

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4116292号
(P4116292)

(45) 発行日 平成20年7月9日(2008.7.9)

(24) 登録日 平成20年4月25日(2008.4.25)

(51) Int. Cl.

B60L 11/14 (2006.01)

F I

B60L 11/14

請求項の数 18 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2001-524826 (P2001-524826)
 (86) (22) 出願日 平成11年9月20日 (1999.9.20)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP1999/005115
 (87) 国際公開番号 W02001/021431
 (87) 国際公開日 平成13年3月29日 (2001.3.29)
 審査請求日 平成16年8月6日 (2004.8.6)

(73) 特許権者 000005108
 株式会社日立製作所
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
 (73) 特許権者 000232999
 株式会社日立カーエンジニアリング
 茨城県ひたちなか市高場2477番地
 (74) 代理人 100074631
 弁理士 高田 幸彦
 (74) 代理人 100083389
 弁理士 竹ノ内 勝
 (72) 発明者 田原 和雄
 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号
 株式会社 日立製作所 日立
 研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ハイブリッド車用電動発電システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

車両の駆動源として内燃機関及び車載電源としてバッテリーをそれぞれ備えるハイブリッド車に搭載された電動発電システムにおいて、内燃機関のクランク軸に機械的に連結された電動発電機と、該電動発電機を制御するためのインバータと、該インバータを制御するための制御回路と、バッテリーと前記インバータとの間に設けられた電圧制御回路とを有し、前記電動発電機は、バッテリーから供給された電力を、前記インバータを介して受けて駆動力を発生するものであって、内燃機関からの動力を受けて発電し、この電力をバッテリーに前記インバータを介して供給するものであり、前記インバータは、前記制御回路からの指令を受けて前記電動発電機の駆動及び前記電動発電機の発電を制御しており、前記電動発電機が内燃機関からの動力を受けて発電し、この電力をバッテリーに前記インバータを介して供給する場合、前記電圧制御回路による降圧制御と、前記電動発電機の固定子巻線の電流位相を、弱め界磁成分が得られるように前記インバータで制御する弱め界磁制御とを行い、前記電動発電機の発電電圧とバッテリーの充電電圧とを一致するようにすることを特徴とするハイブリッド車用電動発電システム。

【請求項2】

請求項1に記載のハイブリッド車用電動発電システムにおいて、前記電動発電機は、永久磁石によって界磁極が構成された回転子或いは爪付磁極によって界磁極が構成された回転子を備えた同期式回転電機であり、前記電動発電機の最大トルクにおける回転速度と前記電動発電機の最大回転速度との比で表される前記電動発電機の弱め界磁率は、前記電動

発電機の最大トルクにおける回転速度を1としたとき、前記電動発電機の最大回転速度が4未満となるように設定されていることを特徴とするハイブリッド車用電動発電システム。

【請求項3】

請求項1に記載のハイブリッド車用電動発電システムにおいて、前記電動発電機は、複数の2次導体が鉄心に配置された回転子を備えた誘導式回転電機であり、前記電動発電機の最大トルクにおける回転速度と前記電動発電機の最大回転速度との比で表される前記電動発電機の弱め界磁率は、前記電動発電機の最大トルクにおける回転速度を1としたとき、前記電動発電機の最大回転速度が3以上となるように設定されていることを特徴とするハイブリッド車用電動発電システム。

10

【請求項4】

請求項1に記載のハイブリッド車用電動発電システムにおいて、バッテリーが高圧バッテリーと高圧バッテリーよりも電圧の低い低圧バッテリーを含む場合、前記発電電動機は、主バッテリーから供給された電力を、前記インバータを介して受けて駆動力を発生すると共に、内燃機関からの動力を受けて発電し、この電力を主バッテリーに前記インバータを介して供給するようになっており、前記電動発電機が内燃機関からの動力を受けて発電し、この電力を主バッテリーに前記インバータを介して供給する場合であって、前記前記電動発電機の発電電圧が主バッテリーの充電電圧よりも大きい場合、前記電圧制御回路は、前記インバータを介して主バッテリーに供給される前記電動発電機の発電電圧が主バッテリーの充電電圧になるように、前記電動発電機の発電電圧を降圧するようになっていることを特徴とするハイブリッド車用電動発電システム。

20

【請求項5】

請求項1に記載のハイブリッド車用電動発電システムにおいて、前記電動発電機が内燃機関からの動力を受けて発電し、この電力をバッテリーに前記インバータを介して供給する場合、内燃機関のアイドル回転速度付近では、前記電動発電機の固定子巻線の電流位相を、強め界磁成分が得られるように前記インバータで制御する強め界磁制御を行い、内燃機関の回転速度が増加するにしたがって、前記電動発電機の固定子巻線の電流位相を、強め界磁成分が得られるように前記インバータで制御する強め界磁制御を行いながら前記電動発電機の発電電圧をバッテリーの充電電圧に維持するようにし、内燃機関の回転速度がさらに増加する領域では、前記電動発電機の固定子巻線の電流位相を、弱め界磁成分が得られるように前記インバータで制御する弱め界磁制御を行うと共に、前記弱め界磁成分を維持した状態で前記電圧制御回路による降圧制御を行い、前記電動発電機の発電電圧とバッテリーの充電電圧とを一致させることを特徴とするハイブリッド車用電動発電システム。

30

【請求項6】

請求項1に記載のハイブリッド車用電動発電システムにおいて、前記電圧制御回路は降圧チョッパから構成されていることを特徴とするハイブリッド車用電動発電システム。

【請求項7】

車両の駆動源である内燃機関及び車載電源であるバッテリーをそれぞれ備えるハイブリッド車に搭載された電動発電システムにおいて、内燃機関のクランク軸に機械的に連結された電動発電機と、該電動発電機を制御するためのインバータと、該インバータを制御するための制御回路と、バッテリーと前記インバータとの間に設けられた電圧制御回路とを有し、前記電動発電機は、バッテリーから供給された電力を、前記インバータを介して受けて駆動力を発生するものであって、内燃機関からの動力を受けて発電し、この電力をバッテリーに前記インバータを介して供給するものであり、前記インバータは、前記制御回路からの指令を受けて前記電動発電機の駆動及び前記電動発電機の発電を制御しており、バッテリーからの電力の供給を前記電動発電機が前記インバータを介して受けて駆動力を発生し、この駆動力によって内燃機関を始動する場合、前記電動発電機の固定子巻線の電流位相を、強め界磁電流成分が得られるように前記インバータで制御する強め界磁制御を行うことを特徴とするハイブリッド車用電動発電システム。

40

【請求項8】

50

請求項7に記載のハイブリッド車用電動発電システムにおいて、前記電動発電機は、永久磁石によって界磁極が構成された回転子或いは爪付磁極によって界磁極が構成された回転子を備えた同期式回転電機であり、前記電動発電機の最大トルクにおける回転速度と前記電動発電機の最大回転速度との比で表される前記電動発電機の弱め界磁率は、前記電動発電機の最大トルクにおける回転速度を1としたとき、前記電動発電機の最大回転速度が4未満となるように設定されていることを特徴とするハイブリッド車用電動発電システム。

