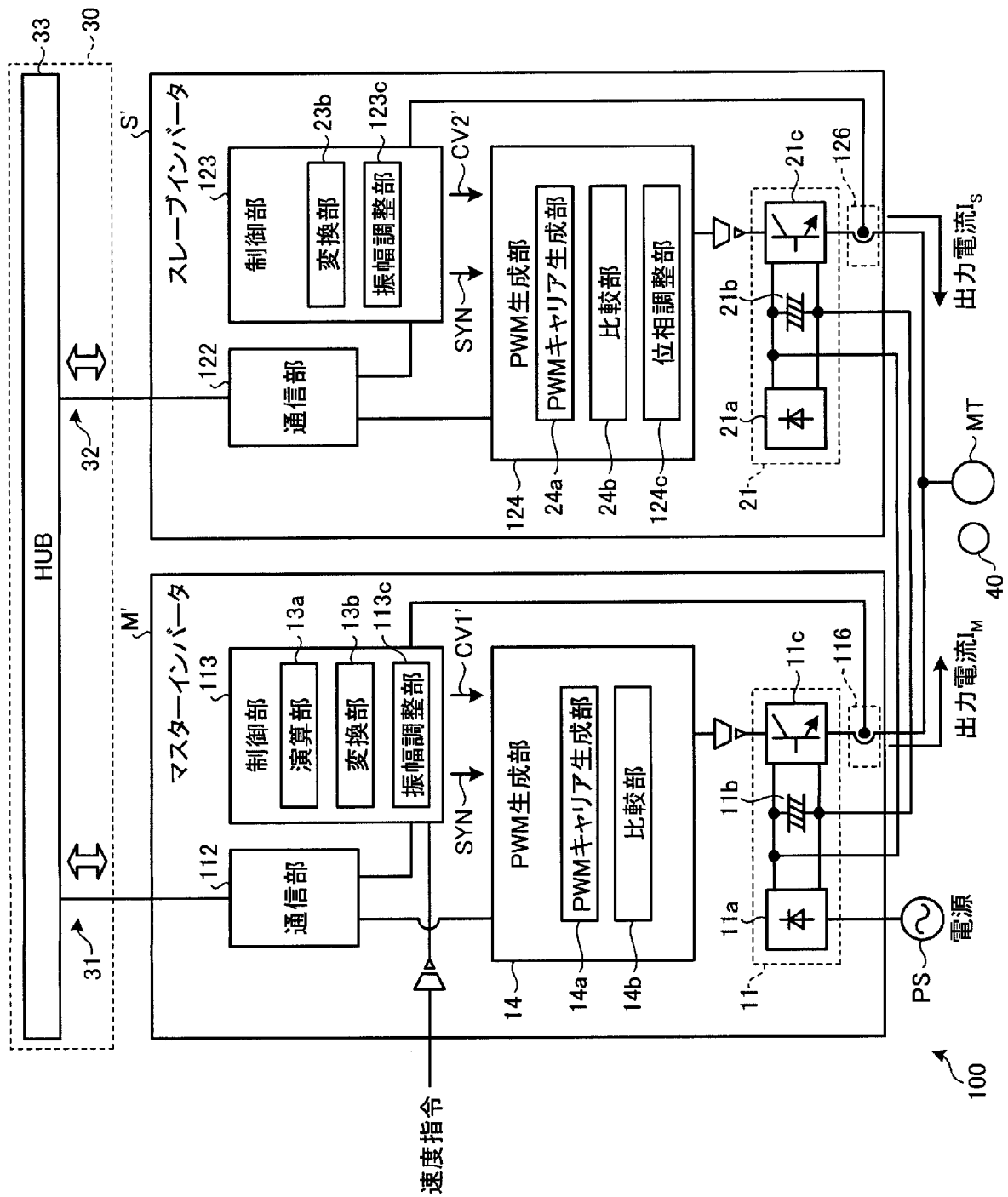
[請求項9] 前記第1の送信ステップと前記第2の送信ステップとは、前記第1のPWMキャリア及び前記第2のPWMキャリアの半周期毎に交互に行われる

