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

特許第6658576号
(P6658576)

(45)発行日　令和2年3月4日(2020.3.4)　(24)登録日　令和2年2月10日(2020.2.10)

(51)Int.Cl.		F I		
B60W 20/11	(2016.01)	B60W	20/11	
H02P 27/06	(2006.01)	H02P	27/06	ZHV
B60K 6/48	(2007.10)	B60K	6/48	
B60W 10/08	(2006.01)	B60W	10/08	900
B60L 9/18	(2006.01)	B60L	9/18	J

請求項の数 4　(全 16 頁)　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2017-13988(P2017-13988)
(22)出願日　平成29年1月30日(2017.1.30)
(65)公開番号　特開2018-122612(P2018-122612A)
(43)公開日　平成30年8月9日(2018.8.9)
審査請求日　平成31年3月19日(2019.3.19)

(73)特許権者　000004260
株式会社デンソー
愛知県刈谷市昭和町１丁目１番地
(74)代理人　100093779
弁理士　服部　雅紀
(72)発明者　小川　崇
愛知県刈谷市昭和町１丁目１番地　株式会社デンソー内

審査官　増子　真

最終頁に続く

(54)【発明の名称】インバータ制御装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
電源（２０）側の直流電力とモータジェネレータ（８０）側の交流電力とを相互に変換し、前記電源の電力を前記モータジェネレータに供給して力行トルクを出力させ、且つ、前記モータジェネレータの回生トルクにより発生した電力を前記電源側に供給可能なインバータ（４０）を制御するインバータ制御装置であって、
前記電源と前記インバータとの間の電力経路に設けられた電源リレー（２１）が遮断された電源遮断時に、前記インバータの前記電源側に設けられたコンデンサ（２５）の両端電圧であるコンデンサ電圧（Ｖｃ）についての目標電圧と検出値との差分である電圧偏差に応じて、前記モータジェネレータの力行トルク又は回生トルクに係るトルク指令を演算する電圧フィードバック制御部（６０１）と、
前記電源遮断時に、前記電圧フィードバック制御部が演算したトルク指令に基づいて、前記インバータをスイッチング動作させる駆動信号を生成する駆動信号生成部（５５、５６）と、
を備え、
前記電圧フィードバック制御部は、
前記モータジェネレータの回転数であるＭＧ回転数（Ｎｍ）に基づいて、ＭＧ回転数が高いほど０に近づく正の値である補正倍率（α）を算出し、且つ、電圧フィードバック制御の比例ゲイン、積分ゲイン又は微分ゲインのうち少なくとも一つに対して前記補正倍率を乗算する補正部（６７１）を有し、

前記補正部は、所定のガード回転数（Ｎｇｒｄ）を超えるＭＧ回転数領域において、ＭＧ回転数に反比例する前記補正倍率を演算するインバータ制御装置。

【請求項２】

電源（２０）側の直流電力とモータジェネレータ（８０）側の交流電力とを相互に変換し、前記電源の電力を前記モータジェネレータに供給して力行トルクを出力させ、且つ、前記モータジェネレータの回生トルクにより発生した電力を前記電源側に供給可能なインバータ（４０）を制御するインバータ制御装置であって、

前記電源と前記インバータとの間の電力経路に設けられた電源リレー（２１）が遮断された電源遮断時に、前記インバータの前記電源側に設けられたコンデンサ（２５）の両端電圧であるコンデンサ電圧（Ｖｃ）についての目標電圧と検出値との差分である電圧偏差に応じて、前記モータジェネレータの力行トルク又は回生トルクに係るトルク指令を演算する電圧フィードバック制御部（６０２）と、

前記電源遮断時に、前記電圧フィードバック制御部が演算したトルク指令に基づいて、前記インバータをスイッチング動作させる駆動信号を生成する駆動信号生成部（５５、５６）と、

を備え、

前記電圧フィードバック制御部は、

前記モータジェネレータの回転数であるＭＧ回転数（Ｎｍ）に基づいて、ＭＧ回転数が高いほど０に近づく正の値である補正倍率（α）を算出し、且つ、前記電圧偏差に対して前記補正倍率を乗算する補正部（６７２）を有し、

前記補正部は、所定のガード回転数（Ｎｇｒｄ）を超えるＭＧ回転数領域において、ＭＧ回転数に反比例する前記補正倍率を演算するインバータ制御装置。

【請求項３】

電動車両の動力源である主機を前記モータジェネレータとし、前記電源リレーの前記インバータ側に、前記インバータと並列に補機電力変換回路（３０）が接続されたシステムに適用され、

前記電圧フィードバック制御部は、前記補機電力変換回路に要求される入力電圧を前記目標電圧として電圧フィードバック制御を行う請求項１または２に記載のインバータ制御装置。

【請求項４】

前記電源の異常が発生したとき、前記電源リレーが遮断される請求項１～３のいずれか一項に記載のインバータ制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、電源とモータジェネレータとの間で電力を変換するインバータの制御装置に関する。

【背景技術】

【０００２】

従来、電動車両に搭載される主機バッテリの電力をインバータで変換してモータジェネレータを駆動するシステムにおいて、主機バッテリの異常時に電源リレーを遮断し、モータジェネレータの回生トルクにより発電を行うシステムが知られている。回生発電時に、インバータは、平滑コンデンサの両端に印加されるコンデンサ電圧が所望の値となるように電圧制御される。

【０００３】

例えば特許文献１に開示された車両用バッテリ制御装置は、インバータの主機バッテリ側に、高電圧を降圧して補機用低電圧バッテリへの充電を行う低圧側ＤＣＤＣコンバータが設けられている。主機バッテリの異常が検出されると、電源リレーが遮断され、平滑コンデンサの電圧と、低圧側ＤＣＤＣコンバータの出力電圧指令値との大小関係に応じて、低圧側ＤＣＤＣコンバータ及びインバータが制御される。

