

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6315622号  
(P6315622)

(45) 発行日 平成30年4月25日(2018.4.25)

(24) 登録日 平成30年4月6日(2018.4.6)

(51) Int. Cl.	F I	
<b>H02P 29/62 (2016.01)</b>	H02P 29/62	
<b>B60L 3/00 (2006.01)</b>	B60L 3/00	ZHVJ
<b>B60L 9/18 (2006.01)</b>	B60L 9/18	J
<b>B60L 7/14 (2006.01)</b>	B60L 7/14	
<b>B60L 11/14 (2006.01)</b>	B60L 9/18	P
請求項の数 8 (全 22 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2016-41934 (P2016-41934)	(73) 特許権者	000005326 本田技研工業株式会社 東京都港区南青山二丁目1番1号
(22) 出願日	平成28年3月4日(2016.3.4)	(74) 代理人	100077665 弁理士 千葉 剛宏
(65) 公開番号	特開2017-158389 (P2017-158389A)	(74) 代理人	100116676 弁理士 宮寺 利幸
(43) 公開日	平成29年9月7日(2017.9.7)	(74) 代理人	100149261 弁理士 大内 秀治
審査請求日	平成29年1月26日(2017.1.26)	(74) 代理人	100136548 弁理士 仲宗根 康晴
		(74) 代理人	100136641 弁理士 坂井 志郎
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 車両

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】  
蓄電装置と、  
直流と交流の両方向に変換可能な駆動装置と、  
前記駆動装置の交流側に接続されるとともに、出力軸が負荷に接続される回転電機と、  
低圧側が前記蓄電装置に接続され高圧側が前記駆動装置の直流側に接続されて、前記蓄電装置の電圧を昇圧し、該昇圧電圧を、前記駆動装置を通じて前記回転電機に印加する電圧変換器と、  
前記駆動装置及び前記回転電機を制御する制御装置と、  
を備える車両において、  
前記制御装置は、  
前記回転電機が所定の駆動力または回生電力を発生させるための最も小さな電流値とは異なる第1の電流値で該回転電機を駆動することで、当該車両で発生する余分な電力を前記回転電機により消費させながら、前記回転電機の温度又は前記駆動装置の温度が閾値温度を上回ったとき、前記第1の電流値よりも小さな第2の電流値で前記回転電機を駆動するものであり、  
前記第1の電流値は、  
前記電圧変換器によって前記蓄電装置の電圧を昇圧することで、前記回転電機の運転範囲を強め界磁制御が行われる能力限界まで拡大し、該能力限界まで拡大された前記運転範囲で前記回転電機に供給される昇圧後最大相電流値とされている

ことを特徴とする車両。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の車両において、

前記制御装置は、前記回転電機に供給する相電流を、前記第 1 の電流値から前記第 2 の電流値に変更する際には、等トルクライン上で小さくする

ことを特徴とする車両。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載の車両において、

前記第 2 の電流値は、

前記能力限界まで拡大された前記運転範囲での動作中に、前記回転電機の温度又は前記駆動装置の温度が前記閾値温度を上回ったとき、前記昇圧電圧を低くして前記運転範囲を縮小し、縮小された前記運転範囲で、前記回転電機に供給される相電流値とされている

ことを特徴とする車両。

10

【請求項 4】

請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の車両において、

前記回転電機が所定の前記駆動力または前記回生電力を発生させるための最も小さな前記電流値は

相電流の d 軸電流値が負値の電流値とされ、前記第 1 及び前記第 2 の電流値は前記 d 軸電流値が正值の電流値とされている

ことを特徴とする車両。

20

【請求項 5】

請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の車両において、

前記制御装置は、

前記車両で発生する余分な電力が、制動用の回生電力である場合であって、

前記能力限界まで拡大された前記運転範囲での前記回転電機の動作中に、前記回生電力が前記回転電機で全て消費できない場合には、消費できない分の回生電力による制動力を、機械ブレーキにより分担させる

ことを特徴とする車両。

【請求項 6】

請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の車両において、

前記回転電機の温度は、該回転電機を構成する界磁コイルの温度又は前記回転電機を冷却する冷却媒体の温度であり、前記駆動装置の温度は、該駆動装置を構成する半導体スイッチング素子の温度である

ことを特徴とする車両。

30

【請求項 7】

請求項 1 に記載の車両において、

前記駆動装置を第 1 駆動装置とし、

該第 1 駆動装置の交流側に接続される前記回転電機を第 1 回転電機とし、該第 1 回転電機の前記出力軸に接続される前記負荷を内燃機関とし、

さらに、前記負荷とは異なる負荷であって該負荷が車輪とされる第 2 回転電機と、交流側が前記第 2 回転電機に接続されるとともに、直流側が前記電圧変換器の高圧側に接続される第 2 駆動装置と、を備え、

前記制御装置は、

前記第 2 回転電機が発生する回生電力の前記蓄電装置への充電が制約されるとき、前記第 2 回転電機が発生する前記回生電力を、前記能力限界まで拡大された前記運転範囲で運転されている前記第 1 回転電機で消費させる

ことを特徴とする車両。

40

【請求項 8】

請求項 7 に記載の車両において、

前記能力限界まで拡大された前記運転範囲で運転されている前記第 1 回転電機で前記回

50

生電力が全て消費できない場合には、消費できない分の回生電力による制動力を、機械ブレーキにより分担させる

ことを特徴とする車両。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、回転電機（モータ、ジェネレータ、及び/又はモータジェネレータ）を備える車両に関し、例えば、電気自動車、ハイブリッド自動車、燃料電池自動車等の電動車両に適用して好適な回転電機を備える車両に関する。

【背景技術】

10

【0002】

特許文献1には、エンジンと、このエンジンにより駆動される発電用発電機と、駆動用電動機と、電気エネルギーの蓄積手段であるバッテリーと、を備えるハイブリッド車両が開示されている（特許文献1の図1）。

【0003】

この特許文献1に開示されたハイブリッド車両では、ブレーキペダルの操作量及び車両速度制御手段からの減速要求指令に基づいて制動装置を制御して車両を減速させる制動制御に加え、前記駆動用電動機の回生トルクを制動力として付加して回生協調制動を行う。

【0004】

特許文献1に開示されたハイブリッド車両では、また、前記駆動用電動機の回生運転時には、前記駆動用電動機の回生運転によって発生した回生エネルギーを電気エネルギーとして前記バッテリーに蓄積する。但し、前記バッテリーの充電状態により前記駆動用電動機の回生エネルギーを前記バッテリーが吸収できないことによって所望の減速度が得られない場合には、前記発電用電動機を $q$ 軸電流 $= 0$ 、 $d$ 軸電流 $< 0$ と制御して、前記バッテリーが吸収しきれない前記駆動用電動機の回生エネルギーを前記発電用電動機の熱損失とし、余剰の電気エネルギーを吸収することにより所望の減速度を得るように制御することが開示されている（特許文献1の[0019]、図3(a)、図3(b)）。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

30

【特許文献1】特開2003-134602号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

特許文献1では、発電用電動機の $d$ 軸電流（ $d$ 軸電流 $< 0$ ）を制御することで、余分な電力消費を大きくすることができるが、その分発電用電動機及び該発電用電動機を駆動する駆動装置（電力変換装置）での温度が上昇してしまい、例えば非常に長い下り坂を降坂する場合には、発電用電動機又は駆動装置の温度が制限温度に達してしまう場合がある。

【0007】

特許文献1には、発電用電動機の温度が制限温度に達した場合の制御については何も記載されておらず、改良の余地がある。

40

【0008】

また、特許文献1では、 $d$ 軸電流 $< 0$ となるように制御しているので、電機子磁束が減磁方向の磁束となり、永久磁石が減磁してしまうという課題がある。さらに、電機子磁束が減磁方向の磁束となると、ロータのラジアル方向及びロータのスラスト方向の磁気拘束力が低下するので、発電用電動機のNV（ノイズと振動）特性が悪化する。

【0009】

この発明はこのような課題を考慮してなされたものであり、NV特性を悪化させることなく、当該車両で発生する余分な電力を前記回転電機により消費可能とする。その一方、前記余分な電力を消費中に、前記回転電機の温度又は駆動装置の温度がそれらの閾値温度

50

を上回った場合には、車両挙動に影響を与えることを抑制しながら、前記回転電機又は前記駆動装置の過熱を防止することを可能とする車両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】

【0010】

この発明に係る回転電機を備える車両は、蓄電装置と、直流と交流の両方向に変換可能な駆動装置と、前記駆動装置の交流側に接続されるとともに、出力軸が負荷に接続される回転電機と、低圧側が前記蓄電装置に接続され高圧側が前記駆動装置の直流側に接続され、前記蓄電装置の電圧を昇圧し、該昇圧電圧を、前記駆動装置を通じて前記回転電機に印加する電圧変換器と、前記駆動装置、前記回転電機及び前記電圧変換器を制御する制御装置と、を備える車両において、前記制御装置は、前記回転電機が所定の駆動力を発生させるための最も小さな電流値とは異なる第1の電流値で該回転電機を駆動することで、余分な電力を前記回転電機により消費させながら、前記回転電機の温度又は前記駆動装置の温度が閾値温度を上回ったとき、前記第1の電流値よりも小さな第2の電流値で前記回転電機を駆動し、前記回転電機が消費する電力を小さくするように構成している。

10

【0011】

この発明によれば、車両内で余分な電力（余剰電力）が発生したとき、回転電機の温度及び駆動装置の温度が閾値以下の温度で高くない状況下では、非効率領域（回転電機が所定の駆動力を発生させるための最も小さな電流値とは異なる電流値となる領域）下で前記回転電機の運転範囲を拡大することで、当該車両で発生する余分な電力を前記回転電機により消費可能とする。その一方、前記余分な電力を前記回転電機で消費中に、前記回転電機の温度又は前記駆動装置の温度がそれらの閾値温度を上回った場合には、前記回転電機が消費する電力を減らすことで、前記回転電機又は前記駆動装置の過熱を防止することができる。