ことを特徴とする請求項8に記載の通信方法。

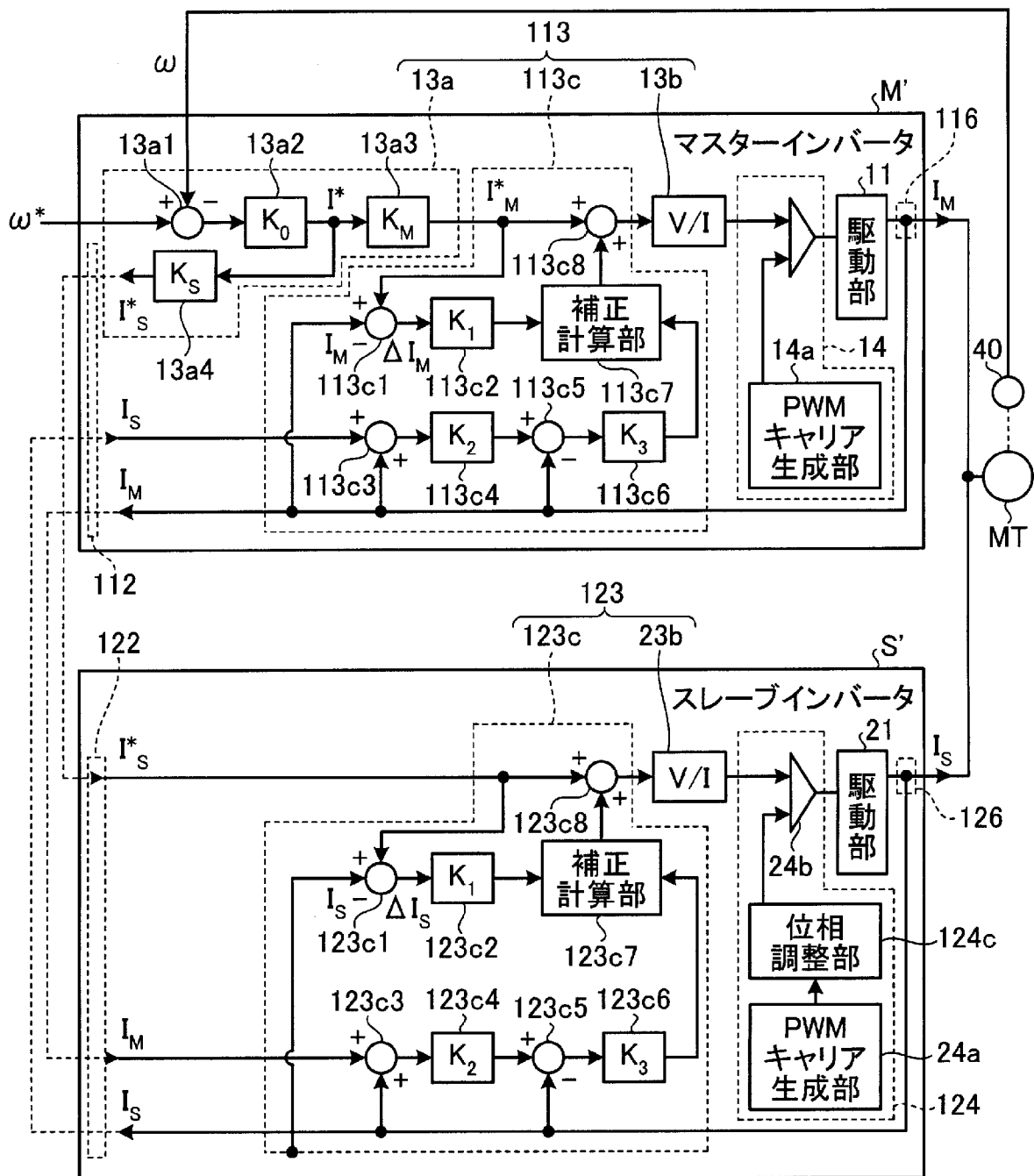
[請求項10] 前記マスターインバータによる前記第1の送信ステップと前記複数のスレーブインバータによる複数の前記第2の送信ステップとは、前記第1のPWMキャリア及び前記第2のPWMキャリアの半周期単位でラウンドロビンの行われる

ことを特徴とする請求項8に記載の通信方法。

[図1]



[図2]



