(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第4546988号
(P4546988)

(45)発行日　平成22年9月22日(2010.9.22)　(24)登録日　平成22年7月9日(2010.7.9)

(51)Int.Cl.			F I		
B60L	7/12	(2006.01)	B60L	7/12	D
H02M	7/797	(2006.01)	H02M	7/797	
H02P	3/18	(2006.01)	H02P	3/18	101A
H02P	27/06	(2006.01)	H02P	7/63	302R

請求項の数 4　(全 11 頁)

(21)出願番号　特願2007-118390 (P2007-118390)
(22)出願日　平成19年4月27日 (2007.4.27)
(65)公開番号　特開2008-278615 (P2008-278615A)
(43)公開日　平成20年11月13日 (2008.11.13)
審査請求日　平成21年4月20日 (2009.4.20)

(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　110000062
特許業務法人第一国際特許事務所
(72)発明者　照沼　睦弘
茨城県ひたちなか市市毛１０７０番地　株式会社　日立製作所　交通システム事業部内
(72)発明者　豊田　瑛一
茨城県ひたちなか市市毛１０７０番地　株式会社　日立製作所　交通システム事業部内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】電力変換器の制御装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
架線から直流電力の供給を受けて、主回路素子を有する可変電圧、可変周波数インバータにより誘導電動機を駆動する電力変換器の制御装置において、
前記架線と同じ電圧印加方向となるように前記インバータの入力側の接地側に挿入された充電・放電可能な電力蓄電装置を有する直流電圧源を備え、
該直流電圧源は、
該電力蓄電装置の正極と負極間に相対して接続されたスイッチング素子と、
該スイッチング素子に並列に接続されたフライホイールダイオードと、
該スイッチング素子及び該フライホイールダイオードの中性点に接続されるリアクトルと、を有し、
該電力蓄電装置の正極は前記架線の接地側に接続され、前記リアクトルは前記インバータの入力側の接地側に接続され、
該インバータに流入または流出する電流の方向に応じて、該スイッチング素子の一方をオフさせたまま、他方のスイッチング素子のオンオフの通流率を制御することで、該直流電圧源の出力電圧をゼロから連続的に制御して、両方向の電流を制御し、
該直流電圧源の出力電圧を該架線電圧に加算し、該インバータの入力電圧として印加することを特徴とする電力変換器の制御装置。
【請求項２】
請求項１に記載の電力変換器において、

該電力蓄電装置の容量Ｂｂは、該直流電圧源の出力電圧を必要とする該誘導電動機の特性の回転速度をｖｈ、該直流電圧源の出力電圧を必要としない該誘導電動機の回転速度をｖｌ、該電力変換器の重量をM、該架線電圧をＥｓ、該電力蓄電装置の出力電圧の最大値をＥｂとした時、該インバータの運動エネルギーに該インバータへの架線電圧と該電力蓄電装置出力電圧との比を乗じた、（１）式で示される最大エネルギーＢｂｍａｘを満足する容量であることを特徴とする電力変換器の制御装置。

【数８】

$$Bbmax \fallingdotseq \frac{1}{2}(vh^2 - vl^2) \times M \times \frac{Eb}{(Es+Eb)} \quad \cdots(1)$$

【請求項３】

架線から直流電力の供給を受けて、主回路素子を有する可変電圧、可変周波数インバータにより誘導電動機を駆動する電力変換器の制御装置において、

前記架線と同じ電圧印加方向となるように前記インバータの入力側の接地側に挿入された充電・放電可能な電力蓄電装置を有する直流電圧源を備え、

該直流電圧源は、

該電力蓄電装置の正極と負極間に相対して接続されたスイッチング素子と、

該スイッチング素子に並列に接続されたフライホイールダイオードと、

該スイッチング素子及び該フライホイールダイオードの中性点に接続されるリアクトルと、を有し、

該電力蓄電装置の正極は前記インバータの入力側の接地側に接続され、前記リアクトルは前記架線の接地側に接続され、

該インバータに流入または流出する電流の方向に応じて、該スイッチング素子の一方をオフさせたまま、他方のスイッチング素子のオンオフの通流率を制御することで、該直流電圧源の出力電圧をゼロから連続的に制御して、両方向の電流を制御し、