20

【0012】

この場合において、前記制御装置は、回転電機に供給する相電流を、前記第1の電流値から前記第2の電流値に変更する際には、等トルクライン上で相電流を小さくするようにしてもよい。前記等トルクライン上で相電流を小さくするようにしたので、回転電機の軸端トルク（出力軸に生じるトルク）を一定に保持しながら、回転電機での消費電力を可変することができる。

【0013】

また、前記制御装置は、前記電圧変換器によって前記蓄電装置の電圧を昇圧することで、前記回転電機の運転範囲を拡大し、拡大された前記運転範囲で、前記回転電機に供給する電流が前記第1の電流値となるように前記回転電機を駆動するとともに、前記回転電機の温度又は前記駆動装置の温度が閾値温度を上回ったとき、前記昇圧電圧を低くして前記運転範囲を縮小し、縮小された前記運転範囲で、前記回転電機に供給する電流が前記第1の電流値となるように前記回転電機を駆動するようにしてもよい。

30

昇圧電圧を制御することによって、運転範囲の拡大・縮小を制御することができるため、回転電機の温度又は駆動装置の温度が閾値温度を上回ったときには、昇圧電圧を低下させることで、回転電機に供給する相電流を小さくすることができる（すなわち、電流が小さくなるように運転点を移行させることができる）ため、運転点を移行させる際の制御の複雑化を抑制することができる。

40

【0014】

なお、前記制御装置は、前記車両で発生する余分な電力が制動用の回生電力である場合であって、該回生電力が前記回転電機で全て消費できない場合には、消費できない分の回生電力による制動力を、機械ブレーキにより分担させることが好ましい。このようにすれば、自車両が発生する余分な電力が制動用の回生電力である場合に、回生電力による制動力を前記回転電機の力行による電力消費で担保し、それでも足りない分を機械ブレーキで補うようにしているので、制動力が確保される。また、前記回転電機を等トルクライン上で制御しているので、車両挙動への影響が抑制される。

【0015】

50

また、前記回転電機の温度は、該回転電機を構成する界磁コイルの温度又は前記回転電機を冷却する冷却媒体の温度であり、前記駆動装置の温度は、該駆動装置を構成する半導体スイッチング素子の温度であるとしてもよい。回転電機の温度又は駆動装置の温度を簡易且つ正確に反映することができる。

【0016】

より具体的に、前記回転電機の運転範囲の拡大は、強め界磁制御による動作により行うようにする。d軸電流が正值となる強め界磁制御（非効率制御）なので、回転電機の温度上昇に伴う永久磁石の減磁を防止することができる。強め界磁制御（非効率制御）であるので磁石が高温となっても、磁石に反磁界を与えることがなく、着磁する方向の磁界を与えるため、磁石減磁の耐性が向上する。また、強め界磁制御では、ロータの磁石と電機子の

10

【0017】

この発明は、前記駆動装置を第1駆動装置とし、前記負荷を内燃機関とし、前記回転電機を第1回転電機とし、さらに、負荷が車輪とされる第2回転電機と、交流側が前記第2回転電機に接続されるとともに、直流側が前記電圧変換器の高圧側に接続される第2駆動装置と、を備え、前記車両で発生される余分な電力が、前記第2回転電機が発生する回生電力の一部又は全部とされた車両に適用して好ましい。

【0018】

すなわち、この発明は、ハイブリッド車両に好適に適用することができる。この発明によれば、機械ブレーキの介入を最小限に抑制することができ、機械ブレーキの摩擦材を長期間使用できるようになる。使用期間が通常と同じでよいならば、機械ブレーキの摩擦材を小さくすることができる。

20

【発明の効果】

【0019】

この発明によれば、車両内で余分な電力（余剰電力）が発生したとき、回転電機の温度及び駆動装置の温度が閾値以下の温度で高くない状況下では、非効率領域下で前記回転電機の運転範囲を拡大する。これにより、当該車両で発生する余分な電力を前記回転電機により消費できる。

【0020】

この場合、ロータ側の磁石とステータ側の電機子との磁気吸引力が増加するので、ロータの軸の軸方向への移動が抑制され、NV特性をその分向上できる。

30

【0021】

その一方、前記余分な電力を前記回転電機で消費中に、前記回転電機の温度又は前記駆動装置の温度がそれらの閾値温度を上回った場合には、非効率領域下で前記昇圧電圧を小さくして前記回転電機の運転範囲を縮小し、前記回転電機が消費する電力を減らすことで、前記回転電機又は前記駆動装置の過熱を防止できる。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】この実施形態に係る車両の概略構成を示すブロック図である。

40

【図2】図1例の車両の理解の便宜のために一部省略した車両の概略構成を示すブロック図である。

【図3】図1及び図2中、VCU部分、及び第1及び第2インバータ部分の構成例を示す概略電気回路図である。

【図4】実施形態に係る車両における基本的な非効率制御の説明図である。

【図5】従来効率制御と非効率制御を説明する $I_d - I_q$ 平面図である。

【図6】この実施形態に係る車両の非効率制御の具体例の動作説明に供されるフローチャートである。

【図7】バッテリー受け入れ電力を示す特性図である。

【図8】図6のフローチャート中、ステップS7の処理の詳細を示すフローチャートであ

50

る。

【図 9】要求相電流と昇圧後最大相電流が等しい場合の電圧制限楕円の拡大の説明に供される  $I_d - I_q$  平面図である。

【図 10】要求相電流が昇圧後最大相電流より大きい場合の電圧制限楕円の拡大の説明に供される  $I_d - I_q$  平面図である。

【図 11】図 8 のフローチャート中、ステップ S 17 の処理の詳細を示すフローチャートである。

【図 12】図 11 のフローチャート中、ステップ S 18 の処理の詳細を示すフローチャートである。

【図 13】全体動作の説明に供される  $I_d - I_q$  平面図である。

10

【図 14】実施形態の作用説明図である。

【図 15】変形例の車両（電気自動車）の概略構成を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0023】

以下、この発明に係る車両について好適な実施形態を挙げ、添付の図面を参照して詳細に説明する。

【0024】

[構成]

図 1 は、この実施形態に係る車両（自車両ともいう。）10 の概略構成を示すブロック図である。

20

【0025】

車両 10 は、基本的には、エンジン ENG と、駆動システム 11 と、高圧バッテリー BATH と、低圧バッテリー BATL と、電圧変換器としての VCU (Voltage Control Unit) 12 と、第 1 インバータ INV1 と、第 2 インバータ INV2 と、電動サーボブレーキ ESB (Electronic Servo Brake) と、制御装置 14 と、を備える。

【0026】

駆動システム 11 は、それぞれベクトル制御される 3 相の埋込磁石構造の永久磁石同期モータ（回転電機）である第 1 モータジェネレータ MG1 及び第 2 モータジェネレータ MG2 と、エンジン ENG と、駆動力伝達状態切替部 15 と、減速機 D と、を備える。

30

【0027】

駆動力伝達状態切替部 15 は、エンジン ENG と減速機 D とを直結させるクラッチ（不図示）と、前記クラッチと減速機 D との間に介装される変速機又は固定ギヤ段と、を備える。

【0028】

図 1 中、太い実線は機械連結を示し、二重実線は電力配線を示し、細い実線は制御線（信号線を含む。）を示す。

【0029】

この車両 10 において、駆動力伝達状態切替部 15 と、該駆動力伝達状態切替部 15 から両側に延びる機械連結は、エンジン ENG を動力源として駆動力伝達状態切替部 15 を介し減速機 D を通じて車輪（駆動輪）W を駆動するときのみ使用される。なお、加速時には、エンジン ENG と第 2 モータジェネレータ MG2 を利用するようにすることもできる。

40

【0030】

なお、この発明は、駆動力伝達状態切替部 15 によって、エンジン ENG の動力が車輪（駆動輪）W 側とは切離されるとともに、第 2 モータジェネレータ MG2 が車輪（駆動輪）W を駆動する状態で、主として適用される。

【0031】

そこで、図 2 に示すように、煩雑さの回避及び理解の便宜のために、以下、駆動力伝達状態切替部 15 を描いていない車両 10 の概略構成を示すブロック図に基づいて構成及び

50

動作を説明する。

【 0 0 3 2 】

エンジン E N G は、第 1 モータジェネレータ M G 1 を発電機として駆動する。この場合、第 1 モータジェネレータ M G 1 は、エンジン E N G の回転動力により駆動され電力を発生する。

【 0 0 3 3 】

また、エンジン E N G は、車両 1 0 の制動時に電動機として動作する第 1 モータジェネレータ M G 1 により駆動され空回り状態でクランク軸が回転する機械的負荷としても機能する場合がある。

【 0 0 3 4 】

車両 1 0 の駆動用の第 2 モータジェネレータ M G 2 は、高圧バッテリー B A T h 及び第 1 モータジェネレータ M G 1 の少なくとも一方からの電力供給によって電動機として動作（力行）し、車両 1 0 が走行するためのトルクを発生する。第 2 モータジェネレータ M G 2 で発生したトルクは、減速機 D を介して車輪 W に駆動力として伝達される。また、第 2 モータジェネレータ M G 2 は、車両 1 0 の制動時には発電機として動作する。

【 0 0 3 5 】

高圧バッテリー B A T h は、直列に接続された複数の蓄電セルを有し、例えば、1 0 0 - 3 0 0 [ V ] の高電圧を供給する。前記蓄電セルは、例えば、リチウムイオン電池やニッケル水素電池のセルである。高圧バッテリー B A T h は、キャパシタとしてもよい。