【先行技術文献】
【特許文献】
【０００４】
【特許文献１】特許第５１７１５７８号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００５】
特許文献１の従来技術では、補機の使用電力の変動によってコンデンサ電圧の変動が生じたとき、双方向ＤＣＤＣコンバータの特性を生かしてコンデンサ電圧変動を抑制する。しかし、この技術は、双方向ＤＣＤＣコンバータを備えないシステムには適用できない。この技術を適用するために双方向ＤＣＤＣコンバータを用いようとすると、コストアップにつながる。
また、特許文献１の従来技術では、高圧側のコンデンサ電圧が変動したとき、低圧側ＤＣＤＣコンバータの出力電圧指令を増加させてコンデンサ電圧を下げる工夫をしている。しかし、インバータ制御部とＤＣＤＣコンバータ制御部との間で通信をしているシステムでは、通信遅れにより、急激な変動に対し十分な応答性を確保できない可能性がある。
【０００６】
したがって、双方向ＤＣＤＣコンバータとの連携によりコストアップや通信遅れの問題を有する従来技術に対し、インバータ単独の制御によりコンデンサ電圧変動を抑制可能な制御装置の実現が望まれる。
本発明は、このような点に鑑みて創作されたものであり、その目的は、電圧制御によりトルク指令を演算するインバータ制御装置において、電圧を安定化させるインバータ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】
【０００７】
本発明のインバータ制御装置は、電源（２０）側の直流電力とモータジェネレータ（８０）側の交流電力とを相互に変換し、電源の電力を消費してモータジェネレータに力行トルクを出力させ、且つ、モータジェネレータの回生トルクにより発生した電力を電源側に供給可能なインバータ（４０）を制御する。このインバータ制御装置は、電圧フィードバック制御部（６０１、６０２）と、駆動信号生成部（５５、５６）と、を備える。
【０００８】
ここで、電源とインバータとの間の電力経路に設けられた電源リレー（２１）が遮断されている時を「電源遮断時」という。また、インバータの電源側に設けられたコンデンサ（２５）の両端電圧を「コンデンサ電圧（Ｖｃ）」という。
電圧フィードバック制御部は、電源遮断時に、コンデンサ電圧（Ｖｃ）についての目標電圧と検出値との差分である電圧偏差に応じて、モータジェネレータの力行トルク又は回生トルクに係るトルク指令を演算する。
【０００９】
駆動信号生成部は、電源遮断時に、電圧フィードバック制御部が演算したトルク指令に基づいて、インバータをスイッチング動作させる駆動信号を生成する。
典型的には、電源の異常が発生したとき、電源リレーが遮断される。そして、電源遮断時に、電圧フィードバック制御部が演算したトルク指令に基づいて駆動信号生成部が駆動信号を生成する制御を「電圧制御」という。
【００１０】
電圧フィードバック制御部は、モータジェネレータの回転数であるＭＧ回転数（Ｎｍ）に基づいて、ＭＧ回転数が高いほど０に近づく正の値である補正倍率（α）を算出し、且つ、電圧フィードバック制御の比例ゲイン、積分ゲイン又は微分ゲインのうち少なくとも一つに対して補正倍率を乗算する補正部（６７１）、又は、電圧偏差に対して補正倍率を乗算する補正部（６７２）を有する。補正部は、所定のガード回転数（Ｎｇｒｄ）を超えるＭＧ回転数領域において、ＭＧ回転数に反比例する補正倍率を演算する。

【００１１】
トルク指令を操作量とする電圧フィードバック制御では、ＭＧ回転数によって電力感度が異なり、高回転であるほど電力感度が高くなる。そのため、ＭＧ回転数の全領域でコンデンサ電圧を安定化させることが難しい。
それに対し本発明では、電圧制御の実行時、ＭＧ回転数Ｎｍに応じて算出される補正倍率αを、電圧フィードバック制御の演算過程におけるいずれかの演算量に対して乗算することで、ＭＧ回転数Ｎｍによらず応答特性を均一化することができる。よって、コンデンサ電圧を安定化させることができる。
【図面の簡単な説明】
【００１２】
【図１】各実施形態のＭＧ－ＥＣＵ（インバータ制御装置）が適用される車両制御システムの全体構成図。
【図２】図１のシステムにおけるインバータ及びＭＧ－ＥＣＵの構成図。
【図３】比較例（一般的な電圧制御）での補機負荷電力急変時におけるコンデンサ電圧の応答を説明する図。
【図４】第１実施形態の電圧フィードバック制御部の制御ブロック図。
【図５】（ａ）反比例曲線、（ｂ）線形補間マップによる、ＭＧ回転数と補正倍率との関係を示す図。
【図６】本実施形態による電圧安定化の効果を説明する図。
【図７】主機バッテリ異常時の全体処理を示すメインフローチャート。
【図８】電圧制御処理のサブフローチャート。
【図９】第２実施形態の電圧フィードバック制御部の制御ブロック図。
【発明を実施するための形態】
【００１３】
以下、インバータ制御装置の複数の実施形態を図面に基づいて説明する。
第１及び第２実施形態は、電圧フィードバック制御部の補正部の構成が異なるのみであり、それ以外の構成及び作用効果は共通である。本明細書では、第１及び第２実施形態を包括して「本実施形態」という。本実施形態のインバータ制御装置は、車両の動力源としてエンジン及びモータジェネレータ（以下、「ＭＧ」）を備えるハイブリッド車両に適用される。
【００１４】
［車両制御システムの構成］
まず、各実施形態における「インバータ制御装置」としてのＭＧ－ＥＣＵ５４が適用される車両制御システムの全体構成について図１を参照して説明する。
車両９０に適用される車両制御システム１０は、エンジン７０、ＭＧ８０、主機バッテリ２０、インバータ４０、動力伝達系のクラッチ９１、９２、変速機９３、及び車両制御装置５０等を含む。
エンジン７０は、燃料を燃焼させて発生する熱エネルギーを回転駆動力に変換する。
【００１５】
ＭＧ８０は、主機バッテリ２０からインバータ４０を経由して供給される電力を消費し、ハイブリッド車両の主機として、力行トルクを発生する。また、ＭＧ８０は、エンジン７０又は駆動軸９４側から伝達されるトルクにより回転し、発生した電力を、インバータ４０を経由して主機バッテリ２０に回生する。本実施形態のＭＧ８０は、永久磁石式同期型の三相交流電動発電機である。
回転角センサ８５は、ＭＧ８０の回転角θを検出する。本実施形態では、回転角センサ８５としてレゾルバを用いることを想定するが、他の回転角センサが使用されてもよい。
【００１６】
「電源」としての主機バッテリ２０は、ニッケル水素電池、リチウムイオン電池等の充放電可能な二次電池により構成される。図２に示すように、主機バッテリ２０の正極は、

高電位ラインＰに接続され、主機バッテリ２０の負極は、低電位ラインＮに接続される。
なお、主機バッテリ２０を「高圧バッテリ」と称し、後述の補機バッテリ３２を「低圧バッテリ」と称してもよい。また、バッテリに代えて、電気二重層キャパシタ等の蓄電装置が電源として用いられてもよい。

【００１７】

主機バッテリ２０とインバータ４０との間には、電力経路を遮断可能な電源リレー２１が設けられている。電源リレー２１は、いわゆるシステムメインリレーに相当し、高電位ラインＰに設けられる高電位側リレー２２、及び、低電位ラインＮに設けられる低電位側リレー２３を含む。高電位側リレー２２及び低電位側リレー２３は、機械式リレー、半導体リレーのいずれでもよい。

【００１８】

インバータ４０は、主機バッテリ２０側の直流電力と、ＭＧ８０側の三相交流電力とを相互に変換する。インバータ４０は、主機バッテリ２０の電力をＭＧ８０に供給して力行トルクを出力させ、且つ、ＭＧ８０の回生トルクにより発生した電力を主機バッテリ２０側に供給可能である。

【００１９】

図２に示すように、インバータ４０は、三相上下アームのスイッチング素子４１－４６により構成される。詳しくは、スイッチング素子４１、４２、４３は、それぞれＵ相、Ｖ相、Ｗ相の上アームのスイッチング素子であり、スイッチング素子４４、４５、４６は、それぞれＵ相、Ｖ相、Ｗ相の下アームのスイッチング素子である。本実施形態のスイッチング素子４１－４６は、ＩＧＢＴ（絶縁ゲートバイポーラトランジスタ）である。また、スイッチング素子４１－４６には、低電位側のエミッタ側から高電位側のコレクタ側への通電を許容するフライホイールダイオードが付随している。
インバータ４０の主機バッテリ２０側には入力電圧を平滑化するコンデンサ２５が設けられる。コンデンサ２５の両端電圧、すなわち高電位ラインＰと低電位ラインＮとの電位差をコンデンサ電圧Ｖｃという。電圧センサ２４はコンデンサ電圧Ｖｃを検出する。

