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

特許第6751683号
(P6751683)

(45)発行日　令和2年9月9日(2020.9.9)　(24)登録日　令和2年8月19日(2020.8.19)

(51)Int.Cl.		F I		
H02P 27/06	(2006.01)	H02P	27/06	
H02M 7/48	(2007.01)	H02M	7/48	E
H02M 3/155	(2006.01)	H02M	3/155	H
H02M 3/28	(2006.01)	H02M	3/28	H
H02M 7/12	(2006.01)	H02M	7/12	A

請求項の数 22　(全 14 頁)

(21)出願番号　特願2017-62049(P2017-62049)
(22)出願日　平成29年3月28日(2017.3.28)
(65)公開番号　特開2018-166349(P2018-166349A)
(43)公開日　平成30年10月25日(2018.10.25)
審査請求日　平成31年3月22日(2019.3.22)

(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　110002365
特許業務法人サンネクスト国際特許事務所
(72)発明者　杉本　慎治
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　安東　正登
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　児島　徹郎
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】電力変換装置および電力変換方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
電源から供給された電力を変換して交流回転電動機を駆動するインバータを含んで構成される電力変換装置であって、
前記交流回転電動機の回転数の上昇に従って出力電圧を上昇させた後に、当該回転数の上昇に従って前記交流回転電動機の銅損および鉄損の合計損失が最小となるように出力電圧を下降させることを特徴とする電力変換装置。
【請求項２】
請求項１に記載の電力変換装置において、
前記交流回転電動機の回転数の上昇に従って出力電圧が最大値に達した後に、当該回転数の上昇に従って出力電圧を下降させることを特徴とする電力変換装置。
【請求項３】
請求項１～２のいずれかに記載の電力変換装置において、
前記交流回転電動機の回転数の上昇に従って出力が下降する運転領域で、当該回転数の上昇に従って出力電圧を下降させることを特徴とする電力変換装置。
【請求項４】
請求項１～３のいずれかに記載の電力変換装置において、
当該電力変換装置が、昇圧回路を搭載することを特徴とする電力変換装置。
【請求項５】
請求項１～３のいずれかに記載の電力変換装置において、

当該電力変換装置が、降圧回路を搭載することを特徴とする電力変換装置。
【請求項６】
請求項１～３のいずれかに記載の電力変換装置において、
当該電力変換装置が、蓄電池を搭載することを特徴とする電力変換装置。
【請求項７】
請求項１～３のいずれかに記載の電力変換装置において、
前記電源が交流電源であり、
当該電力変換装置が、前記電源からの交流電力を直流電力に変換するコンバータを搭載することを特徴とする電力変換装置。
【請求項８】
請求項１～７のいずれかに記載の電力変換装置において、
当該電力変換装置のインバータに並列接続されるコンデンサの電圧を、前記交流回転電動機の回転数の上昇に従って下降させることを特徴とする電力変換装置。
【請求項９】
請求項１～８のいずれかに記載の電力変換装置において、
前記交流回転電動機が、誘導機、永久磁石式同期電動機またはスイッチトリラクタンス電動機であることを特徴とする電力変換装置。
【請求項１０】
請求項１～９のいずれかに記載の電力変換装置を備える電気車。
【請求項１１】
電源から供給された電力を変換して交流回転電動機を駆動するインバータを含んで構成される電力変換装置が行う電力変換方法であって、
前記交流回転電動機の回転数の上昇に従って出力電圧を上昇させた後に、当該回転数の上昇に従って前記交流回転電動機の銅損および鉄損の合計損失が最小となるように出力電圧を下降させることを特徴とする電力変換方法。
【請求項１２】
請求項１１に記載の電力変換方法において、
前記交流回転電動機の回転数の上昇に従って出力電圧が最大値に達した後に、当該回転数の上昇に従って出力電圧を下降させることを特徴とする電力変換方法。
【請求項１３】
請求項１１～１２のいずれかに記載の電力変換方法において、
前記交流回転電動機の回転数の上昇に従って出力が下降する運転領域で、当該回転数の上昇に従って出力電圧を下降させることを特徴とする電力変換方法。
【請求項１４】
請求項１１～１３のいずれかに記載の電力変換方法において、
前記電源からの電力を昇圧回路により昇圧して供給することを搭載することを特徴とする電力変換方法。
【請求項１５】
請求項１１～１３のいずれかに記載の電力変換方法において、
前記電源からの電力を降圧回路により降圧して供給することを特徴とする電力変換方法。
【請求項１６】
請求項１１～１３のいずれかに記載の電力変換方法において、
前記電源からの電力に、蓄電池の電圧を印加して供給することを特徴とする電力変換方法。
【請求項１７】
請求項１１～１３のいずれかに記載の電力変換方法において、
前記電源からの交流電力をコンバータにより直流電圧に変換して供給することを特徴とする電力変換方法。
【請求項１８】