【請求項9】

請求項7に記載のハイブリッド車用電動発電システムにおいて、前記電動発電機は、複数個の2次導体が鉄心に配置された回転子を備えた誘導式回転電機であり、前記電動発電機の最大トルクにおける回転速度と前記電動発電機の最大回転速度との比で表される前記電動発電機の弱め界磁率は、前記電動発電機の最大トルクにおける回転速度を1としたとき、前記電動発電機の最大回転速度が3以上となるように設定されていることを特徴とするハイブリッド車用電動発電システム。

10

【請求項10】

請求項7に記載のハイブリッド車用電動発電システムにおいて、バッテリーが高圧バッテリーと高圧バッテリーよりも電圧の低い低圧バッテリーを含む場合、前記発電電動機は、主バッテリーから供給された電力を、前記インバータを介して受けて駆動力を発生すると共に、内燃機関からの動力を受けて発電し、この電力を主バッテリーに前記インバータを介して供給するようになっており、主バッテリーからの電力の供給を前記電動発電機が前記インバータを介して受けて駆動力を発生し、この駆動力によって内燃機関を始動する場合、前記電圧制御回路は、主バッテリーから出力された電力の電圧を昇圧するようになっていることを特徴とするハイブリッド車用電動発電システム。

20

【請求項11】

請求項7に記載のハイブリッド車用電動発電システムにおいて、バッテリーからの電力の供給を前記電動発電機が前記インバータを介して受けて駆動力を発生し、この駆動力によって内燃機関を始動する場合、前記電動発電機の最大トルクが必要な内燃機関の回転速度までは、前記電圧制御回路による昇圧制御と、前記電動発電機の固定子巻線の電流位相を、強め界磁電流成分が得られるように前記インバータで制御する強め界磁制御とを行い、内燃機関の始動時の回転速度よりも大きな回転速度領域まで前記電動発電機によるトルクアシストを行う場合には、前記電動発電機の固定子巻線の電流位相を、弱め界磁電流成分が得られるように前記インバータで制御する弱め界磁制御と、前記電圧制御回路による昇圧制御とを行うことを特徴とするハイブリッド車用電動発電システム。

30

【請求項12】

請求項7に記載のハイブリッド車用電動発電システムにおいて、前記電圧制御回路におけるバッテリー電圧の変換電圧比を1.5倍以上に設定し、前記インバータスイッチング素子の電流容量を、前記電圧制御回路のスイッチング素子の電流容量よりも小さくしたことを特徴とするハイブリッド車用電動発電システム。

【請求項13】

請求項7に記載のハイブリッド車用電動発電システムにおいて、前記電圧制御回路は昇圧チョッパから構成されていることを特徴とするハイブリッド車用電動発電システム。

40

【請求項14】

車両の駆動源である内燃機関及び車載電源であるバッテリーをそれぞれ備えるハイブリッド車に搭載された電動発電システムにおいて、内燃機関のクランク軸に機械的に連結された電動発電機と、該電動発電機を制御するためのインバータと、該インバータを制御するための制御回路と、バッテリーと前記インバータとの間に設けられた電圧制御回路とを有し、前記電動発電機は、バッテリーから供給された電力を、前記インバータを介して受けて駆動力を発生するものであって、内燃機関からの動力を受けて発電し、この電力をバッテリーに前記インバータを介して供給するものであり、前記インバータは、前記制御回路からの指令を受けて前記電動発電機の駆動及び前記電動発電機の発電を制御しており、バッテリー

50

からの電力の供給を前記電動発電機が前記インバータを介して受けて駆動力を発生し、この駆動力によって内燃機関を始動する場合、前記電動発電機の固定子巻線の電流位相を、強め界磁電流成分が得られるように前記インバータで制御する強め界磁制御を行い、前記電動発電機が内燃機関からの動力を受けて発電し、この電力をバッテリーに前記インバータを介して供給する場合、前記電圧制御回路による降圧制御と、前記電動発電機の固定子巻線の電流位相を、弱め界磁成分が得られるように前記インバータで制御する弱め界磁制御とを行い、前記電動発電機の発電電圧とバッテリーの充電電圧とを一致するようにすることを特徴とするハイブリッド車用電動発電システム。

【請求項 15】

請求項 14 に記載のハイブリッド車用電動発電システムにおいて、前記電圧制御回路は降圧チョッパと昇圧チョッパから構成されていることを特徴とするハイブリッド車用電動発電システム。

10

【請求項 16】

請求項 14 に記載のハイブリッド車用電動発電システムにおいて、前記電動発電機は、永久磁石によって界磁極が構成された回転子或いは爪付磁極によって界磁極が構成された回転子を備えた同期式回転電機であり、前記電動発電機の最大トルクにおける回転速度と前記電動発電機の最大回転速度との比で表される前記電動発電機の弱め界磁率は、前記電動発電機の最大トルクにおける回転速度を 1 としたとき、前記電動発電機の最大回転速度が 4 未満となるように設定されていることを特徴とするハイブリッド車用電動発電システム。

20

【請求項 17】

請求項 14 に記載のハイブリッド車用電動発電システムにおいて、前記電動発電機は、複数個の 2 次導体が鉄心に配置された回転子を備えた誘導式回転電機であり、前記電動発電機の最大トルクにおける回転速度と前記電動発電機の最大回転速度との比で表される前記電動発電機の弱め界磁率は、前記電動発電機の最大トルクにおける回転速度を 1 としたとき、前記電動発電機の最大回転速度が 3 以上となるように設定されていることを特徴とするハイブリッド車用電動発電システム。

【請求項 18】

請求項 14 に記載のハイブリッド車用電動発電システムにおいて、バッテリーが高圧バッテリーと高圧バッテリーよりも電圧の低い低圧バッテリーを含む場合、前記発電電動機は、主バッテリーから供給された電力を、前記インバータを介して受けて駆動力を発生すると共に、内燃機関からの動力を受けて発電し、この電力を主バッテリーに前記インバータを介して供給するようになっており、前記電動発電機が内燃機関からの動力を受けて発電し、この電力を主バッテリーに前記インバータを介して供給する場合であって、前記前記電動発電機の発電電圧が主バッテリーの充電電圧よりも大きい場合、前記電圧制御回路は、前記インバータを介して主バッテリーに供給される前記電動発電機の発電電圧が主バッテリーの充電電圧になるように、前記電動発電機の発電電圧を降圧するようになっている主バッテリーからの電力の供給を前記電動発電機が前記インバータを介して受けて駆動力を発生し、この駆動力によって内燃機関を始動する場合、前記電圧制御回路は、主バッテリーから出力された電力の電圧を昇圧するようになっていることを特徴とするハイブリッド車用電動発電システム。

30

40

【発明の詳細な説明】

技術分野

本発明は、駆動源としてのエンジンに連結された電動発電機を備えたハイブリッド車における、電動発電機およびその制御方法に係り、特に電機子電流の電流位相を制御して界磁電流成分を調整できる制御を行う電動発電機およびその制御方法に関するものである。

背景技術

従来、ハイブリッド車としては、(1) 内燃機関であるエンジンの回転力で発電機を駆動し電力を得、この電力で車軸に連結されているモータを駆動し、モータが発生する駆動力で走行するシリーズハイブリッド方式(例えば特開平 8 - 2 9 8 6 9 6 号公報、特開平 6

50

- 245322号公報、USP5214358号公報)と、(2)内燃機関の回転力の1部は電力に変換されるが、その他の回転力は車軸に駆動力として伝えられ、発電された電力を用いたモータ駆動力と内燃機関の車軸駆動力の両方で走行するパラレルハイブリッド方式(例えばUSP5081365号公報)がある。

