

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-115135

(P2012-115135A)

(43) 公開日 平成24年6月14日(2012.6.14)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO2M 7/48 (2007.01)	HO2M 7/48	5H007
B60L 9/18 (2006.01)	B60L 9/18	5H125

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2011-250220 (P2011-250220)
 (22) 出願日 平成23年11月16日 (2011.11.16)
 (31) 優先権主張番号 12/949, 862
 (32) 優先日 平成22年11月19日 (2010.11.19)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 390041542
 ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネクタディ、リバーロード、1番
 (74) 代理人 100137545
 弁理士 荒川 聡志
 (74) 代理人 100105588
 弁理士 小倉 博
 (74) 代理人 100129779
 弁理士 黒川 俊久
 (72) 発明者 アイマン・モハメッド・ファジ・エルレーファイ
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州・12309、ニスカユナ、ワンン・リサーチ・サークル

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 一体化された電気機械と炭化ケイ素電源コンバータアセンブリおよびその作製方法

(57) 【要約】

【課題】 単一の冷却ループ内で一体化されたモータと電力コンバータとを備える装置、およびその製造方法を提供すること。

【解決手段】 ロータおよびステータを含む電気機械と、電気機械に電氣的に結合され、電気機械を駆動するために直流接続路電圧を交流出力電圧に変換するように構成された電力コンバータと、単一の冷却ループとを備える電気駆動システムであって、電気機械と電力コンバータが単一の冷却ループ内で一体化される、電気駆動システム。

【選択図】 図2

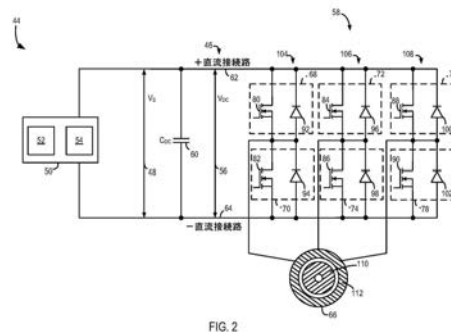


FIG. 2

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ロータ（110）およびステータ（112）を含む電気機械（66、208）と、
前記電気機械（66、208）に電氣的に結合され、前記電気機械（66、208）を
駆動するために直流接続路電圧を交流出力電圧に変換するように構成された電力コンバー
タ（58、210）と、

単一の冷却ループ（202）とを備える電気駆動システム（44）であって、前記電気
機械（66、208）と前記電力コンバータ（58、210）が前記単一の冷却ループ（
202）内で一体化される、電気駆動システム（44）。

【請求項 2】

10

前記電力コンバータ（58、210）が複数の炭化ケイ素（SiC）スイッチングデバイス（80、82、84、86、88、90）を備える、請求項 1 記載の電気駆動システム（44）。

【請求項 3】

前記複数の炭化ケイ素（SiC）スイッチングデバイス（80、82、84、86、88、90）が複数の SiC 金属酸化膜半導体電界効果トランジスタ（MOSFET）を含む、請求項 2 記載の電気駆動システム（44）。

【請求項 4】

前記複数の SiC MOSFET が少なくとも 200 の温度定格を有する、請求項 3 記載の電気駆動システム（44）。

20

【請求項 5】

前記単一の冷却ループ（202）が、前記電気機械（66、208）および電力コンバータ（58、210）の温度を、150 を上限として調節するように構成される、請求項 1 記載の電気駆動システム（44）。

【請求項 6】

前記電気機械（66、208）が永久磁石機械および誘導機械のうち的一方である、請求項 1 記載の電気駆動システム（44）。

【請求項 7】

前記電気機械（66、208）が、3相、5相、7相、および9相のうち少なくとも1つで構成される、請求項 6 記載の電気駆動システム（44）。

30

【請求項 8】

前記電力コンバータ（58、210）がさらに、前記複数の SiC MOSFET と逆並列配置で接続された複数のダイオード（92、94、96、98、100、102）を備える、請求項 1 記載の電気駆動システム（44）。

【請求項 9】

前記電力コンバータ（58、210）が、3相、5相、7相、および9相のうち少なくとも1つで構成される、請求項 1 記載の電気駆動システム（44）。

【請求項 10】

前記電力コンバータ（58、210）が、前記電気機械（66、208）のハウジング内に完全に一体化される、請求項 1 記載の電気駆動システム（44）。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の諸実施形態は、一般に電気機械に関し、より具体的には単一の冷却ループ内で一体化された電気機械と電源コンバータに関し、この電源コンバータは、炭化ケイ素金属酸化膜半導体電界効果トランジスタ（MOSFET）を備える。