請求項１１～１７のいずれかに記載の電力変換方法において、
電力変換するインバータに並列接続されるコンデンサの電圧を、前記交流回転電動機の回転数の上昇に従って下降させることを特徴とする電力変換方法。
【請求項１９】
請求項１１～１８のいずれかに記載の電力変換方法において、
前記交流回転電動機が、誘導機、永久磁石式同期電動機またはスイッチトリラクタンス電動機であることを特徴とする電力変換方法。
【請求項２０】
請求項１１～１９のいずれかに記載の電力変換方法により変換された電力を、電気車の交流回転電動機に供給して電気車を走行させる、電気車の走行方法。
【請求項２１】
請求項１に記載の電力変換装置において、
前記交流回転電動機の回転数の上昇に従って出力一定となるように出力電圧を上昇させた後に、当該回転数の上昇に従って出力低下となるように出力電圧を下降させることを特徴とする電力変換装置。
【請求項２２】
請求項１１に記載の電力変換方法において、
前記交流回転電動機の回転数の上昇に従って出力一定となるように出力電圧を上昇させた後に、当該回転数の上昇に従って出力低下となるように出力電圧を下降させることを特徴とする電力変換方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、交流回転電動機を駆動させる電力変換装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
一般に、交流回転電動機の制御装置から出力される出力電圧は、低速時には、回転電機の速度に比例して増加し、中速域には、制御装置が出力可能な最大出力電圧まで上昇し、中速域以上の高速域では、最大出力電圧で一定となり、回転電機を駆動させる。この場合、駆動する条件によっては、効率最大で運転しているとは限らない。こうした課題を解決するために、回転電動機に印加する電圧を変えるものとして、特許文献１～４が開示されている。
【０００３】
特許文献１は、操舵力を発生する回転電動機に高出力が必要なときに、インバータのスイッチング損失を低減するためのものである。回転電動機の回転速度または出力が増加すると、ハーネスに流れる電流が大きくなってハーネスにおける電圧降下量が増大するため、これによって入力電圧が低下することになる。このように、入力電圧は回転電動機の回転速度または出力に応じて変化することから、回転電動機が所定の回転速度領域で動作しているか否かを入力電圧に基づいて判断し、回転電動機がこの回転速度領域で動作している場合に、回転電動機が低トルク領域で動作しているときよりもキャリア周波数を低く設定するようにしている。
【０００４】
また、特許文献２は、平滑コンデンサの容量低下による電圧の変動が大きくなり過ぎると、十分に抑制できなくなって過大な電圧変動が発生し、電力供給源の出力に接続された電子機器に過電圧印加が発生するおそれを無くすためのものである。この電動駆動制御装置は、平滑手段に印加される直流電圧を検出する直流電圧検出手段と、直流電圧検出手段で検出された直流電圧が所定電圧以上となった場合に、電力変換装置の入力特性を直流電圧が減少するような入力特性に補正するモータ制御部とを備える。モータ制御部の動作により、電力供給源の出力に接続された機器への過電圧印加の発生を防止できる構成としている。

【０００５】
さらに、特許文献３は、正弦波ＰＷＭ制御方式よりもモータ印加電圧の基本波成分が大きい変調方式に従って交流回転電動機を制御するモータ駆動システムの制御装置において、交流回転電動機の回転数の急変時にモータ電流を適切に制御するものである。モータ駆動システムの制御装置では、モータ電圧修正手段は、交流回転電動機の回転数減少時における回転数差に対する交流回転電動機への印加電圧の修正度合いを、交流回転電動機の回転数上昇時における修正度合いよりも大きく設定するものとしている。
【０００６】
特許文献４は、インバータ回路のスイッチング損失を低減するものである。交流電力を供給する回転電機であるモータジェネレータの低速運転状態である運転領域では、ＰＷＭ方式で制御し、回転電機の回転速度が低速運転領域より上昇した運転領域では、ＰＨＭ方式による制御に移行する。これにより歪の影響をできるだけ押さえ、効率向上を実現できるものとしている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００７】
【特許文献１】特開２０１０－２２１８５６号公報
【特許文献２】特開２０１０－０１１６８７号公報
【特許文献３】特開２００６－３２００３９号公報
【特許文献４】国際公開第２０１１／１３５６２１号
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００８】
本願発明者が、交流回転電動機を高効率で駆動することについて鋭意検討した結果、次の知見を得るに至った。
【０００９】
特許文献１では、キャリア周波数を低く設定するため、回転電動機の印加電圧が増加することにより、回転電動機内の鉄心に発生する鉄損が増加する。また、キャリア周波数を低くすることにより、回転電動機の印加電圧の歪みが大きくなり、回転電動機内で発生する損失の高調波成分が大きくなる。これらの損失増加により、回転電動機の効率が低下する課題がある。
【００１０】
特許文献２では、直流電圧が所定電圧以上となった場合に、電力変換装置の入力特性を直流電圧が減少するような入力特性に補正し、電力供給源の出力に接続された機器への過電圧印加の発生を防止できる。しかし、電力変換装置が出力する電圧は、電力変換装置の許容電圧で駆動されるため、駆動される交流回転電動機は、効率が最大の条件で運転されない課題がある。
【００１１】
特許文献３では、交流回転電動機の回転数減少時における回転数差に対する交流回転電動機への印加電圧の修正度合いを、交流回転電動機の回転数上昇時における修正度合いよりも大きく設定する構成である。この構成では、交流回転電動機の過電流を抑制することにより、過電流時よりも銅損を低減でき、効率を向上させることができる。しかし一方で、交流回転電動機の印加電圧を、過電流を抑制するために修正しているため、交流回転電動機の効率が最大の条件で運転されない課題がある。
【００１２】
特許文献４では、低速運転状態である運転領域ではＰＷＭ方式で制御し、回転電機の回転速度が低速運転領域より上昇した運転領域ではＰＨＭ方式による制御に移行する構成である。この構成では、インバータ回路のスイッチング損失を低減することにより、効率が向上できる。しかし一方で、交流回転電動機の印加電圧は、ＰＷＭ方式およびＰＨＭ方式の両方式ともに、インバータ回路が出力される電圧の最大値となるため、交流回転電動機