しかしながら従来の技術では、モータおよび前記モータを駆動するインバータ回路が2つ必要なことと、遊星歯車機構を新たに配置しなくてはならず、車両の大幅な改良が必要であり、それに伴う大幅なコストアップは避けられない。

そこで、特開平7-298696号公報にあるように内燃機関のクランク軸に回転電機を直結させ、1つの回転電機で駆動、発電を運転モードによって切り分ける1モータ方式が提案されている。この方式は、コストおよび現在の車両にアドオンできる点で前述した2モータ方式と比較して有利である。

10

一方、1モータ方式および2モータ方式両方とも、回転電機の形式としては、回転子に永久磁石を配置した同期磁石形電動発電機、もしくは自動車用発電機であるオルタネータと同様な原理構成の爪形磁極の同期電動発電機、もしくは回転子に2次導体をかご形に設けたかご形誘導電動発電機が用いられている。内燃機関の始動時は42V系バッテリーの出力電圧をインバータで電圧、電流及び周波数を制御して電動発電機を電動機運転し、内燃機関始動後は電動発電機を発電運転して発電電圧がバッテリー充電電圧になるようにインバータで制御する構成となっている。

一方、バッテリーとインバータの間に、昇降圧チョッパを配置し、インバータ等の直流入力電圧がほぼ一定になるようにしたものが、特開平11-220812号公報に記載されている。

20

【発明が解決しようとする課題】

ハイブリッド車における電動発電機として用いられる1モータ方式の電動発電機には、次のような課題が存在する。

(1)内燃機関始動時等の低回転領域における高トルク特性と、アイドル回転速度から高回転領域までにおいて高い発電電流が得られる高出力発電特性とを両立させなければならない。

(2)上記(1)の内燃機関始動時に必要なトルク(モータが発生する最大トルク)を発生する回転速度(700rpm前後)と、内燃機関の最大許容回転速度時のモータ回転速度(6000rpm以上)とは、1:10以上の関係にある。

30

(3)内燃機関始動回転速度以上の回転速度における内燃機関のトルクを助成するアシストトルクが十分得られない。

(4)車両に搭載する電動発電機で始動時に電動運転するとともに、発電時には発電するものであり、電源としてはある一定電圧を中心とした電圧変化幅内で充放電を行うバッテリーが用いられている。そのため内燃機関の高速回転時のようにバッテリーの充電電圧を大きく超える電圧で充電した場合には、最悪バッテリーを破損する危険性がある。

前記いずれの電動発電機を用いたとしても上記の課題を解決する必要がある。一般に電動発電機の電動機運転時の回転速度 N は印加電圧 V に比例して、界磁磁束成分量 Φ_f に反比例する。またトルク T は電動機電流 I_m と界磁磁束成分量 Φ_f の積に比例し、電動機運転時の逆起電力 E_b と発電機運転時の発電電圧 V_g は回転速度 N と界磁磁束成分量 Φ_f の積に比例する。従って、いずれの電動発電機も、回転速度範囲が広くても所定のトルク、所定の発電電力が得られるようにシステムを構築する必要がある。

40

一般に、低回転速度でトルクが必要とするときは強め界磁電流成分が得られるように制御し、高回転速度では逆起電力を小さくするために弱め界磁電流成分が得られるように電流位相を制御する。

しかし電動発電機を発電機運転時する場合は、内燃機関のアイドル回転速度(700rpm前後)から内燃機関の最大回転速度(6000rpm以上)の範囲で発電動作を行うので、高回転速度時には固定子巻線の電流位相を調整する方式では発電電圧が大きすぎるので弱め界磁電流成分が十分得られずバッテリー充電電圧に一致させることは困難である。また、電動機動作で内燃機関を始動する場合には電動機の始動電流が大きく、インバ

50

ータ主回路のスイッチング素子の電流容量が大きく成りすぎる問題もある。

本発明の目的は、上記各課題を解決し、バッテリーを搭載したハイブリッド車であって、内燃機関に連結された電動発電機を低速から高速までの範囲にわたり電動機運転あるいは発電機運転するものにおいて、特性が安定した電動トルク特性と発電特性が得られ、かつ高効率で制御ができるハイブリッド車における電動発電機及びその制御方法を提供することにある。

発明の開示

本発明の特徴は、車両を駆動する内燃機関のクランク軸と機械的に連結され、バッテリーから供給される電力によって前記内燃機関を始動すると共に前記内燃機関からの回転によって発電を行い前記バッテリーを充電する電動発電機と、前記電動発電機の駆動又は発電を制御するインバータと、前記インバータを制御する制御回路を備えたハイブリッド車であって、前記バッテリーの電力で前記電動発電機を駆動して前記内燃機関を始動し、前記内燃機関の始動後には該内燃機関の動力を利用して前記電動発電機の発電動作で前記バッテリーを充電するものにおいて、前記バッテリーと前記前記インバータの間に設けられた降圧チョッパ回路を備え、該降圧チョッパ回路を介して前記発電電圧が前記バッテリーの充電電圧になるように降圧制御を行うようにしたことにある。

10

本発明の他の特徴は、車両を駆動する内燃機関のクランク軸と機械的に連結され、バッテリーから供給される電力によって前記内燃機関を始動すると共に前記内燃機関からの回転によって発電を行い前記バッテリーを充電する電動発電機と、前記電動発電機の駆動又は発電を制御するインバータと、前記インバータを制御する制御回路を備えたハイブリッド車であって、前記バッテリーの電力で前記電動発電機を駆動して前記内燃機関を始動し、前記内燃機関の始動後には該内燃機関の動力を利用して前記電動発電機の発電動作で前記バッテリーを充電するものにおいて、前記バッテリーの出力側に昇圧チョッパ回路を備えており、前記バッテリーの電力で前記電動発電機を始動する場合に前記バッテリー電圧を昇圧して、前記電動発電機を駆動して前記内燃機関を始動するようにしたことにある。

20

本発明の他の特徴は、車両を駆動する内燃機関のクランク軸と機械的に連結され、バッテリーから供給される電力によって前記内燃機関を始動すると共に前記内燃機関からの回転によって発電を行い前記バッテリーを充電する電動発電機と、前記電動発電機の駆動又は発電を制御するインバータと、前記インバータを制御する制御回路を備えたハイブリッド車における電動発電機の制御方法であって、前記バッテリーの電力で前記電動発電機を駆動して前記内燃機関を始動し、前記内燃機関の始動後には該内燃機関の動力を利用して前記電動発電機の発電動作で前記バッテリーを充電するものにおいて、前記電動発電機の発電電圧が前記バッテリーの充電電圧より高い場合、降圧チョッパ回路を介して、前記発電電圧が前記バッテリーの充電電圧になるように降圧制御を行うようにしたことにある。

30

本発明によれば、電動発電機を電動機として機能させ内燃機関の始動あるいはトルクアシストを行う場合には、バッテリー電圧を前記昇圧回路にてバッテリー電圧を昇圧してインバータの入力に印加すると共に、インバータは指令による所定の回転速度に制御する。すなわち、固定子巻線の電流位相を調整して界磁磁束成分量を調整することにより所定の回転数で所定の電機子電流で所定のトルクとなるように制御される。これにより、昇圧チョッパ回路で高電圧にできるので、界磁電流成分を大きくすることができ、始動トルクを大きくできる。