【 0 0 3 6 】

コンバータ C O N V は、高圧バッテリー B A T h の直流出力電圧を直流のまま降圧する D C / D C コンバータである。低圧バッテリー B A T l は、コンバータ C O N V によって降圧された電圧を蓄電し、例えば 1 2 [ V ] の定電圧を補機 1 6 に含まれるライト等の電装品 1 8 に供給するとともに、制御装置 1 4 等の直流電源とされる。

【 0 0 3 7 】

V C U 1 2 は、高圧バッテリー B A T h の出力電圧である V 1 電圧を、第 2 モータジェネレータ M G 2 が電動機として動作する際の第 2 モータジェネレータ M G 2 用の入力電圧である V 2 電圧に昇圧する。

【 0 0 3 8 】

また、V C U 1 2 は、車両 1 0 の制動時に第 2 モータジェネレータ M G 2 が発電機として動作する際の第 2 モータジェネレータ M G 2 の出力電圧である V 2 電圧を降圧し、V 1 電圧にする。

【 0 0 3 9 】

さらに、V C U 1 2 は、車両 1 0 の制動時に第 2 モータジェネレータ M G 2 が発電機として動作し、その発電電力により第 1 インバータ I N V 1 を通じて第 1 モータジェネレータ M G 1 を駆動する際の V 2 電圧の昇降圧を行う。

【 0 0 4 0 】

さらに、V C U 1 2 は、エンジン E N G の駆動によって第 1 モータジェネレータ M G 1 が発電し直流に変換された V 2 電圧を降圧し、V 1 電圧にする。

【 0 0 4 1 】

つまり、V C U 1 2 は、高圧バッテリー B a t h と第 1 モータジェネレータ M G 1、及び第 2 モータジェネレータ M G 2 との間での昇降圧コンバータ（双方向電圧変換器）として機能する。

【 0 0 4 2 】

V C U 1 2 によって降圧された V 1 電圧での電力は、補機 1 6 に含まれる電動エアコンプレッサ 2 0 の駆動用電力及び / 又は高圧バッテリー B A T h の充電用電力として供給される。

【 0 0 4 3 】

図 3 は、高圧バッテリー B A T h、V C U 1 2、第 1 インバータ I N V 1、第 2 インバータ I N V 2、第 1 モータジェネレータ M G 1 及び第 2 モータジェネレータ M G 2 の接続関

10

20

30

40

50

係を示す概略電気回路図である。

【 0 0 4 4 】

図 3 に示すように、V C U 1 2 は、平滑コンデンサ、インダクタ及び上下アームの 2 つのスイッチング素子を備える。V C U 1 2 は、高圧バッテリー B A T h が出力する V 1 電圧を入力電圧として上下アームの 2 つのスイッチング素子をオンオフ切り替え動作することによって出力側の V 2 電圧を V 1 電圧よりも高い電圧に昇圧する。また、第 1 インバータ I N V 1 又は第 2 インバータ I N V 2 が出力する V 2 電圧を入力電圧として上下アームの 2 つのスイッチング素子をオンオフ切り替え動作することによって出力側の V 1 電圧を V 2 電圧よりも低い電圧に降圧する。

【 0 0 4 5 】

なお、V C U 1 2 の 2 つのスイッチング素子がオンオフ切り替え動作しないで、上側スイッチング素子がオン状態、下側スイッチング素子がオフ状態とされたときの V 2 電圧は V 1 電圧に等しい。

【 0 0 4 6 】

さらに、図 3 において、第 1 インバータ I N V 1 は、エンジン E N G の駆動によって第 1 モータジェネレータ M G 1 が発電した交流電圧を直流電圧である V 2 電圧に変換する。また、第 1 インバータ I N V 1 は、車両 1 0 の制動時に第 2 モータジェネレータ M G 2 で発電され第 2 インバータ I N V 2 によって変換された V 2 電圧を交流電圧に変換し 3 相電流を第 1 モータジェネレータ M G 1 に供給する場合もある。第 2 インバータ I N V 2 は、V 2 電圧を交流電圧に変換して 3 相電流を第 2 モータジェネレータ M G 2 に供給する（力行）。さらに、第 2 インバータ I N V 2 は、車両 1 0 の制動時に第 2 モータジェネレータ M G 2 が発電した交流電圧を V 2 電圧に変換する（回生）。

【 0 0 4 7 】

図 1 及び図 2 に示した電動サーボブレーキ E S B は、車両 1 0 の運転者によるブレーキペダル 3 0 の操作量である踏込量 B p に応じて図示しない電動機によって制御される油圧システムによって車両 1 0 を制動する。

【 0 0 4 8 】

制御装置 1 4 は、第 1 インバータ I N V 1、第 1 モータジェネレータ M G 1、第 2 インバータ I N V 2、及び第 2 モータジェネレータ M G 2、及び V C U 1 2 を含むベクトル制御を行う他、エンジン E N G、電動サーボブレーキ E S B 及び補機 1 6 の制御を行う。

【 0 0 4 9 】

制御装置 1 4 による制御の詳細については後述するが、制御装置 1 4 は、センサの出力として、ブレーキペダル 3 0 の操作量を表す踏込量センサからのブレーキ踏込量 B p の他、アクセルペダル 3 2 の操作量を表すアクセル開度センサからのアクセル開度 A p、車速センサ 3 4 からの車速 V s、加速度センサ 5 8 からの加速度 a を取り込む。

【 0 0 5 0 】

また、制御装置 1 4 は、センサの出力として、S O C ( S t a t e O f C h a r g e ) センサ 3 5 からの高圧バッテリー B A T h の残容量 S O C、スイッチング素子近傍に取り付けられた温度センサ 3 6 からの第 1 インバータ I N V 1 の温度 T i 1、スイッチング素子近傍に取り付けられた温度センサ 3 7 からの第 2 インバータ I N V 2 の温度 T i 2、ステータのコイル近傍に取り付けられた温度センサ 3 8 からの第 1 モータジェネレータ M G 1 の温度 T c o i l 1、ステータのコイル近傍に取り付けられた温度センサ 3 9 からの第 2 モータジェネレータ M G 2 の温度 T c o i l 2、駆動システム 1 1 内を循環する冷却用オイル（冷却媒体）の流路に取り付けられた温度センサ 4 0 からの冷却媒体の温度 T a t f を取り込む。なお、冷却用オイルは、第 1 及び第 2 モータジェネレータ M G 1、M G 2 を含んで駆動システム 1 1 内を冷却する。

【 0 0 5 1 】

さらに、制御装置 1 4 は、センサの出力として、第 1 及び第 2 モータジェネレータ M G 1、M G 2 のレゾルバ等のセンサ（不図示）からの回転数・電流・回転角度位置等を取り込む。また、制御装置 1 4 は、シフトレバー 4 2 の位置を表すシフト位置センサからのシ

10

20

30

40

50



フト位置  $P_s$  (例えば、ドライブD位置、ドライブB位置等) を取り込む。

【0052】

[基本的な非効率制御の説明]

ここで、基本的には以上のように構成される車両10の第1モータジェネレータMG1に係わる非効率制御(後述するように、主に正のd軸電流  $I_d$  をモータジェネレータに印加する制御であって、強め界磁制御ともいう。)の基本的な動作について図4を参照して説明する。

【0053】

例えば、車両10の降坂走行時に、アクセルペダル32が開放されると、第2モータジェネレータMG2は力行状態から回生状態に切り替えられる。この場合、第2モータジェネレータMG2は発電機として作動し車両10に制動力(回生制動)を与え、且つ回生電力を発生する。この回生電力は、第2モータジェネレータMG2から第2インバータINV2、及びVCU12を通じて、充電制約のない場合、高圧バッテリーBATHに充電され、車両10には、回生ブレーキとしての制動力がかかる。

10

【0054】

しかし、高圧バッテリーBATHが満充電状態等である充電制約がある場合等には、該高圧バッテリーBATHへの回生電力の受け入れが制限される。

【0055】

そこで、この実施形態では、第2モータジェネレータMG2の回生電力の高圧バッテリーBATへの受け入れ(充電)が制限される場合、換言すれば、車両10で余分な電力が発生した場合には、V2電圧により第1インバータINV1を介して第1モータジェネレータMG1を電動機として駆動し、負荷としてのエンジンENGを空回りさせる(エンジンENGは、逆駆動されるという。)。つまり、第1モータジェネレータMG1を通じてエンジンENGを空回りさせるエネルギーとして第2モータジェネレータMG2の回生電力が利用される。

20

【0056】

図4は、車両10の制動時に、第2モータジェネレータMG2が発生した回生電力によって第1モータジェネレータMG1を電動機として駆動しエンジンENGが空回りされる場合のエネルギーの流れを示す説明図である。

【0057】

図4に示すように、第1モータジェネレータMG1を力行運転してエンジンENGを逆駆動する際、第1モータジェネレータMG1に印加するV2電圧をVCU12がV1電圧を昇圧して得、第1モータジェネレータMG1のd軸電流  $I_d$  が概ね正の値( $I_d > 0$ )に大きくなるように強め界磁制御を行うことによって、第1モータジェネレータMG1を非効率な動作点で駆動する。

30

【0058】

なお、通常の界磁制御(図5中、従来効率制御・代表的制御)では、トルクの発生に寄与しないd軸電流  $I_d$  を負の値( $I_d < 0$ )とし、電流に対して発生トルクが最大となるようにベクトル制御する最大トルク/電流(Maximum Torque Per Ampere, MTPA)制御としているが、この実施形態では、この最小の電流とは異なる電流値となるように昇圧して第1モータジェネレータMG1を、d軸電流  $I_d$  が概ね正値{より正確には、図5中、動作点P0でのd軸電流  $I_{d0}$  を上回る電流値、 $I_{d0} < I_d$  ( $I_d$  は、負値も正値もとる。)}となるように駆動している。