の効率が最大の条件で運転されない課題がある。

【００１３】

本発明の目的は、銅損および鉄損の合計損失を低減して、回転電機を高効率に駆動することに関する。

【課題を解決するための手段】

【００１４】

本発明は、電源から供給された電力を、交流回転電動機を駆動する電力に変換する際、当該交流回転電動機の回転数の上昇に従って出力電圧を上昇させた後に、当該回転数の上昇に従って前記交流回転電動機の銅損および鉄損の合計損失が最小となるように出力電圧を下降させることに関する。

【発明の効果】

【００１５】

本発明によれば、回転数が高い運転領域において交流回転電動機の損失を最小化でき、交流回転電動機を高効率に運転できる

【図面の簡単な説明】

【００１６】

【図１】実施例１にかかる電力変換装置１の回路図

【図２】実施例１にかかるインバータ２を動作させるためのブロック線図。

【図３】実施例１にかかるモータ１００の回転数-トルク特性を示すグラフ

【図４】モータ１００に入力される従来の速度-交流電圧パターンを示すグラフ

【図５】モータ１００に入力される従来の速度-交流電圧パターンでのモータ１００の損失である銅損および鉄損を示すグラフ

【図６】実施例１にかかるモータ１００に入力される速度-交流電圧パターンを示すグラフ

【図７】図４および図６に示した交流電圧パターンにおけるモータ１００の鉄損、銅損および全損失(鉄損と銅損の合計値)を示すグラフ

【図８】実施例２にかかる速度－交流電圧パターンを示すグラフ

【図９】実施例３にかかる速度－交流電圧パターンを示すグラフ

【図１０】実施例４にかかる電力変換装置１の回路図

【図１１】実施例４にかかる昇圧回路３を動作させるためのブロック線図

【図１２】実施例５にかかる電力変換装置１の回路図

【図１３】実施例６にかかる電力変換装置１の回路図

【図１４】実施例７にかかる電力変換装置１の回路図

【図１５】実施例８にかかる電力変換装置内のコンデンサ電圧-速度、交流電圧-速度を示すグラフ

【図１６】実施例９にかかる電気鉄道車両の交流電動機駆動システムの構成図

【発明を実施するための形態】

【００１７】

実施例では、電源から供給された電力を変換して交流回転電動機を駆動する電力変換装置であって、交流回転電動機の回転数の上昇に従って出力電圧を上昇させた後に、当該回転数の上昇に従って出力電圧を下降させるものを開示する。

【００１８】

また、実施例では、電源から供給された電力を、交流回転電動機を駆動する電力に変換する電力変換方法であって、交流回転電動機の回転数の上昇に従って出力電圧を上昇させた後に、当該回転数の上昇に従って出力電圧を下降させるものを開示する。