該直流電圧源の出力電圧を該架線電圧に加算し、該インバータの入力電圧として印加することを特徴とする電力変換器の制御装置。

【請求項４】

請求項３に記載の電力変換器において、

該電力蓄電装置の容量Ｂｂは、該直流電圧源の出力電圧を必要とする該誘導電動機の特性の回転速度をｖｈ、該直流電圧源の出力電圧を必要としない該誘導電動機の回転速度をｖｌ、該電力変換器の重量をM、該架線電圧をＥｓ、該電力蓄電装置の出力電圧の最大値をＥｂとした時、該インバータの運動エネルギーに該インバータへの架線電圧と該電力蓄電装置出力電圧との比を乗じた、（１）式で示される最大エネルギーＢｂｍａｘを満足する容量であることを特徴とする電力変換器の制御装置。

【数１】

$$Bbmax \fallingdotseq \frac{1}{2}(vh^2 - vl^2) \times M \times \frac{Eb}{(Es+Eb)} \quad \cdots(1)$$

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、可変電圧、可変周波数インバータにより誘導電動機を駆動する電力変換器を制御する装置に係り、特に直流電源側に蓄電装置を有する直流電圧発生手段を備え、この直流電圧発生手段の発生する電力を利用して駆動する電力変換器の制御装置に関する。

【背景技術】

【０００２】
可変電圧、可変周波数（ＶＶＶＦ）インバータ制御により誘導電動機を駆動する、いわゆるインバータ鉄道車両において、停止間際に空気ブレーキを使用せず電気力のみのブレーキ力で鉄道車両を停車させる、全電気停止ブレーキが実用化されている。
【０００３】
空気ブレーキに頼らず、電気力によるブレーキだけで停止力が得られることは、ブレーキシューの磨耗の抑制につながり車両のメンテナンスにとって効果があるとともに、空気ブレーキでの立ち上がり遅れがないため、停止精度の向上にも寄与する。
【０００４】
このように、従来使用していた空気ブレーキに対して、電気ブレーキだけで鉄道車両を停止させることに少なからずメリットがあることから、鉄道車両の全速度領域において空気ブレーキを電気ブレーキに置き換えることができれば、ブレーキシューの磨耗に対して大きなメリットを得ることが可能となる。
【０００５】
しかしながら、インバータ制御における誘導電動機の交流側の最大出力電圧は、直流側すなわちインバータの入力電圧で決定され、鉄道車両での誘導電動機は、図２、図３の実線で示すように、高速の領域は交流出力電圧が最大になった特性を使用していることから、電気力のブレーキだけでは所要のブレーキ力を得られない問題があった。
【０００６】
そのために、ブレーキ時に誘導電動機側の電圧を上昇させることで、ブレーキ力を増加させようとする試みがなされている。例えば抵抗やコンデンサなどのインピーダンスを挿入するものであるが、ブレーキ時の回生エネルギーを無駄に消費するだけでなく、電圧の連続性がとれない欠点がある。特許文献１に開示されている例では、回生エネルギーの無駄はないが電圧の連続性がない。
【特許文献１】特開２００２－３６９３０４号公報
【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】
【０００７】
本発明の課題は、上記事情に鑑み、回生エネルギーを無駄にせずかつ電圧の連続性も保つことで必要な電気ブレーキ力を得る、鉄道車両の駆動制御装置を提供することにある。
【課題を解決するための手段】
【０００８】
上記課題は、インバータに流入もしくは流出する電流を処理可能な容量の、蓄電装置を有する直流電圧源をインバータの入力の接地側に直列に挿入し、発生する出力電圧をゼロから連続的に制御することで達成できる。
【発明の効果】
【０００９】
本発明によれば、誘導電動機の特性を高速側に拡大できるので、電気ブレーキ範囲が拡大しブレーキシューの磨耗低減が図れる。またブレーキ力の増大は回生パワーの増大でもあり、電力の回生率が向上し結果として省エネルギー化が可能となる。さらに力行側の特性も高速側に拡大することで制御性能の向上が期待できる。インバータの接地側に直流電圧源を挿入することは、電圧源に使用する部品を架線電圧対応の高圧部品を使用しなくてもよいという効果もある。
【発明を実施するための最良の形態】
【００１０】
以下に、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。
【実施例１】
【００１１】
図１は、本発明の実施例１の電力変換器の制御装置を示す。図１において架線１の直流電力をパンタグラフ２から集電し、フィルタリアクトルＦＬ３及びフィルタコンデンサＦ

