

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

シリーズ電気ハイブリッド車両であって、
前記車両の推進および動作のために該車両に電力を提供する非自励発電機／モータと、
前記非自励発電機／モータに連結されたインバータと、
高電圧 D C バスと、
前記車両を推進する複数の車輪と、
1 つ以上の A C 非自励走行用モータ／発電機と、
前記高電圧 D C バスと、前記複数の車輪の 1 つ以上にそれぞれ取り付けられた前記 1 つ以上の A C 非自励走行用モータ／発電機との間で双方向に電力を伝達する 1 つ以上の小型デュアルインバータと、
内燃機関と、
前記高電圧 D C バスに電氣的に連結されたウルトラキャパシタバンクと、
少なくとも 1 つの 1 2 または 2 4 ボルト D C バッテリーを備えた従来型の低電圧システムと、
前記内燃機関を始動するために、また該内燃機関の始動後に前記 1 2 または 2 4 ボルト D C バッテリーの充電状態を維持するために、前記ウルトラキャパシタバンクを事前充電することを目的として、前記 1 2 または 2 4 ボルト D C バッテリーと前記ウルトラキャパシタバンクとの間で電力を伝達する双方向の D C - D C コンバータと
を含み、
前記 A C 非自励走行用モータ／発電機と関連付けられた前記小型デュアルインバータが、発電機モードまたはモータモードで動作するように構成され
前記 A C 非自励走行用モータ／発電機が、前記車輪との組み合わせで推進力と回生制動とを提供するように構成され
前記内燃機関が、前記車両に電力を提供して該車両を推進および動作させるために前記非自励発電機／モータに連結され、
前記インバータが、前記非自励発電機／モータが発電機モードで動作しているときに前記高電圧 D C バスに電力を供給し、前記非自励発電機／モータがモータモードで動作しているときに該非自励発電機／モータに電力を供給するように、前記高電圧 D C バスとの間で双方向に電力を供給し、
前記ウルトラキャパシタバンクが、発電機モードで動作している前記 A C 非自励走行用モータ／発電機からの回生エネルギーを格納し、前記内燃機関を始動するためにモータモードで動作している前記非自励発電機／モータに連結された前記インバータにエネルギーを供給する
シリーズ電気ハイブリッド車両。

【請求項 2】

発電機モードで動作している前記 A C 非自励走行用モータ／発電機からの過剰な回生エネルギーを放散するレジスタバンクをさらに含む請求項 1 記載のシリーズ電気ハイブリッド車両。

【請求項 3】

モータモードで動作している前記非自励発電機／モータを使用して、機関圧縮制動を作動させながら前記内燃機関を逆駆動することにより、前記車両からの過剰な運動エネルギーを放散する請求項 1 記載のシリーズ電気ハイブリッド車両。

【請求項 4】

高電圧 D C バスと、
前記高電圧 D C バスにエネルギーを供給する非自励発電機／モータを駆動する内燃機関と、
2 つの A C 走行用モータ／発電機／歯車減速機を駆動して前記車両を動かし回生制動からエネルギーを回収する双方向の後車軸 D C - A C 小型デュアルインバータと、
2 つの A C 走行用モータ／発電機／歯車減速機を駆動して前記車両を動かし回生制動か

らエネルギーを回収する双方向の前車軸 DC - AC 小型デュアルインバータと、
少なくとも 1 つの 12 または 24 ボルト DC バッテリーと、
前記高電圧 DC バスに電氣的に連結されたウルトラキャパシタと、
前記 12 または 24 ボルト DC バッテリーと前記高電圧 DC バスとの間に介在し、該 12
または 24 ボルト DC バッテリーと該高電圧 DC バスおよび前記ウルトラキャパシタとの間
でエネルギーを転送する双方向の DC - DC コンバータと

を含み、

前記非自励発電機／モータが、前記内燃機関を始動するために該内燃機関に連結され、
前記ウルトラキャパシタが、前記内燃機関を始動するために、前記非自励発電機／モータ
に連結されたインバータにエネルギーを供給するハイブリッド電気車両。

10

【請求項 5】

レジスタバンクをさらに含み、

前記後車軸および前車軸 DC - AC 小型デュアルインバータが、エネルギーを回生し該
エネルギーを前記少なくとも 1 つの 12 または 24 ボルト DC バッテリーおよび／または前
記ウルトラキャパシタに格納する整流手段を含む請求項 4 記載のハイブリッド電気車両。

【請求項 6】

高電圧 DC バスと、

内燃機関と、

前記内燃機関に機械的に連結したスイッチドリラクタンス非自励発電機／モータと、

前記スイッチドリラクタンス非自励発電機／モータに連結し、該スイッチドリラクタ
ンス非自励発電機／モータと前記高電圧 DC バスとの間で電力を双方向に伝達するインバー
タと、

20

第 1 前輪を駆動し、推進力および／または回生制動を提供する、スイッチドリラクタ
ンス非自励モータ／発電機である第 1 前方 AC 走行用モータ／発電機と、

第 2 前輪を駆動し、推進力および／または回生制動を提供する、スイッチドリラクタ
ンス非自励モータ／発電機である第 2 前方 AC 走行用モータ／発電機と、

第 1 後輪を駆動し、推進力および／または回生制動を提供する、スイッチドリラクタ
ンス非自励モータ／発電機である第 1 後方 AC 走行用モータ／発電機と、

第 2 後輪を駆動し、推進力および／または回生制動を提供する、スイッチドリラクタ
ンス非自励モータ／発電機である第 2 後方 AC 走行用モータ／発電機と、

30

前記高電圧 DC バスと電気通信を行い、前記第 1 前方 AC 走行用モータ／発電機および
前記第 1 前輪を駆動するために前記高電圧 DC バスからの DC 電力を AC 電力に変換し、
前記第 2 前方 AC 走行用モータ／発電機および前記第 2 前輪を駆動するために前記高電圧
DC バスからの DC 電力を AC 電力に変換する第 1 小型デュアルインバータと、

前記高電圧 DC バスと電気通信を行い、前記第 1 後方 AC 走行用モータ／発電機および
前記第 1 後輪を駆動するために前記高電圧 DC バスからの DC 電力を AC 電力に変換し、
前記第 2 後方 AC 走行用モータ／発電機および前記第 2 後輪を駆動するために前記高電圧
DC バスからの DC 電力を AC 電力に変換する第 2 小型デュアルインバータと、

前記高電圧 DC バスに電氣的に連結されたウルトラキャパシタバンクと、

少なくとも 1 つの 12 または 24 ボルト DC バッテリーを備えた従来型の低電圧システム
と、

40

双方向の DC - DC コンバータと

を含み、

前記スイッチドリラクタンス非自励発電機／モータが、発電機モードで電力を供給する
発電機として動作し、モータモードで電力を受け取るモータとして動作し、

前記ウルトラキャパシタバンクが、

回生モードで動作している前記第 1 前方 AC 走行用モータ／発電機および前記第 2 前
方 AC 走行用モータ／発電機によって供給される回生エネルギーを前記第 1 小型デュアル
インバータから格納し、

回生モードで動作している前記第 1 後方 AC 走行用モータ／発電機および前記第 2 後

50

方 A C 走行用モータ／発電機によって供給される回生エネルギーを前記第 2 小型デュアルインバータから格納し、

前記スイッチドリラクタンス非自励発電機／モータが発電機モードで動作しているときに、該スイッチドリラクタンス非自励発電機／モータに連結された前記インバータからエネルギーを格納し、

前記スイッチドリラクタンス非自励発電機／モータがモータモードで動作しているときに、該スイッチドリラクタンス非自励発電機／モータに連結された前記インバータにエネルギーを供給して前記内燃機関を始動し、

前記 D C - D C コンバータが、

前記 1 2 または 2 4 ボルト D C バッテリーの電圧を昇圧し、該 1 2 または 2 4 ボルト D C バッテリーと前記ウルトラキャパシタバンクとの間で電力を伝達して、前記内燃機関を始動するために前記ウルトラキャパシタバンクを事前充電し、

前記内燃機関が始動した後、前記高電圧 D C バスの電圧を降圧して、前記 1 2 または 2 4 ボルト D C バッテリーの充電状態を維持する

ハイブリッド電気車両。

【請求項 7】

発電機モードで動作している前記 A C 走行用モータ／発電機からの過剰な回生エネルギーを消費するレジスタバンクをさらに含む請求項 6 記載のハイブリッド電気車両。

【請求項 8】

モータモードで動作している前記スイッチドリラクタンス非自励発電機／モータを使用して、機関圧縮制動を動作させながら前記内燃機関を逆駆動することにより、前記車両からの過剰な運動エネルギーを放散する請求項 6 記載のハイブリッド電気車両。

【請求項 9】

前記非自励発電機／モータがスイッチドリラクタンス機である請求項 1 記載のシリーズ電気ハイブリッド車両。

【請求項 10】

前記非自励発電機／モータが前記車両の電気エネルギーの主供給源である請求項 1 記載のシリーズ電気ハイブリッド車両。

【請求項 11】

前記スイッチドリラクタンス非自励発電機／モータが車両の電気エネルギーの主供給源である請求項 6 記載のハイブリッド電気車両。

【請求項 12】

内燃機関と、

発電機モードまたはモータモードで動作する A C 非自励発電機／モータと、

高電圧 D C バスと、

前記高電圧 D C バスに常時接続されたウルトラキャパシタバンクと、

前記 A C 非自励発電機／モータからの A C 電力を前記高電圧 D C バスおよび前記ウルトラキャパシタバンクに供給するために D C 電力に変換する A C - D C インバータと、

低電圧 D C バッテリーと、

前記低電圧 D C バッテリーから前記ウルトラキャパシタバンクを充電し、モータモードで動作している前記 A C 非自励発電機／モータに初期励起エネルギーを提供して前記内燃機関を起動する手段と

を含むハイブリッド電気システム。

【請求項 13】

前記ウルトラキャパシタバンクが、前記 A C 非自励発電機／モータをモータモードで使用して前記内燃機関を始動し、それによって従来型の低電圧機関スタータを置換できるように、前記低電圧 D C バッテリーからの十分なエネルギーで充電される請求項 1 2 記載のハイブリッド電気システム。

【請求項 14】

前記ウルトラキャパシタバンクを充電するために使用する前記手段が、前記低電圧 D C

10

20

30

40

50

バッテリーの充電状態を維持し、それによって従来型の低電圧オルタネータを不要にする双方向のDC-DCコンバータである請求項12記載のハイブリッド電気システム。

【請求項15】

小型デュアルインバータと、
複数の車輪と、

前記複数の車輪のいずれかにそれぞれ相互接続された複数の非自励走行用モータ／発電機と

をさらに含み、

前記小型デュアルインバータが、前記ウルトラキャパシタバンクに接続された双方向のDC-ACインバータであり、前記ウルトラキャパシタバンクとの間および前記非自励走行用モータ／発電機との間でエネルギーを転送する請求項12記載のハイブリッド電気システム。

10

【請求項16】

前記AC非自励発電機／モータが、過剰な回生制動エネルギーを放散するために、モータモードで動作して前記内燃機関と関連する機関制動とを逆駆動する請求項12記載のハイブリッド電気システム。

【請求項17】

前記AC非自励発電機／モータがスイッチドリラクタンス機である請求項12記載のハイブリッド電気システム。

【請求項18】

前記ウルトラキャパシタバンクが、通常の動作条件下での前記低電圧DCバッテリーからの事前充電に依存せずに迅速な機関始動を実現できるように、機関停止前に所定の最大充電状態まで駆動される請求項12記載のハイブリッド電気システム。

20

【請求項19】

前記低電圧DCバッテリーから前記ウルトラキャパシタバンクを充電する前記手段が、モータモードで動作している前記AC非自励発電機／モータに初期励起エネルギーを提供して前記内燃機関を始動する請求項12記載のハイブリッド電気システム。

【請求項20】

1つ以上の前記小型デュアルインバータが、動きを回避できるだけの十分に低い電力で動作するか、または前記非自励走行用モータ／発電機を対向するトルクで動作させることにより、前記ウルトラキャパシタバンク内のエネルギーの一部を前記非自励走行用モータ／発電機の巻線に放電して、前記システムの安全な稼働を実現する請求項15記載のハイブリッド電気システム。

30

【請求項21】

発電機モードまたはモータモードで動作可能な非自励発電機／モータと、
電力インバータと、
高電圧DCバスと、
前記高電圧DCバスに接続されたウルトラキャパシタと、
低電圧DCバッテリーと、
双方向のDC-DCコンバータと

40

を含み、前記ウルトラキャパシタバンクが、前記DC-DCコンバータを使用して前記低電圧DCバッテリーからエネルギーを転送することにより使用可能な動作電圧まで充電され、

前記ウルトラキャパシタが使用可能な電圧まで充電されたときに、前記非自励発電機／モータが前記電力インバータによって駆動されるハイブリッド電気システム。

【請求項22】

前記内燃機関の始動後、前記DC-DCコンバータが前記低電圧DCバッテリーを充電する請求項21記載のハイブリッド電気システム。

【請求項23】

走行用モータをさらに含む請求項21記載のハイブリッド電気システム。

50

【請求項 24】

複数の走行用モータをさらに含む請求項 22 記載のハイブリッド電気システム。

【請求項 25】

前記走行用モータが、自励永久磁石埋込型モータ、非自励モータ、ACモータ、DCモータのいずれかである請求項 23 記載のハイブリッド電気システム。

【請求項 26】

前記走行用モータが、自励永久磁石埋込型モータ、非自励モータ、ACモータ、DCモータのいずれかである請求項 24 記載のハイブリッド電気システム。

【請求項 27】

ハイブリッド電気車両の制御方法であって、

ウルトラキャパシタバンクの最大許容エネルギー含量を設定するステップと、

高電圧DCバスの最小電圧を設定するステップと、

内燃機関を始動するための十分なエネルギーが前記ウルトラキャパシタバンクにあるか判断するステップと、

前記内燃機関を始動するための十分なエネルギーが前記ウルトラキャパシタバンクにない場合、DC-DCコンバータを使用して低電圧DCバッテリーから前記ウルトラキャパシタバンクにエネルギーを転送するステップと、

前記内燃機関を始動するための十分なエネルギーが前記ウルトラキャパシタバンクにある場合、モータモードで動作している非自励発電機／モータを使用して前記内燃機関を始動するステップと、

前記ハイブリッド電気車両の回収可能なエネルギーを計算するステップと、

前記ハイブリッド電気車両の前記ウルトラキャパシタバンクのエネルギーを計算するステップと、

計算された回収可能なエネルギーと前記ウルトラキャパシタバンクのエネルギーとの合計が、前記ウルトラキャパシタバンクの前記最大許容エネルギー含量未満であるか判断するステップと、

計算された回収可能なエネルギーと前記ウルトラキャパシタバンクのエネルギーとの合計が、前記ウルトラキャパシタバンクの前記最大許容エネルギー含量未満でない場合に、前記内燃機関をアイドル状態に設定し、発電機モードで動作している前記非自励発電機／モータからの電力生成をゼロに設定するステップと、前記内燃機関がアイドル状態であり、発電機モードで動作している前記非自励発電機／モータが電力を生成しない状態で、待機するステップと、回収可能なエネルギーと前記ウルトラキャパシタバンク内のエネルギーとの合計を再計算し、再計算された合計が、前記ハイブリッド電気車両によるエネルギー消費に起因して、前記ウルトラキャパシタバンクの前記最大許容エネルギー含量未満であるか再判断するステップと、再計算された合計が、前記ウルトラキャパシタバンクの前記最大許容エネルギー含量未満でない場合に、前記内燃機関を停止するステップと、

計算された回収可能なエネルギーと前記ウルトラキャパシタバンク内のエネルギーとの合計が、前記ウルトラキャパシタバンクの前記最大許容エネルギー含量未満である場合に、前記内燃機関の速度を最良の正味燃料消費率速度に設定し、発電機モードで動作している前記非自励発電機／モータからの電力を最大に設定するステップと、

制動命令が存在するか判断するステップと、

前記制動命令が存在する場合に、該制動命令に比例し且つ安定限界内で、非自励走行用モータ／発電機に負トルク命令を送るステップと、

前記制動命令が存在しない場合に、前記高電圧DCバスの電圧が該高電圧DCバスの前記最小電圧より大きいと判断するステップと、

前記高電圧DCバスの電圧が該高電圧DCバスの前記最小電圧より大きくない場合に、前記非自励走行用モータ／発電機にゼロトルク命令を送るステップと、

前記高電圧DCバスの電圧が該高電圧DCバスの前記最小電圧より大きい場合に、アクセル命令を読み取るステップと、

車両速度が最大許容速度未満であるか判断するステップと、

10

20

30

40

50

車両速度が最大世用速度未満でない場合に、前記非自励走行用モータ／発電機にゼロトルク命令を送るステップと

シフトセレクトが前進ギアである場合に、アクセル信号に比例し且つ安定限度内で、前記非自励走行用モータ／発電機に正トルク命令を送るステップと、

前記シフトセレクトが前進ギアでない場合に、アクセル信号に比例し且つ安定限度内で、前記非自励走行用モータ／発電機に負トルク命令を送るステップと

を含む方法。

【請求項 28】

前記非自励走行用モータ／発電機がスイッチドリラクタンス機である請求項 27 記載のハイブリッド電気車両の制御方法。

【請求項 29】

前記内燃機関を始動する前記非自励発電機／モータがスイッチドリラクタンス機である請求項 27 記載のハイブリッド電気車両の制御方法。

【請求項 30】

計算された回収可能なエネルギーと前記ウルトラキャパシタバンクのエネルギーとの合計が、前記ウルトラキャパシタバンクの前記最大許容エネルギー含量未満でない場合に、前記内燃機関をアイドル状態に設定し、発電機モードで動作している前記非自励発電機／モータからの電力生成をゼロに設定するステップと、前記内燃機関がアイドル状態であり、発電機モードで動作している前記非自励発電機／モータが電力を生成しない状態で、待機するステップと、回収可能なエネルギーと前記ウルトラキャパシタバンク内のエネルギーとの合計を再計算し、再計算された合計が、前記ハイブリッド電気車両によるエネルギー消費に起因して、前記ウルトラキャパシタバンクの前記最大許容エネルギー含量未満であるか再判断するステップと、再計算された合計が、前記ウルトラキャパシタバンクの前記最大許容エネルギー含量未満でない場合に、内燃機関を停止するステップとを含む請求項 27 記載のハイブリッド電気車両の制御方法。

【請求項 31】

計算された回収可能なエネルギーと前記ウルトラキャパシタバンクのエネルギーとの合計が、前記ウルトラキャパシタバンクの前記最大許容エネルギー含量未満でない場合に、前記内燃機関をアイドル状態に設定し、発電機モードで動作している前記非自励発電機／モータからの電力生成をゼロに設定するステップと、前記内燃機関がアイドル状態であり、発電機モードで動作している前記非自励発電機／モータが電力を生成しない状態で、待機するステップと、回収可能なエネルギーと前記ウルトラキャパシタバンク内のエネルギーとの合計を再計算し、再計算された合計が、前記ハイブリッド電気車両によるエネルギー消費に起因して、前記ウルトラキャパシタバンクの前記最大許容エネルギー含量未満であるか再判断するステップと、再計算された合計が、前記ウルトラキャパシタバンクの前記最大許容エネルギー含量未満でない場合に、内燃機関を停止するステップとが、小型デュアルインバータが動きを回避できるだけの十分に低い電力で動作するか、または前記非自励走行用モータ／発電機を対向するトルクで動作させることにより、前記ウルトラキャパシタバンクのエネルギーの一部を前記非自励走行用モータ／発電機の巻線に動きなしで放電して前記車両の安全な稼働を実現するステップと組み合わせて実行される請求項 27 記載のハイブリッド電気車両の制御方法。

