

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-23698

(P2010-23698A)

(43) 公開日 平成22年2月4日(2010.2.4)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
B60K 6/26 (2007.10)	B60K 6/26 ZHV	3G093
B60K 6/54 (2007.10)	B60K 6/54	5H115
B60K 6/448 (2007.10)	B60K 6/448	5H601
H02K 16/02 (2006.01)	H02K 16/02	
H02K 1/22 (2006.01)	H02K 1/22 Z	
審査請求 有 請求項の数 17 O L (全 48 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2008-188281 (P2008-188281)
 (22) 出願日 平成20年7月22日 (2008.7.22)

(71) 出願人 000005326
 本田技研工業株式会社
 東京都港区南青山二丁目1番1号
 (74) 代理人 100095566
 弁理士 高橋 友雄
 (72) 発明者 坪 重光
 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会
 社本田技術研究所内
 (72) 発明者 大矢 聡義
 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会
 社本田技術研究所内
 (72) 発明者 笠岡 広太
 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会
 社本田技術研究所内

最終頁に続く

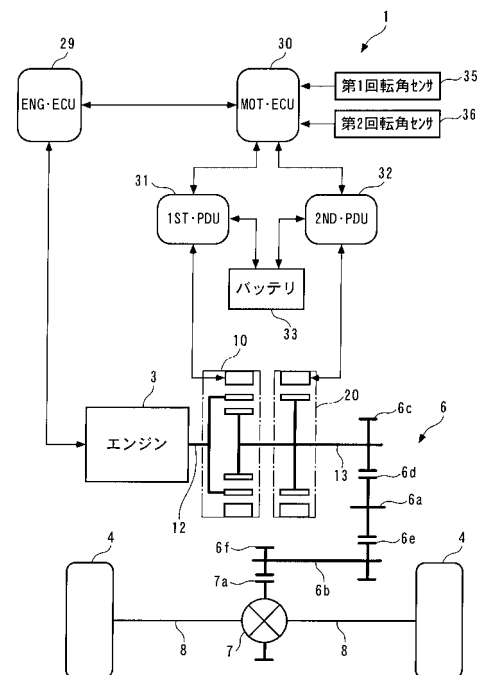
(54) 【発明の名称】 動力装置

(57) 【要約】

【課題】 小型化および製造コストの削減を実現できるとともに、設計の自由度を高めることができる動力装置を提供する。

【解決手段】 動力装置1は、エンジン3と、第1および第2回転機10、20を備え、これらの動力によって前輪4を駆動する。第1回転機10は、第1および第2ロータ14、15とステータ16を備え、ステータ16に発生する電機子磁極の数と、第1ロータ14の磁極の数と、第2ロータ15の軟磁性体コア15aの数との比が、 $1:m:(1+m)/2$ (ただし $m \neq 1$) となるように設定されている。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

動力によって被駆動部を駆動する動力装置であって、
熱機関と、

ステータと、当該ステータに対して相対的に回転自在の第 1 ロータおよび第 2 ロータとを有し、当該第 1 ロータおよび当該第 2 ロータの一方が前記熱機関に機械的に連結されるとともに、当該第 1 ロータおよび当該第 2 ロータの他方が前記被駆動部に機械的に連結された第 1 回転機と、

を備え、

前記ステータは、円周方向に並んだ複数の電機子で構成され、電力の供給に伴って当該複数の電機子に発生する電機子磁極により、前記円周方向に回転する回転磁界を発生させる電機子列を有し、

前記第 1 ロータは、前記電機子列に対向するように配置された磁極列を有し、当該磁極列は、互いに間隔を存して前記円周方向に並ぶとともに隣り合う各 2 つが互いに異なる極性を有する複数の磁極で構成され、

前記第 2 ロータは、前記電機子列と前記磁極列の間に配置された軟磁性体列を有し、当該軟磁性体列は、互いに間隔を存して前記円周方向に並んだ複数の軟磁性体で構成され、

前記電機子磁極の数と前記磁極の数と前記軟磁性体の数との比が、 $1 : m : (1 + m) / 2$ (ただし $m \neq 1$) となるように設定されていることを特徴とする動力装置。

【請求項 2】

前記第 1 回転機の前記第 1 ロータは前記被駆動部に機械的に連結され、前記第 2 ロータは前記熱機関に機械的に連結されていることを特徴とする請求項 1 に記載の動力装置。

【請求項 3】

前記第 2 ロータの回転を制止するための制止装置をさらに備えることを特徴とする請求項 2 に記載の動力装置。

【請求項 4】

前記被駆動部および前記第 1 ロータに機械的に連結された回転軸を有する第 2 回転機をさらに備えることを特徴とする請求項 2 に記載の動力装置。

【請求項 5】

前記第 1 回転機の前記第 1 ロータおよび前記第 2 回転機の前記回転軸と、前記被駆動部との間の变速動作を行う变速装置をさらに備えることを特徴とする請求項 4 に記載の動力装置。

【請求項 6】

前記第 1 回転機の前記第 2 ロータと前記熱機関との間の变速動作を行う变速装置をさらに備えることを特徴とする請求項 4 に記載の動力装置。

【請求項 7】

前記第 2 回転機の前記回転軸は、变速装置を介して前記第 1 回転機の前記第 1 ロータおよび前記被駆動部に機械的に連結されており、

当該变速装置は、前記第 2 回転機の前記回転軸と、前記第 1 回転機の前記第 1 ロータおよび前記被駆動部との間の变速動作を行うことを特徴とする請求項 4 に記載の動力装置。

【請求項 8】

前記被駆動部とは別個の第 2 被駆動部と、

当該第 2 被駆動部に機械的に連結された第 2 回転機と、をさらに備えることを特徴とする請求項 2 に記載の動力装置。

【請求項 9】

前記第 1 回転機の前記第 2 ロータと前記熱機関との間の变速動作を行う变速装置をさらに備えることを特徴とする請求項 8 に記載の動力装置。

【請求項 10】

前記第 2 回転機と前記第 2 被駆動部との間の变速動作を行う变速装置をさらに備えることを特徴とする請求項 8 または 9 に記載の動力装置。

10

20

30

40

50

【請求項 1 1】

前記第 1 回転機の前記第 1 ロータは前記熱機関に機械的に連結され、前記第 2 ロータは前記被駆動部に機械的に連結されていることを特徴とする請求項 1 に記載の動力装置。

【請求項 1 2】

前記第 1 ロータの回転を制止するための制止装置をさらに備えることを特徴とする請求項 1 1 に記載の動力装置。

【請求項 1 3】

前記熱機関および前記第 1 ロータに機械的に連結された回転軸を有する第 2 回転機をさらに備えることを特徴とする請求項 1 1 に記載の動力装置。

【請求項 1 4】

前記第 1 回転機の前記第 1 ロータおよび前記第 2 回転機の前記回転軸と、前記熱機関との間を機械的に接続・遮断するクラッチをさらに備えることを特徴とする請求項 1 3 に記載の動力装置。

【請求項 1 5】

前記第 1 回転機の前記第 2 ロータと前記被駆動部との間の変速動作を行う変速装置をさらに備えることを特徴とする請求項 1 3 に記載の動力装置。

【請求項 1 6】

前記第 2 回転機の前記回転軸と前記熱機関との間の変速動作を行う変速装置をさらに備えることを特徴とする請求項 1 3 に記載の動力装置。

【請求項 1 7】

前記被駆動部とは別個の第 2 被駆動部と、
当該第 2 被駆動部に機械的に連結された第 2 回転機と、をさらに備えることを特徴とする請求項 1 1 に記載の動力装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、動力によって被駆動部を駆動する動力装置に関し、特に動力源として熱機関および回転機を備えたものに関する。

【背景技術】

【0002】

従来の動力装置として、特許文献 1 に記載されたものを本出願人は既に提案している。この動力装置は、ハイブリッド車両の駆動輪を駆動するものであり、特許文献 1 の図 2、3 に示す例では、動力源として、エンジン、第 1 回転機および第 2 回転機を備えている。

【0003】

この第 1 回転機は、円筒状のケースと、ケースに回転自在に支持された入力軸および出力軸と、ケースの内壁に周方向に沿って設けられたステータと、ケース内に収容された第 1 ロータと、第 1 ロータとステータの間に設けられた第 2 ロータなどを備えており、これらのステータ、第 1 ロータおよび第 2 ロータは、互いに同心に配置されている。この第 1 回転機では、その入力軸はエンジンの出力軸に機械的に連結され、出力軸は第 2 回転機の回転軸に直結されている。また、第 1 ロータは、出力軸の先端部に同心に固定されており、その外周面には、第 1 および第 2 永久磁石列が周方向に沿って互いに平行に延びている。第 1 および第 2 永久磁石列の各々は、複数の永久磁石で構成されており、これらの永久磁石は、互いに等間隔でかつ隣り合う各 2 つが互いに異なる極性で配置されている。

【0004】

さらに、第 2 ロータは、入力軸の先端部に同心に固定されており、その外周面には、第 1 および第 2 軟磁性体列が周方向に沿って互いに平行に延びている。第 1 および第 2 軟磁性体列は、周方向に沿って所定間隔で並ぶ複数の軟磁性体コアで構成されているとともに、第 2 軟磁性体列の軟磁性体コア（以下「第 2 コア」という）は、第 1 軟磁性体列の軟磁性体コア（以下「第 1 コア」という）に対して、電気角 $\pi/2$ ずつずれるように配置されている。また、ステータは、所定間隔で配置された複数の電機子を備えており、隣り合う

10

20

30

40

50

各 3 つの電機子のコイルは、電力が供給されたときに、U 相，V 相，W 相を示しながら回転磁界を発生する 3 相コイルとして構成されている。

【 0 0 0 5 】

以上のように構成された第 1 回転機では、電力がステータに供給されると、ステータにおいて、第 1 回転磁界および第 2 回転磁界がステータの周方向に回転するように発生し、それに伴い、第 1 および第 2 回転磁界の磁極と、第 1 および第 2 永久磁石の磁極とによって、第 1 および第 2 コアが磁化されることで、これらの要素間に磁力線が発生する。さらに、発生した磁力線によって、第 1 および第 2 ロータが駆動され、それに起因して、動力が出力軸または入力軸から出力される。

【 0 0 0 6 】

一方、第 2 回転機は、DC ブラシレスモータで構成されており、その回転軸が駆動輪に機械的に連結されている。以上の動力装置では、ハイブリッド車両の運転状態に応じて、エンジン、第 1 回転機および第 2 回転機の動作状態が制御され、その結果、これらの動力源が発生する動力によって、駆動輪が駆動される。

【 0 0 0 7 】

【特許文献 1】国際公開第 0 8 / 0 1 8 5 3 9 号パンフレット

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 8 】

上記従来の動力装置によれば、第 1 回転機において、2 つの軟磁性体列が必要不可欠であるので、その分、第 1 回転機が大型化するとともに製造コストが増大し、結果的に、動力装置自体の大型化および製造コストの増大を招いてしまう。また、第 1 回転機の構造上の特性に起因して、第 1 ロータと第 2 ロータとの回転差が、回転磁界と第 2 ロータとの回転差に等しくなるような速度関係しか成立しないので、設計の自由度が低いという問題がある。

【 0 0 0 9 】

本発明は、上記課題を解決するためになされたもので、小型化および製造コストの削減を実現できるとともに、設計の自由度を高めることができる動力装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 0 】

上記目的を達成するために、請求項 1 に係る発明は、動力によって被駆動部（前輪 4）を駆動する動力装置 1，1 A ～ 1 D であって、熱機関（エンジン 3）と、ステータ 1 6 と、ステータ 1 6 に対して相対的に回転自在の第 1 ロータ 1 4 および第 2 ロータ 1 5 とを有し、第 1 ロータ 1 4 および第 2 ロータ 1 5 の一方が熱機関（エンジン 3）に機械的に連結されるとともに、第 1 ロータ 1 4 および第 2 ロータ 1 5 の他方が被駆動部（前輪 4）に機械的に連結された第 1 回転機 1 0 と、を備え、ステータ 1 6 は、円周方向に並んだ複数の電機子（鉄芯 1 6 a、U 相～W 相コイル 1 6 c ～ 1 6 e）で構成され、電力の供給に伴って複数の電機子に発生する電機子磁極により、円周方向に回転する回転磁界を発生させる電機子列（鉄芯 1 6 a、U 相～W 相コイル 1 6 c ～ 1 6 e）を有し、第 1 ロータ 1 4 は、電機子列に対向するように配置された磁極列を有し、磁極列は、互いに間隔を存して円周方向に並ぶとともに隣り合う各 2 つが互いに異なる極性を有する複数の磁極（永久磁石 1 4 a）で構成され、第 2 ロータ 1 5 は、電機子列と磁極列の間に配置された軟磁性体列を有し、軟磁性体列は、互いに間隔を存して円周方向に並んだ複数の軟磁性体（軟磁性体コア 1 5 a）で構成され、電機子磁極の数と磁極の数と軟磁性体の数との比が、 $1 : m : (1 + m) / 2$ （ただし $m \neq 1$ ）となるように設定されていることを特徴とする。

【 0 0 1 1 】

この動力装置によれば、第 1 回転機において、第 1 ロータの磁極列が、ステータの電機子列に対向するように配置され、第 2 ロータの軟磁性体列が、これらの電機子列と磁極列の間に配置されている。この軟磁性体列は、互いに間隔を存して円周方向に並んだ複数の

10

20

30

40

50

軟磁性体で構成されているので、電機子列への電力の供給に伴って回転磁界が発生した場合、複数の電機子に発生する電機子磁極と、第 1 ロータの磁極とによって、各軟磁性体が磁化される。その際、複数の軟磁性体が互いに間隔を存しているため、磁力線が軟磁性体と電機子磁極と磁極との間に発生し、それに起因して、電機子への供給電力が動力に変換される。この動力は、第 1 ロータおよび第 2 ロータがステータに対して回転自在であることによって、第 1 ロータおよび / または第 2 ロータから出力されるとともに、第 1 ロータおよび第 2 ロータの一方が熱機関に、他方が被駆動部にそれぞれ機械的に連結されていることによって、熱機関および / または非駆動部が動力によって駆動される。

【 0 0 1 2 】

ここで、電機子への電力供給によって発生した回転磁界の電気角速度および供給電力と等価なトルクを駆動用等価トルク T_e とした場合、この駆動用等価トルク T_e と、第 1 ロータに伝達されるトルク T_1 と、第 2 ロータに伝達されるトルク T_2 との関係、第 1 および第 2 ロータの電気角速度と回転磁界の電気角速度と関係は、以下に述べるようになる。

【 0 0 1 3 】

まず、本発明の第 1 回転機を下記の条件 (f 1) , (f 2) が成立するように構成した場合、そのような第 1 回転機に相当する等価回路は図 30 に示すものとなる。なお、本明細書では、一对の N 極および S 極を「極対」といい、極対の数を「極対数」という。

(f 1) 電機子が U 相、V 相および W 相の 3 相コイルを有すること。

(f 2) 電機子磁極が 2 個すなわち電機子磁極の極対数が値 1 であり、磁極が 4 個すなわち磁極の極対数が値 2 であるとともに、軟磁性体が第 1 ~ 第 3 軟磁性体の計 3 個であること。

【 0 0 1 4 】

このような第 1 回転機の場合、第 1 軟磁性体を通過する磁極の磁束 Ψ_{k1} は、下式 (1) で表される。

【 数 1 】

$$\Psi_{k1} = \psi_f \cdot \cos[2(\theta_2 - \theta_1)] \quad \dots\dots (1)$$

【 0 0 1 5 】

この式 (1) において、 ψ_f は磁極の磁束の最大値を示しており、 θ_1 および θ_2 はそれぞれ、U 相コイルに対する磁極の回転角度位置および第 1 軟磁性体の回転角度位置を示している。また、磁極の極対数と電機子磁極の極対数との比が値 2 である関係上、磁極の磁束は回転磁界に対して 2 倍の周期で回転 (変化) するので、そのことを表すために、上式 (1) では、値 2 が ($\theta_2 - \theta_1$) に乗算されている。

【 0 0 1 6 】

ここで、第 1 軟磁性体を介して U 相コイルを通過する磁極の磁束 Ψ_{u1} は、式 (1) で表される磁束 Ψ_{k1} に $\cos \theta_2$ を乗算した値に相当するので、下式 (2) が得られる。

【 数 2 】

$$\Psi_{u1} = \psi_f \cdot \cos[2(\theta_2 - \theta_1)] \cos \theta_2 \quad \dots\dots (2)$$

【 0 0 1 7 】

上記と同様に、第 2 軟磁性体を通過する磁極の磁束 Ψ_{k2} は、下式 (3) で表される。

【 数 3 】

$$\Psi_{k2} = \psi_f \cdot \cos[2(\theta_2 + \frac{2\pi}{3} - \theta_1)] \quad \dots\dots (3)$$

この場合、電機子に対する第 2 軟磁性体の回転角度位置は、第 1 軟磁性体に対して $2\pi / 3$ だけ進んでいるので、上式 (3) では、そのことを表すために、 θ_2 に $2\pi / 3$ が加算されている。

【 0 0 1 8 】

また、第 2 軟磁性体を介して U 相コイルを通過する磁極の磁束 Ψ_{u2} は、式 (3) で表

10

20

30

40

50

される磁束 Ψ_{k2} に $\cos(\theta_2 + 2\pi/3)$ を乗算した値に相当するので、下式(4)が得られる。

【数4】

$$\Psi_{u2} = \psi f \cdot \cos\left[2\left(\theta_2 + \frac{2\pi}{3} - \theta_1\right)\right] \cos\left(\theta_2 + \frac{2\pi}{3}\right) \quad \dots\dots (4)$$

【0019】

以上と同様の手法により、第3軟磁性体を介してU相コイルを通過する磁極の磁束 Ψ_{u3} の算出式として、下式(5)が得られる。

【数5】

10

$$\Psi_{u3} = \psi f \cdot \cos\left[2\left(\theta_2 + \frac{4\pi}{3} - \theta_1\right)\right] \cos\left(\theta_2 + \frac{4\pi}{3}\right) \quad \dots\dots (5)$$

【0020】

図30に示すような第1回転機の場合、3つの軟磁性体を介してU相コイルを通過する磁極の磁束 Ψ_u は、以上の式(2), (4), (5)で表される磁束 $\Psi_{u1} \sim \Psi_{u3}$ の和となるので、下式(6)で表される。

【数6】

20

$$\begin{aligned} \Psi_u = & \psi f \cdot \cos[2(\theta_2 - \theta_1)] \cos\theta_2 + \psi f \cdot \cos\left[2\left(\theta_2 + \frac{2\pi}{3} - \theta_1\right)\right] \cos\left(\theta_2 + \frac{2\pi}{3}\right) \\ & + \psi f \cdot \cos\left[2\left(\theta_2 + \frac{4\pi}{3} - \theta_1\right)\right] \cos\left(\theta_2 + \frac{4\pi}{3}\right) \quad \dots\dots (6) \end{aligned}$$

【0021】

また、この式(6)を一般化すると、軟磁性体を介してU相コイルを通過する磁極の磁束 Ψ_u は、下式(7)で表される。

【数7】

30

$$\Psi_u = \sum_{i=1}^b \psi f \cdot \cos\left\{a\left[\theta_2 + (i-1)\frac{2\pi}{b} - \theta_1\right]\right\} \cos\left\{c\left[\theta_2 + (i-1)\frac{2\pi}{b}\right]\right\} \quad \dots\dots (7)$$

この式(7)において、a、bおよびcはそれぞれ、磁極の極対数、軟磁性体の数および電機子磁極の極対数を示している。

【0022】

さらに、上式(7)を、三角関数の和と積の公式に基づいて変形すると、下式(8)が得られる。

【数8】

40

$$\begin{aligned} \Psi_u = & \sum_{i=1}^b \frac{1}{2} \cdot \psi f \left\{ \cos\left[(a+c)\theta_2 - a\cdot\theta_1 + (a+c)(i-1)\frac{2\pi}{b}\right] \right. \\ & \left. + \cos\left[(a-c)\theta_2 - a\cdot\theta_1 + (a-c)(i-1)\frac{2\pi}{b}\right] \right\} \quad \dots\dots (8) \end{aligned}$$