$\omega^*$ :速度指令

$\omega$ :実速度

$I^*$ :総電流指令

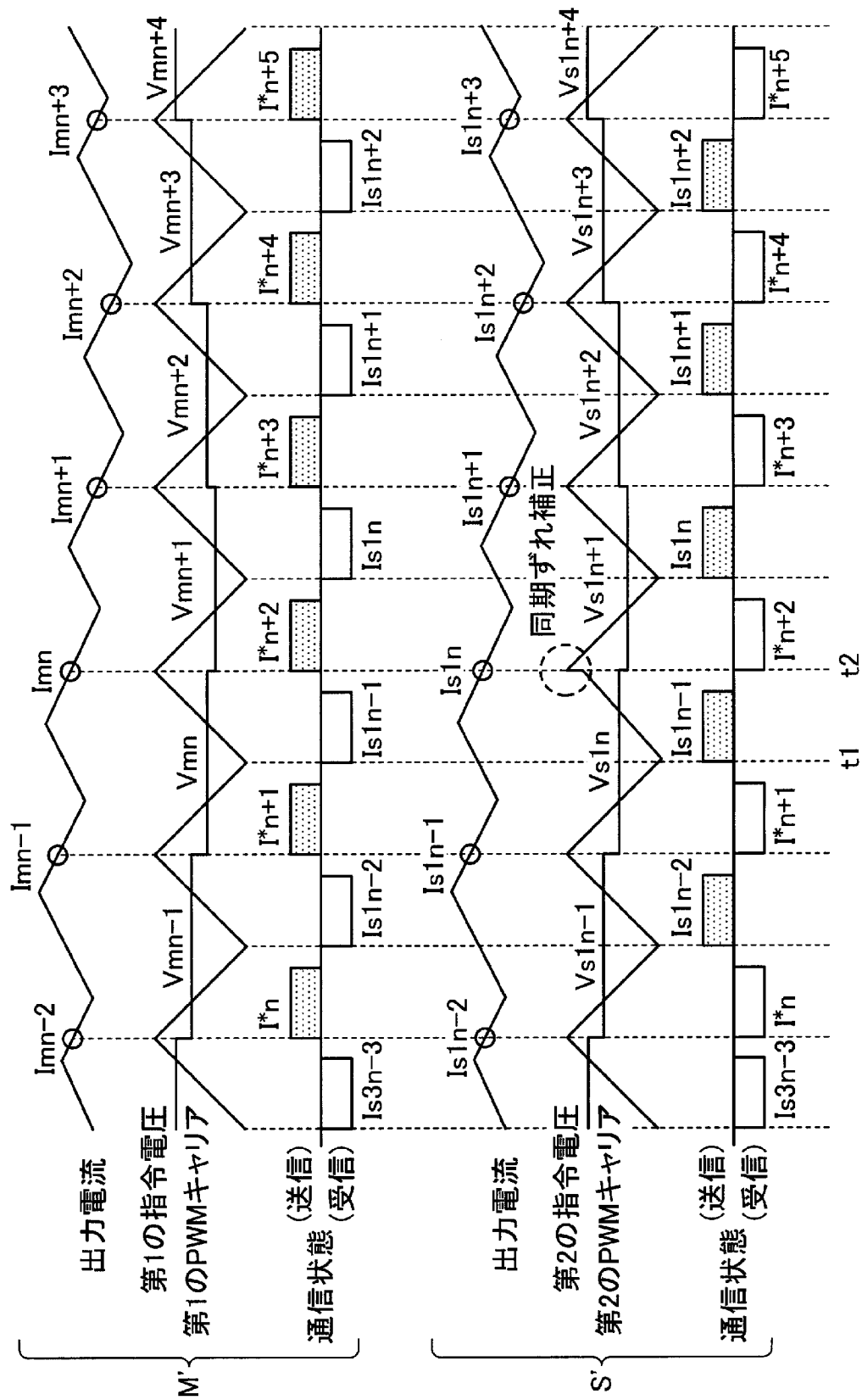
$I_M^*$ :マスター電流指令

$I_M$ :マスター実出力電流

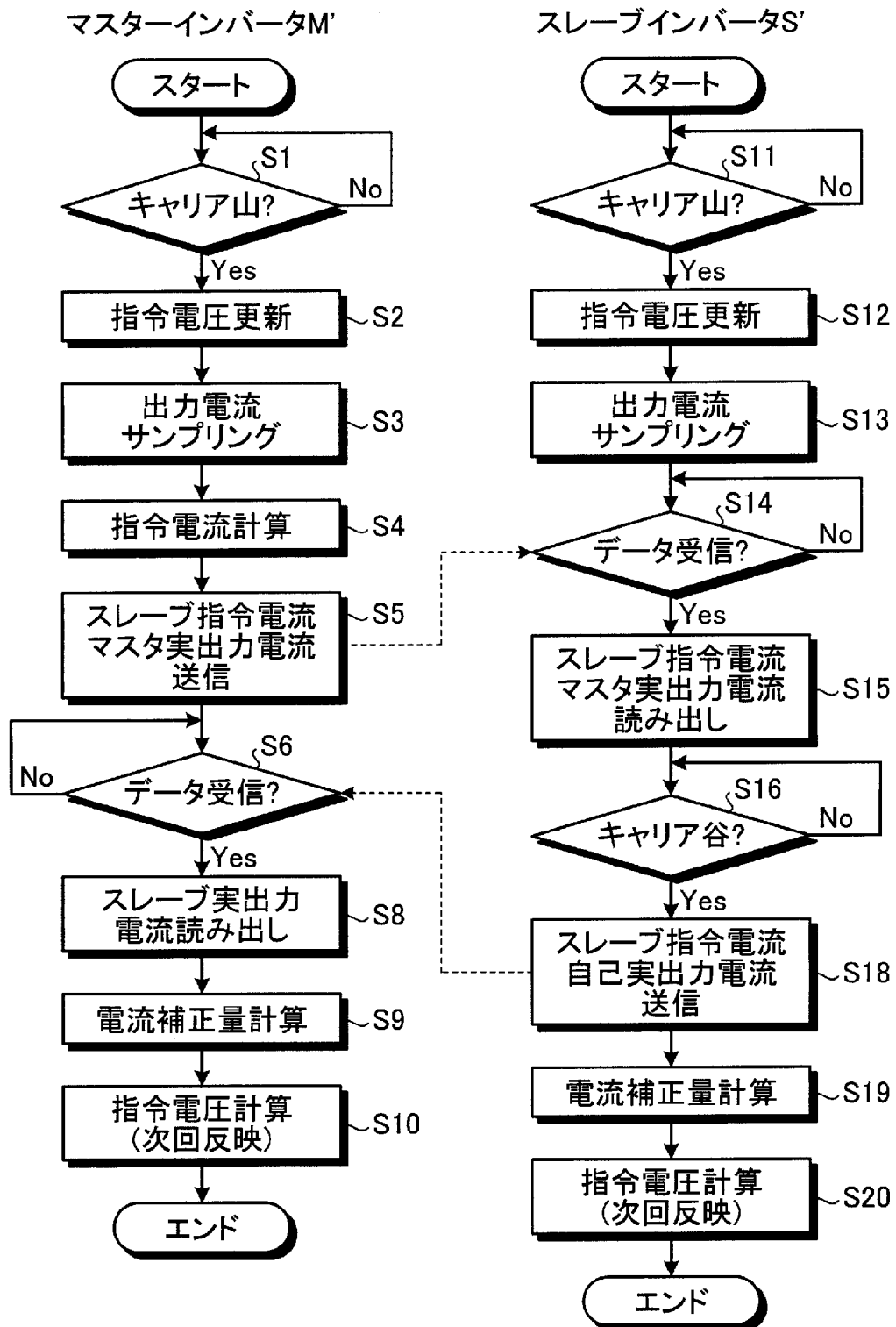
$I_S^*$ :スレーブ電流指令

$I_S$ :スレーブ実出力電流

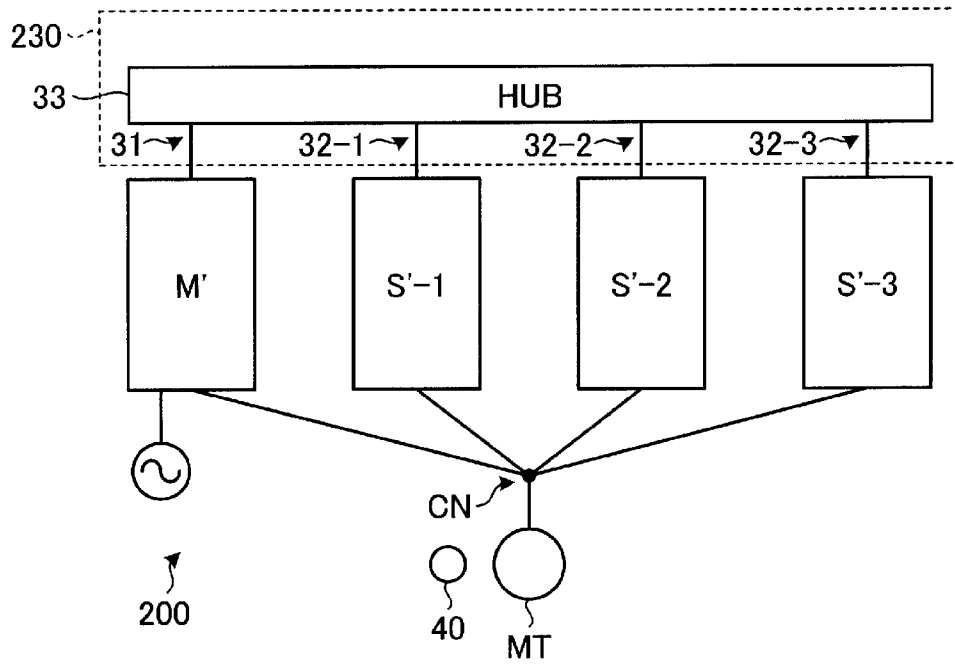
[図3]