【請求項 32】

前記ウルトラキャパシタバンクが、前記低電圧 DC バッテリからの事前充電に依存せずに迅速な機関始動を実現できるように、前記内燃機関の停止前に所定の最大充電状態まで駆動される請求項 27 記載のハイブリッド電気車両の制御方法。

【請求項 33】

制御装置と、

内燃機関と機械的に相互接続され、発電機モードまたはモータモードで動作できる非自励発電機／モータと、

電力インバータと、

10

20

30

40

50

高電圧 D C バスと、
前記高電圧 D C バスに相互接続されたウルトラキャパシタと、
低電圧 D C バッテリーと、
双方向の D C - D C コンバータと
を含み、

前記非自励発電機／モータが前記電力インバータと電氣的に通信し、
前記制御装置が、前記電力インバータと電氣的に通信して該電力インバータを制御し、
前記ウルトラキャパシタが、前記 D C - D C コンバータを使用して前記低電圧 D C バッ
テリーからエネルギーを転送することにより使用可能な動作電圧まで充電され、

前記非自励発電機／モータが、前記制御装置によって制御され、前記ウルトラキャパシ
タが使用可能な電圧まで充電されているときに前記電力インバータによってモータモード
で駆動されて前記内燃機関を始動するハイブリッド電気車両。

【請求項 3 4】

第 1 小型デュアルインバータおよび第 2 小型デュアルインバータと、
前記第 1 小型デュアルインバータおよび前記第 2 小型デュアルインバータによって駆動
される複数の非自励走行用モータ／発電機と

をさらに含み、前記第 1 小型デュアルインバータおよび前記第 2 小型デュアルインバー
タが前記制御装置によって制御される請求項 3 3 記載のハイブリッド電気車両。

【請求項 3 5】

前記第 1 小型デュアルインバータおよび前記第 2 小型デュアルインバータが電力を双方
向に供給できる請求項 3 4 記載のハイブリッド電気車両。

【請求項 3 6】

前記電力インバータが電力を双方向に供給できる請求項 3 4 記載のハイブリッド電気車
両。

【請求項 3 7】

前記第 1 小型デュアルインバータおよび前記第 2 小型デュアルインバータが電力を双方
向に供給でき、前記電力インバータが電力を双方向に供給できる請求項 3 4 記載のハイブ
リッド電気車両。

【請求項 3 8】

シリーズ電気ハイブリッド車両であって、
化学エネルギーを機械エネルギーに変換する内燃機関と、
前記内燃機関に連結されて機械エネルギーを電力に変換し、該電力を推進およびその他
の関連機能のために前記車両に提供する非自励発電機／モータと、
高電圧 D C バスと

前記非自励発電機／モータと前記高電圧 D C バスとの間で電力を双方向に転送するイン
バータと、

推進力を提供する走行用モータ／発電機と、

前記走行用モータ／発電機と前記高電圧 D C バスとの間で電力を双方向に転送する走行
用インバータと、

少なくとも 1 つの 1 2 または 2 4 ボルト D C バッテリーを備えた従来型の低電圧システム
と、

前記高電圧 D C バスに電氣的に連結されたウルトラキャパシタバンクと、

前記発電機を励起して前記内燃機関を始動し、該内燃機関の始動後は前記低電圧 D C バ
ッテリーの充電状態を維持するために、十分なエネルギーを提供する必要がある場合に、前
記ウルトラキャパシタバンクを事前充電することを目的として、前記 1 2 または 2 4 ボル
ト D C バッテリーと前記ウルトラキャパシタバンクとの間で電力を伝達する双方向の D C -
D C コンバータと、

前記ウルトラキャパシタバンクの充電状態と、前記車両の推進動作およびその他の関連
機能とを管理する制御ロジックと

を含むシリーズ電気ハイブリッド車両。

10

20

30

40

50

【請求項 39】

車両に動力を供給する A C 走行用モータに動力を供給する D C - A C インバータをさらに含む請求項 12 記載のハイブリッド電気システム。

【請求項 40】

前記 A C 走行用モータが、前記ウルトラキャパシタバンクに格納するエネルギーを前記 D C - A C インバータに対して回生する発電機として動作する請求項 39 のハイブリッド電気システム。

【請求項 41】

第 1 インバータと、
前記第 1 インバータによって駆動される走行用モータ／発電機と
をさらに含み、前記第 1 インバータが前記制御装置によって制御される請求項 33 記載のハイブリッド電気車両。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本出願は、2013 年 2 月 25 日に提出された米国仮特許出願第 61769092 号の利益および優先権を主張するものである。

【0002】

本発明は、ハイブリッド電気車両に関する。

20

【背景技術】

【0003】

ハイブリッド電気車両技術は、あらゆる種類の車両の効率を向上させる。
ホイールローダ、フロントエンドローダ、掘削機、コンバイン、散布車、およびあらゆる種類の実用車では、環境的な効率と財務的な効率とを向上させる必要がある。

【発明の概要】

【0004】

ホイールローダは、車両を推進すると共にホイールローダの運動エネルギーおよび位置エネルギーから電力を回生する A C スイッチドリラクタンス非自励走行用モータ／発電機を 4 つ備えたシリーズハイブリッドである。

30

代替として、走行用モータ／発電機は 1 つだけ使用することも可能であり、またスイッチドリラクタンスモータ／発電機でなくてもよい。

さらに、ホイールローダは、ホイールローダの動作用にホイールローダに主電力を提供するスイッチドリラクタンス非自励発電機／モータを含む。

関連するエネルギーの量は多くないが、サイクル数がきわめて多い（毎分 4 ～ 8 サイクル）ため、回生エネルギーの格納にはウルトラキャパシタバンクを使用する。

【0005】

A C 走行用モータ／発電機には、スイッチドリラクタンス（S R）技術を使用するのが好ましい。これは、広い定電力領域、良質な故障モード、低コスト、堅牢性、設計上の柔軟性などの理由による。

40

同じ理由で、機械に主電力を提供する発電機／モータにもスイッチドリラクタンス（S R）技術を採用するのが望ましい。

しかし、I P M 発電機と異なり、S R（スイッチドリラクタンス）発電機は自励ではない。

これは耐障害性機能としては望ましいが、システムを適切に機能させるためには対処を要する。

スイッチドリラクタンス発電機では、何らかの初期量の電力を供給して発電を開始する必要がある、さもないとシステムは動作／発電しない。

システムに高電圧バッテリーパックが含まれていれば、それを使用してスイッチドリラクタンス発電機に必要な励起エネルギーを提供できる。

50

しかし、ウルトラキャパシタの場合は、初期設置時、点検後、長期にわたる運転停止後など、十分なエネルギーを利用できない状況がある。

【0006】

使用する発電機技術に関係なく、発電機を利用して内燃機関を始動するのが望ましい。

これにより、スタータとそれに関連するソレノイドおよび巻線とが省略され、システムが簡素化される。

また、これによって起動停止運転が現実的なものとなる。なぜなら、典型的なDCブラシ型スタータモータ、ソレノイド、およびリングギアは、起動停止運転に必要な大量のサイクル向けに設計されていないからである。

スイッチドリフトタンス発電機／モータは、従来のスタータに比べて大型の機械であり、より大きな始動トルクと始動回転速度とを提供できる。

また、常時連結も望ましい。ピニオンとリングギアの噛み合いを管理する必要がないからである。

【0007】

ウルトラキャパシタバンクを使用して、機関を始動するためのエネルギーを提供できる。

しかし、初期設置時など、ウルトラキャパシタバンクが放電しているときがある。

ウルトラキャパシタバンクを直接「ジャンプスタート」するのは、きわめて高い電圧が必要であるため（500ボルト超）、現実的ではない。

【0008】

（SRの励起および機関の始動のための）解決策は、比較的低出力（5kW等）のDC-DCコンバータを設けて、車両の12または24ボルトDCバッテリーのエネルギーをウルトラキャパシタバンクに転送することである。

12または24ボルトDCバッテリーが放電している場合は、その12または24ボルトDCバッテリーに「ジャンプスタート」を適用できる。

この方法のもう1つの利点は、比較的低レベルで長時間に及ぶ電力を使用して、エネルギーの転送を処理できることである。

したがって、バッテリーが弱っていて機関を始動するための十分な出力を提供できない場合、そのバッテリーで、機関を容易に始動できるレベルまでウルトラキャパシタバンクを充電するための十分な出力を提供できる。

また、この方法では、接触器および電流制限ブリチャージ抵抗の典型的な配置を必要とせずに、ウルトラキャパシタバンクと電力インバータのDCリンクキャパシタバンクとを事前充電する機構が提供される。

【0009】

上述した低電力レベルでウルトラキャパシタバンクを充電するには1、2分を要するため、この方法で車両を始動するのは好ましいとは限らず、劣悪な状況の下でのみ使用すべきである。

そこで解決策となるのは、通常の下で、停止前にウルトラキャパシタバンクを確実に満充電にすることである。

満充電のキャパシタバンクは、通常、始動のための十分な充電を数週間にわたって維持する。

【0010】

従来の車両では、24ボルトDCバッテリーの充電状態がオルタネータによって維持される。

オルタネータは比較的安価であるが、効率が悪く、信頼性も低い。

DC-DCコンバータを双方向にして、エネルギーがDCリンクから12または24ボルトシステムに転送されて充電状態が維持されるようにすれば、オルタネータは不要になる。

これにより、ウルトラキャパシタバンクを充電するためのエネルギー転送をたまにしか行わず、寿命の大半を24ボルトシステムの充電に費やすDC-DCコンバータを使用す

10

20

30

40

50

ることが正当化される。

【0011】

本発明は、オフハイウェイ（off-highway）用途のためのエネルギー均衡工程を含む。

本発明は、ハイブリッドシステムの総エネルギーを、ウルトラキャパシタバンクの最大エネルギー格納容量と等価のレベルに保つ。

たとえば、システムの総エネルギーは、実際のウルトラキャパシタエネルギーに、車両の回収可能な運動エネルギーと、回収可能な補機エネルギーとを加えた値と等価である。

【0012】

内燃機関とスイッチドリラクタンス非自励発電機／モータとが発電機モードで動作している状況で、車両の運動エネルギーが低く（車両が動いていない）、且つ油圧システムの潜在的エネルギーが低い（バケットを下げた状態）場合は、ウルトラキャパシタバンクを最大に充電する必要がある、回収可能なエネルギーが車両に存在する場合は、そのエネルギーを後で回収できる程度まで、ウルトラキャパシタバンクの充電状態を下げる必要がある。

つまり、主エネルギー源である発電機による実際のウルトラキャパシタエネルギーは、ウルトラキャパシタエネルギーの最大容量から、車両の運動エネルギーと、回収可能な油圧エネルギー（補機エネルギー）とを差し引いた値と等価である。

【0013】

回収可能な車両運動エネルギー＝ $(mV^2/2) - \text{転がり抵抗損失}$

【0014】

再生可能な油圧エネルギー＝ $m g H$

ここで、 m はバケットの質量、 g は重力加速度、 H はバケットの高さである。

【0015】

この方法を使用すると、ウルトラキャパシタバンクで維持される実際のエネルギーレベルは、減数である車両速度の2乗に関連付けられる。

内燃機関が稼働しておらず、車両が動いていない場合、DC-DCコンバータは、ウルトラキャパシタバンクの充電状態を、必要なときに内燃機関を確実に始動できるレベルに維持する。

【0016】

機関を始動するためにウルトラキャパシタバンクに必要なエネルギーレベルは、機関冷却液の温度に基づいて推測され、機関が暖まっている場合の約14kJから、機関が冷えている場合の約200kJまでの範囲に及ぶ。

2つのタイプ31（95Ahr）24VDCバッテリーで利用可能なエネルギーは、約7MJである。

1200ファラドのキャパシタを使用する800VDCのウルトラキャパシタバンクは、約1.3MJのエネルギーを格納する。これは、冷えた内燃機関を始動するには十分以上である。

格納された1.3MJのうち、使用できるのは約700kJだけである。これは、700kJを使用すると、共通高電圧DCバスの電圧が500VDC未満に低下するからである。

500VDCは、インバータが動作できるほぼ最低の電圧である。

【0017】

ハイブリッド電気車両は、高電圧DCバスと、内燃機関とを含む。

内燃機関は、好ましくはスイッチドリラクタンス機である非自励発電機／モータに機械的に連結される。

電力インバータにより、高電圧DCバスとスイッチドリラクタンス非自励発電機／モータとが電氣的且つ双方向に連結される。

車両を動かし、電力を回生するために、前車軸と後車軸のDC-ACデュアルインバータが、2つのACスイッチドリラクタンス非自励走行用モータ／発電機／歯車減速機を高

10

20

30

40

50

電圧 D C バスに電氣的且つ双方向に連結する。

ウルトラキャパシタが高電圧 D C バスに連結される。

ここでは、ウルトラキャパシタとウルトラキャパシタバンクとは同じものを意味し、置き換え可能である。

低電圧 D C バッテリと高電圧 D C バスとの間に介在する双方向の D C - D C コンバータが、高電圧 D C バスおよびウルトラキャパシタにエネルギーを転送して、モータモードで動作しているスイッチドリラクタンス非自励発電機／モータが内燃機関を確実に始動できるようにする。

【0018】

シリーズハイブリッド電気車両は、車両の推進および動作のための電力を提供する非自励発電機／モータと、高電圧 D C バスとを含む。

非自励発電機／モータは、発電機モードまたはモータモードで動作可能なスイッチドリラクタンス発電機／モータであることが好ましい。

複数の車輪が、車両を推進する。

1 つ以上の A C 非自励走行用モータ／発電機が、車両を推進する。

1 つ以上の小型デュアルインバータが、高電圧 D C バスと、複数の車輪の 1 つ以上にそれぞれ取り付けられた 1 つ以上の A C 非自励走行用モータ／発電機との間で電力を双方向に伝達する。

A C 非自励走行用モータ／発電機に関連付けられた小型デュアルインバータは、発電機モードまたはモータモードで動作するように構成される。

A C 非自励走行用モータ／発電機は、車輪との組み合わせで推進力と回生制動とを提供するように構成される。

A C 非自励走行用モータ／発電機は、発電機モードまたはモータモードで動作可能なスイッチドリラクタンスモータ／発電機であることが好ましい。

車両の推進および動作のために、車両に電力を供給する非自励発電機／モータに内燃機関が連結されている。

非自励発電機／モータは、電力インバータに連結されている。

電力インバータは、高電圧 D C バスとの間で電力を双方向に供給する。

また電力インバータは、非自励発電機／モータが発電機モードで動作しているときに高電圧 D C バスに電力を供給し、非自励発電機／モータがモータモードで動作しているときに非自励発電機／モータに電力を供給する。

高電圧 D C バスにはウルトラキャパシタバンクが連結される。

ウルトラキャパシタバンクは、発電機モードで動作している A C 非自励走行用モータからの回生エネルギーを格納する。またウルトラキャパシタバンクは、機関を始動するために、モータモードで動作している非自励発電機／モータに連結されたインバータに電力を供給する。

またシリーズハイブリッド電気車両は、少なくとも 1 つの 12 または 24 ボルト D C バッテリを備える従来型の低電圧システムを含む。

内燃機関を始動するために、また内燃機関の始動後に 12 または 24 ボルト D C バッテリの充電状態を維持するために、ウルトラキャパシタバンクを事前充電することを目的として、12 または 24 ボルト D C バッテリとウルトラキャパシタバンクとの間で電力を伝達する双方向の D C - D C コンバータが使用される。

オプションで、シリーズハイブリッド電気車両は、発電機モードで動作している A C 非自励走行用モータ／発電機からの過剰な回生エネルギーを放散するレジスタバンクを含む。

さらに、オプションで、シリーズハイブリッド電気車両は、機関圧縮制動を作動させながら内燃機関を逆駆動することにより、車両からの過剰な運動エネルギーを放散する、モータモードで動作している非自励発電機／モータを含む。

シリーズハイブリッド電気車両では、非自励発電機／モータが車両の電気エネルギーの主供給源である。

10

20

30

40

50

【0019】

この本発明の別の例は、高電圧DCバスと内燃機関とを備えるハイブリッド電気車両を含む。

非自励発電機／モータは、発電機モードまたはモータモードで動作可能なスイッチドリラクタンス発電機／モータであることが好ましい。

内燃機関は、非自励発電機／モータを駆動して高電圧DCバスにエネルギーを供給する。

双方向の後車軸DC-AC小型デュアルインバータが、2つのAC走行用モータ／発電機／歯車減速機を駆動して車両を動かし、回生制動からエネルギーを回収する。

双方向の前車軸DC-AC小型デュアルインバータが、2つのAC走行用モータ／発電機／歯車減速機を駆動して車両を動かし、回生制動からエネルギーを回収する。

高電圧DCバスにウルトラキャパシタが電氣的に連結される。

12または24ボルトDCバッテリーと高電圧DCバスとの間に、双方向のDC-DCコンバータが介在する。

DC-DCコンバータは、12または24ボルトDCバッテリーと高電圧DCバスとの間でエネルギーを転送する。

非自励発電機／モータは、内燃機関を始動するために内燃機関に機械的に連結される。

非自励発電機／モータは、スイッチドリラクタンス機であることが好ましい。

ウルトラキャパシタは、内燃機関を始動するために、非自励発電機／モータに連結されたインバータにエネルギーを供給する。

オプションで、このハイブリッド電気車両の例は、レジスタバンクを含み、双方向のDC-AC小型デュアルインバータが、エネルギーを回生し該エネルギーをバッテリーおよび／またはウルトラキャパシタに格納する整流手段を含む。