Ｃ４を介してインバータ５に供給する。インバータ５で交流電力に変換し誘導電動機６を駆動する。インバータ５の接地側には蓄電装置１１を有する直流電圧源１０が挿入され、直流電圧を発生する。電流は車輪７を介し線路に戻される。以上の動作は鉄道車両の力行の場合であり、ブレーキの場合は、誘導電動機６が発電機として働き、電力を架線１側に回生することになる。従って、直流電圧源１０はインバータ５に流れる電流が流れ込むことになり、インバータの流入、流出両方向の電流を制御することになる。

【００１２】

鉄道車両での誘導電動機の一般的な特性を図２、図３に示す。図２は力行の場合、図３はブレーキの場合である。図３は力行と対比させるため逆向きの特性図としている。図４のように直流電圧源１０を挿入しない通常の電力変換器では、架線電圧Ｅｓ　インバータ入力電圧Ｅｉであり、図２、図３の実線で示す特性となっている。

【００１３】

そこで、本発明の実施例１のように、インバータの入力側に直流電圧源１０を挿入して、図５に示すように直流電圧源１０の出力電圧Ｅｄを、架線電圧Ｅｓに加算するように制御すれば、インバータ入力電圧Ｅｉ＝Ｅｓ＋Ｅｄとなり、図２、図３の特性で点線に示すように、インバータへの入力電圧の上昇により誘導電動機６の発生する交流電圧はΔＥｍ分拡大し、結果的に電流・トルクの特性が高速側に拡大する。従って直流電圧を上昇させると、インバータの処理する電力も拡大することになり、ブレーキ時には通常より大きな回生パワーを得られることになる。

【００１４】

鉄道車両では、直流電圧源１０の出力電圧はゼロから連続的に制御できる方が都合がよい。このような直流電圧を出力する電圧源を用いた具体的例を図６に示す。

【００１５】

図６において、図１と共通するところは説明を省略する。図１では図示しなかったが、架線１と車輪７の間には、回生エネルギーを吸収する他の鉄道車両や変電所が存在し、これらを８であらわす。

【００１６】

蓄電装置１１は充放電可能な蓄エネルギー装置で、その正極側にはスイッチング素子２１、負極側にはスイッチング素子２２が接続されスイッチング素子２１と２２とは直列接続する。またスイッチング素子２１、２２それぞれにはフライホイールダイオード３１、３２が並列に接続される。スイッチング素子２１と２２の中点とフライホイールダイオード３１と３２との中点は接続され、リアクトル４１を介してインバータ５の接地側に接続される。蓄電装置１１の正極側は車輪７に接続される。

【００１７】

ここでスイッチング素子の一方を常にオフとし、もう一方のスイッチング素子をオン・オフのチョッピング動作させることで、スイッチング素子とダイオードとの中点にチョッピング電圧が発生する。このチョッピング電圧を平滑すれば直流電圧を得ることができ、この直流電圧は架線電圧と加算されインバータ５に印加することになる。直流電圧はスイッチング素子のチョッピング周期（通流率）を制御することで、ゼロから連続に可変できる。

【００１８】

図６の動作について以下詳細に説明する。図７に力行時の動作状態を示す。図７において、スイッチング素子２１を常にオフにして、スイッチング素子２２をオンさせると、実線で示すようにリアクトル４１、スイッチング素子２２、蓄電装置１１を介した経路で電流が流れ、（Ａ）点には図８に示す実線のように、蓄電装置１１の電圧（－）Ｅｂが出力される。

【００１９】

スイッチング素子２１をオフのままスイッチング素子２２をオフすると、リアクトル４１、フライホイールダイオード３１を介して点線で示すように電流が流れ、（Ａ）点の電位は図８の点線のようにゼロになる。このようにスイッチング素子２２のオンオフにより

、蓄電装置１１の電圧Ｅｂの大きさのチョッピング電圧を発生させる。このチョッピング電圧をリアクトル４１、フィルタコンデンサ４により平滑された電圧Ｅｄは、架線電圧Ｅｓに加算されインバータ５の入力電圧Ｅｉとなる。この発生電圧Ｅｄは、スイッチング素子２２のチョッピングの通流率制御によりその大きさを連続に変えることができる。このため任意のタイミングで発生電圧の大きさや電圧の挿入・除去が可能になる。

