

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-41741
(P2010-41741A)

(43) 公開日 平成22年2月18日(2010.2.18)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H02P 27/04 (2006.01)	H02P 5/408 ZHVH	5H115
B60L 9/18 (2006.01)	B60L 9/18 J	5H505
B60L 3/00 (2006.01)	B60L 3/00 S	
B60W 10/08 (2006.01)	B60K 6/20 320	
B60W 20/00 (2006.01)	B60K 6/20 330	

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 22 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2008-198109 (P2008-198109)	(71) 出願人	000100768 アイシン・エイ・ダブリュ株式会社 愛知県安城市藤井町高根10番地
(22) 出願日	平成20年7月31日(2008.7.31)	(74) 代理人	100107308 弁理士 北村 修一郎
		(74) 代理人	100128901 弁理士 東 邦彦
		(74) 代理人	100120352 弁理士 三宅 一郎
		(72) 発明者	吉田 高志 愛知県安城市藤井町高根10番地 アイシン・エイ・ダブリュ株式会社内
		(72) 発明者	サハ スプラタ 愛知県安城市藤井町高根10番地 アイシン・エイ・ダブリュ株式会社内

最終頁に続く

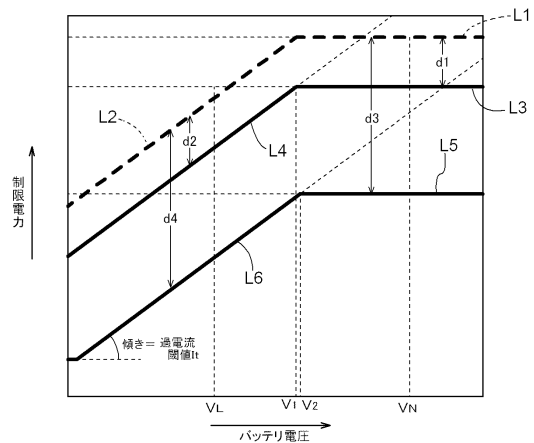
(54) 【発明の名称】 回転電機制御システム及び当該回転電機制御システムを備えた車両駆動システム

(57) 【要約】

【課題】 バッテリ電圧が低下した場合にも、バッテリーやスイッチング素子を適切に保護することができる回転電機制御システムを提供する。

【解決手段】 回転電機と、バッテリーと回転電機との間に介在され、回転電機を流れる電流を制御するインバータと、を備え、インバータにより回転電機の回転速度及び出力トルクが制御される回転電機制御システムであって、回転電機が回転速度及び出力トルクで働く場合に、バッテリーから供給することが必要とされるバッテリー電力を導出するバッテリー電力導出手段と、許容できるバッテリー電力の最大値である制限電力を、バッテリー電圧に応じて可変決定する制限電力決定手段と、バッテリー電力導出手段により導出されるバッテリー電力が制限電力より大きくなるように回転電機のトルクを制限するトルク制限手段と、を備える。

【選択図】 図5



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

回転電機と、バッテリーと前記回転電機との間に介在され、前記回転電機を流れる電流を制御するインバータと、を備え、

前記インバータにより前記回転電機の回転速度及び出力トルクが制御される回転電機制御システムであって、

前記回転電機が前記回転速度及び前記出力トルクで働く場合に、前記バッテリーから供給することが必要とされるバッテリー電力を導出するバッテリー電力導出手段と、

許容できる前記バッテリー電力の最大値である制限電力を、バッテリー電圧に応じて可変決定する制限電力決定手段と、

前記バッテリー電力導出手段により導出される前記バッテリー電力が前記制限電力より大きくなるように前記回転電機のトルクを制限するトルク制限手段と、

を備えた回転電機制御システム。

【請求項 2】

前記制限電力決定手段は、

バッテリー電圧によらず一定の値に設定される第一制限電力と、

バッテリー電圧が変化した場合であっても、バッテリー電流が所定の過電流閾値よりも小さくなるように設定される第二制限電力と、

のうちいずれか小さい方を前記制限電力として決定する請求項 1 に記載の回転電機制御システム。

【請求項 3】

前記第二制限電力が、前記過電流閾値とバッテリー電圧との積算値に基づいて設定される請求項 2 に記載の回転電機制御システム。

【請求項 4】

前記第一制限電力及び前記第二制限電力が、前記回転電機の制御遅れによる前記バッテリー電力の増加分である制御遅れ分電力に応じた値を予め減算して設定される請求項 2 又は 3 に記載の回転電機制御システム。

【請求項 5】

前記バッテリー電力の変化率を導出するバッテリー電力変化率導出手段を備え、

前記バッテリー電力変化率導出手段により導出されるバッテリー電力変化率が所定のバッテリー電力急変閾値より大きい急変時に、

前記第二制限電力よりも低い値に設定される急変時第二制限電力が、前記第二制限電力に代えて設定される請求項 2 から 4 のいずれか一項に記載の回転電機制御システム。

【請求項 6】

前記回転電機の回転速度の変化率を導出する回転速度変化率導出手段を備え、

前記回転速度変化率導出手段により導出される回転速度変化率が所定の回転速度急変閾値より大きい急変時に、

前記第二制限電力よりも低い値に設定される急変時第二制限電力が、前記第二制限電力に代えて設定される請求項 2 から 4 のいずれか一項に記載の回転電機制御システム。

【請求項 7】

前記急変時に、

前記第一制限電力よりも低い値に設定される急変時第一制限電力が、前記第一制限電力に代えて設定される請求項 5 又は 6 に記載の回転電機制御システム。

【請求項 8】

請求項 1 ~ 7 の何れか一項に記載の回転電機制御システムを備えるとともに、

前記回転電機として、第一回転電機と第二回転電機とを備え、

前記第一回転電機及び前記第二回転電機以外の駆動源から発生される駆動力を分配する動力分配機構を備え、前記動力分配機構により分配された一方の駆動力が車輪に、他方の駆動力が前記第一回転電機に伝達されるとともに、前記第二回転電機により発生される駆動力が前記車輪に伝達される車両駆動システム。

10

20

30

40

50

【請求項 9】

前記動力分配機構が、回転速度の順に、第一回転要素、第二回転要素及び第三回転要素を有する遊星歯車機構を含んで構成され、

前記第一回転電機が前記第一回転要素に接続され、前記回転電機以外の駆動源が前記第二回転要素に接続され、前記第二回転電機及び前記第三回転要素が車輪に接続されている請求項 8 に記載の車両駆動システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、モータやジェネレータの制御を行なう回転電機制御システム、及び当該回転電機制御システムを備えた車両駆動システムに関する。 10

【背景技術】

【0002】

近年、省エネルギーや環境負荷軽減の観点から、エンジン及び回転電機（モータやジェネレータ）を駆動力源として備えたハイブリッド車両が注目されている。このようなハイブリッド車両においては、回転電機と当該回転電機に電力を供給するバッテリーとが接続され、回転電機とバッテリーとの間に介在されるインバータにより回転電機を流れる電流が制御される。ここで、当該インバータにおいては、バッテリーから過大な電流が引き出されてしまうと、バッテリーの耐久性の低下やスイッチング素子の破損等の不都合が生じてしまう場合があるため、一定条件下で回転電機のトルクが制限される場合がある。 20

【0003】

例えば以下の特許文献 1 には、回転電機と、バッテリーと回転電機との間に介在され回転電機を流れる電流を制御するインバータとを備え、インバータにより回転電機の回転速度及び出力トルクが制御される回転電機制御システムが記載されている。この回転電機制御システムにあっては、所定の大きさ（一定値）の制限電力が設定されている。回転電機制御システムは、回転電機が回転速度及び出力トルクで働く場合における回転電機の消費電力と、インバータを構成する回路中に付設される平滑コンデンサの蓄積電力の変化量との和からバッテリー電力を推定する。そして回転電機制御システムは、推定されるバッテリー電力が所定の制限電力を超えないように、回転電機に対するトルク指令を制限する。これにより、平滑コンデンサの蓄積電力の変化を考慮に入れた上で、バッテリーから過大な電流が引き出されてしまうことを防止している。 30

【0004】

【特許文献 1】特開 2005 - 210779 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献 1 に記載された回転電機制御システムでは、バッテリー電力を所定の制限電力以下に制限することはできる。しかし、当該制限電力は一定値に固定されているため、例えば極低温環境に置かれたり、バッテリーの劣化により内部抵抗が増大したりして、回転電機制御システムに接続されるバッテリーの開放電圧（バッテリー電流が零の状態におけるバッテリー電圧）が低下してしまったような状態では、制限電力内であっても一定の大きさのバッテリー電力を確保するためにはバッテリーから過大な電流が引き出されることになってしまう。そのため、そのような場合には、バッテリーやスイッチング素子を適切に保護することができないという問題があった。 40

【0006】

本発明は、上記の課題に鑑みてなされたものであり、バッテリー電圧が低下した場合にも、バッテリーやスイッチング素子を適切に保護することができる回転電機制御システムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

この目的を達成するための、本発明に係る回転電機と、バッテリーと前記回転電機との間に介在され、前記回転電機を流れる電流を制御するインバータと、を備え、前記インバータにより前記回転電機の回転速度及び出力トルクが制御される回転電機制御システムの特徴構成は、前記回転電機が前記回転速度及び前記出力トルクで働く場合に、前記バッテリーから供給することが必要とされるバッテリー電力を導出するバッテリー電力導出手段と、許容できる前記バッテリー電力の最大値である制限電力を、バッテリー電圧に応じて可変決定する制限電力決定手段と、前記バッテリー電力導出手段により導出される前記バッテリー電力が前記制限電力より大きくならないように前記回転電機のトルクを制限するトルク制限手段と、を備えた点にある。

【0008】

なお、本願では、「回転電機」は、モータ（電動機）、ジェネレータ（発電機）、及び必要に応じてモータ及びジェネレータの双方の機能を果たすモータ・ジェネレータのいずれをも含む概念として用いている。また、本明細書においては、特に区別して使用しない限り、回転電機とは、第一回転電機及び第二回転電機の一方又は双方を意味する、包括的な概念として用いている。