40

また、発電動作時には、バッテリー充電電圧より発電電圧が大きい場合にバッテリーとインバータ入力端子間に設けた降圧チョッパにより、高い発電電圧を降圧してバッテリー充電電圧に一致させることができる。

このように、本発明によれば、バッテリーを搭載したハイブリッド車であって内燃機関に連結された電動発電機を低速から高速までの範囲にわたり電動機運転あるいは発電機運転するものにおいて、特性が安定した電動トルク特性と発電特性が得られ、かつ高効率で制御ができるハイブリッド車における電動発電機及びその制御方法を提供することができる。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の実施例について説明する。図1は、永久磁石界磁形同期電動発電機を採用

50

したハイブリッド車における電動発電機システムの基本構成を示すブロック図である。
 図 1 の電動発電機システムにおいて、電動発電機 3 は内燃機関 1 を駆動すると同時に、内
 燃機関 1 の始動後は発電運転を行い、発電電力を高圧用（例えば 42V 系）の主 배터리
 10 に充電する。本構成では、内燃機関 1 とトランスミッション 2 の間に扁平構造の電動
 発電機 3 を設ける。電動発電機 3 は、ここでは永久磁石界磁形同期電動発電機とする。電
 動発電機 3 の出力はインバータ主回路 5 を介して降圧チョッパ回路 9 に導かれ、降圧チョ
 ッパ回路 9 で所定の 배터리 充電電圧になるように発電電圧が降圧されて主 배터리 10
 に供給される。また、降圧チョッパ回路 9 に対して、低圧用（例えば 14V 系）の補助バ
 ッテリ 8 が主 배터리 10 と並列に接続されている。補助 배터리 8 には、図示してない
 がランプ負荷、オーディオなどが接続される。

10

ハイブリッド車の全体的な制御は主コントローラ 4 で行われ、この主コントローラ 4 から
 の運転指令信号 70 等に基づいて M/G 制御回路 6 がインバータ主回路 5 や降圧チョッパ
 回路 9 を制御する。主コントローラ 4 からの指令等に基づき、エンジンコントロールユニ
 ット 40 が内燃機関 1 を制御する。同様に、主コントローラ 4 からの指令等に基づき、バ
 ッテリコントローラ 41 が DC/DC コンバータ 7 を制御し、電動発電機 3 からの出力を
 14V の充電電圧に制御し、低電圧 배터리 8 を充電する。

内燃機関 1 の始動時には、電動発電機 3 の電動運転で内燃機関 1 を始動する。すなわち、
 主 배터리 10 からの電流がダイオードを介して 배터리 電力がインバータ主回路 5 に入
 り、M/G 制御回路 6 の制御ソフトによりインバータ主回路 5 の出力が所定の電力量に制
 御され、電動発電機 3 が電動機としての動作を行って内燃機関 1 を始動する。

20

一方、電動発電機 3 の発電動作は、内燃機関 1 が始動した後に 배터리 を充電する動作で
 ある。この動作は内燃機関 1 からの動力で電動発電機 3 が発電動作となり、少なくともバ
 ッテリ充電電圧 V_{b1} より、インバータ 5 の入力側電圧もしくは電動発電機 3 側の発
 電電圧 V_g が $V_{b1} < V_g$ の関係にあるときに成り立つ。車両の如何なる運転状態でもバ
 ッテリへの充電時は V_g が 배터리 充電電圧に制御される。もし、発電電圧 V_g がバッテ
 リ充電電圧 V_{b1} より大きい場合には、インバータの主回路 5 を構成する M/G 制御回路
 6 で制御され、電機子電流の電流位相制御により、界磁磁束成分量を弱め界磁になるよ
 うに制御して発電電圧が 배터리 充電電圧になるようにする。

図 2 は、図 1 の詳細回路の一例で内燃機関 1 とトランスミッション 2 の間に電動発電機 3
 を設けた構成を示す。インバータ 5 と主 배터리 10 及び補助 배터리 8 の間に、降圧チョ
 ッパ回路 9 が設けられている。M/G 制御回路 6 は、制御用マイコン 61 とドライバ信
 号回路 62 を有する。制御用マイコン 61 は、CPU、メモリ、及びメモリに保持された
 各種の制御ソフトを含み、主コントローラ 4 からの運転指令信号 70 やインバータ入力電
 圧信号 63、充電電圧信号 64、電動発電機 3 の電流、位置検出信号（及び回転速度信号
 ）65 を取り込んで、ドライバ信号回路 62 の制御信号や降圧チョッパ回路 9 の制御信号
 を生成し出力する。

30

永久磁石界磁形同期電動発電機 3 は、回転子鉄心 31 と磁極を構成する永久磁石界磁 32
 とで回転子が構成される。なお、電動発電機として爪形磁極形電動発電機を採用しても良
 く、その場合には、励磁コイルを囲むようにした S、N 極の爪磁極で回転子が構成され
 る。また、電動発電機として誘導電動機を採用しても良く、その場合には、回転子鉄心内
 に設けたスロット内に二次導体をかご形に配置して回転子が構成される。

40

一方固定子は、固定子鉄心 33 に設けたスロット内に三相固定子巻線 34 を巻装した構成
 とし、外周側にはハウジング 35 を焼バメして設け、冷却用の水冷通路（図示せず）も設
 ける。なお、三相固定子巻線 34 としては、通常の分布巻と集中巻のいずれも巻装するこ
 とができる。

電動発電機 3 の回転子（31、32）は、内燃機関 1 のクランク軸と直結されている。も
 し、電動発電機 3 をトランスミッション 2 の中に設ける場合は、電動発電機 3 の回転子が
 トランスミッションの軸に直結されている。

内燃機関 1 に機械的に連結されている永久磁石形誘導同期電動発電機 3 の三相固定子巻線
 の端子は、三相配線 4 によりインバータ主回路 5 と電氣的に接続されている。インバータ

50

主回路 5 は、3 相各アームのスイッチング素子 5 1 a ~ 5 1 f と帰還ダイオード 5 2 a ~ 5 2 f からなり、スイッチング素子 5 1 a ~ 5 1 f のスイッチング動作は M / G 制御回路 6 のドライバ信号発生器 6 2 で動作する。ドライバ信号回路 6 2 は、制御用マイコン 6 1 の制御信号で制御される。

また、インバータ主回路 5 の入力側には、平滑用コンデンサ 1 1 が設けられており、さらに、主バッテリー 1 0 とコンデンサ 1 2 と平滑用コンデンサ 1 1 の間に降圧チョッパ 9 が設けられている。降圧チョッパ 9 は、スイッチング素子 9 1 とダイオード 9 2 の逆並列回路とリアクトル 9 3 及びダイオード 9 4 で構成されている。

図 2 において、内燃機関 1 を始動する場合、主バッテリー 1 0 の電力は、コンデンサ 1 2 を充電するとともにリアクトル 9 3、ダイオード 9 2 を介して平滑用コンデンサ 1 1 を充電し、その電圧がインバータ主回路 5 に印加される。