【００２０】

図９にブレーキ時の動作状態を示す。ブレーキ時にはスイッチング素子２２を常にオフとする。ここでスイッチング素子２１をオフにすれば、蓄電装置１１からフライホイールダイオード３２、リアクトル４１を介して実線で示す経路で電流が流れ、（Ａ）点には図１０の実線で示すように電圧（－）Ｅｂがあらわれる。

【００２１】

次にスイッチング素子２１をオンさせると、電流はスイッチング素子２１、リアクトル４１、を介して点線で示すように流れ、（Ａ）点の電位は図１０の点線のようにゼロとなる。このようにブレーキの場合にはスイッチング素子２１のオンオフによって、図１０のようにチョッピング電圧を発生できる。

【００２２】

力行と同様にこの電圧もリアクトル４１、フィルタコンデンサ４で平滑されて電圧Ｅｄとなり、インバータ５の発生電圧に印加され、架線側への回生パワーが通常より増大し、より大きな電気ブレーキ力が得られることになる。なお、リアクトル４１はインバータ５側でも車輪７側でもどちらに接続しても効果は同じである。

【００２３】

ここで直流電圧源の発生する電圧Ｅｄとインバータ５への流入・流出電流の関係を求めてみる。蓄電装置１１の出力電圧をＥｂ、蓄電装置１１の電流をＩｂ、インバータ５の直流電流をＩｉ、スイッチング素子２１及び２２のチョッピング通流率をγであらわすと、

【数２】

$$Ed=\gamma\times Eb \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$

【数３】

$$Ib=\gamma\times Ii \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(3)$$

の関係になり、（２）、（３）より

【数４】

$$Ed\times Ii=Ib\times Eb \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(4)$$

となるので、チョッピング通流率γの制御により、インバータへ加算する電圧Ｅｄと蓄電装置の電流Ｉｂが選択される。

【００２４】

また、一般的に通流率γ≦１であるため、加算する電圧Ｅｄは蓄電装置１１の電圧Ｅｂ以下であり、

【数５】

$$Ed \times Ii \leqq \{Ib \times Eb\ (\text{最大許容値})\} \quad \cdots\cdots(5)$$

で制限されることになる。

【００２５】

蓄電装置１１の容量については、特性を拡大する速度範囲でのエネルギーに対して、蓄電装置で負担する比率を満たす容量であればよい。

【００２６】

図１６に示すように、拡大したい速度をｖｈ、蓄電装置による電圧の加算が必要ない速度をｖｌとする。ｖｈとｖｌ間のエネルギーＢｖは鉄道車両の重量をＭとすれば、

【数６】

$$Bv = \frac{1}{2}(vh^2 - vl^2) \times M \quad \cdots\cdots(6)$$

となる。蓄電装置で負担する電圧の最大値は、通流率　１の場合を考えると、バッテリ電圧Ｅｂとしてよいので、蓄電装置の容量の最大値Ｂｂｍａｘは、

【数７】

$$Bbmax \fallingdotseq \frac{1}{2}(vh^2 - vl^2) \times M \times \frac{Eb}{(Es + Eb)} \quad \cdots(7)$$

でほぼあらわせる。従って蓄電装置１１の容量は（７）式を満足する容量であればよい。

【００２７】

本実施例の他の特徴としては、スイッチング素子２１、２２の両端とフライホイールダイオード３１、３２の両端は、蓄電装置１１が接続されているので、これらの耐圧性能はインバータへの印加電圧ではなく、蓄電装置１１に対応した耐圧性能でよい。インバータの正極側に直流電圧源を挿入した場合には、直流電圧源に使用する素子はインバータと同じ耐圧性能が必要になる。しかし本実施例では、加算電圧に応じた素子の耐圧性能でよく、標準化や小型化が図れる効果もある。

【実施例２】

【００２８】

本発明の他の実施例について説明する。図１１は直流電圧を出力可能な他の電圧源を用いた例である。図１１の直流電圧源の構成は図６とほぼ同様であるが、蓄電装置１１の正極側はインバータ５の接地側に接続され、スイッチング素子２１、２２とフライホイールダイオード３１、３２の中点からのリアクトル４１の出力端が車輪７へ接続されているのが異なっている。