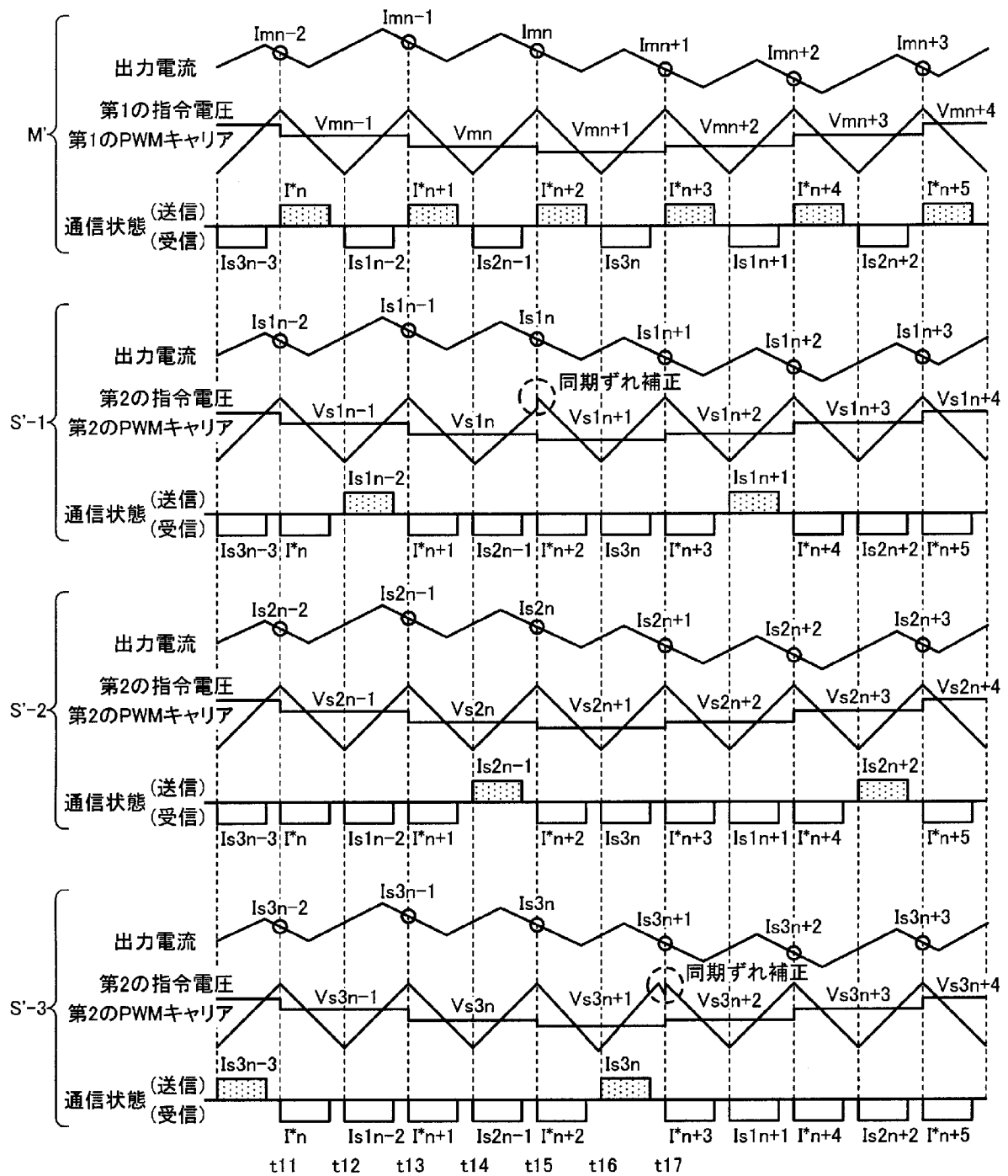
[図4]



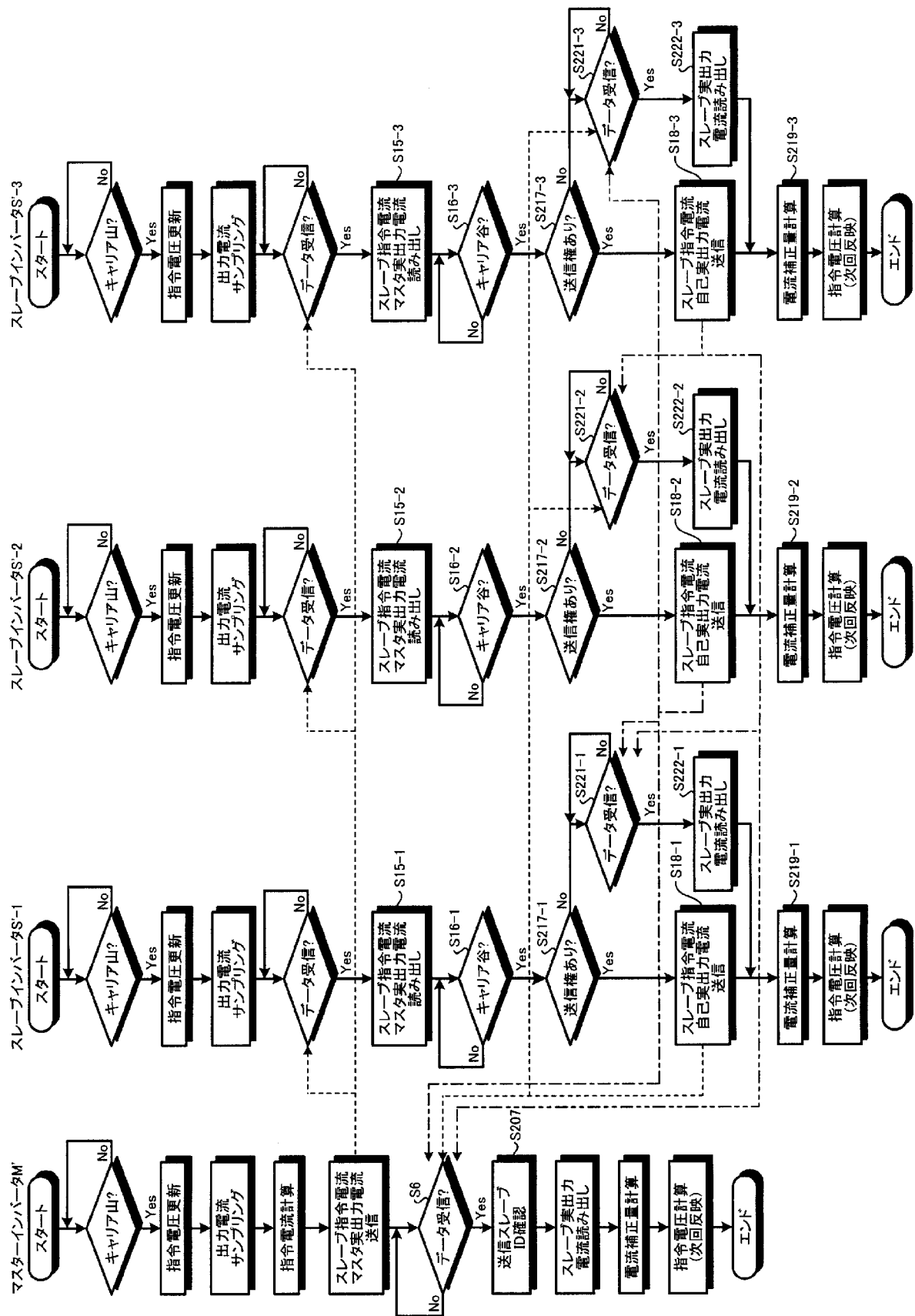
[図5]