【0023】

この式(8)において、 $b = a + c$ とするとともに、 $\cos(\theta + 2\pi) = \cos\theta$ の関係を用いて整理すると、下式(9)が得られる。

【数 9】

$$\Psi_u = \frac{b}{2} \cdot \psi f \cdot \cos[(a+c)\theta_2 - a \cdot \theta_1] \\ + \sum_{i=1}^b \frac{1}{2} \cdot \psi f \left\{ \cos[(a-c)\theta_2 - a \cdot \theta_1 + (a-c)(i-1)\frac{2\pi}{b}] \right\} \dots\dots (9)$$

【0024】

この式(9)を三角関数の加法定理を用いて整理すると、下式(10)が得られる。

【数 10】

$$\Psi_u = \frac{b}{2} \cdot \psi f \cdot \cos[(a+c)\theta_2 - a \cdot \theta_1] \\ + \frac{1}{2} \cdot \psi f \cdot \cos[(a-c)\theta_2 - a \cdot \theta_1] \sum_{i=1}^b \cos[(a-c)(i-1)\frac{2\pi}{b}] \\ - \frac{1}{2} \cdot \psi f \cdot \sin[(a-c)\theta_2 - a \cdot \theta_1] \sum_{i=1}^b \sin[(a-c)(i-1)\frac{2\pi}{b}] \dots\dots (10)$$

10

【0025】

この式(10)において、右辺の第2項における積分項を、 $a - c \neq 0$ を条件として級数の総和の公式およびオイラーの公式を用いて整理すると、下式(11)が得られる。すなわち、式(10)の右辺の第2項は値0となる。

20

【数 11】

$$\sum_{i=1}^b \cos[(a-c)(i-1)\frac{2\pi}{b}] = \sum_{i=0}^{b-1} \frac{1}{2} \left\{ e^{j[(a-c)\frac{2\pi}{b}i]} + e^{-j[(a-c)\frac{2\pi}{b}i]} \right\} \\ = \frac{1}{2} \left\{ \frac{e^{j[(a-c)\frac{2\pi}{b}b]} - 1}{e^{j[(a-c)\frac{2\pi}{b}]} - 1} + \frac{e^{-j[(a-c)\frac{2\pi}{b}b]} - 1}{e^{-j[(a-c)\frac{2\pi}{b}]} - 1} \right\} \\ = \frac{1}{2} \left\{ \frac{e^{j[(a-c)2\pi]} - 1}{e^{j[(a-c)\frac{2\pi}{b}] - 1} - 1} + \frac{e^{-j[(a-c)2\pi]} - 1}{e^{-j[(a-c)\frac{2\pi}{b}] - 1} - 1} \right\} \\ = \frac{1}{2} \left\{ \frac{0}{e^{j[(a-c)\frac{2\pi}{b}] - 1} - 1} + \frac{0}{e^{-j[(a-c)\frac{2\pi}{b}] - 1} - 1} \right\} \\ = 0 \dots\dots (11)$$

30

40

【0026】

また、上式(10)において、右辺の第3項における積分項を、 $a - c \neq 0$ を条件として級数の総和の公式およびオイラーの公式を用いて整理すると、下式(12)が得られる。すなわち、式(10)の右辺の第3項も値0となる。

【数 1 2】

$$\begin{aligned}
\sum_{i=1}^b \sin[(a-c)(i-1) \frac{2\pi}{b}] &= \sum_{i=0}^{b-1} \frac{1}{2} \left\{ e^{j[(a-c)\frac{2\pi}{b}i]} - e^{-j[(a-c)\frac{2\pi}{b}i]} \right\} \\
&= \frac{1}{2} \left\{ \frac{e^{j[(a-c)\frac{2\pi}{b}b]} - 1}{e^{j[(a-c)\frac{2\pi}{b}]} - 1} - \frac{e^{-j[(a-c)\frac{2\pi}{b}b]} - 1}{e^{-j[(a-c)\frac{2\pi}{b}]} - 1} \right\} \\
&= \frac{1}{2} \left\{ \frac{e^{j[(a-c)2\pi]} - 1}{e^{j[(a-c)\frac{2\pi}{b}]} - 1} - \frac{e^{-j[(a-c)2\pi]} - 1}{e^{-j[(a-c)\frac{2\pi}{b}]} - 1} \right\} \\
&= \frac{1}{2} \left\{ \frac{0}{e^{j[(a-c)\frac{2\pi}{b}]} - 1} - \frac{0}{e^{-j[(a-c)\frac{2\pi}{b}]} - 1} \right\} \\
&= 0 \qquad \dots\dots (12)
\end{aligned}$$

【0027】

20

以上により、 $a - c \neq 0$ の場合、軟磁性体を介して U 相コイルを通過する磁極の磁束 Ψ_u は、下式 (13) で表される。

【数 1 3】

$$\Psi_u = \frac{b}{2} \cdot \psi f \cdot \cos[(a+c)\theta_2 - a \cdot \theta_1] \qquad \dots\dots (13)$$

【0028】

ここで、磁極の極対数 a と電機子磁極の極対数 c との比を「極対数比 α 」とした場合、 $\alpha = a / c$ となるので、これを式 (13) に代入すると、下式 (14) が得られる。

【数 1 4】

30

$$\Psi_u = \frac{b}{2} \cdot \psi f \cdot \cos[(\alpha+1)c \cdot \theta_2 - \alpha \cdot c \cdot \theta_1] \qquad \dots\dots (14)$$

【0029】

さらに、この式 (14) において、 $c \cdot \theta_2 = \theta_{e2}$ とするとともに、 $c \cdot \theta_1 = \theta_{e1}$ とすると、下式 (15) が得られる。

【数 1 5】

$$\Psi_u = \frac{b}{2} \cdot \psi f \cdot \cos[(\alpha+1)\theta_{e2} - \alpha \cdot \theta_{e1}] \qquad \dots\dots (15)$$

40

ここで、 θ_{e2} は、U 相コイルに対する軟磁性体の回転角度位置 θ_2 に電機子磁極の極対数 c を乗算した値であるので、U 相コイルに対する軟磁性体の電気角度位置を表す。また、 θ_{e1} は、U 相コイルに対する磁極の回転角度位置 θ_1 に電機子磁極の極対数 c を乗算した値であるので、U 相コイルに対する磁極の電気角度位置を表す。

【0030】

また、軟磁性体を介して V 相コイルを通過する磁極の磁束 Ψ_v は、V 相コイルの電気角度位置が U 相コイルに対して電気角 $2\pi / 3$ だけ進んでいるので、下式 (16) で表される。

【数 1 6】

$$\Psi_V = \frac{b}{2} \cdot \psi f \cdot \cos[(\alpha+1)\theta_{e2} - \alpha \cdot \theta_{e1} - \frac{2\pi}{3}] \quad \dots\dots (16)$$

【0031】

さらに、軟磁性体を介してW相コイルを通過する磁極の磁束 Ψ_w は、W相コイルの電気角度位置がU相コイルに対して電気角 $2\pi/3$ だけ遅れているので、下式(17)で表される。

【数 1 7】

$$\Psi_W = \frac{b}{2} \cdot \psi f \cdot \cos[(\alpha+1)\theta_{e2} - \alpha \cdot \theta_{e1} + \frac{2\pi}{3}] \quad \dots\dots (17)$$

10

【0032】

次いで、以上の式(15)～(17)を時間微分すると、下式(18)～(20)がそれぞれ得られる。

【数 1 8】

$$\frac{d\Psi_U}{dt} = -\frac{b}{2} \cdot \psi f \{[(\alpha+1)\omega_{e2} - \alpha \cdot \omega_{e1}] \sin[(\alpha+1)\theta_{e2} - \alpha \cdot \theta_{e1}]\} \quad \dots\dots (18)$$

20

【数 1 9】

$$\frac{d\Psi_V}{dt} = -\frac{b}{2} \cdot \psi f \{[(\alpha+1)\omega_{e2} - \alpha \cdot \omega_{e1}] \sin[(\alpha+1)\theta_{e2} - \alpha \cdot \theta_{e1} - \frac{2\pi}{3}]\} \quad \dots\dots (19)$$

【数 2 0】

$$\frac{d\Psi_W}{dt} = -\frac{b}{2} \cdot \psi f \{[(\alpha+1)\omega_{e2} - \alpha \cdot \omega_{e1}] \sin[(\alpha+1)\theta_{e2} - \alpha \cdot \theta_{e1} + \frac{2\pi}{3}]\} \quad \dots\dots (20)$$

30

ここで、 ω_{e1} は、 θ_{e1} の時間微分値、すなわちステータに対する第1ロータの角速度を電気角速度に換算した値(以下「第1ロータ電気角速度」という)を表しており、 ω_{e2} は、 θ_{e2} の時間微分値、すなわちステータに対する第2ロータの角速度を電気角速度に換算した値(以下「第2ロータ電気角速度」という)を表している。

【0033】

この場合、軟磁性体を介さずにU相～W相のコイルを直接、通過する磁極の磁束は、極めて小さく、その影響は無視できるので、式(18)～(20)に示される、軟磁性体を介してU相～W相のコイルをそれぞれ通過する磁極の磁束 $\Psi_u \sim \Psi_w$ の時間微分値 $d\Psi_u/dt \sim d\Psi_w/dt$ は、磁極や軟磁性体が電機子列に対して回転するのに伴ってU相～W相のコイルに発生する逆起電圧(誘導起電圧)をそれぞれ表すものになる。

40

【0034】

したがって、U相、V相およびW相のコイルをそれぞれ流れる電流 I_u, I_v, I_w は、下式(21)、(22)、(23)で表される。

【数 2 1】

$$I_u = I \cdot \sin[(\alpha+1)\theta_{e2} - \alpha \cdot \theta_{e1}] \quad \dots\dots (21)$$

【数 2 2】

$$I_v = I \cdot \sin[(\alpha+1)\theta_{e2} - \alpha \cdot \theta_{e1} - \frac{2\pi}{3}] \quad \dots\dots (22)$$

50

【数 2 3】

$$I_w = I \cdot \sin[(\alpha+1)\theta_{e2} - \alpha \cdot \theta_{e1} + \frac{2\pi}{3}] \quad \dots\dots (23)$$

ここで、 I は、 U 相～ W 相のコイルを流れる電流の振幅（最大値）を表している。

【0035】

また、以上の式（21）～（23）より、 U 相コイルに対する回転磁界のベクトルの電気角度位置 θ_{mf} は、下式（24）で表されるとともに、 U 相コイルに対する回転磁界の電気角速度（以下「磁界電気角速度」という） ω_{mf} は、下式（25）で表される。

【数 2 4】

$$\theta_{mf} = (\alpha+1)\theta_{e2} - \alpha \cdot \theta_{e1} \quad \dots\dots (24)$$

【数 2 5】

$$\omega_{mf} = (\alpha+1)\omega_{e2} - \alpha \cdot \omega_{e1} \quad \dots\dots (25)$$

【0036】

さらに、 U 相～ W 相のコイルに電流 $I_u \sim I_w$ がそれぞれ流れることで第 1 および第 2 ロータに出力される機械的出力（動力） W は、リラクタンス分を除くと、下式（26）で表される。

【数 2 6】

$$W = \frac{d\Psi_u}{dt} \cdot I_u + \frac{d\Psi_v}{dt} \cdot I_v + \frac{d\Psi_w}{dt} \cdot I_w \quad \dots\dots (26)$$

【0037】

この式（26）に前述した式（18）～（23）を代入し、整理すると、下式（27）が得られる。

【数 2 7】

$$W = -\frac{3 \cdot b}{4} \cdot \psi_f \cdot I [(\alpha+1)\omega_{e2} - \alpha \cdot \omega_{e1}] \quad \dots\dots (27)$$

【0038】

一方、機械的出力 W と、前述した第 1 および第 2 ロータ伝達トルク T_1 、 T_2 と、第 1 および第 2 ロータ電気角速度 ω_{e1} 、 ω_{e2} との関係は、下式（28）で表される。

【数 2 8】

$$W = T_1 \cdot \omega_{e1} + T_2 \cdot \omega_{e2} \quad \dots\dots (28)$$

【0039】

以上の式（27）、（28）を参照すると明らかなように、第 1 および第 2 ロータ伝達トルク T_1 、 T_2 はそれぞれ、下式（29）および（30）で表される。

【数 2 9】

$$T_1 = \alpha \cdot \frac{3 \cdot b}{4} \cdot \psi_f \cdot I \quad \dots\dots (29)$$

【数 3 0】

$$T_2 = -(\alpha+1) \cdot \frac{3 \cdot b}{4} \cdot \psi_f \cdot I \quad \dots\dots (30)$$

【0040】

また、電機子列に供給された電力と機械的出力 W は、損失を無視すれば互いに等しいことになるので、前述した式（25）と式（27）の関係から、前述した駆動用等価トルク

10

20

30

40

50

T_e は、下式 (31) で表される。

【数 31】

$$T_e = \frac{3 \cdot b}{4} \cdot \psi_f \cdot I \quad \dots\dots (31)$$

【0041】

さらに、以上の式 (29) ~ (31) より、下式 (32) が得られる。

【数 32】

$$T_e = \frac{T_1}{\alpha} = \frac{-T_2}{(\alpha+1)} \quad \dots\dots (32)$$

10

【0042】

この場合、上式 (32) で表される 3 つのトルク T_e , T_1 , T_2 の関係、および前述した式 (25) で表される 3 つの電気角速度 ω_{mf} , ω_{e1} , ω_{e2} の関係は、遊星歯車装置のサンギヤとリングギヤとキャリアにおけるトルクおよび回転速度の関係と同一である。さらに、前述したように、 $b = a + c$ および $a - c \neq 0$ が成立することを条件として、式 (25) の電気角速度の関係および式 (32) のトルクの関係が成立する。ここで、磁極の数を p 、電機子磁極の数を q とすると、 $p = 2a$, $q = 2c$ が成立するので、条件式 $b = a + c$ は、 $b = (p + q) / 2$ 、すなわち $b / q = (1 + p / q) / 2$ と書き換えられる。さらに、極数比 m を $m = p / q$ と定義すると、 $b / q = (1 + m) / 2$ が得られる。

20

【0043】

以上により、 $b = a + c$ という条件式が成立していることは、電機子磁極の数と磁極の数と軟磁性体の数との比 $q : p : b$ が、 $1 : m : (1 + m) / 2$ であることに相当する。また、上記の $a - c \neq 0$ という条件が成立していることは、 $q \neq p$ すなわち極数比 m が値 1 以外の正数であることを表す。したがって、本発明の第 1 回転機によれば、電機子磁極の数と磁極の数と軟磁性体の数との比が、 $1 : m : (1 + m) / 2$ (ただし $m \neq 1$) に設定されているので、式 (25) に示す電気角速度の関係と式 (32) に示すトルクの関係が成立し、それにより、第 1 回転機を、遊星歯車装置のサンギヤとリングギヤとキャリア (以下「遊星歯車装置の三要素」という) と同様の動作特性で運転できることになる。この場合、極対数比 α は、 $\alpha = a / c = (p / 2) / (q / 2) = p / q$ であるので、 $\alpha = m$ が成立する。

30

【0044】

以上のように、本発明の動力装置によれば、第 1 回転機において 1 つの軟磁性体列のみを設けるだけでよいので、その分、第 1 回転機を小型化できるとともに製造コストを低減できる。その結果、動力装置自体を小型化でき、製造コストを低減できる。また、前述した式 (25) , (32) を参照すると明らかなように、極対数比 α すなわち極数比 m の設定の仕方によって、3 つの電気角速度 ω_{mf} , ω_{e1} , ω_{e2} の関係を自由に設定できるとともに、3 つのトルク T_e , T_1 , T_2 の関係も自由に設定できる。この点は、電力供給による回転磁界の発生中のみならず、発電による回転磁界の発生中にも同様に当てはまる。これに加えて、式 (32) から明らかなように、極対数比 α が大きいほど、第 1 および第 2 ロータ伝達トルク T_1 , T_2 に対して、駆動用等価トルク T_e がより小さくなる。このことは、発電中にも同様に当てはまる。したがって、極対数比 α をより大きな値に設定することによって、ステータの小型化を図ることができ、ひいては動力装置をより小型化することができる。以上の理由により、第 1 回転機すなわち動力装置の設計の自由度を高めることができる。

40

【0045】

また、式 (25) に基づき、3 つの電気角速度 ω_{mf} , ω_{e1} , ω_{e2} の関係は、例えば図 31 のように表すことができる。同図は、いわゆる速度共線図であり、この速度共線図において、縦軸の値 0 を通る横線と交わる縦線は、各パラメータの回転速度を表すため

50

のものであり、この縦線上に表される白丸と横線との間隔が、各パラメータの回転速度に相当する。

【0046】

この図31を参照すると明らかなように、極対数比 α が小さいほど、速度共線図における磁界電気角速度 ω_{mf} を表す縦線と、第2ロータ電気角速度 ω_{e2} を表す縦線との間の距離が小さくなるので、第1ロータ電気角速度 ω_{e1} と第2ロータ電気角速度 ω_{e2} との差 $\Delta\omega_1$ に対する、第2ロータ電気角速度 ω_{e2} と磁界電気角速度 ω_{mf} との差 $\Delta\omega_2$ の比($\Delta\omega_2/\Delta\omega_1$)は、より小さくなる。したがって、極対数比 α をより小さな値に設定することによって、第2ロータ電気角速度 ω_{e2} が第1ロータ電気角速度 ω_{e1} を上回るような場合において、磁界電気角速度 ω_{mf} の過大化による損失の発生により駆動効率や発電効率が低下するのを防止できる。なお、以上の作用効果は、第1回転機において、複数の電機子のコイルの相数が前述した値3以外の場合にも同様に得ることができる。

10

【0047】

請求項2に係る発明は、請求項1に記載の動力装置1, 1A, 1Bにおいて、第1回転機10の第1ロータ14は被駆動部(前輪4)に機械的に連結され、第2ロータ15は熱機関(エンジン3)に機械的に連結されていることを特徴とする。

【0048】

この動力装置によれば、熱機関および第1回転機を動力源とする動力装置を実現することができる。また、前述したように、第1回転機における3つの電気角速度の関係および3つのトルクの関係が、遊星歯車装置の三要素における速度およびトルクの関係と同じになるので、熱機関の動力を第2ロータ、第1ロータおよび被駆動部の順に伝達できるとともに、その伝達状態を変更することができる。

20

【0049】

請求項3に係る発明は、請求項2に記載の動力装置1Bにおいて、第2ロータ15の回転を制止するための制止装置(電磁ブレーキ55)をさらに備えることを特徴とする。

【0050】

この動力装置によれば、前述したように、第1回転機における3つの電気角速度の関係および3つのトルクの関係が、遊星歯車装置の三要素における速度およびトルクの関係と同じになるので、例えば、熱機関が停止している場合、制止装置によって第2ロータの回転を制止するとともに、電力を第1回転機のステータに供給し、回転磁界を発生させると、ステータへの供給電力が動力変換されて第1ロータに輸入され、第1ロータが回転駆動される。それにより、被駆動部を駆動することができる。

30

【0051】

請求項4に係る発明は、請求項2に記載の動力装置1において、被駆動部(前輪4)および第1ロータ14に機械的に連結された回転軸(出力軸13)を有する第2回転機20をさらに備えることを特徴とする。

【0052】

この動力装置によれば、被駆動部および第1ロータに機械的に連結された回転軸を有する第2回転機をさらに備えているので、この第2回転機を運転することによって、熱機関および第1回転機の動力に加えて、第2回転機の動力を被駆動部に伝達することができ、それにより、請求項2の動力装置よりも大きな駆動力によって、被駆動部を駆動することができる。

40

【0053】

請求項5に係る発明は、請求項4に記載の動力装置1において、第1回転機10の第1ロータ14および第2回転機20の回転軸(出力軸13)と、被駆動部(前輪4)との間の变速動作を行う变速装置50をさらに備えることを特徴とする。

【0054】

この動力装置によれば、第1回転機の第1ロータおよび第2回転機の回転軸と、被駆動部との間の变速動作を行う变速装置をさらに備えているので、この变速装置の变速比を適切に設定することにより、第1回転機および第2回転機の小型化や低回転化を図ることが