【0009】

インバータにより回転電機の回転速度及び出力トルクが制御される回転電機制御システムにおいて、インバータに接続されるバッテリーのバッテリー電圧が低下した場合には、一定の大きさのバッテリー電力を確保するためにはバッテリー電流が過大となってしまう。そこで、上記の特徴構成を採用して、制限電力決定手段がバッテリー電圧に応じて制限電力を可変決定するように構成することにより、バッテリー電圧が低下した場合にもバッテリー電流が過大とならないような制限電力を決定することができる。よって、バッテリー電圧が低下した場合にも、バッテリーから過大な電流が引き出されることを防止することができる。したがって、バッテリーやスイッチング素子を適切に保護することができる回転電機制御システムを提供することが可能となる。

【0010】

ここで、前記制限電力決定手段は、バッテリー電圧によらず一定の値に設定される第一制限電力と、バッテリー電圧が変化した場合であっても、バッテリー電流が所定の過電流閾値よりも小さくなるように設定される第二制限電力と、のうちいずれか小さい方を前記制限電力として決定する構成とすると好適である。

【0011】

この構成によれば、例えばバッテリーの開放電圧（バッテリー電流が零の状態におけるバッテリー電圧）が所定の正常範囲にある場合を想定して、バッテリー電圧によらず一定値となる第一制限電力（従来から用いられている所定の制限電力に相当する）を設定しておくとともに、バッテリーの開放電圧が低下して正常範囲から逸脱してしまった場合を想定して、バッテリー電圧が変化した場合であってもバッテリー電流が所定の過電流閾値よりも小さくなるような第二制限電力を設定することにより、バッテリー電圧に応じた幅広い範囲で適切に制限電力を決定することができる。

【0012】

また、前記第二制限電力が、前記過電流閾値とバッテリー電圧との積算値に基づいて設定される構成とすると好適である。

【0013】

この構成によれば、上記の第二制限電力を、過電流閾値を基準として適切に設定することができる。

【0014】

また、前記第一制限電力及び前記第二制限電力が、前記回転電機の制御遅れによる前記バッテリー電力の増加分である制御遅れ分電力に応じた値を予め減算して設定される構成とすると好適である。

【0015】

実際に回転電機の制御を行なう場合には、現状の技術では多少の制御遅れが生じてしま

10

20

30

40

50

うことは避けられない。そのため、トルク制限がかかってから実際にバッテリー電力が制限されるまでの間にもバッテリー電力が増加してしまう。そこで、上記の構成を採用して、第一制限電力及び第二制限電力を制御遅れ分電力に応じた値を予め減算して設定することにより、制御遅れにより発生するバッテリー電力の増加分を吸収して過電流の発生防止を図ることができる。

【0016】

また、前記バッテリー電力の変化率を導出するバッテリー電力変化率導出手段を備え、前記バッテリー電力変化率導出手段により導出されるバッテリー電力変化率が所定のバッテリー電力急変閾値より大きい急変時に、前記第二制限電力よりも低い値に設定される急変時第二制限電力が、前記第二制限電力に代えて設定される構成とすると好適である。

10

【0017】

バッテリー電力変化率が所定のバッテリー電力急変閾値より大きい急変時においては、回転電機の制御遅れによるバッテリー電力の増加幅は、通常時における増加幅よりも大きいものとなる。そこで、上記の構成を採用して、急変時においては上記の第二制限電力よりも低い値に設定される急変時第二制限電力を、当該第二制限電力に代えて設定することにより、バッテリー電圧が低下した場合において、制御遅れにより発生するバッテリー電力の増加分が通常時に比べて増大したとしても、これを吸収して過電流の発生防止を図ることができる。

【0018】

また、前記回転電機の回転速度の変化率を導出する回転速度変化率導出手段を備え、前記回転速度変化率導出手段により導出される回転速度変化率が所定の回転速度急変閾値より大きい急変時に、前記第二制限電力よりも低い値に設定される急変時第二制限電力が、前記第二制限電力に代えて設定される構成とすると好適である。

20

【0019】

回転速度変化率が所定の回転速度急変閾値より大きい急変時においては、回転電機の制御遅れによるバッテリー電力の増加幅は、通常時における増加幅よりも大きいものとなる。そこで、上記の構成を採用して、急変時においては上記の第二制限電力よりも低い値に設定される急変時第二制限電力を、当該第二制限電力に代えて設定することにより、バッテリー電圧が低下した場合において、制御遅れにより発生するバッテリー電力の増加分が通常時に比べて増大したとしても、これを吸収して過電流の発生防止を図ることができる。

30

【0020】

また、前記急変時に、前記第一制限電力よりも低い値に設定される急変時第一制限電力が、前記第一制限電力に代えて設定される構成とすると好適である。

【0021】

この構成によれば、バッテリー電圧が低下した場合のみならずバッテリー電圧が正常範囲にある場合において、制御遅れにより発生するバッテリー電力の増加分が通常時に比べて増大したとしても、これを吸収して過電流の発生防止を図ることができる。

【0022】

本発明に係る車両駆動システムの特徴構成は、これまで説明してきたような回転電機制御システムを備えるとともに、前記回転電機として、第一回転電機と第二回転電機とを備え、前記第一回転電機及び前記第二回転電機以外の駆動源から発生される駆動力を分配する動力分配機構を備え、前記動力分配機構により分配された一方の駆動力が車輪に、他方の駆動力が前記第一回転電機に伝達されるとともに、前記第二回転電機により発生される駆動力が前記車輪に伝達される点にある。

40

【0023】

この特徴構成によれば、これまで説明してきたような回転電機制御システムの利点を有する、一对の回転電機と当該一对の回転電機以外の駆動源とを備えたいわゆるスプリット形態の動力分配を行う車両駆動システムを実現することができる。そして、当該車両駆動システムは、一对の回転電機の運転を、それら回転電機に要求される回転数及びトルクを満たす形態で実現することができる。

50

【0024】

ここで、前記動力分配機構が、回転速度の順に、第一回転要素、第二回転要素及び第三回転要素を有する遊星歯車機構を含んで構成され、前記第一回転電機が前記第一回転要素に接続され、前記回転電機以外の駆動源が前記第二回転要素に接続され、前記第二回転電機及び前記第三回転要素が車輪に接続されている構成とすると好適である。

【0025】

なお、本願では、「接続」は、部材間の直接的な接続だけでなく、部材間に一又は二以上の部材を介する間接的な接続をも含む概念として用いている。

【0026】

この構成によれば、単一の遊星歯車機構を使用して、スプリット形態の動力分配を行う車両駆動システムを容易に実現することができる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0027】

以下に、本発明に係る回転電機制御システムの実施形態について図面を参照して説明する。当該回転電機制御システム100は、車両駆動システム200に組み込まれて、当該車両駆動システム200に備えられる回転電機MG1、MG2の運転制御の用を果たすものである。図1は、車両駆動システム200の駆動系の概略を示す図であり、図2は、車両駆動システム200の回転電機制御系100の概略を示す図である。図3は、車両駆動システム200の全体の概略を示す図である。なお、図3においては、実線の矢印で各種情報の伝達経路を、二重の実線で駆動力の伝達経路を、二重の破線で電力の伝達経路を示している。図4は、昇圧コンバータ損失のマップを示す図である。図5は、制限電力を決定する際に用いるマップの一例を示す図であり、図6は、制限電力とバッテリー特性との関係を示す図である。

20

【0028】

1. 駆動系

図1及び図3に示すように、車両には内燃機関であるエンジンEと、一对の回転電機MG1、MG2とが備えられている。この車両駆動システム200は、いわゆるハイブリッドシステムであり、エンジンEと車輪Wとの間に、ハイブリッド駆動装置1を備えて構成されている。エンジンEとしては、ガソリンエンジンやディーゼルエンジン等の公知の各種の内燃機関を用いることができる。後述するように、回転電機MG1、MG2は、それぞれモータ(電動機)又はジェネレータ(発電機)として作動する。したがって、以下の説明において、特に何れかの回転電機を特定する必要がない場合、符号MG1、MG2を省略する場合がある。車両は、エンジンE若しくはモータとして働く回転電機から駆動力を得て走行可能である。また、エンジンEにより発生される駆動力の少なくとも一部は、ジェネレータとして働く回転電機において電力に変換され、バッテリーBの充電、あるいはモータとして働く回転電機の駆動の用に供される。さらに、制動時には、制動力を利用して回転電機により発電し、バッテリーBに電力を回生することも可能である。

30

【0029】

ハイブリッド駆動装置1の入力軸Iは、エンジンEのクランクシャフト等の出力回転軸に接続されている。なお、入力軸IがエンジンEの出力回転軸との間にダンパやクラッチ等を介して接続された構成としても好適である。ハイブリッド駆動装置1の出力は、ディファレンシャル装置D等を介して車輪Wに伝達される。さらに、入力軸Iは動力分配機構Pのキャリアcaに連結されており、車輪Wにディファレンシャル装置Dを介して接続される中間軸Mはリングギヤrに連結されている。

40

【0030】

第一回転電機MG1は、ステータSt1と、このステータSt1の径方向内側に回転自在に支持されたロータRo1と、を有している。この第一回転電機MG1のロータRo1は、動力分配機構Pのサンギヤsと一体回転するように連結されている。また、第二回転電機MG2は、ステータSt2と、このステータSt2の径方向内側に回転自在に支持されたロータRo2とを有している。この第二回転電機MG2のロータRo2は、出力ギヤ

50

0と一体回転するように連結され、ディファレンシャル装置Dの入力側に接続されている。第一回転電機MG1及び第二回転電機MG2は、図1、図3に示すように、インバータInを介してバッテリーBに電氣的に接続されている。また、インバータInは冷却水との熱交換により冷却される構造が採用されている。第一回転電機MG1及び第二回転電機MG2は、それぞれ電力の供給を受けて動力を発生するモータ(電動機)としての機能と、動力の供給を受けて電力を発生するジェネレータ(発電機)としての機能とを果たすことが可能に構成されている。