【００２０】

電源リレー２１とインバータ４０との間の電力経路から分岐した経路には、「補機電力変換回路」としてのＤＣＤＣコンバータ３０が接続されている。ＤＣＤＣコンバータ３０は、主機バッテリ２０及びインバータ４０側の高電圧と補機バッテリ３２側の低電圧とを双方向に変換可能である。
鉛蓄電池等の二次電池で構成される補機バッテリ３２は、ＤＣＤＣコンバータ３０の出力電圧により充電され、車両の各種補機負荷３３に低圧電力を供給する。補機負荷３３には、スタータ、電動パワーステアリング装置、ブレーキアクチュエータ等、退避走行時に必要な機能を有するものが含まれる。

【００２１】

エンジン側クラッチ９１は、エンジン７０の出力軸７１に設けられ、エンジン７０とＭＧ８０との間の動力伝達を断続する。
変速機側クラッチ９２は、ＭＧ８０の出力側に設けられ、ＭＧ８０と変速機９３との間の動力伝達を断続する。変速機９３は、駆動軸９４に伝達される動力を変速可能である。変速機９３の出力側の駆動軸９４に伝達された駆動力は、デファレンシャルギア９５を介して車軸９６に伝達され、駆動輪９８を回転させる。

【００２２】

図２に示すように、車両制御装置５０は、バッテリＥＣＵ５２、ＭＧ－ＥＣＵ５４等の複数の個別ＥＣＵと、それらを統括する統括ＥＣＵ５１とから構成され、車両の駆動に関する種々の制御を総合的に行う。なお、エンジン７０、変速機９３と車両制御装置５０との情報通信に関しては、図１に破線で通信のみを表し、図２には、その他の個別ＥＣＵであるエンジンＥＣＵ、トランスミッションＥＣＵの図示を省略する。
各ＥＣＵは、いずれもマイコン等を主体として構成され、ＣＡＮ等の通信網を介して情報を送受信可能である。各ＥＣＵにおける処理は、ＲＯＭ等の実体的なメモリ装置に予め

記憶されたプログラムをＣＰＵで実行することによるソフトウェア処理であってもよいし、専用の電子回路によるハードウェア処理であってもよい。

【００２３】

統括ＥＣＵ５１は、バッテリＥＣＵ５２、ＭＧ－ＥＣＵ５４等の各個別ＥＣＵから情報を取得する他、図示しないアクセルセンサ、シフトスイッチ、車速センサ等からアクセル開度、シフト位置、車速等に関する情報を取得する。統括ＥＣＵ５１は、取得した情報に基づいて、車両９０全体の制御を司り、各個別ＥＣＵに対し指令信号を送信する。

特に本実施形態では、統括ＥＣＵ５１は、電源遮断時に、ＭＧ－ＥＣＵ５４に対し電圧制御指令を送信する機能を有する。

【００２４】

バッテリＥＣＵ５２は、主機バッテリ２０の電圧、電流、温度、ＳＯＣ等の主機バッテリ情報を取得し、主機バッテリ２０のＳＯＣが所定の範囲内となるように、主機バッテリ２０の状態を監視する。また、バッテリＥＣＵ５２は、取得した主機バッテリ情報に基づいて主機バッテリ２０の異常を検出する。

主機バッテリ２０の異常には、電圧が正常範囲を逸脱する電圧異常、電流が上限値を超える過電流異常、及び、ＳＯＣが正常範囲を逸脱するＳＯＣ異常等がある。主機バッテリ２０の異常が検出されると、バッテリＥＣＵ５２は、電源リレー２１を遮断し、主機バッテリ２０とインバータ４０及びＭＧ８０とを切り離す。

【００２５】

電源リレー２１が遮断されると、ＭＧ８０は力行動作を停止し、ハイブリッド車両は、基本的にエンジン７０の動力で退避走行する。それに伴い、エンジン７０又は駆動軸９４側から伝達されるトルクによりＭＧ８０が回転し、発電する。ＭＧ８０が発生した電力はインバータ４０に印加される。

退避走行中に、スタータや電動パワーステアリング装置等の補機負荷３３の使用により電力が消費されると、ＤＣＤＣコンバータ３０が動作し、コンデンサ電圧Ｖｃを降圧して補機バッテリ３２を充電する。補機負荷３３により適度に電力が消費されることで、コンデンサ電圧Ｖｃが過電圧となることが防止される。また、主機バッテリ２０からの電力供給が遮断されても、ＭＧ８０の回生電力を利用して、退避走行中に補機負荷３３の使用を継続することができる。

【００２６】

以下、電源リレー２１が接続されており、主機バッテリ２０からインバータ４０へ電力供給されている時を「通常時」という。また、電源リレー２１が遮断され、主機バッテリ２０からインバータ４０への電力供給が停止している時を「電源遮断時」という。

本実施形態では、主機バッテリ２０の異常が検出された時が主に電源遮断時として想定される。ただし、電源リレー２１自体の故障や電源リレー２１への通信異常等により電源リレー２１が接続不能となった場合等も電源遮断時に含まれる。

また、インバータ４０が実際には正常であるが、ノイズ等の影響で異常と誤判定され、一時的に電源リレー２１が遮断される場合がある。この場合、電源リレー２１が再び接続されるまでのインバータ制御については、本実施形態が適用され得る。

【００２７】

通常時にＭＧ－ＥＣＵ５４は、統括ＥＣＵ５１から受信したトルク指令Tm^*に基づいて、インバータ４０をスイッチング動作させる駆動信号を生成する。このインバータ駆動制御を「トルク制御」という。

一方、電源遮断時には、統括ＥＣＵ５１からＭＧ－ＥＣＵ５４に電圧制御指令が送信される。電圧制御指令を受信し、且つ、後述する電圧制御実施条件が成立していると、ＭＧ－ＥＣＵ５４は、内部の電圧フィードバック制御部６０で生成したトルク指令Tm^*に基づいて駆動信号を生成する。このインバータ駆動制御を「電圧制御」という。

その他、信号線の図示等を省略するが、ＭＧ－ＥＣＵ５４から統括ＥＣＵ５１に対し、ＭＧ８０の実トルクや実回転数等の情報が通知される。

【００２８】

［ＭＧ－ＥＣＵの構成］

本実施形態のＭＧ－ＥＣＵ５４は、電流指令演算部５５、電流フィードバック制御部５６及び電圧フィードバック制御部６０を有する。電流指令演算部５５及び電流フィードバック制御部５６は、「トルク指令Ｔｍ*に基づいて駆動信号を生成する駆動信号生成部」を構成する。また、電流フィードバック制御では、周知のベクトル制御が用いられる。

電流指令演算部５５は、トルク指令Ｔｍ*に基づき、マップや数式を用いてｄｑ軸電流指令Ｉｄ*、Ｉｑ*を演算する。上述のように、トルク指令Ｔｍ*は、通常時のトルク制御では統括ＥＣＵ５１から入力され、電源遮断時の電圧制御では電圧フィードバック制御部６０から入力される。