50

できる。例えば、変速装置の減速比を大きく設定することによって、第 1 回転機および第 2 回転機を介して変速装置に伝達すべきトルクを小さく設定することができ、それにより、第 1 回転機および第 2 回転機を小型化することができる。

【0055】

請求項 6 に係る発明は、請求項 4 に記載の動力装置において、第 1 回転機 10 の第 2 ロータ 15 と熱機関（エンジン 3）との間の変速動作を行う変速装置 51 をさらに備えることを特徴とする。

【0056】

この動力装置によれば、第 1 回転機の第 2 ロータと熱機関との間の変速動作を行う変速装置をさらに備えているので、熱機関の動力を変速しながら第 1 回転機に伝達することができる。

10

【0057】

請求項 7 に係る発明は、請求項 4 に記載の動力装置において、第 2 回転機 20 の回転軸（出力軸 13）は、変速装置 52 を介して第 1 回転機 10 の第 1 ロータ 14 および被駆動部（前輪 4）に機械的に連結されており、変速装置 52 は、第 2 回転機 20 の回転軸（出力軸 13）と、第 1 回転機 10 の第 1 ロータ 14 および被駆動部（前輪 4）との間の変速動作を行うことを特徴とする。

【0058】

この動力装置によれば、第 2 回転機の回転軸が変速装置を介して第 1 回転機の第 1 ロータおよび被駆動部に機械的に連結されており、この変速装置によって、第 2 回転機の回転軸と、第 1 回転機の第 1 ロータおよび被駆動部との間の変速動作が行われるので、この変速装置の変速比を適切に設定することにより、第 2 回転機の小型化および低回転化を図ることができる。例えば、変速装置の減速比を大きく設定することによって、第 2 回転機から変速装置に伝達すべきトルクを小さく設定することができ、それにより、第 2 回転機を小型化することができる。

20

【0059】

請求項 8 に係る発明は、請求項 2 に記載の動力装置 1A において、被駆動部（前輪 4）とは別個の第 2 被駆動部（後輪 5）と、第 2 被駆動部（後輪 5）に機械的に連結された第 2 回転機 20 と、をさらに備えることを特徴とする。

【0060】

この動力装置によれば、第 1 回転機および第 2 回転機を運転することによって、被駆動部および第 2 被駆動部を別個に駆動することができる。

30

【0061】

請求項 9 に係る発明は、請求項 8 に記載の動力装置 1A において、第 1 回転機 10 の第 2 ロータ 15 と熱機関（エンジン 3）との間の変速動作を行う変速装置 53 をさらに備えることを特徴とする。

【0062】

この動力装置によれば、第 1 回転機の第 2 ロータと熱機関との間の変速動作を行う変速装置をさらに備えているので、熱機関の動力を変速しながら第 1 回転機に伝達することができる。

40

【0063】

請求項 10 に係る発明は、請求項 8 または 9 に記載の動力装置 1A において、第 2 回転機 20 と第 2 被駆動部（後輪 5）との間の変速動作を行う変速装置 54 をさらに備えることを特徴とする。

【0064】

この動力装置によれば、第 2 回転機と第 2 被駆動部との間の変速動作を行う変速装置をさらに備えているので、この変速装置の変速比を適切に設定することにより、第 2 回転機の小型化および低回転化を図ることができる。例えば、変速装置の減速比を大きく設定することによって、第 2 回転機から変速装置に伝達すべきトルクを小さく設定することができ、それにより、第 2 回転機を小型化することができる。

50

【 0 0 6 5 】

請求項 1 1 に係る発明は、請求項 1 に記載の動力装置 1 C , 1 D において、第 1 回転機 1 0 の第 1 ロータ 1 4 は熱機関（エンジン 3 ）に機械的に連結され、第 2 ロータ 1 5 は被駆動部（前輪 4 ）に機械的に連結されていることを特徴とする。

【 0 0 6 6 】

この動力装置によれば、熱機関および第 1 回転機を動力源とする動力装置を実現することができる。また、前述したように、第 1 回転機における 3 つの電気角速度の関係および 3 つのトルクの関係が、遊星歯車装置の三要素における速度およびトルクの関係と同じになるので、熱機関の動力を第 1 ロータ、第 2 ロータおよび被駆動部の順に伝達できるとともに、その伝達状態を変更することができる。

10

【 0 0 6 7 】

請求項 1 2 に係る発明は、請求項 1 1 に記載の動力装置 1 C において、第 1 ロータ 1 4 の回転を制止するための制止装置（第 2 回転機 2 0 ）をさらに備えることを特徴とする。

【 0 0 6 8 】

この動力装置によれば、前述したように、第 1 回転機における 3 つの電気角速度の関係および 3 つのトルクの関係が、遊星歯車装置の三要素における速度およびトルクの関係と同じになるので、例えば、熱機関が停止している場合、制止装置によって第 1 ロータの回転を制止するとともに、電力を第 1 回転機のステータに供給し、回転磁界を発生させると、ステータへの供給電力が動力変換されて第 2 ロータに入力され、第 2 ロータが回転駆動される。それにより、被駆動部を駆動することができる。

20

【 0 0 6 9 】

請求項 1 3 に係る発明は、請求項 1 1 に記載の動力装置 1 C において、熱機関（エンジン 3 ）および第 1 ロータ 1 4 に機械的に連結された回転軸（入力軸 1 2 ）を有する第 2 回転機 2 0 をさらに備えることを特徴とする。

【 0 0 7 0 】

この動力装置によれば、熱機関および第 1 ロータに機械的に連結された回転軸を有する第 2 回転機をさらに備えているので、この第 2 回転機を運転することによって、熱機関および第 1 回転機の動力に加えて、第 2 回転機の動力を被駆動部に伝達することができ、それにより、請求項 1 1 の動力装置よりも大きな駆動力によって、被駆動部を駆動することができる。

30

【 0 0 7 1 】

請求項 1 4 に係る発明は、請求項 1 3 に記載の動力装置 1 C において、第 1 回転機 1 0 の第 1 ロータ 1 4 および第 2 回転機 2 0 の回転軸（入力軸 1 2 ）と、熱機関（エンジン 3 ）との間を機械的に接続・遮断するクラッチ 5 6 をさらに備えることを特徴とする。

【 0 0 7 2 】

この動力装置によれば、第 1 回転機の第 1 ロータおよび第 2 回転機の回転軸と、熱機関との間を機械的に接続・遮断するクラッチをさらに備えているので、熱機関が停止中の場合において、クラッチを遮断側に駆動するとともに、第 1 回転機および第 2 回転機の少なくとも一方を力行運転すれば、熱機関を停止したままで、第 1 回転機および / または第 2 回転機の動力を被駆動部に伝達できる。それにより、被駆動部を駆動することができる。

40

【 0 0 7 3 】

請求項 1 5 に係る発明は、請求項 1 3 に記載の動力装置 1 C において、第 1 回転機 1 0 の第 2 ロータ 1 5 と被駆動部（前輪 4 ）との間の変速動作を行う変速装置 5 7 をさらに備えることを特徴とする。

【 0 0 7 4 】

この動力装置によれば、第 1 回転機の第 2 ロータと被駆動部との間の変速動作を行う変速装置をさらに備えているので、この変速装置の変速比を適切に設定することにより、第 1 回転機および第 2 回転機の小型化や低回転化を図ることができる。例えば、変速装置の減速比を大きく設定することによって、第 1 回転機および第 2 回転機を介して変速装置に伝達すべきトルクを小さく設定することができ、それにより、第 1 回転機および第 2 回転

50

機を小型化することができる。

【0075】

請求項16に係る発明は、請求項13に記載の動力装置1Cにおいて、第2回転機20の回転軸（入力軸12）と熱機関（エンジン3）との間の变速動作を行う变速装置58をさらに備えることを特徴とする。

【0076】

この動力装置によれば、第2回転機の回転軸と熱機関との間の变速動作を行う变速装置をさらに備えているので、熱機関の動力を变速しながら第2回転機に伝達することができる。

【0077】

請求項17に係る発明は、請求項11に記載の動力装置1Dにおいて、被駆動部（前輪4）とは別個の第2被駆動部（後輪5）と、第2被駆動部（後輪5）に機械的に連結された第2回転機20と、をさらに備えることを特徴とする。

【0078】

この動力装置によれば、請求項8に係る発明と同様の作用効果を得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0079】

以下、図面を参照しながら、本発明の第1実施形態に係る動力装置について説明する。なお、以下の説明では、図1～図3の左側および右側をそれぞれ「左」および「右」という。図1および図2に示すように、本実施形態の動力装置1は、ハイブリッド車両（以下「車両」という）2の左右の前輪4、4を駆動するものであり、動力源として、エンジン3、第1回転機10および第2回転機20を備えている。

【0080】

この車両2では、エンジン3が第1回転機10に連結されているとともに、第1回転機10および第2回転機20が、ギヤ機構6、差動ギヤ機構7および左右の駆動軸8、8を介して、左右の前輪4、4に連結されている。それにより、後述するように、エンジン3の動力や、第1回転機10および第2回転機20の動力が前輪4、4に伝達される。また、車両2は、遊動輪である左右の後輪5、5を備えている。なお、本実施形態では、エンジン3が熱機関に、前輪4が被駆動部にそれぞれ相当する。

【0081】

エンジン3は、ガソリンを燃料とする多気筒内燃機関であり、後述するENG・ECU29によって、その運転状態が制御される。また、2つの回転機10、20およびギヤ機構6はいずれも、エンジン3のシリンダブロックに固定された駆動系ハウジング（いずれも図示せず）内に収容されている。

【0082】

ギヤ機構6は、第1回転機10の後述する出力軸13に平行な第1および第2ギヤ軸6a、6bと、出力軸13および2つのギヤ軸6a、6b上に設けられた4つのギヤ6c～6fなどで構成されている。このギヤ6cは、出力軸13の右端部に同心に固定されており、ギヤ6dと常に噛み合っている。このギヤ6dは、第1ギヤ軸6aに同心かつ回転自在に嵌合しており、上記ギヤ6cに加えて、第2ギヤ軸6bの右端部に同心に固定されたギヤ6eと常に噛み合っている。

【0083】

また、ギヤ6fは、第2ギヤ軸6bの左端部に同心に固定され、差動ギヤ機構7のギヤ7aと常に噛み合っている。以上の構成により、出力軸13の回転は、ギヤ機構6を介して差動ギヤ機構7に伝達される。

【0084】

次に、図3および図4を参照しながら、第1回転機10および第2回転機20について説明する。図3は、第1回転機10および第2回転機20の断面構成を模式的に示したものであり、図4は、図3のA-A線の位置で周方向に沿って破断した円環状の断面を直線状に模式的に示した図である。なお、両図においては、理解の容易化のために断面部分の

10

20

30

40

50

ハッチングが省略されており、この点は後述する図 6 などにおいても同様である。

【0085】

まず、第 1 回転機 10 について説明する。図 3 に示すように、第 1 回転機 10 は、前述した駆動系ハウジングに固定されたケース 11 と、左端部がエンジン 3 のクランクシャフトに直結された入力軸 12 と、この入力軸 12 と同心の出力軸 13（回転軸）と、ケース 11 内に收容され、出力軸 13 と一体に回転する第 1 ロータ 14 と、ケース 11 内に收容され、入力軸 12 と一体に回転する第 2 ロータ 15 と、ケース 11 の周壁 11c の内周面に固定されたステータ 16 などを備えている。これらの第 1 ロータ 14、第 2 ロータ 15 およびステータ 16 は、径方向の内側から外側に向かって、互いに同心に配置されている。

10

【0086】

ケース 11 は、左右の側壁 11a, 11b と、これらの側壁 11a, 11b の外周端部に固定された円筒状の周壁 11c などで構成されている。左右の側壁 11a, 11b の中心部には、軸受 11d, 11e がそれぞれ取り付けられており、入力軸 12 および出力軸 13 はそれぞれ、これらの軸受 11d, 11e によって回転自在に支持されている。さらに、2つの軸 12, 13 は、図示しないスラスト軸受などによって、その軸線方向の移動が規制されている。

【0087】

第 1 ロータ 14 は、出力軸 13 の左端部に同心に固定された回転盤部 14b と、この回転盤部 14b の外端部に固定された円筒状のリング部 14c などを備えている。このリング部 14c は、軟磁性体で構成され、その外周面には、永久磁石列が周方向に沿ってステータ 16 の鉄芯 16a に対向するように設けられている。この永久磁石列は、図 4 に示すように、8 個の永久磁石 14a（磁極）で構成されている。

20

【0088】

これらの永久磁石 14a は、隣り合う各 2 つが互いに異なる極性を有し、等間隔で配置されているとともに、各永久磁石 14a の軸線方向の長さは、所定長さに設定されている。なお、図 4 および後述する図 6 などでは、永久磁石 14a の N 極および S 極がそれぞれ、（N）および（S）と表記されているとともに、理解の容易化のために、主要な構成以外のもの（例えばケース 11 など）の図示が省略されている。

【0089】

一方、ステータ 16 は、回転磁界を発生させるものであり、鉄芯 16a と、この鉄芯 16a に巻き付けられた U 相、V 相および W 相のコイル 16c, 16d, 16e（図 4 参照）を有している。この鉄芯 16a は、複数の鋼板を積層した円筒状のものであり、ケース 11 に固定されているとともに、軸線方向の長さが、永久磁石 14a と同じ長さに設定されている。

30

【0090】

また、鉄芯 16a の内周面には、12 個のスロット 16b が形成されており、これらのスロット 16b は、軸線方向に延びるとともに、第 1 主軸 4 の周方向（以下、単に「周方向」という）に等間隔で並んでいる。なお、本実施形態では、鉄芯 16a および U 相～W 相コイル 16c～16e が電機子および電機子列に相当する。

40

【0091】

さらに、U 相～W 相のコイル 16c～16e は、スロット 16b に分布巻き（波巻き）で巻回されているとともに、後述する 1ST・PDU31 を介して、後述するバッテリー 33 に電氣的に接続されている。

【0092】

以上の構成により、ステータ 16 では、バッテリー 33 から電力が供給され、U 相～W 相コイル 16c～16e に電流が流れたとき、または後述するように発電が行われたときに、鉄芯 16a の第 1 ロータ 14 側の端部に、4 個の磁極が周方向に等間隔で発生する（図 6 参照）とともに、これらの磁極による回転磁界が周方向に回転する。以下、鉄芯 16a に発生する磁極を「電機子磁極」という。この場合、周方向に隣り合う各 2 つの電機子磁

50

極の極性は、互いに異なるものとなる。なお、後述する図 6 などでは、電機子磁極の N 極および S 極もそれぞれ、永久磁石 14 a の N 極および S 極と同様に、(N) および (S) と表記する。

【 0 0 9 3 】

一方、第 2 ロータ 15 は、入力軸 12 の右端部に固定された回転盤部 15 b と、この回転盤部 15 b の外端部から第 2 回転機 20 側に延びる支持部 15 c と、この支持部 15 c に固定され、第 1 ロータ 14 の永久磁石列とステータ 16 の鉄芯 16 a との間に配置された軟磁性体コア列を有している。この軟磁性体コア列は、軟磁性体（例えば鋼板の積層体）製の、6 個の軟磁性体コア 15 a で構成されている。

【 0 0 9 4 】

これらの軟磁性体コア 15 a は、周方向に沿って等間隔で配置され、永久磁石 14 a および鉄芯 16 a に対して所定の間隔を存するように設けられている。また、軟磁性体コア 15 a の軸線方向の長さは、永久磁石 14 a およびステータ 16 の鉄芯 16 a と同じ長さに設定されている。

【 0 0 9 5 】

次に、以上のように構成された第 1 回転機 10 の動作原理について説明する。前述したように、本実施形態の第 1 回転機 10 の場合、電機子磁極が 4 個、永久磁石 14 a の磁極（以下「磁石磁極」という）が 8 個、軟磁性体コア 15 a が 6 個となっているので、電機子磁極の数と磁石磁極の数と軟磁性体コア 15 a の数との比（以下「要素数比」という）は、 $4 : 8 : 6 = 1 : 2 : 1.5 = 1 : 2 : (1 + 2) / 2$ に設定されている。この要素数比は前述した極数比 m （＝極対数比 α ）を値 2 に設定したときのものに相当するので、前述した式（18）～（20）から明らかなように、第 1 ロータ 14 および第 2 ロータ 15 がステータ 16 に対して回転した際、それに伴って U 相コイル 16 c に発生する逆起電圧（以下「U 相逆起電圧」という） V_{cu} と、V 相コイル 16 d に発生する逆起電圧（以下「V 相逆起電圧」という） V_{cv} と、W 相コイル 16 e に発生する逆起電圧（以下「W 相逆起電圧」という） V_{cw} はそれぞれ、下式（33）～（35）で表される。

【数 3 3】

$$V_{cu} = -3 \cdot \psi F [(3 \cdot \omega_{ER2} - 2 \cdot \omega_{ER1}) \sin(3 \cdot \theta_{ER2} - 2 \cdot \theta_{ER1})] \quad \dots\dots (33)$$

【数 3 4】

$$V_{cv} = -3 \cdot \psi F [(3 \cdot \omega_{ER2} - 2 \cdot \omega_{ER1}) \sin(3 \cdot \theta_{ER2} - 2 \cdot \theta_{ER1} - \frac{2\pi}{3})] \quad \dots\dots (34)$$

【数 3 5】

$$V_{cw} = -3 \cdot \psi F [(3 \cdot \omega_{ER2} - 2 \cdot \omega_{ER1}) \sin(3 \cdot \theta_{ER2} - 2 \cdot \theta_{ER1} + \frac{2\pi}{3})] \quad \dots\dots (35)$$

【 0 0 9 6 】

ここで、 ψF は、磁石磁極の磁束の最大値を表している。また、 θ_{ER1} は、第 1 ロータ電気角であり、特定の U 相コイル 16 c（以下「基準コイル」という）に対する第 1 ロータ 14 の特定の永久磁石 14 a の回転角度位置を、電気角度位置に換算した値である。すなわち、第 1 ロータ電気角 θ_{ER1} は、この特定の永久磁石 14 a の回転角度位置に、電機子磁極の極対数（値 2）を乗算した値である。さらに、 θ_{ER2} は、第 2 ロータ電気角であり、上記の基準コイルに対する第 2 ロータ 15 の特定の軟磁性体コア 15 a の回転角度位置を、電気角度位置に換算した値である。すなわち、第 2 ロータ電気角 θ_{ER2} は、この特定の軟磁性体コア 15 a の回転角度位置に、電機子磁極の極対数（値 2）を乗算した値である。

【 0 0 9 7 】

また、上式(33)～(35)における ω_{ER1} は、第1ロータ電気角速度であり、 θ_{ER1} の時間微分値、すなわちステータ16に対する第1ロータ14の角速度を電気角速度に換算した値である。さらに、 ω_{ER2} は、第2ロータ電気角速度であり、 θ_{ER2} の時間微分値、すなわちステータ16に対する第2ロータ15の角速度を電気角速度に換算した値である。

【0098】

また、第1回転機10の場合、要素数比が前述したように設定されているので、前述した式(21)～(23)から明らかなように、U相コイル16cを流れる電流(以下「U相電流」という) I_u と、V相コイル16dを流れる電流(以下「V相電流」という) I_v と、W相コイル16eを流れる電流(以下「W相電流」という) I_w はそれぞれ、下式(36)～(38)で表される。

10

【数36】

$$I_u = I \cdot \sin(3 \cdot \theta_{ER2} - 2 \cdot \theta_{ER1}) \quad \dots\dots (36)$$

【数37】

$$I_v = I \cdot \sin(3 \cdot \theta_{ER2} - 2 \cdot \theta_{ER1} - \frac{2\pi}{3}) \quad \dots\dots (37)$$

【数38】

$$I_w = I \cdot \sin(3 \cdot \theta_{ER2} - 2 \cdot \theta_{ER1} + \frac{2\pi}{3}) \quad \dots\dots (38)$$