【背景技術】

【0002】

様々な用途、特にハイブリッド自動車および/または電気自動車の駆動用途では、高電力密度および高効率の電気機械（すなわちモータおよび発電機）が長い間一般に必要とさ

50

れてきた。エネルギー供給および環境に関する理由により、効率も信頼性も高く、しかも標準的な消費者にとって妥当な価格のハイブリッド電気自動車および/または電気自動車を製造しようとする動機付けが高まってきた。しかし、ハイブリッド電気自動車および電気自動車に利用可能な駆動モータ技術は、一般にコストが法外に高く、それによって、消費者の値ごろ感または製造者の収益性の一方(または両方)が低下することになる。

【0003】

最も多く製品化されているハイブリッド電気自動車および電気自動車は、駆動用途の内部永久磁石(IPM)電気機械に依拠している。というのは、IPM機械は、広い速度範囲にわたって高い電力密度および高い効率を有することが分かっており、また前輪駆動自動車に容易に搭載されるからである。しかし、IPM機械だけが駆動用途で使用される電気機械ではない。誘導機械など他の種類の電気機械にも、これらが特定の駆動用途で望ましいものとされるいくつかの利点がある。

10

【0004】

利用される電気機械の種類にかかわらず、動作中の電気機械に電力を供給するには様々な電力電子デバイスが必要とされる。これらの電力電子デバイスは従来、シリコン制御整流器(SCR)、絶縁ゲートバイポーラトランジスタ(IGBT)、および/または電界効果トランジスタ(FET)を含んでいた。ハイブリッド電気自動車および/または電気自動車の用途では、直流電源は一般に電池から、あるいは電池または他のエネルギーコンバータを内蔵する電力供給システムから入手可能である。電力コンバータを使用してこの電力を、自動車の1つまたは複数のモータを駆動する交流(AC)波形に変換する。次に、モータは、動力伝達要素を駆動する役割を果たして自動車を推進させる。

20

【0005】

電力電子デバイスは、ハイブリッド電気駆動システムおよび電気駆動システムが機能するのに不可欠であるが、このような用途では、そのサイズおよび配置に対して固有の制約がある。動作中の電気機械によって発生する熱など、電気機械を取り囲む領域の変化する環境状態により、システムの電力コンバータは一般に、それが結合される電気機械から比較的遠く離して取り付けられる。この取付け箇所の離れていることが、過熱による電力コンバータの部品故障を防止する助けになる。しかし、このように離して取り付けることには、いくつかの欠点もある。1つの欠点は、電力コンバータを電気機械と結合するのに必要な延長ケーブル接続により、電磁妨害(EMI)が増加することである。別の欠点は、電気機械で利用されるどの冷却ループとも完全に別個の冷却ループである、電力コンバータ自体に設けられるべき専用の冷却ループが必要なことである。この別個の冷却ループにより、コスト、重量、およびシステム全体の複雑さが大幅に増すだけでなく、システムの全体のサイズが増大する。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】米国特許出願公開第2010/0200931号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0007】

したがって、単一の冷却ループ内で一体化されたモータと電力コンバータとを備える装置、およびその製造方法を有することが望ましい。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の一態様によれば、電気駆動システムが提示され、この電気駆動システムは、ロータおよびステータを含む電気機械と、電気機械に電氣的に結合され、電気機械を駆動するために直流接続路電圧を交流出力電圧に変換するように構成された電力コンバータと、単一の冷却ループとを備え、電気機械と電力コンバータは単一の冷却ループ内で一体化される。

50

【 0 0 0 9 】

本発明の別の態様によれば、電気駆動システムを製造する方法が提示され、この方法は、複数の炭化ケイ素（S i C）スイッチングデバイスを有する、電源に結合可能なS i C電力コンバータを用意するステップと、ロータおよびステータを有する電気機械を用意するステップと、S i C電力コンバータを電気機械に結合して電気機械を駆動するステップと、冷却ループを用意するステップとを含み、S i C電力コンバータと電気機械は、冷却ループ内で一体化される。

