

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6393643号
(P6393643)

(45) 発行日 平成30年9月19日(2018.9.19)

(24) 登録日 平成30年8月31日(2018.8.31)

(51) Int.Cl.

F 1

B60L 9/18 (2006.01)
B60L 1/00 (2006.01)B60L 9/18
B60L 1/00L
B

請求項の数 7 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2015-63598 (P2015-63598)
 (22) 出願日 平成27年3月26日 (2015.3.26)
 (65) 公開番号 特開2016-185007 (P2016-185007A)
 (43) 公開日 平成28年10月20日 (2016.10.20)
 審査請求日 平成29年2月14日 (2017.2.14)

(73) 特許権者 000005108
 株式会社日立製作所
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
 (74) 代理人 100098660
 弁理士 戸田 裕二
 (72) 発明者 稲荷田 智
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
 株式会社日立製作所
 内
 (72) 発明者 望月 健人
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
 株式会社日立製作所
 内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】車両駆動システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電車線から交流電力の供給を受ける集電装置と、前記集電装置を介して受けた交流電力を変圧する変圧器と、前記変圧器から得られる交流電力を直流電力に変換する電源用変換器及び前記電源用変換器から得られる直流電力を交流電力に変換してモータを駆動するモータ駆動用変換器で構成される複数の電力変換ユニットと、前記電力変換ユニットの直流部から得られた直流電力を補機駆動用の交流電力に変換する補助電源装置と、を備え、

前記複数の電力変換ユニットにおける前記複数の電源用変換器は、それぞれキャリア位相に所定の差を設けて動作する車両駆動システムにおいて、

前記複数の電力変換ユニットは、前記補助電源装置に直流電力を供給する第1の電力変換ユニットと、前記補助電源装置に直流電力を供給しない第2の電力変換ユニットで構成され、

編成列車の駆動指令としてOFF指令が入力され、かつ、前記補助電源装置の運転指令としてON指令が入力されている場合に、前記第1の電力変換ユニットの電源用変換器を動作させて前記補助電源装置に直流電力を供給すると共に、前記第2の電力変換ユニットの電源用変換器を動作させることを特徴とする車両駆動システム。

【請求項 2】

請求項1に記載の車両駆動システムにおいて、

前記編成列車の駆動指令としてOFF指令が入力され、かつ、前記補助電源装置の運転指令としてON指令が入力されている場合に、前記第2の電力変換ユニットの直流部電圧が一

定となるように、前記第2の電力変換ユニットの電源用変換器を制御することを特徴とする車両駆動システム。

【請求項3】

請求項1に記載の車両駆動システムにおいて、

前記編成列車の駆動指令としてOFF指令が入力され、かつ、前記補助電源装置の運転指令としてON指令が入力されている場合に、前記第2の電力変換ユニットの電源用変換器の出力電力が零となるように制御することを特徴とする車両駆動システム。

【請求項4】

請求項1乃至請求項3のいずれかに記載の車両駆動システムにおいて、

前記編成列車の駆動指令としてOFF指令が入力され、かつ、前記補助電源装置の運転指令としてOFF指令が入力されている場合に、前記第1及び第2の電力変換ユニットのモータ駆動用変換器及び電源用変換器を停止させることを特徴とする車両駆動システム。

10

【請求項5】

請求項1乃至請求項4のいずれかに記載の車両駆動システムにおいて、

前記編成列車の駆動指令としてON指令が入力されている場合に、前記第1及び第2の電力変換ユニットの前記モータ駆動用変換器及び前記電源用変換器を動作させることを特徴とする車両駆動システム。

【請求項6】

請求項1乃至請求項5のいずれかに記載の車両駆動システムにおいて、

前記複数の電力変換ユニットは、電車線から交流電力を受ける場合であって、前記編成列車の駆動指令としてOFF指令が入力され、かつ、前記補助電源装置の運転指令としてON指令が入力されている場合に、前記第1の電力変換ユニットの電源用変換器を動作させて前記補助電源装置に直流電力を供給すると共に、前記第2の電力変換ユニットの電源用変換器を動作させ、