【００１９】

また、実施例では、交流回転電動機の回転数の上昇に従って出力電圧が最大値に達した後に、当該回転数の上昇に従って出力電圧を下降させることを開示する。

【００２０】

また、実施例では、交流回転電動機の回転数の上昇に従って出力が下降する運転領域で

、当該回転数の上昇に従って出力電圧を下降させることを開示する。
【００２１】
また、実施例では、電力変換装置が、昇圧回路を搭載することを開示する。また、電源からの電力を昇圧回路により昇圧してインバータに供給することを開示する。
【００２２】
また、実施例では、電力変換装置が、降圧回路を搭載することを開示する。また、電源からの電力を降圧回路により降圧してインバータに供給することを開示する。
【００２３】
また、実施例では、電力変換装置が、蓄電池を搭載することを開示する。また、電源からの電力に、蓄電池の電圧を印加してインバータに供給することを開示する。
【００２４】
また、実施例では、電力変換装置が、電源から供給された交流電力を直流電力に変換するコンバータを搭載することを開示する。また、電源からの交流電力をコンバータにより直流電圧に変換してインバータに供給することを開示する。
【００２５】
また、実施例では、電力変換装置のインバータに並列接続されるコンデンサの電圧を、交流回転電動機の回転数の上昇に従って下降させることを開示する。また、電力変換するインバータに並列接続されるコンデンサの電圧を、交流回転電動機の回転数の上昇に従って下降させることを開示する。
【００２６】
また、実施例では、交流回転電動機が、誘導機、永久磁石式同期電動機またはスイッチトリラクタンス電動機であることを開示する。
【００２７】
また、実施例では、電力変換装置を備える電気車を開示する。また、電力変換方法により変換された電力を、電気車の交流回転電動機に供給して電気車を走行させる、電気車の走行方法を開示する。
【００２８】
以下、上記およびその他の本発明の新規な特徴と効果について図面を参酌して説明する。なお、図面は専ら発明の理解のために用いるものであり、権利範囲を限縮するものではない。
【実施例１】
【００２９】
本実施例について、図１乃至図７に基づいて説明する。
【００３０】
図１は、本実施例にかかる電力変換装置１の回路図である。電力変換装置１は、直流電源４から供給された電圧を平滑するコンデンサ５と、６つのスイッチング素子６０１で構成されている。コンデンサ５は、電解コンデンサやフィルムコンデンサのどちらでもよく、コンデンサ５を大容量化するために、小容量のコンデンサを多数並列接続して構成しても良い。スイッチング素子６０１は、ＩＧＢＴやＭＯＳＦＥＴのどちらでもよく、スイッチング素子６０１がＩＧＢＴである場合には、ＩＧＢＴとは逆向きにダイオード９０１をそれぞれ並列接続し、スイッチング素子６０１がＭＯＳＦＥＴである場合には、ダイオード９０１としてＭＯＳＦＥＴの寄生ダイオードを利用できる。半導体モジュール８０１は、２つのスイッチング素子６０１が直列に接続されて構成されている２ｉｎ１モジュールであるが、これに限られず、一つのスイッチング素子６０１のみを含む１ｉｎ１モジュールを組み合わせてもよい。スイッチング素子６０１の接続点は、モータ１００への交流出力点となる。
【００３１】
図２は、本実施例にかかるインバータ２を動作させるためのブロック線図である。インバータ２は、インバータ２から出力されるモータの回転子の位置情報θ、モータの交流電流Iu、Iv、Iwを基に、モータ制御部１０にて制御される。

【００３２】
図３は、本実施例にかかるモータ１００の回転数-トルク特性を示すグラフである。モータ１００は、可変速運転される場合、低速領域にトルク一定の運転領域、低速領域よりも速度が高い中・高速領域に出力一定又は出力を低下させた特性を有する。
【００３３】
図４は、モータ１００に入力される従来の速度－交流電圧パターンを示すグラフである。従来は、図４に示すように、低速領域では、モータ１００の速度に比例して交流電圧を増加させ、中速領域では、電力変換装置１が出力可能な最大の交流電圧まで上昇させ、中速域以上の高速領域では、交流電圧を最大値で一定として、モータ１００を駆動させる。
【００３４】
図５は、図４で示したモータ１００に入力される従来の速度－交流電圧パターンでのモータ１００の損失である銅損および鉄損を示すグラフである。銅損はモータ１００の巻線に流れる電流によって発生するジュール損失であり、鉄損はモータ１００の内部で作られる磁束の時間変化によって、発生する損失である。図５では、低速領域では、鉄損に比べて銅損が大きいのに対して、中速領域および高速領域では銅損に比べて鉄損の方が大きい。銅損および鉄損の算出式を以下に示す。
銅損$Ws=R\cdot I^2$・・・（１）
鉄損$Wi=Kh\cdot(B)\cdot f+Ke\cdot(B)^2\cdot f^2$・・・（２）
であらわされる。
【００３５】
ここで、Rはモータ１００の巻線の抵抗値、Iはモータ１００に流れる３相分の電流値、KhおよびKeはモータ１００の内部構造によって決定する係数、Ｂはモータ１００の内部の磁束密度、φはモータ１００内部で発生する磁束量、Ｓは磁束φが鎖交する面積、ｆは交流電圧の周波数である。磁束密度と電圧は以下の式で表される。
磁束密度$B=\phi/S$・・・（３）
交流電圧$V=N\cdot(d\phi/dt)$・・・（４）
ここで、Ｎはモータ１００の巻線数、dφは磁束φの時間変化量、dtは時間変化量である。（２）（３）（４）式から鉄損Ｗｉは以下の式で書きなおせる。
鉄損$Wi=Kh\cdot((N\int Vdt))/S)\cdot f+Ke\cdot((N\int Vdt))/S)^2\cdot f^2$・・・（５）
（５）式から鉄損Ｗｉは電圧と周波数に１乗と２乗で比例する。このことから、モータ１００の回転数が上昇すると鉄損が増加するため、高速領域では、モータ１００の鉄損が支配的となる運転領域が存在する。
【００３６】
図６は、本実施例にかかるモータ１００に入力される速度-交流電圧パターンを示すグラフであり、高速領域で交流電圧を下げた場合の交流電圧パターンである。図７は、図４および図６に示した交流電圧パターンにおけるモータ１００の鉄損、銅損および全損失(鉄損と銅損の合計値)を示すグラフである。高速領域で交流電圧を下げることにより、銅損および鉄損の合計値を最小化して、モータ１００を高効率に運転できる。
【００３７】
本実施例では、モータ１００の回転数の上昇にしたがって交流電圧を上昇させた後に、さらにモータ１００の回転数が上昇した高速領域で交流電圧を下降させる運転領域を有している。本実施例によれば、モータ１００の回転数の上昇にしたがって交流電圧を上昇させた後の高速領域において、交流電圧を下げることにより、銅損および鉄損の全損失を最小化して、モータ１００を高効率に運転できる。
【実施例２】
【００３８】
本実施例は、実施例１と異なり、最大出力電圧上限まで交流電圧を上昇させる。以下、実施例１との相違点を中心に説明する。
【００３９】
図８は、本実施例にかかる速度－交流電圧パターンを示すグラフであり、高速領域で交