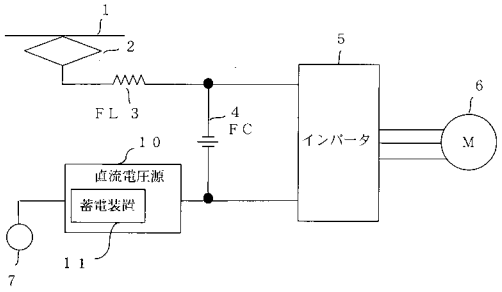
【００２９】

図１１の動作について以下詳細に説明する。図１２は力行時の動作状態を示す。図１２において、スイッチング素子２２は常にオフとし、スイッチング素子２１をオンすると、実線で示すようにスイッチング素子２１、リアクトル４１を介した経路で電流が流れ、スイッチング素子２１をオフすれば、点線で示すように蓄電装置１１、フライホイールダイオード３２、リアクトル４１を介して電流が流れる。本実施例の場合でも、スイッチング素子２１のオンオフ動作により（Ａ）点には図１３に示すようにチョッピング電圧を得ることができる。

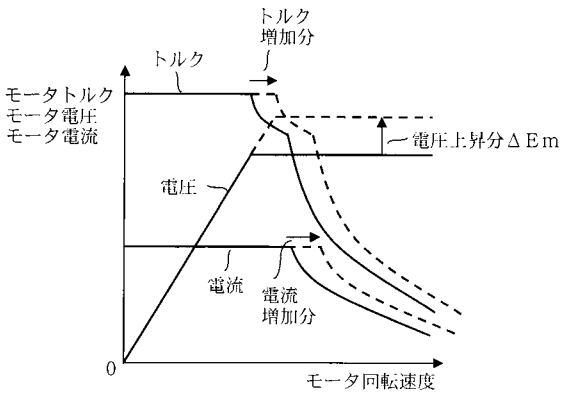
【００３０】
図１４にブレーキ時の動作状態を示す。ここではスイッチング素子２１を常にオフとする。スイッチング素子２２をオフとすれば、リアクトル４１、フライホイールダイオード３１を介して実線で示す経路で電流が流れ、スイッチング素子２２をオンさせると、リアクトル４１、スイッチング素子２２、蓄電装置１１を介して点線で示すように電流が流れる。従ってこの場合もスイッチング素子２２のオンオフによって、（Ａ）点には図１５に示すようにチョッピング電圧が得ることができる。よって図１１の実施例においても、図６の実施例と同様の効果を得ることができる。
【００３１】
以上説明してきたように、本実施例では車両性能の向上を図ることが可能となる。
【図面の簡単な説明】
【００３２】
【図１】図１は、本発明の実施例１の電力変換器の制御装置の説明図である。
【図２】図２は、電力変換器の力行時の誘導電動機の特性を示す説明図である。
【図３】図３は、電力変換器のブレーキ時の誘導電動機の特性を示す説明図である。
【図４】図４は、電力変換器の架線電圧とインバータ入力電圧の関係を示す説明図である。
【図５】図５は、本発明の実施例１の電力変換器の架線電圧と直流電圧源電圧とインバータ入力電圧の関係を示す説明図である。
【図６】図６は、本発明の実施例１である直流発生電源装置を挿入した電力変換器の説明図である。
【図７】図７は、図６の本発明の実施例１の電力変換器の力行時の動作説明図である。
【図８】図８は、図７の電力変換器の各発生電圧の説明図である。
【図９】図９は、図６の本発明の実施例１の電力変換器の回生ブレーキ時の動作説明図である。
【図１０】図１０は、図９の電力変換器の各発生電圧の説明図である。
【図１１】図１１は、本発明の実施例２の直流発生電源装置を挿入した電力変換器の説明図である。
【図１２】図１２は、図１１の本発明の実施例２の電力変換器の力行時の動作説明図である。
【図１３】図１３は、図１２の電力変換器の各発生電圧の説明図である。
【図１４】図１４は、図１１の本発明の実施例２の電力変換器の回生ブレーキ時の動作説明図である。
【図１５】図１５は、図１４の電力変換器の各発生電圧の説明図である。
【図１６】図１６は、本発明の実施例２の蓄電装置の容量の選定を示す説明図である。
【符号の説明】
【００３３】
１　架線
２　パンタグラフ
３　フィルタリアクトル
４　フィルタコンデンサ
５　インバータ
６　誘導電動機
７　車輪
８　他列車、変電所など
１０　直流電圧源装置
１１　蓄電装置
２１　スイッチング素子
２２　スイッチング素子
３１　フライホイールダイオード