【0031】

本実施形態における構成例では、第一回転電機MG1は、主に動力分配機構Pのサンギヤsを介して入力された駆動力により発電を行うジェネレータとして機能し、バッテリーBを充電し、或いは第二回転電機MG2を駆動するための電力を供給する。ただし、車両の高速走行時等には第一回転電機MG1がモータとして機能する場合もある。一方、第二回転電機MG2は、主に車両の走行用の駆動力を補助するモータとして機能する。また、車両の減速時等には、第二回転電機MG2は、車両の慣性力を電気エネルギーとして回生するジェネレータとして機能する。このような第一回転電機MG1及び第二回転電機MG2の運転は、制御装置ECUからの制御指令にしたがって行われる。

【0032】

図1に示すように、動力分配機構Pは、入力軸Iと同軸状に配置されたシングルピニオン型の遊星歯車機構により構成されている。すなわち、動力分配機構Pは、複数のピニオンギヤを支持するキャリアcaと、ピニオンギヤにそれぞれ噛み合うサンギヤs及びリングギヤrとを回転要素として有している。第一回転要素としてのサンギヤsは、第一回転電機MG1のロータRo1と一体回転するように接続される。第二回転要素としてのキャリアcaは、エンジンEの出力回転軸に接続された入力軸Iと一体回転するように接続されている。第三回転要素としてのリングギヤrは、中間軸Mと一体回転するように接続されており、リングギヤrは、中間軸Mを介してディファレンシャル装置Dに接続される。なお、この動力分配機構Pでは、三つの回転要素は、回転速度の順にサンギヤs(第一回転要素)、キャリアca(第二回転要素)及びリングギヤr(第三回転要素)となっている。ここで、「回転速度の順」は、高速側から低速側に向かう順、又は低速側から高速側に向かう順のいずれかであり、動力分配機構Pの回転状態によりいずれともなり得る。

【0033】

図1に示す構成においては、第一回転電機MG1が第一回転要素としてのサンギヤsに接続され、回転電機MG1及びMG2以外の駆動源であるエンジンEが第二回転要素としてのキャリアcaに接続されている。そして、第二回転電機MG2及び第三回転要素としてのリングギヤrは、ディファレンシャル装置Dを経て車輪Wに接続されている(図3を参照)。しかし、駆動系の構成は、この構成に限定されるものではない。第二回転電機MG2は、ディファレンシャル装置Dに直接接続される形態でも良いし、第三回転要素又はその他の駆動伝達要素に接続され、それらの回転要素や駆動伝達要素を介してディファレンシャル装置Dに接続される形態でも良い。

【0034】

2. 回転電機制御系

図2は、インバータInを中核とする回転電機制御系の構成を模式的に示すブロック図である。この回転電機制御系は、バッテリーBと各回転電機MG1、MG2と、両者の間に介装されるインバータInとを備えて構成されている。また、インバータInは、バッテリーB側から、電圧変換部4と周波数変換部5とを備えている。本実施形態においては、図2に示すように、周波数変換部5として、一对の回転電機MG1、MG2に対して、それぞれ周波数変換部5a、5bが個別に設けられている。周波数変換部5と各回転電機MG1、MG2との間には、回転電機を流れる電流を計測するための電流センサ(第一回転電機電流センサSe7、第二回転電機電流センサSe8)が備えられている。なお、本例では、三相全ての電流を計測する構成を示しているが、三相は平衡状態にあり瞬時値の総和は零であるので二相のみの電流を計測して、制御装置ECUにおいて残りの一相の電流を

10

20

30

40

50

演算により求めてもよい。なお、バッテリーBは、回転電機MG1、MG2へ電力の供給が可能なものであるとともに、回転電機MG1、MG2から電力の供給を受けて蓄電可能なものである。

【0035】

電圧変換部4は、リアクトル4a、フィルタコンデンサ4b、上下一対のスイッチング素子4c、4dを有して構成されている。スイッチング素子4c、4dとしては、IGBT (insulated gate bipolar transistor) や、MOSFET (metal oxide semiconductor field effect transistor) を適用すると好適である。本実施形態では、IGBTを用いて構成される場合を例として説明する。

【0036】

電圧変換部4の上段のスイッチング素子4cのソースは下段のスイッチング素子4dのドレインに接続されるとともに、リアクトル4aを介してバッテリーBのプラス側に接続されている。上段のスイッチング素子4cのドレインは、周波数変換部5の入力プラス側に接続される。下段のスイッチング素子4dのソースはバッテリーBのマイナス側(グラウンド)に接続される。周波数変換部5の入力マイナス側もグラウンドであるので、下段のスイッチング素子4dのソースは周波数変換部5の入力マイナス側と接続される。

【0037】

上段のスイッチング素子4c及び下段のスイッチング素子4dのゲートは、ドライバー回路7に接続される。スイッチング素子4c、4dは、後述する回転電機制御手段14から出力される電圧指令である要求電圧に基づいてドライバー回路7からPWM制御されることで、バッテリーBからの電圧を昇圧して周波数変換部5に供給する。一方、回転電機MG1、MG2側から電力を受ける場合は、周波数変換部5からの電圧を降圧してバッテリーBに供給することとなる。

【0038】

周波数変換部5は、ブリッジ回路により構成されている。周波数変換部5の入力プラス側と入力マイナス側との間に二つのスイッチング素子が直列に接続され、この直列回路が3回線並列接続される。つまり、回転電機MG1、MG2のステータコイルU相、V相、W相のそれぞれに一組の直列回路が対応したブリッジ回路が構成される。図2において、
符号8aは、U相の上段側スイッチング素子であり、
符号8bは、V相の上段側スイッチング素子であり、
符号8cは、W相の上段側スイッチング素子であり、
符号8dは、U相の下段側スイッチング素子であり、
符号8eは、U相の下段側スイッチング素子であり、
符号8fは、U相の下段側スイッチング素子である。なお、周波数変換部5のスイッチング素子8a~8fについても、IGBTやMOSFETを適用すると好適である。本実施形態では、IGBTを用いる場合を例示している。

【0039】

図2に示すように、各相の上段側スイッチング素子8a、8b、8cのドレインは電圧変換部4の出力プラス側(周波数変換部5の入力プラス側)に接続され、ソースは各相の下段側スイッチング素子8d、8e、8fのドレインに接続されている。また、各相の下段側スイッチング素子8d、8e、8fのソースは、電圧変換部4の出力マイナス側(周波数変換部5の入力マイナス側)、即ち、バッテリーBのマイナス側(グラウンド)に接続されている。各スイッチング素子8a~8fのゲートはドライバー回路7に接続されており、それぞれ個別にスイッチング制御される。

【0040】

対となる各相のスイッチング素子(8a、8d)、(8b、8e)、(8c、8f)による直列回路の中間点(スイッチング素子の接続点)9u、9v、9wは、回転電機MG1及びMG2のU相、V相、W相のステータ巻線にそれぞれ接続されている。各巻線へ供給される駆動電流は、電流センサSe7、Se8によって検出される。電流センサSe7、Se8による検出値は、ドライバー回路7を介して制御装置ECUに送られ、フィード

10

20

30

40

50

バック制御に用いられる。

【 0 0 4 1 】

ドライバー回路 7 は、これらスイッチング素子 8 a ~ 8 f を、後述する回転電機制御手段 1 4 から出力される要求回転速度、要求トルクに基づいて P W M 制御することで、各回転電機 M G 1、M G 2 に三相の交流駆動電流を供給する。これにより、各回転電機 M G 1、M G 2 を要求回転速度、要求トルク（トルク制限を行う場合は制限トルク）に応じて力行させる。各回転電機 M G 1、M G 2 が発電機として働き、回転電機側から電力を受ける場合は、ドライバー回路 7 は、所定周波数の交流を直流に変換するように周波数変換部 5 を制御する。

【 0 0 4 2 】

インバータ I n は、図 3 に模式的に示すように、通電によって発熱し高温となる各スイッチング素子 4 c、4 d、8 a ~ 8 f を降温するための熱交換器 9 を備えている。熱交換器 9 には、外側の一側面にスイッチング素子 8 a（他のスイッチング素子は図示省略）が密着固定され、内部に冷媒である冷却水が流通する冷却水通路 9 a が形成されている。冷却水通路 9 a の入口および出口には、冷却水循環路 1 0 の一端および他端が接続されており、冷却水循環路 1 0 は熱交換器 9 から送出される高温の冷却水を降温して、降温された冷却水を熱交換器 9 に戻す。

【 0 0 4 3 】

3 . 車両駆動システム

以下、図 3 に基づいて、本願に係る車両駆動システム 2 0 0 の全体について、システムの中核を成す制御装置 E C U を中心に説明する。

図 3 に示すように、制御装置 E C U は、車両の各部に設けられたセンサ S e 1 ~ S e 9 で取得される情報を用いて、エンジン E、第一回転電機 M G 1、第二回転電機 M G 2 等の運転制御を行う。ここで、第一回転電機 M G 1、第二回転電機 M G 2 の運転制御は、先に説明したインバータ I n を介するものとなる。

【 0 0 4 4 】

本例では、センサとして、第一回転電機回転速度センサ S e 1、第二回転電機回転速度センサ S e 2、エンジン回転速度センサ S e 3、バッテリー状態検出センサ S e 4、車速センサ S e 5、アクセル操作検出センサ S e 6、第一回転電機電流センサ S e 7、第二回転電機電流センサ S e 8 及び冷却水温度センサ S e 9 が設けられている。

【 0 0 4 5 】

第一回転電機回転速度センサ S e 1 は、第一回転電機 M G 1 のロータ R o 1 の回転速度を検出するためのセンサである。第二回転電機回転速度センサ S e 2 は、第二回転電機 M G 2 のロータ R o 2 の回転速度を検出するためのセンサである。エンジン回転速度センサ S e 3 は、エンジン E の出力回転軸の回転速度を検出するためのセンサである。本例の場合、入力軸 I はエンジン E の出力回転軸と一体回転するので、このエンジン回転速度センサ S e 3 により検出されるエンジン E の回転速度は入力軸 I の回転速度と一致する。バッテリー状態検出センサ S e 4 は、バッテリー B の充電量、バッテリーを流れる電流（バッテリー電流）及びバッテリーの電圧（バッテリー電圧）等を検出するためのセンサである。車速センサ S e 5 は、車速を検出するためにディファレンシャル装置 D の入力軸（図示省略）の回転速度を検出するためのセンサである。アクセル操作検出センサ S e 6 は、アクセルペダル 1 8 の操作量を検出するためのセンサである。第一回転電機電流センサ S e 7 及び第二回転電機電流センサ S e 8 は、インバータ I n に備えられ、それぞれ第一回転電機 M G 1、第二回転電機 M G 2 を流れる電流を検出する。冷却水温度センサ S e 9 は、冷却水通路 9 a の入口に備えられ、冷却水の温度を検出するためのセンサである。