20

前記複数の電力変換ユニットは、それぞれ3相交流電力を発生させる発電ユニットと接続され、前記発電ユニットで発電した3相交流電力の供給を受ける場合であって、前記編成列車の駆動指令としてOFF指令が入力され、かつ、前記補助電源装置の運転指令としてON指令が入力される場合に、前記第1の電力変換ユニットの電源用変換器を動作させて前記補助電源装置に直流電力を供給すると共に、前記第2の電力変換ユニットの電源用変換器を停止させることを特徴とする車両駆動システム。

30

【請求項7】

請求項1乃至請求項6のいずれかに記載の車両駆動システムを備え、複数の車両が連結されて構成された編成列車。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電力変換装置を備えた編成列車の駆動システムに関するものである。

【背景技術】

【0002】

電力変換装置を使用して車両駆動用の電動機を駆動する駆動システムが適用された複数の鉄道車両を連結して構成された列車が普及している。交流電源の架線区間を走行する列車の駆動システムとしては、交流を直流に変換するコンバータが用いられる構成が一般的である。このようなコンバータとしては、ブリッジ結線されたダイオードのそれぞれに自己消弧形スイッチング素子を逆並列した回路構成を備え、PWM(pulse width modulation)制御を採用したPWMコンバータが、広く用いられている。

40

【0003】

PWMコンバータでスイッチング動作が行われると、交流電源側にはコンバータのキャリア周波数の整数倍の周波数を中心とした高調波(以下、整数倍の高調波と呼ぶ)が現れる。このようなPWMコンバータを複数台搭載している列車においては、整数倍の高調波がPWMコンバータの台数分だけ多重化され、その多重化された高調波が交流電源側に出現する。そ

50

のため，当該列車が走行する軌道上に設置された保安装置等のインフラで使用される信号の周波数帯と，多重化された高調波の周波数帯が重なる場合には，インフラの動作に影響を与える可能性がある。

【0004】

そのため，複数台のPWMコンバータを搭載した列車の駆動システムでは，架線より単相交流を受電する変圧器の2次側に備えられた複数のPWMコンバータ間，架線より単相交流を受電する複数の変圧器間，編成間のキャリアに位相差をつけて運転することにより，発生する前記高調波を低減するキャリア位相差運転が行われる。このキャリア位相差運転を適用することで，整数倍の高調波の出現を抑制することが特許文献1に開示されている。

【先行技術文献】

10

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2007-282434号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

列車の駆動システムが複数のコンバータを備える場合，各コンバータには列車走行用の電動機を駆動するインバータが接続され，コンバータからインバータへ電動機を駆動するための直流電力が供給される。また、列車には車両内の照明や空調機等の補機へ電力を供給する補助電源装置が複数個搭載され，当該補助電源装置にはコンバータから直流電力が供給される。

20

【0007】

ここで，補助電源装置の数は，列車に搭載される補機全体で要求される電力量に基づいて決定されるため，一般的には，補助電源装置とコンバータの数が同数とならず，一部のコンバータはインバータのみと接続されてインバータのみに電力を供給し，他のコンバータにはインバータ及び補助電源装置が接続されてインバータ及び補助電源装置に電力を供給する構成となる。

【0008】

このような構成において，列車が停止や惰行運転を行う際に，運転台から運転ノッチOFF指令が入力された場合，インバータのみに電力を供給するコンバータは，インバータへ電力を供給する必要が無くなるため，動作を停止してインバータへの電力供給を停止する。また，インバータ及び補助電源装置に電力を供給するコンバータは，インバータへ電力を供給する必要は無くなるが，補助電源装置へ電力供給を継続する必要があるため，動作を継続して補助電源装置への電力供給を継続させる。