３２　　フライホイールダイオード
４１　　リアクトル

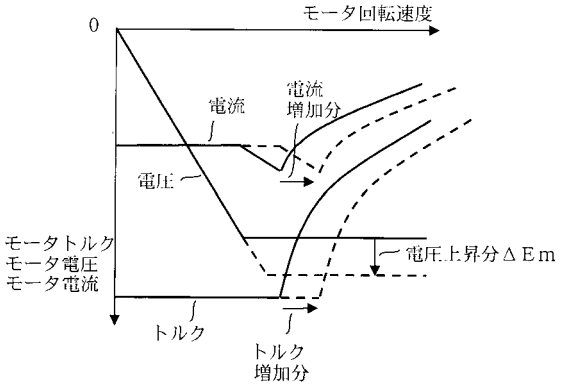
【図１】



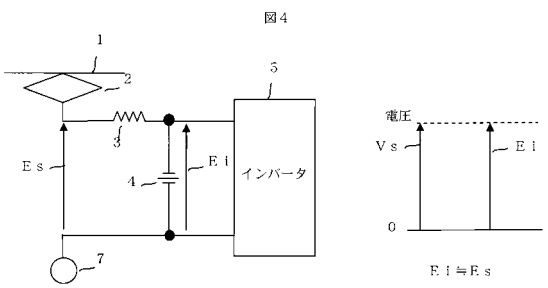
【図２】



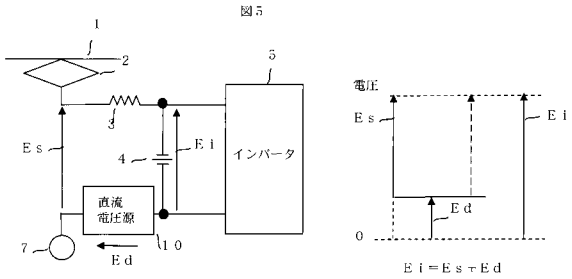
【図３】



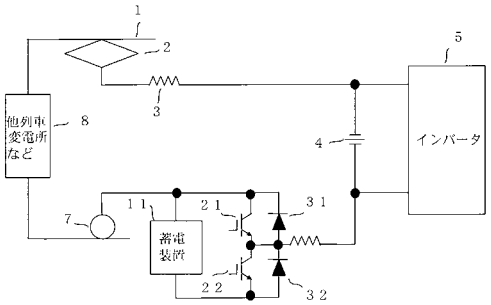
【図４】



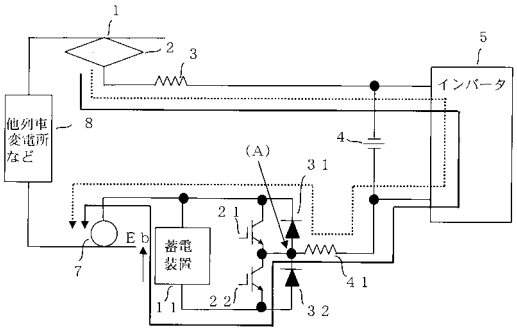
【図５】



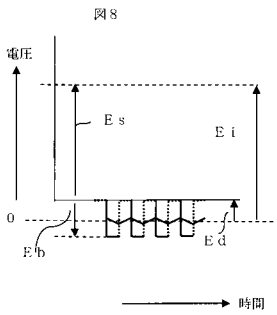
【図６】



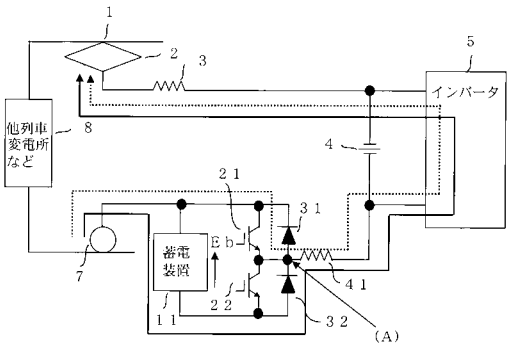
【図７】



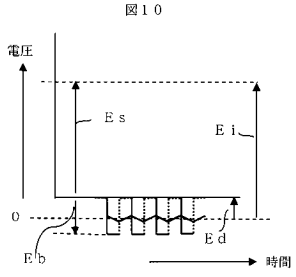
【図８】



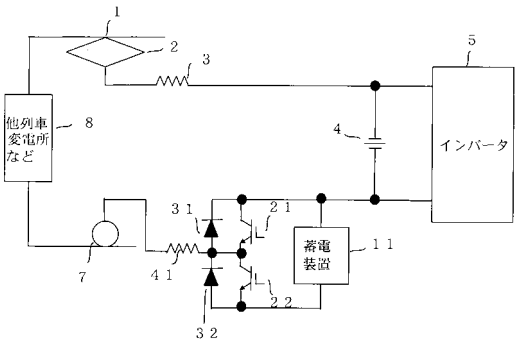
【図９】



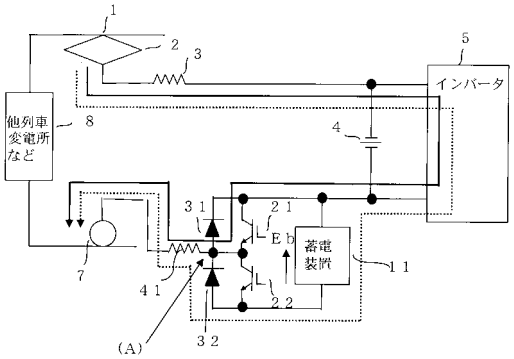
【図１０】



【図１１】

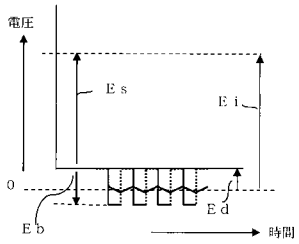