【 0 0 4 6 】

制御装置 E C U は、要求駆動力決定手段 1 1 と、走行条件決定手段 1 2 と、エンジン制御手段 1 3 と、回転電機制御手段 1 4 と、を備えている。さらに、この制御装置 E C U には、所定の条件下でトルク制限を実行するトルク制限手段 1 5 が設けられている。制御装置 E C U におけるこれらの各手段は、互いに共通の或いはそれぞれ独立の C P U 等の演算

10

20

30

40

50

処理装置を中核部材として、入力されたデータに対して種々の処理を行うための機能部がハードウェア又はソフトウェア（プログラム）或いはその両方により実装されて構成されている。

【0047】

要求駆動力決定手段11は、車速センサSe5及びアクセル操作検出センサSe6からの出力に基づいて、運転者からの要求駆動力を演算して決定する。

走行条件決定手段12は、車速センサSe5により得られる車速の情報、要求駆動力決定手段11により得られる要求駆動力の情報及びバッテリー状態検出センサSe4により得られるバッテリーの充電量の情報等にしがたって、予め備えられているマップ等にしがたって、車両に要求される走行条件である、エンジンEの回転速度（要求回転速度）及び出力トルク（要求トルク）、第一回転電機MG1及び第二回転電機MG2それぞれの回転速度（要求回転速度）及び出力トルク（要求トルク）を決定する。

10

【0048】

この走行条件決定手段12における上記走行条件の決定例を例示的に説明すると、バッテリーBの蓄電量が充分である場合には、例えば、エンジンEが、効率がよく排気ガスの少ない状態に（一般に最適燃費特性に沿うよう）に維持されるような運転条件をエンジンEに要求する回転速度及びトルクとする。そして、エンジンEの運転条件では不足するトルクを第二回転電機MG2に要求されるトルクとし、さらに、動力分配機構Pにより第一回転電機MG1側に分配されるトルクを第一回転電機MG1に要求されるトルク（この状態では第一回転電機MG1は発電機として働くため、要求トルクは負）とする。そして、上述の動力分配機構Pの構成及び駆動系に備えられるギヤのギヤ比等にしがたって、第一回転電機MG1、第二回転電機MG2が取るべき回転速度が要求回転速度として決定される。

20

【0049】

一方、バッテリーBの蓄電量が少なくなっており車両に制動がかかっている場合には、モータとして働く第二回転電機MG2の回転速度が抑えられた状態で、第一回転電機MG1で発電される電力を増加させるべく、エンジンE、第一回転電機MG1、第二回転電機MG2の運転条件を決定する。この場合、車両に制動がかかる状態で車輪Wの回転速度、ひいては第二回転電機MG2の回転速度は低下している。この状態でエンジン回転速度を上げることで、動力分配機構Pにおける遊星歯車の各ギヤの接続関係から、発電機として働く第一回転電機MG1の回転速度を上昇させる。その結果、第一回転電機MG1の発電量を増加させて、バッテリーBの充電を行うことができる。

30

【0050】

走行条件決定手段12により決定されるエンジンEに対する要求回転速度および要求トルクは、エンジン制御手段13に出力される。また、第一回転電機MG1、第二回転電機MG2に対する要求回転速度及び要求トルクは、それぞれ回転電機制御手段14に出力される。

【0051】

エンジン制御手段13は、エンジンEの運転開始、停止を行うほか、走行条件決定手段12から出力されるエンジンEに対する要求回転速度及び要求トルクにしがたって、エンジンEの回転速度制御、出力トルク制御等の運転制御を行う。

40

回転電機制御手段14は、走行条件決定手段12から出力される各回転電機MG1、MG2に対する要求回転速度及び要求トルクにしがたって、インバータInを介して第一回転電機MG1及び第二回転電機MG2の回転速度制御、トルク制御等の運転制御を行う。

【0052】

さて、図3に示すように、回転電機制御手段14にはインバータ電圧決定部14aが設けられている。先に示したように回転電機制御手段14には走行条件決定手段12から、各回転電機MG1、MG2に対する要求回転速度および要求トルクが送られてくる。一方、本例で採用するインバータInは、共通の電圧変換部4を備え、その共通の電圧変換部4により電圧変換された直流電圧（この電圧をインバータ電圧Vcと呼ぶ）が、周波数変

50

換部 5 にかかる。そこで、回転電機制御手段 1 4 では、個々の回転電機 M G 1、M G 2 に要求される要求回転速度及び要求トルクに基づいて、インバータ I n で回転電機 M G 1、M G 2 を制御するのに必要となる回転電機毎の周波数及び電流値を求め、さらに各回転電機 M G 1、M G 2 毎に必要な直流電圧（この電圧をそれぞれ第一電圧、第二電圧と呼ぶ）を求める。そして、回転電機制御手段 1 4 では、一対求められる第一電圧、第二電圧に基づいて、それらの高い方の電圧をインバータ電圧 V c とする。したがって、回転電機制御手段 1 4 では、インバータ I n に対する指令値として、インバータ電圧 V c が求められるとともに、回転電機 M G 1、M G 2 毎に周波数及び電流値が求められ、インバータ I n に送られる。

【 0 0 5 3 】

以上が、走行条件決定手段 1 2 により決定される走行条件にそのまましたがって、エンジン E 及び一対の回転電機 M G 1、M G 2 が運転される場合の説明である。このような通常状態における走行状態に対して、本実施形態においては、インバータ I n に過電流が流れる可能性がある場合に、所定の条件下で、トルク制限手段 1 5 によりモータとして働く回転電機のトルクを制限するように構成されている。所定の条件を満たす場合、モータとして働く回転電機のトルクがトルク制限値に制限される。

【 0 0 5 4 】

4 . トルク制御系

次に、トルク制限手段 1 5 がモータとして働く回転電機のトルクを制御する制御系の詳細について説明する。図 3 に示すように、トルク制限手段 1 5 は、バッテリー電力導出手段 1 5 a と、バッテリー電力変化率導出手段 1 5 b と、回転速度変化率導出手段 1 5 c と、制限電力決定手段 1 5 d と、トルク制限判定手段 1 5 e と、トルク制限値導出手段 1 5 f と、を備えている。

【 0 0 5 5 】

バッテリー電力導出手段 1 5 a は、現状におけるバッテリー電力を導出する手段である。ここで、バッテリー電力は、一対の回転電機 M G 1、M G 2 に関して、走行条件決定手段 1 2 により決定される走行条件（要求トルク及び要求回転速度）にしたがって、一方がモータとして働くとともに他方が発電機として働く場合に、バッテリー B から取り出される電力（バッテリー B が供給することが必要となる電力）である。

【 0 0 5 6 】

このバッテリー電力は、以下にそれぞれ示す、モータ電力（式 1 ）、発電機電力（式 2 ）、昇圧コンバータ損失及びコンデンサチャージ電力（式 4 ）の合算値として導出される。これらは全て推定値であり、以下に示す式にしたがって求められるが、一部（モータ損失、発電機損失、昇圧コンバータ損失）は、走行条件に応じて、予め求められているマップ等を利用して求める。これらの値を、予め経験的に求められている推定式に基づいて求めるものとしてもよい。

【 0 0 5 7 】

モータ電力〔 W 〕 = モータ要求トルク × モータ要求回転速度 × 2 / 6 0 + モータ損失
 : ここで、モータ損失は経験値を使用する 式 1

【 0 0 5 8 】

発電機電力〔 W 〕 = 発電機要求トルク × 発電機要求回転速度 × 2 / 6 0 + 発電機損失
 : ここで、発電機損失は経験値を使用する 式 2

これらの式でトルクの単位は〔 N ・ m 〕で、回転速度の単位は〔 r p m 〕である（以下同じ）。

【 0 0 5 9 】

昇圧コンバータ損失は、本例のような電圧変換部 4 を備える構成において、コンバータを挟んで電圧変化を行うことにより発生する損失である。具体的には、図 2 の p 1、p 2 間で発生する損失である。この値も経験的に得られている値であり、図 4 に、バッテリー電流〔 A 〕と昇圧コンバータ損失〔 W 〕の関係を示した。したがって、この損失は、バッテリー電流を得て図 4 に示すマップからその時点の昇圧コンバータ損失を求めることができる

10

20

30

40

50

。或いは、図4に示すマップに対応する以下の近似式(式3)にしたがって、その時点の昇圧コンバータ損失を求めることもできる。

$$\text{昇圧コンバータ損失} = a_1 \times (\text{バッテリー電流})^2 + a_2 \times (\text{バッテリー電流}) + a_3 \dots \text{式3}$$

なお、上記の式3において、 a_1 、 a_2 、 a_3 は予め定められている定数である。

【0060】

コンデンサチャージ電力は、平滑用コンデンサ17(図2を参照)の容量を C [F]、 t をタイムステップとして、以下の式4に基づいて求められる。

コンデンサチャージ電力 =

$$[C \times (\text{昇圧後電圧})^2 / 2 - C \times (\text{前回の昇圧後電圧})^2 / 2] / t \dots \text{式4}$$

10

【0061】

したがって、バッテリー電力は、以下の式5により導出される。

バッテリー電力 =

$$\text{モータ電力} + \text{発電機電力} + \text{昇圧コンデンサ損失} + \text{コンデンサチャージ電力} \dots \text{式5}$$

バッテリー電力導出手段15aにより導出されたバッテリー電力は、トルク制限判定手段15eに出力される。

【0062】

バッテリー電力変化率導出手段15bは、現在のバッテリー電力と、単位タイムステップ前のバッテリー電力との差の絶対値をバッテリー電力変化率として導出する手段である。

20

回転速度変化率導出手段15cは、モータとして働いている回転電機に関し、現在の回転速度と、単位タイムステップ前の回転速度との差の絶対値を回転速度変化率として導出する手段である。