【００２９】

電流フィードバック制御部５６は、電流センサ８４が検出した相電流、及び、回転角センサ８５が検出した回転角θを取得する。なお、図２には、相電流の検出例として、Ｖ相及びＷ相の二相の相電流Ｉｖ、Ｉｗを検出し、残るＵ相の電流Ｉｕをキルヒホッフの法則により算出する例を示している。ただし、どの二相の電流を検出してもよく、三相の電流を検出してもよい。

電流フィードバック制御部５６は、回転角θを用いて相電流をｄｑ変換し、ｄｑ軸電流指令Ｉｄ*、Ｉｑ*に対しフィードバックする。そして、電流検出値が電流指令に追従するようにＰＩ制御等により電圧指令を演算し、さらにＰＷＭ変調等により駆動信号を生成する。電流フィードバック制御は周知技術であるため、詳しい説明を省略する。

【００３０】

電圧制御実行条件は、ＭＧ回転数Ｎｍ及びコンデンサ電圧Ｖｃがそれぞれの上下限値の範囲内に入っている場合に成立する。つまり、ＭＧ回転数Ｎｍの上限値をＮｍＨ、下限値をＮｍＬと表し、コンデンサ電圧Ｖｃの上限値をＶｃＨ、下限値をＶｃＬと表すと、電圧制御実行条件は、式（１）、（２）により表される。

$$NmL \leqq Nm \leqq NmH \quad \cdots (1)$$

$$VcL \leqq Vc \leqq VcH \quad \cdots (2)$$

【００３１】

統括ＥＣＵ５１から電圧制御指令を受信し、電圧制御実行条件が成立するとき、ＭＧ－ＥＣＵ５４は、電圧制御により駆動信号を生成し、インバータ４０をスイッチング動作させる。このとき、電圧フィードバック制御部６０は、コンデンサ電圧Ｖｃの検出値を目標電圧に追従させる電圧フィードバック制御により、トルク指令Ｔｍ*を演算する。

一方、電圧制御実行条件が成立しないとき、ＭＧ－ＥＣＵ５４は、全てのスイッチング素子４１－４６をゲート遮断することでスイッチングを停止する。ゲート遮断した状態では、ＭＧ８０側からの電流は、スイッチング素子４１－４６に付随するフライホイールダイオードを経由して低電位側から高電位側に向かって流れる。

以上が、ＭＧ－ＥＣＵ５４の基本的な構成及び作用の説明である。

【００３２】

次に図３を参照し、比較例として一般的な電圧制御での問題点を説明する。図３には、ＭＧ回転数Ｎｍが３０００ｒｐｍ、２０００ｒｐｍ、１０００ｒｐｍのときの、補機負荷３３の電力消費の急変時におけるコンデンサ電圧Ｖｃの応答を示す。

時刻ｔ０以前の初期状態では、コンデンサ電圧Ｖｃは目標電圧Ｖｔｇｔを保っている。

時刻ｔ０に補機負荷電力が急激に増加すると、補機バッテリ３２の消費電力を補うため、インバータ４０からＤＣＤＣコンバータ３０へ電力が供給される。これによりコンデンサ電圧Ｖｃは一時的に低下した後、目標電圧Ｖｔｇｔに向かって徐々に復帰する。コンデンサ電圧Ｖｃが最小となるときの電圧低下量は、ＭＧ回転数Ｎｍが低いほど大きく、ＭＧ回転数Ｎｍが高いほど大きくなる。つまり、ＭＧ回転数Ｎｍによって電力感度が異なる。

【００３３】

また、ＤＣＤＣコンバータ３０が性能を確保可能な電圧下限値をＶｌｉｍとする。図３に示す例では、ＭＧ回転数Ｎｍが２０００ｒｐｍ及び３０００ｒｐｍのとき、コンデンサ電圧Ｖｃの最小値は電圧下限値Ｖｌｉｍ以上である。しかし、ＭＧ回転数Ｎｍが１０００

ｒｐｍのとき、コンデンサ電圧Ｖｃの最小値は電圧下限値Ｖｌｉｍを下回っている。コンデンサ電圧Ｖｃが電圧下限値Ｖｌｉｍを下回る不足期間ＰｓｈｔにはＤＣＤＣコンバータ３０が正常に動作することができず、補機バッテリ３２及び補機負荷３３への電力供給が適切に行われなくなるおそれがある。そのため、比較例の電圧制御では、ＭＧ回転数Ｎｍの変動によりコンデンサ電圧Ｖｃが不安定になる。

【００３４】

そこで本実施形態では、この問題を解決するため、一般的な電圧制御に対し電圧フィードバック制御部６０の構成に改善を加える。以下、本実施形態による電圧フィードバック制御部６０の詳細な構成及び作用効果について、第１実施形態及び第２実施形態に分けて説明する。第１実施形態の電圧フィードバック制御部の符号を「６０１」とし、第２実施形態の電圧フィードバック制御部の符号を「６０２」とする。

【００３５】

（第１実施形態）

第１実施形態の電圧フィードバック制御部６０１の構成及び作用効果について、図４～図８を参照して説明する。

図４に示すように、電圧フィードバック制御部６０１は、一般的なＰＩ制御の構成として、偏差算出器６１、比例ゲイン乗算器６２、積分ゲイン乗算器６３、積分器６４、及び加算器６５を有する。

偏差算出器６１は、コンデンサ電圧Ｖｃの目標電圧Ｖｔｇｔと検出値Ｖｓｎｓとの差分である電圧偏差ΔＶを算出する。例えば、ＤＣＤＣコンバータ３０に要求される入力電圧が目標電圧Ｖｔｇｔとして設定される。

【００３６】

比例ゲイン乗算器６２は、電圧偏差ΔＶに比例ゲインＫｐを乗じてトルク指令Tm^*の比例項を演算する。

積分ゲイン乗算器６３は、電圧偏差ΔＶに積分ゲインＫｉを乗じる。その乗算値を積分器６４が積分し、トルク指令Tm^*の積分項を演算する。

加算器６５は、比例項と積分項とを加算し、トルク指令Tm^*を出力する。

【００３７】

こうして、電圧フィードバック制御部６０１は、電源遮断時の電圧制御において、電圧偏差ΔＶに応じて、ＭＧ８０の力行トルク又は回生トルクに係るトルク指令Tm^*を演算する。ここで、電源遮断時にはＭＧ８０は主に回生動作することが想定される。しかし、ＤＣＤＣコンバータ３０の補機バッテリ３２側の電力が過剰である場合、ＤＣＤＣコンバータ３０からインバータ４０に電力が供給され、ＭＧ８０が力行動作する可能性もある。したがって、電圧フィードバック制御部６０１が演算するトルク指令Tm^*は、ＭＧ８０の「力行トルク又は回生トルク」に係るものである。

【００３８】

また、電圧フィードバック制御部６０１は、本実施形態に特有の構成として、ＭＧ回転数演算部６６及び補正部６７１を有する。

ＭＧ回転数演算部６６は、回転角センサ８５により検出された回転角θをＭＧ回転数Ｎｍに換算する。なお、ＭＧ回転数演算部６６は、例えば電流フィードバック制御部５６等に他の目的で設けられており、その演算結果を電圧フィードバック制御部６０１が援用してもよい。

【００３９】

補正部６７１は、倍率演算部６８及び倍率乗算器６９２、６９３を有する。

倍率演算部６８は、ＭＧ回転数Ｎｍに基づいて、ＭＧ回転数Ｎｍが高いほど０に近づく補正倍率αを算出する。補正倍率αが正の値で定義される場合、補正倍率αは、ＭＧ回転数Ｎｍが高いほど小さくなる。