30

【0009】

しかしながら，特許文献1のように，コンバータ間でキャリアに位相差をつけて運転し，発生する高調波を低減するキャリア位相差運転が行われる場合に，ノッチOFF指令が入力されると，インバータのみに電力を供給するコンバータが停止し，編成全体での位相差の関係が成立しなくなり，電源側の高調波ノイズが増加して，列車が走行する軌道上に設置された保安装置等のインフラの動作に影響を与える虞が生じる。

40

【0010】

本発明では，列車が力行またはブレーキの駆動指令を出力せずに，列車が惰行又は停止する場合であっても，電源側に発生する高調波成分を抑制することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記課題に対して本発明は，電車線から交流電力の供給を受ける集電装置と，集電装置を介して受けた交流電力を変圧する変圧器と，変圧器から得られる交流電力を直流電力に変換する電源用変換器及び電源用変換器から得られる直流電力を交流電力に変換してモータを駆動するモータ駆動用変換器で構成される複数の電力変換ユニットと，電力変換ユニットの直流部から得られた直流電力を補機駆動用の交流電力に変換する補助電源装置と，

50

を備え、複数の電力変換ユニットにおける複数の電源用変換器は、それぞれキャリア位相に所定の差を設けて動作する車両駆動システムにおいて、複数の電力変換ユニットは、補助電源装置に直流電力を供給する第1の電力変換ユニットと、補助電源装置に直流電力を供給しない第2の電力変換ユニットで構成され、編成列車の駆動指令としてOFF指令が入力され、かつ、補助電源装置の運転指令としてON指令が入力されている場合に、第1の電力変換ユニットの電源用変換器を動作させて補助電源装置に直流電力を供給すると共に、第2の電力変換ユニットの電源用変換器を動作させることを特徴とする。

【発明の効果】

【0012】

本発明を適用することにより、列車が惰行又は停止する場合であっても、電源側に重畠する高調波を抑制する車両駆動システムを提供することができる。 10

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本発明の実施例1における車両駆動システムの構成の一例を示す図。

【図2】本発明の位相差運転の一例を示す図。

【図3】位相差運転を実施した場合に発生する高調波を示す図。

【図4】本発明の車上制御装置の制御フローを示す図。

【図5】本発明の実施例2における車両駆動システムの構成の一例を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下に、図面を用いて詳細な実施形態を説明する。 20

【0015】

【実施例1】

図1は、本発明の車両駆動システムの構成の一例を示している。本実施形態における車両駆動システムは、例えば9両の車両を連結して構成される編成列車に搭載され、電車線から交流電力を受け取る集電装置1と、受け取った交流電力を変圧する変圧器2と、変圧器2の二次巻線側に接続されて交流電力を直流電力に変換して直流部に出力するコンバータ（電源用変換器）3と、車両駆動用のモータ6と、コンバータ3の出力する直流電力を交流電力に変換してモータを駆動するインバータ（モータ駆動用変換器）4と、コンバータ3とインバータ4により構成される電力変換ユニット5と、コンバータ3の出力する直流電力を定電圧定周波数の交流電力に変換して、当該交流電力を車両内の照明や空調等の補機に供給する補助電源装置（APS）7と、運転士から編成列車の駆動指令及び補助電源装置の運転指令が入力される運転台9と、運転台からの指令に応じて各電力変換ユニットへコンバータとインバータの動作指令を出力する車両制御装置8とを備えている。 30

【0016】

車両1は、屋根上に集電装置1、床下に変圧器2と補助電源装置7を搭載している。変圧器2は、一次巻線の一端が集電装置と接続され、他端が車輪を介して接地側と接続されている。また変圧器2の二次巻線側は、車両2及び車両3に搭載されたコンバータと接続されている。

【0017】

車両2には、床下にコンバータ3とインバータ4と複数のモータ6が搭載されている。車両3も車両2と同様に、床下にコンバータ3とインバータ4と複数のモータ6が搭載されている。ここで、車両1に搭載された補助電源装置7は、車両2及び車両3の電力変換ユニット5の直流部と接続可能に構成され、直流電力の供給を受ける電力変換ユニットを車両2及び車両3の電力変換ユニット5いずれかから選択できる機能を有している。通常は、車両2の電力変換ユニット5から電力供給を受けているが、車両2の電力変換ユニット5が故障したり、この電力変換ユニット5と接続された電源線が断線するなど、この電力変換ユニット5から電力供給を受けられない場合には、他方（車両3）の電力変換ユニット5から直流電力の供給を受けることができる構成としている。本実施形態では、車両1に搭載された補助電源装置7が車両2及び車両3の電力変換ユニット5に接続される 40