20

これらの式(36)～(38)において、 I は、U相～W相コイル16c～16eを流れる電流の振幅(最大値)を表している。

【0099】

さらに、第1回転機10の場合、要素数比が前述したように設定されているので、前述した式(24)および(25)から明らかなように、基準コイルに対するステータ16の回転磁界のベクトルの電気角度位置(以下「磁界電気角度位置」という) θ_{MFR} は、下式(39)で表され、ステータ16に対する回転磁界の電気角速度(以下「磁界電気角速度」という) ω_{MFR} は、下式(40)で表される。

30

【数39】

$$\theta_{MFR} = 3 \cdot \theta_{ER2} - 2 \cdot \theta_{ER1} \quad \dots\dots (39)$$

【数40】

$$\omega_{MFR} = 3 \cdot \omega_{ER2} - 2 \cdot \omega_{ER1} \quad \dots\dots (40)$$

【0100】

以上により、第1回転機10の場合、磁界電気角速度 ω_{MFR} と第1ロータ電気角速度 ω_{ER1} と第2ロータ電気角速度 ω_{ER2} との関係は、例えば図5に示すようになる。

【0101】

40

また、ステータ16に供給された電力および磁界電気角速度 ω_{MFR} と等価のトルクを駆動用等価トルク T_{SE} とした場合、この駆動用等価トルク T_{SE} と、第1ロータ14に伝達されるトルク(以下「第1ロータ伝達トルク」という) T_{R1} と、第2ロータ15に伝達されるトルク(以下「第2ロータ伝達トルク」という) T_{R2} との関係は、前述した要素数比および前述した式(32)から明らかなように、下式(41)で表される。

【数41】

$$T_{SE} = \frac{T_{R1}}{2} = \frac{-T_{R2}}{3} \quad \dots\dots (41)$$

【0102】

50

以上のように、式(40)で表される3つの電気角速度 ω_{MFR} 、 ω_{ER1} 、 ω_{ER2} の関係と、式(41)で表される3つのトルク T_{SE} 、 T_{R1} 、 T_{R2} の関係は、サンギヤおよびリングギヤのギヤ比が1:2である遊星歯車装置のサンギヤ、リングギヤおよびキャリア(以下「遊星歯車装置の三要素」という)における回転速度およびトルクの関係と同一である。

【0103】

次に、第1回転機10において、ステータ16に供給された電力が動力に変換され、第1ロータ14および第2ロータ15から出力される場合の動作について説明する。まず、図6～図8を参照しながら、第1ロータ14を回転不能に保持した状態でステータ16に電力を供給した場合の動作について説明する。なお、図6～図8では、理解の容易化のために、特定の電機子磁極と特定の軟磁性体コア15aに対してのみ、ハッチングが施されている。

10

【0104】

まず、図6(a)に示すように、図中の左端の軟磁性体コア15aの中心と、図中の左端の永久磁石14aの中心が、周方向に互いに一致するとともに、その軟磁性体コア15aから3つ右隣の軟磁性体コア15aの中心と、その永久磁石14aから4つ右隣の永久磁石14aの中心が、周方向に互いに一致した状態から、回転磁界を、図中の左方向に回転するように発生させる。その発生の開始時においては、互いに同じ極性の電機子磁極の位置を、中心が軟磁性体コア15aと一致している各永久磁石14aの中心と周方向に一致させるとともに、この電機子磁極の極性をこの永久磁石14aの磁石磁極の極性と異なるように設定する。

20

【0105】

この状態で、ステータ16による回転磁界が第1ロータ14との間に発生すると、軟磁性体コア15aを有する第2ロータ15が、ステータ16と第1ロータ14の間に配置されているので、電機子磁極および磁石磁極によって、各軟磁性体コア15aが磁化され、それに伴い、軟磁性体コア15aが間隔を存して設けられていることで、電機子磁極と軟磁性体コア15aと磁石磁極を結ぶような磁力線MLが発生する。

【0106】

図6(a)に示す状態では、磁力線MLは、周方向の位置が互いに一致している電機子磁極、軟磁性体コア15aおよび磁石磁極を結ぶとともに、これらの電機子磁極、軟磁性体コア15aおよび磁石磁極のそれぞれの周方向の両隣の電機子磁極、軟磁性体コア15aおよび磁石磁極を結ぶように発生する。また、この状態では、磁力線MLが直線状であることにより、軟磁性体コア15aに対して、これを周方向に回転させるような磁力は作用しない。

30

【0107】

そして、回転磁界の回転に伴って電機子磁極が図6(a)に示す位置から図6(b)に示す位置まで回転すると、磁力線MLが曲がった状態になり、それに伴い、磁力線MLが直線状になるように、磁力が軟磁性体コア15aに作用する。この場合、磁力が作用する軟磁性体コア15aにおいて、磁力線MLは、電機子磁極および磁石磁極を結ぶ直線に対して、回転磁界の回転方向(以下「磁界回転方向」という)と逆方向に凸に曲がった状態になるので、磁力線MLに起因する磁力は、軟磁性体コア15aを磁界回転方向に駆動するように作用する。それにより、軟磁性体コア15aは、磁界回転方向に駆動され、図6(c)に示す位置に向かって回転し、軟磁性体コア15aが設けられた第2ロータ15も、磁界回転方向に回転する。なお、図6(b)および(c)における破線は、磁力線MLの磁束量が極めて小さく、電機子磁極と軟磁性体コア15aと磁石磁極の間の磁氣的なつながりが弱いことを表している。このことは、後述する他の図面においても同様である。

40

【0108】

また、回転磁界がさらに回転するのに伴い、上述した一連の動作、すなわち、「磁力線MLが軟磁性体コア15aにおいて磁界回転方向と逆方向に凸に曲がる→磁力線MLが直線状になるように軟磁性体コア15aに磁力が作用する→軟磁性体コア15aおよび第2

50

ロータ 15 が、磁界回転方向に回転する」という動作が、図 7 (a) ~ (d) および図 8 (a), (b) に示すように繰り返される。以上のように、第 1 ロータ 14 を回転不能に保持した状態で、ステータ 16 に電力を供給した場合には、上述したような磁力線 M L に起因する磁力の作用によって、ステータ 16 に供給された電力は動力に変換され、その動力が第 2 ロータ 15 から出力される。

【0109】

また、図 9 は、図 6 (a) に示す状態から電機子磁極が電気角 2π だけ回転した状態を示しており、両図を比較すると明らかなように、軟磁性体コア 15 a は、電機子磁極に対して $1/3$ の回転角度だけ、同方向に回転していることが判る。この結果は、前述した式 (40) において、 $\omega_{ER1} = 0$ としたときに、 $\omega_{ER2} = \omega_{MFR} / 3$ が成立することと合致する。

10

【0110】

次に、図 10 ~ 図 12 を参照しながら、第 2 ロータ 15 を回転不能に保持した状態で、電力をステータ 16 に供給した場合の動作について説明する。なお、図 10 ~ 図 12 では、理解の容易化のために、特定の電機子磁極および永久磁石 14 a に対して、ハッチングが施されている。

【0111】

まず、図 10 (a) に示すように、前述した図 6 (a) の場合と同様に、図中の左端の軟磁性体コア 15 a の中心と図中の左端の永久磁石 14 a の中心とが、周方向に互いに一致するとともに、その軟磁性体コア 15 a から 3 つ右隣の軟磁性体コア 15 a の中心とその永久磁石 14 a から 4 つ右隣の永久磁石 14 a の中心とが、周方向に互いに一致している状態において、回転磁界を図中の左方向に回転するように発生させる。その発生の開始時においては、互いに同じ極性の電機子磁極の位置を、中心が軟磁性体コア 15 a と一致している各永久磁石 14 a の中心と周方向に一致させるとともに、この電機子磁極の極性をこの永久磁石 14 a の磁石磁極の極性と異なるように設定する。

20

【0112】

図 10 (a) に示す状態状態では、図 6 (a) の場合と同様に、磁力線 M L は、周方向の位置が互いに一致している電機子磁極、軟磁性体コア 15 a および磁石磁極を結ぶとともに、これらの電機子磁極、軟磁性体コア 15 a および磁石磁極のそれぞれの周方向の両隣の電機子磁極、軟磁性体コア 15 a および磁石磁極を結ぶように発生する。また、この状態では、磁力線 M L が直線状であることにより、軟磁性体コア 15 a に対して、これを周方向に回転させるような磁力は作用しない。

30

【0113】

そして、回転磁界の回転に伴って電機子磁極が図 10 (a) に示す位置から図 10 (b) に示す位置まで回転すると、磁力線 M L が曲がった状態になり、それに伴い、磁力線 M L が直線状になるように、磁力が永久磁石 14 a に作用する。この場合、この永久磁石 14 a が、磁力線 M L で互いに結ばれた電機子磁極および軟磁性体コア 15 a の延長線上よりも磁界回転方向に進んだ位置にあるため、磁力線 M L に起因する磁力は、この延長線上に永久磁石 14 a を位置させるように作用する。すなわち、永久磁石 14 a を磁界回転方向と逆方向に駆動するように作用する。それにより、永久磁石 14 a は、磁界回転方向と逆方向に駆動され、図 10 (c) に示す位置に向かって回転し、永久磁石 14 a が設けられた第 1 ロータ 14 も、磁界回転方向と逆方向に回転する。

40

【0114】

また、回転磁界がさらに回転するのに伴い、上述した一連の動作が図 11 (a) ~ (d) および図 12 (a), (b) に示すように繰り返される。すなわち、「磁力線 M L が曲がり、磁力線 M L で互いに結ばれた電機子磁極および軟磁性体コア 15 a の延長線上よりも、永久磁石 14 a が磁界回転方向に進んだ位置に位置する → 磁力線 M L が直線状になるように永久磁石 14 a に磁力が作用する → 永久磁石 14 a および第 1 ロータ 14 が、磁界回転方向と逆方向に回転する」という動作が、繰り返される。以上のように、第 2 ロータ 15 を回転不能に保持した状態で、電力をステータ 16 に供給した場合、上述したような

50

磁力線 M L に起因する磁力の作用によって、ステータ 16 に供給された電力は動力に変換され、その動力が第 1 ロータ 14 から出力される。

【0115】

また、図 12 (b) は、図 10 (a) に示す状態から電機子磁極が電気角 2π だけ回転した状態を示しており、両図を比較すると明らかなように、永久磁石 14a は、電機子磁極に対して $1/2$ の回転角度だけ、逆方向に回転していることが判る。この結果は、前述した式 (40) において、 $\omega_{ER2} = 0$ としたときに、 $-\omega_{ER1} = \omega_{MFR} / 2$ が成立することと合致する。

【0116】

以上のように、本実施形態の第 1 回転機 10 では、ステータ 16 への電力供給により回転磁界を発生させると、前述した磁石磁極と軟磁性体コア 15a と電機子磁極とを結ぶような磁力線 M L が発生し、この磁力線 M L による磁力の作用によって、電機子に供給された電力は動力に変換され、その動力が、第 1 ロータ 14 や第 2 ロータ 15 から出力される。この場合、磁界電気角速度 ω_{MFR} 、第 1 および第 2 のロータ電気角速度 ω_{ER1} 、 ω_{ER2} の間に、前述した式 (40) に示す関係が成立するとともに、駆動用等価トルク T_{SE} 、第 1 および第 2 のロータ伝達トルク T_{R1} 、 T_{R2} の間に、前述した式 (41) に示す関係が成立する。これらの 3 つのトルク T_{SE} 、 T_{R1} 、 T_{R2} の関係および電気角速度 ω_{MFR} 、 ω_{ER1} 、 ω_{ER2} の関係は、遊星歯車装置の三要素におけるトルクおよび回転速度の関係と同一である。

【0117】

そのため、ステータ 16 に電力を供給していない状態で、第 1 ロータ 14 および / または第 2 ロータ 15 に動力を入力することによって、第 1 ロータ 14 および / または第 2 ロータ 15 をステータ 16 に対して回転させると、ステータ 16 において、発電が行われるとともに、回転磁界が発生する。その際、磁石磁極と軟磁性体と電機子磁極を結ぶような磁力線 M L が発生するとともに、この磁力線 M L による磁力の作用によって、式 (40) に示す電気角速度の関係と式 (41) に示すトルクの関係が成立する。すなわち、発電した電力および磁界電気角速度 ω_{MFR} と等価のトルクを発電用等価トルク T_{GE} とすると、この発電用等価トルク T_{GE} 、第 1 および第 2 のロータ伝達トルク T_{R1} 、 T_{R2} の間にも、式 (41) の「 T_{SE} 」を「 T_{GE} 」に置き換えた関係が成立する。

【0118】

以上のように、本実施形態の第 1 回転機 10 の場合、3 つのトルクの関係および 3 つの電気角速度の関係が、遊星歯車装置の三要素におけるトルクおよび回転速度の関係と同一になるので、第 1 回転機 10 を遊星歯車装置と同じ動作特性で運転することができる。

【0119】

次に、第 2 回転機 20 について説明する。この第 2 回転機 20 は、DC ブラシレスモータで構成されており、図 3 に示すように、前述した駆動系ハウジングに固定されたケース 21 と、ケース 21 内に収容され、出力軸 13 に同心に固定されたロータ 22 と、ケース 21 の周壁 21c の内周面に固定されたステータ 23 などを備えている。

【0120】

ケース 21 は、左右の側壁 21a、21b と、これらの側壁 21a、21b の外周端部に固定された円筒状の周壁 21c などで構成されている。左右の側壁 21a、21b の内端部には、軸受 21d、21e がそれぞれ取り付けられており、出力軸 13 は、これらの軸受 21d、21e によって回転自在に支持されている。

【0121】

ロータ 22 は、出力軸 13 に同心に固定された回転盤部 22a と、この回転盤部 22a の外端部に固定された円筒状のリング部 22b などを備えている。このリング部 22b は、軟磁性体で構成され、その外周面には、永久磁石列が周方向に沿って設けられている。この永久磁石列は、所定個数の永久磁石 22c で構成されており、これらの永久磁石 22c は、互いに同じ所定角度の間隔でかつ隣り合う各 2 つが互いに異なる極性で配置されている。

10

20

30

40

50

【 0 1 2 2 】

ステータ 2 3 は、ケース 2 1 の周壁 2 1 c の内周面に周方向に沿って設けられた複数の電機子 2 3 a を有している。これらの電機子 2 3 a は、回転磁界を発生するものであり、互いに同じ所定角度の間隔で配置され、後述する 2 N D ・ P D U 3 2 を介して、バッテリー 3 3 に電氣的に接続されている。

【 0 1 2 3 】

一方、動力装置 1 は、図 2 に示すように、エンジン 3 を主に制御するための E N G ・ E C U 2 9 と、第 1 回転機 1 0 および第 2 回転機 2 0 を主に制御するための M O T ・ E C U 3 0 などを備えている。これらの E C U 2 9 , 3 0 はいずれも、R A M、R O M、C P U および I / O インターフェースなどからなるマイクロコンピュータ（いずれも図示せず）で構成されている。

10

【 0 1 2 4 】

E N G ・ E C U 2 9 には、クランク角センサ、駆動軸回転数センサ、アクセル開度センサおよび車速センサなどの各種のセンサ（いずれも図示せず）が接続されている。E N G ・ E C U 2 9 は、これらの各種のセンサの検出信号に基づき、エンジン回転数 N E、駆動軸 8 の回転数（以下「駆動軸回転数」という）N D、アクセル開度 A P（図示しないアクセルペダルの操作量）および車速 V P などを算出するとともに、これらのパラメータに応じて、燃料噴射弁や点火プラグなどを駆動することにより、エンジン 3 の運転を制御する。さらに、E N G ・ E C U 2 9 は、M O T ・ E C U 3 0 に電氣的に接続されており、M O T ・ E C U 3 0 との間で、エンジン回転数 N E および駆動軸回転数 N D などの各種データを送受信する。

20

【 0 1 2 5 】

一方、M O T ・ E C U 3 0 には、1 S T ・ P D U 3 1、2 N D ・ P D U 3 2、第 1 回転角センサ 3 5 および第 2 回転角センサ 3 6 が接続されている。1 S T ・ P D U 3 1 は、インバータなどを含む電気回路で構成され、第 1 回転機 1 0 およびバッテリー 3 3 に接続されている。また、2 N D ・ P D U 3 2 は、1 S T ・ P D U 3 1 と同様にインバータなどを含む電気回路で構成され、第 2 回転機 2 0 およびバッテリー 3 3 に接続されている。

【 0 1 2 6 】

さらに、第 1 回転角センサ 3 5 は、ステータ 1 6 に対する第 1 ロータ 1 4 の回転角度を検出して、それを表す検出信号を M O T ・ E C U 3 0 に出力する。また、第 2 回転角センサ 3 6 は、ステータ 1 6 に対する第 2 ロータ 1 5 の回転角度を検出して、それを表す検出信号を M O T ・ E C U 3 0 に出力する。M O T ・ E C U 3 0 は、これらのセンサの検出信号や前述した E N G ・ E C U 2 9 からの各種データなどに応じて、以下に述べるように、2 つの回転機 1 0 , 2 0 の運転状態を制御する。

30

【 0 1 2 7 】

次に、車両運転中の、M O T ・ E C U 3 0 による第 1 回転機 1 0 および第 2 回転機 2 0 の制御手法について説明する。まず、停車中のエンジン始動制御について説明する。この制御では、M O T ・ E C U 3 0 は、エンジン停止中で停車中の場合において、所定のエンジン始動条件が成立したとき（例えば、図示しないイグニッション・スイッチが O F F 状態から O N 状態に切り換わったとき）に、バッテリー 3 3 の電力を、1 S T ・ P D U 3 1 を介して第 1 回転機 1 0 に供給し、回転磁界をステータ 1 6 に発生させる。この場合、第 1 回転機 1 0 では、第 1 ロータ 1 4 が前輪 4 に機械的に連結され、第 2 ロータ 1 5 がエンジン 3 のクランクシャフトに機械的に連結されているので、停車中でエンジン停止状態の場合、第 1 ロータ 1 4 の方が第 2 ロータ 1 5 よりも回転抵抗が極めて大きい状態となり、それに起因して、第 1 ロータ 1 4 が停止したままで、第 2 ロータ 1 5 が回転磁界の回転方向に駆動されることになる。その結果、回転磁界の回転に伴って、第 2 ロータ 1 5 が駆動され、それにより、エンジン 3 を始動することができる。

40

【 0 1 2 8 】

また、エンジン運転中で停車中の場合において、所定の発進条件が成立したとき（例えば、図示しないブレーキペダルが操作されておらず、アクセル開度 A P が所定値以上のと

50

き)には、発進制御が実行される。まず、停車中は、出力軸 13 すなわち第 1 ロータ 14 が回転停止状態となっているので、エンジン 3 が発生する動力はすべて、磁力線を介して、第 1 回転機 10 のステータ 16 に伝達され、これに回転磁界を発生させることで、誘導起電力(すなわち逆起電圧)が発生する。MOT・ECU30 は、ステータ 16 への供給電流を制御することにより、ステータ 16 で発生した誘導起電力を回生し、その回生電力をすべて、1ST・PDU31 および 2ND・PDU32 を介して第 2 回転機 20 に供給する。その結果、第 2 回転機 20 のロータ 22 によって、出力軸 13 が駆動され、前輪 4, 4 が駆動されることで、車両 2 が発進する。車両 2 の発進後、MOT・ECU30 は、車速の上昇に伴い、第 1 回転機 10 における回生電力が漸減するように制御すると同時に、その回生電力を第 2 回転機 20 に供給するように制御する。

10

【0129】

さらに、エンジン運転中で走行中のときには、変速制御が実行される。この変速制御では、エンジン 3 の運転状態(例えば、エンジン回転数 NE およびアクセル開度 AP など)および/または車両 2 の走行状態(例えば車速 VP など)に応じて、エンジン 3 の動力のうちの、第 1 ロータ 14 を介して前輪 4 に伝達される動力と、第 1 回転機 10 で電力として回生される動力との割合を変更するように、第 1 回転機 10 が制御されるとともに、この回生電力を第 2 回転機 20 に供給することにより、第 2 回転機 20 が制御される。この場合、前述したように、第 1 回転機 10 は、遊星歯車装置と同様の動作特性で運転可能なものであるので、上記のように第 1 回転機 10 を制御するとともに、第 1 回転機 10 での回生電力を第 2 回転機 20 に供給することによって、第 2 回転機 20 を制御すると、電気的な損失を無視すれば、第 1 回転機 10 および第 2 回転機 20 を介して、エンジン 3 の動力をすべて前輪 4 に伝達しながら、第 2 ロータ 15 の回転数と出力軸 13 の回転数との比、言い換えればエンジン回転数 NE と駆動軸回転数 ND との比を任意に変更することができる。すなわち、2 つの回転機 10, 20 を制御することで、自動変速装置としての機能を実現することができる。