以下、補正倍率αが正の値であるものとして説明する。ただし、他の実施形態では補正倍率を負の値で定義し、総合的に演算の符号を調整してもよい。

【００４０】

補正倍率αの演算の詳細について、図５（ａ）、（ｂ）を参照する。
図５（ａ）に示すように、補正倍率αは、ＭＧ回転数Ｎｍが基準回転数Ｎｒｅｆのとき１であり、基本的にＭＧ回転数Ｎｍに反比例するように設定される。ただし、低回転領域で補正倍率αが過大になることを防ぐため、上限ガードが設定される。すなわち、ガード回転数Ｎｇｒｄ以下の領域では、補正倍率αは一定のガード値αｇｒｄに設定される。
【００４１】
倍率演算部６８は、ＭＧ回転数Ｎｍの逆数と定数との積を数式により演算してもよい。
また、倍率演算部６８は、図５（ｂ）に示すＭＧ回転数Ｎｍと補正倍率αとのマップをＥＣＵのＲＯＭ領域に予め記憶しており、このマップを参照して補正倍率αを決定してもよい。その場合、マップで規定された各ポイント間にあるＭＧ回転数Ｎｍについては、線形補間により補正倍率αを算出してもよい。或いは、マップ上のある回転数から次の回転数までの補正倍率αを一定とし、補正倍率αをステップ状に設定してもよい。
【００４２】
つまり、補正倍率αは、ＭＧ回転数Ｎｍに厳密に反比例しなくても、反比例に類似する負の相関を有するように設定されればよい。要するに、補正倍率αは、少なくともＭＧ回転数Ｎｍが高いほど０に近づくように設定されればよい。
データ数の少ないマップを用いることで、ＭＧ－ＥＣＵ５４の処理負荷を低減することができる。一方、数式演算では演算精度を高めることができる。数式演算又はマップ参照の選択や使用するマップのデータ数は、ＥＣＵの処理能力と補正倍率αの精度とのバランスにより、適宜決定してよい。
【００４３】
倍率乗算器６９２は、比例ゲインＫｐに補正倍率αを乗算し、倍率乗算器６９３は、積分ゲインＫｉに補正倍率αを乗算する。そして、補正後の比例ゲインαＫｐを用いて演算された比例項と、補正後の積分ゲインαＫｉを用いて演算された積分項とが加算器６５で加算され、トルク指令Tm^*として出力される。
このように第１実施形態では、補正倍率αは比例ゲインＫｐ及び積分ゲインＫｉに対して乗算される。微分制御を含むＰＩＤ制御を行う構成では、同様に微分ゲイン（Ｋｄ）に対して補正倍率αが乗算されてもよい。第１実施形態では、これらのフィードバックゲインが「電圧フィードバック制御の演算過程におけるいずれかの演算量」に相当する。
【００４４】
ここでは、ＭＧ回転数Ｎｍがガード回転数Ｎｇｒｄを超えるＭＧ回転数領域において、補正倍率αがＭＧ回転数Ｎｍに反比例するものとして説明する。
基準回転数Ｎｒｅｆにおける、各フィードバックゲインを含めた基準ゲインをＫｒｅｆと表すと、ＭＧ回転数Ｎｍにおける補正後ゲインＫ（Ｎｍ）は、式（３）で表される。

$$K(Nm)=Kref\times(Nref/Nm) \quad \cdots(3)$$

例えば、基準回転数Ｎｒｅｆを３０００ｒｐｍとし、ガード回転数Ｎｇｒｄが１０００ｒｐｍ未満であるとすると、１０００ｒｐｍでの補正後ゲインＫ（１０００）は、基準ゲインＫｒｅｆの３倍となる。また、２０００ｒｐｍでの補正後ゲインＫ（２０００）は、基準ゲインＫｒｅｆの１．５倍となる。
【００４５】
このように、第１実施形態では、電圧制御において、ＭＧ回転数Ｎｍに応じて補正されたフィードバックゲインを用いた電圧フィードバック制御によりトルク指令Tm^*が演算される。そして、そのトルク指令Tm^*に基づいて生成される駆動信号によってインバータ４０が動作し、ＭＧ８０の回生トルクにより発生するコンデンサ電圧Ｖｃが所望の値に制御される。
【００４６】
図６に、比較例の電圧制御の説明に用いた図３と対比し、本実施形態において補機負荷電力が急変したときのコンデンサ電圧Ｖｃの応答特性を示す。上記例に従い、基準回転数Ｎｒｅｆを３０００ｒｐｍとし、１０００ｒｐｍでの補正後ゲインを基準ゲインＫｒｅｆの３倍、２０００ｒｐｍでの補正後ゲインを基準ゲインＫｒｅｆの１．５倍と仮定する。

すると、図６における１０００ｒｐｍ及び２０００ｒｐｍでの電圧応答特性は、図３の応答特性に対し補機負荷電力急変時の電圧低下量が小さくなり、３０００ｒｐｍでの応答特性に近似する。

【００４７】

このように第１実施形態では、ガード領域を除きＭＧ回転数Ｎｍに反比例する補正倍率αをフィードバックゲインに乗算することで、補機負荷電力急変時における各回転数でのコンデンサ電圧Ｖｃの応答特性、言い替えれば電力感度を均一とすることができる。

また、１０００ｒｐｍのとき、本実施形態では、コンデンサ電圧Ｖｃの最小値が電圧下限値Ｖｌｉｍを上回り、不足期間Ｐｓｈｔが発生しないため、補機負荷電力急変直後にもＤＣＤＣコンバータ３０を正常に動作させることができる。

【００４８】

したがって、本実施形態では、ＭＧ回転数Ｎｍにかかわらず、補機負荷電力急変時におけるコンデンサ電圧Ｖｃが安定する。例えば車両が悪路走行中のとき、車輪が空転した後に路面に接触する、いわゆるスリップグリップ現象が生じ、ＭＧ回転数Ｎｍが急変する場合がある。このような場合でも、第１実施形態では、コンデンサ電圧Ｖｃを安定化させることができる。

【００４９】

続いて、主機バッテリ異常時の処理について、図７のメインフローチャート及び図８のサブフローチャートを参照して説明する。フローチャートの説明で記号Ｓは「ステップ」を表す。

Ｓ１のレディオン後の通常時、ＭＧ－ＥＣＵ５４は、Ｓ２で、統括ＥＣＵ５１から受信したトルク指令Tm^*に基づいて駆動信号を生成し、インバータ４０をトルク制御する。通常時のトルク制御は、Ｓ３で、バッテリＥＣＵ５２により主機バッテリ異常が検出されるまで続けられる。

【００５０】

バッテリＥＣＵ５２が主機バッテリ異常を検出すると、Ｓ３でＹＥＳと判断され、Ｓ４で電源リレー２１が遮断される。そして、ＭＧ－ＥＣＵ５４は、Ｓ５でインバータ４０のスイッチングを停止する。

このときコンデンサ電圧Ｖｃが低下するため、通常時のトルク制御では電圧センサのダイアグ信号が生成される。しかし、本処理では意図的に電源リレー２１をオフし、インバータ４０のスイッチングを停止しているのでダイアグ信号は不要である。