流電圧を下げた場合の交流電圧パターンである。本実施例の交流電圧パターンでは、モータ１００の回転数の上昇にしたがって制御装置の最大出力電圧上限まで交流電圧が上昇した後に、モータ１００の回転数の上昇にしたがって交流電圧を下降させる運転領域を有している。

【００４０】

本実施例によれば、モータ１００が出力するトルクが大きい場合に、制御装置１の出力電圧を最大値まで出力することにより、モータ１００に流れる電流を小さくでき、銅損を小さくして運転できる。また、高速領域で交流電圧を下げることにより、銅損および鉄損の合計損失を最小化でき、モータ１００を高効率に運転できる。

【実施例３】

【００４１】

本実施例では、トルク一定の低速領域、出力一定の中速領域、および出力低下の高速領域を有するものである。以下、実施例１乃至２との相違点を中心に説明する。

【００４２】

図９は、本実施例にかかる速度－交流電圧パターンを示すグラフであり、モータ１００の回転数－トルク特性、およびモータ１００に入力される交流電圧パターンである。本実施例では、モータ１００の低速領域にトルク一定の運転領域、低速領域よりも速度が高い中速領域に出力一定の運転領域を有し、さらに回転数が高い運転領域では出力を低下させた特性を有する。これに対して、モータ１００に印加される交流電圧は、低・中速領域では、モータ１００の速度に従って交流電圧が増加し、出力が低下する高速領域では、交流電圧を下降させる運転領域を有している。

【００４３】

本実施例によれば、トルク・出力が必要な低・中速領域ではモータ１００の回転数の増加に従って交流電圧を増加させ、出力が不要な高速領域では、交流電圧を低下させているため、速度に応じてモータ１００を高効率に駆動できる。

【実施例４】

【００４４】

本実施例では、実施例１と異なり、電力変換装置１がインバータ２と昇圧回路３から構成されている。以下、実施例１乃至３との相違点を中心に説明する。

【００４５】

図１０は、本実施例にかかる電力変換装置１の回路図である。本実施例の電力変換装置１は、インバータ２と昇圧回路３から構成されている。

【００４６】

昇圧回路３は、半導体モジュール８０２とリアクトル１５から構成されている。半導体モジュール８０２は、２つのスイッチング素子６０２が直列に接続されて構成されている。スイッチング素子６０２の接続点は、リアクトル１５を介して直流電源４に接続されている。また、半導体モジュール８０２は、インバータ２と並列に接続されている。なお、半導体モジュール８０２は、単体のみならず複数でもよく、複数のスイッチング素子６０２およびダイオード９０２を並列に接続して大容量化しても良い。

【００４７】

図１１は、本実施例にかかる昇圧回路３を動作させるためのブロック線図である。電圧指令値Ecf^*を基にＡＶＲ制御部で電圧を調節し、電流指令値Is*を制御する。ＡＣＲ制御部はＡＶＲ制御部から出す電流指令値Is^*となるように電流値Isをコントロールする。ゲート・ドライバー１７はＡＣＲ制御部から出るIsに応じて昇圧回路３を制御し、昇圧回路３から出力される電圧Ecfを調節する。これにより、昇圧回路３を動作させ、インバータ２に入力される直流電圧値を調節する。

【００４８】

本実施例によれば、電力変換装置１が昇圧回路３を搭載しているため、モータ１００の回転数が上昇した際に交流電圧を下げることが低損失で実施できるため、銅損および鉄損の合計損失を最小化でき、モータ１００を高効率に運転できる。