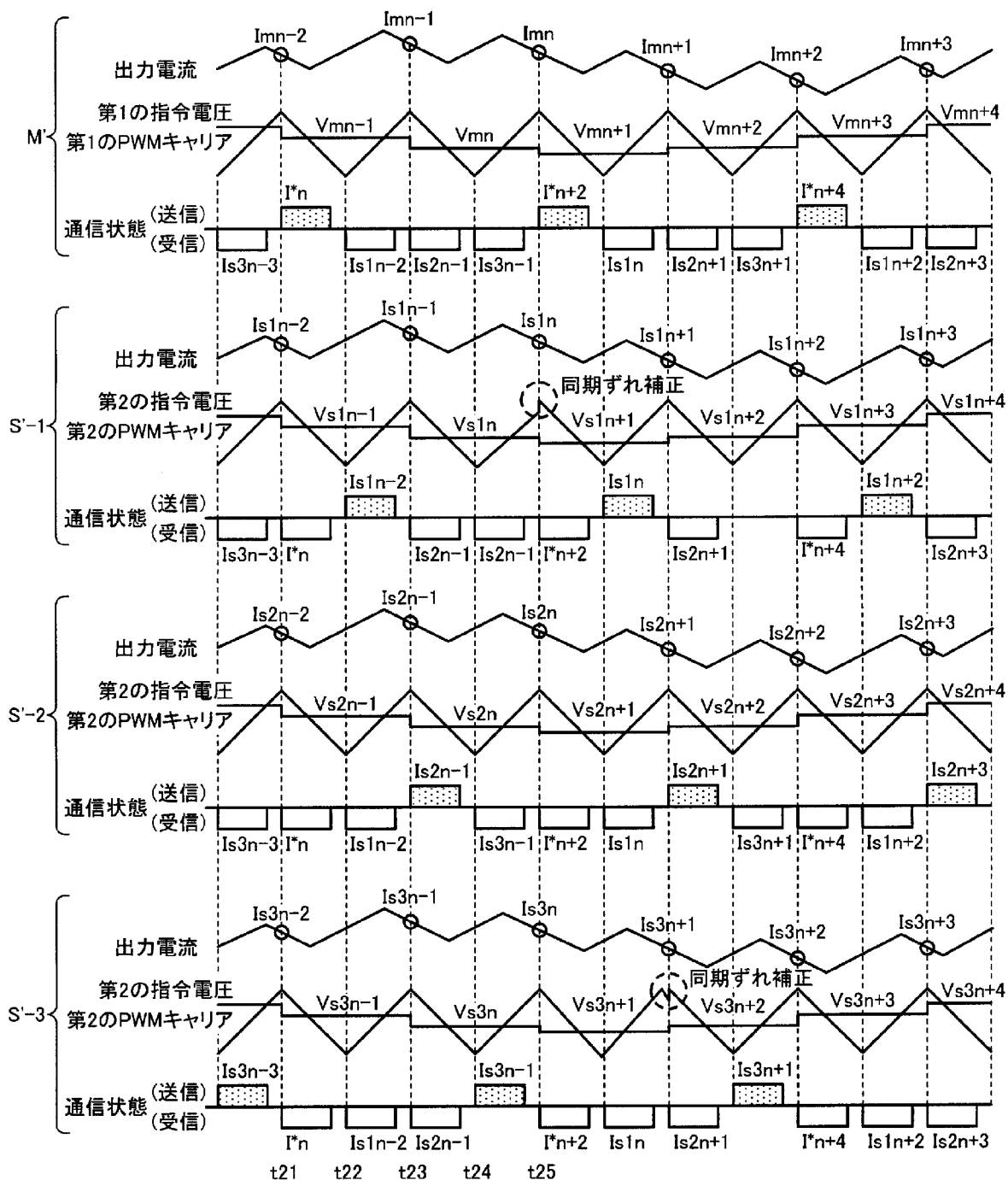
[図6]