【0020】

ハイブリッド電気車両の別の例は、高電圧DCバスと内燃機関とを含む。

内燃機関は、スイッチドリラクタンス非自励発電機／モータに機械的に連結されている。

スイッチドリラクタンス非自励発電機／モータは、発電機モードで、電力を供給する発電機として動作する。

スイッチドリラクタンス非自励発電機／モータは、モータモードで、電力を受け取るモータとして動作する。

スイッチドリラクタンス非自励発電機／モータは、電力インバータに連結されている。

電力インバータは、高電圧DCバスとスイッチドリラクタンス非自励発電機／モータとの間で電力を双方向に伝達する。

第1前方AC走行用モータ／発電機が第1前輪を駆動する。

第1前方AC走行用モータ／発電機は、スイッチドリラクタンス非自励モータ／発電機である。

第1前方AC走行用モータ／発電機は、推進力および／または回生制動を提供する。

第2前方AC走行用モータ／発電機が第2前輪を駆動する。

第2前方AC走行用モータ／発電機は、スイッチドリラクタンス非自励モータ／発電機である。

第2前方AC走行用モータ／発電機は、推進力および／または回生制動を提供する。

第1後方AC走行用モータ／発電機が第1後輪を駆動する。

第1後方AC走行用モータ／発電機は、スイッチドリラクタンス非自励モータ／発電機である。

第1後方AC走行用モータ／発電機は、推進力および／または回生制動を提供する。

第2後方AC走行用モータ／発電機が第2後輪を駆動する。

第2後方AC走行用モータ／発電機は、スイッチドリラクタンス非自励モータ／発電機である。

第2後方AC走行用モータ／発電機は、推進力および／または回生制動を提供する。

この例には、第 1 小型デュアルインバータと第 2 小型デュアルインバータとが含まれる。

第 1 小型デュアルインバータは、高電圧 D C バスと電気通信を行う。

第 1 小型デュアルインバータは、第 1 前方 A C 走行用モータ／発電機および第 1 前輪を駆動するために、高電圧 D C バスからの D C 電力を A C 電力に変換する。

第 1 小型デュアルインバータは、第 2 前方 A C 走行用モータ／発電機および第 2 前輪を駆動するために、高電圧 D C バスからの D C 電力を A C 電力に変換する。

第 2 小型デュアルインバータは、高電圧 D C バスと電気通信を行う。

第 2 小型デュアルインバータは、第 1 後方 A C 走行用モータ／発電機および第 1 後輪を駆動するために、高電圧 D C バスからの D C 電力を A C 電力に変換する。

第 2 小型デュアルインバータは、第 2 後方 A C 走行用モータ／発電機および第 2 後輪を駆動するために、高電圧 D C バスからの D C 電力を A C 電力に変換する。

ウルトラキャパシタバンクが高電圧 D C バスに電氣的に連結している。

ウルトラキャパシタバンクは、回生モードで動作している第 1 前方 A C 走行用モータ／発電機と第 2 前方 A C 走行用モータ／発電機とによって供給される回生エネルギーを第 1 小型デュアルインバータから格納する。

ウルトラキャパシタバンクは、回生モードで動作している第 1 後方 A C 走行用モータ／発電機と第 2 後方 A C 走行用モータ／発電機とによって供給される回生エネルギーを第 2 小型デュアルインバータから格納する。

ウルトラキャパシタバンクは、スイッチドリラクタンス非自励発電機／モータが発電機モードで動作しているときに、そのスイッチドリラクタンス非自励発電機／モータに連結された電力インバータからエネルギーを格納する。

ウルトラキャパシタバンクは、スイッチドリラクタンス非自励発電機／モータがモータモードで動作しているときに、そのスイッチドリラクタンス非自励発電機／モータに連結された電力インバータにエネルギーを供給して内燃機関を始動する。

少なくとも 1 つの 1 2 または 2 4 ボルト D C バッテリーを備えた従来型の低電圧システムが、双方向の D C - D C コンバータと組み合わせて使用される。

双方向の D C - D C コンバータは、バッテリーの電圧を昇圧し、1 2 ボルトまたは 2 4 ボルト D C バッテリーとウルトラキャパシタバンクとの間で電力を伝達して、内燃機関を始動するためにウルトラキャパシタバンクを事前充電する。

双方向の D C - D C コンバータは、内燃機関が始動した後、高電圧 D C バスの電圧を降圧して、1 2 または 2 4 ボルト D C バッテリーの充電状態を維持する。

オプションで、ハイブリッド電気車両は、レジスタバンクを含む。

レジスタバンクは、発電機モードで動作している A C 非自励走行用モータ／発電機からの過剰な回生エネルギーを放散する。

さらにオプションで、モータモードで動作しているスイッチドリラクタンス非自励発電機／モータを使用して、機関圧縮制動を作動させながら機関を逆駆動することにより、車両からの過剰な運動エネルギーを放散する。

このハイブリッド電気車両の例では、電力インバータに電氣的に連結されたスイッチドリラクタンス非自励発電機／モータが、車両の電力エネルギーの主供給源である。

【0021】

本発明の別の例は、内燃機関と、A C 非自励発電機／モータとを含むハイブリッド電気システムとして示される。

A C 非自励発電機／モータは、発電機モードまたはモータモードで動作する。

高電圧 D C バスにウルトラキャパシタバンクが常時接続される。

A C - D C インバータが、A C 非自励発電機／モータからの A C 電力を、高電圧 D C バスおよびウルトラキャパシタバンクに供給するために D C 電力に変換する。

内燃機関を始動するために、従来型の車両用低電圧 D C バッテリーからウルトラキャパシタバンクを充電して、モータモードで動作している非自励発電機／モータに初期励起エネルギーを提供する手段が設けられる。

ウルトラキャパシタバンクは、非自励発電機／モータをモータモードで使用して機関を始動し、それによって従来型の低電圧機関スタータを置換できるように、低電圧DCバッテリーからの十分なエネルギーで充電される。

ウルトラキャパシタの充電に使用される手段は、低電圧DCバッテリーの充電状態を維持し、それによって従来型の低電圧オルタネータを不要にする双方向のDC-DCコンバータである。

さらに、本発明のこの例では、小型デュアルインバータが使用される。

複数の車輪のいずれかにそれぞれ相互接続された複数の非自励走行用モータ／発電機が設けられる。

代替として、1つの車輪に相互接続された1つの非自励走行用モータ／発電機を使用してもよい。

10

自転車およびオートバイを除き、一輪駆動はあまり実用的ではない。

1つの走行用モータ／発電機を含む設計のポイントは、差動装置を備えた従来型の車軸を使用して、少なくとも2つの車輪端部にトルクを提供することである。

【0022】

小型デュアルインバータは、ウルトラキャパシタバンクに接続される。

小型デュアルインバータは、双方向のDC-ACインバータであり、ウルトラキャパシタバンクとの間および非自励走行用モータ／発電機との間でエネルギーを転送する。

オプションで、本発明のこの例では、過剰な回生制動エネルギーを放散するために、非自励発電機／モータがモータモードで動作して、内燃機関と関連する機関制動とを逆駆動する。

20

本発明のこの例では、非自励発電機／モータはスイッチドリラクタンス機である。

非自励発電機／モータ以外のさまざまな種類の発電機／モータを使用できる。

さらに、このハイブリッド電気システムの例では、通常の動作状況下での車両の低電圧DCバッテリーからの事前充電に依存せずに迅速な機関始動を実現できるように、機関停止前にウルトラキャパシタバンクが所定の最大充電状態まで駆動される。

さらに、このハイブリッド電気システムの例では、オプションで、小型デュアルインバータが、動きを回避できるだけの十分に低い電力で動作するか、または非自励走行用モータ／発電機を対向するトルクで動作させることにより、ウルトラキャパシタバンク内のエネルギーの一部を非自励走行用モータ／発電機の巻線に放電することができる。

30

【0023】

本発明の別の例は、制御装置と、内燃機関と機械的に相互接続された非自励発電機／モータと、電力インバータとを備え、非自励発電機／モータが電力インバータと電気的に通信するハイブリッド電気車両を含む。

非自励発電機／モータは、発電機モードまたはモータモードで動作できる。

ウルトラキャパシタが高電圧DCバスと相互接続され、制御装置が電力インバータを制御する。

ウルトラキャパシタバンクは、DC-DCコンバータを使用して低電圧DCバッテリーからエネルギーを転送することにより、使用可能な動作電圧まで充電される。

非自励発電機／モータが、制御装置によって制御され、ウルトラキャパシタが使用可能な電圧まで充電されているときに電力インバータによってモータモードで駆動されて内燃機関を始動する。

40

さらに、第1小型デュアルインバータおよび第2小型デュアルインバータによって駆動される複数の非自励走行用モータ／発電機が本発明のこの例に含まれる。

第1小型デュアルインバータおよび第2小型デュアルインバータは、制御装置によって制御される。

電力インバータは、電力を双方向で供給できる。

さらに、第1小型デュアルインバータおよび第2小型デュアルインバータは、電力を双方向で供給できる。

【0024】

50

D C－D Cコンバータは、4つのポートを備えた装置である。

これらの回線のうち2つが12または24ボルトD Cバッテリーに並列で（常時）接続し、残りの2つが高電圧バスに（常時）接続する。

オルタネータと同様に、D C－D Cコンバータは電流装置である。

車両制御ユニット（制御装置）からの命令に応じて、D C－D Cコンバータは、一方の電圧源から電流を取得し、他方の電圧源に電流を提供する。

この例では、8つのスイッチが存在する。

同時にオンにするスイッチは4つまでにする必要がある（さもないと障害が発生する）。

スタンバイモードでは、すべてのスイッチがオフになる。

10

【0025】

走行用モータ／発電機の制御は、システムのエネルギーまたはD Cリンクの電圧を考慮することなく、走行または制動のための運転者の要求に厳密に応じて行われる。ただし、以下の例外がある。1）関連するインバータは、何らかの最小電圧（たとえば、500V）未満では動作できない。したがってそのような状況が生じると、モータが停止する。2）D Cリンクの電圧が900ボルトを超えると、ウルトラキャパシタバンクと電力インバータとに障害が発生する。したがって回生エネルギーの伝達を何らかの上限電圧で停止しなければならない。

【0026】

ハイブリッド制御装置は、発電機のインバータを制御して、以下になるようにD Cリンクバスに電流を提供する。1）D Cリンクの電圧が、インバータの最小動作電圧よりも高く維持される。2）ウルトラキャパシタバンクの電圧が、車両に現在格納されているすべての運動エネルギーまたは位置エネルギーを回収するための十分な格納容量を維持することを条件に、可能な限り高く保たれる（安全域を含めて900Vの限度未満）。これは、D Cリンクの電圧が高いほど、システム電流は低くなり、したがって損失が減少し、システム効率が向上するからである。3）内燃機関が停止する前にウルトラキャパシタバンクを満充電して、ウルトラキャパシタが長時間にわたって放電しても、内燃機関を再始動するための十分なエネルギーが維持されるようにする。

20

【0027】

ハイブリッド電気車両の制御方法は、ウルトラキャパシタバンクの最大許容エネルギー含量を設定するステップと、高電圧D Cバスの最小電圧を設定するステップと、内燃機関を始動するための十分なエネルギーがウルトラキャパシタバンクにあるか判断するステップとを含む。

30

この方法はまた、内燃機関を始動するための十分なエネルギーがウルトラキャパシタバンクにない場合に、D C－D Cコンバータを使用して低電圧D Cバッテリーからウルトラキャパシタバンクにエネルギーを転送するステップを含む。

さらに、この方法は、ウルトラキャパシタバンクに十分なエネルギーがある場合に、モータモードで動作している非自励発電機／モータを使用して内燃機関を始動するステップを含む。

さらに、この方法では、ハイブリッド電気車両の回収可能なエネルギーを計算するステップと、ハイブリッド電気車両のウルトラキャパシタバンクのエネルギーを計算するステップとが必要である。

40

これらの計算が完了したら、計算された回収可能なエネルギーとウルトラキャパシタのエネルギーとの合計が、ウルトラキャパシタバンクの最大許容エネルギー含量未満であるか判断するステップが必要である。

【0028】

この方法はさらに、計算された回収可能なエネルギーとウルトラキャパシタのエネルギーとの合計が、ウルトラキャパシタバンクの最大許容エネルギー含量未満でない場合に、内燃機関をアイドル状態に設定し、発電機モードで動作している非自励発電機／モータからの電力生成をゼロに設定するステップと、内燃機関がアイドル状態であり、発電機モー

50

ドで動作している非自励発電機／モータが電力を生成しない状態で、待機するステップと、回収可能なエネルギーとウルトラキャパシタのエネルギーとの合計を再計算し、再計算された合計が、ハイブリッド電気車両によるエネルギー消費に起因して、ウルトラキャパシタバンクの最大許容エネルギー含量未満であるか再判断するステップと、再計算された合計が、ウルトラキャパシタバンクの最大許容エネルギー含量未満でない場合に、内燃機関を停止するステップとを必要とする。

さらに、この方法は、計算された回収可能なエネルギーとウルトラキャパシタのエネルギーとの合計が、ウルトラキャパシタバンクの最大許容エネルギー含量未満である場合に、内燃機関の速度を最良の正味燃料消費率速度に設定し、発電機モードで動作している非自励発電機／モータからの電力を最大に設定するステップを必要とする。

この方法はさらに、制動命令が存在するか判断するステップと、制動命令が存在する場合に、制動命令に比例し且つ安定限界内で、非自励走行用モータ／発電機に負トルク命令を送るステップとを含む。

この方法はさらに、制動命令が存在しない場合に、高電圧DCバスの電圧が高電圧DCバスの最小電圧よりも大きいかに判断するステップを必要とする。

【0029】

次に、この方法は、高電圧DCバスの電圧が高電圧DCバスの最小電圧よりも大きくない場合に、非自励走行用モータ／発電機にゼロトルク命令を送るステップと、高電圧DCバスの電圧が高電圧DCバスの最小電圧よりも大きい場合に、アクセル命令を監視するステップとを必要とする。

さらに、この方法は、車両速度が最大許容速度未満であるか判断するステップと、車両速度が最大許容速度未満でない場合に、非自励走行用モータ／発電機にゼロトルク命令を送るステップと、シフトセレクトが前進ギアである場合に、アクセル信号に比例し且つ安定限界内で、非自励走行用モータ／発電機に正トルク命令を送るステップとを必要とする。

次に、この方法は、シフトセレクトが前進ギアでない場合に、アクセル命令に比例し且つ安定限界内で、非自励走行用モータ／発電機に負トルク命令を送るステップを必要とする。

さらに、この方法では、非自励走行用モータ／発電機がスイッチドリラクタンス機であることが好ましい。

さらに、この方法では、内燃機関を始動する非自励発電機／モータが好ましくはスイッチドリラクタンス機であるハイブリッド電気車両を制御するステップが必要である。

オプションで、ハイブリッド電気車両の制御方法は、計算された回収可能なエネルギーとウルトラキャパシタのエネルギーとの合計が、ウルトラキャパシタバンクの最大許容エネルギー含量未満でない場合に、内燃機関をアイドル状態に設定し、発電機モードで動作している非自励発電機／モータからの電力生成をゼロに設定するステップと、内燃機関がアイドル状態であり、発電機モードで動作している非自励発電機／モータが電力を生成しない状態で、待機するステップと、回収可能なエネルギーとウルトラキャパシタのエネルギーとの合計を再計算し、再計算された合計が、ハイブリッド電気車両によるエネルギー消費に起因して、ウルトラキャパシタバンクの最大許容エネルギー含量未満であるか再判断するステップと、再計算された合計が、ウルトラキャパシタバンクの最大許容エネルギー含量未満でない場合に、内燃機関を停止するステップとを含む。

【0030】

さらに、ハイブリッド電気車両の制御方法は、計算された回収可能なエネルギーとウルトラキャパシタのエネルギーとの合計が、ウルトラキャパシタバンクの最大許容エネルギー含量未満でない場合に、内燃機関をアイドル状態に設定し、発電機モードで動作している非自励発電機／モータからの電力生成をゼロに設定するステップと、内燃機関がアイドル状態であり、発電機モードで動作している非自励発電機／モータが電力を生成しない状態で、待機するステップと、回収可能なエネルギーとウルトラキャパシタのエネルギーとの合計を再計算し、再計算された合計が、ハイブリッド電気車両によるエネルギー消費に

10

20

30

40

50

起因して、ウルトラキャパシタバンクの最大許容エネルギー含量未満であるか再判断するステップと、再計算された合計が、ウルトラキャパシタバンクの最大許容エネルギー含量未満でない場合に、内燃機関を停止するステップとが、小型デュアルインバータが動きを回避できるだけの十分に低い電力で動作するか、または非自励走行用モータ／発電機を対向するトルクで動作させることにより、ウルトラキャパシタバンクのエネルギーの一部を非自励走行用モータ／発電機の巻線に動きなしで放電するステップと組み合わせて実行される。

【0031】

さらに、ハイブリッド電気車両の制御方法は、オプションで、車両の低電圧DCバッテリーからの事前充電に依存せずに迅速な機関始動を実現できるように、内燃機関の停止前にウルトラキャパシタバンクを所定の最大充電状態まで駆動するステップを含む。

10

【0032】

重体な障害状態が発生した場合、または点検や保守を行う場合、エネルギー格納装置をすばやく放電して、作業者が危険な電圧に曝されないようにすることが必要である。

電子機械のエネルギーを放散する単純な方法は、単相のみをパルス化することである。

その相に関連する極に電磁界が揃い、ロータは機械的に動かずにその場に単純にとどまる。

エネルギーを相の間により適切に分散させるには、すべての相を同時に活性化（パルス化）する。

この場合、第1の相は前進の動きを生成しようとし、第2の相は後退の動きを生成しようとし、第3の相はロータの停止を維持しようとする。

20

相当量の電力が使用されるが、何も動かない。

これはモータとインバータにとって過酷な動作のように思われるが、ごく短時間である。

たとえば、ウルトラキャパシタバンクが1.2MJに満充電されていて、4つの走行用モータのそれぞれで2.5kWが放散される場合、ウルトラキャパシタバンクを放電するには、約1.2MJ / (4 × 2500ジュール秒) = 120秒 = 2分かかる可能性がある。

各モータは、連続定格45kW、効率95%で、通常は2.27kWを冷却ジャケットに放散する。

30

また、もう少し高速な放電が必要な場合、モータは1分間に3.25kWを放出すると定格される。

同じ態様で発電機を使用できる。

【0033】

非自励発電機、ウルトラキャパシタバンク、および双方向のDC-DCコンバータは、差動装置を備えた従来型の車軸を駆動する単一の走行用モータと共に使用できる。

走行用モータは、トルク、動力、および速度の要件を満たしている限り、どのような種類の電気機械でも技術的にかまわない。

走行用モータは、自励（IPMモータ等）でも非自励でもよく、またACでもDCでもよい。

40

走行用モータが発電機として動作するときは必ず、車両が既に動いている。

したがって、必要に応じて励起エネルギーを提供するための十分なエネルギーがシステムのどこかにある。

【0034】

非自励走行用モータが好ましい理由の1つは、定電力領域が非常に広く、したがって要求される性能仕様を満たす可能性が高いことである。

磁石を効果的な態様で利用するモータは、速度の増加に伴ってより多くの逆EMFを生成する。それにより、何らかの弱め界磁を使用している場合を除き、高い速度の達成が妨げられる。

永久磁石モータも好ましくない故障モードを備えており、ACI機やSR機よりも製造

50

および点検での取り扱いの柔軟性が低い。

【0035】

本発明の目的は、小型デュアルインバータを使用して、動きを回避できるだけの十分に低い電力で動作するか、または非自励走行用モータ／発電機を対向するトルクで動作させることにより、ウルトラキャパシタバンクのエネルギーの一部を非自励走行用モータ／発電機の巻線に動きなしで放電することである。

【0036】

本発明のさらなる目的は、モータモードで動作しているスイッチドリラクタンス非自励発電機／モータを双方向の電力インバータと組み合わせて使用して、電気エネルギーの主供給源をハイブリッド電気車両に提供することである。