【 0 0 1 0 】

本発明の別の態様によれば、自動車駆動システムが提示され、この自動車駆動システムは、ロータおよびステータを含むモータと、直流接続路と、モータを駆動するために直流接続路とモータの間に電氣的に結合された電力コンバータとを備え、電力コンバータは、複数の炭化ケイ素（S i C）スイッチングデバイスと冷却ループとを備え、モータと電力コンバータは冷却ループ内で一体化される。

10

【 0 0 1 1 】

他の様々な特徴および利点は、以下の詳細な説明および図面から明らかになる。

【 0 0 1 2 】

図面は、本発明を実施するために現在企図されている実施形態を示す。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 3 】

【 図 1 】 従来の電気機械駆動システムを示す図である。

20

【 図 2 】 本発明の一実施形態による電気機械駆動システムを示す図である。

【 図 3 】 本発明の一実施形態による電気機械駆動システムの冷却ループの概略図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 4 】

図 1 は、従来の三相電気機械駆動システム 1 0 を示す。システム 1 0 は、直流入力電圧を供給する直流接続路 1 2 を含み、この直流入力電圧は、交流電気機械 1 4 に電力供給する交流波形に変換すなわち直交変換される。入力フィルタコンデンサ 1 6 は、電力が直流接続路 1 2 から交流電気機械 1 4 へ流れるときに直流接続路 1 2 上の電圧 V D C をフィルタリングするように、直流接続路間に結合される。この電力の流れの方向は、「モータリング」モード動作と呼ばれることが多い。電力の流れの方向が電気機械 1 4 から電力コンバータ 1 8 に向かう場合には、電力コンバータ 1 8 への入力電圧は電気機械 1 4 からの交流になるが、電力コンバータ 1 8 からの出力は直流接続路 1 2 上の直流電圧である。電力が交流電気機械 1 4 から電力コンバータ 1 8 へ流れる動作は、回生ブレーキモード動作と呼ばれることが多く、この動作は、例えば自動車では、下り坂斜面で所与の値の速度に維持することが望ましい場合、または自動車を減速している間、有効である。電力コンバータ 1 8 は、直流接続路 1 2 から入力電圧を受け取る。電力コンバータ 1 8 は、直列接続された 2 つのスイッチングデバイスを相枝路ごとに有する典型的な三相インバータである。例えば、デバイス 2 0 と 2 2 は第 1 相枝路を形成し、デバイス 2 4 と 2 6 は第 2 相枝路を形成し、デバイス 2 8 と 3 0 は第 3 相枝路を形成する。デバイス 2 0 ~ 3 0 は、例えば、シリコン I G B T、M O S F E T、シリコンバイポーラダーリントン電力トランジスタ、G T O、S C R、または I G C T タイプのデバイスなど、従来のシリコン半導体スイッチングデバイスである。ダイオード 3 2、3 4、3 6、3 8、4 0、4 2 は、それぞれのシリコンスイッチングデバイス 2 0 ~ 3 0 の両端間に逆並列の関係で結合される。

30

40

【 0 0 1 5 】

図 2 は、本発明の一実施形態による電気機械駆動システム 4 4 を示す。駆動システム 4 4 は、直流電源電圧 V_s 4 8 を有する直流接続路 4 6 を含む。駆動システム 4 4 は、直流電源電圧 V_s 4 8 を供給する電源 5 0 を含む。一実施形態では、電源 5 0 は交流電源 5 2 と、交流電源 5 2 の電圧を直流接続路電圧すなわち直流電源電圧 V_s に変換するように構成された整流器 5 4 とを含む。別の実施形態では（図示せず）、電源 5 0 は、電池、燃料電池、付随の電力電子コンバータを備えるフライホイールなどの直流電源 5 4 を含む

50

。さらに別の実施形態では、電源50は、電池、燃料電池、ウルトラキャパシタ、フライホイールなどの直流電源52を、電源電圧を直流接続路電圧すなわち電源電圧 V_S に昇圧する双方向DC-DC電圧コンバータ54に結合された付随の電力電子制御部と共に含む。直流接続路46は、直流出力電圧 V_{DC} 56を電力コンバータすなわちインバータ58に供給する。入力フィルタコンデンサ60が、正直流レール62と負直流レール64の間に示されており、これは、電源50からの高周波電流に対するフィルタ機能の役割を果たして、正レール62と負レール64の間の電力品質を確保する。