そこで、Ｓ６でダイアグ信号がマスクされた後、ＭＧ－ＥＣＵ５４は、統括ＥＣＵ５１からの電圧制御指令の受信を待つ。そして、ＭＧ－ＥＣＵ５４が電圧制御指令を受信し、Ｓ７でＹＥＳと判断されると、Ｓ８に移行する。

【００５１】

Ｓ８では、上述の式（１）、（２）により電圧制御実行条件の成否が判定される。

電圧制御実行条件が成立せず、Ｓ８でＮＯのとき、Ｓ１９に移行する。１回目のＳ８の判断時においては、既にＳ５でインバータスイッチングが停止しているため、Ｓ１９では停止状態がそのまま維持される。

電圧制御実行条件が成立し、Ｓ８でＹＥＳのとき、Ｓ１０に移行する。Ｓ１０ではインバータスイッチングが開始され、電圧制御が実行される。

【００５２】

電圧制御処理の詳細について図８を参照する。Ｓ１１～Ｓ１５は、電圧フィードバック制御部６０１により実行される。

ＭＧ回転数演算部６６は、Ｓ１１で、回転角センサ８５が検出した電気角θを取得し、ＭＧ回転数Ｎｍを演算する。

補正部６７１の倍率演算部６８は、Ｓ１２で、ＭＧ回転数Ｎｍに基づき、数式又はマップを用いて補正倍率αを演算する。ＭＧ回転数Ｎｍがガード回転数Ｎｇｒｄ以下の場合、倍率演算部６８は、Ｓ１３で、補正倍率αをガード値αｇｒｄとし、上限ガードする。

【００５３】

Ｓ１４では、倍率乗算器６９２、６９３にて比例ゲインＫｐ及び積分ゲインＫｉにそれぞれ補正倍率αが乗算される。

電圧フィードバック制御部６０１は、Ｓ１５で、補正後の比例ゲインαＫｐ及び補正後の積分ゲインαＫｉを用いたＰＩ制御により、トルク指令Ｔｍ*を演算する。なお、微分制御を含むＰＩＤ制御を行う場合、同様に補正後の微分ゲイン（αＫｄ）が用いられる。

【００５４】

電流指令演算部５５は、Ｓ１６で、電圧フィードバック制御部６０１が演算したトルク指令Ｔｍ*に基づいて、電流指令Ｉｄ*、Ｉｑ*を演算する。

電流フィードバック制御部５６は、Ｓ１７で、実電流を電流指令Ｉｄ*、Ｉｑ*に追従させる電流フィードバック制御により、インバータ４０への駆動信号を生成する。

【００５５】

図７に戻り、電圧制御の実行後、Ｓ２０でレディオフの有無が判定される。レディオフされた場合、Ｓ２０でＹＥＳと判断され、処理ルーチンは終了する。レディオフされず、Ｓ２０でＮＯと判断されると、Ｓ８の前に戻り、電圧制御実行条件の成否が繰り返し判定される。

電圧制御実行条件が成立せず、Ｓ８でＮＯのとき、Ｓ１９にてインバータスイッチングが停止される。インバータスイッチングの停止後は、Ｓ２０でレディオフされない限り、再びＳ８の前に戻り、電圧制御実行条件の成否判定が繰り返される。

【００５６】

第１実施形態の効果、又は、次の第２実施形態を含めた本実施形態の効果を説明する。

（効果）

トルク指令Ｔｍ*を操作量とする電圧フィードバック制御では、図３に示すようにＭＧ回転数Ｎｍによって電力感度が異なり、高回転であるほど電力感度が高くなる。そのため、応答特性が不均一となり、ＭＧ回転数Ｎｍの全領域でコンデンサ電圧Ｖｃを安定化させることが難しい。

【００５７】

それに対し第１実施形態では、電圧制御の実行時、ＭＧ回転数Ｎｍに応じて算出される補正倍率αをフィードバックゲインに対して乗算することで、ＭＧ回転数Ｎｍによらず応答特性を均一化することができる。すなわち、操作量はトルク指令Ｔｍ*でありながら、電力を操作することと等価の動作を実現可能である。よって、コンデンサ電圧Ｖｃを安定化させることができる。

また、コンデンサ２５は、電圧Ｖｃが低い状態ほどＭＧ８０からの回生電力に対する電圧変化感度が高い特性がある。現在のコンデンサ電圧Ｖｃの検出値情報に基づいてフィードバックゲインを変更することで、どの電圧に対しても応答を均一にすることができ、制御を安定化しやすくなる。

【００５８】

さらに、特許文献１（特許第５１７１５７８号公報）の従来技術では、双方向ＤＣＤＣコンバータを用いることによるコストアップや、インバータ制御部とＤＣＤＣコンバータ制御部との間の通信遅れの問題がある。それに対し本実施形態では、ＭＧ－ＥＣＵ５４によるインバータ４０の単独の制御で、コンデンサ電圧Ｖｃの変動、特に過電圧を抑制することができる。

【００５９】

その他、この技術分野の周知技術には、負荷変動前に電圧指令値を予め下げておくことで、インバータの過電圧の発生を防止する技術がある。しかし、負荷変動を予測できない場合には、過電圧を防ぐことができない。

また、電圧が急上昇した兆候を捉え、電圧を抑え込むためにフィードバックゲインを高くする周知技術がある。しかし、電圧急上昇の兆候を捉えるために高応答の電圧検出回路を作成する必要があり、回路設計が複雑となる。

本実施形態は、これらの周知技術における問題も解消することができる。

【００６０】

ハイブリッド車両のＭＧ駆動システムに適用される本実施形態は、具体的に、主機バッテリ２０の異常時に電源リレー２１が遮断された状況での、エンジン駆動による退避走行中の電圧制御の実行が想定される。この状況において本実施形態のＭＧ－ＥＣＵ５４は、ＤＣＤＣコンバータ３０に要求される入力電圧を安定化し、退避走行中にスタータや電動パワーステアリング装置等の補機負荷３３の機能を確保することができる。

【００６１】

（第２実施形態）

第２実施形態について図９の制御ブロック図を参照して説明する。図９において、第１実施形態の図４と実質的に同一の構成には同一の符号を付して説明を省略する。

第２実施形態の電圧フィードバック制御部６０２では、第１実施形態のフィードバックゲインに代えて、電圧偏差ΔＶに対して補正倍率αが乗算される。すなわち、電圧偏差ΔＶが「電圧フィードバック制御の演算過程におけるいずれかの演算量」に相当する。

【００６２】

電圧フィードバック制御部６０２の補正部６７２は、倍率演算部６８及び倍率乗算器６９１を有する。倍率乗算器６９１は、電圧偏差ΔＶに補正倍率αを乗算し、得られた補正後の電圧偏差αΔＶを、比例ゲイン乗算器６２及び積分ゲイン乗算器６３に出力する。

第２実施形態による電圧制御処理は、図８のフローチャートにおけるＳ１４の「フィードバックゲイン補正」を「電圧偏差補正」に変更するのみである。

第２実施形態では、第１実施形態と同様の効果が得られる。

【００６３】

（その他の実施形態）

（１）電源リレー２１のインバータ４０側に、インバータ４０と並列に接続される回路は、コンデンサ電圧Ｖｃを降圧して補機バッテリ３２に充電するＤＣＤＣコンバータ３０に限らず、ＭＧ８０が回生発電した電力を何らかの用途で消費可能な回路であればよい。例えば、コンデンサ電圧Ｖｃをそのまま使用する高電圧系の回路がインバータ４０と並列に接続されていてもよい。