構成としたが、補助電源装置 7 が一つの電力変換ユニットと接続される構成としても良い。

【 0 0 1 8 】

車両 4 は、車両 1 と同様に、屋根上に集電装置 1、床下に変圧器 2 と補助電源装置 7 を搭載している。変圧器 2 は、一次巻線の一端が集電装置と接続され、他端が車輪を介して接地側と接続されている。また変圧器 2 の二次巻線側は、車両 5 に搭載されたコンバータと接続されている。更に、補助電源装置 7 は、車両 3 及び車両 5 に搭載された電力変換ユニット 5 と接続可能に構成されており、直流電力の供給を受ける電力変換ユニットを車両 3 と車両 5 から選択できる機能を有しており、通常は、車両 5 から直流電力の供給を受け、車両 5 に電力変換ユニットの異常時には、車両 3 から直流電力の供給を受ける。なお、補助電源装置 7 は一つの電力変換ユニットと接続される構成としても良い。

10

【 0 0 1 9 】

車両 5、車両 7、車両 8 は、車両 2 や車両 3 と同様に、床下にコンバータ 3 とインバータ 4 と複数のモータ 6 が搭載されている。車両 9 は、車両 1 や車両 4 と同様に、屋根上に集電装置 1、床下に変圧器 2 と補助電源装置 7 を搭載している。車両 6 には、上記した各装置は搭載されていないものとする。更に、車両 9 の補助電源装置 7 は、車両 7 及び車両 8 に搭載された電力変換ユニット 5 と接続可能に構成されており、直流電力の供給を受ける電力変換ユニットを車両 7 と車両 8 から選択できる機能を有しており、通常は、車両 8 から直流電力の供給を受け、車両 8 に電力変換ユニットの異常時には、車両 7 から直流電力の供給を受ける。なお、補助電源装置 7 は一つの電力変換ユニットと接続される構成としても良い。

20

【 0 0 2 0 】

次に、図 2 及び図 3 を用いて、図 1 に示した編成構成において位相差制御を実施した場合の低次の高調波の発生状況について説明する。まず、位相差制御を図 2 を用いて説明する。各車両に搭載されているコンバータ 3 は同一のキャリア f_s で運転されており、互いに所定の位相差となるように位相に差を設けて運転される。車両 1 の変圧器 2 に接続されている車両 2 と車両 3 のコンバータ 3 のキャリアに 90 度の位相差を設け、車両 9 の変圧器 2 に接続されている車両 7 と車両 8 のコンバータ 3 のキャリアに 90 度の位相差を設け、更に、車両 1 と車両 9 の変圧器間に 45 度の位相差を設け、車両 1 と車両 4 と車両 9 の各変圧器間にそれぞれ 22.5 度の位相差を設けた位相差制御を行う。

30

【 0 0 2 1 】

このような位相差制御を行った場合、90 度の位相差を設けた車両 2 と車両 3 のコンバータ間、及び車両 7 と車両 8 のコンバータ間のキャリア周波数 f_s の 2 倍の周波数成分 $2f_s$ は 180 度の位相差となるため、互いに打ち消しあう。更に、45 度の位相差を設けた車両 1 と車両 9 の変圧器間の 4 倍の周波数成分 $4f_s$ も 180 度の位相差となるため、互いに打ち消しあう。更に、22.5 度の位相差を設けた車両 1 と車両 4 と車両 9 の変圧器間の 8 倍の周波数成分 $8f_s$ も 180 度の位相差となるため、車両 4 により車両 1 と車両 9 から発生する周波数成分 $8f_s$ の一部を打ち消す。