10

【0037】

本発明のさらなる目的は、モータモードで動作している複数のACスイッチドリラクタンス非自励走行用モータ／発電機を使用して、ハイブリッド電気車両の車輪の推進力を提供することである。

【0038】

本発明のさらなる目的は、発電機モードで動作している複数のACスイッチドリラクタンス非自励走行用モータ／発電機を前車軸および後車軸の小型デュアルインバータと組み合わせて使用して、動いているハイブリッド電気車両に格納された運動エネルギーから電力を回生することである。

【0039】

本発明のさらなる目的は、内燃機関を始動するには電圧が低すぎるときに、DC-DCコンバータと組み合わされた低電圧DCバッテリーからエネルギーを受け取るウルトラキャパシタを提供することである。

20

【0040】

本発明のさらなる目的は、低電圧DCバッテリーの充電手段を提供することである。

【0041】

本発明のさらなる目的は、高電圧DCバスからの電圧をバッテリー電圧レベルに降圧するDC-DCコンバータを提供することである。

【0042】

本発明のさらなる目的は、高電圧DCバスの電圧を最小電圧レベルよりも高く制御することである。

30

【0043】

本発明のさらなる目的は、車両の回収可能なエネルギーを計算し、ウルトラキャパシタのエネルギーを計算し、それらを組み合わせた合計エネルギーをウルトラキャパシタの所望の容量未満に維持することにより回生エネルギーを格納する機能を備えたウルトラキャパシタバンクを提供することである。

【0044】

本発明のさらなる目的は、車両の回収可能なエネルギーを計算し、ウルトラキャパシタのエネルギーを計算し、モータモードで動作しているスイッチドリラクタンス非自励発電機／モータに起因するウルトラキャパシタのエネルギーの量を双方向の電力インバータとの組み合わせで制御することにより回生エネルギーを格納する機能を備えたウルトラキャパシタバンクを提供することである。

40

【0045】

本発明のさらなる目的は、モータモードで動作しているスイッチドリラクタンス非自励発電機／モータに起因するウルトラキャパシタ内のエネルギーの量を双方向の電力インバータとの組み合わせで制御することにより回生エネルギーを格納する機能を備えたウルトラキャパシタバンクを提供することである。

【0046】

本発明のさらなる目的は、高電圧バッテリーパックを用いずに、非自励発電機／モータをシステムの始動モータとして使用するための装置および方法を提供することである。

50

【0047】

本発明のさらなる目的は、高電圧バッテリーパックを用いずに、スイッチドリラクタンス非自励発電機／モータをシステムの始動モータとして使用するための装置および方法を提供することである。

【0048】

本発明のさらなる目的は、長時間にわたって停止および／または休止していた内燃機関や、過去に始動したことがない内燃機関であっても始動できる機能を備えたハイブリッド電気車両を提供することである。

【0049】

本発明のさらなる目的は、高効率なハイブリッド電気車両を提供することである。

10

【0050】

本発明のさらなる目的は、回収可能なエネルギーをウルトラキャパシタに格納し、内燃機関によるエネルギーを運動エネルギーの格納に十分な容量が提供されるように時間に応じて制御するウルトラキャパシタおよび電気車両制御システムを提供することである。

【0051】

本発明のさらなる目的は、車両の動作における過渡現象（車両の安定性、振動、速度、加速等）に適応するハイブリッド電気車両制御システムを提供することである。

【0052】

本発明のさらなる目的は、2つのインバータがコールドプレートと、DCリンクキャパシタバンクと、バスバーと、収容部と、高電圧コネクタおよび巻線と、低電圧電子部品の一部とを共有できるという点で相乗的利点を有する小型デュアルインバータを提供することである。

20

【0053】

本発明のこれらの目的およびさらなる目的は、添付の図面、本発明の説明、および特許請求の範囲を参照することで最もよく理解される。

【図面の簡単な説明】

【0054】

【図1A】ハイブリッド電気車両の概略図であり、特にハイブリッド電気車両を長期にわたり停止していた後に24ボルトのバッテリーでキャパシタを充電している状態を示す。

【図1B】ハイブリッド電気車両の概略図であり、特にキャパシタが十分に充電されていて、スイッチドリラクタンス非自励発電機／モータにエネルギーを供給して内燃機関を始動している状態を示す。

30

【図1C】ハイブリッド電気車両の概略図であり、特に内燃機関が発電機モードで動作しているスイッチドリラクタンス非自励発電機／モータに動力を供給して、ウルトラキャパシタバンクと、DC-DCコンバータと、24ボルトDCバッテリーとに電力を供給している状態を示す。

【図1D】ハイブリッド電気車両の概略図であり、特に内燃機関が発電機モードで動作しているスイッチドリラクタンス非自励発電機／モータに動力を供給し、そのスイッチドリラクタンス非自励発電機／モータが、ウルトラキャパシタバンクと、走行用モータに電力を供給するデュアルインバータと、低電圧DCバッテリーへの供給を行うDC-DCコンバータとに電力を供給している状態を示す。

40

【図1E】ハイブリッド電気車両の概略図であり、特に回生電力がウルトラキャパシタバンクと、DC-DCコンバータと、低電圧DCバッテリーとに供給されている状態を示す。

【図1F】ハイブリッド電気車両の概略図であり、特に回生電力がウルトラキャパシタバンクと、モータモードで動作しているスイッチドリラクタンス非自励発電機／モータとに供給されている状態を示す。

【図1G】ウルトラキャパシタバンクを含まず、低電圧DCバッテリーを使用して内燃機関を始動するハイブリッド電気車両の概略図。

【図1H】インバータがコールドプレートと、DCリンクキャパシタバンクと、バスバーと、収容部と、高電圧コネクタおよび巻線と、低電圧電子部品の一部とを共有できるとい

50

う点で相乗的利点を有する小型デュアルインバータの概略図。

【図 2】ハイブリッド電気車両の制御方法の概略図。

【図 2 A】ハイブリッド電気車両の制御方法の概略図。

【図 3】図 2 および図 2 A の制御方法を実装する電気回路図。

【図 4】ウルトラキャパシタ電圧とウルトラキャパシタ総格納エネルギーとの関係を示すグラフ。

【図 5】ウルトラキャパシタの使用可能エネルギーと充電時間との関係を示すグラフ。

【図 6】車両速度と、30, 000 kg の車両および 40, 000 kg の車両の運動エネルギーとの関係を示すグラフ。

【図 7】車両速度と、時間と、エネルギー回生の条件とを示すグラフ。

10

【図 8】ウルトラキャパシタの電圧と、さまざまな電力レベルの放電時間との関係を示す片対数グラフ。

【発明を実施するための形態】

【0055】

図 1 A は、ハイブリッド電気車両の概略図 100 A であり、特にハイブリッド電気車両を長期にわたり停止していた後に 24 ボルトのバッテリー 107 でウルトラキャパシタ 104 を充電している状態を示す。

図 1 A 乃至 1 H では同じ符号を多数使用しているが、これらの符号は同じ意味を持つ。

特定の符号に関連して一度説明した要素については、反復を避けるために、原則として以降の図面の符号との関連では説明しない。

20

符号 161 は、低電圧 DC バッテリー 107 から DC-DC コンバータ 106 を介してウルトラキャパシタバンク 104、双方向の電力インバータ 103、モータモードで動作しているスイッチドリラクタンス非自励発電機／モータ 102、および内燃機関 101 に至る経路 161 に沿ったエネルギーの流れを表す破線を示す。

DC-DC コンバータ 106 は、5 kW の電力を処理できる。

ウルトラキャパシタバンクが、ウルトラキャパシタ／高電圧 DC バス全体の電圧によって表される十分なエネルギーレベルまで充電された場合、スイッチドリラクタンス非自励発電機／モータ 102 をモータモードで動作させて、低電圧 DC バッテリーを過電流状態から保護することができる。

ウルトラキャパシタバンク 104 と高電圧 DC バスとは物理的に接続されているため、常に同じ電圧である。

30

モータモードで動作しているスイッチドリラクタンス非自励発電機／モータ 102 は、内燃機関 101 に機械的に連結されている。

符号 163 M は、モータモードで動作しているスイッチドリラクタンス発電機／モータ 102 によって内燃機関 101 のクランクシャフトに適用される回転エネルギーを示す概略矢印である。

【0056】

ここで使用する「ウルトラキャパシタバンク」104 という用語は、「ウルトラキャパシタ」または「ウルトラ・キャパシタ」と同じ意味である。

好ましい実施形態または実施例では、ウルトラキャパシタを直列に配列して 1200 ファラド (F) の静電容量を実現する。

40

ウルトラキャパシタバンクは、エネルギーが格納される許容動作範囲を備えていることが好ましい。

直列の静電容量は、加算されず、以下のように計算される。

【0057】

ウルトラキャパシタは、並列、直列、または並列と直列の組み合わせで使うことが考えられる。

さらに、静電容量は、1200～3000 F の範囲になり得ることが考えられる。

図 4 は、ウルトラキャパシタ電圧 401 とウルトラキャパシタ総格納エネルギー 402 との関係を示すグラフ 400 である。

50

図4では、650Fの静電容量を表す線403と、1200Fの静電容量を表す線404と、1500Fの静電容量を表す線405と、2000Fの静電容量を表す線406と、3000Fの静電容量を表す線407とが示されている。

符号408は、下方のウルトラキャパシタ動作電圧である500VDCを示し、符号409は、上方のウルトラキャパシタ動作電圧である800VDCを示す。

【0058】

引き続き図1Aを参照すると、スイッチドリラクタンス非自励発電機／モータ102が内燃機関101と共に示されている。

双方向の電力インバータが、高電圧DCバス105との間で電力を伝達する(103A)。

スイッチドリラクタンス発電機／モータ102がAC電力を生成し、双方向のインバータ103がAC電力をDC電力に、またDC電力をAC電力にそれぞれ変換する。

高電圧DCバス105は、ウルトラキャパシタバンク104と相互接続され(104A)、さらにDC-DCコンバータ106および小型デュアルインバータ108、109と相互接続されている。

【0059】

第1小型デュアルインバータ108は、ハイブリッド電気車両の前輪を駆動するためにモータモードで動作するACスイッチドリラクタンスモータ／発電機110、111を駆動する。

第1小型デュアルインバータ108は、発電機モードで動作するACスイッチドリラクタンスモータ／発電機110、111からエネルギーを受け取ることもできる。

符号110A、111Aは、ACスイッチドリラクタンスモータ／発電機110、111と第1小型デュアルインバータ108との間の双方向の電力またはエネルギーの流れを示す。

符号112A、113Aは、ACスイッチドリラクタンスモータ／発電機112、113と第2小型デュアルインバータ109との間の双方向の電力またはエネルギーの流れを示す。

【0060】

第2小型デュアルインバータ109は、ハイブリッド電気車両の後輪を駆動するためにモータモードで動作するACスイッチドリラクタンスモータ／発電機112、113を駆動する。

第2小型デュアルインバータ109は、発電機モードで動作するACスイッチドリラクタンスモータ／発電機112、113からエネルギーを受け取ることもできる。

【0061】

符号108Aは、高電圧DCバス105と第1小型デュアルインバータ108との間の双方向の相互接続を示す。

符号109Aは、高電圧DCバス105と第2小型デュアルインバータ109との間の双方向の相互接続を示す。

【0062】

図1Bは、ハイブリッド電気車両の概略図100Bであり、特にウルトラキャパシタバンク104が十分に充電されていて、スイッチドリラクタンス非自励発電機／モータ102にエネルギーを供給して内燃機関を始動している状態を示す。

符号162Mは、ウルトラキャパシタバンク104からAC-DCインバータ103へ、さらにはモータモードで動作しているスイッチドリラクタンス非自励発電機／モータ102へと至る電荷流を示すために使用されている。

符号163Mは、モータモードで動作しているスイッチドリラクタンス非自励発電機／モータ102によって内燃機関101のクランクシャフトに適用される回転エネルギーを示す概略矢印を表している。

【0063】

図1Cは、ハイブリッド電気車両の概略図100Cであり、特に内燃機関101が発電

10

20

30

40

50

機モードで動作しているスイッチドリラクタンス非自励発電機／モータ１０２に動力を供給して、ウルトラキャパシタバンク１０４と、ＤＣ－ＤＣコンバータ１０６と、２４ボルトＤＣバッテリー１０７とに電力を供給している状態を示す。

符号１６３Ｇは、内燃機関１０１のクランクシャフトによって発電機モードで動作しているスイッチドリラクタンス発電機／モータ１０２に供給される回転エネルギーを示す概略矢印である。

内燃機関１０１は、１０．８リッターのディーゼル機関等である。

発電機モードで動作しているスイッチドリラクタンス発電機／モータ１０２は、２２７ｋＷの機械等である。

符号１６２Ｇは、発電機モードで動作しているスイッチドリラクタンス非自励発電機／モータ１０２から、ＡＣ－ＤＣインバータ１０３、ウルトラキャパシタバンク１０４、ＤＣ－ＤＣコンバータ１０６、低電圧ＤＣバッテリー１０７、小型デュアルインバータ１０８、１０９、およびハイブリッド電気車両の車輪を駆動する非自励走行用モータ／発電機／歯車減速機１１０、１１１、１１２、１１３への電荷流を示す。

ハイブリッド電気車両の車輪を駆動する非自励走行用モータ／発電機／歯車減速機１１０、１１１、１１２、１１３は、６５ｋＷのスイッチドリラクタンスモータ等であり、図１Ｃに概略的に示されている。

図１Ｄは、ハイブリッド電気車両の概略図１００Ｄであり、特に内燃機関１０１が発電機モードで動作しているスイッチドリラクタンス非自励発電機／モータ１０２に動力を供給し、そのスイッチドリラクタンス非自励発電機／モータ１０２が、ウルトラキャパシタバンク１０４と、ＡＣ非自励走行用モータ／発電機／歯車減速機１１０、１１１、１１２、１１３に電力を供給する小型デュアルインバータ１０８、１０９と、低電圧ＤＣバッテリー１０７への供給を行うＤＣ－ＤＣコンバータ１０６とに電力を供給している状態を示す。

図１Ｄを参照すると、符号１６２Ｇは、ウルトラキャパシタおよび／または高電圧ＤＣバスから小型デュアルインバータ１０８、１０９へ、さらにハイブリッド車両の車輪を駆動する非自励走行用モータ／発電機／歯車減速機１１０、１１１、１１２、１１３へと至るエネルギーの流れを示している。

非自励走行用モータ／発電機／歯車減速機は、ハイブリッド車両の駆動車輪に取り付けられている。

走行用モータの高速且つ低トルクの動力を、車輪端部で低速且つ高トルクの動力に変換するために、歯車減速が使用される。

【００６４】

図１Ｈを参照すると、２つのインバータがコールドプレートと、ＤＣリンクキャパシタバンクと、バスバーと、収容部と、高電圧コネクタおよび巻線と、低電圧電子部品の一部とを共有できるという点で相乗的利点を有する小型デュアルインバータが示されている。

【００６５】

再び図１Ｄを参照すると、符号１６３Ｇは、内燃機関から機械的な回転エネルギーが流れ、スイッチドリラクタンス非自励発電機／モータ１０２により電氣的なＡＣ電力が生成され、双方向の電力インバータ１０３によりＤＣ電力に変換されることを示している。

ＤＣ電力は、ウルトラキャパシタバンク１０４に格納され、および／または車両によって使用される。

ＤＣ電力が車両によって使用される場合、小型デュアルインバータ１０８、１０９がＤＣ電力をＡＣ電力に変換してＡＣ非自励走行用モータ／発電機１１０、１１１、１１２、１１３を動作させ、車両に動力を提供する。

図１Ｄでは破線で示されていないが、ＤＣ－ＤＣコンバータを使用して高電圧ＤＣバスの高電圧を変換して低電圧ＤＣバッテリーを充電することもできる。

高電圧ＤＣバスとウルトラキャパシタバンクとは、５００～８００ＶＤＣの電圧に維持することが望ましい。

【００６６】

図 1 E は、ハイブリッド電気車両の概略図 1 0 0 E であり、特に回生電力がウルトラキャパシタバンク 1 0 4 と、D C - D C コンバータ 1 0 6 と、低電圧 D C バッテリ 1 0 7 とに供給されている状態を示す。

符号 1 6 2 R は、A C 非自励走行用モータ／発電機 1 1 0、1 1 1、1 1 2、1 1 3 からウルトラキャパシタへの電力の流れを表す破線を示す。

より詳細には、符号 1 6 2 R は、発電機モードで動作している A C 非自励走行用モータ／発電機 1 1 0、1 1 1、1 1 2、1 1 3 から D C - A C 小型デュアルインバータ 1 0 8、1 0 9、高電圧 D C バス 1 0 5、およびウルトラキャパシタバンク 1 0 4 へと至る電荷流を示す。

図 1 E に示すように、スイッチドリラクタンス非自励発電機／モータ 1 0 2 は、動作していても、アイドル状態でもよい。

【0 0 6 7】

図 1 E に示すように、回生エネルギーを格納するための余地をウルトラキャパシタバンク内に作り出す必要がある。

図 3 に示す電子制御装置が、ハイブリッド電気車両の動作を制御する。

図 3 は、図 2 および図 2 A の制御方法を実装する電気回路図である。

図 2 および図 2 A は、ハイブリッド電気車両の制御方法の概略図 2 0 0、2 0 0 A である。

図 2 を参照すると、符号 2 0 3 は、キーが「始動」位置にあるか、という判断を表している。

丸で囲まれた「A」は、ハイブリッド電気車両を動作させる工程を制御する制御装置 3 0 1 の入力および出力を表す終端である。

D C - D C コンバータは、4 つのポートを備えた装置である。

これらの回線のうち 2 つが 1 2 または 2 4 ボルト D C バッテリに並列で（常時）接続し、残りの 2 つが高電圧バスに（常時）接続する。

オルタネータと同様に、D C - D C コンバータは電流装置である。

車両制御ユニットからの命令に応答して、D C - D C コンバータは、一方の電圧源から電流を取得し、他方の電圧源に電流を提供する。

この例では、8 つのスイッチがある。

同時にオンにするスイッチは 4 つまでにする必要がある（さもないと障害が発生する）。

スタンバイモードでは、すべてのスイッチがオフになる。

走行用モータの制御は、システムのエネルギーまたは D C リンクの電圧を考慮することなく、走行または制動のための運転者の要求に厳密に応じて行われる。ただし、以下の例外がある。1) 関連するインバータは、何らかの最小電圧（たとえば、5 0 0 V）未満では動作できない。したがってそのような状況が生じると、モータが停止する。2) D C リンクの電圧が 9 0 0 ボルトを超えると、ウルトラキャパシタバンクと電力インバータとに障害が発生する。したがって回生エネルギーの伝達を何らかの上限電圧で停止しなければならない。