【実施例５】
【００４９】
本実施例では、実施例1と異なり、電力変換装置１がインバータ２と降圧回路８から構成されている。以下、実施例１乃至４との相違点を中心に説明する。
【００５０】
図１２は、本実施例にかかる電力変換装置１の回路図である。本実施例の電力変換装置１は、インバータ２と降圧回路８から構成されている。
【００５１】
降圧回路８は、半導体モジュール８０３とリアクトル１５から構成されている。半導体モジュール８０３は、２つのスイッチング素子６０３が直列に接続されて構成されている。スイッチング素子６０３がＩＧＢＴである場合には、ＩＧＢＴとは逆向きにダイオード９０３をそれぞれ並列接続する必要があるが、スイッチング素子６０３がＭＯＳＦＥＴである場合には、ダイオード９０３としてＭＯＳＦＥＴの寄生ダイオードを利用できる。２つのスイッチング素子６０３の接続点は、リアクトル１５に接続されており、リアクトル１５は、インバータ２に接続されている。なお、半導体モジュール８０３は、単体のみならず複数でもよく、複数のスイッチング素子８０３およびダイオード９０３を並列に接続して大容量化しても良い。また、インバータ２は前述した実施例に記載のインバータ２と同様である。降圧回路８の動作は、図１１に記載の、実施例４にかかる昇圧回路３を動作させるためのブロック線図と同様であり、降圧回路８が出力するEcfと、ゲート・ドライバー１７の入力電流Isの情報を基に、電圧・電流を制御し、出力する電圧値を調節する。
【００５２】
本実施例によれば、モータ１００の回転数が上昇にした際に交流電圧を下げることが低損失で実施できるため、銅損および鉄損の合計損失を最小化でき、モータ１００を高効率に運転できる。
【実施例６】
【００５３】
本実施例では、実施例１と異なり、電力変換装置１がインバータ２と蓄電装置９から構成されている。以下、実施例１乃至５との相違点を中心に説明する。
【００５４】
図１３は、本実施例にかかる電力変換装置１の回路図である。本実施例の電力変換装置１は、インバータ２と蓄電装置９から構成されており、電力変換装置１の高圧側は、リアクトル１５を介して架線１１に接続されている。インバータ２は、実施例１のインバータ２と同様である。蓄電装置９は、インバータ２のグランド側に接続されており、架線１１の直流電圧に加えて、蓄電装置９の出力する直流電圧がインバータ２に印加される。蓄電装置９の動作は、図１１に記載の、実施例４にかかる昇圧回路３を動作させるためのブロック線図と同様であり、蓄電装置９が出力するEcfと、ゲート・ドライバー１７の入力電流Isの情報を基に、電圧・電流を制御し、出力する電圧値を調節する。
【００５５】
本実施例によれば、モータ１００の回転数が上昇にした際に交流電圧を下げることができる。さらに、モータ１００が減速する際に発生する発電電力を蓄電装置９に貯蔵でき、モータ１００を高効率に運転できる。
【実施例７】
【００５６】
本実施例では、実施例１と異なり、電力変換装置１がインバータ２とコンバータ１３から構成されている。以下、実施例１乃至６との相違点を中心に説明する。
【００５７】
図１４は、本実施例にかかる電力変換装置１の回路図である。本実施例の電力変換装置１は、交流電源１８から供給された電圧を、変圧器１６により電圧の大きさを変えた上で、交流電圧を直流電圧に変換するコンバータ１３に供給する。コンバータ１３は、４つのスイッチング素子６０４から構成されている。スイッチング素子６０４がＩＧＢＴである

場合には、ＩＧＢＴとは逆向きにダイオード９０４をそれぞれ並列接続する必要があるが、スイッチング素子６０４がＭＯＳＦＥＴである場合には、ダイオード９０４としてＭＯＳＦＥＴの寄生ダイオードを利用できる。半導体モジュール８０４は、スイッチング素子６０４が直列に接続されて構成されている。２つの半導体モジュール８０４は、並列に接続されている。また、２つの半導体モジュール８０４各々のスイッチング素子６０４の接続点は、変圧器１６と接続されている。コンバータ１３は、インバータ２に接続されている。なお、インバータ２は、実施例１のインバータ２と同様である。

【００５８】

本実施例の電力変換装置１は、インバータ２とコンバータ１３から構成されており、コンバータ１３の動作は、図１１に記載の、実施例４にかかる昇圧回路３を動作させるためのブロック線図と同様であり、コンバータ１３が出力するEcfと、ゲート・ドライバー１７の入力電流Isの情報を基に、電圧・電流を制御し、出力する電圧値を調節する。

【００５９】

本実施例によれば、モータ１００の回転数が上昇にした際に交流電圧を下げることができ、モータ１００を高効率に運転できる。

【実施例８】

【００６０】

本実施例では、実施例１と異なり、コンデンサ５の電圧Ecfがモータ100の回転数が上昇した際に低下する運転領域を有する。以下、実施例１乃至７との相違点を中心に説明する。

【００６１】

図１５は、本実施例にかかる電力変換装置内のコンデンサ電圧-速度、交流電圧-速度を示すグラフであり、電力変換装置１に搭載されているコンデンサ５の電圧とモータ１００の回転数の関係およびモータ１００の交流電圧の関係を示している。本実施例では、電力変換装置１に搭載されるコンデンサ５の電圧を変える手段として、実施例４の昇圧回路３、実施例５の降圧回路８、実施例６の蓄電池、または実施例７にかかる交流から直流に変換する電力変換装置（コンバータ）などを用いる。また、これらの電圧を変える手段の動作は、図１１に記載の、実施例４にかかる昇圧回路３を動作させるためのブロック線図と同様である。