【 0 0 2 2 】

その結果、電源側に現れる 2 倍の周波数成分は、車両 2 と車両 3、車両 7 と車両 8 のコンバータ間で打ち消し合い、車両 5 のコンバータ 3 のみが発生させる高調波に減少する。また、電源側に現れる 4 倍の周波数成分は、車両 1 と車両 9 の変圧器間で打ち消し合い、車両 5 のコンバータのみが発生させる高調波に減少する。また、電源側に現れる 8 倍の周波数成分は、車両 5 のコンバータから発生した高調波が車両 1 と車両 9 の変圧器から発生する高調波の一部を打ち消すため、車両 1 と車両 9 の変圧器から発生する高調波の一部のみが電源側に現れる。このように、位相差制御を適用した場合には、適用しなかった場合と比較して、電源側に現れる高調波の振幅を低減することができる。

40

【 0 0 2 3 】

ここで、図 1 に示した編成構成のように、各電力変換ユニットの数と補助電源装置の数が同一ではなく、補助電源装置に電力を供給する電力変換ユニットと、補助電源装置に電

50

力を供給しない電力変換ユニットを有する編成構成において、運転台から入力された駆動指令（力行指令若しくは減速指令）のOFF指令が、車上制御装置を介して各電力変換ユニットへ伝達された場合、従来は、補助電源装置に電力を供給する電力変換ユニットは運転を継続して、補助電源装置に電力を供給しない電力変換ユニットは負荷が零となるため運転を停止していた。そのため、図2に示すように設定していた各コンバータや各変圧器間の位相差が保てなくなり、電源側に生じる高調波が増加するという問題が生じる。そのため、本発明では、運転台から入力された駆動指令（力行指令若しくは減速指令）のOFF指令が、車上制御装置を介して各電力変換ユニットへ伝達された場合であっても、インバータと補助電源装置に電力を供給する電力変換ユニット、及び、補助電源装置に電力を供給しない電力変換ユニット（インバータに電力を供給する電力変換ユニット）の運転を継続させて、図2に示すように設定していた各コンバータや各変圧器間の位相差を保ち、電源側に生じる高調波が増加することを防止する。
10

【0024】

図4を用いて、車上制御装置の具体的な制御方法を説明する。まず、運転台から車両駆動用モータの駆動指令と補助電源装置の運転指令を受信する（S501）。次に、入力された駆動指令がOFFであるか否かを判断する（S502）。ここで、入力された駆動指令がONであった場合、つまり、加速や減速トルクをモータから出力するための指令である場合には、車上制御装置は駆動指令に応じた動作指令を各電力変換ユニットに出力し、全てのインバータ及びコンバータを動作状態とする（S505）。

【0025】

入力された駆動指令がOFFであった場合、つまり、加速や減速トルクをモータから出力しないことを意図する指令である場合には、S503に進む。S503では運転台から入力された補助電源装置の運転指令がOFFであるか否かを判断する（S503）。ここで、入力された補助電源装置の運転指令がOFFであった場合、つまり、補助電源装置から補機への電力供給を停止させることを意図する運転指令であった場合には、車上制御装置は全てのインバータ及びコンバータの動作を停止させる指令を、各電力変換ユニットに送信する（S504）。

【0026】

ここで、入力された補助電源装置の運転指令がONであった場合、つまり、補助電源装置から補機への電力供給を継続させることを意図する運転指令である場合には、車上制御装置は全てのインバータを停止させ、かつ、全てのコンバータの動作を継続させる指令を、各電力変換ユニットに送信する（S506）。

【0027】

インバータと補助電源装置に電力を供給する電力変換ユニットは、このような全てのインバータを停止させ、かつ、全てのコンバータの動作を継続させる指令を受信した場合、補機で消費される電力をコンバータから出力することで、直流部の電圧が一定に保たれるように制御を行う。一方、補助電源装置に電力を供給しない電力変換ユニット（インバータに電力を供給する電力変換ユニット）は、このような全てのインバータを停止させ、かつ、全てのコンバータの動作を継続させる指令を受信した場合、唯一の負荷であるインバータを停止させるため、負荷が零の状態でコンバータを動作させる。つまり、コンバータの出力電力が零となるように動作、若しくは、直流部の電圧が一定に保たれるように制御を行う。
40