バッテリー電力変化率導出手段15bにより導出されたバッテリー電力変化率及び回転速度変化率導出手段15cにより導出された回転速度変化率は、制限電力決定手段15dに出力される。

【0063】

制限電力決定手段15dは、許容できるバッテリー電力の最大値である制限電力を決定する手段である。本願にあっては、制限電力決定手段15dは、制限電力をバッテリー電圧に応じて可変決定するように構成されている。バッテリー電圧は、上述したようにバッテリー状態検出センサ5e4により検出される。本実施形態においては、制限電力決定手段15dは、バッテリー電圧によらず一定の値に設定される第一制限電力と、バッテリー電圧が変化した場合であっても、バッテリー電流が所定の過電流閾値 I_t よりも小さくなるように設定される第二制限電力と、のうちいずれか小さい方を制限電力として決定する。第一制限電力は、バッテリーBの正常時、すなわち、バッテリーBの開放電圧(バッテリー電流が零の状態におけるバッテリー電圧)が所定の正常範囲にある場合において、インバータInが備えるスイッチング素子4c、4d及び8a~8fの破損を抑制することができるような電力値として設定される。また、第二制限電力は、バッテリー電圧が変化した場合であっても、当該バッテリー電圧との関係でバッテリー電流が過電流閾値 I_t よりも小さくなるような電力値として設定される。ここで、本実施形態において過電流閾値 I_t は、バッテリーから回転電機に流れることが許容される電流の最大値として予め設定されている。より具体的には、過電流閾値 I_t は、スイッチング素子4c、4d及び8a~8fの破損、及び、バッテリーBの耐久性の低下を防止することができるような電流の最大値として設定されている。このように設定される第二制限電力は、本実施形態においては過電流閾値 I_t とバッテリー電圧との積算値に基づいて設定される。

30

40

【0064】

図5は、本実施形態に係る制限電力を決定する際に用いるマップの一例を示す図である。横軸にバッテリー電圧を、縦軸に制限電力をとったこの図から明らかなように、制限電力はバッテリー電圧に応じて変化するものとなっている。ここで、横軸に水平な直線L1、L3、L5が、本願における第一制限電力を表す直線であり、一定の大きさの傾きを有する

50

直線 L 2、L 4、L 6 が、本願における第二制限電力を表す直線である。直線 L 2、L 4、L 6 の傾きは、上述したバッテリー電流の過電流閾値 I_t の大きさに一致している。なお、これらの直線 L 1 ~ L 6 のうち太い破線で示した L 1 及び L 2 は、回転電機に対してトルク制限がかけられる場合に、当該トルク制限と同時にバッテリー電力が制限されるような理想的な状態における、第一制限電力及び第二制限電力を表す直線となっている。

【0065】

しかしながら、実際に回転電機の制御を行なった場合におけるバッテリー電力の変化を考えると、PWM制御が演算周期内の平均出力値に基づいて行なわれることに起因して、制御遅れが生じてしまう。これにより、いわゆるオーバーシュートが発生し、トルク制限がかかってから実際にバッテリー電力が制限されるまでの間にもバッテリー電力が増加してしまう。そのため、本実施形態においては、以下の式 6 及び式 7 に示すように、制御遅れ分電力に応じた値（図 5 における d_1 及び d_2 ）を予め減算して、第一制限電力及び第二制限電力が設定されている。ここで、制御遅れ分電力は、回転電機 MG 1、MG 2 の制御遅れによるバッテリー電力の増加分である。

10

第一制限電力 = 理想状態での第一制限電力 - 制御遅れ分電力に応じた値

・・・式 6

第二制限電力 = 理想状態での第二制限電力（過電流閾値 $I_t \times$ バッテリー電圧） - 制御遅れ分電力に応じた値

・・・式 7

【0066】

すなわち、本実施形態においては、回転電機の制御遅れによりバッテリー電力が制御遅れ分電力だけ増加したときに、上記の理想的な状態における第一制限電力及び第二制限電力に等しくなる（制御遅れ分電力に等しい値が減算される場合）か、或いはこれらよりも小さくなる（余裕をみて制御遅れ分電力よりも多少大きい値が減算される場合）ように、第一制限電力及び第二制限電力が設定されている。上記制御遅れ分電力は実測に基づく実測値として取得される。なお、図 5 における直線 L 3 及び L 4 が、それぞれ回転電機の制御遅れを考慮した第一制限電力及び第二制限電力を表す直線となっている。なお、本例では、制御遅れ分電力に応じた値をバッテリー電圧によらない一定値として減算した場合の例を示している。このように、制御遅れ分電力を考慮した補正を行なって第一制限電力及び第二制限電力を設定することで、制御遅れにより発生するバッテリー電力の増加分を吸収して過電流の発生防止を図ることができる。

20

30

【0067】

さらに、回転電機制御システム 100 が組み込まれた車両駆動システム 200 の状況によっては、バッテリー電力が急激に変化し、或いは急激に変化すると予測される場合がある。具体的には、例えば、バッテリー電力変化率導出手段 15 b により導出されるバッテリー電力変化率が所定のバッテリー電力急変閾値より大きい場合には、バッテリー電力が急激に変化していることが認められる。また、回転速度変化率導出手段 15 c により導出される回転速度変化率が所定の回転速度急変閾値より大きい場合には、バッテリー電力が急激に変化すると予測される。これらの場合に代表されるような急変時には、回転電機の制御遅れによるバッテリー電力の増加幅は、通常時における増加幅よりも大きいものとなる。そこで、本実施形態においては、急変時にあっては、上述した制御遅れ分電力に応じた値（図 5 における d_2 ）よりも大きな値（図 5 における d_4 ）を予め減算した急変時第二制限電力が、上記の第二制限電力に代えて設定される。 d_2 と d_4 の大小関係から明らかなように、急変時第二制限電力は上記の第二制限電力よりも低い値となる。なお、図 5 における直線 L 6 が、急変時第二制限電力を表す直線となっている。このような急変時第二制限電力を設定することで、制御遅れにより発生するバッテリー電力の増加分が通常時に比べて増大したとしても、これを吸収して過電流の発生防止を図ることができる。

40

【0068】

さらに、上記急変時にあっては、上述した制御遅れ分電力に応じた値（図 5 における d_1 ）よりも大きな値（図 5 における d_3 ）を予め減算した急変時第一制限電力が、上記の第一制限電力に代えて設定される。 d_1 と d_3 の大小関係から明らかなように、急変時第

50

一制限電力は上記の第一制限電力よりも低い値となる。なお、図5における直線L5が、急変時第一制限電力を表す直線となっている。このような急変時第一制限電力を設定することで、同様に、制御遅れにより発生するバッテリー電力の増加分が通常時に比べて増大したとしても、これを吸収して過電流の発生防止を図ることができる。

【0069】

上述したように、制限電力決定手段15dは、第一制限電力と第二制限電力とのうち、いずれか小さい方を制限電力として決定する。したがって、本実施形態における制限電力決定手段15dは、非急変時（急変時とは認められない時）において、第一制限電力及び第二制限電力を表す直線L3、L4の交点によって規定される所定のバッテリー電圧（図5におけるV₁）よりも現状のバッテリー電圧が高い場合には直線L3によって設定される第一制限電力を制限電力として決定し、所定のバッテリー電圧V₁よりも現状のバッテリー電圧が低い場合には直線L4によって設定される第二制限電力を制限電力として決定する。ただし、急変時においては、急変時第一制限電力及び急変時第二制限電力を表す直線L5、L6の交点によって規定される所定のバッテリー電圧（図5におけるV₂）よりも現状のバッテリー電圧が高い場合には直線L5によって設定される急変時第一制限電力を制限電力として決定し、所定のバッテリー電圧V₂よりも現状のバッテリー電圧が低い場合には直線L6によって設定される急変時第二制限電力を制限電力として決定する。このように、実際的には、第二制限電力はその上限値が第一制限電力に一致するように決定され、制限電力は、第二制限電力の上限を第一制限電力としたものとされている。同様に、急変時第二制限電力はその上限値が急変時第一制限電力に一致するように決定され、急変時における制限電力は、急変時第二制限電力の上限を急変時第一制限電力としたものとされている。制限電力決定手段15dにより決定された制限電力は、トルク制限判定手段15eに出力される。

10

20

【0070】

トルク制限判定手段15eは、トルク制限を行うか否かの判定を実行する手段である。トルク制限判定手段15eは、バッテリー電力導出手段15aにより導出されるバッテリー電力が、制限電力決定手段15dにより決定された制限電力以上である場合に、回転電機MG1、MG2のトルク制限を行う必要があると判定し、その結果をトルク制限値導出手段15fへ出力する。バッテリー電力導出手段15aにより導出されるバッテリー電力が、制限電力決定手段15dにより決定された制限電力よりも小さい場合には、回転電機MG1、MG2のトルク制限を行う必要はないと判定する。この場合は、各回転電機MG1、MG2は、要求トルク、要求回転速度で制御される。

30

【0071】

トルク制限値導出手段15fは、トルク制限判定手段15eが回転電機MG1、MG2のトルク制限を行う必要があると判定した場合に、その時点でのトルク制限値を導出する手段である。トルク制限値導出手段15fは、制限電力決定手段15dにより決定された制限電力（急変時においては、当該急変時における制限電力）に基づいてトルク制限値を導出する。具体的には、以下の式8にしたがって、トルク制限値が求められる。

トルク制限値〔Nm〕 =
(制限電力 - 発電機電力 - モータ損失 - 昇圧コンバータ損失 - コンデンサチャージ電力) /
[(2 / 60) × モータ回転速度] 式8

40

【0072】

なお、上述したように、急変時における制限電力は通常時における制限電力よりも低い値に設定される。したがって、急変時におけるトルク制限値は、通常時におけるトルク制限値よりも小さいものとなる。

【0073】

このようにして、トルク制限手段15は、バッテリー電力導出手段15aにより導出されるバッテリー電力が制限電力より大きくならないように、トルク制限値導出手段15fにより導出されたトルク制限値にしたがって、回転電機MG1、MG2の出力トルクを制限する。