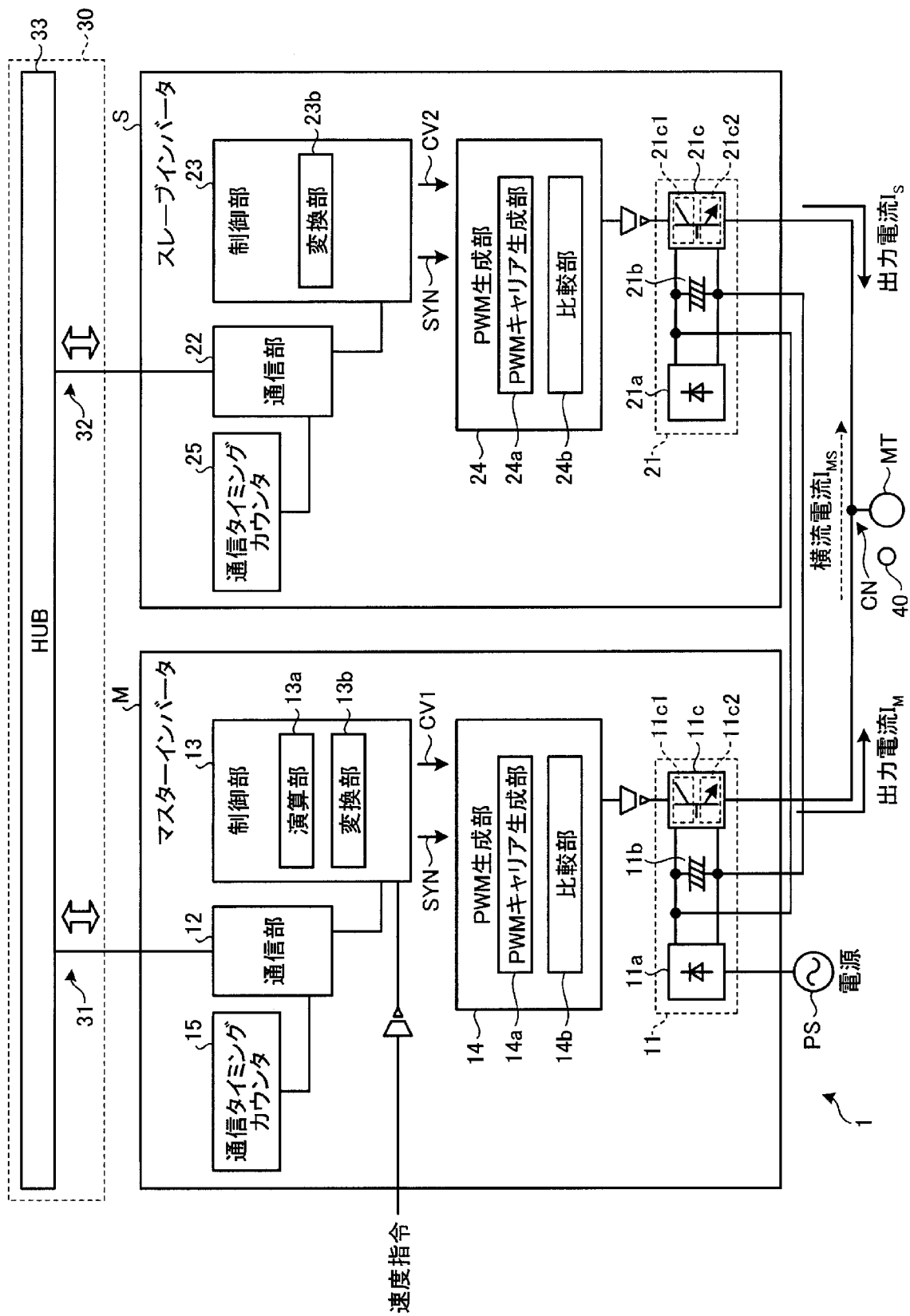
[図7]



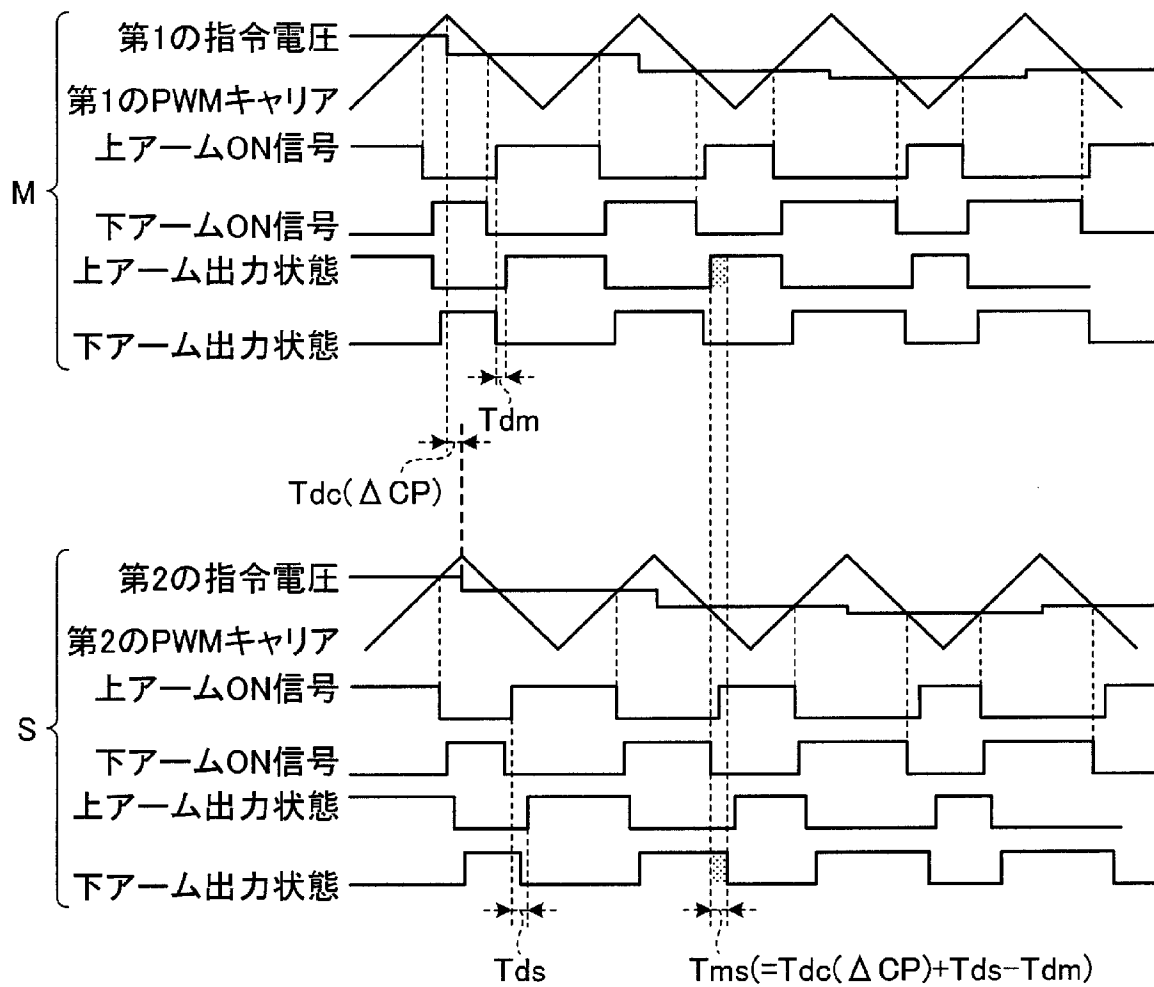
[図8]