40

【0059】

この場合、第1モータジェネレータMG1に印加するV2電圧を昇圧することによって、第1モータジェネレータMG1の運転可能範囲は拡大する。また、強め界磁制御が行われた第1モータジェネレータMG1では、出力効率が低下して、主に固定子(電機子)コイルの銅損による発熱量が増加する。この発熱量によって、第2モータジェネレータMG2の回生電力の余剰分(余分な電力)を消費する。

【0060】

50

なお、以下の説明では、力行運転 { 第 1 モータジェネレータ M G 1 の回転方向にトルク ( 駆動トルク・力行トルク ) を発生 } する又は回生運転 { 第 1 モータジェネレータ M G 1 の回転方向の反対方向にトルク ( 制動トルク・回生トルク ) を発生 } する第 1 モータジェネレータ M G 1 に印加する V 2 電圧の昇圧と第 1 モータジェネレータ M G 1 の強め界磁制御をまとめて「非効率制御」という。

【 0 0 6 1 】

次に、非効率制御を行う場合の d q 軸座標 ( I d - I q 平面ともいう。 ) 上の第 1 モータジェネレータ M G 1 を代表とするモータジェネレータの動作点及び該モータジェネレータに印加される電圧について図 5 の I d - I q 平面図をも参照して説明する。

【 0 0 6 2 】

モータジェネレータの動作点の範囲は、このモータジェネレータに供給可能な最大相電流 I a とモータジェネレータに印加される V 2 電圧 ( インバータの直流端電圧 ) によって制約される。

【 0 0 6 3 】

モータジェネレータの電流 ( I d , I q ) の振幅は、最大相電流 I a によって制約されるため、次の ( 1 ) 式 ( 電流制限円 ) を満たす必要がある。

$$I d^2 + I q^2 = I a^2 \quad \dots ( 1 )$$

【 0 0 6 4 】

但し、 I d : d 軸電流、 I q : q 軸電流、 I a : 最大相電流。なお、 I a は、電流ベクトル I d と電流ベクトル I q とをベクトル合成した電流であるので電流ベクトル I a ともいう。

【 0 0 6 5 】

また、モータジェネレータの誘起電圧 ( V d , V q ) は、次の ( 2 ) 式で表される。なお、通常 ( 2 ) 式は、マトリクス形式で表される。

$$\begin{aligned} V d &= 0 \times I d + ( - L q ) \times I q + 0 \\ V q &= ( L d ) \times I d + 0 \times I q + a \end{aligned} \quad \dots ( 2 )$$

【 0 0 6 6 】

但し、 ω : モータジェネレータの角速度、 L q : q 軸インダクタンス、 L d : d 軸インダクタンス、 a : 鎖交磁束 ( 磁石磁束 ) 。

【 0 0 6 7 】

( 2 ) 式より、 d q 誘起電圧 ( d 軸電機子に生じる誘起電圧 V d と q 軸電機子に生じる誘起電圧 V q のベクトル和の大きさ ) V o は、次の ( 3 ) 式で表される。

$$\begin{aligned} V o &= ( V d^2 + V q^2 )^{1/2} \\ &= \{ ( L d I d + a )^2 + ( L q I q )^2 \}^{1/2} \end{aligned} \quad \dots ( 3 )$$

【 0 0 6 8 】

ここで、図 2 に示した V 2 電圧の制限電圧を V o m とする。制限電圧 V o m は、 V 2 電圧によって決まり、関係式は、 V C U 1 2 のスイッチング制御の変調方式によって決まる定数を k として、次の ( 4 ) 式で表される。

$$V o m = k V 2 \quad \dots ( 4 )$$

【 0 0 6 9 】

次の ( 5 ) 式に示すように、 d q 誘起電圧 V o は、制限電圧 V o m 以下になっている必要がある。

$$V o \leq V o m \quad \dots ( 5 )$$

【 0 0 7 0 】

すなわち、 ( 3 ) 式と ( 5 ) 式とにより、モータジェネレータの動作点の範囲には電圧による制約があるため、次の ( 6 ) 式 ( 電圧制限楕円 ) を満たす必要がある。

$$( L d I d + a )^2 + ( L q I q )^2 \leq ( V o m / k )^2 \quad \dots ( 6 )$$

【 0 0 7 1 】

上述したように、モータジェネレータの動作の電流による制約は ( 1 ) 式で表される。

【 0 0 7 2 】

10

20

30

40

50

図5は、 $I_d - I_q$ 平面 ( $dq$ 座標)を示している。この場合、(1)式は、図5に示す $dq$ 座標上の電流制限円 ( $I_a^2 = I_d^2 + I_q^2$ )の内部領域によって表される。

【0073】

また、モータジェネレータの動作の電圧による制約は(6)式で表され、(6)式は、図5に示す $dq$ 座標上の電圧制限楕円  $\{(L_d I_d + a)^2 + (L_q I_q)^2 = (V_{om} / \omega)^2\}$ の内部領域によって表される。モータジェネレータに供給可能な電流の範囲は、(1)式及び(6)式を満たす範囲であり、この範囲は図5にハッチングした範囲で示される。

一方、モータジェネレータのトルク $T$ は、次の(7)式で表される。

$$T = P_n \{ a I_q + (L_d - L_q) I_d I_q \} \quad \dots (7)$$

10

【0074】

但し、 $P_n$ ：モータジェネレータの極対数。右辺第1項は永久磁石によるトルク、右辺第2項はリラクタンストルクである。

【0075】

この(7)式を $I_q$ について解いた等トルクライン(等トルク曲線、定トルクライン、又は定トルク曲線ともいう。)を表す式は、次の(8)式で表される。

$$I_q = T / [P_n \{ a I_q + (L_d - L_q) I_d \}] \quad \dots (8)$$

【0076】

この(8)式は、 $I_d = a / (L_q - L_d)$ 、 $I_q = 0$ を漸近線とする双曲線(図5中の等トルクライン $T$ の力行側と回生側の曲線)を表す。

20

【0077】

ところで、非効率制御を行わないモータジェネレータの動作点の制御では、例えば、電流に対するトルクが最大となる最大トルク/電流制御(動作点における定トルク曲線の接線と電流ベクトルが直交する制御)や、銅損だけでなく鉄損等を考慮した損失が最小となる最大効率制御(動作点は最大トルク制御よりも進み位相、すなわち $d$ 軸電流 $I_d$ を負の方向へ移動させることが多い。)が行われる。

【0078】

図5に示す例では、動作点(交点ともいう。)P0等、代表的な従来効率制御{最大トルク/電流(Maximum Torque Per Ampere、MTPA)制御}の曲線(動作点)上でモータジェネレータを駆動する。

30

【0079】

これに対し、この実施形態に行う非効率制御では、その図5に示すように、モータジェネレータの $d$ 軸電流 $I_d$ が、例えば動作点(交点)P4の値のように正の値に大きくなるように強め界磁制御を行う。この強め界磁制御を行うために、モータジェネレータに印加する $V_2$ 電圧を上げる必要がある。モータジェネレータに印加する $V_2$ 電圧を上げることによってモータジェネレータの電流 $I_a$ ( $I_d$ ,  $I_q$ )の振幅が増大し、モータジェネレータの動作点を移動させることができる。モータジェネレータの負荷であるエンジンENGの逆駆動に要するトルクは、エンジン回転数や温度等に伴って変化するオイル粘度等に応じたフリクションによって決まるが、定性的には、当該トルクが小さいときは定トルク曲線が漸近線に近づくため、 $d$ 軸電流 $I_d$ を正の方向に移動させ易い。

40

【0080】

また、 $V_2$ 電圧の制限電圧 $V_{om}$ が大きく、モータジェネレータの角速度 $\omega$ が小さいときには、(6)式の定電圧楕円の面積が大きくなるため、モータジェネレータの電流 $I_a$ ( $I_d$ ,  $I_q$ )の振幅を増大させ易い。

【0081】

このため、 $V_2$ 電圧の制限電圧 $V_{om}$ 及びモータジェネレータの角速度 $\omega$ を適切に制御すれば、モータジェネレータの非効率制御を効率的に行うことができることが分かる。

【0082】

図5において、モータジェネレータの力行側での非効率制御( $I_d > I_{d0}$ 、 $I_q > 0$ )下での $V_2$ 電圧の昇圧前最大相電流 $I_{max}$ は、電圧制限楕円と等トルクラインとの交

50

点（動作点） $P_1$ で制限される。

【0083】

なお、モータジェネレータの回生側での非効率制御（ $I_d > I_{d0}$ 、 $I_q < 0$ ）における $V_2$ 電圧の昇圧前最大相電流 $I_{max}$ は、電圧制限楕円と等トルクラインとの交点 $P_1$ で制限される。

【0084】

[非効率制御の詳細な動作説明]

次に車両10における要求回生電力 $P_{reg}$ が高圧バッテリー $BATh$ の受け入れ可能電力より大きい場合における非効率制御（非効率運転）の具体例について図6のフローチャートを参照して詳細に説明する。

10

【0085】

ステップ $S_1$ にて、制御装置14は、第2モータジェネレータ $MG_2$ の要求回生電力 $P_{reg}$ を算出する。要求回生電力 $P_{reg}$ は、公知のように、道路の勾配（勾配検知センサ又は推定可能）、シフトレバー42のシフト位置 $P_s$ （例えば、ドライブ $D$ 位置、ドライブ $B$ 位置等）、アクセルペダル32の開度 $A_p$ （ここでは、開度 $A_p = 0$ （アクセルペダル32 $g$ 開放状態））、車速センサ34の車速 $V_s$ 、及びブレーキペダル30の踏込量 $B_p$ に基づき、目標減速 $G$ が算出され、この目標減速 $G$ に基づき要求回生電力 $P_{reg}$ が算出される。