ハイブリッド制御装置は、発電機のインバータを制御して、以下になるように D C リンクバスに電流を提供する。1) D C リンクの電圧が、インバータの最小動作電圧よりも高く維持される。2) ウルトラキャパシタバンクの電圧が、車両に現在格納されているすべての運動エネルギーまたは位置エネルギーを回収するための十分な格納容量を維持することを条件に、可能な限り高く保たれる（安全域を含めて 9 0 0 V の限度未満）。これは、D C リンクの電圧が高いほど、システム電流は低くなり、したがって損失が減少し、システム効率が向上するからである。3) 内燃機関が停止する前にウルトラキャパシタバンクを満充電して、ウルトラキャパシタが長時間にわたって放電しても、内燃機関を再始動するための十分なエネルギーが維持されるようにする。

【0 0 6 8】

車両が走行していない場合、内燃機関を始動する必要がある。

制御装置は、ウルトラキャパシタバンクのエネルギー状態を問い合わせ、ウルトラキャパシタバンク104に内燃機関を始動するための十分なエネルギーがあるか判断する(205)。

ウルトラキャパシタバンク104に内燃機関を始動するための十分なエネルギーがない場合(205N)、ステップ210に進み、ウルトラキャパシタバンク104にエネルギーを転送(充電)して、好ましくは少なくとも200Vまで充電する。

符号211は、ウルトラキャパシタバンクへのエネルギーの伝達を示す線を示す。ウルトラキャパシタバンクでは、十分なエネルギーがあるかどうかの判断が再び行われる(205)。

より詳細には、ウルトラキャパシタバンクに機関を始動するための十分なエネルギーがある場合(205Y)、ステップ203に進み、キーを始動位置に配置する。

始動命令が行われると(203Y)、内燃機関に対して通信が行われて、内燃機関が稼働しているか判断される(204)。

内燃機関が稼働している場合(204Y)、計算を行って車両の回収可能なエネルギーを判断する(207)。

内燃機関が稼働していない場合(204N)、キーを再び始動位置に配置して、内燃機関101の始動を試みる。

【0069】

計算により車両の回生可能なエネルギーを判断し(207)、次のステップ208への通信を行うと(207A)、制御装置は回生可能エネルギーをウルトラキャパシタバンク内のエネルギーに加算して、その合計がウルトラキャパシタバンクの最大許容エネルギー量未満であるか判断する(208)。

ステップ208のエネルギー比較が必要な不等式を満たす場合、すなわち車両の回収可能エネルギー E_r とウルトラキャパシタバンクに現在格納されているエネルギー E_{uc} の合計が、ウルトラキャパシタバンクの最大許容エネルギー $E_{uc\ max}$ 未満である場合(208Y)、内燃機関101は最良の正味燃料消費率(Brake Specific Fuel Consumption: BSFC)に設定され、制御装置によって発電機102の発電電力が最大に設定される(214)。

【0070】

ステップ208のエネルギー比較が必要な不等式を満たさない場合、すなわち車両の回収可能エネルギー E_r とウルトラキャパシタバンクに現在格納されているエネルギー E_{uc} の合計が、ウルトラキャパシタバンクの最大許容エネルギー $E_{uc\ max}$ 未満でない場合(208N)、内燃機関101はアイドル状態に設定され、発電機モードで動作しているスイッチドリフト発電機/モータ102は発電電流がゼロに設定される。

次に、この状態が制御装置に伝えられ(216Y)、ハイブリッド電気車両がウルトラキャパシタ104に格納されているエネルギーを消散(消費/放散)する。

エネルギー消散の待ち時間が開始される(217)。

待ち時間が経過し(217Y)、十分なエネルギーが消散していなければ、内燃機関を停止する(218)。

待ち時間の間、制御装置はデータを定期的に確認(サンプリング)し、エネルギー比較ステップ208を実行する。

【0071】

制御装置によって内燃機関101が最良の正味燃料消費率に設定され、発電機102が最大出力に設定されると(214)、図2Aに示すように、制御装置がその条件を次のステップに伝え(215)、制動命令が存在するか判断する(221)。

制動命令は、車両の運転手がハイブリッド電気車両の制動ペダルを踏んでいるときに存在する。

制動命令が存在する場合(221Y)、次のステップ227に進み、発電機モードで動作している走行用モータ/発電機110、111、112、113にDC-AC小型デュアルインバータ108、109を介して負トルク命令を送る。

10

20

30

40

50

【0072】

制動命令が存在しない場合（221N）、次のステップ222に進み、DCリンクの電圧がDCリンクの最小電圧よりも大きい判断する。

このDCリンクは、高電圧バス105である。

DCリンクの電圧がDCリンクの最小電圧よりも大きくない場合（222N）、その状態を通知して次のステップ228に進み、アクセル信号に比例し且つ安定限界内で、車輪を駆動する走行用モータ／発電機110、111、112、113にゼロトルク命令を送る。

DCリンクの電圧は、高電圧DCバスの電圧と同じものである。

【0073】

DCリンクの電圧がDCリンクの最小電圧よりも大きい場合（222Y）、次のステップ223に進み、電子制御装置からアクセル命令を読み取る。

次に、シフトセレクトを読み取り、車両の速度がセレクト位置の最大速度未満であるか判断する（225）。

車両の速度がセレクト位置の最大速度未満でない場合（225N）、ステップ228に進み、車輪を駆動する走行用モータ／発電機110、111、112、113にゼロトルク命令を送る。

【0074】

車両の速度がセレクト位置の最大速度未満である場合（225Y）、次のステップ226に進み、ハイブリッド電気車両が前進ギアであるか判断する（226）。

車両が前進ギアでない場合（226N）、次のステップ230に進み、アクセル信号に比例し且つ安定限界内で、車輪を駆動する走行用モータ／発電機110、111、112、113に負トルク命令を送って車両を後方（後ろ向き）に駆動する。

車両が前進ギアである場合（226Y）、次のステップ229に進み、アクセル信号に比例し且つ安定限界内で、車輪を駆動する走行用モータ／発電機110、111、112、113に正トルク命令を送って車両を前方に駆動する。

【0075】

図1Fは、ハイブリッド電気車両の概略図100Fであり、特に回生電力162Rがウルトラキャパシタバンク104と、モータモードで動作しているスイッチドリラクタンス非自励発電機／モータ102とに供給されている状態を示す。

符号162Mは、ウルトラキャパシタバンク104からDC-AC電力インバータ103へ、さらにはモータモードで動作しているスイッチドリラクタンス非自励発電機／モータ102へと至る電荷流を示す。

符号163Mは、モータモードで動作しているスイッチドリラクタンス発電機／モータ102によって内燃機関101のクランクシャフトに適用される回転エネルギーを示す概略矢印である。

【0076】

図1Fはまた、スイッチ190Sによる相互接続190Aで高電圧DCバス105に接続するレジスタバンク190を概略的に示している。

レジスタバンク190は、過剰なエネルギーの放散を支援するためにオプションで含まれる。

さらに、レジスタバンク190は、ハイブリッド電気車両の制御と安定した動作とを支援する。

また図1Fは、エネルギーの回収に貢献し得る油圧システム等の補機180も示している。

双方向の補機インバータ185は、DC電力からAC電力へ、およびAC電力からDC電力への変換を可能にする。

図1Fは、電気通信回線180A、185Aも示している。

【0077】

図1Gは、ウルトラキャパシタバンクを含まず、低電圧DCバッテリー107を使用して

10

20

30

40

50

内燃機関 101 を始動するハイブリッド電気車両の概略図 100G である。

符号 171 は、内燃機関 101 を機械的に駆動および始動するモータモードで動作しているスイッチドリラクタンス非自励発電機／モータ 102 を駆動するために、低電圧 DC バッテリ 107 から DC-DC コンバータ 106 を介し、高電圧 DC バス 105 を通って、DC 電力を AC 電力に変換する電力インバータ 103 へと至るエネルギーの流れを表す破線である。

符号 173 は、始動用の機械的な連結によって内燃機関 101 に供給されるエネルギーを示す概略矢印である。

【0078】

図 1H は、2つのインバータがコールドプレートと、DC リンクキャパシタバンクと、バスバーと、収容部と、高電圧コネクタおよび巻線と、低電圧電子部品の一部とを共有できるといって相乗的利点を有する小型デュアルインバータの概略図である。

共有により、小型で効率的なパッケージングが実現する。

【0079】

ハイブリッド制御装置の唯一の物理 I/O は、一対のデータリンクである。

すべての制御は、これらのリンクを通じて実行される。

あらゆる種類の制御接続がデータフロー制御図に表示され得るが、これらの制御接続はすべてデータリンク上に存在する。

【0080】

図 3 を参照すると、図示されている電子制御装置 301 がハイブリッド電気車両の動作を制御する。

図 3 は、図 2 および図 2A の制御方法を実装する電気回路図 300 である。

図 3 は、電流源であるスイッチドリラクタンス非自励発電機／モータ 102 を示している。

また図 3 は、電流源であるスイッチドリラクタンス非自励走行用モータ／発電機 110、111、112、113 を示している。

負荷 320 が図 3 に示されており、車両を推進するために、またバケットで負荷を持ち上げるために必要な力を表している。

ハイブリッドデータリンクからの入力 310 と、車両データリンクからの入力 311 とが図 3 に示されている。

【0081】

さまざまなアルゴリズムを制御装置 301 で採用できる。

さらに、回生によって利用可能になるエネルギーが制御装置によって継続的に監視および計算される。それにより、非自励発電機／モータ 102 からのエネルギー出力の量を減らすことができる。

制御装置 301 は、非自励発電機／モータ 102 を制御する出力 r1 を含む。

制御装置 301 は、複数の AC 非自励走行用モータ／発電機 110、111、112、113 を制御する出力 r2 を含む。

さらに、回生によって利用可能になるエネルギーが制御装置によって継続的に監視および計算される。それにより、非自励発電機／モータ 102 からのエネルギー出力の量を、制御信号出力 r1 に応じて減らすことができる。

言い換えると、制御装置の出力、すなわち出力 r1 および出力 r2 は、ハイブリッド電気車両の状況に基づいて継続的に変更され得る動的な出力である。

たとえば、車両が動いていて、バケットで持ち上げられた負荷を運んでいる場合、車両は該車両の速度による運動エネルギーを持ち、また持ち上げられた負荷による位置エネルギーを持つ。

運動エネルギーと位置エネルギーとを格納するための空き領域をウルトラキャパシタ内に作ることができる。このとき、制御装置 301 は、車両からの運動エネルギーおよび位置エネルギーの回収を予測して、発電機モードで動作しているスイッチドリラクタンス非自励発電機／モータ 102 の出力を減らす。

10

20

30

40

50

【0082】

さらに図3を参照すると、車両が長時間停止しているか、または車両が新しい場合、低電圧DCバッテリー107およびDC-DCコンバータ106は、ウルトラキャパシタ104を充電して、スイッチドリフトタンス非自励発電機／モータ102を使用して車両を始動できるようにする。

使用する低電圧DCバッテリーは、ウルトラキャパシタが格納できるエネルギーの約6倍のエネルギーを格納できる。

たとえば、図4を参照すると、符号409は、1200ファラドのキャパシタに800VDCで約1.2MJを格納できることを示している。

3000ファラドのキャパシタを800VDCで使用した場合は、約2.8MJを格納できる。

2つの好ましい低電圧DCバッテリー107では、24VDCで約7MJを格納できる。

【0083】

図5は、ウルトラキャパシタの使用可能エネルギー501と、充電速度5kWの場合の充電時間502との関係を示すグラフ500である。

符号504は、1200ファラドのキャパシタストリングの充電時間を示している。

詳細には、0.2MJの使用可能エネルギーが約120秒でウルトラキャパシタ104に格納される。このエネルギー量は、冷えた状態の内燃機関を始動するのに十分以上である。

冷えた状態の内燃機関を始動するには、200kJの使用可能エネルギーが必要である。

符号503は650ファラドのキャパシタストリングの充電時間、符号505は1500ファラドのキャパシタストリングの充電時間、符号506は2000ファラドのキャパシタストリングの充電時間、符号507は3000ファラドのキャパシタストリングの充電時間をそれぞれ示している。

【0084】

図6は、km/h単位の車両速度601と、30,000kgの車両および40,000kgの車両の運動エネルギー602との関係を示すグラフ600である。

符号603は30,000kgの車両のプロット、符号604は40,000kgの車両のプロットをそれぞれ示している。

符号605は、運動エネルギーの格納限度が700kJであることを示している。これは、図4に示すように、キャパシタの総格納エネルギーの大きな部分を占める。

【0085】

図7は、車両速度702と、動作時間701と、エネルギー回生の条件とを示すグラフ700である。

符号713、714、715、716は、エネルギーが回生される時間を表す。

詳細には、符号703は、4秒間を表す。

この4秒間で、車両は加速して12km/hに達する。

次に、符号704は、車両が12km/hから0km/hまで減速する2秒間を表す。

この2秒間で、車両が12.0km/hから0.0km/hまで減速するときにエネルギーが回生される(716)。

エネルギーの回生は、車輪がAC非自励走行用モータ／発電機110、111、112、113を発電機モードで駆動したときに生じる。

ここに示すものとは異なる種類の走行用モータ／発電機を使用することもできる。

【0086】

次に、符号705は、急速な加速に続く速度ゼロの3秒間を示している。

符号706は、4秒間を表す。

この4秒間で、車両は後退方向で10km/hまで加速する。

1秒間で10km/hに達した後、車両は10km/hを3秒間保つ。

次に、符号707の2秒間で、車両は10km/hから0km/hに減速する。

この 2 秒間で、車両が 10 km/h から 0 km/h に減速するときにエネルギーが回生される (713)。

次に、符号 708 の 4 秒間がある。そのうちの 2 秒は、12 km/h まで加速する時間である。

12 km/h に達した後、車両は 12 km/h を 2 秒間維持する。

符号 709 は、車両が 12 km/h から 0 km/h まで減速する 2 秒間である。

この 2 秒間で、車両が 12.0 km/h から 0.0 km/h まで減速するときにエネルギーが回生される (714)。

【0087】

車両は停止した後、停止状態を 2 秒間維持する (710)。

次に、車両は後退方向に 0.5 秒間急加速して 10 km/h に達する。

符号 710 は、車両が動いていないときの 2 秒間を表す。

符号 711 は、車両が後退方向で 10 km/h の速度で動いている 4 秒間である。

その後、次の 2 秒間 712 で車両は 10 km/h から 0 km/h まで減速し、エネルギーが回収/回生される (715)。

【0088】

図 8 は、ウルトラキャパシタの電圧 813 と、さまざまな電力レベルの放電時間 812 との関係を示す片対数グラフ 800 である。

符号 801 は最大安全電圧を表し、符号 802 はウルトラキャパシタが動作できる最小正常動作電圧である。

符号 803 は 1 kW での 800 VDC からの放電時間、符号 804 は 2 kW での 800 VDC からの放電時間、符号 805 は 4 kW での 800 VDC からの放電時間、符号 806 は 8 kW での 800 VDC からの放電時間、符号 807 は 16 kW での 800 VDC からの放電時間、符号 808 は 33 kW での 800 VDC からの放電時間、符号 809 は 65 kW での 800 VDC からの放電時間、符号 810 は 130 kW での 800 VDC からの放電時間、符号 811 は 260 kW での 800 VDC からの放電時間をそれぞれ示す。

【0089】

当業者は、本発明が例を用いて説明されたに過ぎないこと、および請求項の精神および範囲から逸脱することなく本発明に変更を加えられることを認識するであろう。

【符号の説明】

【0090】

100A ハイブリッド電気車両の概略図であり、特にハイブリッド電気車両を長期にわたり停止していた後に 24 ボルトのバッテリーでキャパシタを充電している状態を示す

100B ハイブリッド電気車両の概略図であり、特にキャパシタが十分に充電されていて、スイッチドリラクタンス非自励発電機/モータにエネルギーを供給して内燃機関を始動している状態を示す

100C ハイブリッド電気車両の概略図であり、特に内燃機関が発電機モードで動作しているスイッチドリラクタンス非自励発電機/モータに動力を供給して、ウルトラキャパシタバンクと、DC-DC コンバータと、24 ボルト DC バッテリーとに電力を供給している状態を示す

100D ハイブリッド電気車両の概略図であり、特に内燃機関が発電機モードで動作しているスイッチドリラクタンス非自励発電機/モータに動力を供給し、そのスイッチドリラクタンス非自励発電機/モータが、ウルトラキャパシタバンクと、走行用モータ/発電機に電力を供給するデュアルインバータと、低電圧 DC バッテリーへの供給を行う DC-DC コンバータとに電力を供給している状態を示す

100E ハイブリッド電気車両の概略図であり、特に回生電力がウルトラキャパシタバンクと、DC-DC コンバータと、低電圧 DC バッテリーとに供給されている状態を示す

100F ハイブリッド電気車両の概略図であり、特に回生電力がウルトラキャパシタバンクと、モータモードで動作しているスイッチドリラクタンス非自励発電機/モータとに供給されている状態を示す

- 100G ウルトラキャパシタバンクを含まず、低電圧DCバッテリーを使用して内燃機関を始動するハイブリッド電気車両の概略図
- 100H 2つのインバータがコールドプレートと、DCリンクキャパシタバンクと、バスバーと、収容部と、高電圧コネクタおよび巻線と、低電圧電子部品の一部とを共有できるという点で相乗的利点を有する小型デュアルインバータの概略図
- 101 内燃機関
- 101A スイッチドリラクタンス発電機／モータ102と内燃機関101との間の電気通信
- 102 スイッチドリラクタンス非自励発電機／モータ
- 103 インバータ、発電機モードではACからDC、モータモードではDCからAC
- 103A スイッチドリラクタンス非自励発電機／モータとAC-DCインバータとの間の電気通信
- 104 ウルトラキャパシタバンク
- 104A ウルトラキャパシタバンク104と高電圧DCバスとの間の電気通信
- 105 高電圧DCバス
- 106 車両の低電圧DCバッテリーと高電圧DCバスとの間に介在する5kWのDC-DCコンバータ
- 106A 車両の低電圧DCバッテリーとDC-DCコンバータとの間の電気通信
- 107 車両の低電圧DCバッテリー、好ましくは24ボルトのバッテリー
- 108 ハイブリッド車両の前輪を駆動する2つのACモータ／発電機／歯車減速機110、111を駆動するDC-AC小型デュアルインバータ
- 109 ハイブリッド車両の後輪を駆動する2つのACモータ／発電機／歯車減速機112、113を駆動するDC-AC小型デュアルインバータ
- 108A 高電圧DCバス105と小型デュアルインバータ108との間の電気通信
- 109A 高電圧DCバス105と小型デュアルインバータ109との間の電気通信
- 110、111、112、113 ハイブリッド車両の車輪を駆動するスイッチドリラクタンス非自励モータ／発電機／歯車減速機
- 110A DC-AC小型デュアルインバータ108と走行用モータ／発電機110との間の電気通信
- 111A DC-AC小型デュアルインバータ108と走行用モータ／発電機111との間の電気通信
- 112A DC-AC小型デュアルインバータ109と走行用モータ／発電機112との間の電気通信
- 113A DC-AC小型デュアルインバータ109と走行用モータ／発電機113との間の電気通信
- 161 低電圧DCバッテリー107からDC-DCコンバータ106へ、さらにはウルトラキャパシタバンク104へと至る電荷流
- 162G 発電機モードで動作しているスイッチドリラクタンス非自励発電機／モータから、AC-DCインバータ103、ウルトラキャパシタバンク104、DC-DCコンバータ106、低電圧DCバッテリー107、小型デュアルインバータ108、109、およびハイブリッド車両の車輪を駆動するAC走行用モータ／発電機／歯車減速機110、111、112、113へと至る電荷流
- 162M ウルトラキャパシタバンク104からAC-DCインバータ103へ、さらにはモータモードで動作しているスイッチドリラクタンス非自励発電機／モータ102へと至る電荷流
- 162R 発電機モードで動作しているスイッチドリラクタンス非自励モータ／発電機110、111、112、113からDC-AC小型デュアルインバータ108、109、高電圧DCバス105、およびウルトラキャパシタバンク104へと至る電荷流
- 163G 内燃機関101のクランクシャフトによって発電機モードで動作しているスイッチドリラクタンス発電機／モータに供給される回転エネルギーを示す概略矢印