【0016】

電力コンバータ58は、直流接続路46から直流入力電圧 V_{DC} 56を受け取り、それを変換すなわち直交変換して、以下で詳細に説明する電気機械66を駆動するのに適した交流電力の形を得る。

10

【0017】

一実施形態によれば、電力コンバータ58は、複数のスイッチングデバイス68、70、72、74、76、78を有する三相DC-ACインバータである。各スイッチングデバイス68~78は、炭化ケイ素(SiC)MOSFET80、82、84、86、88、90、および付随の逆並列ダイオード92、94、96、98、100、102を含む。

【0018】

SiCは結晶物質であり、その材料特性により、高電圧用途および大電力用途でシリコンの魅力的な代替品になる。例えば、SiCは大きなバンドギャップを有し、このため漏洩電流が非常に小さくなり、それによって高温動作が容易になる。実際、SiC基板上に製造された半導体デバイスは、200を超える温度に耐えることができる。SiCはまた、シリコンの約10倍という高い破壊電界、およびシリコンの約3倍の熱伝導率を有し、それによって、SiC回路を用いて高い電力密度に対応することが可能になる。さらに、SiCの高い電子移動度が高速スイッチングを可能にする。したがってSiCは、次世代の電力半導体デバイスの製造で使用するのに有利な材料と考えられてきた。このようなデバイスには、例えば、ショットキーダイオード、サイリスタ、およびMOSFETが含まれる。

20

【0019】

図2で左から右へ移動すると、スイッチングデバイス68、70は第1の出力相104に付随し、スイッチングデバイス72、74は第2の出力相106に付随し、スイッチングデバイス76、78は第3の出力相108に付随している。図2には三相電力コンバータが示されているが、本発明の諸実施形態は、どんな多相電力コンバータにも同様に適用可能であることを当業者は理解されよう。例えば、代替実施形態には、様々な数の相、例えばn相を備える構成が含まれ、ここで $n=1, 2, 4, 5$ 、またはより大きい数であり、電力コンバータの各相には、デバイス68、70と類似の複数のスイッチングデバイスが含まれ、それぞれにダイオード92、94と類似の付随の逆並列ダイオードが備わる。

30

【0020】

電力コンバータ58は、電気機械66を駆動するように構成される。一実施形態では、電気機械66は、永久磁石ロータ110およびステータ112を有する永久磁石電気機械として構成される。しかし代替実施形態では、電気機械66は、誘導機械、または駆動用途で動作できる他の任意の適切な電気機械として構成することができる。さらに、電気機械66はまた、ハイブリッド電気自動車(HEV)またはプラグインハイブリッド電気自動車(PHEV)の動作を助けるための電力を発生する補助電源ユニット(APU)内で、熱機関に結合することもできる。

40

【0021】

前述のように、SiC基板上に製造された半導体デバイスは、200を超える温度に耐えることができる。したがって、SiC MOSFET 86~96は、従来の電力電子素子よりもかなり高い定格である、少なくとも200の温度定格を有する。電力電子素子が高温の影響を受けやすいことにより、電気機械に結合される従来の電力コンバータ

50

は電気機械からかなり遠く隔てて取り付けられ、それ自体の冷却ループを備えるのに対して、SiC MOSFET 80~90を備える電力コンバータ58は、このように遠隔に配置する必要がない。

【0022】

それに応じて、図3を参照すると、本発明の別の実施形態が示されている。図3は、駆動システム200の概略図を示し、このシステムは、冷媒入力部204および冷媒出力部206を有する単一の冷却ループ202を備える。冷媒入力部204を経由して単一の冷却ループ202に入る冷媒は、任意の適切な冷媒でよい(例えば、液体、空気など)。具体的には、冷却ループ202に使用される冷媒は、不凍液または自動車トランスミッション液とすることができる。電気機械208は、冷却ループ202内に配置される。電力コンバータ210は電気機械208に結合され、やはり冷却ループ202内に配置される。電力コンバータ210は、電気機械208との三相接続を有するように示されているが、本発明はこのような接続に限定されない。例えば、電気機械208と同様に、電力コンバータ210もまた、3相、5相、7相、9相、またはさらに大きい数の相を含む、他の数の多相を使用すると想定される。