【0086】

ここでは、車速 $V_s$ が概ね一定になるように、降坂勾配に応じて要求回生電力 $P_{reg}$ が算出されるものとする。

20

【0087】

次いで、ステップ $S_2$ にて、高圧バッテリー $BATh$ の受け入れ可能電力（バッテリー受け入れ可能電力） $P_{batin}$ を算出する。

【0088】

図7の特性（マップ）に示すように、バッテリー受け入れ可能電力 $P_{batin}$ は、SOCセンサ35により検出される残容量SOCが100 [%]であれば、 $P_{batin} = 0$  [kW]である。

【0089】

残容量SOCが100 [%]未満であれば、残容量SOCと、バッテリー温度 $T_{bat}$ （例えば、図示するように、 $-30$  [ ]程度から $+50$  [ ]程度）とを入力値とした特性（マップ）を参照して取得する。この特性は、予め作成され、同一の残容量SOCにおいて、バッテリー温度 $T_{bat}$ が高い程、バッテリー受け入れ可能電力 $P_{batin}$ が大きくなる特性になっている。同様に、例えば、同一のバッテリー温度 $T_{bat}$ において、残容量SOCが低い程、バッテリー受け入れ可能電力 $P_{batin}$ が大きくなる特性になっている。

30

【0090】

次に、ステップ $S_3$ にて、補機消費電力 $P_{aux}$ を算出する。補機消費電力 $P_{aux}$ は、電動エアコンプレッサ20の消費電力と、コンバータCONVの消費電力と、電装品18の消費電力との和により算出される。

40

【0091】

次いで、ステップ $S_4$ にて、非効率運転の実施が必要か否かを判断する。この場合、要求回生電力 $P_{reg}$ が、バッテリー受け入れ可能電力 $P_{batin}$ と補機消費電力 $P_{aux}$ とにより消費可能であれば（ $P_{reg} \leq P_{batin} + P_{aux}$ ）、非効率運転を行わなくても車両10で消費（充電を含む。）できるので、非効率運転フラグ $F_i$ をリセットにする（ $F_i = 0$ ）。その一方、要求回生電力 $P_{reg}$ が、受け入れ可能電力 $P_{batin}$ と補機消費電力 $P_{aux}$ との合成消費電力より大きい（ $P_{reg} > P_{batin} + P_{aux}$ ）場合には、非効率運転を行う必要があると判断し、非効率運転フラグ $F_i$ をセットにする（ $F_i = 1$ ）。

【0092】

50

次に、ステップS5にて、非効率運転フラグFiがセットされている (Fi = 1) か、否 (Fi = 0) かを判断する。

【0093】

非効率運転フラグFiがセットされていない (Fi = 0) 場合 (ステップS5: NO) には、第2モータジェネレータMG2の要求回生電力Pregを第1モータジェネレータMG1 (ここでは、単に電動機ともいう。) の非効率領域で消費する必要はない。そのため、ステップS6にて、電動機非効率領域消費電力Pineをゼロ (Pine = 0) とし、ステップS1に戻る。

【0094】

非効率運転フラグFiがセットされている (Fi = 1) 場合 (ステップS5: YES) には、ステップS7にて、電動機非効率領域消費電力Pineを算出するとともに、電動サーボブレーキ分担電力Pesvを算出する。

【0095】

図8は、ステップS7の詳細フローチャートである。

【0096】

ステップS7aにて、要求回生電力Pregから算出した必要相電流値を要求相電流Ireqとする。

【0097】

図5に示すように、要求相電流Ireqは、昇圧前最大相電流Imax (= Ia) より大きいので、ステップS7bにて、要求相電流Ireqを確保できるように、VCU12にてV2電圧に係る制限電圧Vomを制限電圧V'omへ昇圧し、電圧制限楕円を次の(6')式に示すように拡大する。

$$(LdId + a)^2 + (LqIq)^2 - (V'om / )^2 \dots (6')$$

【0098】

次いで、ステップS7cにて、昇圧後電動機非効率領域での限界消費電力を電動機非効率領域消費電力Pineとする。

【0099】

次に、ステップS7dにて、要求相電流Ireqと電流制限円の昇圧後相電流 (電流制限円相電流ともいう。) I'maxとの大きさ (絶対値) を比較し、|Ireq| > |I'max| であるか否かを判断する。

【0100】

要求相電流Ireqの大きさが電流制限円相電流I'maxの大きさよりも小さい (ステップS7d: NO) 場合 (等しい場合までを含む) には、電動サーボブレーキESBでの分担電力は不要であるので、ステップS7eにて、電動サーボブレーキ分担電力1 = 0に設定する。

【0101】

この場合、図9に示すように、(6)式で示される電圧制限楕円を、要求相電流Ireq = I'maxが確保できるようVCU12を昇圧 (制限電圧Vomが制限電圧V'omとなるようにV2電圧を昇圧) することで、(6')式で示されるVCU昇圧後電圧制限楕円に拡大する。

【0102】

このとき、要求回生電力Pregを第1モータジェネレータMG1の非効率制御により熱として消費できるよう、昇圧前最大相電流Imaxの交点P1を等トルクライン上で昇圧後最大相電流I'maxの交点P2 (= P4) まで、さらなる強め界磁方向 (正のd軸電流の値をさらに大きくする方向) に変更する。

【0103】

その一方、ステップS7dの判断にて、要求相電流Ireqの大きさが電流制限円相電流I'maxの大きさよりも大きい (ステップS7d: YES) 場合には、電動サーボブレーキESBでの分担電力が必要となる。そのため、ステップS7fにて、電動サーボブレーキ分担電力1を、Ra (Ireq<sup>2</sup> - I'max<sup>2</sup>) に設定する。

10

20

30

40

50

## 【0104】

この場合、図10に示すように、(6')式で示されるVCU昇圧後電圧制限楕円が、VCU12の能力限界である電流制限円と交差する範囲まで拡大される。このとき、要求回生電力 $P_{reg}$ を第1モータジェネレータMG1の非効率制御により熱として消費できるよう、昇圧前最大相電流 $I_{max}$ の交点P1を等トルクライン上で昇圧後最大相電流 $I'_{max}$ の交点P2(=P4)までさらなる強め界磁方向(正のd軸電流の値をさらに大きくする方向)に変更する。ここで、交点P2から点P4までの要求電力分 $Ra(I_{req}^2 - I'_{max}{}^2)$ を電動サーボブレーキ分担電力1とし、電動サーボブレーキESBで消費させる。この結果、第2モータジェネレータMG2の回生制動力に対し、電動サーボブレーキESBによる制動力が加算される。

10

## 【0105】

次に、ステップS17にて、電圧制限楕円を拡大した電動機非効率運転を行う際、又は行った結果として、第1モータジェネレータMG1の制限温度に達しているか否かを熱害条件として処理判断する。

## 【0106】

図11は、ステップS17の詳細フローチャートである。

## 【0107】

ステップS17aにて第1モータジェネレータMG1の電機子コイルに具備されたサーミスタ等の温度センサ38(図2)により電動機コイル温度 $T_{coil}$ を取得する。

## 【0108】

さらに、ステップS17bにて第1モータジェネレータMG1を冷却するオイルの温度である冷却媒体温度 $T_{atf}$ を温度センサ40から取得する。

20

## 【0109】

次いで、ステップS17cにて、電動機コイル温度 $T_{coil}$ が管理温度である閾値温度 $T_{h1}$ より小さく( $T_{coil} < T_{h1}$ )、且つ冷却媒体温度 $T_{atf}$ が管理温度である閾値温度 $T_{h2}$ より小さいか( $T_{atf} < T_{h2}$ )否かを判断する。

## 【0110】

ステップS17cの判断が肯定的( $T_{coil} < T_{h1}$ 、且つ $T_{atf} < T_{h2}$ )である(ステップS17c: YES)場合には、第1モータジェネレータMG1は熱害にさらされないものと判断し、ステップS17dにて、熱害フラグ $F_{heat}$ をリセット( $F_{heat} = 0$ )してステップS1にもどる。

30

## 【0111】

その一方、ステップS17cでの温度の判断中、少なくとも一方の温度の判断が否定的になって、ステップS17cの判断が否定的となった(ステップS17c: NO)場合には、第1モータジェネレータMG1を熱害から守る必要があるので、まず、ステップS17eにて、熱害フラグ $F_{heat}$ をセット( $F_{heat} = 1$ )する。

## 【0112】

次いで、ステップS17fにて、電圧制限楕円に係る熱害条件 $V_{om}$ の条件変更を行い、ステップS18にて、さらに、電動サーボブレーキESBの総分担電力を算出する。

## 【0113】

図13を参照してステップS17f及びステップS18の処理を説明する。

40

## 【0114】

$F_{heat} = 1$ である熱害条件が成立した場合、次の(5')式に示すように、 $V_{om}$ を $V^{heat}_{om}$ まで戻して、すなわち、V2電圧を低下させて、電動機非効率領域を、高温時においても運転可能な電圧制限楕円まで縮小する。この場合、電動機軸端要求トルク特性上の等トルクラインをトレースしながら相電流 $I_{max}$ を交点P5まで小さくする。

## 【0115】

$$(L_d I_d + a)^2 + (L_q I_q)^2 = (V^{heat}_{om} / \dots)^2 \dots (5')$$

## 【0116】

50

この場合、ステップS18にて電動サーボブレーキESBの総分担電力P<sub>esball</sub>を算出する。

【0117】

図12は、ステップS18の詳細フローチャートである。

【0118】

ステップS18aにて、熱害フラグF<sub>heat</sub>がF<sub>heat</sub>=1であるか否(F<sub>heat</sub>=0)かをステップS17cで説明した内容で再判断し、熱害フラグF<sub>heat</sub>がF<sub>heat</sub>=0であるときには、熱害条件がクリアされたので、相電流I<sup>heat</sup><sub>max</sub>を等トルクライン上で相電流I<sub>a</sub>を相電流I'<sub>max</sub>まで戻し、動作点(交点)P5を動作点(交点)P3にする。これにより、ステップS18bに示すように、電動サーボブレーキESBの総分担電力P<sub>esball</sub>(電動サーボブレーキ分担電力ALLという。)を、ステップS7fで算出した電動サーボブレーキESBの分担電力1までもどすことができる。