【0028】

図4では、車上制御装置が各電力変換ユニットにインバータ及びコンバータの停止／動作を指令する実施例を説明したが、各電力変換ユニットが運転台から受信した駆動指令及び補助電源装置の運転指令に基づいて、図4と同様の判断処理を行うこととしても良い。

【0029】

上述した本実施形態によると、駆動指令がOFFとなり、列車が惰行又は停止する場合であっても、各コンバータの位相差制御を継続させることができ、電源側に重畳する高調波を抑制することができる。

【0030】

[実施例 2]

実施例 1 では、編成列車の運行に必要な電力を集電装置 1 を介して電車線から得る車両駆動システムの実施形態を説明したが、本実施例では、編成列車内に発電ユニット 10 を搭載し、電車線から電力を得ることができない場合には、発電ユニットで発電した電力により編成列車の運行を可能とする車両駆動システムについて説明する。なお、本実施例では、実施例 1 と同様の符号が付された装置は、実施例 1 と同様の機能及び動作を行うものとする。

【0031】

図 5 に示すように、実施例 2 における車両駆動システムは、車両 2, 3, 5, 7, 8 にそれぞれ発電ユニットを搭載している。発電ユニットは、3 相交流発電機で構成され、3 相交流電力をコンバータの 4 相のうち 3 相分と接続される。電力変換ユニットは、交流電源を電車線と発電ユニットのいずれかから選択する。コンバータは、発電ユニットから 3 相交流電力の供給を受ける場合には、3 相交流発電機と接続されていない 1 相分を構成するスイッチング素子の動作を停止させて、3 相交流発電機と接続された 3 相分のスイッチング素子を動作させて、3 相交流電力を直流電力に変換する。

【0032】

実施例 2 における車両駆動システムにおいても、実施例 1 と同様に駆動指令が OFF となり、列車が惰行又は停止する場合であっても、各コンバータの位相差制御を継続させることができ、電源側に重畠する高調波を抑制することができる。

【0033】

なお、複数の電力変換ユニットは、電車線から交流電力を受ける場合であって、駆動指令として OFF 指令が入力され、かつ、補助電源装置の運転指令として ON 指令が入力されている場合に、インバータと補助電源装置に電力を供給する電力変換ユニットのコンバータを動作させて補助電源装置に直流電力を供給すると共に、補助電源装置に電力を供給しない電力変換ユニット（インバータに電力を供給する電力変換ユニット）のコンバータを動作させ、電車線から交流電力の供給を受けずに、発電ユニットで発電した 3 相交流電力の供給を受けて編成列車の運行を行う場合であって、駆動指令として OFF 指令が入力され、かつ、補助電源装置の運転指令として ON 指令が入力される場合に、インバータと補助電源装置に電力を供給する電力変換ユニットのコンバータを動作させて補助電源装置に直流電力を供給すると共に、補助電源装置に電力を供給しない電力変換ユニット（インバータに電力を供給する電力変換ユニット）のコンバータを停止させても良い。電車線から交流電力の供給を受けない場合には、電車線への高調波の流出が生じないため、図 2 に示した位相差制御を継続する必要が無いからである。なお、このようにコンバータを停止させることで、コンバータの動作時間がより短くなるため、コンバータのスイッチング動作に伴う損失を低減することができる。

【符号の説明】

【0034】

- 1 : 集電装置
- 2 : 変圧器
- 3 : コンバータ（電源用変換器）
- 4 : インバータ（モータ駆動用変換器）
- 5 : 電力変換ユニット
- 6 : モータ
- 7 : 補助電源装置 (APS)
- 8 : 車両制御装置
- 9 : 運転台
- 10 : 発電ユニット