【００６４】

（２）電源リレー２１が遮断されたとき、ＭＧ８０に回生動作させるトルク発生源は、ハイブリッド車両のエンジン７０に限らない。例えばエンジンを備えない電気自動車においても、予備バッテリや燃料電池、或いは車両が坂道を下るときの車輪の回転エネルギーによりＭＧ８０が回生動作可能なシステムには本発明を適用することができる。

また、本発明は、１台のＭＧを備える電動車両に限らず、例えば動力分割機構によって連結される２台のＭＧを備える電動車両に適用されてもよい。

さらに本発明は、車両に限らず、他の用途のＭＧ駆動システムにも適用可能である。

【００６５】

（３）第１実施形態では、比例ゲインＫｐ及び積分ゲインＫｉの両方に対して補正倍率αが乗算されるが、他の実施形態では、比例ゲインＫｐ、積分ゲインＫｉ又は微分ゲイン（Ｋｄ）のうち少なくとも一つに対して補正倍率αが乗算されればよい。また、フィードバックゲイン毎に、補正倍率の数式やマップを変更してもよい。

【００６６】

（４）補正倍率αを電圧偏差ΔＶに対して乗算する第２実施形態の変形例として、目標電圧Ｖｔｇｔ及び検出値Ｖｓｎｓの両方に対して同じ補正倍率αを乗算してもよい。このように、補正倍率αを乗算する対象量は、フィードバックゲインＫｐ、Ｋｉ又は電圧偏差ΔＶに対して乗算する場合と同様の効果が得られる「電圧フィードバック制御の演算過程におけるいずれかの演算量」であればよい。

【００６７】

（５）駆動信号生成部は、電流指令演算部５５及び電流フィードバック制御部５６により構成される形態に限らず、トルク指令Ｔｍ*に基づいて駆動信号を生成するものであればよく、例えばフィードフォワード制御を行ってもよい。

また、本発明において通常時の駆動制御方法はどのようなものであってもよく、通常時

と電圧制御時とで駆動信号の生成方式を変更してもよい。

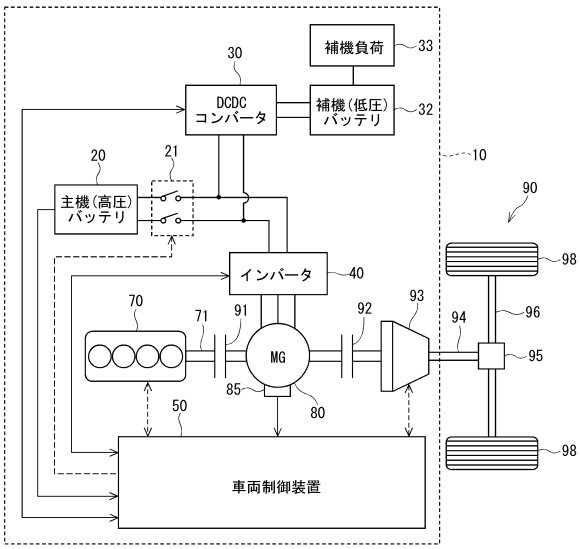
以上、本発明は、上記実施形態になんら限定されるものではなく、発明の趣旨を逸脱しない範囲において種々の形態で実施可能である。

【符号の説明】

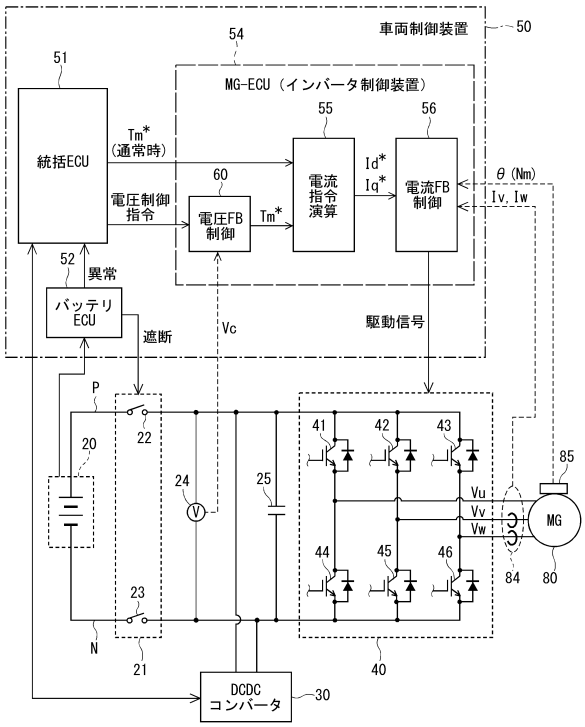
【００６８】

２０・・・主機バッテリ（電源）、　２１・・・電源リレー、
２５・・・コンデンサ、
３０・・・ＤＣＤＣコンバータ（補機電力変換回路）、
４０・・・インバータ、
５４・・・ＭＧ－ＥＣＵ（インバータ制御装置）、
５５・・・電流指令演算部（駆動信号生成部）、
５６・・・電流フィードバック制御部（駆動信号生成部）、
６０１、６０２・・・電圧フィードバック制御部、
６７１、６７２・・・補正部、
８０・・・ＭＧ（モータジェネレータ）。