10

【0119】

その一方、ステップS18aの判断にて、熱害フラグF<sub>heat</sub>がF<sub>heat</sub>=1であるときには、熱害条件がクリアされていないので、相電流I<sup>heat</sup><sub>max</sub>の動作点(交点)P5にて、電動サーボブレーキESBの総分担電力P<sub>esball</sub>を、動作点(交点)P3から動作点(交点)P4間の分であるステップS7fで算出した電動サーボブレーキ分担電力1 = R<sub>a</sub>(I<sub>reqmax</sub><sup>2</sup> - I'<sub>max</sub><sup>2</sup>)と、動作点(交点)P3から動作点(交点)P5までの電動サーボブレーキ分担電力 = R<sub>a</sub>(I'<sub>max</sub><sup>2</sup> - I<sup>heat</sup><sub>max</sub><sup>2</sup>)との合成電力を電動サーボブレーキESBで分担し消費させる。

20

このようにして、第1モータジェネレータMG1を熱害から守ることができる。

なお、上述したステップ17では、熱害条件が成立した場合に電圧制限楕円を縮小することで、電動機の運転点をP3からP5まで移行させたが、電圧制限楕円は縮小させずに、すなわち、V2電圧(昇圧電圧)を低下させずに、電動機の運転点をP3からP5まで移行させることも可能である。

【0120】

[実施形態のまとめ及び変形例]

この実施形態に係る車両10は、蓄電装置としての高圧バッテリーBATHと、直流と交流の両方向に変換可能な駆動装置としての第1及び第2インバータINV1、INV2と、前記駆動装置としての第1及び第2インバータINV1、INV2の交流側に接続されるとともに、出力軸が負荷(第1インバータINV1の負荷としてのエンジンENG及び/又は第2インバータINVの負荷としての車輪W)に接続される回転電機としての第1モータジェネレータMG1及び/又は第2モータジェネレータMG2)と、低圧側(V1電圧側)が高圧バッテリーBATHに接続され高圧(V2電圧)側が第1及び第2インバータINV1、INV2の直流側に接続され、高圧バッテリーBATHのV1電圧を昇圧してV2電圧とし、該昇圧電圧であるV2電圧を、前記第1及び第2インバータINV1、INV2を通じてそれぞれ第1及び第2モータジェネレータMG1、MG2に印加する電圧変換器としてのVCU12と、前記第1及び第2インバータINV1、INV2、前記第1及び第2モータジェネレータMG1、MG2及び前記VCU12を制御する制御装置14と、を備える。

30

40

【0121】

上述した図13は、全体動作の説明に供されるI<sub>d</sub>-I<sub>q</sub>平面図である。

制御装置14は、該車両10で余分な電力が発生した場合、例えば、第2モータジェネレータMG2の回生電力P<sub>reg</sub>の一部又は全部が余剰になって補機16での消費を行っても、さらに残容量SOCが100[%]の高圧バッテリーBATHへの充電ができない場合、VCU12による前記昇圧電圧であるV2電圧(制限電圧V<sub>om</sub>)を、第1モータジェネレータMG1が所定の駆動力を発生させるための最も小さな電流値(図13の「従来効率制御」での動作点P0での電流値)とは異なる電流値{図13中、動作点P0におけるd軸電流値(d軸閾値電流値という。)I<sub>d0</sub>より大きな電流値(I<sub>d</sub>>I<sub>d0</sub>)}となるように昇圧(例えば、制限電圧V'<sub>om</sub>、図13中、交点P3)することで第1モータ

50

タジェネレータMG1の運転範囲を拡大する。

【0122】

そして、拡大した前記運転範囲で該第1モータジェネレータMG1を駆動することで、前記余分な電力、例として第2モータジェネレータMG2の回生電力Pregの一部又は全部を第1モータジェネレータMG1により消費させることができる。

【0123】

この消費中に、第1モータジェネレータMG1の温度、ここでは、銅損で温度上昇するコイル温度Tcoil又は第1インバータINV1の温度Ti1あるいは冷却媒体の温度Tatfがそれぞれに対応して予め定められている閾値温度Tthを上回ったとき、前記昇圧電圧であるV2電圧を小さくして第1モータジェネレータMG1の運転範囲を縮小し、第1モータジェネレータMG1が消費する電力を小さくする{例えば、制限電圧V<sup>heat</sup>om、図13中、動作点(交点)P5}。

10

【0124】

このように制御することで、車両10内で発生し、補機16や高圧バッテリーBATHで消費乃至充電できない余分な電力を消費することができ、第1モータジェネレータMG1又は第1インバータINV1の過熱を防止することができる。

【0125】

なお、V2電圧を昇圧することで第1モータジェネレータMG1の運転範囲を拡大する際には、等トルクライン上でd軸電流Idを大きくし、前記昇圧電圧であるV2電圧を小さくする際には、前記等トルクライン上でd軸電流Idを小さくするようにしたので、第1モータジェネレータMG1の軸端トルク(出力軸に生じるトルク)を一定に保持しながら、第1モータジェネレータMG1での消費電力を可変することができる。

20

【0126】

特に、d軸電流Idが正值となる強め界磁制御(非効率制御)の場合には、第1モータジェネレータMG1の温度上昇に伴う永久磁石の減磁を防止することができるという派生的な効果も達成される。つまり、強め界磁制御(非効率制御)であるので永久磁石が高温となっても、永久磁石に反磁界を与えることがなく、着磁する方向の磁界を与えるため、磁石減磁の耐性が向上する。

【0127】

その上、強め界磁制御(非効率制御)であるので、図示しないロータの永久磁石とステータの電機子との吸引力(磁気拘束力)が高まる結果、ロータの回転方向及びロータの軸方向の磁気拘束力が高まり、第1モータジェネレータMG1のNV特性が向上するという派生的な効果も奏される。

30

【0128】

この場合において、自車両10が発生する余分な電力が制動用の回生電力Pregである場合に、回生電力Pregによる制動力を第1モータジェネレータMG1の力行による電力消費で担保し、それでも足りない分を機械ブレーキ、この実施形態では、電動サーボブレーキESBで補うようにしているので、制動力は確保される。また、等トルクライン上で制御しているので、車両挙動の変化が抑制される。

【0129】

車両10は、ハイブリッド車両であり、この実施形態によれば、機械ブレーキの介入を最小限に抑制することができ、機械ブレーキの摩擦材を長期間使用できるようになる。使用期間が通常と同じでよいならば、機械ブレーキの摩擦材を小さくすることができる。

40

【0130】

図14を参照して、この実施形態の作用を分かり易く説明する。

高圧バッテリーBATHの充電が可能である場合、車輪Wへの制動力は、第2モータジェネレータMG2の回生電力及び電動サーボブレーキESBの熱発生(電動サーボブレーキ分担電力1)により担保され、回生電力は高圧バッテリーBATHに充電される。エンジンENGにより回転される第1モータジェネレータMG1の発電電力も高圧バッテリーBATHに充電される(図14中、最上段の図)。

50



## 【0131】

高圧バッテリーB A T hの充電が制約されるとき（高圧バッテリーB A T hが満充電）、第1モータジェネレータM G 1等の非熱害時には、第2モータジェネレータM G 2の回生電力P r e gにより、第1モータジェネレータM G 1を非効率領域の等トルクライン上で力行運転することでエンジンE N Gを空回しするとともに、回生電力P r e gを第1モータジェネレータM G 1の非効率領域で熱に変換する（図13の交点P 2 = P 3）。この場合、電動サーボブレーキE S Bの熱発生は変化しない（図14中、中段の図）。

## 【0132】

その一方、高圧バッテリーB A T hの充電が制約されるとき（高圧バッテリーB A T hが満充電）であって、第1モータジェネレータM G 1等の熱害時には、上記実施形態で説明したように、回生電力P r e gにより、第1モータジェネレータM G 1を非効率領域の等トルクライン上で力行運転することでエンジンE N Gを空回しするとともに、回生電力P r e gを第1モータジェネレータM G 1の非効率領域で熱に変換するが、ハッチング領域で示すように非効率領域での消費電力を減少させる（図13の交点P 5）。その分、電動サーボブレーキE S Bの負担分を大きくするので、電動サーボブレーキE S Bでの熱発生は大きくなる（図14中、下段の図）。

10

## 【0133】

このように上記した実施形態によれば、第2モータジェネレータM G 2又は第2インバータI N V 2を構成する要素（コンポーネント）の温度が管理温度以上になったと判断された場合には、V C U 1 2の昇圧電圧であるV 2電圧を下げ、モータジェネレータM G 2の非効率領域の運転領域上限を小さくするようにしている。

20

## 【0134】

このように構成することで、新規なデバイスを追加することなく（構成の変更なく）、制御の変更のみで（コストの増加なく）、過昇温による第2モータジェネレータM G 2及び第2インバータI N V 2の故障を未然に防止することができる。しかも車両10の挙動に与える影響を抑制することができる。

## 【0135】

## [変形例]

図15は、変形例の車両10Aの概略構成を示すブロック図である。

## 【0136】

この変形例の車両10Aは、いわゆる電気自動車である。この車両10Aにおいて、例えば、長い下り坂を走行中（降坂中）に、第2モータジェネレータM G 2の回生電力P r e gが、余剰となり余分な電力が発生した場合に、図5に示した回生側（ $I_d > 0$ 、 $I_q < 0$ ）の等トルクライン（回生）上の非効率領域（ $I_d > I_{d0}$ 、特に $I_d > 0$ ）で第2モータジェネレータM G 2を動作させることで、実施形態で説明したのと同様に、前記余分な電力を消費させることができる。