【００６２】

本実施例にかかるコンデンサ５の電圧Ecfは、モータ１００の回転数が上昇した際に低下する運転領域を有し、同じ運転領域において、モータ１００の交流電圧も低下する。

【００６３】

本実施例によれば、モータ１００の回転数が上昇した際に交流電圧を下げることにより、銅損および鉄損の合計損失を最小化でき、モータ１００を高効率に運転できる。

【実施例９】

【００６４】

本実施例は、実施例１乃至８いずれかの電力変換装置を搭載した鉄道車両である。以下、実施例１乃至８との相違点を中心に説明する。

【００６５】

図１６は、本実施例にかかる電気鉄道車両の交流電動機駆動システムの構成図であり、交流電動機駆動システムを用いた鉄道車両を示す。鉄道車両の交流電動機駆動システムでは、架線１１から集電装置を介して電力が供給され、電力変換装置１を経由して交流電力がモータ１００に供給されることによりモータ１００を駆動する。モータ１００は、鉄道車両の車軸と連結されており、モータ１００により鉄道車両の走行が制御される。電気的なグランドはレール１２を介して接続されている。なお、架線１１の電圧は直流および交流のどちらでもよい。

【００６６】

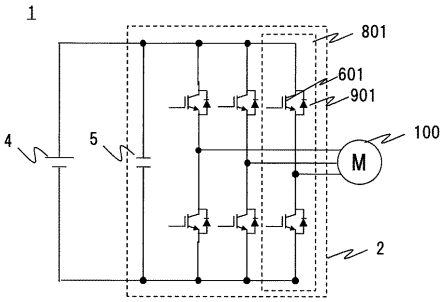
本実施例によれば、鉄道車両を高効率に運転できる。

【産業上の利用可能性】

【００６７】
上記実施例では、誘導電動機を例に説明したが、これに限らず、永久磁石式電動機やスイッチトリラクタンスなどにも、本発明は適用できる。また、上記実施例では、鉄道車両を例に説明したが、電気自動車やハイブリッドカーなどにも、本発明は適用できる。
【符号の説明】
【００６８】
１　電力変換装置
２　インバータ
３　昇圧回路
４　直流電源
５　コンデンサ
８　降圧回路
９　蓄電装置
１０　モータ制御部
１１　架線
１２　レール
１３　コンバータ
１４　車輪
１５　リアクトル
１６　変圧器
１７　ゲート・ドライバー
１８　交流電源
１００　モータ
６０１　インバータのスイッチング素子
６０２　昇圧回路のスイッチング素子
６０３　降圧回路のスイッチング素子
６０４　コンバータのスイッチング素子
８０１　インバータの半導体モジュール
８０２　昇圧回路の半導体モジュール
８０３　降圧回路の半導体モジュール
８０４　コンバータの半導体モジュール
９０１　インバータのダイオード
９０２　昇圧回路のダイオード
９０３　降圧回路のダイオード
９０４　コンバータのダイオード