10

インバータ主回路 5 を動作させる M / G 制御回路 6 は、電動発電機 3 の位置センサ (ホール IC, レゾルバ等) 3 6 の検出信号で位置検出回路 3 7 からの位置信号 (及び回転速度信号) 6 5 をマイコン 6 1 に取り込む。また、平滑コンデンサ 1 1 と主バッテリー 1 0 の出力あるいは充電電圧 (インバータ入力電圧) 信号 6 4 を検出して制御用マイコン 6 1 に取り込んでいる。マイコン 6 1 は、電動機運転時に運転指令信号 7 0 と、位置検出信号 (及び回転速度信号) 6 5、バッテリー出力電圧信号 6 4 及びインバータ入力電圧信号 6 3 等の検出信号で、ドライバ信号発生器 6 2 に送る信号を作り、スイッチング素子 5 1 a ~ 5 1 f のゲートにドライバ信号を与えて、電動機を始動もしくはトルクアシストを行う。

図 3 に、本発明における運転モードと電動機等の制御及びバッテリー電圧 V b 等の関係を示す。内燃機関の始動時には強め界磁制御を行う。すなわち、制御用マイコン 6 1 は、始動時にインバータ主回路 5 に対して運転指令信号 7 0 に基づく PWM 制御 (pulse width modulation) を行うが、始動トルクを大きくするために、電動機運転時には固定子巻線に流れる電流位相を界磁電流成分 I f が + I f 1 に増加するように (強め界磁制御) ドライバ信号を制御する。

20

内燃機関の始動後、トルクアシストが必要な場合、強め界磁制御や昇圧動作を行い、さらに回転速度が上昇すると界磁電流成分が - I f 2 まで減少するように (弱め界磁制御) ドライバ信号を制御して電流位相を調整する。

内燃機関の回転速度がさらに上昇した場合、発電モードとなる。すなわち、電動発電機 3 の発電電圧が主バッテリー 1 0 の充電電圧 V b 0 より高くなるため、弱め界磁を行いながらもしくは降圧チョッパの通流率を小さくして、発電電圧が主バッテリー 1 0 の充電電圧に一致するように降圧チョッパの電圧制御を行う。

30

図 1、図 2 に示した実施例は、上記始動及び発電の運転モードを行うものであり、後で述べる他の実施例は、上記トルクアシストの運転モードも行うものである。

次に、上記図 1、図 2 に示した実施例における電動発電機 3 の発電動作を、図 4 ~ 図 6 により述べる。

図 4 は、電動発電機 3 の発電動作のフローを示すものである。キースイッチがオンになると (ステップ 4 0 2)、電動発電機 3 で内燃機関が駆動され (ステップ 4 0 4)、内燃機関が始動する (ステップ 4 0 6)。始動後、主バッテリー 1 0 の充電電圧 V b が所定の充電電圧 V b に達していなければ (ステップ 4 0 8) 充電電圧 V b になるまで待ち (ステップ 4 1 0)、次に、アイドル回転数に達しているかチェックし (ステップ 4 1 2)、アイドル回転数に達している場合発電動作となる。発電動作時は内燃機関 1 の回転動力が発電機の入力となり電圧 V g の発電電力を得るが、発電機も 3 相交流でインバータ主回路 5 のダイオード 5 2 a ~ 5 2 f を介して平滑用コンデンサ 1 1 を充電する (ステップ 4 1 6 ~ 4 1 8)。平滑用コンデンサ 1 1 の電圧 V g が主バッテリー 1 0 の充電電圧 V b になっていれば降圧チョッパ 9 のスイッチング素子 9 1 の通流率を 1 0 0 (%) にして (ステップ 4 2 0)、リアクトル 9 3 を介して主バッテリー 1 0 を充電する (ステップ 4 2 2)。すなわち、内燃機関の回転速度が上昇すると、電動発電機 3 の発電電圧が主バッテリー 1 0 の充電電圧より高くなる。このためインバータ主回路 5 の電流位相を制御して発電電圧が下がるように弱め界磁制御を行う。これにより、ある程度の回転数まで発電電圧を制御す

40

50

るが、それ以上の回転速度では巻線の温度上昇で限界があるので若干の弱め界磁を行いながらもしくは降圧チョッパの通流率を小さくして、主バッテリー10の充電電圧に一致するように降圧チョッパの電圧制御を行う。

図5はその動作を示しており、横軸が内燃機関1の回転速度（電動発電機3の回転速度）で縦軸は電動発電機3の発電電圧値 V_g により決まる平滑用コンデンサ11のコンデンサ電圧 V_c1 となり、電機子電流の位相を調整して強め界磁制御にした場合と弱め界磁制御にする場合の回転速度に対する変化を示す。

図5で、内燃機関1を始動してアイドル時の回転速度 N_1 とすると、この時、発電電圧による平滑用コンデンサ電圧が V_c1 で最小限の充電電流を維持している状態とする。このとき発電電動機3の界磁成分は強め界磁制御が行われているとした場合は、界磁電流成分 I_f1 が強め界磁側にあり、内燃機関1の回転速度が上昇して N_2 になると、発電電圧 V_g2 となり平滑用コンデンサの電圧が V_c2 と大きくなる。そこで、平滑用コンデンサの電圧 V_c2 をバッテリー充電電圧 V_b1 に一致させるべく、電動機の電流位相を制御して弱め界磁電流制御を行う。この場合、弱め界磁電流成分のみでバッテリー充電電圧に制御できれば降圧チョッパ回路は動作しなくとも良いが、回転速度が N_2 以上になると弱め界磁制御による銅損増加が大きくなる。そこで、回転速度が N_2 以上では、降圧チョッパ回路9を動作させ、平滑用コンデンサ11の電圧 V_c2 がバッテリー充電電圧 V_b1 と一致するように電圧変換比の設定を大きくすることにより主バッテリー10を充電する。

さらに内燃機関1の回転速度が上昇して最大回転速度 N_3 となった場合、弱め界磁電流成分が大きくできないので、さらに降圧チョッパ6の電圧変換比（ V_c3 / V_b1 ）を大きくすることにより、最大回転速度でも主バッテリー10への充電がを能にする。ここでは、弱め界磁電流制御量と降圧チョッパの電圧変換比の設定は、発電効率として最大効率を得られるように設定することができる。

図6は、上記実施例における内燃機関1の回転速度 N と平滑用コンデンサの電圧 V_c2 との関係を示すものであり、回転速度 $N = 700 \text{ rpm}$ 以上では、回転速度 N の増加に応じて降圧チョッパによる電圧降圧量が増大し、平滑用コンデンサの電圧 V_c2 は、一定値 V_b1 に維持される。

再び、図4の電動発電機3の発電動作のフローに戻って、ステップ408で、主バッテリー10の充電電圧 V_b が所定の充電電圧 V_b に達している場合、あるいは始動後の発電により充電電圧 V_b に達した場合、次に、アイドルストップモードか否かの判定を行い（ステップ424）、アイドルストップモードでなければバッテリーの電圧制御を継続する（ステップ426）。一時停止のためのアイドルストップの場合（ステップ430）、エンジンを停止し（ステップ432）、アクセルが再びオンになるのを待って（ステップ404）に戻り、電動発電機3でエンジンを再始動する。キースイッチがオフの場合は、エンジン停止処理を行って、ステップ4042に戻る。

次に、図7～図11に本発明の他の実施例を示す。この実施例は、先に述べたように、内燃機関の始動後、トルクアシストが必要な場合、強め界磁制御や昇圧動作を行い、さらに回転速度が上昇すると界磁電流成分が $-I_f2$ まで減少するように（弱め界磁制御）ドライバ信号を制御して電流位相を調整するものである。