20

【0130】

また、この変速制御中、所定の動力伝達条件が成立したとき(例えば、エンジン回転数 NE およびアクセル開度 AP が所定領域にあるとき)には、第 1 回転機 10 での電力回生を中止し、ロック電流をステータ 16 に供給するかまたは第 1 回転機 10 における相間短絡制御を実行することなどにより、ステータ 16 の回転磁界の回転速度を値 0 に制御する。このように制御した場合には、磁気伝達可能な範囲内であれば、エンジン 3 の動力をすべて磁気を介して前輪 4 に伝達できるので、第 1 回転機 10 における回生電力を、2ND・PDU32 を介して第 2 回転機 20 に供給するように制御する場合と比べて、動力伝達効率を向上させることができる。

30

【0131】

一方、エンジン運転中で走行中(減速フューエルカット運転中も含む)の場合において、バッテリー 33 の充電残量 SOC が所定値 SOC_{REF}(例えば 50%)以下のときには、第 1 回転機 10 および/または第 2 回転機 20 における回生電力を制御し、バッテリー 33 への充電制御を実行する。それにより、バッテリー 33 において十分な充電残量 SOC を確保することができる。

40

【0132】

また、エンジン運転中で所定のアシスト条件が成立したとき(例えば、坂道発進のとき、登坂走行中であるとき、または加速走行中であるとき)には、アシスト制御が実行される。具体的には、バッテリー 33 内の電力を第 1 回転機 10 および/または第 2 回転機 20 に供給することによって、第 1 回転機 10 および/または第 2 回転機 20 の動力と、エンジン 3 の動力とが前輪 4 に伝達されるように、第 1 回転機 10 および/または第 2 回転機 20 が制御される。それにより、エンジン 3 に加えて、第 1 回転機 10 および/または第 2 回転機 20 を動力源として、アシスト走行またはアシスト発進することができる。

【0133】

さらに、エンジン 3 が停止中でかつ車両 2 が停止中の場合において、所定の回転機発進

50

条件が成立したとき（例えば、バッテリー 33 の充電残量 SOC が所定値 SOC_{REF}を上回っており、ブレーキペダルが操作されていない状態で、アクセル開度 AP が所定値以上のとき）には、回転機発進制御が実行される。具体的には、エンジン 3 を停止したままで、バッテリー 33 の電力が第 1 回転機 10 および第 2 回転機 20 に同時に供給され、2 つの回転機 10, 20 が同時に駆動される。その際、第 2 回転機 20 が回転し始めるのと同時に、出力軸 13 が回転し始めるが、第 1 回転機 10 において、停止しているエンジン 3 に連結された第 2 ロータ 15 側の回転抵抗が第 1 ロータ 14 側よりもかなり大きくなる。その結果、ステータ 16 に回転磁界を発生させることにより、第 1 ロータ 14 を駆動することができ、第 1 回転機 10 および第 2 回転機 20 の動力によって、車両 2 を発進させることができる。なお、エンジン 3 の回転抵抗が不足する場合には、エンジン 3 をロックするか、回転抵抗を増大させる装置を設けてもよい。

10

【0134】

以上のように、本実施形態の動力装置 1 によれば、エンジン 3、第 1 回転機 10 および第 2 回転機 20 を動力源として、車両 2 を駆動することができる。また、第 1 回転機 10 を 1 つの軟磁性体列のみを備えるように構成すればよいので、その分、第 1 回転機 10 を小型化できるとともに製造コストを低減できる。その結果、動力装置 1 自体を小型化でき、製造コストを低減できるとともに、設計の自由度を高めることができる。また、前述した式 (40), (41) を参照すると明らかなように、第 1 回転機 10 における極対数比 α すなわち極数比 m の設定の仕方によって、3 つの電気角速度 ω_{MFR} , ω_{ER1} , ω_{ER2} の関係を自由に設定できるとともに、3 つのトルク T_{SE} , T_{R1} , T_{R2} の関係も自由に設定できる。その結果、設計の自由度をさらに高めることができる。

20

【0135】

次に、第 1 実施形態の動力装置 1 において、第 1 回転機 10 の極対数比 α (= 極数比 m) を変更したときのトルク変化などについて説明する。具体的には、エンジン運転中での車両走行中、エンジン 3 の動力の一部を第 1 回転機 10 によって電力回生し、この回生電力を第 2 回転機 20 に供給することで、第 2 回転機 20 を力行制御している場合を例にとって説明する。

【0136】

まず、動力装置 1 において、第 1 回転機 10 の極対数比 α が値 1 以外の任意の値に設定され、駆動輪が出力軸 13 に直結されていると仮定する。この場合、入力軸 12 すなわち第 2 ロータ 15 の電気角速度を ω_{ENG} とし、ステータ 16 の回転磁界の電気角速度を ω_{MG1} とし、出力軸 13 すなわち第 1 ロータ 14 の電気角速度 ω_{OUT} とすると、これらの電気角速度の関係は、例えば図 13 に示すようになるとともに、下式 (42) が成立する。

30

【数 42】

$$\omega_{MG1} = (1 + \alpha) \omega_{ENG} - \alpha \cdot \omega_{OUT} \quad \dots\dots (42)$$

【0137】

さらに、エンジン 3 から入力軸 12 に入力されるトルクをエンジントルク T_{ENG} とし、ステータ 16 の回生電力および回転磁界の電気角速度 ω_{MG1} に等価なトルクを第 1 回転機トルク T_{MG1} とし、第 2 回転機 20 への供給電力および電気角速度 ω_{MG2} に等価なトルクを第 2 回転機トルク T_{MG2} とし、駆動輪への伝達トルクに起因して駆動輪が路面から受ける反力としてのトルクを駆動トルク T_{OUT} とすると、下式 (43), (44) が成立するとともに、これらのトルクの関係は図 13 に示すようになる。なお、下式 (43), (44) においては、図 13 の上向きのトルクを正值で表している。

40

【0138】

【数 43】

$$T_{MG1} = -\frac{1}{1 + \alpha} T_{ENG} \quad \dots\dots (43)$$

50

【数 4 4】

$$TMG2 = -\frac{\alpha}{1+\alpha} TENG - TOUT \quad \dots\dots (44)$$

【0 1 3 9】

ここで、第 1 所定値 $\alpha 1$ および第 2 所定値 $\alpha 2$ を、 $\alpha 1 < \alpha 2$ が成立するような極対数比 α の所定値とした場合、 $\alpha = \alpha 1$ のときの第 1 および第 2 回転機トルク $TMG 1 (\alpha 1)$, $TMG 2 (\alpha 1)$ はそれぞれ、下式 (45) , (46) で表される。

【数 4 5】

$$TMG1(\alpha 1) = -\frac{1}{1+\alpha 1} TENG \quad \dots\dots (45) \quad 10$$

【数 4 6】

$$TMG2(\alpha 1) = -\frac{\alpha 1}{1+\alpha 1} TENG - TOUT \quad \dots\dots (46)$$

【0 1 4 0】

また、 $\alpha = \alpha 2$ のときの第 1 および第 2 回転機トルク $TMG 1 (\alpha 2)$, $TMG 2 (\alpha 2)$ はそれぞれ、下式 (47) , (48) で表される。

【数 4 7】

$$TMG1(\alpha 2) = -\frac{1}{1+\alpha 2} TENG \quad \dots\dots (47) \quad 20$$

【数 4 8】

$$TMG2(\alpha 2) = -\frac{\alpha 2}{1+\alpha 2} TENG - TOUT \quad \dots\dots (48)$$

【0 1 4 1】

以上の式 (45) , (47) より、極対数比 α を第 1 所定値 $\alpha 1$ から第 2 所定値 $\alpha 2$ に変更した場合の、第 1 回転機トルク $TMG 1$ の変化量 $\Delta TMG 1$ は、下式 (49) で表される。

30

【数 4 9】

$$\begin{aligned} \Delta TMG1 &= TMG1(\alpha 2) - TMG1(\alpha 1) \\ &= -\frac{\alpha 1 - \alpha 2}{(1+\alpha 1)(1+\alpha 2)} TENG \quad \dots\dots (49) \end{aligned}$$

【0 1 4 2】

また、式 (46) , (48) より、極対数比 α を第 1 所定値 $\alpha 1$ から第 2 所定値 $\alpha 2$ に変更した場合の、第 2 回転機トルク $TMG 2$ の変化量 $\Delta TMG 2$ は、下式 (50) で表される。

40

【数 5 0】

$$\begin{aligned} \Delta TMG2 &= TMG2(\alpha 2) - TMG2(\alpha 1) \\ &= -\frac{\alpha 2 - \alpha 1}{(1+\alpha 1)(1+\alpha 2)} TENG \quad \dots\dots (50) \end{aligned}$$

【0 1 4 3】

ここで、 $TENG > 0$, $TMG 1 < 0$, $TMG 2 > 0$, $\alpha 1 < \alpha 2$ であるので、以上の式 (49) , (50) を参照すると明らかなように、極対数比 α を第 1 所定値 $\alpha 1$ から第 2 所定値 $\alpha 2$ に変更することで、第 1 および第 2 回転機トルク $TMG 1$, $TMG 2$ の絶対

50

値が減少することになる。すなわち、極対数比 α をより大きな値に設定することで、第 1 回転機 10 および第 2 回転機 20 を小型化できることが判る。

【0144】

また、2つの回転機 10, 20 とバッテリー 33 との間で電力が入出力されていないとすれば、第 1 回転機 10 の回生電力はそのまま第 2 回転機 20 に供給されるので、下式 (51) が成立する。

【数 51】

$$TMG2 = -\frac{\omega_{MG1}}{\omega_{OUT}} TMG1 \quad \dots\dots (51)$$

10

【0145】

ここで、第 1 回転機 10 から第 2 回転機 20 に供給される電力を伝達電力 WMG とし、エンジン出力 $WENG$ に対する伝達電力 WMG の比を出力比 RW とすると、この出力比 RW は、下式 (52) により算出される。

【数 52】

$$RW = \frac{WMG}{WENG} = \frac{-TMG1 \cdot \omega_{MG1}}{TENG \cdot \omega_{ENG}} \left(= \frac{TMG2 \cdot \omega_{OUT}}{TENG \cdot \omega_{ENG}} \right) \quad \dots\dots (52)$$

20

【0146】

前述した式 (42), (43) の関係を上式 (52) に適用すると、下式 (53) が得られる。

【数 53】

$$RW = 1 - \frac{\alpha}{1+\alpha} \cdot \frac{\omega_{OUT}}{\omega_{ENG}} \quad \dots\dots (53)$$

【0147】

ここで、減速比 R を下式 (54) に示すように定義し、これを上式 (53) に適用すると、下式 (55) が得られる。

【数 54】

$$R = \frac{\omega_{ENG}}{\omega_{OUT}} \quad \dots\dots (54)$$

【数 55】

$$RW = 1 - \frac{\alpha}{1+\alpha} \cdot \frac{1}{R} \quad \dots\dots (55)$$

【0148】

上式 (55) より、極対数比 α を第 1 所定値 $\alpha 1$ および第 2 所定値 $\alpha 2$ に設定したときの出力比 $RW(\alpha 1)$, $RW(\alpha 2)$ はそれぞれ、下式 (56), (57) で算出される。

【数 56】

$$RW(\alpha 1) = 1 - \frac{\alpha 1}{1+\alpha 1} \cdot \frac{1}{R} \quad \dots\dots (56)$$

40

【数 57】

$$RW(\alpha 2) = 1 - \frac{\alpha 2}{1 + \alpha 2} \cdot \frac{1}{R} \quad \dots\dots (57)$$

【0149】

以上の式(56), (57)より、極対数比 α を第1所定値 $\alpha 1$ から第2所定値 $\alpha 2$ に変更した場合の、出力比の変化量 ΔRW は、下式(58)で表される。

【数 58】

$$\begin{aligned} \Delta RW &= RW(\alpha 2) - RW(\alpha 1) \\ &= -\frac{\alpha 2 - \alpha 1}{(1 + \alpha 1)(1 + \alpha 2)} \cdot \frac{1}{R} \quad \dots\dots (58) \end{aligned}$$

10

【0150】

ここで、 $\alpha 1 < \alpha 2$ であるので、上式(58)を参照すると明らかなように、極対数比 α を第1所定値 $\alpha 1$ から第2所定値 $\alpha 2$ に変更することで、出力比 RW を低減でき、伝達電力 WMG を低減できることが判る。また、前述した式(55)において、極対数比 α を値1、値1.5、値2に設定したときの出力比 RW と減速比 R の関係は、図14に示ようになる。この図14を参照すると明らかなように、極対数比 α をより大きな値に設定することで、減速比 R のほぼ全域において、伝達電力 WMG を低減できることが判る。一般に、効率の観点からは、動力を機械伝達または磁気伝達したときの方が、電力を回転機によって動力に変換したときと比べて優れているので、上記のように、伝達電力 WMG を低減することによって、伝達効率を向上できることになる。すなわち、本発明の動力装置の場合、極対数比 α (=極数比 m)をより大きく設定することによって、伝達効率を向上させることができる。

20

【0151】

なお、第1実施形態は、本発明の動力装置1を被駆動部としての前輪4を備える車両2に適用した例であるが、本発明の動力装置はこれに限らず、例えば、船舶および航空機などの様々な産業機器に適用可能である。ここで、本発明の動力装置を船舶に適用した場合には、スクリューなどの推進力を生じる部分が被駆動部に相当し、動力装置を航空機に適用した場合には、プロペラやロータなどの推進力を生じる部分が被駆動部に相当する。

30

【0152】

また、第1実施形態は、熱機関として、ガソリンを燃料とする内燃機関を用いた例であるが、本発明の熱機関はこれに限らず、熱エネルギーを継続的に機械的エネルギーに変える装置であればよい。例えば、熱機関として、軽油または天然ガスを燃料とする内燃機関やスターリングエンジンなどの外燃機関を用いてもよい。

【0153】

さらに、第1実施形態は、第1回転機10において、電機子磁極の数を「4」に、磁極の数を「8」に、軟磁性体としての軟磁性体コア15aの数を「6」にそれぞれ設定した例であるが、本発明の第1回転機における電機子磁極の数、磁極の数および軟磁性体の数はこれらの値に限らず、電機子磁極の数と磁極の数と軟磁性体の数が、極数比 m を値1以外の正数とした場合において、電機子磁極の数と磁極の数と軟磁性体の数との比すなわち要素数比が $1 : m : (1 + m) / 2$ となるように、設定されていればよい。また、第1実施形態の第1回転機10は、要素数比において $m = 2$ に設定した例であるが、極数比 m はこれに限らず、値1以外の正数であればよい。

40

【0154】

また、第1実施形態は、第1ロータ14の磁極として永久磁石14aの磁極を用いた例であるが、第1ロータ14に電機子列を設け、この電機子列に発生する磁極を永久磁石の磁極に代えて用いてもよい。

【0155】

50

一方、第1実施形態は、第1回転機10および第2回転機20の運転を制御する制御手段として、MOT・ECU30、1ST・PDU31および2ND・PDU32を用いた例であるが、第1回転機10および第2回転機20を制御する制御手段はこれに限らず、これらの回転機10、20の運転を制御できるものであればよい。例えば、2つの回転機10、20を制御する制御手段として、マイクロコンピュータを搭載した電気回路などを用いてもよい。

【0156】

また、第1実施形態は、第1回転機10および第2回転機20を出力軸13上に軸線方向に並べて配置した例であるが、第1回転機10および第2回転機20の配置はこれに限らない。例えば、図15に示すように、第2回転機20の外側に第1回転機10が位置するように、両者を径方向に並べて配置してもよい。このようにすれば、2つの回転機10、20の軸線方向のサイズを小型化することができ、動力装置1の設計の自由度を高めることができる。

【0157】

さらに、図16に示すように、第1回転機10の第1ロータ14と第2回転機20のロータ22を別個の軸上に配置してもよい。なお、同図においては、理解の容易化のために断面部分のハッチングが省略されている。同図に示すように、この第2回転機20では、ロータ22が前述した出力軸13上ではなく、第1ギヤ軸6a上に設けられている。このようにすれば、2つの回転機10、20の配置において、動力装置1の設計の自由度を高めることができる。

【0158】

一方、第1実施形態の動力装置1において、図17に示すように、ギヤ機構6に代えて、変速装置(図では「T/M」と表す)50を設けてもよい。この変速装置50は、出力軸13と前輪4との間の減速比を段階的または無段階に変更するものであり、MOT・ECU30によって変速動作が制御される。なお、変速装置50としては、具体的には、トルクコンバータ付きの有段自動変速装置、ベルト式無段変速装置、トロイダル式無段変速装置および自動MT(アクチュエータによって、クラッチの接続・遮断動作および変速動作を実行する有段自動変速装置)などのいずれかが適宜、用いられる。

【0159】

このように構成した場合、例えば、変速装置50における低回転・高負荷域用の減速比を大きく設定することによって、第1回転機10および第2回転機20を介して変速装置50に伝達すべきトルクを小さく設定することができ、それにより、第1回転機10および第2回転機20を小型化することができる。一方、変速装置50における高車速・高負荷域用の減速比を小さく設定することによって、第1回転機10および第2回転機20の回転数を低下させることができる。それにより、第1回転機10の場合、その界磁回転数を低減できることで、エネルギー損失を低減でき、伝達効率を向上させることができるとともに、寿命を延ばすことができる。また、第2回転機20の場合、その運転効率を向上させることができるとともに、寿命を延ばすことができる。

【0160】

また、第1実施形態の動力装置1において、図18に示すように、変速装置51を、エンジン3と第2ロータ15の間に延びる入力軸12の途中に設けてもよい。この変速装置51は、エンジン3と第2ロータ15との間の増速比を段階的または無段階に変更するものであり、MOT・ECU30によって変速動作が制御される。なお、変速装置51としては、上記変速装置50と同様に、トルクコンバータ付きの有段自動変速装置、ベルト式無段変速装置、トロイダル式無段変速装置および自動MTなどのいずれかが適宜、用いられる。

【0161】

このように構成した場合、例えば、変速装置51における低回転・高負荷域用の増速比および終減速装置(すなわち差動ギヤ機構7)の終減速比をいずれも大きく設定することによって、第1回転機10および第2回転機20を介して終減速装置側に伝達すべきトル

10

20

30

40

50

クを小さく設定することができ、それにより、第 1 回転機 10 および第 2 回転機 20 を小型化することができる。一方、変速装置 51 における高車速・高負荷域用の増速比を小さく（または 1 : 1 に）設定することによって、第 1 回転機 10 および第 2 回転機 20 の回転数を低下させることができる。それにより、前述したように、第 1 回転機 10 の場合、その界磁回転数を低減できることで、エネルギー損失を低減でき、伝達効率を向上させることができるとともに、寿命を延ばすことができる。また、第 2 回転機 20 の場合、その運転効率を向上させることができるとともに、寿命を延ばすことができる。

【0162】

さらに、第 1 実施形態の動力装置 1 において、図 19 に示すように、ギヤ機構 6 の位置を、出力軸 13 の第 1 ロータ 14 とロータ 22 との間に変更するとともに、出力軸 13 のギヤ機構 6 とロータ 22 の間に、変速装置 52 を設けてもよい。この変速装置 52 は、ロータ 22 とギヤ 6c との間の減速比を段階的または無段階に変更するものであり、MOT・ECU30 によって変速動作が制御される。なお、変速装置 52 としては、前述した変速装置 50 と同様に、トルクコンバータ付きの有段自動変速装置、ベルト式無段変速装置、トロイダル式無段変速装置および自動 MT などのいずれかが適宜、用いられる。