【0023】

図3には示されていないが、電力コンバータ210は、図2に関して示され説明された電力コンバータ58と同様に構成されることを理解されたい。つまり、電力コンバータ210は、その中に複数のSiC MOSFETを備え、このSiC MOSFETは、少なくとも200の温度定格を有するとともに、スイッチング損失が低い。一実施形態では、電力コンバータ210と、電源電圧52を直流接続路46に向けて昇圧する双方向DC-DC電圧コンバータ54とのパッケージングは、電気機械のハウジング内で完全に一体化し、単一の冷却ループで冷却できることが想定される。さらに、双方向DC-DC電圧コンバータ54内の各スイッチングデバイス(図示せず)は、電力コンバータ210内と同様の熱特性および高周波スイッチング性能を備えた炭化ケイ素(SiC)MOSFETおよび付随の逆並列ダイオードを含むことも想定される。電力コンバータ210が冷却ループ202内で電気機械208と完全に一体化することができるのは、これらのユニークな特徴による。というのは、電力コンバータ210が大きな熱負荷を少しも冷却ループに付加しないからである。電力コンバータ210内のSiC MOSFETの温度定格が高いことでまた、電力コンバータ210を電気機械208の近傍に配置することも可能になる。実際、図3には示されていないが、電力コンバータ210を電気機械208と同じハウジングの中に組み込み、それによって、いっそうコンパクトで簡略化された駆動システムを作り上げることができる。単一の冷却ループ202は、電気機械208および電力コンバータ210の温度を、十分に両デバイスの温度定格内である150を上限として調節するように構成される。

【0024】

加えて、図3には示されていないが、駆動システム200はさらに、図2に関して示され説明されたように、直流接続路を介して電力コンバータ210に結合された電圧源(例えば、電池、ウルトラキャパシタ、フライホイールなどのうち少なくとも1つ)を備えることを理解されたい。電圧源は、単一の冷却ループ202の外部に配置されることになる。

【0025】

図3に示される単一の冷却ループ202を使用すると、駆動システム全体の重量、コスト、および複雑さを大幅に低減することができる。電気機械208と電力コンバータ210を単一の冷却ループ202の中に集約することによって可能になったコスト、重量および複雑さの低減という利益に加えて、駆動システム200はまた、従来の電気駆動システムと比較して電磁妨害(EMI)の低減も実現する。このEMIの低減は、電力コンバータ210を電気機械208のすぐ近傍に取り付ける(または一体化する)ことができ、それによって、電力コンバータを電気機械に結合する長いシールドケーブルが不要になることによる。これらの長いシールドケーブル、および電力コンバータと電気機械の間の距離

10

20

30

40

50

の延長により一般に、大きな E M I が生じることが知られている。このようなケーブルが不要になると、それによって E M I が低減する。

【 0 0 2 6 】

したがって、本発明の一実施形態によれば、電気駆動システムが提示され、この電気駆動システムは、ロータおよびステータを含む電気機械と、電気機械に電氣的に結合され、電気機械を駆動するために直流接続路電圧を交流出力電圧に変換するように構成された電力コンバータと、単一の冷却ループとを備え、電気機械と電力コンバータは単一の冷却ループ内で一体化される。

【 0 0 2 7 】

本発明の別の実施形態によれば、電気駆動システムを製造する方法が提示され、この方法は、複数の炭化ケイ素 (S i C) スイッチングデバイスを有する、電源に結合可能な S i C 電力コンバータを用意するステップと、ロータおよびステータを有する電気機械を用意するステップと、電気機械を駆動するための電気機械に S i C 電力コンバータを結合するステップと、冷却ループを用意するステップとを含み、 S i C 電力コンバータと電気機械は冷却ループ内で一体化される。

10

【 0 0 2 8 】

本発明のさらに別の実施形態によれば、自動車駆動システムが提示され、この自動車駆動システムは、ロータおよびステータを含むモータと、直流接続路と、モータを駆動するために直流接続路とモータの間に電氣的に結合された電力コンバータとを備え、電力コンバータは、複数の炭化ケイ素 (S i C) スイッチングデバイスと冷却ループとを含み、モータと電力コンバータは冷却ループ内で一体化される。