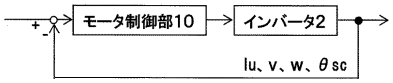
【図１】

図１



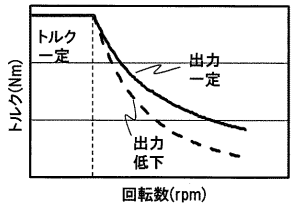
【図２】

図２



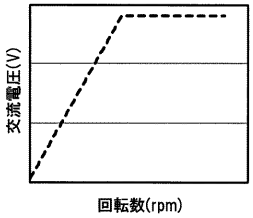
【図３】

図３



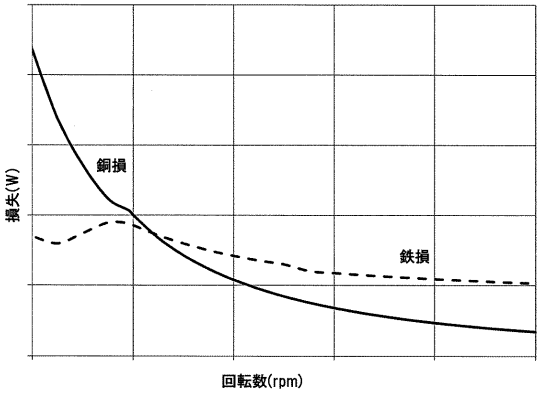
【図４】

図４



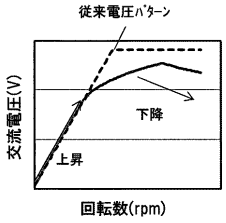
【図５】

図５



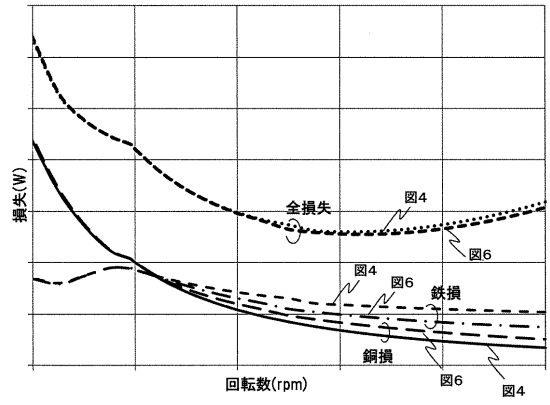
【図６】

図６



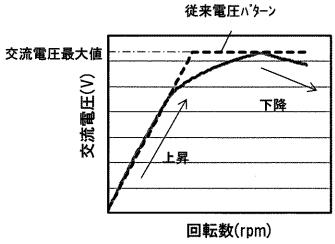
【図７】

図７



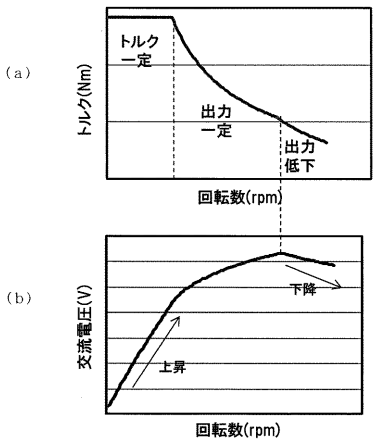
【図８】

図８



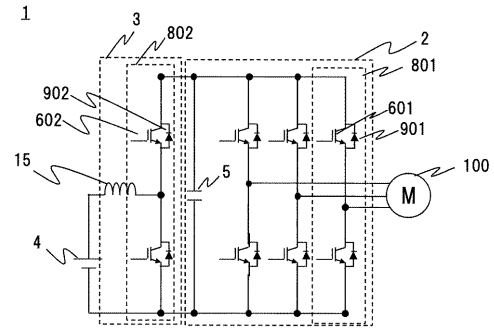
【図９】

図９



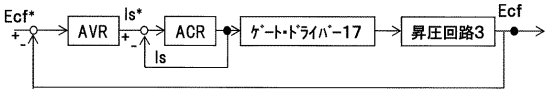
【図１０】

図１０



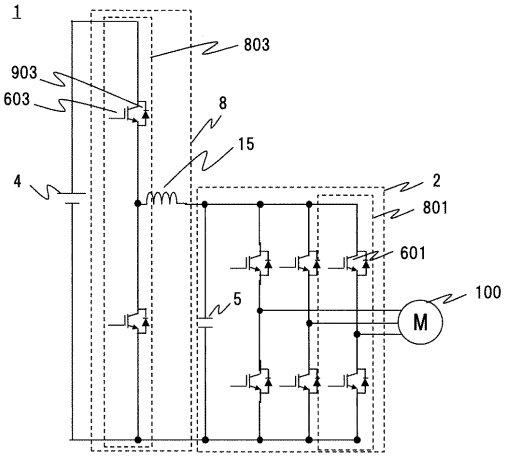
【図１１】

図１１



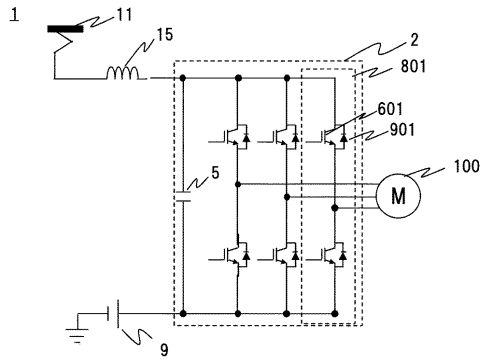
【図１２】

図１２



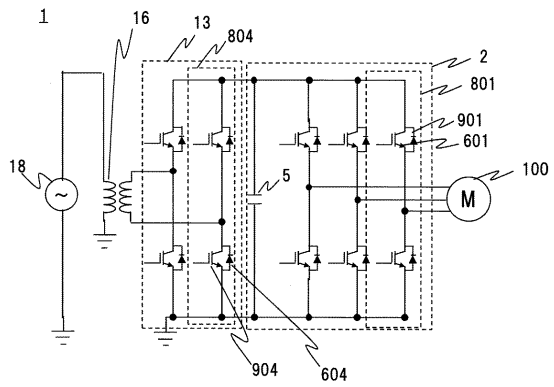
【図１３】

図１３



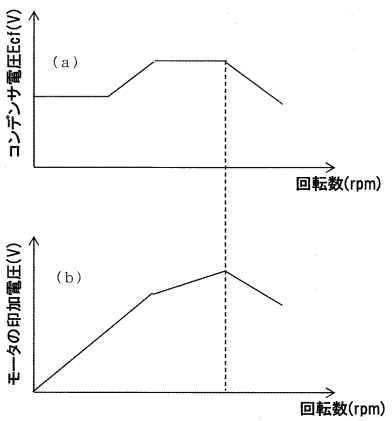
【図１４】

図１４



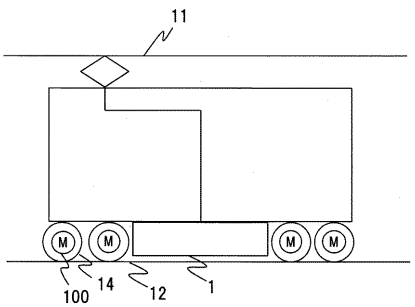
【図１５】

図１５



【図１６】

図１６



フロントページの続き

審査官　安池　一貴

(56)参考文献　特開２００５－０２７４１０（ＪＰ，Ａ）
特開２０００－２２４８６０（ＪＰ，Ａ）
特開２００１－０７８４９３（ＪＰ，Ａ）
特開２００２－０２７７８７（ＪＰ，Ａ）
特開２００３－１５３５７４（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０２Ｐ　２７／０６
Ｈ０２Ｍ　３／１５５
Ｈ０２Ｍ　３／２８
Ｈ０２Ｍ　７／１２
Ｈ０２Ｍ　７／４８