- 163M モータモードで動作しているスイッチドリラクタンス非自励発電機／モータによって内燃機関101のクランクシャフトに適用される回転エネルギーを示す概略矢印
- 171 内燃機関を機械的に駆動および始動するモータモードで動作しているスイッチドリラクタンス非自励発電機／モータを駆動するために、低電圧DCバッテリーからDC-DCコンバータを介し、高電圧DCバスを通して、DC電力をAC電力に変換する電力インバータへと至るエネルギーの流れを表す破線
- 173 内燃機関101に供給されるエネルギーを示す概略矢印
- 180A 補機との電気通信
- 180 補機
- 185 補機インバータ 10
- 185A 補機インバータとの電気通信
- 190 レジスタバンク
- 190A 高電圧DCバスとレジスタバンク190との間の電気通信回線
- 190S 電気通信回線190Aに介在するスイッチ
- 200、200A ハイブリッド電気車両の制御方法の概略図
- 203 キーが「始動」位置にあるか？
- 203Y キーが「始動」位置にある
- 204 内燃機関が稼働しているか？
- 204N 機関が稼働していない
- 204Y 機関が稼働している 20
- 205 機関を始動するための十分なエネルギーがウルトラキャパシタバンクにあるか？
- 205N 機関を始動するための十分なエネルギーがウルトラキャパシタバンクにない場合、ステップ210に進み、エネルギー（電荷）をウルトラキャパシタに転送して、好ましくは少なくとも200VDCまで充電する
- 205Y 機関を始動するための十分なエネルギーがウルトラキャパシタバンクにある場合、ステップ203に進み、キーを始動位置に配置する
- 207 機械の速度と、機械の動作状態とに基づいて、回収可能なエネルギー E_r を計算する
- 207A 計算された回収可能なエネルギーの量を次のステップ208に伝える
- 208 回収可能なエネルギーとウルトラキャパシタバンクのエネルギーの合計が、ウルトラキャパシタバンクに格納される最大許容エネルギー未満か（ $E_r + E_c < E_{uc\ max}$ ）？ 30
- 208N 回収可能なエネルギーとウルトラキャパシタバンクのエネルギーの合計が、ウルトラキャパシタバンクに格納される最大許容エネルギー未満でない場合、つまり、 $E_r + E_c < E_{uc\ max}$ の関係が成り立たない場合、次のステップ216に進み、内燃機関をアイドル状態に設定する
- 208Y 回収可能なエネルギーとウルトラキャパシタバンクのエネルギーの合計が、ウルトラキャパシタバンクに格納される最大許容エネルギー未満である場合、つまり、 $E_r + E_c < E_{uc\ max}$ の関係が成り立つ場合、次のステップ214に進み、機関の速度を最良の正味燃料消費率に設定し、発電機モードで動作しているスイッチドリラクタンス非自励発電機／モータ102からの発電電力を最大に設定する 40
- 210 DC-DCコンバータ106を使用して、ウルトラキャパシタが200VDCまで充電されるように、低電圧DCバッテリーからウルトラキャパシタにエネルギーを徐々に転送する
- 211 ウルトラキャパシタバンクへのエネルギーの伝達を示す線
- 214 機関を最良の正味燃料消費率（BSFC）速度に設定し、発電機モードで動作しているスイッチドリラクタンス非自励発電機／モータからの発電電力を最大に設定する
- 215 次のステップ221「制動命令が存在するか？」への通信回線
- 216 回収可能なエネルギーとウルトラキャパシタバンクのエネルギーの合計が、ウルトラキャパシタバンクに格納される最大許容エネルギー未満でない場合、内燃機関をアイ 50

ドル状態に設定し、発電機モードで動作しているスイッチドリラクタンス発電機／モータの発電電流をゼロに設定する

2 1 6 A 内燃機関がアイドル状態に設定され、発電機モードで動作しているスイッチドリラクタンス発電機／モータの発電電流がゼロであることを合図する通信回線

2 1 7 待ち時間が経過したか、つまり、待ち時間後に $E_r + E_{uc} < E_{uc_max}$ の関係が満たされていないか？

2 1 7 Y 待ち時間が経過した。ステップ 2 1 8 に進み、内燃機関を停止する

2 1 8 燃料を止めて機関を停止する

2 2 1 制動命令が存在するか？

2 2 1 N 制動命令が存在しない場合、次のステップ 2 2 2 に進み、DC リンクの電圧が DC リンクの最小電圧より大きい判断する 10

2 2 1 Y 制動命令が存在する場合、次のステップ 2 2 7 に進み、発電機モードで動作しているスイッチドリラクタンス非自励モータ／発電機 1 1 0、1 1 1、1 1 2、1 1 3 に DC-AC 小型デュアルインバータ 1 0 8、1 0 9 を介して負トルク命令を送る

2 2 2 DC リンクの電圧 > DC リンクの最小電圧？

2 2 2 N DC リンクの電圧が DC リンクの最小電圧より大きくない場合、次のステップ 2 2 8 に進み、車輪を駆動するスイッチドリラクタンスモータ／発電機 1 1 0、1 1 1、1 1 2、1 1 3 に、アクセル信号に比例し且つ安定限界内で、ゼロトルク命令を送る

2 2 2 Y DC リンクの電圧が DC リンクの最小電圧より大きい場合、次のステップ 2 2 3 に進み、電子制御装置からアクセル命令を読み取る 20

2 2 3 電子制御装置からアクセル命令を読み取る

2 2 5 車両の速度がセレクト位置の最大速度未満か？

2 2 5 N 車両の速度がセレクト位置の最大速度未満でない場合、次のステップ 2 2 8 に進み、車輪を駆動するスイッチドリラクタンスモータ／発電機 1 1 0、1 1 1、1 1 2、1 1 3 にゼロトルク命令を送る

2 2 5 Y 車両の速度がセレクト位置の最大速度未満である場合、次のステップ 2 2 6 に進み、前進ギアであるか判断する

2 2 6 車両が前進ギアか？

2 2 6 N 車両が前進ギアでない場合、次のステップに進み、アクセス信号に比例し且つ安定限界内で、車輪を駆動するスイッチドリラクタンスモータ／発電機 1 1 0、1 1 1、1 1 2、1 1 3 に負トルク命令を送って車両を後方に駆動する 30

2 2 6 Y 車両が前進ギアの場合、次のステップ 2 2 9 に進み、アクセス信号に比例し且つ安定限界内で、車輪を駆動するスイッチドリラクタンスモータ／発電機 1 1 0、1 1 1、1 1 2、1 1 3 に正トルク命令を送って車両を前方に駆動する

2 2 7 車輪を駆動するスイッチドリラクタンスモータ／発電機 1 1 0、1 1 1、1 1 2、1 1 3 に、制動命令 2 2 5 Y に比例し且つ安定限界内で、負トルク命令を送る

2 2 8 車輪を駆動するスイッチドリラクタンスモータ／発電機 1 1 0、1 1 1、1 1 2、1 1 3 にゼロトルク命令を送る

2 2 9 車輪を駆動するスイッチドリラクタンスモータ／発電機 1 1 0、1 1 1、1 1 2、1 1 3 に正トルク命令を送る 40

2 3 0 車両の車輪を駆動するスイッチドリラクタンスモータ／発電機 1 1 0、1 1 1、1 1 2、1 1 3 に、アクセス信号に比例し且つ安定限界内で、負トルク命令を送る

3 0 0 図 2 および図 2 A の制御方法を実装する電気回路図

3 0 1 制御装置

3 1 0 ハイブリッドデータリンクからの入力

3 1 1 車両データリンクからの入力

4 0 0 ウルトラキャパシタ電圧とウルトラキャパシタ総格納エネルギーとの関係を示すグラフ

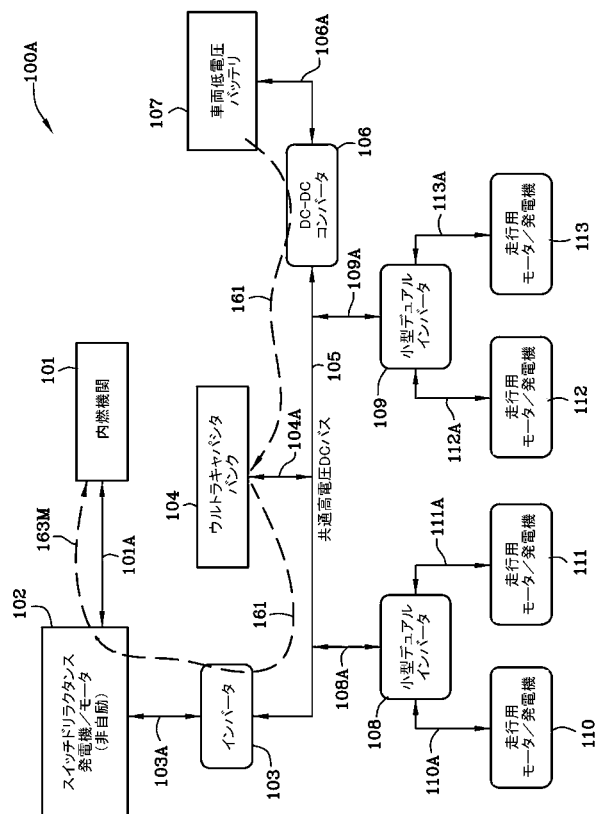
4 0 1 ウルトラキャパシタ電圧

4 0 2 ウルトラキャパシタ総格納エネルギー (MJ) 50

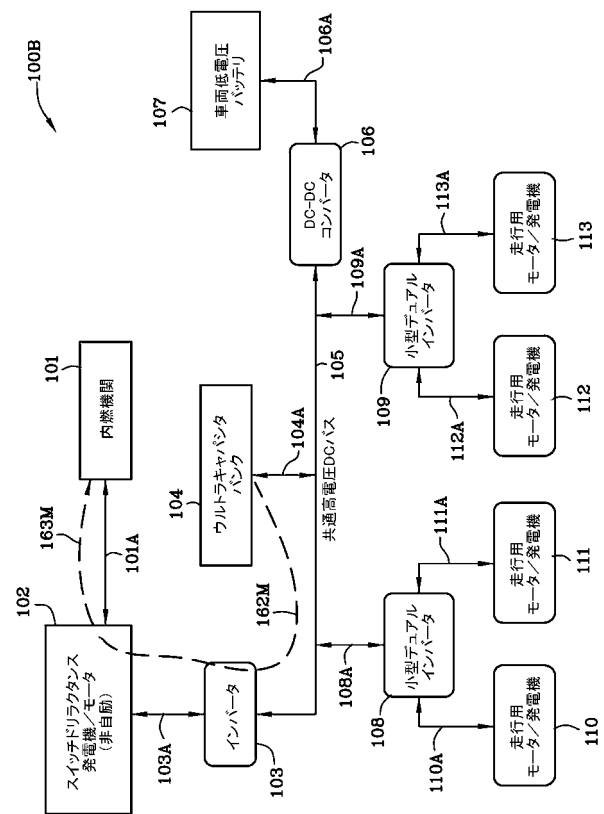
4 0 3	6 5 0 ファラドのキャパシタストリング	
4 0 4	1 2 0 0 ファラドのキャパシタストリング	
4 0 5	1 5 0 0 ファラドのキャパシタストリング	
4 0 6	2 0 0 0 ファラドのキャパシタストリング	
4 0 7	3 0 0 0 ファラドのキャパシタストリング	
4 0 8	5 0 0 ボルトの横座標マーク	
4 0 9	8 0 0 ボルトの横座標マーク	
5 0 0	ウルトラキャパシタの使用可能エネルギーと充電時間との関係を示すグラフ	
5 0 1	利用可能なエネルギーバンク	
5 0 2	5 K Wでの充電時間	10
5 0 3	6 5 0 ファラドのキャパシタストリング	
5 0 4	1 2 0 0 ファラドのキャパシタストリング	
5 0 5	1 5 0 0 ファラドのキャパシタストリング	
5 0 6	2 0 0 0 ファラドのキャパシタストリング	
5 0 7	3 0 0 0 ファラドのキャパシタストリング	
6 0 0	車両速度と、3 0, 0 0 0 k gの車両および4 0, 0 0 0 k gの車両の運動エネルギーとの関係を示すグラフ	
6 0 1	k m / h 単位の車両速度	
6 0 2	k J 単位の運動エネルギー	
6 0 3	負荷を含まない3 0, 0 0 0 k gの車両	20
6 0 4	負荷を含む4 0, 0 0 0 k gの車両	
6 0 5	エネルギー格納限度、7 0 0 V D C	
7 0 0	車両速度と、時間と、エネルギー回生の条件とを示すグラフ	
7 0 1	時間	
7 0 1	車両速度 k m / h	
7 0 3	車両が加速し1 2 k m / hに達する4 秒間	
7 0 4	車両が1 2 k m / hから0 k m / hに減速する2 秒間	
7 0 5	3 秒間	
7 0 6	車両が後退方向に加速する4 秒間	
7 0 7	車両が-1 0 k m / hから0 k m / hに減速する2 秒間	30
7 0 8	車両が加速し1 2 k m / hに達する4 秒間	
7 0 9	車両が1 2 k m / hから0 k m / hに減速する2 秒間	
7 1 0	2 秒間	
7 1 1	車両が後退方向で加速する4 秒間	
7 1 2	車両が-1 0 k m / hから0 k m / hに減速する2 秒間	
7 1 3、7 1 4、7 1 5、7 1 6	エネルギーの回生を表す領域	
8 0 0	ウルトラキャパシタの電圧と、さまざまな電力レベルの放電時間との関係を示す片対数グラフ	
8 0 1	最大安全電圧	
8 0 2	最小正常動作電圧	40
8 0 3	1 k W	
8 0 4	2 k W	
8 0 5	4 k W	
8 0 6	8 k W	
8 0 7	1 6 k W	
8 0 8	3 3 k W	
8 0 9	6 5 k W	
8 1 0	1 3 0 k W	
8 1 1	2 6 0 k W	
8 1 2	時間、秒	50