【図１２】

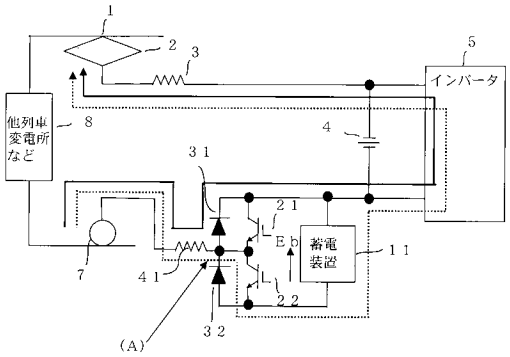


【図１３】

図１３

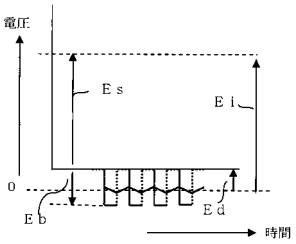


【図１４】

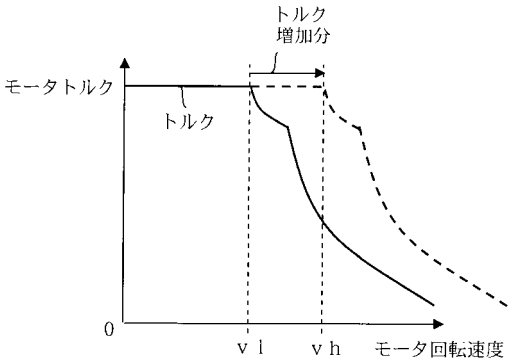


【図１５】

図１５



【図１６】



フロントページの続き

(72)発明者　嶋田　基巳
茨城県ひたちなか市市毛１０７０番地　株式会社　日立製作所　交通システム事業部内
(72)発明者　長洲　正浩
茨城県ひたちなか市市毛１０７０番地　株式会社　日立製作所　交通システム事業部内

審査官　根本　徳子

(56)参考文献　特開２００２－３６９３０４（ＪＰ，Ａ）
特開２００１－０５４２１０（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２００６／１２６２７２（WO，Ａ１）
特開２００１－０３７００４（ＪＰ，Ａ）
特開２００１－１７７９０３（ＪＰ，Ａ）
特開２００１－２３１１０４（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
Ｈ０２Ｍ　　７／７９７
Ｈ０２Ｐ　　３／１８
Ｈ０２Ｐ　２７／０６