50

【 0 0 7 4 】

図 6 は、制限電力とバッテリー特性との関係を示す図である。この図では、横軸にバッテリー電流を、縦軸にバッテリー電圧をとっている。ここで、曲線 C 1 ~ C 6 は、図 5 における直線 L 1 ~ L 6 にそれぞれ対応するものとして示されている。つまり、C 1 及び C 2 は、上記理想的な状態における第一制限電力及び第二制限電力を表す曲線である。C 3 及び C 4 は、回転電機の制御遅れを考慮した第一制限電力及び第二制限電力を表す曲線である。C 5 及び C 6 は、急変時第一制限電力及び急変時第二制限電力を表す曲線である。また、図 6 には、バッテリー B の放電時におけるバッテリー特性、すなわちバッテリー電圧とバッテリー電流との間の関係を示す、二本の右下がりの直線が示されている。なお、上側の直線（正常時 V I 特性と表示）はバッテリー B が正常な場合におけるバッテリー特性を示しており、破

10

【 0 0 7 5 】

この図を参照して理解できるように、バッテリー B が正常な場合には、回転電機の制御遅れを考慮した、一定値となる第一制限電力（曲線 C 3 で表されている）のみに基づいてトルク制限判定を行なったとしても、バッテリー電流が、インバータ I n を構成するスイッチング素子 4 c、4 d 及び 8 a ~ 8 f に流れることが許容される電流の最大値である過電流閾値 I t に到達することはない。これは、バッテリー電流が過電流閾値 I t よりも小さい状態に対応する図中の点 X において、回転電機 M G 1、M G 2 のトルクが制限されるため

20

【 0 0 7 6 】

しかしながら、本実施形態に係る回転電機制御システム 1 0 0 が備える制限電力決定手段 1 5 d は、一定値となる第一制限電力のみならず、バッテリー電圧が変化した場合であっても、バッテリー電流が所定の過電流閾値 I t よりも小さくなるように設定される第二制限電力を設定し、これらのうちいずれか小さい方を制限電力として決定する。図 6 の例では、回転電機の制御遅れを考慮した第一制限電力を表す曲線 C 3、及び、回転電機の制御遅れを考慮した第二制限電力を表す曲線 C 4 により制限電力が決定される。そして、そのようにして決定された制限電力に基づいてトルク制限判定が行なわれるように構成されているので、バッテリー電流が過電流閾値 I t を超える領域 Y においては、第一制限電力以下ではあるものの第二制限電力以上となるため、回転電機 M G 1、M G 2 のトルクを適切に制限することができる。これにより、バッテリー電流が過電流閾値 I t を超えてしまうことを防止し、インバータ I n を構成するスイッチング素子 4 c、4 d 及び 8 a ~ 8 f を破損等

30

40

【 0 0 7 7 】

5 . トルク制限処理の手順

次に、本実施形態に係る回転電機制御システム 1 0 0 が実行するトルク制限処理の手順について説明する。図 7 は、本実施形態におけるトルク制限処理の処理手順を示すフローチャートである。この図に示されるトルク制限処理は、イグニッションキーの ON 操作から OFF 操作に到るまで常時、所定のタイムステップで繰り返される。

【 0 0 7 8 】

まず、発電機として働く回転電機（以下では、単に「発電機」と称する場合がある）及

50

びモータとして働く回転電機（以下では、単に「モータ」と称する場合がある）に対する要求トルクが取り込まれるとともに、発電機及びモータの回転速度が検出される（ステップ#01）。図7においては、要求トルクをトルク指令値として記載している。また、バッテリー状態検出センサSe4によりバッテリー電圧が検出される（ステップ#02）。次に、バッテリー電力導出手段15aは、その時点におけるバッテリー電力を導出し（ステップ#03）、バッテリー電力変化率導出手段15bは、バッテリー電力の変化率を導出する（ステップ#04）。一方、回転速度変化率導出手段15cは、逐次取り込まれるモータ回転速度に基づき、モータとして働く回転電機の回転数変化率を導出する（ステップ#05）。以上の処理を経て、その時点におけるバッテリー電力、バッテリー電力変化率、回転速度変化率が得られる。

10

【0079】

制限電力決定手段15dは、以上のようにして得られるバッテリー電力変化率及び回転速度変化率に基づいて、バッテリー電力変化率がバッテリー電力急変閾値以上か、或いは回転速度変化率が回転速度急変閾値以上かの、いずれかの条件を満足するか否かを判定する（ステップ#06）。このようにして、変化率の点からみた急変の発生が判定される。いずれの条件も満たされない場合には（ステップ#06：No）、制限電力決定手段15dは、ステップ#02で検出されたバッテリー電圧に基づき、当該バッテリー電圧における第一制限電力と第二制限電力とのうち、いずれか小さい方を制限電力として決定する（ステップ#07）。次に、トルク制限判定手段15eは、ステップ#03で導出されたバッテリー電力が、ステップ#07で決定された制限電力以上であるか否かを判定する（ステップ#09）。

20

バッテリー電力が制限電力以上であると判定された場合には（ステップ#09：Yes）、トルク制限値導出手段15fにより、制限電力に基づいてトルク制限値が導出され（ステップ#10）、トルク制限手段15により、そのトルク制限値に基づいたモータトルク制限が実行される（ステップ#11）。一方、バッテリー電力が制限電力よりも小さいと判定された場合には（ステップ#09：No）、トルク制限は実行されない（ステップ#14）。この場合、要求トルク、要求回転速度でモータとして働く回転電機が運転される。

【0080】

さて、ステップ#06の判定において、いずれかの条件を満たす場合には（ステップ#06：Yes）、制限電力決定手段15dは、ステップ#02で検出されたバッテリー電圧に基づき、当該バッテリー電圧における急変時第一制限電力と急変時第二制限電力とのうち、いずれか小さい方を制限電力として決定する（ステップ#08）。次に、トルク制限判定手段15eは、ステップ#03で導出されたバッテリー電力が、ステップ#08で決定された制限電力以上であるか否かを判定する（ステップ#12）。バッテリー電力が制限電力以上であると判定された場合には（ステップ#12：Yes）、トルク制限値導出手段15fにより、制限電力に基づいて急変時におけるトルク制限値が導出され（ステップ#13）、トルク制限手段15により、そのトルク制限値に基づいたモータトルク制限が実行される（ステップ#11）。一方、バッテリー電力が制限電力よりも小さいと判定された場合には（ステップ#12：No）、トルク制限は実行されない（ステップ#14）。この場合、要求トルク、要求回転速度でモータとして働く回転電機が運転される。

30

40

【0081】

次に、図8及び図9に基づいて、回転電機MG1、MG2のトルク制限を行う場合について説明する。図8は、バッテリー電圧が比較的低下（ V_L 、図5を参照）の場合におけるトルク制限の様子を示すタイミングチャートであり、図9は、バッテリー電圧が比較的高圧（ V_H 、図5を参照）の場合におけるトルク制限の様子を示すタイミングチャートである。なお、バッテリー電圧が比較的低下となる場合としてはバッテリーBの開放電圧が低下した場合が例示され、バッテリー電圧が比較的高圧となる場合としてはバッテリーBが正常に動作している場合が例示される。これらの図において、横軸は時間であり、縦軸には下から順に、バッテリー電力急変フラグ、モータ回転速度急変フラグ、トルク制限フラグ、モータ回転速度、バッテリー電力、モータトルク指令値を示している。また、バッテリー電力のチャー

50

トに合わせて、第一制限電力、第二制限電力、急変時第一制限電力、急変時第二制限電力が破線で示されている。なお、これらの図においては比較を容易とするため、トルク制限が実行されないと仮定した場合にはバッテリー電力及びモータ回転速度は全く同じように変化するものとして示している。また、それぞれ左側には急変状態とは認められないままバッテリー電力が上昇する様子を示すとともに、右側にはバッテリー電力が急上昇する様子を示している。

【0082】

まず、バッテリー電圧が比較的低下である V_L の場合（図5の例における V_1 及び V_2 よりも低下の場合）には、図5から分かるように、第一制限電力よりも第二制限電力の方が小さくなるので、第二制限電力が制限電力として決定される。ただし、先に説明した急変時には、急変時第一制限電力よりも急変時第二制限電力の方が小さくなるので、急変時第二制限電力が制限電力として決定される。したがって、この場合には、第二制限電力又は急変時第二制限電力が、トルク制限を実行するか否かを判定するための閾値となる。よって、図8においては、第二制限電力及び急変時第二制限電力を示す破線を、第一制限電力及び急変時第一制限電力を示す破線よりも太くして示している。

10

【0083】

図8の左側に示されるように、バッテリー電力及びモータ回転速度がゆっくりと徐々に上昇していく場合には、バッテリー電力変化率が所定のバッテリー電力急変閾値以上となることはなく、回転速度変化率が所定の回転速度急変閾値以上となることもない。よって、バッテリー電力急変フラグ及びモータ回転速度急変フラグが立つことはなく、バッテリー電力は第二制限電力に基づいてトルク制限の要否が判定される。そして、バッテリー電力が第二制限電力に等しくなった時点でトルク制限フラグがオンとなり、トルク制限がかけられる。トルク制限がかけられるとモータトルク指令値が順次低減されるが、モータ回転速度が減少に向かうに従って、モータトルク指定値も上昇傾向に変化する。なお、モータトルク指令値は、これまで説明してきたモータとして動く回転電機に対する要求トルクに相当する。そして、バッテリー電力が第二制限電力を下回った時点でトルク制限フラグがオフとなり、トルク制限が解消される。

20

【0084】

図8の右側に示されるように、バッテリー電力及びモータ回転速度が急激に上昇する場合には、バッテリー電力変化率が所定のバッテリー電力急変閾値以上となってしまうとともに、回転速度変化率が所定の回転速度急変閾値以上となってしまう。よって、バッテリー電力急変フラグ及びモータ回転速度急変フラグが立ち、バッテリー電力は急変時第二制限電力に基づいてトルク制限の要否が判定される。そして、バッテリー電力が急変時第二制限電力に等しくなった時点でトルク制限フラグがオンとなり、トルク制限がかけられる。トルク制限がかけられるとモータトルク指令値が順次低減されるが、モータ回転速度が減少に向かうに従って、モータトルク指定値も上昇傾向に変化する。そして、バッテリー電力が急変時第二制限電力を下回った時点でトルク制限フラグがオフとなり、トルク制限が解消される。