まず、図7は図1と同様な電動発電機駆動システムの主なる構成を示す。この実施例では、降圧と昇圧の機能を有する昇降圧チョッパ回路100を主バッテリー10とインバータ主回路5の間に設け、電動機運転時はインバータ主回路5と制御回路6とで固定子巻線の電流位相制御と昇圧チョッパ回路100を動作させ、発電動作時は図1と同様に固定子巻線の電流位相制御と降圧チョッパ回路9を動作させて、常に発電電圧がバッテリー充電電圧になるように電圧制御を行う構成としている。なお、主コントローラ等、図1と同じ構成のものは図示を省略する。

次に、図8の回路図で図2と異なる点を重点に説明する。

図8において、昇圧チョッパ回路100はスイッチング素子101と帰還ダイオード102で構成される。リアクトル93は昇圧チョッパ回路100が動作するときにも必要であり、降圧チョッパ回路9が動作するときと共用することになる。低電圧系のバッテリー8と

10

20

30

40

50

DC/DCコンバータ7は、図1、2と同様に、主バッテリー10と昇圧チョッパ回路100との間に接続している。

次に、その動作について8により述べる。内燃機関1を始動するために、前述と同様に電動発電機3を電動機として駆動する場合、昇圧チョッパ回路100を動作させてバッテリー電圧より高く設定する。

この時、インバータ主回路5と制御回路6で制御する固定子巻線34の電流位相制御は、図11に示すように内燃機関の回転速度がN1では強め界磁となるような界磁電流成分が得られるようにする。このときの昇圧電圧値は固定子巻線電流が所定の加速電流値の範囲に流れるように電流リミッタ(図示せず)が入っている。内燃機関1が始動するまでは電動機電流が所定の加速電流値となるように昇圧電圧値を増加して回転速度を上昇させる。内燃機関1が始動してアイドル状態になり、内燃機関の発生トルクに電動機の発生トルクを加えるトルクアシストを行う場合は、昇圧チョッパ回路100を動作させ、バッテリー電圧より大きい電圧に昇圧して電圧を電動機端子に印加することにより、内燃機関1のトルクアシストが可能になる。

図10は、内燃機関1の回転数とモータートルクの関係を示すものであり、例えば内燃機関1の回転数N=400rpm間での範囲で最大のモータートルクが得られるよう昇圧チョッパ回路9を動作させる。このとき電動機の電流位相は回転速度とアシストトルクの大きさで左右されるが、図11の界磁電流成分の制御は回転速度の上昇とともに弱め界磁電流成分となるように弱め界磁制御も行う。

昇圧チョッパ回路100の動作は、主バッテリー10と並列に設けているスイッチング素子101をオンすると瞬間的にリアクトル93を介して主バッテリー10を短絡することになり、リアクトルには大きい短絡電流が流れている状態で、スイッチング素子101をオフするとリアクトルに蓄えられたエネルギーがダイオード92を介して平滑用コンデンサ11を充電し、インバータ5の入力側の電圧を上昇することができる。すなわち電圧の大きさを制御できるのでPAM制御(Pulse amplitude modulation)ができる。

このときインバータ主回路5は、制御回路6のドライバ信号で通流率を大きめもしくは100(%)に設定できる。この結果、電動発電機3の入力電圧が大きくなり、内燃機関1の始動後も電動発電機3の逆起電力より昇圧することにより、電動機端子電圧を大きくできるので、電動機の固定子巻線内に加速電流を流すことができ、内燃機関1のトルクをアシストするトルクを発生することができることになる。

なお、内燃機関1の始動時に昇圧チョッパ回路100を動作させると、同一の入力の場合にはインバータ制御による電流位相制御と電動発電機3の電動機端子電圧を大きくすることができるので、電動機の始動電流が小さくでき、インバータ主回路5のスイッチング素子51a~51fの電流容量を小さくできる。

次に、発電動作を行う場合は、昇圧チョッパ回路100を動作させないで、図2に示した場合と同様に降圧チョッパ回路9を動作させる。この場合も、弱め界磁のためにインバータ主回路5と制御回路6の動作による固定子巻線34の電流位相制御と降圧チョッパ回路9との併用で、発電効率の高い運転ができる。

なお、この場合でも低電圧システムへの電力の供給は、高電圧システムからDC-DCコンバータ10を介して降圧してバッテリー8の充電電圧に制御する。

なお、弱め界磁電流成分があまりにも大きい場合には、界磁巻線の銅損が大きくなるので、永久磁石型モーターよりも、誘導電動機の方が良い。

なお、車両の運転モードによって、永久磁石形誘導同期電動発電機3は電動機、発電機としての動作に切替えるが、モード切替および永久磁石形誘導同期電動発電機3への指令値は自動車としての主コントローラ4で判断、計算を行い、インバータ5の制御回路6のマイコン61に指令値を入力することで、永久磁石形誘導同期電動発電機3を制御する。

図9に、この実施例における動作フローを示す。内燃機関の始動直後、アクセルの踏み込み量が大きいすなわちトルクアシストが必要な場合(ステップ440)、強め界磁制御を行い、さらに回転速度が上昇すると界磁電流成分が減少(弱め界磁制御)するようにドラ

10

20

30

40

50

イバ信号を制御して電流位相を調整するとともに、昇圧チョッパ制御も行う（ステップ440）。

本発明では、電動発電機として誘導電動機を採用することもできる。図12(a), (b)に、バッテリー電圧を一定にした状態で電動機運転時の電動機運転時のモータトルクと固定子巻線の電流位相の制御による弱め界磁電流成分の回転速度に対する変化を示している。一般に、低回転速度でトルクが必要とするときは強め界磁電流成分が得られるように制御し、高回転速度では逆起電力を小さくするために弱め界磁電流成分が得られるように電流位相を制御する。図7(b)で界磁電流成分が正の場合は強め界磁で、負の場合は弱め界磁制御となる。

電動発電機B（特性B）は最大トルクにおける回転速度が2000rpmで、最大回転速度が6000rpmの場合を示している。電動発電機Bの弱め界磁率は2000:6000なので1:3となる。一方、電動発電機A（特性A）は、最大トルクにおける回転速度を500rpmとして、最大回転速度を6000rpmとした場合で、これより電動発電機Aの弱め界磁率は500:6000で1:12となる。

電動発電機を発電機運転時する場合は、内燃機関のアイドル回転速度（700rpm前後）から内燃機関の最大回転速度（6000rpm）範囲で発電動作を行うので、高回転速度時には固定子巻線の電流位相を調整する方式では発電電圧が大きすぎるので弱め界磁電流成分が十分得られずバッテリー充電電圧に一致させることは困難である。本発明の方法により、電動発電機として特性Bのような誘導電動機を用いることも可能になる。

以上述べたように、本発明によれば、バッテリーを搭載したハイブリッド車であって内燃機関に連結された電動発電機を低速から高速までの範囲にわたり電動機運転あるいは発電機運転するものにおいて、特性が安定した電動トルク特性と発電特性が得られ、かつ高効率で制御ができるハイブリッド車における電動発電機及びその制御方法を提供することができる。