20

【 0 0 2 9 】

本明細書では、ベストモードを含めて本発明を開示するために、また、任意のデバイスまたはシステムを作製し使用すること、および任意の組み込まれた方法を実行することを含めて、本発明をどの当業者でも実施できるようにするために、諸例を用いている。本発明の特許可能な範囲は、特許請求の範囲で定義され、当業者に想起される他の諸例も含みうる。このような他の諸例は、それが特許請求の範囲の文字言葉と変わらない構造要素を有する場合、または特許請求の範囲の文字言葉とわずかな違いがある同等の構造要素を含む場合には、特許請求の範囲内にあるものとする。

30

【 符号の説明 】

【 0 0 3 0 】

- 1 0 三相電気機械駆動システム
- 1 2 直流接続路
- 1 4 交流電気機械
- 1 6 入力フィルタコンデンサ
- 1 8 電力コンバータ
- 2 0 デバイス
- 2 2 デバイス
- 2 4 デバイス
- 2 6 デバイス
- 2 8 デバイス
- 3 0 デバイス
- 3 2 ダイオード
- 3 4 ダイオード
- 3 6 ダイオード
- 3 8 ダイオード
- 4 0 ダイオード
- 4 2 ダイオード
- 4 4 電気機械駆動システム、駆動システム
- 4 6 直流接続路

40

50

4 8	直流電源電圧 V_s	
5 0	電源	
5 2	直流電源	
5 4	双方向 DC - DC 電圧コンバータ	
5 6	直流出力電圧 V_{DC}	
5 8	インバータ	
6 0	入力フィルタコンデンサ	
6 2	正レール	
6 4	負レール	
6 6	電気機械	10
6 8	スイッチングデバイス	
7 0	スイッチングデバイス	
7 2	スイッチングデバイス	
7 4	スイッチングデバイス	
7 6	スイッチングデバイス	
7 8	スイッチングデバイス	
8 0	炭化ケイ素 (SiC) MOSFET	
8 2	炭化ケイ素 (SiC) MOSFET	
8 4	炭化ケイ素 (SiC) MOSFET	
8 6	炭化ケイ素 (SiC) MOSFET	20
8 8	炭化ケイ素 (SiC) MOSFET	
9 0	炭化ケイ素 (SiC) MOSFET	
9 2	逆並列ダイオード	
9 4	逆並列ダイオード	
9 6	逆並列ダイオード	
9 8	逆並列ダイオード	
1 0 0	逆並列ダイオード	
1 0 2	逆並列ダイオード	
1 0 4	第 1 の出力相	
1 0 6	第 2 の出力相	30
1 0 8	第 3 の出力相	
1 1 0	永久磁石ロータ	
1 1 2	ステータ	
2 0 0	駆動システム	
2 0 2	単一の冷却ループ、冷却ループ	
2 0 4	冷媒入力部	
2 0 6	冷媒出力部	
2 0 8	電気機械	
2 1 0	電力コンバータ	