30

【0085】

バッテリー電圧が比較的低下である V_L の場合には、一定の大きさのバッテリー電力を確保するためにはバッテリー電流が過大となってしまう可能性がある。しかし、以上説明したように、本発明によれば、バッテリー電圧が低下の場合には第一制限電力よりも小さい第二制限電力（或いは急変時第一制限電力よりも小さい急変時第二制限電力）に基づいてトルク制限の要否が判定されるので、より早期にトルク制限を実行することが可能とされる。したがって、インバータInを構成するスイッチング素子4c、4d及び8a～8fに過大な電流が流れてしまうのを防止して、これらを破損等の問題から適切に保護することが可能とされている。また、バッテリーBから過大な電流が取り出されることを防止して、バッテリーBを耐久性の低下の問題から適切に保護することができる。

40

【0086】

一方、バッテリー電圧が比較的高圧である V_N の場合（図5の例における V_1 及び V_2 よりも高圧の場合）には、図5から分かるように、第二制限電力よりも第一制限電力の方が小

50

さくなるので、第一制限電力が制限電力として決定される。ただし、先に説明した急変時には、急変時第二制限電力よりも急変時第一制限電力の方が小さくなるので、急変時第一制限電力が制限電力として決定される。したがって、この場合には、第一制限電力又は急変時第一制限電力が、トルク制限を実行するか否かを判定するための閾値となる。よって、図9においては、第一制限電力及び急変時第一制限電力を示す破線を、第二制限電力及び急変時第二制限電力を示す破線よりも太くして示している。

【0087】

図9の左側に示されるように、バッテリー電力及びモータ回転速度がゆっくりと徐々に上昇していく場合には、バッテリー電力変化率が所定のバッテリー電力急変閾値以上となることはなく、回転速度変化率が所定の回転速度急変閾値以上となることもない。よって、バッテリー電力急変フラグ及びモータ回転速度急変フラグが立つことはなく、バッテリー電力は第一制限電力に基づいてトルク制限の要否が判定される。図示の例では、バッテリー電力は第一制限電力に到達しないのでトルク制限フラグがオンとなることはなく、トルク制限がかけられることもない。

10

【0088】

図9の右側に示されるように、バッテリー電力及びモータ回転速度が急激に上昇する場合には、バッテリー電力変化率が所定のバッテリー電力急変閾値以上となってしまうとともに、回転速度変化率が所定の回転速度急変閾値以上となってしまう。よって、バッテリー電力急変フラグ及びモータ回転速度急変フラグが立ち、バッテリー電力は急変時第一制限電力に基づいてトルク制限の要否が判定される。そして、バッテリー電力が急変時第一制限電力に等しくなった時点でトルク制限フラグがオンとなり、トルク制限がかけられる。トルク制限がかけられるとモータトルク指令値が順次低減されるが、モータ回転速度が減少に向かうに従って、モータトルク指定値も上昇傾向に変化する。そして、バッテリー電力が急変時第一制限電力を下回った時点でトルク制限フラグがオフとなり、トルク制限が解消される。

20

【0089】

〔その他の実施形態〕

(1) 上記の実施形態においては、制限電力決定手段15dが、バッテリー電圧によらず一定の値に設定される第一制限電力と、バッテリー電圧が変化した場合であってもバッテリー電流が過電流閾値 I_t よりも小さくなるように設定される第二制限電力と、のうちいずれか小さい方を制限電力として決定する場合を例として説明した。しかし、本発明の実施形態はこれに限定されない。すなわち、バッテリー電圧に応じて可変で、かつ、バッテリー電圧が変化した場合であってもバッテリー電流が過電流閾値 I_t よりも小さくなるように設定されるのであれば、単一の関数に基づいて制限電力を決定しても良い。例えば、徐々に第一制限電力(急変時にあっては、急変時第一制限電力)に近づくように緩やかに上昇する飽和曲線に対応するような関数(式は省略する)に基づいて制限電力を決定するように構成してあっても良い。

30

【0090】

(2) 上記の実施形態においては、回転電機MG1、MG2の制御遅れを考慮して第一制限電力及び第二制限電力を設定する場合を例として説明した。しかし、本発明の実施形態はこれに限定されない。すなわち、例えば制御遅れがない場合、或いは制御遅れが無視できる場合には、回転電機MG1、MG2の制御遅れを考慮せずに第一制限電力及び第二制限電力を設定しても良い。

40

【0091】

(3) 上記の実施形態においては、回転電機MG1、MG2の制御遅れを考慮した第一制限電力及び第二制限電力を設定するに際して、制御遅れ分電力に応じた値をバッテリー電圧によらない一定値として減算する場合を例として説明した。しかし、本発明の実施形態はこれに限定されない。すなわち、例えば制御遅れ分電力に応じた値をバッテリー電圧に応じて変化する可変値としても良い。バッテリー電圧が変化するとそれに応じて制御遅れ分電力も変化するので、バッテリー電圧に応じて変化する可変値を減算することで、より精度の高い第一制限電力及び第二制限電力を設定することができる。

50

【 0 0 9 2 】

(5) 上記の実施形態においては、バッテリー電力が制限電力以上となった時点でトルク制限がかけられ、バッテリー電力が制限電力よりも小さくなった時点でトルク制限が解消される場合を例として説明した。しかし、本発明の実施形態はこれに限定されない。すなわち、例えばバッテリー電力が増加する状態で使用する上側の制限電力と、バッテリー電力が減少する状態で使用する下側の制限電力とを設けても良い。このように制限電力を一对の値とすることにより、制限電力にヒステリシスを持たせて制御遅れを吸収することができる。よって、ハンチング等を起こしにくい、安定したトルク制限を実現することができる。

【 0 0 9 3 】

(6) 上記の実施形態においては、本発明に係る回転電機制御システム 1 0 0 を、エンジン E と一对の回転電機 M G 1、M G 2 とを備えたスプリットタイプのハイブリッド駆動装置 1 に適用する場合を例として説明した。しかし、本発明の実施形態はこれに限定されない。すなわち、例えば回転電機を単一備えたハイブリッド駆動装置にも適用することができる。さらに、駆動源としてモータとして働く回転電機のみを備えた、電動車両用の駆動装置にも適用することができる。

10

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 9 4 】

本発明は、モータやジェネレータの制御を行なう回転電機制御システム、及び当該回転電機制御システムを備えた車両駆動システムに好適に利用することができる。

20

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 9 5 】

【 図 1 】 車両駆動システムの駆動系の概略を示す図

【 図 2 】 車両駆動システムの回転電機制御系の概略を示す図

【 図 3 】 車両駆動システムの全体の概略を示す図

【 図 4 】 昇圧コンバータ損失のマップを示す図

【 図 5 】 制限電力を決定する際に用いるマップの一例を示す図

【 図 6 】 制限電力とバッテリー特性との関係を示す図

【 図 7 】 トルク制限処理の処理手順を示すフローチャート

【 図 8 】 バッテリー電圧が低圧の場合におけるトルク制限の様子を示すタイミングチャート

【 図 9 】 バッテリー電圧が高圧の場合におけるトルク制限の様子を示すタイミングチャート

30

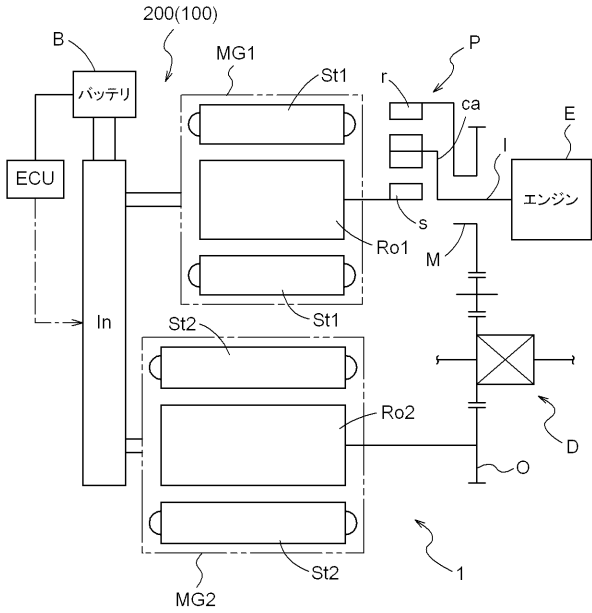
【 符号の説明 】

【 0 0 9 6 】

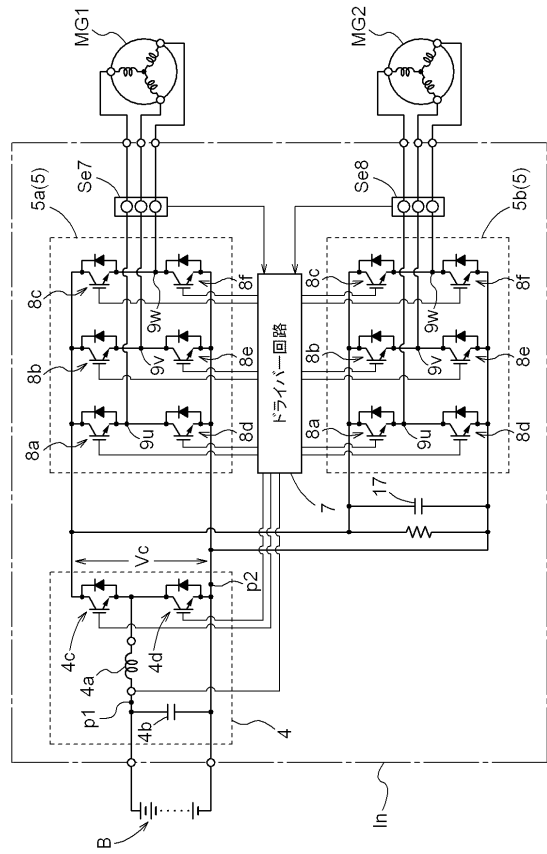
- 1 5 トルク制限手段
- 1 5 a バッテリー電力導出手段
- 1 5 b バッテリー電力変化率導出手段
- 1 5 c 回転速度変化率導出手段
- 1 5 d 制限電力決定手段
- 1 0 0 回転電機制御システム
- 2 0 0 車両駆動システム
- I n インバータ
- B バッテリー
- E エンジン (駆動源)
- M G 1 第一回転電機
- M G 2 第二回転電機
- P 動力分配機構
- W 車輪
- I t 過電流閾値