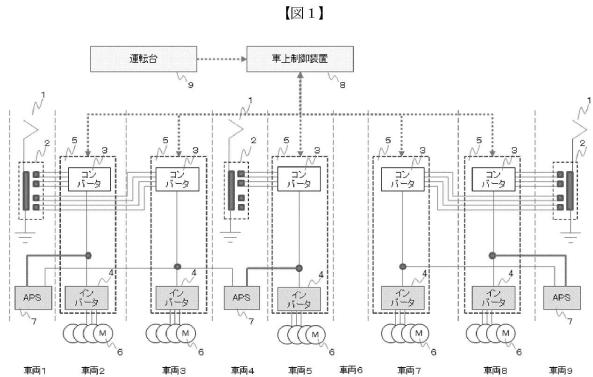
10

20

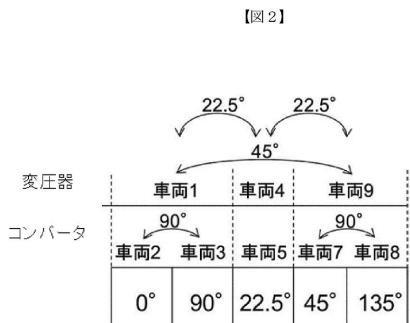
30

40

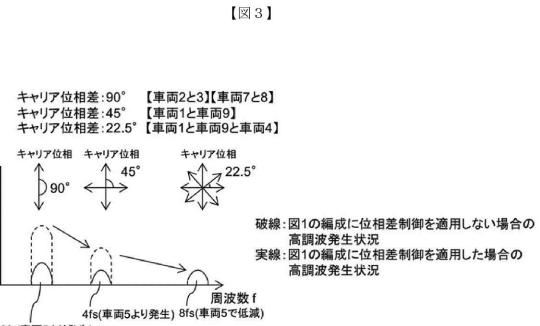
【図1】



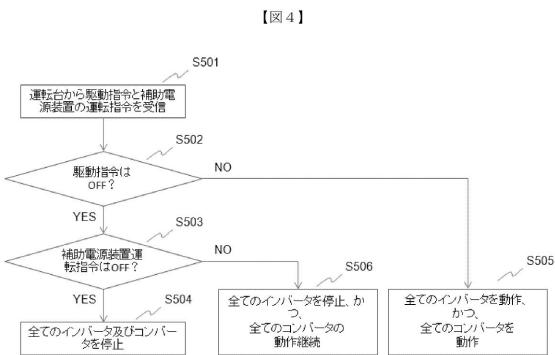
【図2】



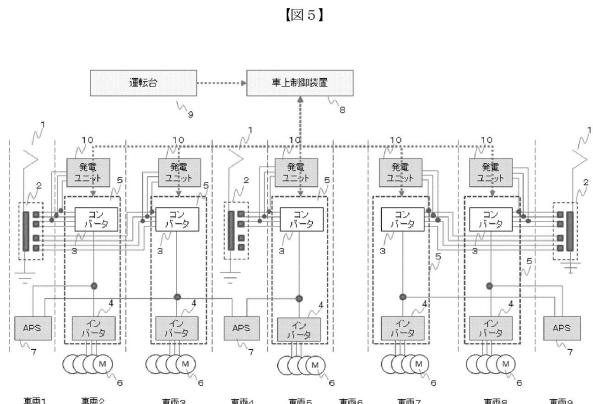
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 西村 欣剛

東京都千代田区丸の内一丁目6番6号

株式会社日立製作所内

(72)発明者 大浦 佑太

東京都千代田区丸の内一丁目6番6号

株式会社日立製作所内

審査官 清水 康

(56)参考文献 国際公開第2013/088496 (WO, A1)

特開2010-259328 (JP, A)

特開2014-027790 (JP, A)

特開平07-123501 (JP, A)

特開2014-140294 (JP, A)

特開昭63-028202 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B60L 1/00 - 3/12

B60L 7/00 - 13/00

B60L 15/00 - 15/42