8 1 3 電圧、D C

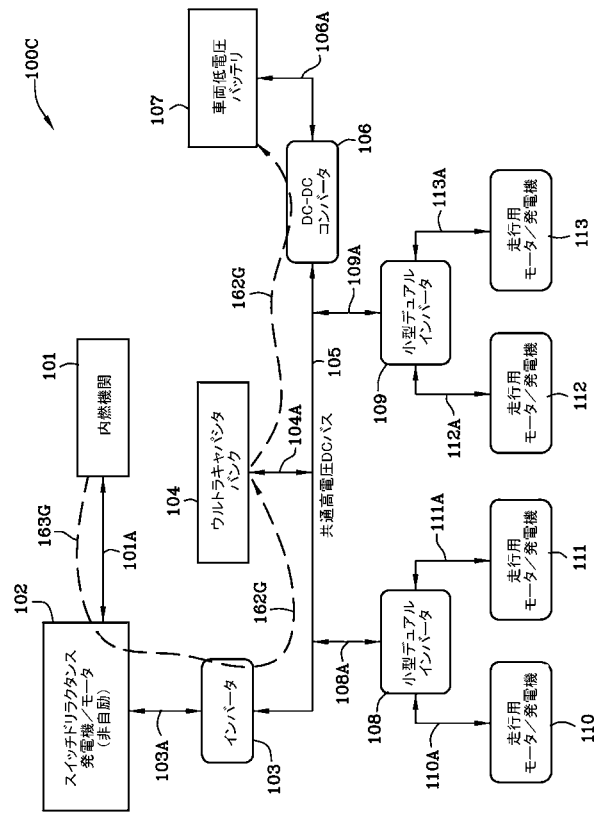
【図 1 A】



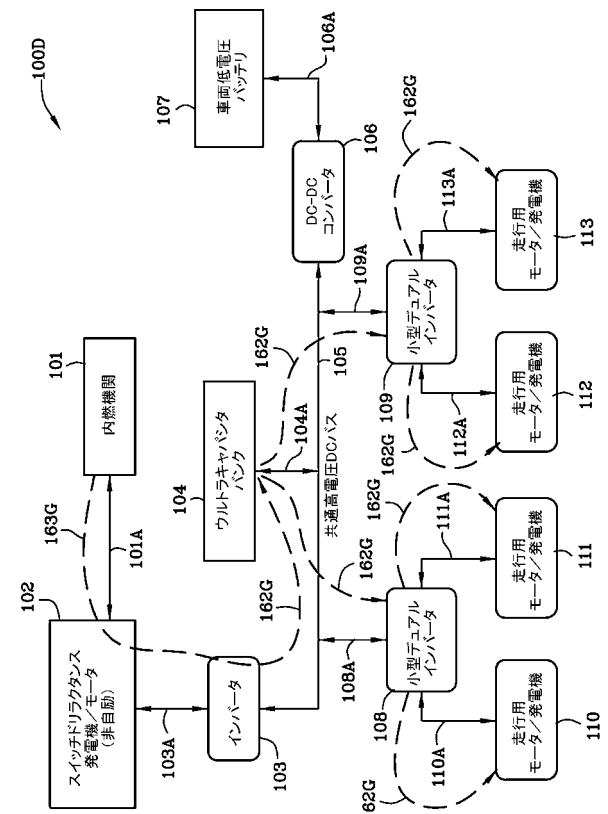
【図 1 B】



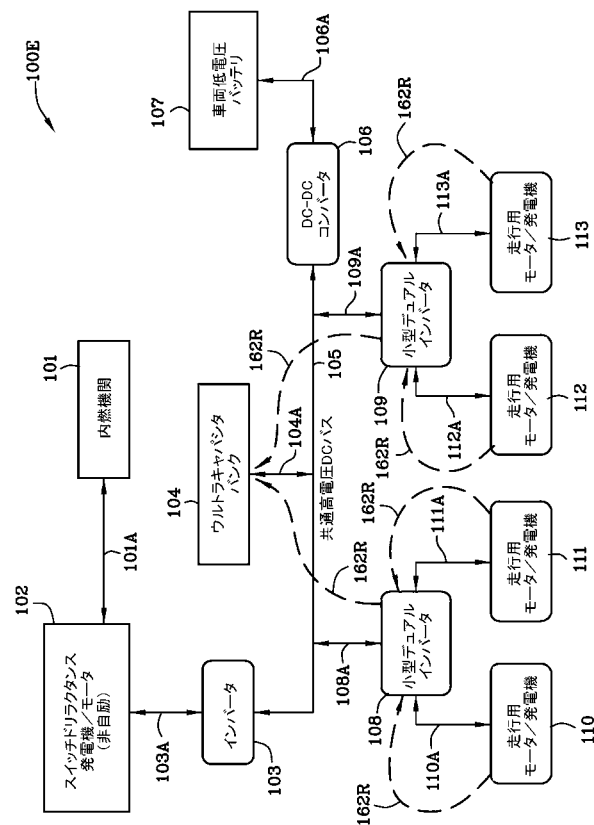
【図 1 C】



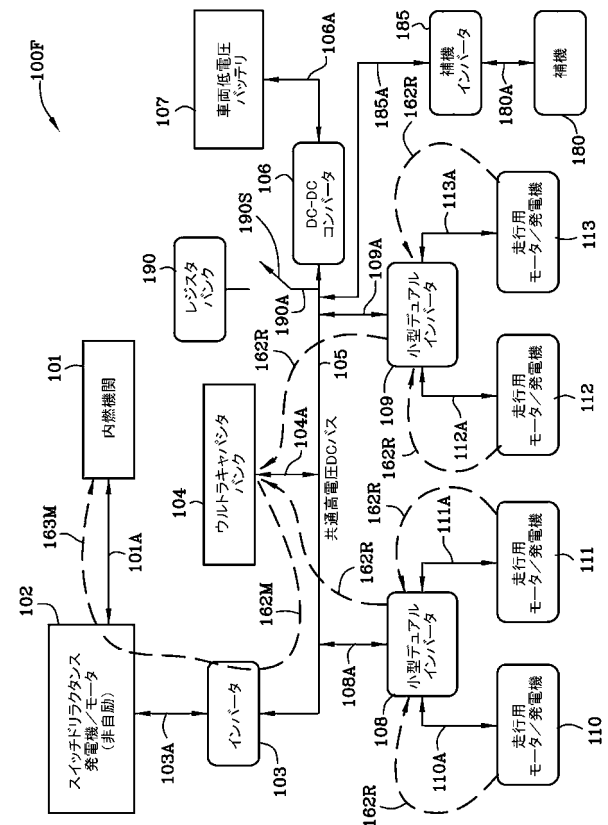
【図 1 D】



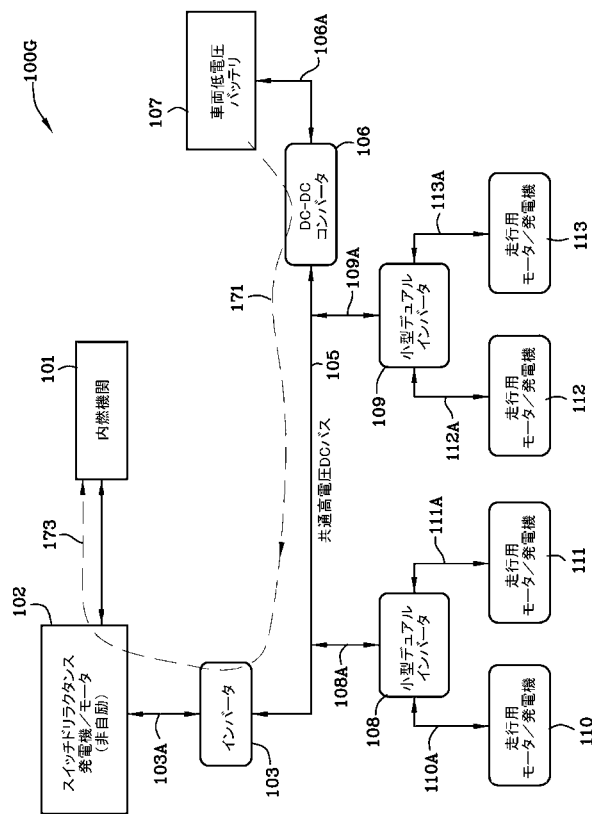
【図 1 E】



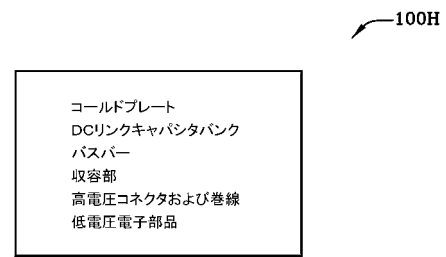
【図 1 F】



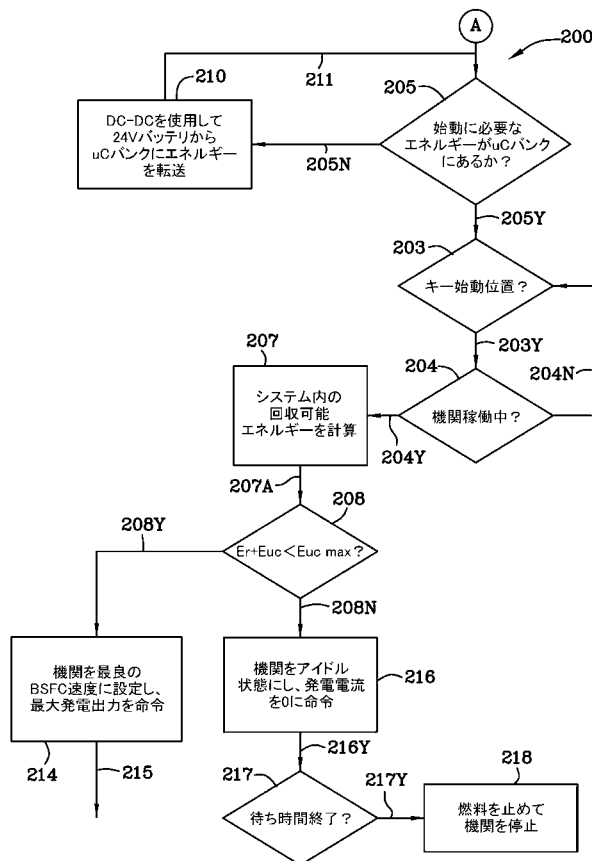
【図 1 G】



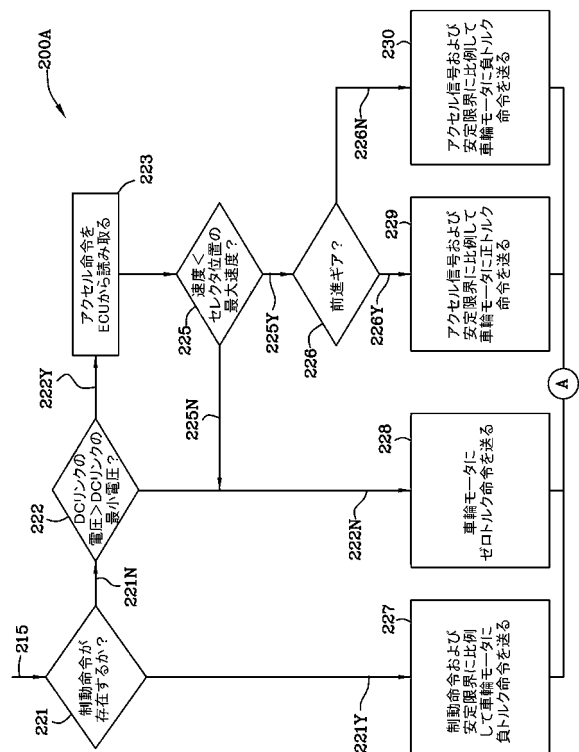
【図 1 H】



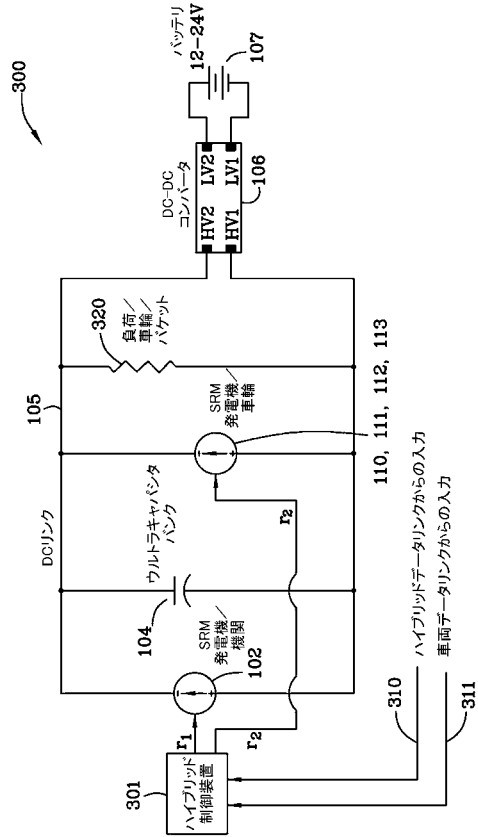
【図 2】



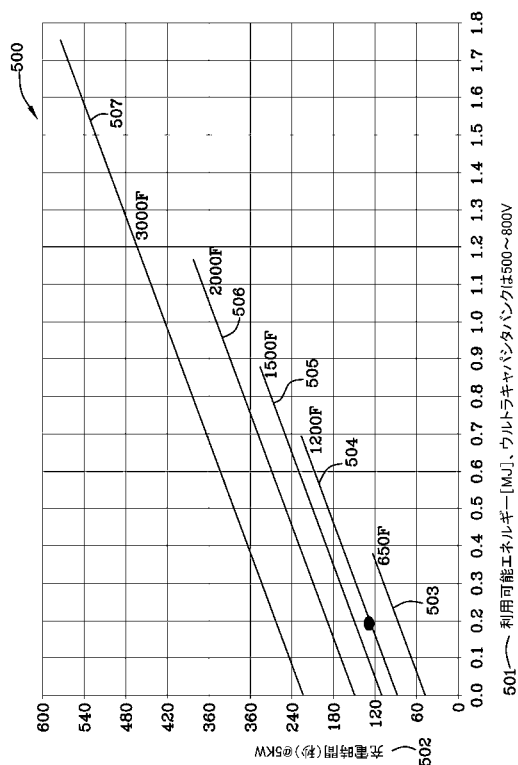
【図 2 A】



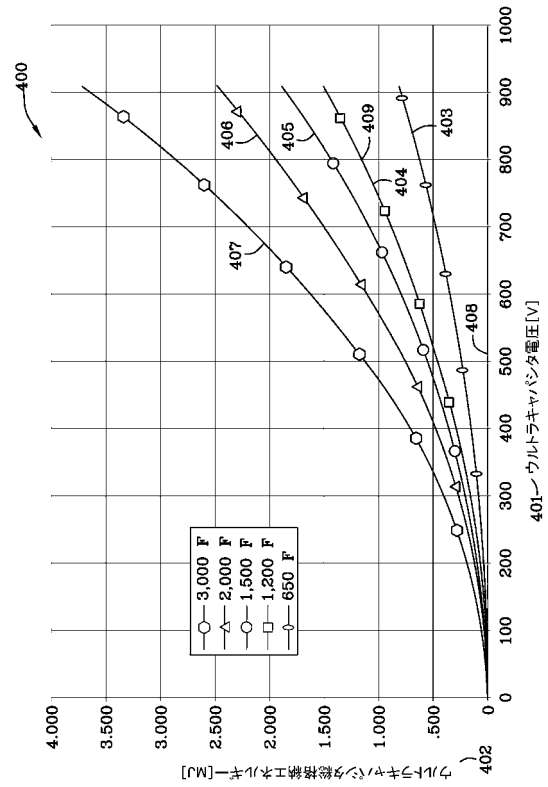
【図 3】



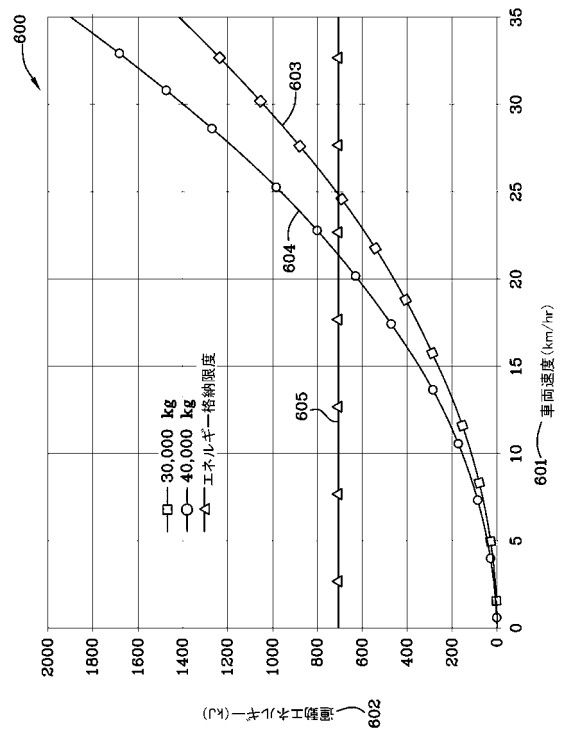
【図 5】



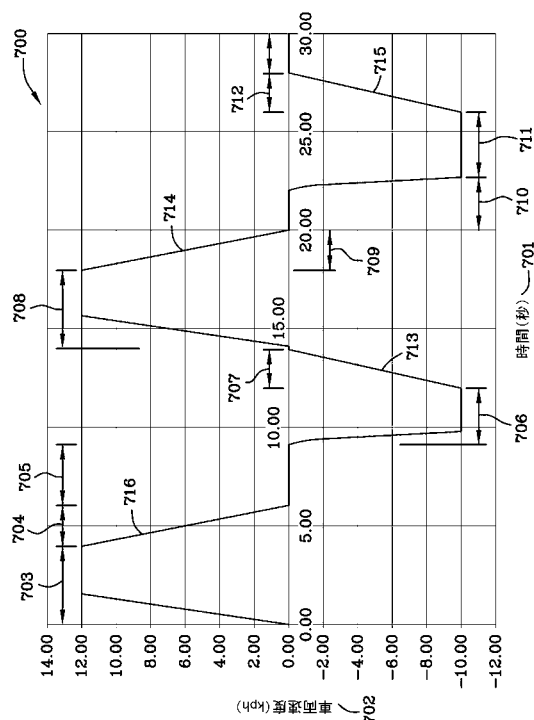
【図 4】



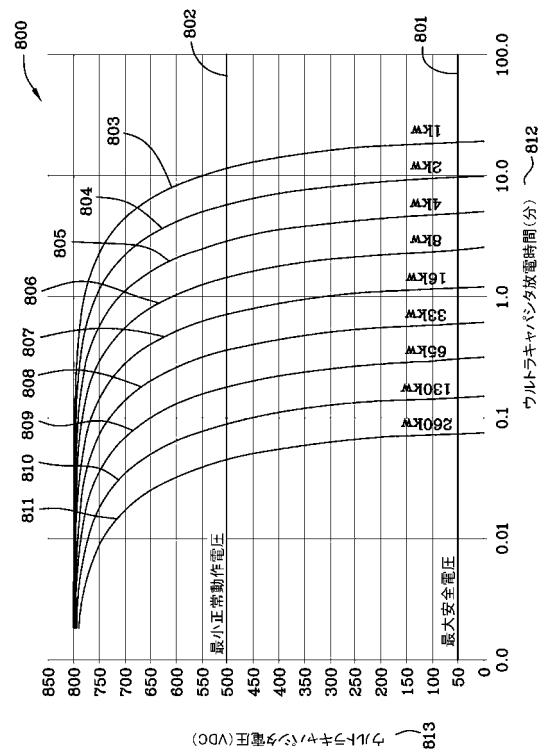
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【手続補正書】

【提出日】平成26年5月15日(2014.5.15)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

シリーズ電気ハイブリッド車両であって、
 前記車両の推進および動作のために該車両に電力を提供する非自励発電機／モータと、
 前記非自励発電機／モータに連結されたインバータと、
 高電圧DCバスと、
 前記車両を推進する複数の車輪と、
 1つ以上のAC非自励走行用モータ／発電機と、
 前記高電圧DCバスと、前記複数の車輪の1つ以上にそれぞれ取り付けられた前記1つ以上のAC非自励走行用モータ／発電機との間で双方向に電力を伝達する1つ以上の小型デュアルインバータと、
 内燃機関と、
 前記高電圧DCバスに電氣的に連結されたウルトラキャパシタバンクと、
 少なくとも1つの12または24ボルトDCバッテリーを備えた従来型の低電圧システムと、

前記内燃機関を始動するために、また該内燃機関の始動後に前記12または24ボルトDCバッテリーの充電状態を維持するために、前記ウルトラキャパシタバンクを事前充電することを目的として、前記12または24ボルトDCバッテリーと前記ウルトラキャパシタ

バンクとの間で電力を伝達する双方向のDC-DCコンバータとを含み、

前記AC非自励走行用モータ／発電機と関連付けられた前記小型デュアルインバータが、発電機モードまたはモータモードで動作するように構成され

前記AC非自励走行用モータ／発電機が、前記車輪との組み合わせで推進力と回生制動とを提供するように構成され

前記内燃機関が、前記車両に電力を提供して該車両を推進および動作させるために前記非自励発電機／モータに連結され、

前記インバータが、前記非自励発電機／モータが発電機モードで動作しているときに前記高電圧DCバスに電力を供給し、前記非自励発電機／モータがモータモードで動作しているときに該非自励発電機／モータに電力を供給するように、前記高電圧DCバスとの間で双方向に電力を供給し、

前記ウルトラキャパシタバンクが、発電機モードで動作している前記AC非自励走行用モータ／発電機からの回生エネルギーを格納し、前記内燃機関を始動するためにモータモードで動作している前記非自励発電機／モータに連結された前記インバータにエネルギーを供給する

シリーズ電気ハイブリッド車両。

【請求項2】

前記発電機モードで動作している前記AC非自励走行用モータ／発電機からの過剰な回生エネルギーを放散するレジスタバンクをさらに含む請求項1記載のシリーズ電気ハイブリッド車両。

【請求項3】

前記モータモードで動作している前記非自励発電機／モータを使用して、機関圧縮制動を作動させながら前記内燃機関を逆駆動することにより、前記車両からの過剰な運動エネルギーを放散する請求項1記載のシリーズ電気ハイブリッド車両。

【請求項4】

前記非自励発電機／モータがスイッチドリラクタンス機である請求項1記載のシリーズ電気ハイブリッド車両。

【請求項5】

前記非自励発電機／モータが前記車両の電気エネルギーの主供給源である請求項1記載のシリーズ電気ハイブリッド車両。

【請求項6】

高電圧DCバスと、

前記高電圧DCバスにエネルギーを供給する非自励発電機／モータを駆動する内燃機関と、

2つのAC走行用モータ／発電機／歯車減速機を駆動して前記車両を動かし回生制動からエネルギーを回収する双方向の後車軸DC-AC小型デュアルインバータと、

2つのAC走行用モータ／発電機／歯車減速機を駆動して前記車両を動かし回生制動からエネルギーを回収する双方向の前車軸DC-AC小型デュアルインバータと、

少なくとも1つの12または24ボルトDCバッテリーと、

前記高電圧DCバスに電氣的に連結されたウルトラキャパシタと、

前記12または24ボルトDCバッテリーと前記高電圧DCバスとの間に介在し、該12または24ボルトDCバッテリーと該高電圧DCバスおよび前記ウルトラキャパシタとの間でエネルギーを転送する双方向のDC-DCコンバータと