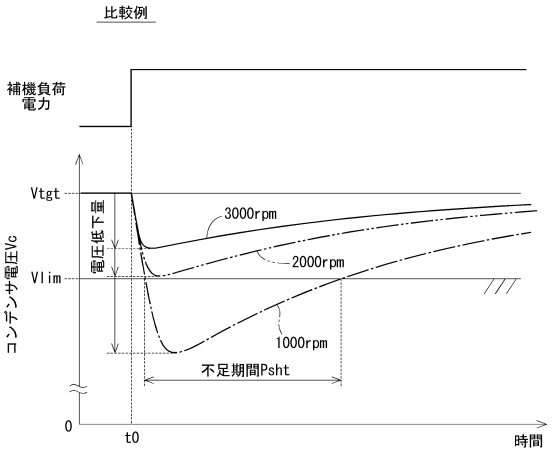
【図１】



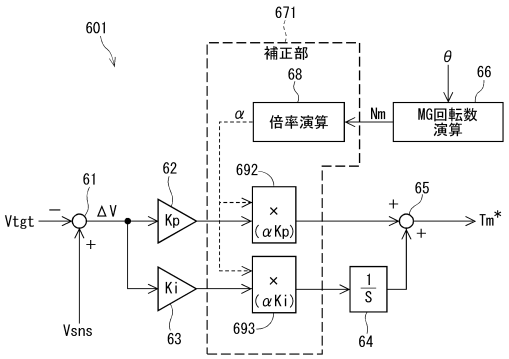
【図２】



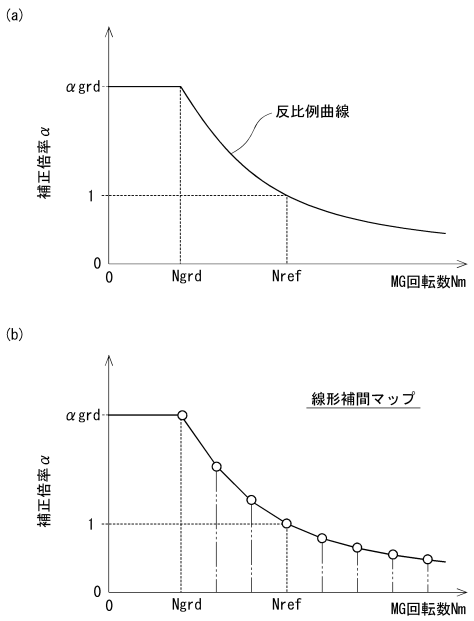
【図３】


比較例
補機負荷
電力
Vtgt
電圧低下量
3000rpm
2000rpm
Vlim
コンデンサ電圧Vc
1000rpm
不足期間Psht
0
t0
時間

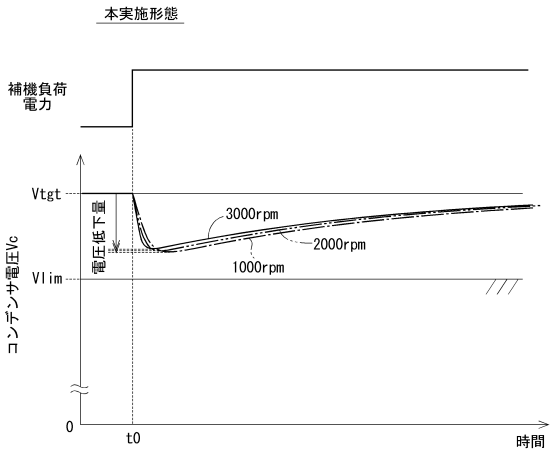
【図４】


601
671
補正部
68
θ
66
α
倍率演算
Nm
MG回転数
演算
61
62
692
65
Vtgt
−
ΔV
Kp
×
(αKp)
+
+
Tm*
+
Ki
×
(αKi)
1
S
Vsns
63
693
64

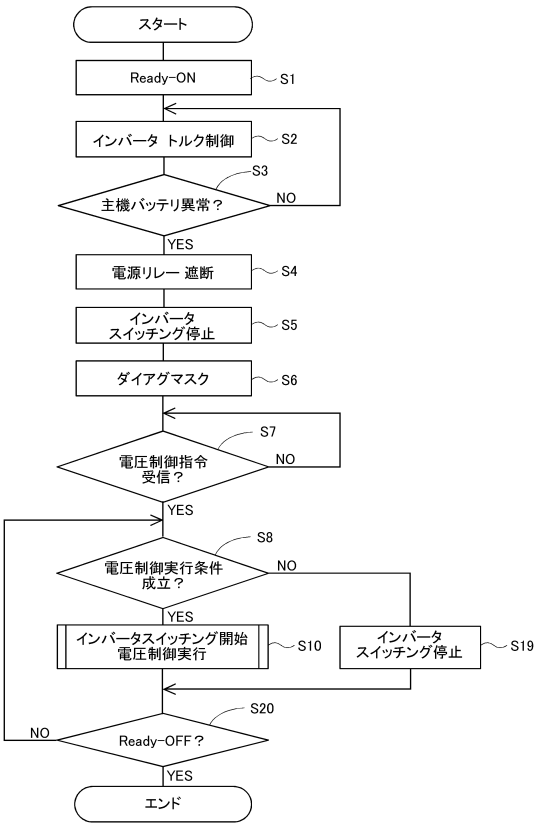
【図５】


(a)
αgrd
反比例曲線
補正倍率α
1
0
0
Ngrd
Nref
MG回転数Nm
(b)
線形補間マップ
αgrd
補正倍率α
1
0
0
Ngrd
Nref
MG回転数Nm

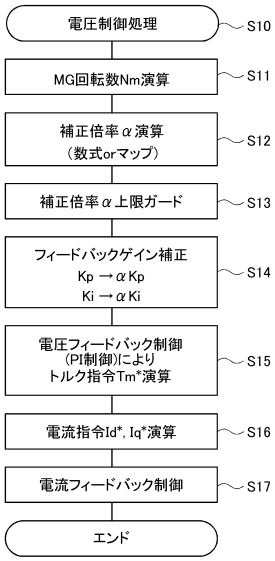
【図６】


本実施形態
補機負荷
電力
Vtgt
電圧低下量
3000rpm
2000rpm
1000rpm
Vlim
コンデンサ電圧Vc
0
t0
時間

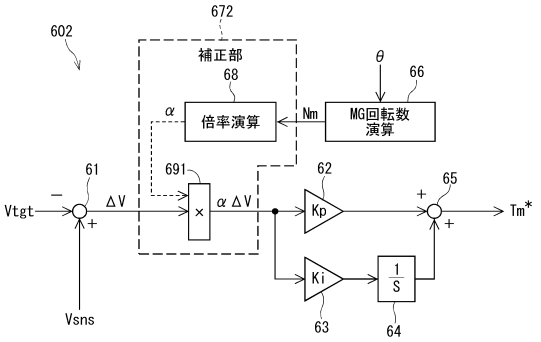
【図７】


スタート
Ready-ON
S1
インバータ トルク制御
S2
S3
主機バッテリ異常？
NO
YES
電源リレー 遮断
S4
インバータ
スイッチング停止
S5
ダイアグマスク
S6
S7
電圧制御指令
受信？
NO
YES
S8
電圧制御実行条件
成立？
NO
YES
インバータスイッチング開始
電圧制御実行
S10
インバータ
スイッチング停止
S19
S20
NO
Ready-OFF？
YES
エンド

【図８】


電圧制御処理
S10
MG回転数Nm演算
S11
補正倍率α演算
（数式orマップ）
S12
補正倍率α上限ガード
S13
フィードバックゲイン補正
Kp →αKp
Ki →αKi
S14
電圧フィードバック制御
(PI制御)により
トルク指令Tm*演算
S15
電流指令Id*, Iq*演算
S16
電流フィードバック制御
S17
エンド

【図９】


602
672
補正部
68
θ
66
α
倍率演算
Nm
MG回転数
演算
61
691
62
65
Vtgt
−
ΔV
+
×
αΔV
Kp
+
+
Tm*
Ki
1
S
Vsns
63
64

フロントページの続き

(51)Int.Cl.			FI		
B60L	***3/00***	***(2019.01)***	B60L	3/00	S
H02M	***7/48***	***(2007.01)***	H02M	7/48	E
B60K	***6/54***	***(2007.10)***	H02M	7/48	M
B60W	***20/50***	***(2016.01)***	B60K	6/54	
			B60W	20/50	

(56)参考文献 特開２０１０－１３０８７７（ＪＰ，Ａ）
特開２００８－２７１６４９（ＪＰ，Ａ）
特開２００７－２３７８２１（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)

Ｂ６０Ｋ	６／２０	－	６／５４７
Ｂ６０Ｗ	１０／００	－	２０／５０
Ｂ６０Ｌ	１／００	－	３／１２
Ｂ６０Ｌ	７／００	－	１３／００
Ｂ６０Ｌ	１５／００	－	１５／４２
Ｂ６０Ｌ	５０／００	－	５８／４０
Ｈ０２Ｍ	７／４２	－	７／９８
Ｈ０２Ｐ	２１／００	－	２５／０３
Ｈ０２Ｐ	２５／０４		
Ｈ０２Ｐ	２５／１０	－	２７／１８