40

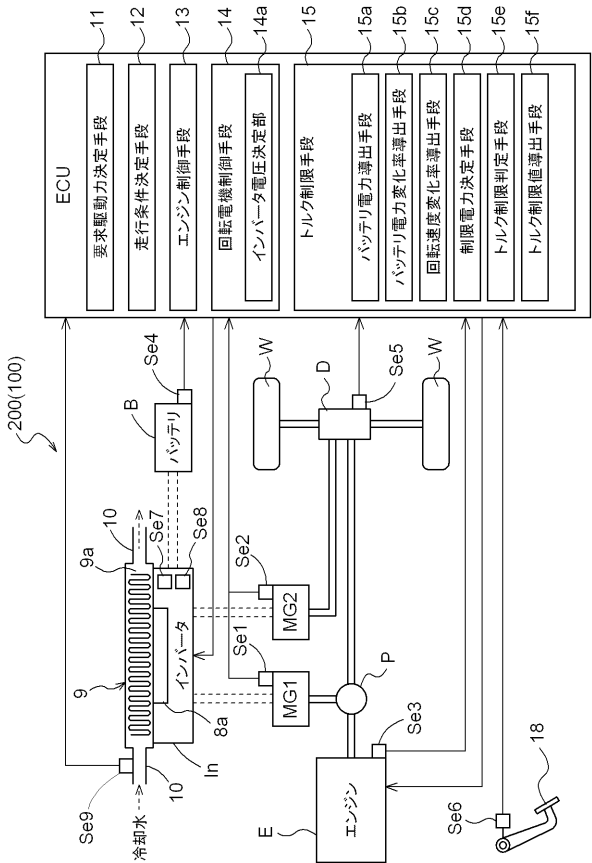
【図1】



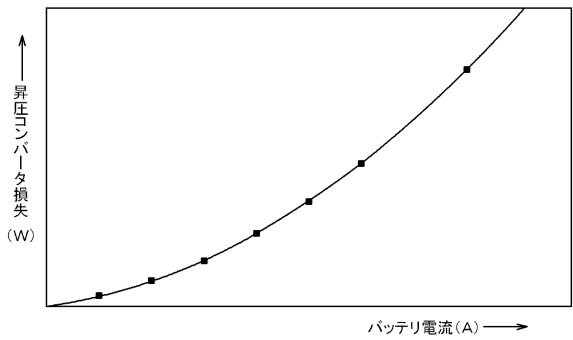
【図2】



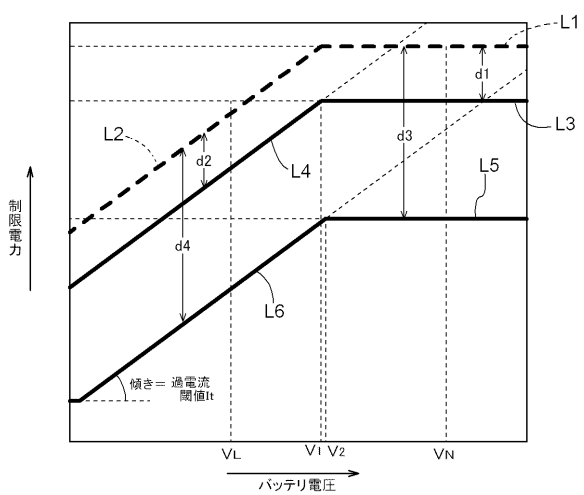
【図3】



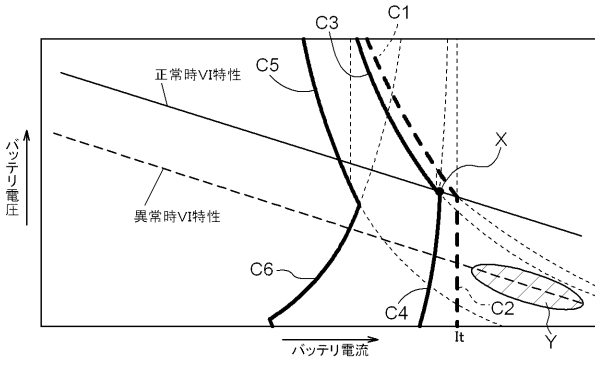
【図4】



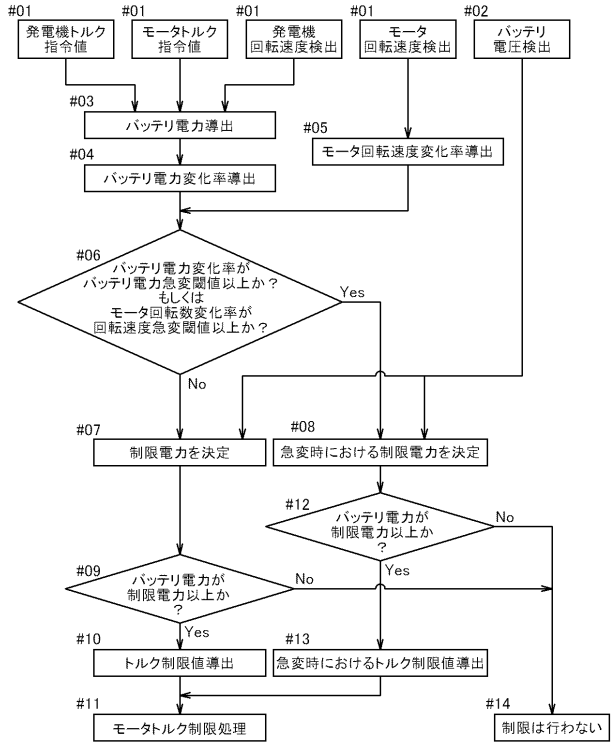
【図5】



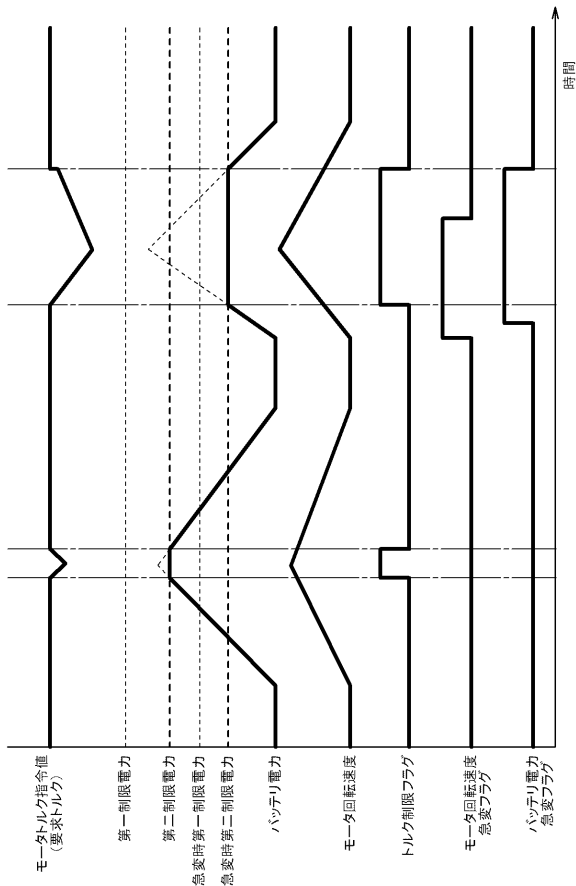
【図6】



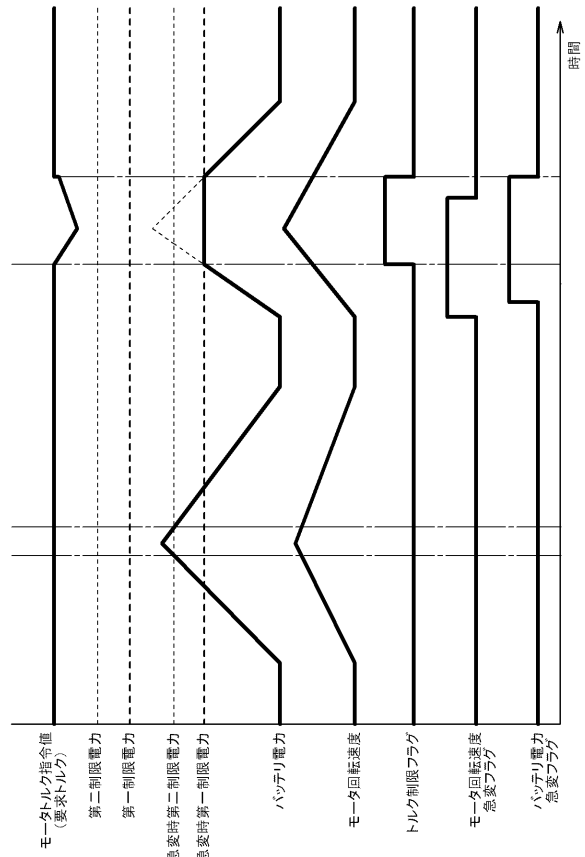
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード(参考)
B 6 0 W 10/26 (2006.01) B 6 0 K 6/445
B 6 0 K 6/445 (2007.10)

(72)発明者 荻野 大介
 愛知県安城市藤井町高根 1 0 番地 アイシン・エイ・ダブリュ株式会社内

(72)発明者 伊澤 仁
 愛知県安城市藤井町高根 1 0 番地 アイシン・エイ・ダブリュ株式会社内

(72)発明者 青木 一男
 愛知県安城市藤井町高根 1 0 番地 アイシン・エイ・ダブリュ株式会社内

F ターム(参考) 5H115 PA08 PA12 PC06 PG04 PI16 PI24 PI29 P002 P006 P017
 PU08 PU24 PU28 PV03 PV09 PV23 QI04 QN03 QN09 RB22
 TI02 TI05 T012 T013 TR19 TU17 TZ09
 5H505 AA16 BB06 CC04 DD03 EE48 HB01 JJ28 LL28 MM01