【0163】

このように構成した場合、例えば、変速装置 52 における低回転・高負荷域用の減速比を大きく設定することによって、第 2 回転機 20 から前輪 4 に伝達すべきトルクを小さく設定することができ、それにより、第 2 回転機 20 を小型化することができる。一方、変速装置 52 における高車速・高負荷域用の減速比を小さく設定することによって、第 2 回転機 20 の回転数を低下させることができ、それにより、前述したように、運転効率を向上させることができるとともに、寿命を延ばすことができる。

【0164】

次に、図 20 を参照しながら、本発明の第 2 実施形態に係る動力装置 1A について説明する。同図に示すように、この動力装置 1A は、第 1 実施形態の動力装置 1 と比べると、第 2 回転機 20 を後輪駆動用の動力源として用いた点が異なっており、それ以外は第 1 実施形態の動力装置 1 とほぼ同様に構成されているので、以下、第 1 実施形態の動力装置 1 と異なる点を中心に説明するとともに、同じ構成に関しては同一の符号を付し、その説明を省略する。

【0165】

この動力装置 1A では、第 1 ギヤ軸 6a 上のギヤ 6d が差動ギヤ機構 7 のギヤ 7a と常に噛み合っており、それにより、出力軸 13 の回転は、ギヤ 6c, 6d および差動ギヤ機構 7 を介して、前輪 4, 4 に伝達される。

【0166】

また、第 2 回転機 20 は、差動ギヤ機構 25 および左右の駆動軸 26, 26 を介して、左右の後輪 5, 5 に連結されており、これにより、後述するように、第 2 回転機 20 の動力が後輪 5, 5 (第 2 被駆動部) に伝達される。

【0167】

第 2 回転機 20 のロータ 22 は、ギヤ軸 24 の左端部に同心に固定されており、このギヤ軸 24 の右端部には、ギヤ 24a がギヤ軸 24 に同心に固定されている。このギヤ 24a は、差動ギヤ機構 25 のギヤ 25a と常に噛み合っている。以上の構成により、第 2 回転機 20 の動力は、ギヤ 24a および差動ギヤ機構 25 を介して、後輪 5, 5 に伝達される。

【0168】

以上のように構成された本実施形態の動力装置 1A によれば、第 1 実施形態の動力装置 1 と同様の作用効果を得ることができる。これに加えて、車両 2 の発進時、第 1 回転機 10 で回生された電力を第 2 回転機 20 に供給することにより、全輪駆動状態で発進することができ、その結果、雪道などの低 μ 路での発進性を向上させることができる。また、走行中も、全輪駆動状態で走行可能となるので、低 μ 路での走行安定性を向上させることができる。

10

20

30

40

50

【0169】

また、第2実施形態の動力装置1Aにおいて、図21に示すように、変速装置53を、エンジン3と第2ロータ15の間に延びる入力軸12の途中に設けるとともに、変速装置54を、ギヤ軸24のギヤ24aとロータ22との間に設けてもよい。この変速装置53は、エンジン3と第2ロータ15との間の増速比を段階的または無段階に変更するものであり、MOT・ECU30によって変速動作が制御される。さらに、変速装置54は、第2回転機20と後輪5との間の減速比を段階的または無段階に変更するものであり、MOT・ECU30によって変速動作が制御される。なお、変速装置53、54としては、前述した変速装置50と同様に、トルクコンバータ付きの有段自動変速装置、ベルト式無段変速装置、トロイダル式無段変速装置および自動MTなどのいずれかが適宜、用いられる。

10

【0170】

このように構成した場合、例えば、変速装置53における低回転・高負荷域用の増速比および終減速装置（すなわち差動ギヤ機構7）の終減速比をいずれも大きく設定することにより、第1回転機10を介して終減速装置側に伝達すべきトルクを小さく設定することができ、それにより、第1回転機10を小型化することができる。一方、変速装置53における高車速・高負荷域用の増速比を小さく（または1:1に）設定することにより、第1回転機10の回転数を低下させることができる。それにより、前述したように、第1回転機10において、その界磁回転数を低減できることで、エネルギー損失を低減でき、伝達効率を向上させることができるとともに、寿命を延ばすことができる。

20

【0171】

さらに、例えば、変速装置54における低回転・高負荷域用の減速比を大きく設定することにより、第2回転機20の発生トルクを小さく設定することができ、それにより、第2回転機20を小型化することができる。一方、変速装置54における高車速・高負荷域用の減速比を小さく設定することにより、第2回転機20の回転数を低下させることができる。それにより、第2回転機20において、その運転効率を向上させることができるとともに、寿命を延ばすことができる。

【0172】

なお、図21に示す例では、2つの変速装置53、54を動力装置1Aに設けたが、これらの変速装置53、54の一方を省略してもよい。

30

【0173】

次に、図22を参照しながら、本発明の第3実施形態に係る動力装置1Bについて説明する。同図に示すように、この動力装置1Bは、第1実施形態の動力装置1と比べると、第2回転機20および2ND・PDU32などを省略するとともに、電磁ブレーキ55を付加した点が異なっており、それ以外は第1実施形態の動力装置1とほぼ同様に構成されているので、以下、第1実施形態の動力装置1と異なる点を中心に説明するとともに、同じ構成に関しては同一の符号を付し、その説明を省略する。

【0174】

この動力装置1Bでは、前述した第2実施形態の動力装置1Aと同様に、第1ギヤ軸6a上のギヤ6dが差動ギヤ機構7のギヤ7aと常に噛み合っており、それにより、出力軸13の回転は、ギヤ6c、6dおよび差動ギヤ機構7を介して、前輪4、4に伝達される。

40

【0175】

また、電磁ブレーキ55（制止装置）は、入力軸12の第1回転機10とエンジン3の間に設けられており、MOT・ECU30に電氣的に接続されている。この電磁ブレーキ55は、MOT・ECU30によってON/OFF状態が切り換えられるとともに、OFF状態のときには、入力軸12の回転を許容し、ON状態のときには、入力軸12の回転を制止する。

【0176】

次に、車両運転中の、MOT・ECU30による第1回転機10および電磁ブレーキ5

50

5の制御について説明する。なお、電磁ブレーキ55は、後述する回転機発進制御のときにのみON状態に制御されるとともに、この回転機発進制御以外の各種の制御においては、OFF状態に保持される。

【0177】

まず、エンジン始動制御について説明する。このエンジン始動制御は、エンジン停止中で停車中の場合において、前述した所定のエンジン始動条件が成立したときに、第1回転機10の動力によってエンジン3を始動するものである。具体的には、所定の始動条件が成立すると、バッテリー33の電力が、1ST・PDU31を介して第1回転機10に供給される。それにより、前述したように、第1ロータ14が停止したままで、第2ロータ15が駆動され、その結果、エンジン3が始動される。

10

【0178】

また、エンジン運転中で停車中の場合において、前述した所定の発進条件が成立したときには、発進制御が実行される。この発進制御では、所定の発進条件が成立すると、まず、第1回転機10において、エンジン3の動力を電力として回生する(すなわち発電する)。そして、電力回生の開始後、その回生電力が減少するように、第1回転機10が制御される。それにより、エンジンストールを回避しながら、エンジン3の動力によって、車両2を発進させることができる。

【0179】

さらに、エンジン運転中で走行中には、エンジン動力の分配制御が実行される。この分配制御では、エンジン3の運転状態(エンジン回転数NEおよびアクセル開度APなど)および/または車両2の走行状態(車速VPなど)に応じて、エンジン3の動力のうちの、第1ロータ14を介して前輪4に伝達される動力と、第1回転機10で電力として回生される動力との割合を変更するように、第1回転機10が制御される。それにより、エンジン3の運転状態および/または車両2の走行状態に応じて、回生電力を適切に制御しながら、車両2を走行させることができる。

20

【0180】

また、この分配制御中、前述した所定の動力伝達条件が成立したときには、ステータ16の回転磁界の回転速度が値0となるように、第1回転機10が制御される。それにより、エンジン3の動力を、磁気伝達可能な範囲内であれば、第2ロータ15および第1ロータ14を介して前輪4にすべて磁気伝達することができる。

30

【0181】

一方、エンジン運転中で走行中(減速フューエルカット運転中も含む)、エンジン3の動力が電力回生されている場合において、バッテリー33の充電残量SOCが前述した所定値SOC_{REF}以下のときには、回生電力がバッテリー33に供給され、バッテリー33の充電制御が実行される。なお、前述した発進制御中に電力回生が実行されたときにも、バッテリー33の充電残量SOCが所定値SOC_{REF}以下であれば、バッテリー33の充電制御が実行される。それにより、バッテリー33において十分な充電残量SOCを確保することができる。

【0182】

また、エンジン運転中で走行中の場合において、前述した所定のアシスト条件が成立したときには、アシスト制御が実行される。具体的には、バッテリー33内の電力が第1回転機10に供給され、エンジン3および第1回転機10の動力によって前輪4を駆動するように、第1回転機10が制御される。それにより、エンジン3に加えて、第1回転機10を動力源として、アシスト走行することができる。

40

【0183】

さらに、エンジン停止中でかつ停車中の場合において、前述した所定の回転機発進条件が成立したときには、電磁ブレーキ55がONされ、第2ロータ15の回転が制止されるとともに、バッテリー33の電力を第1回転機10に供給することにより、第1回転機10が力行制御される。それにより、エンジン3を停止したままで、第1回転機10によって前輪4を駆動し、車両2を発進させることができる。その結果、燃費を向上させることが

50

できる。

【0184】

次に、図23を参照しながら、本発明の第4実施形態に係る動力装置1Cについて説明する。同図に示すように、この動力装置1Cは、第1実施形態の動力装置1と比べると、第1回転機10および第2回転機20の配置が異なっており、それ以外は第1実施形態の動力装置1とほぼ同様に構成されているので、以下、第1実施形態の動力装置1と異なる点を中心に説明するとともに、同じ構成に関しては同一の符号を付し、その説明を省略する。

【0185】

この動力装置1Cでは、第2回転機20がエンジン3と第1回転機10の間に配置され、そのロータ22は、入力軸12（回転軸）の所定部位に同心に固定されている。さらに、第1回転機10では、第1ロータ14がロータ22よりも下流側の入力軸12の右端部に同心に固定され、第2ロータ15が出力軸13の左端部に同心に固定されている。それにより、第1回転機10の運転時、第2ロータ15が回転しているときには、その動力が前輪4, 4に伝達される。

【0186】

次に、車両運転中の、MOT・ECU30による第1回転機10および第2回転機20の双方を制御する場合の制御手法について説明する。まず、停車中のエンジン始動制御について説明する。この制御では、エンジン停止中で停車中の場合において、前述した所定の始動条件が成立したときには、前述したバッテリー33の電力が第1回転機10および/または第2回転機20に供給され、第1回転機10および/または第2回転機20の動力が入力軸12を介してエンジン3に伝達されるように、第1回転機10および/または第2回転機20が力行制御される。それにより、第1回転機10および/または第2回転機20の動力によって、エンジン3を始動することができる。

【0187】

また、エンジン運転中で停車中の場合において、前述した所定の発進条件が成立したときには、発進制御が実行される。具体的には、停車中、エンジン3の動力は、入力軸12に伝達され、第1回転機10の第1ロータ14が駆動される。その状態で、第1回転機10を制御することにより、第1回転機10で電力回生を実行するとともに、その回生電力を第2回転機20に供給すると、第2回転機20のロータ22によって、第1ロータ14が駆動され、エネルギー循環が発生する。この状態で、第1回転機10での回生電力を減少側に制御すると、第1回転機10の第2ロータ15が回転し、出力軸13が駆動され、前輪4, 4が駆動されることで、車両2が発進する。車両2の発進以降、第1回転機10での回生電力をさらに減少側に制御するとともに、第1回転機10のステータ16の磁界回転方向が逆転から正転に移行した後は、第2回転機20を回生制御しかつ第1回転機10を力行制御することにより、車速が上昇する。

【0188】

さらに、エンジン運転中で走行中のときには、変速制御が実行される。この変速制御では、エンジン3の運転状態（エンジン回転数NEおよびアクセル開度APなど）および/または車両2の走行状態（車速VPなど）に応じて、エンジン3の動力のうちの、入力軸12を介して第1ロータ14に伝達される動力と、第2回転機20で電力として回生される動力との割合を変更するように、第2回転機20が制御されるとともに、この回生電力を第1回転機10に供給することにより、第1回転機10が制御される。この場合、前述したように、第1回転機10が、遊星歯車装置と同様の動作特性を示すように運転可能であるので、上記のように第2回転機20を制御するとともに、第2回転機20での回生電力を第1回転機10に供給することによって、第1回転機10を制御すると、電気的な損失を無視すれば、第1回転機10および第2回転機20を介して、エンジン3の動力をすべて前輪4に伝達しながら、入力軸12の回転数と出力軸13の回転数との比、言い換えればエンジン回転数NEと駆動軸回転数NDとの比を任意に変更することができる。すなわち、2つの回転機10, 20を制御することで、自動変速装置としての機能を実現する

ことができる。

【0189】

また、この変速制御中、前述した所定の動力伝達条件が成立したときには、第1回転機10での電力回生を中止し、ロック電流をステータ16に供給するかまたは第1回転機10における相間短絡制御を実行することなどにより、ステータ16の回転磁界の回転速度を値0に制御する。このように制御した場合、磁気伝達可能な範囲内であれば、エンジン3の動力をすべて磁気を介して前輪4に伝達できるので、第1回転機10における回生電力を、2ND・PDU32を介して第2回転機20に供給するように制御する場合と比べて、動力伝達効率を向上させることができる。

【0190】

一方、エンジン運転中で走行中（減速フューエルカット運転中も含む）の場合において、バッテリー33の充電残量SOCが前述した所定値SOC_{REF}以下のときには、第1回転機10および/または第2回転機20における回生電力を制御し、バッテリー33への充電制御を実行する。それにより、バッテリー33において十分な充電残量SOCを確保することができる。なお、前述した発進制御や変速制御の実行中において、バッテリー33の充電残量SOCが所定値SOC_{REF}以下のときに、バッテリー33への充電制御を実行してもよい。

【0191】

また、エンジン運転中で前述した所定のアシスト条件が成立したときには、アシスト制御が実行される。具体的には、バッテリー33内の電力を第1回転機10および/または第2回転機20に供給することによって、第1回転機10および/または第2回転機20の動力と、エンジン3の動力とが前輪4に伝達されるように、第1回転機10および/または第2回転機20が制御される。それにより、エンジン3に加えて、第1回転機10および/または第2回転機20を動力源として、アシスト走行またはアシスト発進することができる。

【0192】

さらに、エンジン停止中でかつ停車中の場合において、前述した所定の回転機発進条件が成立したときには、回転機発進制御が実行される。具体的には、エンジン3を停止したままで、バッテリー33の電力を2ND・PDU32を介して第2回転機20に供給し、第2回転機20（制止装置）を、ロータ22が回転停止状態に保持されるように制御することで、第1ロータ14の回転を制止するとともに、バッテリー33の電力を1ST・PDU31を介して第1回転機10に供給し、第1回転機10の力行制御を実行する。その結果、第1回転機10の電力が磁気を介して出力軸13側に動力として伝達され、それにより、車両2を発進させることができる。

【0193】

次に、車両2の運転中において、MOT・ECU30による第2回転機20の制御を停止し、MOT・ECU30によって第1回転機10のみを制御する場合の制御手法について説明する。まず、エンジン運転中で停車中の場合において、前述した所定の発進条件が成立したときには、発進制御が実行される。この発進制御では、上記所定の発進条件が成立すると、まず、第1回転機10において、エンジン3の動力を電力として回生し、電力回生の開始後、その回生電力が減少するように、第1回転機10が制御される。それにより、エンジンストールを回避しながら、エンジン3の動力によって、車両2を発進させることができる。

【0194】

さらに、エンジン運転中で走行中には、エンジン動力の分配制御が実行される。この分配制御では、エンジン3の運転状態（エンジン回転数NEおよびアクセル開度APなど）および/または車両2の走行状態（車速VPなど）に応じて、エンジン3の動力のうちの、第2ロータ15を介して前輪4に伝達される動力と、第1回転機10で電力として回生される動力との割合を変更するように、第1回転機10が制御される。それにより、エンジン3の運転状態および/または車両2の走行状態に応じて、回生電力を適切に制御しな

10

20

30

40

50

がら、車両 2 を走行させることができる。

【0195】

また、この分配制御中、前述した所定の動力伝達条件が成立したときには、ステータ 16 の回転磁界の回転速度が値 0 となるように、第 1 回転機 10 が制御される。それにより、エンジン 3 の動力を、磁気伝達可能な範囲内であれば、第 1 ロータ 14 および第 2 ロータ 15 を介して前輪 4 にすべて磁気伝達することができる。

【0196】

一方、エンジン運転中で走行中（減速フューエルカット運転中も含む）、エンジン 3 の動力が電力回生されている場合において、バッテリー 33 の充電残量 SOC が所定値 SOC_{REF} 以下のときには、回生電力がバッテリー 33 に供給され、バッテリー 33 の充電制御が実行される。なお、前述した発進制御中に電力回生が実行されたときにも、バッテリー 33 の充電残量 SOC が所定値 SOC_{REF} 以下であれば、バッテリー 33 の充電制御が実行される。それにより、バッテリー 33 において十分な充電残量 SOC を確保することができる。

10

【0197】

また、エンジン運転中で走行中の場合において、前述した所定のアシスト条件が成立したときには、アシスト制御が実行される。具体的には、バッテリー 33 内の電力が第 1 回転機 10 に供給され、エンジン 3 および第 1 回転機 10 の動力によって前輪 4 を駆動するように、第 1 回転機 10 が制御される。それにより、エンジン 3 に加えて、第 1 回転機 10 を動力源として、アシスト走行することができる。以上のように、第 1 回転機 10 のみを制御することによって、車両 2 を運転することができる。

20

【0198】

以上のように、本実施形態の動力装置 1C によれば、エンジン 3、第 1 回転機 10 および第 2 回転機 20 を動力源として、車両 2 を駆動することができる。また、第 1 回転機 10 を 1 つの軟磁性体列のみを備えるように構成すればよいので、その分、第 1 回転機 10 を小型化できるとともに製造コストを低減できる。その結果、動力装置 1C 自体を小型化でき、製造コストを低減できるとともに、設計の自由度を高めることができる。さらに、前述したように、第 1 回転機 10 の極対数比 α すなわち極数比 m の設定の仕方によって、第 1 回転機 10 における 3 つの電気角速度および 3 つのトルクの関係も自由に設定でき、それにより、設計の自由度をさらに高めることができる。

30

【0199】

次に、第 4 実施形態の動力装置 1C において、第 1 回転機 10 の極対数比 α （＝極数比 m ）を変更したときのトルク変化などについて説明する。具体的には、エンジン運転中の車両走行中、エンジン 3 の動力の一部を第 2 回転機 20 によって電力回生し、この回生電力を第 1 回転機 10 に供給することで、第 1 回転機 10 を力行制御している場合を例にとって説明する。

【0200】

まず、動力装置 1C において、第 1 回転機 10 の極対数比 α が値 1 以外の任意の値に設定され、駆動輪が出力軸 13 に直結されていると仮定する。この場合、入力軸 12 すなわち第 1 ロータ 14 の電気角速度を ω_{ENG} とし、ステータ 16 の回転磁界の電気角速度を ω_{MG1} とし、出力軸 13 すなわち第 2 ロータ 15 の電気角速度を ω_{OUT} とすると、これらの電気角速度の関係は、例えば図 24 に示すようになるとともに、下式（59）が成立する。

40

【数 59】

$$\omega_{MG1} = (1 + \alpha) \omega_{OUT} - \alpha \cdot \omega_{ENG} \quad \dots\dots (59)$$

【0201】

さらに、エンジン 3 から入力軸 12 に入力されるトルクをエンジントルク T_{ENG} とし、第 1 回転機 10 への供給電力および電気角速度 ω_{MG1} に等価なトルクを第 1 回転機トルク T_{MG1} とし、第 2 回転機 20 の回生電力および電気角速度 ω_{MG2} に等価なトルク