を含み、

前記非自励発電機／モータが、前記内燃機関を始動するために該内燃機関に連結され、

前記ウルトラキャパシタが、前記内燃機関を始動するために、前記非自励発電機／モータに連結されたインバータにエネルギーを供給するハイブリッド電気車両。

【請求項7】

前記後車軸および前車軸DC-AC小型デュアルインバータが、エネルギーを回生し該

エネルギーを前記少なくとも1つの12または24ボルトDCバッテリーおよび／または前記ウルトラキャパシタに格納する整流手段を含み、さらにレジスタバンクを含む請求項6記載のハイブリッド電気車両。

【請求項8】

高電圧DCバスと、

内燃機関と、

前記内燃機関に機械的に連結したスイッチドリラクタンス非自励発電機／モータと、

前記スイッチドリラクタンス非自励発電機／モータに連結し、該スイッチドリラクタンス非自励発電機／モータと前記高電圧DCバスとの間で電力を双方向に伝達するインバータと、

第1前輪を駆動し、推進力および／または回生制動を提供する、スイッチドリラクタンス非自励モータ／発電機である第1前方AC走行用モータ／発電機と、

第2前輪を駆動し、推進力および／または回生制動を提供する、スイッチドリラクタンス非自励モータ／発電機である第2前方AC走行用モータ／発電機と、

第1後輪を駆動し、推進力および／または回生制動を提供する、スイッチドリラクタンス非自励モータ／発電機である第1後方AC走行用モータ／発電機と、

第2後輪を駆動し、推進力および／または回生制動を提供する、スイッチドリラクタンス非自励モータ／発電機である第2後方AC走行用モータ／発電機と、

前記高電圧DCバスと電気通信を行い、前記第1前方AC走行用モータ／発電機および前記第1前輪を駆動するために前記高電圧DCバスからのDC電力をAC電力に変換し、前記第2前方AC走行用モータ／発電機および前記第2前輪を駆動するために前記高電圧DCバスからのDC電力をAC電力に変換する第1小型デュアルインバータと、

前記高電圧DCバスと電気通信を行い、前記第1後方AC走行用モータ／発電機および前記第1後輪を駆動するために前記高電圧DCバスからのDC電力をAC電力に変換し、前記第2後方AC走行用モータ／発電機および前記第2後輪を駆動するために前記高電圧DCバスからのDC電力をAC電力に変換する第2小型デュアルインバータと、

前記高電圧DCバスに電氣的に連結されたウルトラキャパシタバンクと、

少なくとも1つの12または24ボルトDCバッテリーを備えた従来型の低電圧システムと、

双方向のDC-DCコンバータと

を含み、

前記スイッチドリラクタンス非自励発電機／モータが、発電機モードで電力を供給する発電機として動作し、モータモードで電力を受け取るモータとして動作し、

前記ウルトラキャパシタバンクが、

回生モードで動作している前記第1前方AC走行用モータ／発電機および前記第2前方AC走行用モータ／発電機によって供給される回生エネルギーを前記第1小型デュアルインバータから格納し、

回生モードで動作している前記第1後方AC走行用モータ／発電機および前記第2後方AC走行用モータ／発電機によって供給される回生エネルギーを前記第2小型デュアルインバータから格納し、

前記スイッチドリラクタンス非自励発電機／モータが発電機モードで動作しているときに、該スイッチドリラクタンス非自励発電機／モータに連結された前記インバータからエネルギーを格納し、

前記スイッチドリラクタンス非自励発電機／モータがモータモードで動作しているときに、該スイッチドリラクタンス非自励発電機／モータに連結された前記インバータにエネルギーを供給して前記内燃機関を始動し、

前記DC-DCコンバータが、

前記12または24ボルトDCバッテリーの電圧を昇圧し、該12または24ボルトDCバッテリーと前記ウルトラキャパシタバンクとの間で電力を伝達して、前記内燃機関を始動するために前記ウルトラキャパシタバンクを事前充電し、

前記内燃機関が始動した後、前記高電圧 D C バスの電圧を降圧して、前記 1 2 または 2 4 ボルト D C バッテリーの充電状態を維持する

ハイブリッド電気車両。

【請求項 9】

前記発電機モードで動作している前記 A C 走行用モータ／発電機からの過剰な回生エネルギーを消費するレジスタバンクをさらに含む請求項 8 記載のハイブリッド電気車両。

【請求項 10】

前記モータモードで動作している前記スイッチドリラクタンス非自励発電機／モータを使用して、機関圧縮制動を動作させながら前記内燃機関を逆駆動することにより、前記車両からの過剰な運動エネルギーを放散する請求項 8 記載のハイブリッド電気車両。

【請求項 11】

前記スイッチドリラクタンス非自励発電機／モータが車両の電気エネルギーの主供給源である請求項 8 記載のハイブリッド電気車両。

【請求項 12】

内燃機関と、

発電機モードまたはモータモードで動作する A C 非自励発電機／モータと、

高電圧 D C バスと、

前記高電圧 D C バスに常時接続されたウルトラキャパシタバンクと、

前記 A C 非自励発電機／モータからの A C 電力を前記高電圧 D C バスおよび前記ウルトラキャパシタバンクに供給するために D C 電力に変換する A C - D C インバータと、

低電圧 D C バッテリーと、

前記低電圧 D C バッテリーから前記ウルトラキャパシタバンクを充電し、モータモードで動作している前記 A C 非自励発電機／モータに初期励起エネルギーを提供して前記内燃機関を起動する手段と

を含むハイブリッド電気システム。

【請求項 13】

前記ウルトラキャパシタバンクが、前記 A C 非自励発電機／モータをモータモードで使用して前記内燃機関を始動し、それによって従来型の低電圧機関スタータを置換できるように、前記低電圧 D C バッテリーからの十分なエネルギーで充電される請求項 12 記載のハイブリッド電気システム。

【請求項 14】

前記ウルトラキャパシタバンクを充電するために使用する前記手段が、前記低電圧 D C バッテリーの充電状態を維持し、それによって従来型の低電圧オルタネータを不要にする双方向の D C - D C コンバータである請求項 12 記載のハイブリッド電気システム。

【請求項 15】

小型デュアルインバータと、

複数の車輪と、

前記複数の車輪のいずれかにそれぞれ相互接続された複数の非自励走行用モータ／発電機と

をさらに含み、

前記小型デュアルインバータが、前記ウルトラキャパシタバンクに接続された双方向の D C - A C インバータであり、前記ウルトラキャパシタバンクとの間および前記非自励走行用モータ／発電機との間でエネルギーを転送する請求項 12 記載のハイブリッド電気システム。

【請求項 16】

前記 1 つ以上の小型デュアルインバータが、動きを回避できるだけの十分に低い電力で動作するか、または前記非自励走行用モータ／発電機を対向するトルクで動作させることにより、前記ウルトラキャパシタバンク内のエネルギーの一部を前記非自励走行用モータ／発電機の巻線に放電して、前記システムの安全な稼働を実現する請求項 15 記載のハイブリッド電気システム。

【請求項 17】

前記 A C 非自励発電機／モータが、過剰な回生制動エネルギーを放散するために、モータモードで動作して前記内燃機関と関連する機関制動とを逆駆動する請求項 12 記載のハイブリッド電気システム。

【請求項 18】

前記 A C 非自励発電機／モータがスイッチドリラクタンス機である請求項 12 記載のハイブリッド電気システム。

【請求項 19】

前記ウルトラキャパシタバンクが、通常の動作条件下での前記低電圧 D C バッテリからの事前充電に依存せずに迅速な機関始動を実現できるように、機関停止前に所定の最大充電状態まで駆動される請求項 12 記載のハイブリッド電気システム。

【請求項 20】

車両に動力を供給する A C 走行用モータに動力を供給する D C－A C インバータをさらに含む請求項 12 記載のハイブリッド電気システム。

【請求項 21】

前記 A C 走行用モータが、前記ウルトラキャパシタバンクに格納するエネルギーを前記 D C－A C インバータに対して回生する発電機として動作する請求項 20 記載のハイブリッド電気システム。

【請求項 22】

発電機モードまたはモータモードで動作可能な非自励発電機／モータと、
電力インバータと、
高電圧 D C バスと、
前記高電圧 D C バスに接続されたウルトラキャパシタと、
低電圧 D C バッテリと、
双方向の D C－D C コンバータと

を含み、前記ウルトラキャパシタバンクが、前記 D C－D C コンバータを使用して前記低電圧 D C バッテリからエネルギーを転送することにより使用可能な動作電圧まで充電され、

前記ウルトラキャパシタが使用可能な電圧まで充電されたときに、前記非自励発電機／モータが前記電力インバータによって駆動されるハイブリッド電気システム。

【請求項 23】

前記内燃機関の始動後、前記 D C－D C コンバータが前記低電圧 D C バッテリを充電する請求項 22 記載のハイブリッド電気システム。

【請求項 24】

ハイブリッド電気車両の制御方法であって、
ウルトラキャパシタバンクの最大許容エネルギー含量を設定するステップと、
高電圧 D C バスの最小電圧を設定するステップと、

内燃機関を始動するための十分なエネルギーが前記ウルトラキャパシタバンクにあるか判断するステップと、

前記内燃機関を始動するための十分なエネルギーが前記ウルトラキャパシタバンクにない場合、D C－D C コンバータを使用して低電圧 D C バッテリから前記ウルトラキャパシタバンクにエネルギーを転送するステップと、

前記内燃機関を始動するための十分なエネルギーが前記ウルトラキャパシタバンクにある場合、モータモードで動作している非自励発電機／モータを使用して前記内燃機関を始動するステップと、

前記ハイブリッド電気車両の回収可能なエネルギーを計算するステップと、

前記ハイブリッド電気車両の前記ウルトラキャパシタバンクのエネルギーを計算するステップと、

計算された回収可能なエネルギーと前記ウルトラキャパシタバンクのエネルギーとの合計が、前記ウルトラキャパシタバンクの前記最大許容エネルギー含量未満であるか判断す

るステップと、

計算された回収可能なエネルギーと前記ウルトラキャパシタバンクのエネルギーとの合計が、前記ウルトラキャパシタバンクの前記最大許容エネルギー含量未満でない場合に、前記内燃機関をアイドル状態に設定し、発電機モードで動作している前記非自励発電機／モータからの電力生成をゼロに設定するステップと、前記内燃機関がアイドル状態であり、発電機モードで動作している前記非自励発電機／モータが電力を生成しない状態で、待機するステップと、回収可能なエネルギーと前記ウルトラキャパシタバンク内のエネルギーとの合計を再計算し、再計算された合計が、前記ハイブリッド電気車両によるエネルギー消費に起因して、前記ウルトラキャパシタバンクの前記最大許容エネルギー含量未満であるか再判断するステップと、再計算された合計が、前記ウルトラキャパシタバンクの前記最大許容エネルギー含量未満でない場合に、前記内燃機関を停止するステップと、

計算された回収可能なエネルギーと前記ウルトラキャパシタバンク内のエネルギーとの合計が、前記ウルトラキャパシタバンクの前記最大許容エネルギー含量未満である場合に、前記内燃機関の速度を最良の正味燃料消費率速度に設定し、発電機モードで動作している前記非自励発電機／モータからの電力を最大に設定するステップと、

制動命令が存在するか判断するステップと、

前記制動命令が存在する場合に、該制動命令に比例し且つ安定限界内で、非自励走行用モータ／発電機に負トルク命令を送るステップと、

前記制動命令が存在しない場合に、前記高電圧DCバスの電圧が該高電圧DCバスの前記最小電圧より大きいと判断するステップと、

前記高電圧DCバスの電圧が該高電圧DCバスの前記最小電圧より大きくない場合に、前記非自励走行用モータ／発電機にゼロトルク命令を送るステップと、

前記高電圧DCバスの電圧が該高電圧DCバスの前記最小電圧より大きい場合に、アクセル命令を読み取るステップと、

車両速度が最大許容速度未満であるか判断するステップと、

車両速度が最大世用速度未満でない場合に、前記非自励走行用モータ／発電機にゼロトルク命令を送るステップと

シフトセレクトが前進ギアである場合に、アクセル信号に比例し且つ安定限度内で、前記非自励走行用モータ／発電機に正トルク命令を送るステップと、

前記シフトセレクトが前進ギアでない場合に、アクセル信号に比例し且つ安定限度内で、前記非自励走行用モータ／発電機に負トルク命令を送るステップと

を含む方法。

【請求項 25】

前記非自励走行用モータ／発電機がスイッチドリラクタンス機である請求項 24 記載のハイブリッド電気車両の制御方法。

【請求項 26】

前記内燃機関を始動する前記非自励発電機／モータがスイッチドリラクタンス機である請求項 24 記載のハイブリッド電気車両の制御方法。

【請求項 27】

計算された回収可能なエネルギーと前記ウルトラキャパシタバンクのエネルギーとの合計が、前記ウルトラキャパシタバンクの前記最大許容エネルギー含量未満でない場合に、前記内燃機関をアイドル状態に設定し、発電機モードで動作している前記非自励発電機／モータからの電力生成をゼロに設定するステップと、前記内燃機関がアイドル状態であり、発電機モードで動作している前記非自励発電機／モータが電力を生成しない状態で、待機するステップと、回収可能なエネルギーと前記ウルトラキャパシタバンク内のエネルギーとの合計を再計算し、再計算された合計が、前記ハイブリッド電気車両によるエネルギー消費に起因して、前記ウルトラキャパシタバンクの前記最大許容エネルギー含量未満であるか再判断するステップと、再計算された合計が、前記ウルトラキャパシタバンクの前記最大許容エネルギー含量未満でない場合に、内燃機関を停止するステップとが、小型デュアルインバータが動きを回避できるだけの十分に低い電力で動作するか、または前記非

自励走行用モータ／発電機を対向するトルクで動作させることにより、前記ウルトラキャパシタバンクのエネルギーの一部を前記非自励走行用モータ／発電機の巻線に動きなしで放電して前記車両の安全な稼働を実現するステップと組み合わせて実行される請求項 24 記載のハイブリッド電気車両の制御方法。

【請求項 28】

前記ウルトラキャパシタバンクが、前記低電圧 DC バッテリからの事前充電に依存せずに迅速な機関始動を実現できるように、前記内燃機関の停止前に所定の最大充電状態まで駆動される請求項 24 記載のハイブリッド電気車両の制御方法。

【請求項 29】

制御装置と、
内燃機関と機械的に相互接続され、発電機モードまたはモータモードで動作できる非自励発電機／モータと、
電力インバータと、
高電圧 DC バスと、
前記高電圧 DC バスに相互接続されたウルトラキャパシタと、
低電圧 DC バッテリと、
双方向の DC－DC コンバータと
を含み、
前記非自励発電機／モータが前記電力インバータと電氣的に通信し、
前記制御装置が、前記電力インバータと電氣的に通信して該電力インバータを制御し、
前記ウルトラキャパシタが、前記 DC－DC コンバータを使用して前記低電圧 DC バッテリからエネルギーを転送することにより使用可能な動作電圧まで充電され、
前記非自励発電機／モータが、前記制御装置によって制御され、前記ウルトラキャパシタが使用可能な電圧まで充電されているときに前記電力インバータによってモータモードで駆動されて前記内燃機関を始動するハイブリッド電気車両。

【請求項 30】

第 1 小型デュアルインバータおよび第 2 小型デュアルインバータと、
前記第 1 小型デュアルインバータおよび前記第 2 小型デュアルインバータによって駆動される複数の非自励走行用モータ／発電機と
をさらに含み、前記第 1 小型デュアルインバータおよび前記第 2 小型デュアルインバータが前記制御装置によって制御される請求項 29 記載のハイブリッド電気車両。

【請求項 31】

前記第 1 小型デュアルインバータおよび前記第 2 小型デュアルインバータが電力を双方向に供給できる請求項 30 記載のハイブリッド電気車両。

【請求項 32】

前記電力インバータが電力を双方向に供給できる請求項 30 記載のハイブリッド電気車両。

【請求項 33】

前記第 1 小型デュアルインバータおよび前記第 2 小型デュアルインバータが電力を双方向に供給でき、前記電力インバータが電力を双方向に供給できる請求項 30 記載のハイブリッド電気車両。

【請求項 34】

第 1 インバータと、
前記第 1 インバータによって駆動される走行用モータ／発電機と
をさらに含み、前記第 1 インバータが前記制御装置によって制御される請求項 29 記載のハイブリッド電気車両。

【請求項 35】

シリーズ電気ハイブリッド車両であって、
化学エネルギーを機械エネルギーに変換する内燃機関と、
前記内燃機関に連結されて機械エネルギーを電力に変換し、該電力を推進およびその他

の関連機能のために前記車両に提供する非自励発電機／モータと、
高電圧 D C バスと

前記非自励発電機／モータと前記高電圧 D C バスとの間で電力を双方向に転送するインバータと、

推進力を提供する走行用モータ／発電機と、

前記走行用モータ／発電機と前記高電圧 D C バスとの間で電力を双方向に転送する走行用インバータと、

少なくとも 1 つの 12 または 24 ボルト D C バッテリーを備えた従来型の低電圧システムと、

前記高電圧 D C バスに電氣的に連結されたウルトラキャパシタバンクと、

前記発電機を励起して前記内燃機関を始動し、該内燃機関の始動後は前記低電圧 D C バッテリーの充電状態を維持するために、十分なエネルギーを提供する必要がある場合に、前記ウルトラキャパシタバンクを事前充電することを目的として、前記 12 または 24 ボルト D C バッテリーと前記ウルトラキャパシタバンクとの間で電力を伝達する双方向の D C - D C コンバータと、

前記ウルトラキャパシタバンクの充電状態と、前記車両の推進動作およびその他の関連機能とを管理する制御ロジックと

を含むシリーズ電気ハイブリッド車両。

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 L 11/12 (2006.01)	B 6 0 L	11/12	
B 6 0 L 11/18 (2006.01)	B 6 0 L	11/18	A
B 6 0 L 7/20 (2006.01)	B 6 0 L	7/20	
F 0 2 D 29/06 (2006.01)	F 0 2 D	29/06	D
F 0 2 D 29/00 (2006.01)	F 0 2 D	29/00	B

(72)発明者 ラバーン アンドリュー キャロン

アメリカ合衆国 4 9 0 0 8 - 8 0 2 8 ミシガン、 カラマズー カッティー サーク ドライ
ブ 2 5 5 0

F ターム(参考) 3D202 AA00 AA07 BB00 BB01 BB05 BB06 BB11 BB12 BB15 BB19
BB23 BB24 CC05 CC42 DD01 DD05 DD06 DD32 DD45 DD47
EE02 EE04
3G093 AA07 AA08 AA09 AA10 AB01 BA19 BA33 CA02 DA06 DB11
DB15 DB19 EB09 EC02
5H125 AA12 AB01 AC08 AC14 BA00 BC12 BD17 CB03 EE23 EE42
EE44 EE52