【 図 1 】

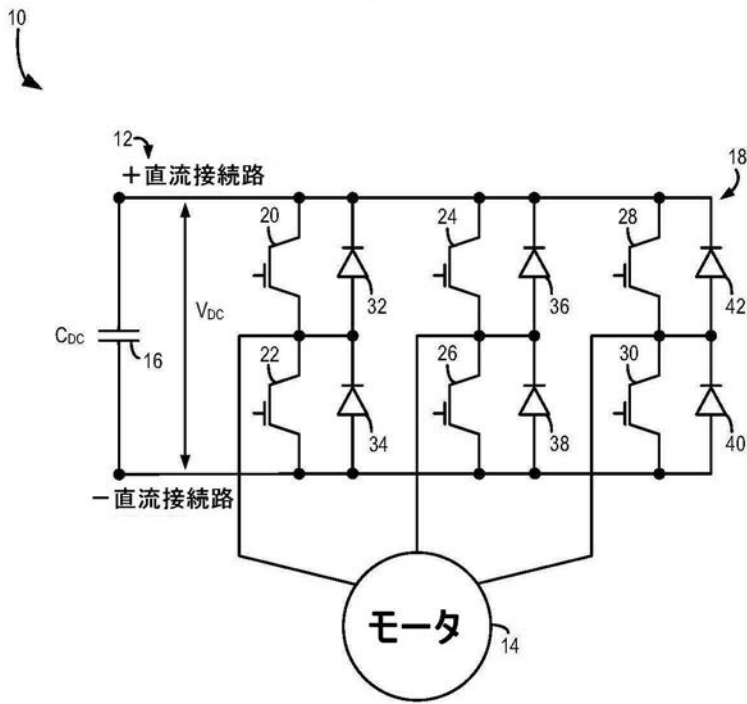


FIG. 1
従来技術

【 図 2 】

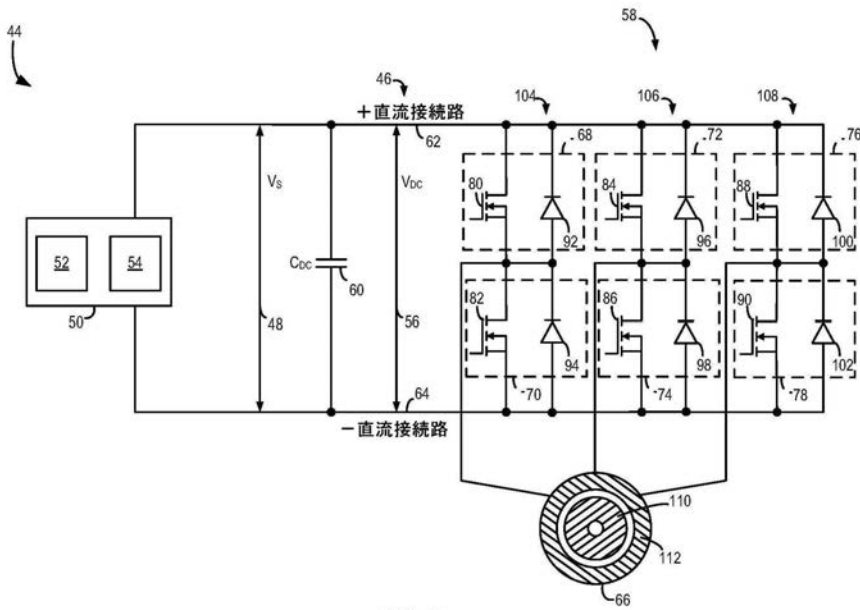


FIG. 2

【 図 3 】

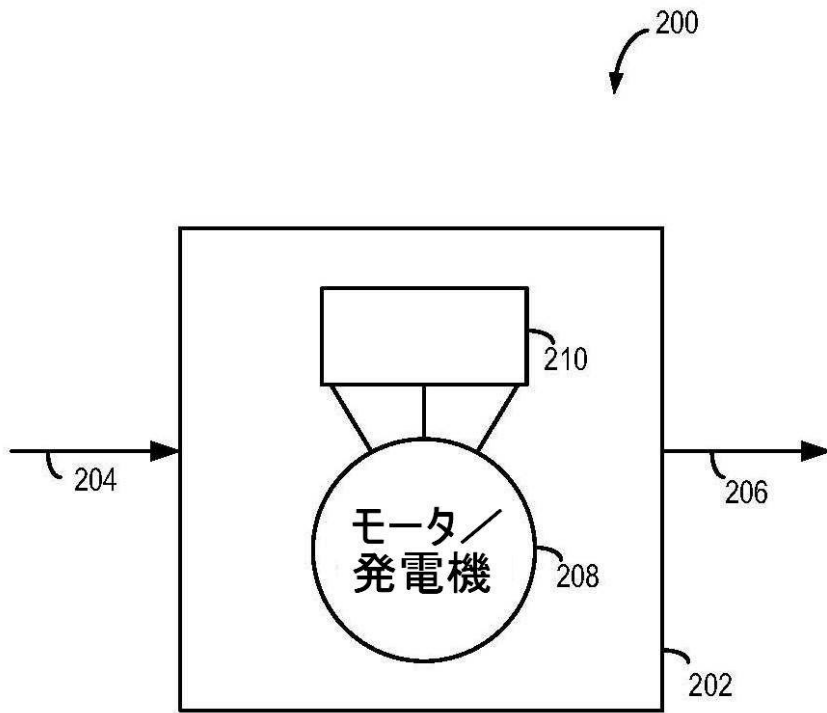


FIG. 3

フロントページの続き

(72)発明者 ロバート・ディーン・キング

アメリカ合衆国、ニューヨーク州・12309、ニスカユナ、ワン・リサーチ・サークル

Fターム(参考) 5H007 AA06 BB01 BB06 CA02 CB05 CC23 HA06

5H125 AA01 AC07 AC12 AC14 AC15 FF22 FF23