30

なお、回生側においてもV 2電圧を昇圧し、拡大した運転範囲で第2モータジェネレータM G 2の回生時の非効率制御を行ってもよい。

## 【0137】

なお、この発明は、上述の実施形態に限らず、この明細書の記載内容に基づき、種々の構成を採り得ることはもちろんである。

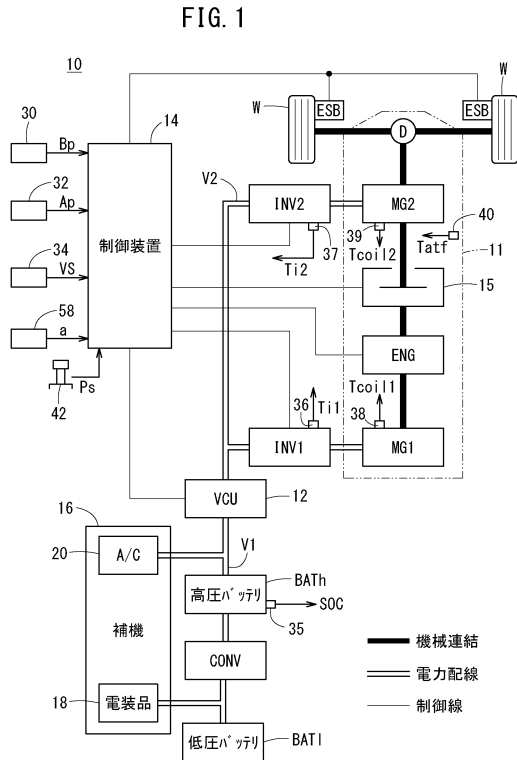
40

## 【符号の説明】

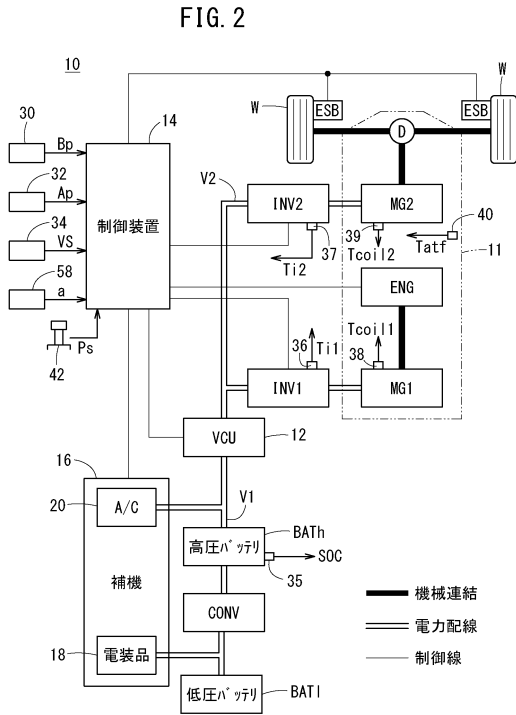
## 【0138】

10、10A...車両（自車両）	11...駆動システム
12...V C U	14...制御装置
E N G...エンジン	E S B...電動サーボブレーキ
I N V 1...第1インバータ	I N V 2...第2インバータ
M G 1...第1モータジェネレータ	M G 2...第2モータジェネレータ