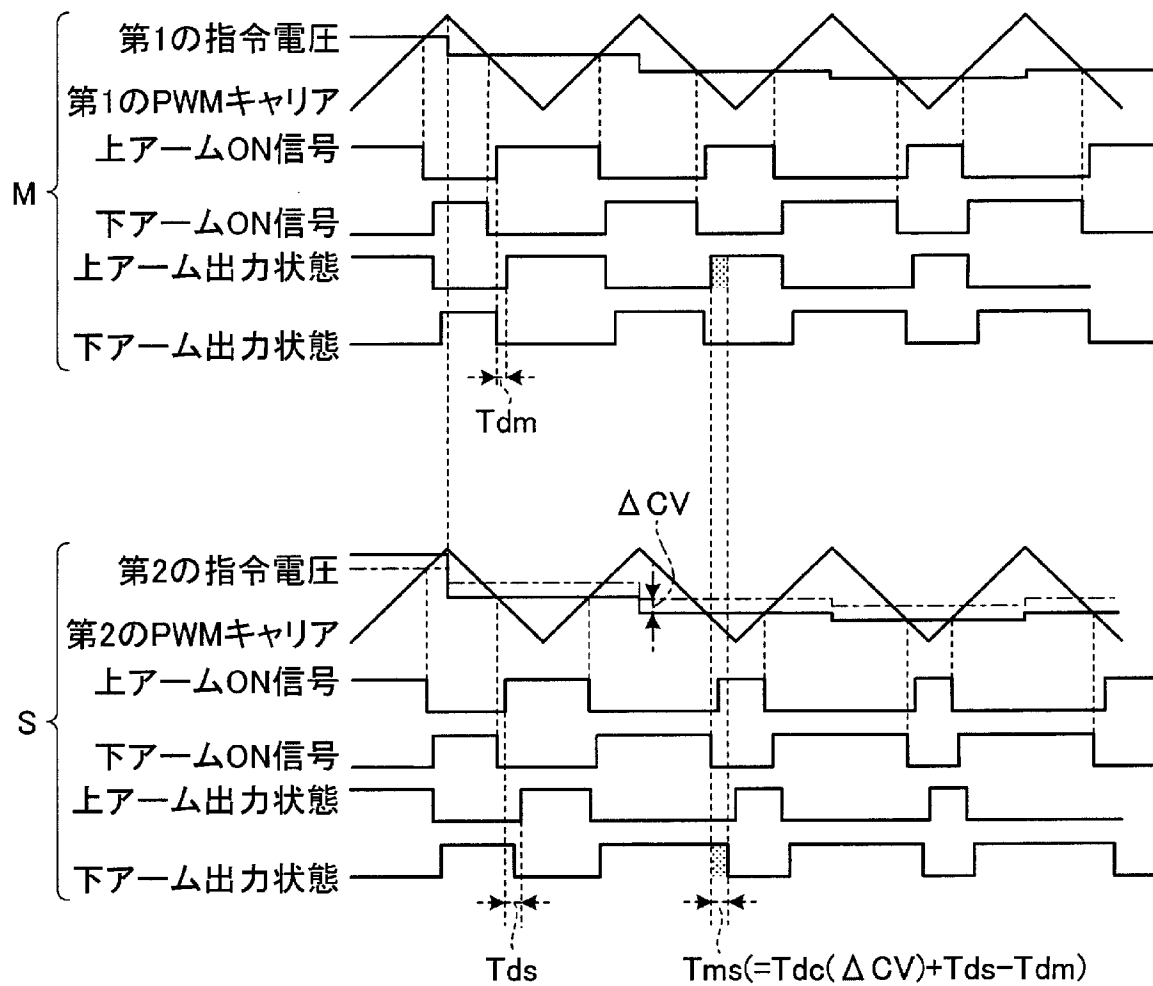
[図9]