50

を第 2 回転機トルク T_{MG2} とし、駆動輪への伝達トルクに起因して駆動輪が路面から受ける反力としてのトルクを駆動トルク T_{OUT} とすると、下式 (60), (61) が成立するとともに、これらのトルクの関係は図 24 に示すようになる。なお、下式 (60), (61) においては、図 24 の上向きのトルクを正值で表している。

【0202】

【数60】

$$T_{MG1} = -\frac{1}{1+\alpha} T_{OUT} \quad \dots\dots (60)$$

【数61】

$$T_{MG2} = -T_{ENG} - \frac{\alpha}{1+\alpha} T_{OUT} \quad \dots\dots (61)$$

10

【0203】

ここで、極対数比 α を前述した第 1 所定値 α_1 に設定したときの第 1 および第 2 回転機トルク $T_{MG1}(\alpha_1)$, $T_{MG2}(\alpha_1)$ はそれぞれ、下式 (62), (63) で表される。

【数62】

$$T_{MG1}(\alpha_1) = -\frac{1}{1+\alpha_1} T_{OUT} \quad \dots\dots (62)$$

20

【数63】

$$T_{MG2}(\alpha_1) = -T_{ENG} - \frac{\alpha_1}{1+\alpha_1} T_{OUT} \quad \dots\dots (63)$$

【0204】

さらに、極対数比 α を前述した第 2 所定値 α_2 に設定したときの第 1 および第 2 回転機トルク $T_{MG1}(\alpha_2)$, $T_{MG2}(\alpha_2)$ はそれぞれ、下式 (64), (65) で表される。

【数64】

$$T_{MG1}(\alpha_2) = -\frac{1}{1+\alpha_2} T_{OUT} \quad \dots\dots (64)$$

30

【数65】

$$T_{MG2}(\alpha_2) = -T_{ENG} - \frac{\alpha_2}{1+\alpha_2} T_{OUT} \quad \dots\dots (65)$$

【0205】

以上の式 (62), (64) より、極対数比 α を第 1 所定値 α_1 から第 2 所定値 α_2 に変更した場合の、第 1 回転機トルク T_{MG1} の変化量 ΔT_{MG1} は、下式 (66) で表される。

40

【数66】

$$\begin{aligned} \Delta T_{MG1} &= T_{MG1}(\alpha_2) - T_{MG1}(\alpha_1) \\ &= -\frac{\alpha_1 - \alpha_2}{(1+\alpha_1)(1+\alpha_2)} T_{OUT} \quad \dots\dots (66) \end{aligned}$$

【0206】

また、式 (63), (65) より、極対数比 α を第 1 所定値 α_1 から第 2 所定値 α_2 に変更した場合の、第 2 回転機トルク T_{MG2} の変化量 ΔT_{MG2} は、下式 (67) で表さ

50

れる。

【数 6 7】

$$\begin{aligned}\Delta TMG2 &= TMG2(\alpha 2) - TMG2(\alpha 1) \\ &= -\frac{\alpha 2 - \alpha 1}{(1 + \alpha 1)(1 + \alpha 2)} TOUT \quad \dots\dots (67)\end{aligned}$$

【0207】

ここで、 $TOUT < 0$ ， $TMG1 > 0$ ， $TMG2 < 0$ ， $\alpha 1 < \alpha 2$ であるので、以上の式(66)，(67)を参照すると明らかなように、極対数比 α を第1所定値 $\alpha 1$ から第2所定値 $\alpha 2$ に変更することで、第1および第2回転機トルク $TMG1$ ， $TMG2$ の絶対値が減少することになる。すなわち、極対数比 α をより大きな値に設定することで、第1回転機10および第2回転機20を小型化できることが判る。

10

【0208】

また、2つの回転機10，20とバッテリー33との間で電力が入出力されていないとすれば、第2回転機20の回生電力はそのまま第1回転機10に供給されるので、下式(68)が成立する。

$$TMG1 = -\frac{\omega_{ENG}}{\omega_{MG1}} TMG2 \quad \dots\dots (68) \quad 20$$

【0209】

さらに、機械的損失および電氣的損失を無視すれば、下式(69)が成立する。

【数 6 9】

$$TENG \cdot \omega_{ENG} = -TOUT \cdot \omega_{OUT} \quad \dots\dots (69)$$

【0210】

ここで、第2回転機20から第1回転機10に供給される電力を伝達電力 WMG' とし、エンジン出力 $WENG$ に対する伝達電力 WMG' の比を出力比 RW' とすると、この出力比 RW' は、下式(70)により算出される。

30

【数 7 0】

$$\begin{aligned}RW' &= \frac{WMG'}{WENG} \\ &= \frac{-TMG2 \cdot \omega_{ENG}}{TENG \cdot \omega_{ENG}} \\ &= -\frac{TMG1 \cdot \omega_{MG1}}{TOUT \cdot \omega_{OUT}} \quad \dots\dots (70)\end{aligned}$$

40

【0211】

前述した式(59)，(60)の関係を上式(70)に適用すると、下式(71)が得られる。

【数 7 1】

$$RW' = 1 - \frac{\alpha}{1 + \alpha} \cdot \frac{\omega_{ENG}}{\omega_{OUT}} \quad \dots\dots (71)$$

【0212】

ここで、減速比 R を下式(72)に示すように定義し、これを上式(71)に適用すると、下式(73)が得られる。

50

【数 7 2】

$$R = \frac{\omega_{ENG}}{\omega_{OUT}} \quad \dots\dots (72)$$

【数 7 3】

$$RW' = 1 - \frac{\alpha}{1+\alpha} \cdot R \quad \dots\dots (73)$$

【0 2 1 3】

上式(73)より、極対数比 α を第1所定値 $\alpha 1$ および第2所定値 $\alpha 2$ に設定したときの出力比 $RW(\alpha 1)'$ 、 $RW(\alpha 2)'$ はそれぞれ、下式(74)、(75)で算出される。

10

【数 7 4】

$$RW(\alpha 1)' = 1 - \frac{\alpha 1}{1+\alpha 1} \cdot R \quad \dots\dots (74)$$

【数 7 5】

$$RW(\alpha 2)' = 1 - \frac{\alpha 2}{1+\alpha 2} \cdot R \quad \dots\dots (75)$$

【0 2 1 4】

20

以上の式(74)、(75)より、極対数比 α を第1所定値 $\alpha 1$ から第2所定値 $\alpha 2$ に変更した場合の、出力比の変化量 $\Delta RW'$ は、下式(76)で表される。

【数 7 6】

$$\begin{aligned} \Delta RW' &= RW(\alpha 2)' - RW(\alpha 1)' \\ &= -\frac{\alpha 2 - \alpha 1}{(1+\alpha 1)(1+\alpha 2)} \cdot R \quad \dots\dots (76) \end{aligned}$$

【0 2 1 5】

30

ここで、 $\alpha 1 < \alpha 2$ であるので、上式(76)を参照すると明らかなように、極対数比 α を第1所定値 $\alpha 1$ から第2所定値 $\alpha 2$ に変更することで、出力比 RW' を低減でき、伝達電力 WMG' を低減できることが判る。また、前述した式(73)において、極対数比 α を値1、値1.5、値2に設定したときの出力比 RW' と減速比 R の関係は、図25に示すようになる。この図25を参照すると明らかなように、極対数比 α をより大きな値に設定することで、減速比 R のほぼ全域において、伝達電力 WMG' を低減できることが判る。一般に、効率の観点からは、動力を機械伝達または磁気伝達したときの方が、電力を回転機によって動力に変換したときと比べて優れているので、上記のように、伝達電力 WMG' を低減することによって、伝達効率を向上できることになる。すなわち、本発明の動力装置の場合、極対数比 α (=極数比 m)をより大きく設定することによって、伝達効率を向上させることができる。

40

【0 2 1 6】

なお、第4実施形態は、エンジン3を停止した状態で車両2を発進する際、第2回転機20を制状態に制御し、第1回転機10を力行制御した例であるが、これに代えて、図26に示すように、動力装置1Cにおいて、エンジン3と第2回転機20との間にクラッチ56を設けてもよい。このように構成した場合、エンジン3を停止した状態で車両2を発進する際、 $MOT \cdot ECU30$ によって、クラッチ56を遮断状態に保持するとともに、その状態で、2つの回転機10、20の少なくとも一方が力行制御される。それにより、2つの回転機10、20の少なくとも一方の動力によって、エンジン3を停止したまま、車両2を発進させることができる。この場合、クラッチ56としては、電磁クラッチや、油圧アクチュエータによって駆動される油圧式クラッチなどの動力を伝達・遮断する

50

機構であって、MOT・ECU30によって制御可能なものであればよい。

【0217】

一方、第4実施形態の動力装置1Cにおいて、図27に示すように、ギヤ機構6に代えて、変速装置57を設けてもよい。この変速装置57は、出力軸13と前輪4との間の減速比を段階的または無段階に変更するものであり、MOT・ECU30によって変速動作が制御される。なお、変速装置57としては、前述した変速装置50と同様に、トルクコンバータ付きの有段自動変速装置、ベルト式無段変速装置、トロイダル式無段変速装置および自動MTなどのいずれかが適宜、用いられる。

【0218】

このように構成した場合、例えば、変速装置57における低回転・高負荷域用の減速比を大きく設定することによって、第1回転機10および第2回転機20を介して変速装置57に伝達すべきトルクを小さく設定することができ、それにより、第1回転機10および第2回転機20を小型化することができる。一方、変速装置57における高車速・高負荷域用の減速比を小さく設定することによって、第1回転機10および第2回転機20の回転数を低下させることができる。それにより、第1回転機10の場合、その界磁回転数を低減できることで、エネルギー損失を低減でき、伝達効率を向上させることができるとともに、寿命を延ばすことができる。また、第2回転機20の場合、その運転効率を向上させることができるとともに、寿命を延ばすことができる。

【0219】

また、第4実施形態の動力装置1Cにおいて、図28に示すように、変速装置58を、エンジン3とロータ22の間に延びる入力軸12の途中に設けてもよい。この変速装置58は、エンジン3とロータ22との間の増速比を段階的または無段階に変更するものであり、MOT・ECU30によって変速動作が制御される。なお、変速装置58としては、前述した変速装置50と同様に、トルクコンバータ付きの有段自動変速装置、ベルト式無段変速装置、トロイダル式無段変速装置および自動MTなどのいずれかが適宜、用いられる。

【0220】

このように構成した場合、例えば、変速装置58における低回転・高負荷域用の増速比および終減速装置（すなわち差動ギヤ機構7）の終減速比をいずれも大きく設定することによって、第1回転機10および第2回転機20を介して終減速装置側に伝達すべきトルクを小さく設定することができ、それにより、第1回転機10および第2回転機20を小型化することができる。一方、変速装置58における高車速・高負荷域用の増速比を小さく（または1:1に）設定することによって、第1回転機10および第2回転機20の回転数を低下させることができる。それにより、前述したように、第1回転機10の場合、その界磁回転数を低減できることで、エネルギー損失を低減でき、伝達効率を向上させることができるとともに、寿命を延ばすことができる。また、第2回転機20の場合、その運転効率を向上させることができるとともに、寿命を延ばすことができる。

【0221】

次に、図29を参照しながら、本発明の第5実施形態に係る動力装置1Dについて説明する。この動力装置1Dは、上記第4実施形態の動力装置1Cにおける第2回転機20の位置を、前述した第2実施形態の動力装置1Aと同様に、エンジン3と第1回転機10の間の位置から後輪5側に変更するとともに、この第2回転機20によって後輪5を駆動するように構成したものである。この動力装置1Dによれば、前述した第2実施形態の動力装置1Aと同様に、車両2の発進時、全輪駆動状態で発進することができ、それにより、雪道などの低μ路での発進性を向上させることができる。また、走行中も、全輪駆動状態で走行可能となるので、低μ路での走行安定性を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0222】

【図1】本発明の第1実施形態に係る動力装置およびこれを適用したハイブリッド車両の概略構成を示す図である。

10

20

30

40

50

【図 2】第 1 実施形態の動力装置の概略構成を示す図である。

【図 3】第 1 回転機および第 2 回転機の概略構成を模式的に示す断面図である。

【図 4】図 3 の A - A 線の位置で周方向に沿って破断した円環状の断面を直線状に模式的に示した図である。

【図 5】磁界電気角速度 ω_{MFR} と第 1 ロータ電気角速度 ω_{ER1} と第 2 ロータ電気角速度 ω_{ER2} との関係の一例を示す速度共線図である。

【図 6】第 1 回転機の第 1 ロータを回転不能に保持した状態で、ステータに電力を供給した場合における動作を説明するための図である。

【図 7】図 6 の続きの動作を説明するための図である。

【図 8】図 7 の続きの動作を説明するための図である。

【図 9】図 5 に示す状態から、電機子磁極が電気角 2π だけ回転したときにおける電機子磁極や軟磁性体コアの位置関係を説明するための図である。

【図 10】第 1 回転機の第 2 ロータを回転不能に保持した状態で、ステータに電力を供給した場合における動作を説明するための図である。

【図 11】図 10 の続きの動作を説明するための図である。

【図 12】図 11 の続きの動作を説明するための図である。

【図 13】第 1 実施形態の動力装置の第 1 回転機における極対数比 α を任意の値としたときの 3 つの電気角速度および 3 つのトルクの関係の一例を示す速度共線図である。

【図 14】第 1 実施形態の動力装置の第 1 回転機における極対数比 α を値 1、値 1.5、値 2 に設定したときの出力比 RW と減速比 R の関係を示す図である。

【図 15】第 1 回転機および第 2 回転機の配置の変形例を示す図である。

【図 16】第 1 回転機および第 2 回転機の配置の他の変形例を示す図である。

【図 17】第 1 実施形態の動力装置に変速装置を設けた場合の一例を示す図である。

【図 18】第 1 実施形態の動力装置に変速装置を設けた場合の他の一例を示す図である。

【図 19】第 1 実施形態の動力装置に変速装置を設けた場合のさらに他の一例を示す図である。

【図 20】第 2 実施形態に係る動力装置の概略構成を示す図である。

【図 21】第 2 実施形態の動力装置に変速装置を設けた場合の一例を示す図である。

【図 22】第 3 実施形態に係る動力装置の概略構成を示す図である。

【図 23】第 4 実施形態に係る動力装置の概略構成を示す図である。

【図 24】第 4 実施形態の動力装置の第 1 回転機における極対数比 α を任意の値としたときの 3 つの電気角速度および 3 つのトルクの関係の一例を示す速度共線図である。

【図 25】第 4 実施形態の動力装置の第 1 回転機における極対数比 α を値 1、値 1.5、値 2 に設定したときの出力比 RW' と減速比 R の関係を示す図である。

【図 26】第 4 実施形態の動力装置にクラッチを設けた場合の一例を示す図である。

【図 27】第 4 実施形態の動力装置に変速装置を設けた場合の一例を示す図である。

【図 28】第 4 実施形態の動力装置に変速装置を設けた場合の他の一例を示す図である。

【図 29】第 5 実施形態に係る動力装置の概略構成を示す図である。

【図 30】本発明の第 1 回転機に相当する等価回路を示す図である。

【図 31】本発明の第 1 回転機における磁界電気角速度 ω_{mf} と、第 1 ロータ電気角速度 ω_{e1} と、第 2 ロータ電気角速度 ω_{e2} との関係の一例を示す速度共線図である。

【符号の説明】

【0223】

- 1 動力装置
- 1A ~ 1D 動力装置
- 3 エンジン（熱機関）
- 4 前輪（被駆動部）
- 5 後輪（第 2 被駆動部）
- 10 第 1 回転機
- 12 入力軸（回転軸）

10

20

30

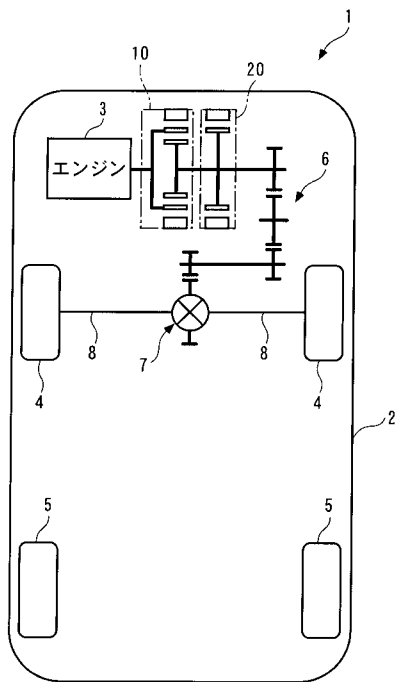
40

50

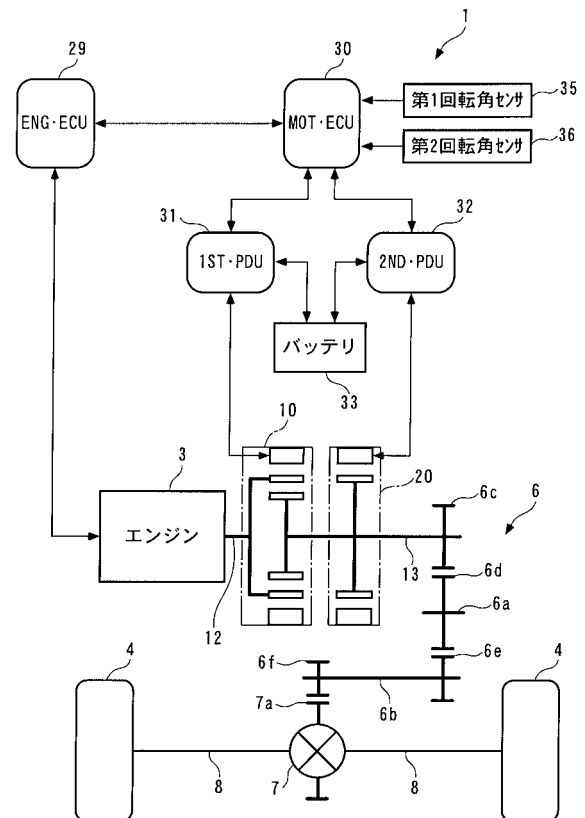
- 1 3 出力軸（回転軸）
- 1 4 第 1 ロータ
- 1 4 a 永久磁石（磁極）
- 1 5 第 2 ロータ
- 1 5 a 軟磁性体コア（軟磁性体）
- 1 6 ステータ
- 1 6 a 鉄芯（電機子、電機子列）
- 1 6 c U 相コイル（電機子、電機子列）
- 1 6 d V 相コイル（電機子、電機子列）
- 1 6 e W 相コイル（電機子、電機子列）
- 2 0 第 2 回転機（制止装置）
- 5 0 ~ 5 4 変速装置
- 5 5 電磁ブレーキ（制止装置）
- 5 6 クラッチ
- 5 7 , 5 8 変速装置