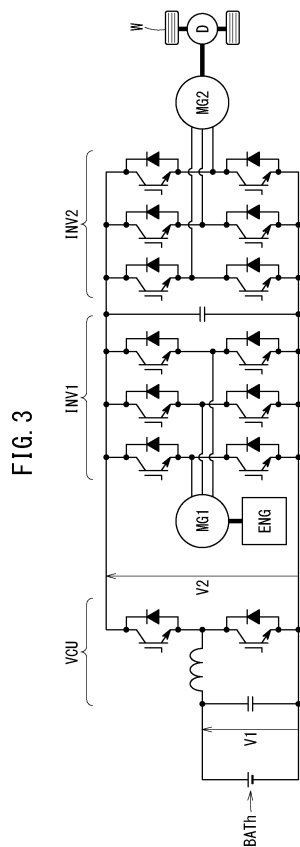
【図1】



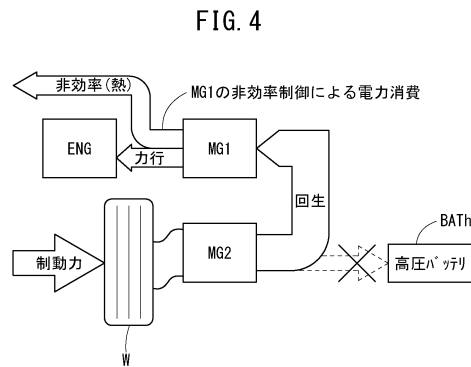
【図2】



【図3】



【図4】



【 図 5 】

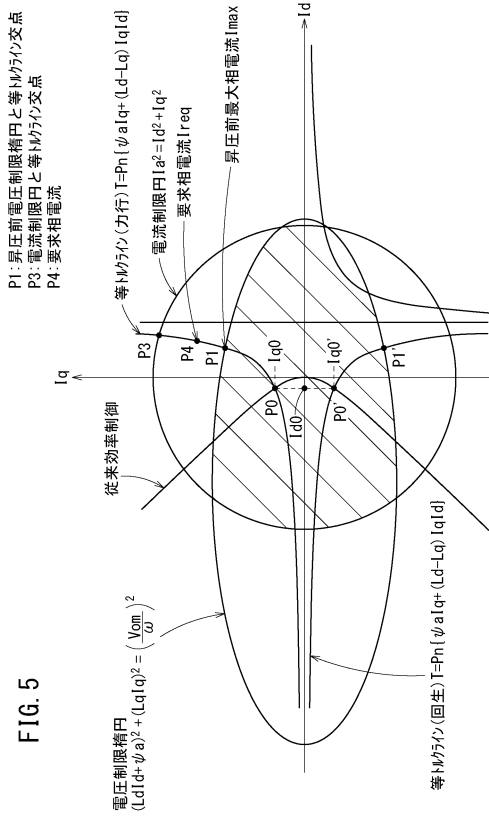


FIG. 5

【 図 7 】

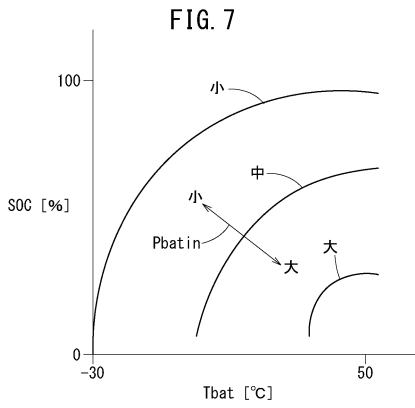


FIG. 7

【 図 6 】

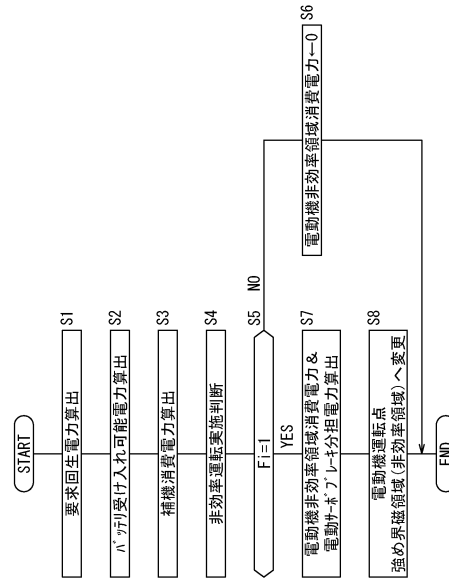


FIG. 6

【 図 8 】

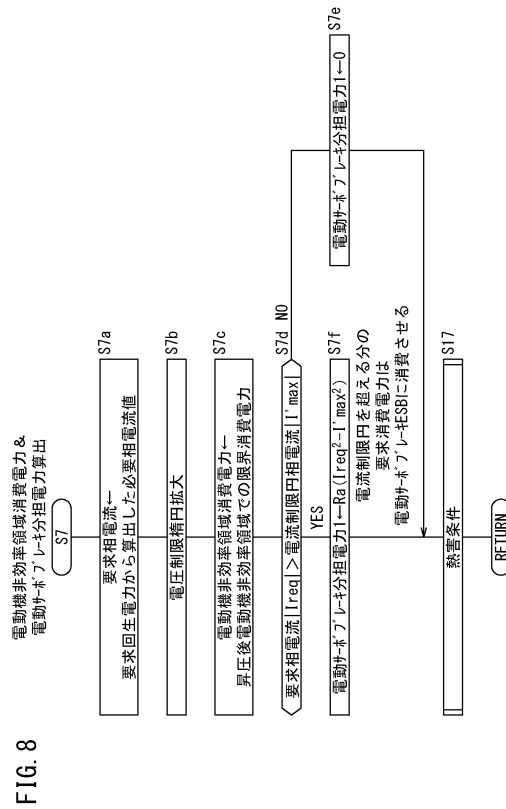
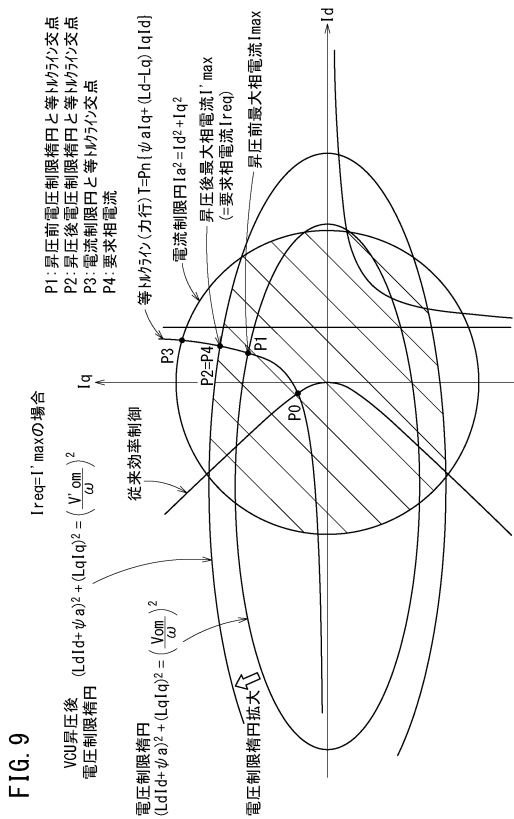
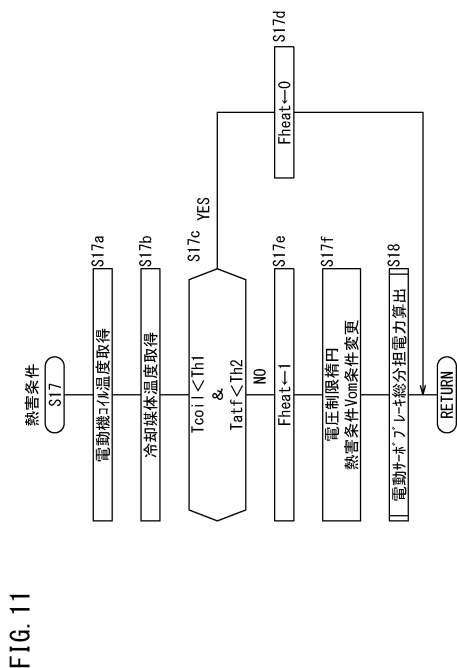


FIG. 8

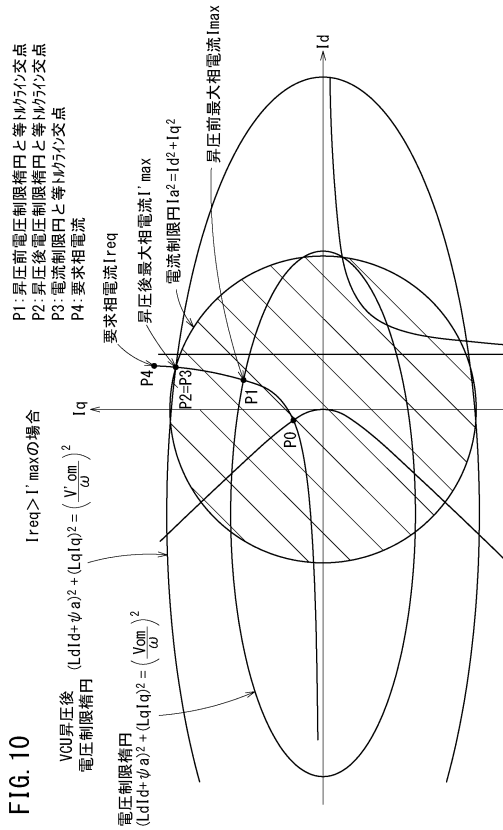
【 図 9 】



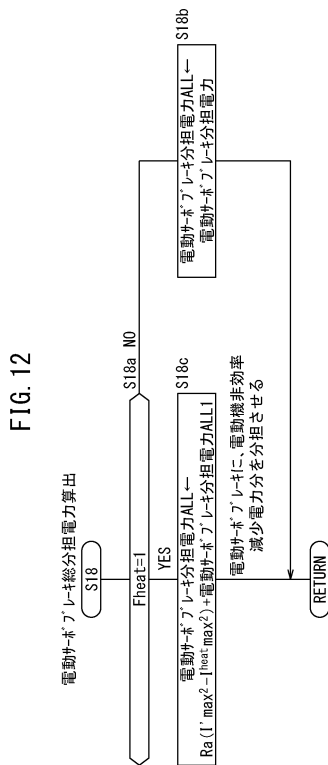
【 図 1 1 】



【 図 1 0 】



【 図 1 2 】



【 図 1 3 】

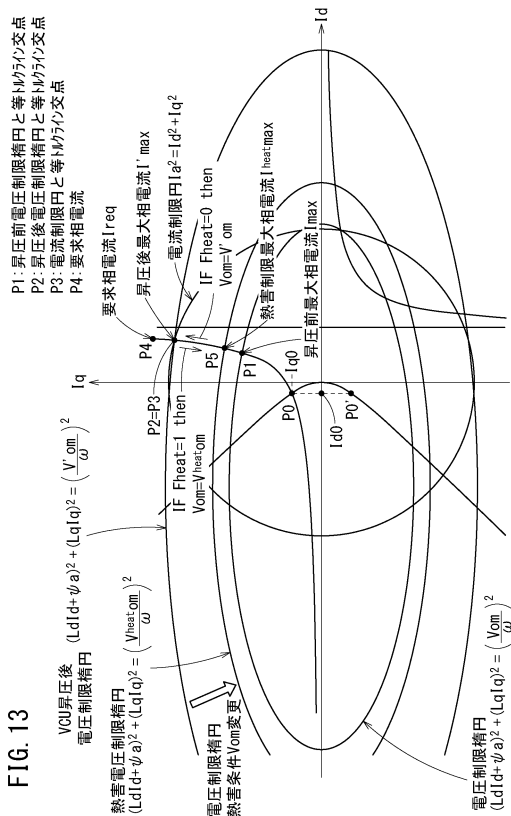
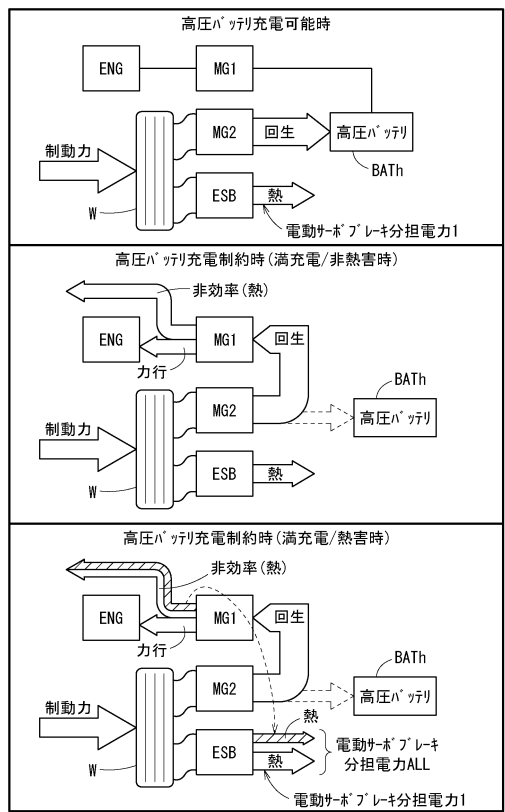


FIG. 13

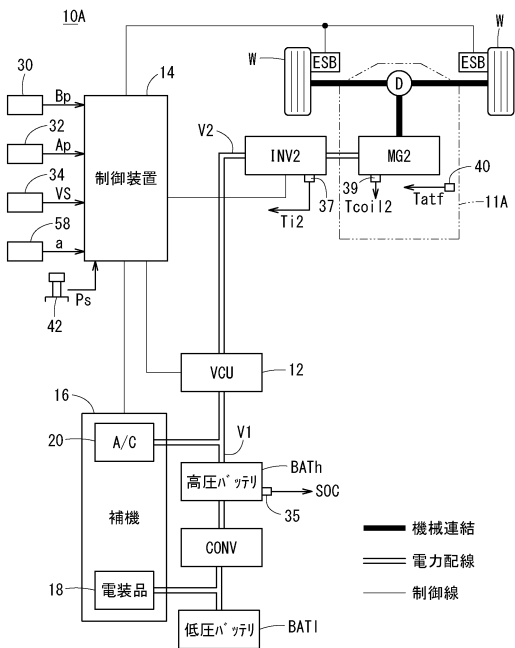
【 図 1 4 】

FIG. 14



【 図 1 5 】

FIG. 15



## フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I			
B 6 0 L	7/24	(2006.01)	B 6 0 L	11/14	
B 6 0 W	10/08	(2006.01)	B 6 0 L	7/24	D
B 6 0 W	10/18	(2012.01)	B 6 0 W	10/08	9 0 0
B 6 0 W	20/14	(2016.01)	B 6 0 W	10/18	9 0 0
B 6 0 W	20/13	(2016.01)	B 6 0 W	20/14	
			B 6 0 W	20/13	

- (72)発明者 北折 健  
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内
- (72)発明者 福地 正成  
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内
- (72)発明者 伊藤 嘉啓  
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内
- (72)発明者 松井 聡  
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

審査官 池田 貴俊

- (56)参考文献 特開2012-213253(JP,A)  
特開2007-230298(JP,A)  
特開2014-050195(JP,A)  
特開2014-233194(JP,A)  
国際公開第2013/168530(WO,A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- |         |           |
|---------|-----------|
| H 0 2 P | 2 9 / 6 2 |
| B 6 0 L | 3 / 0 0   |
| B 6 0 L | 7 / 1 4   |
| B 6 0 L | 7 / 2 4   |
| B 6 0 L | 9 / 1 8   |
| B 6 0 L | 1 1 / 1 4 |
| B 6 0 W | 1 0 / 0 8 |
| B 6 0 W | 1 0 / 1 8 |
| B 6 0 W | 2 0 / 1 3 |
| B 6 0 W | 2 0 / 1 4 |