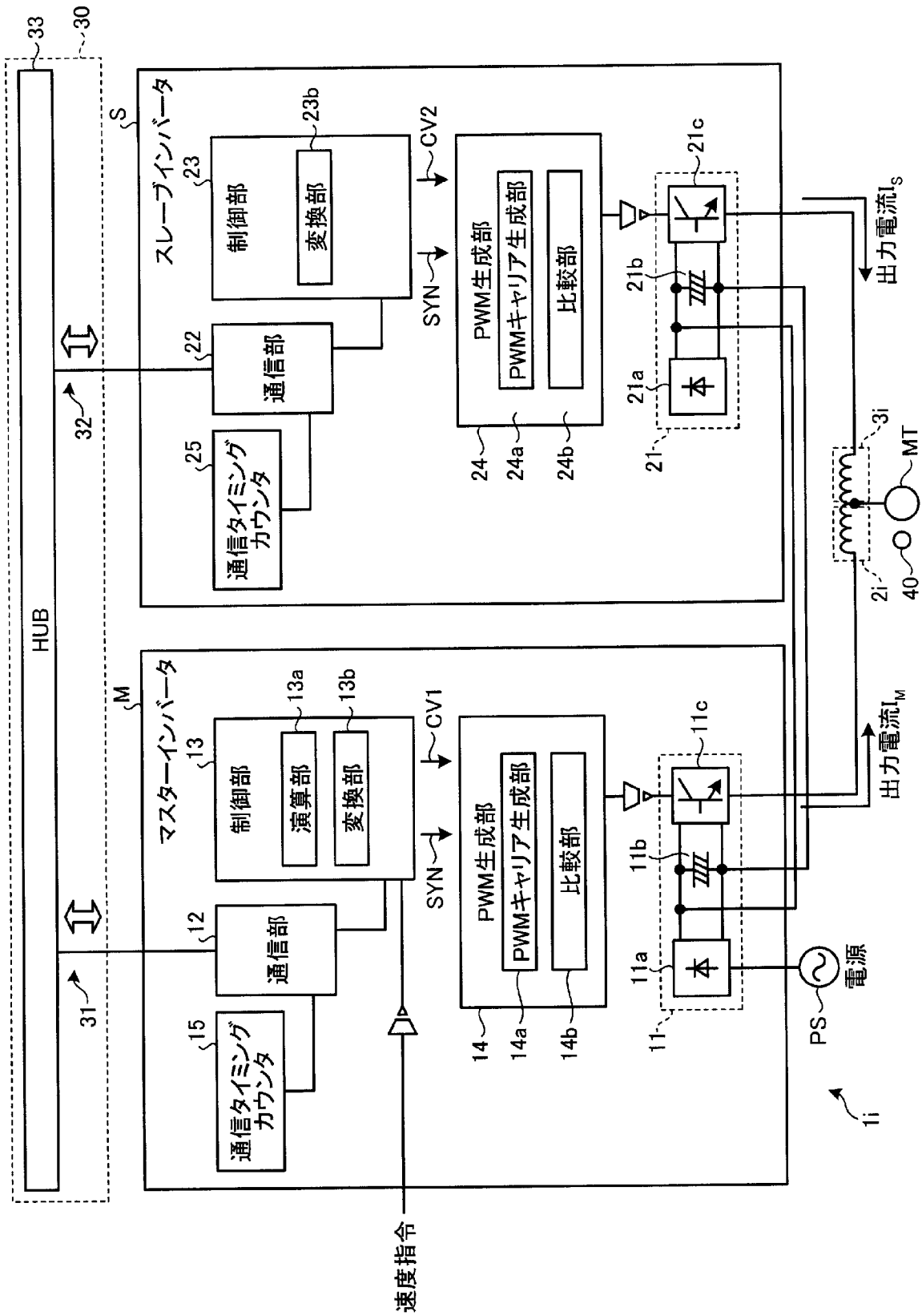
[図10]



[図11]



[図12]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/065475

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02M7/493(2007.01) 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)

H02M7/493, H02M7/48

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 1996-2012

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2012 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2012

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 2007-244009 A (Meidensha Corp.),<br>20 September 2007 (20.09.2007),<br>paragraphs [0026] to [0038]; fig. 1 to 5<br>(Family: none)                               | 1-10                  |
| A         | JP 2005-94933 A (Fuji Electric FA Components<br>& Systems Co., Ltd.),<br>07 April 2005 (07.04.2005),<br>paragraphs [0042] to [0070]; fig. 4 to 7<br>(Family: none) | 1-10                  |
| A         | JP 2007-295647 A (Meidensha Corp.),<br>08 November 2007 (08.11.2007),<br>paragraphs [0024] to [0052], [0093] to [0103];<br>fig. 1, 6 to 8<br>(Family: none)        | 1-10                  |

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

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
10 September, 2012 (10.09.12)Date of mailing of the international search report  
18 September, 2012 (18.09.12)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2012/065475

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 2008-228548 A (Reliance Electric Ltd.),<br>25 September 2008 (25.09.2008),<br>paragraphs [0041] to [0049]; fig. 4, 6 to 7<br>(Family: none)   | 1-10                  |
| A         | JP 2006-20374 A (Fuji Electric Holdings Co.,<br>Ltd.),<br>19 January 2006 (19.01.2006),<br>paragraphs [0041] to [0043]; fig. 9<br>(Family: none) | 1-10                  |

## A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H02M7/493(2007.01)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（I P C））

Int.Cl. H02M7/493, 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   | 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1 9 7 1 - 2 0 1 2 年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1 9 9 6 - 2 0 1 2 年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1 9 9 4 - 2 0 1 2 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<br>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<br>請求項の番号 |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| A               | JP 2007-244009 A（株式会社明電舎）2007.09.20, 段落【0026】－【0038】, 図1－5（ファミリーなし）                   | 1-10           |
| A               | JP 2005-94933 A（富士電機機器制御株式会社）2005.04.07, 段落【0042】－【0070】, 図4－7（ファミリーなし）               | 1-10           |
| A               | JP 2007-295647 A（株式会社明電舎）2007.11.08, 段落【0024】－【0052】, 【0093】－【0103】, 図1, 6－8（ファミリーなし） | 1-10           |

☒ 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

「&amp;」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 0 . 0 9 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

1 8 . 0 9 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / 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）

安池 一貴

3 V

9 1 5 0

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 5 8

| C (続き) . 関連すると認められる文献 |                                                                                |                |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 引用文献の<br>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<br>請求項の番号 |
| A                     | JP 2008-228548 A (日本リライアンス株式会社) 2008.09.25, 段落【0041】－【0049】, 図4, 6－7 (ファミリーなし) | 1-10           |
| A                     | JP 2006-20374 A (富士電機ホールディングス株式会社) 2006.01.19, 段落【0041】－【0043】, 図9 (ファミリーなし)   | 1-10           |