すなわち、本発明によれば、内燃機関を始動するためと発電電力を得る電動発電機を、内燃機関とトランスミッションの間に直結して、バッテリーの電力でインバータを介して内燃機関の始動及び発電動作を行うシステムにおいて、内燃機関始動時は主（42V系）バッテリーとインバータの間に昇圧チョッパ回路を挿入して、インバータ入力の直流電圧入力を昇圧チョッパ回路の動作で高電圧化して電動発電機の電動機動作時に印加するようにしたことにより、従来の固定子巻線の電流位相制御による強め、弱め界磁制御のみの場合に比して、電動機時、発電機時とも運転できる回転速度領域が広がり、かつ高効率で安定した動作が得られる効果がある。

また、一般的な永久磁石式同期発電機の問題点である（弱め界磁は出力を発生しない。）バッテリー充電電圧を上回る誘起電圧を抑制するために行う弱め界磁電流制御成分の大きさを、電圧昇圧機能及び電圧降圧機能のおかげで小さく設定できる効果もある。

さらに内燃機関始動時は、電動発電機の電動機運転時に高トルクが要求され、始動電流が大きくなるが、バッテリー電圧を昇圧して高電圧の状態インバータに入力して電動機に印加できるので、高電圧で出力を確保し、始動電流を小さくすることができる。その結果、インバータの主回路のスイッチング素子の電流容量を小さくできるので、コスト的に安価なインバータとすることができる。

また、本発明は、電動発電機として、永久磁石形同期電動発電機、爪形磁極同期電動発電機及び誘導電動機のいずれを用いた場合でも内燃機関の運転回転速度範囲で良好な始動特性並びに高効率を得られる効果がある。

【図面の簡単な説明】

図1は、本発明の一実施例を示す自動車用電動発電機のシステム構成ブロック図である。

図2は、本発明の一実施例を示す電動発電機とシステムの回路構成図である。

図3は、本発明の動作モードの説明図である。

図4は、本発明の一実施例の動作フローを示す図である。

図5は、本発明の一実施例の電動発電機の発電機動作時で降圧チョッパ動作時のシステム動作説明図である。

10

20

30

40

50

図 6 は、降圧チョッパの動作説明図である。

図 7 は、本発明の他の実施例になる自動車用電動発電機のシステム構成ブロック図である。

図 8 は、図 7 の実施例の電動発電機とシステムの回路構成図である。

図 9 は、本発明の他の実施例の動作フローを示す図である。

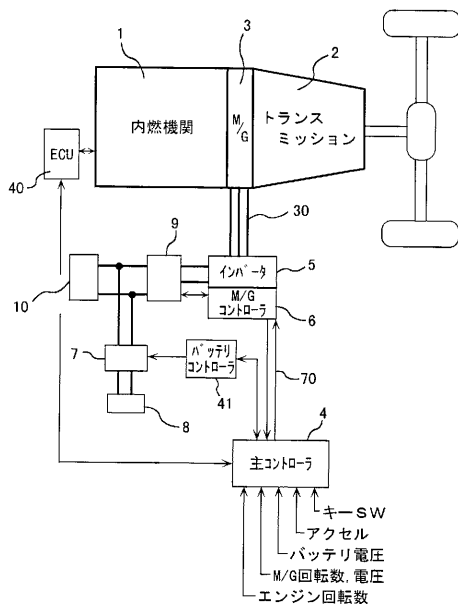
図 10 は昇圧チョッパの動作説明図である。

図 11 は、本発明の他の実施例の電動機発電機の電動機運転時の回転速度に対する昇圧チョッパ回路動作時のシステム動作説明図。トルク特性と弱め界磁電流の説明図である。

図 12 は、回転速度範囲が異なる電動発電機の電動機運転時の始動トルクと固定子巻線電流の位相調整によって得られる界磁電流成分の回転速度に対する変化の説明図である。

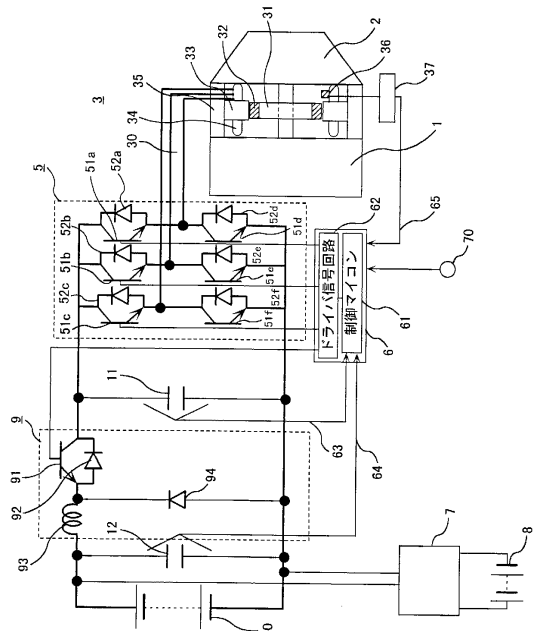
【図 1】

第 1 図



【図 2】

第 2 図



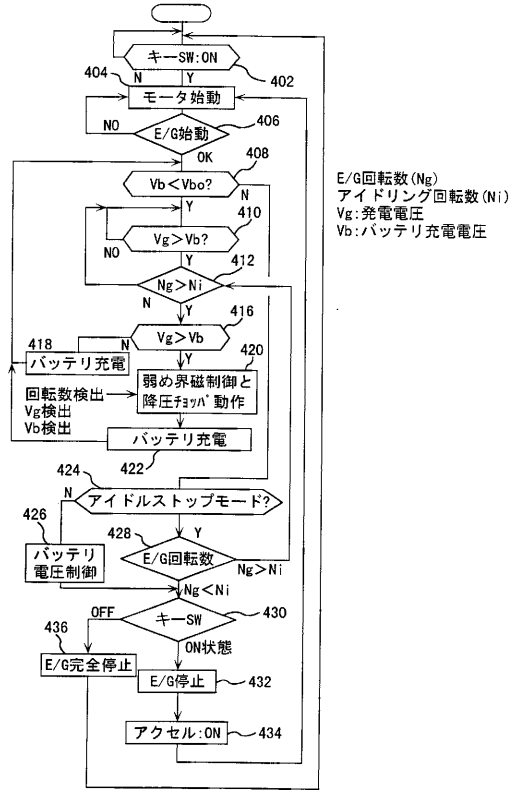
【図3】

第3図

| | | | |
|-------|-------------------|---------------------------|-----------------|
| 運転モード | 内燃機関始動 | 内燃機関トルクアシスト | 発電 |
| 制御 | (昇圧チョップ)+ 強め界磁 | (昇圧チョップ)+ 強め界磁 弱め界磁 | 降圧チョップ+ 弱め界磁 |

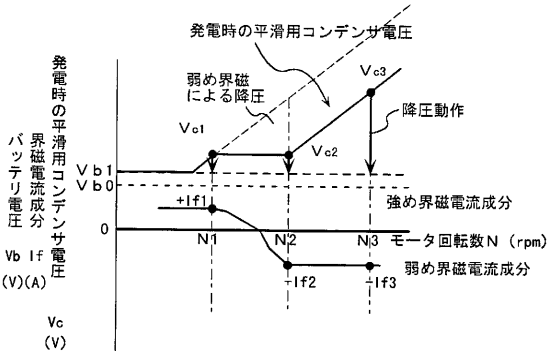
【図4】

第4図



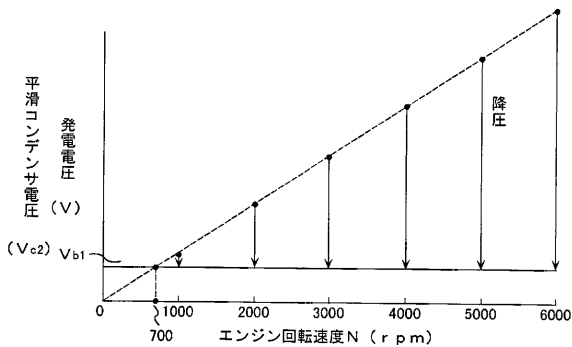
【図5】

第5図



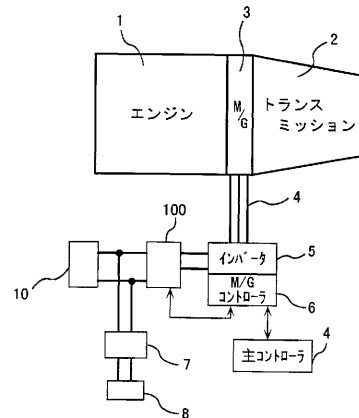
【図6】

第6図

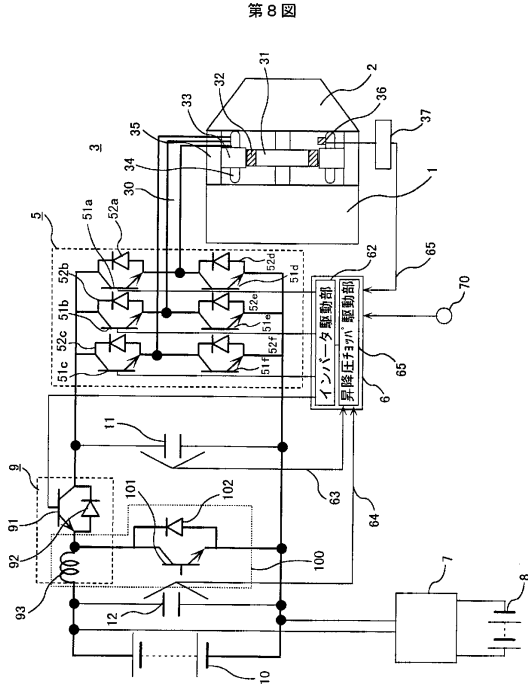


【図7】

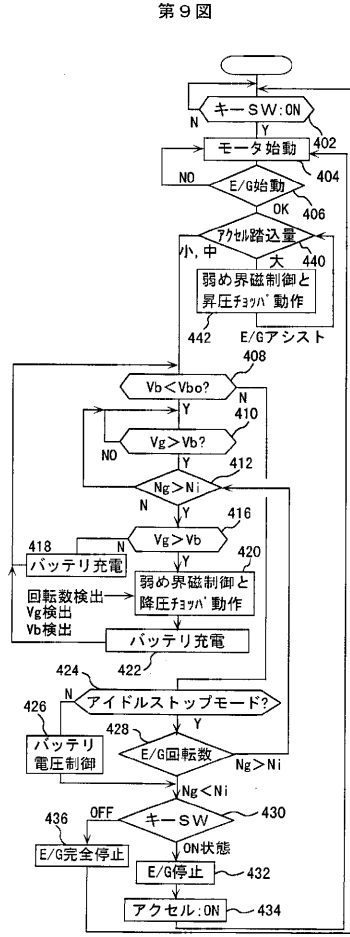
第7図



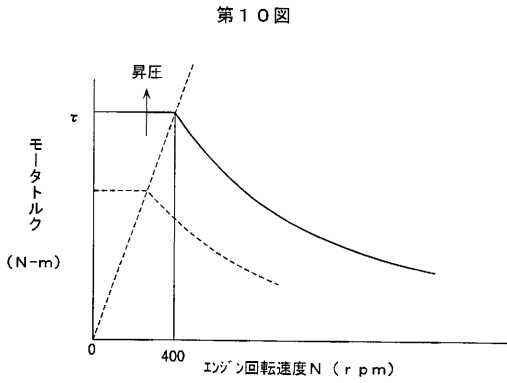
【図8】



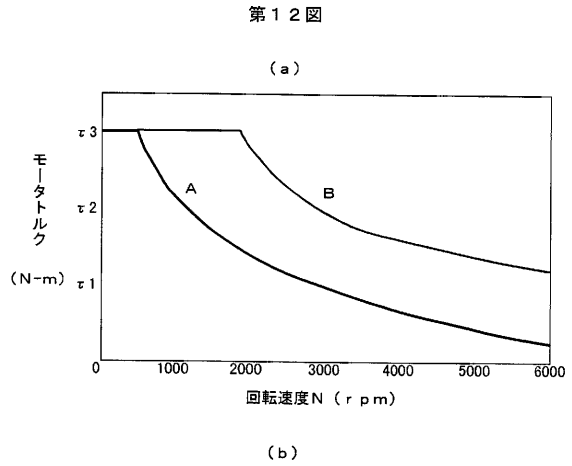
【図9】



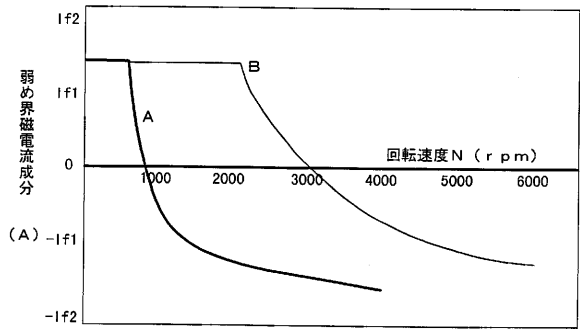
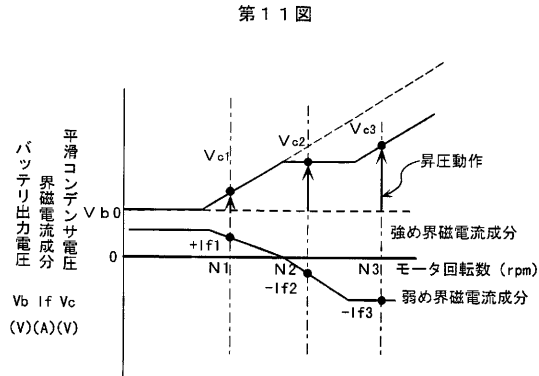
【図10】



【図12】



【図11】



 フロントページの続き

- (72)発明者 金 弘中
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社 日立製作所 日立研究所内
- (72)発明者 遠藤 常博
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社 日立製作所 日立研究所内
- (72)発明者 正木 良三
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社 日立製作所 日立研究所内
- (72)発明者 安嶋 耕
茨城県ひたちなか市高場2477番地 株式会社 日立カーエンジニアリング内
- (72)発明者 印南 敏之
茨城県ひたちなか市高場2520番地
プ内 株式会社 日立製作所 自動車機器グループ
- (72)発明者 増野 敬一
茨城県ひたちなか市高場2520番地
プ内 株式会社 日立製作所 自動車機器グループ
- (72)発明者 櫻井 芳美
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社 日立製作所 日立研究所内

審査官 村上 哲

- (56)参考文献 特開平11-220812(JP,A)
特開平11-004506(JP,A)
特開平06-113407(JP,A)
特開平05-030606(JP,A)
特開平03-256505(JP,A)
特開平11-136806(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B60L 11/14