10

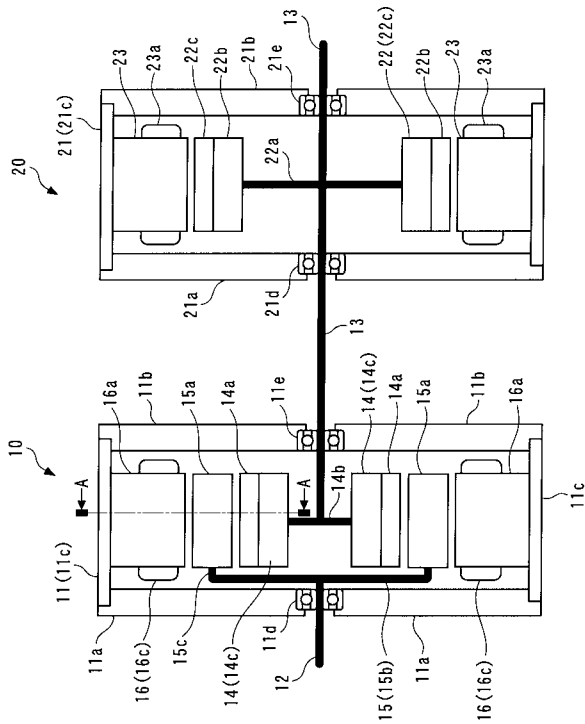
【 図 1 】



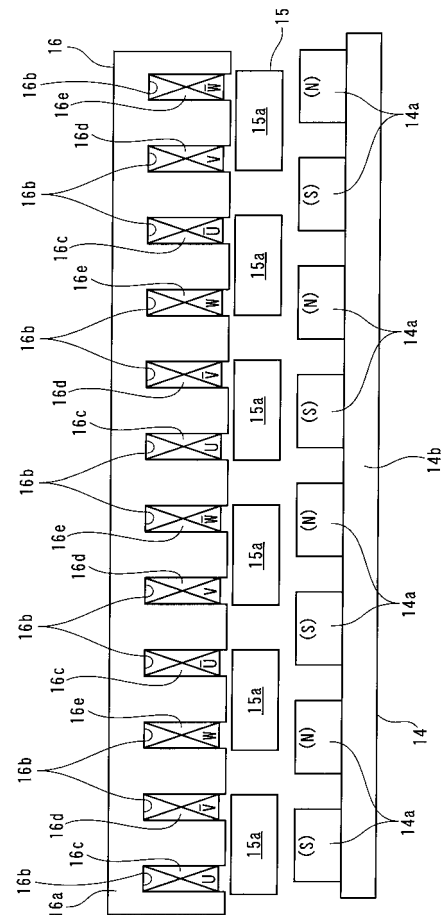
【 図 2 】



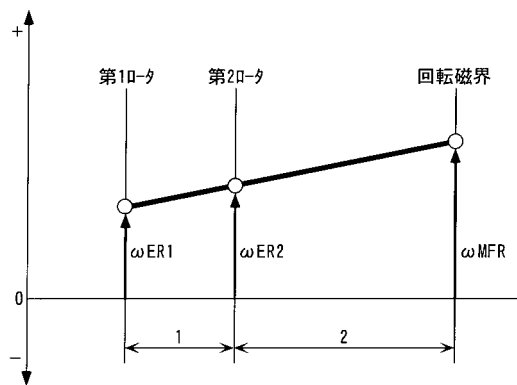
【図 3】



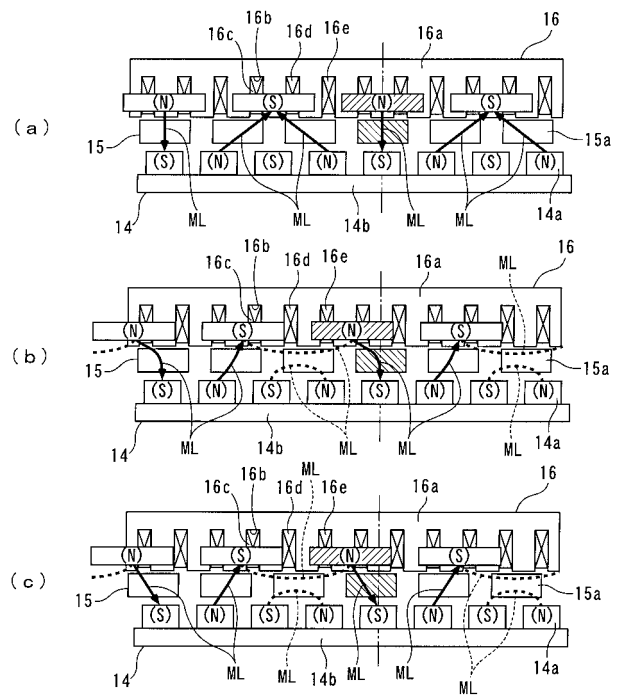
【図 4】



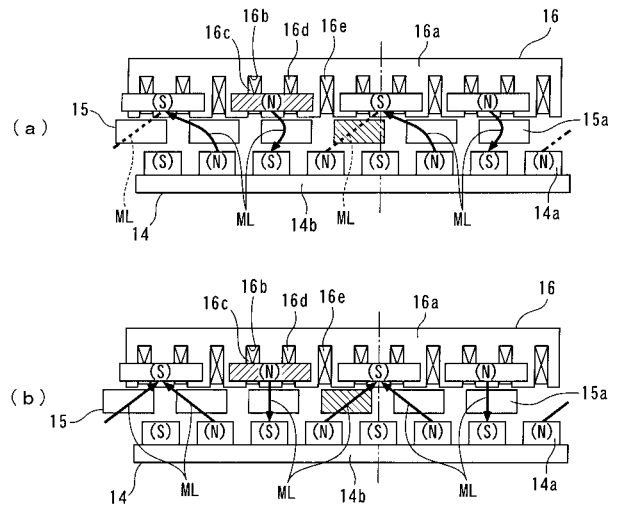
【図 5】



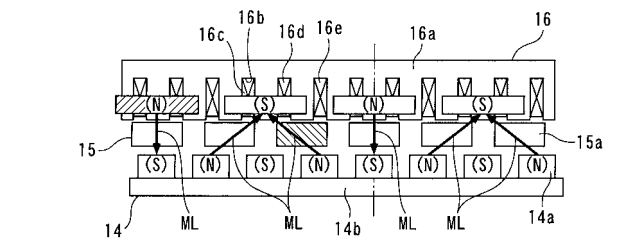
【図 6】



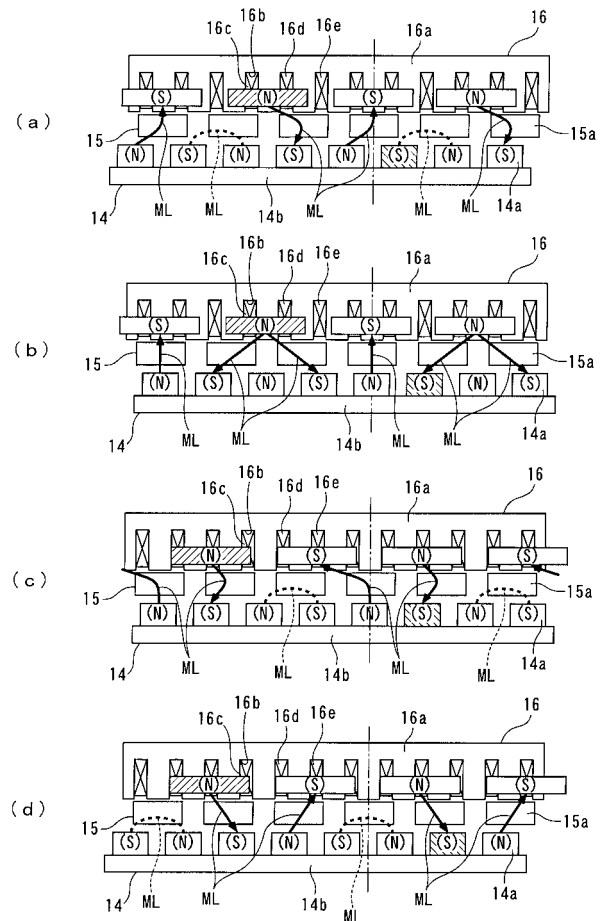
【 図 8 】



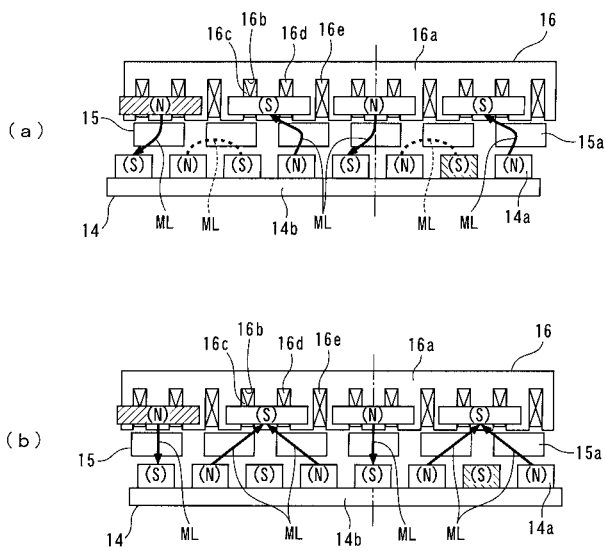
【 図 1 0 】



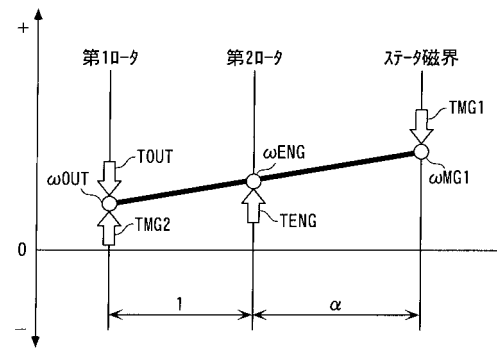
【 図 1 1 】



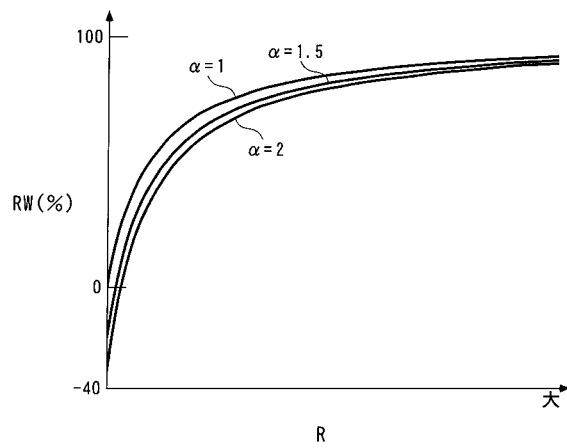
【図 1 2】



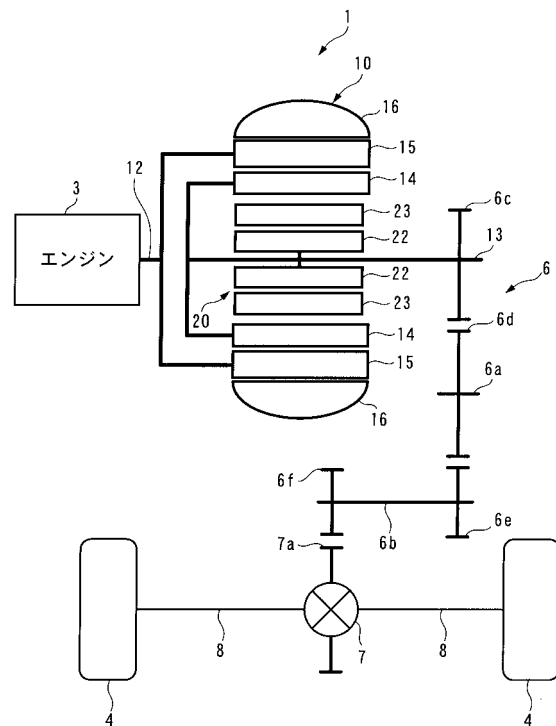
【図 1 3】



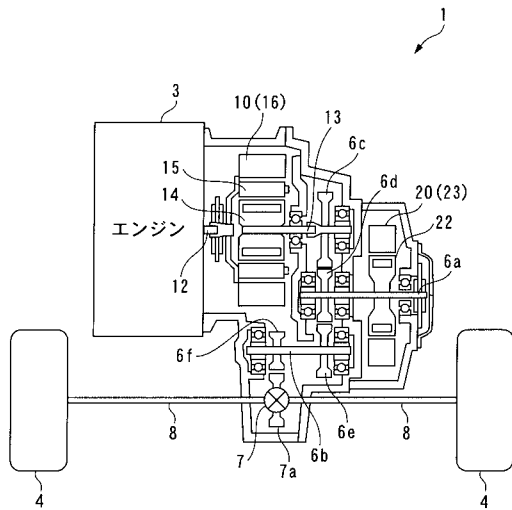
【図 1 4】



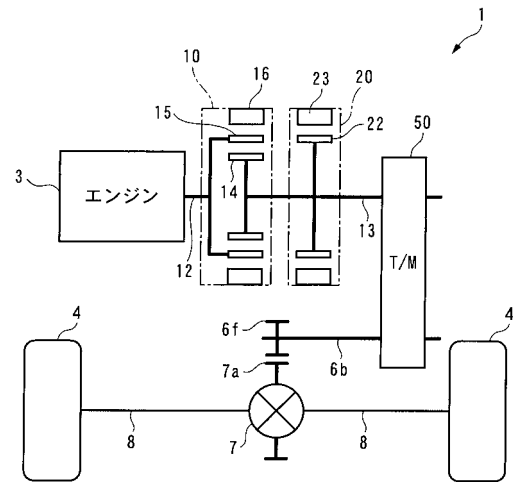
【図 1 5】



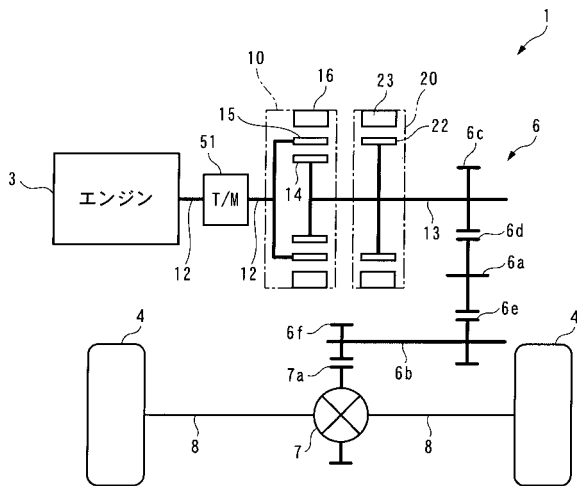
【図 16】



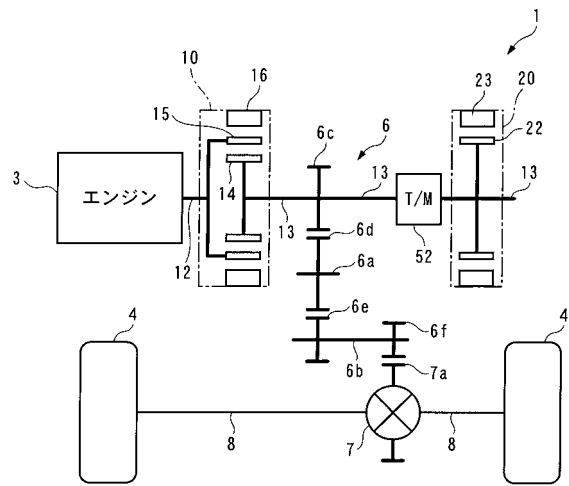
【図 17】



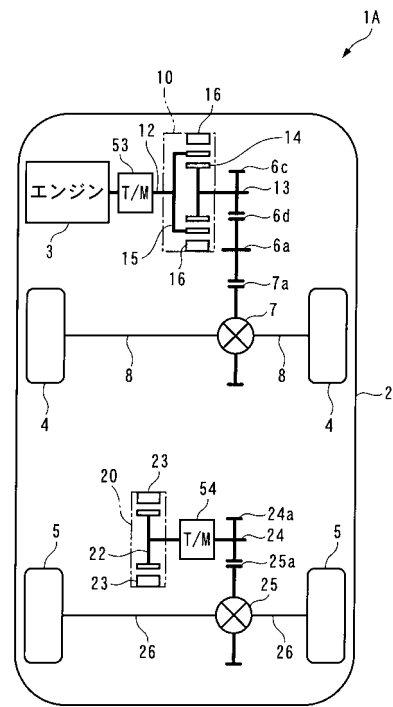
【図 18】



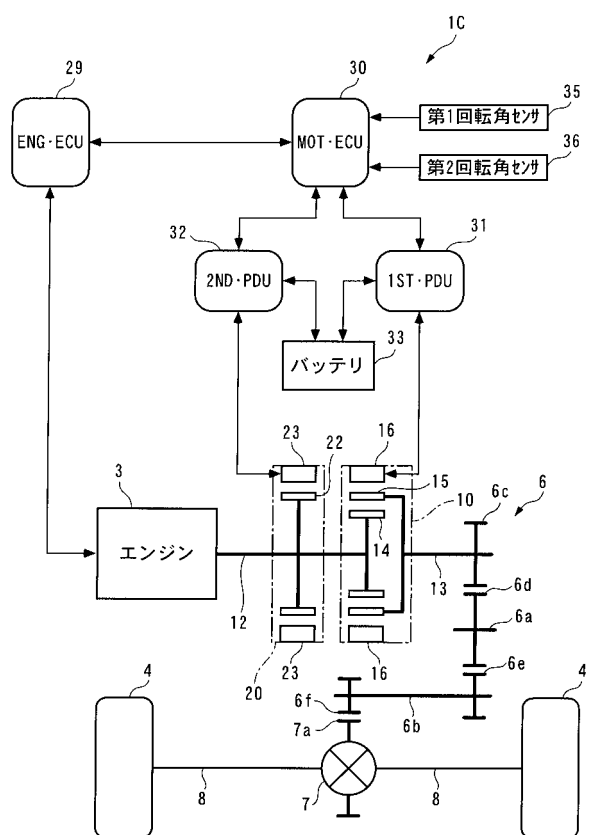
【図 19】



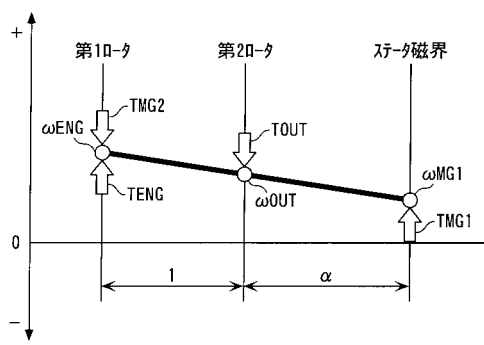
【 図 2 1 】



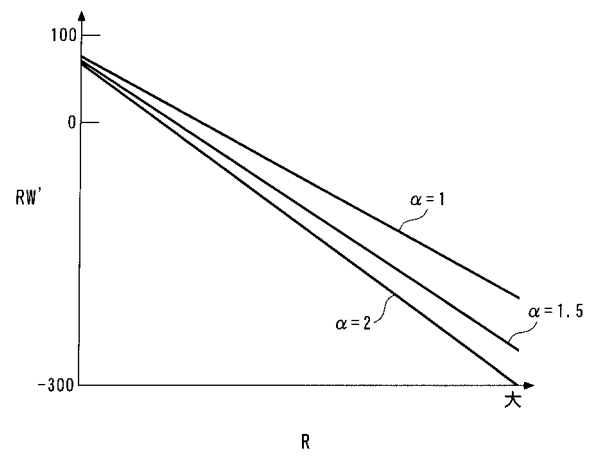
【 図 2 3 】



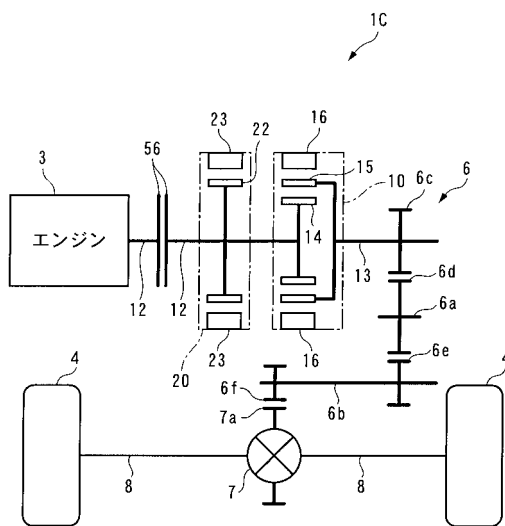
【図 24】



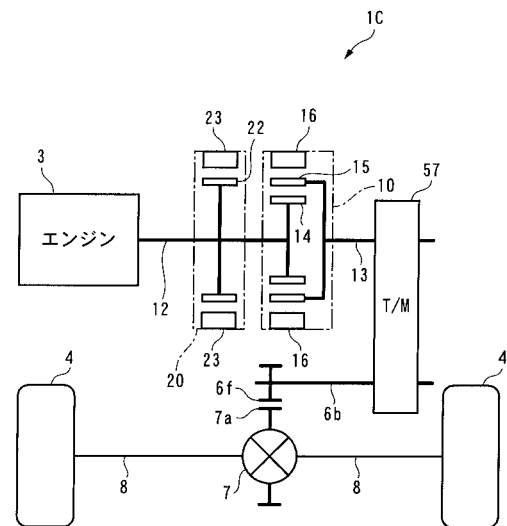
【図 25】



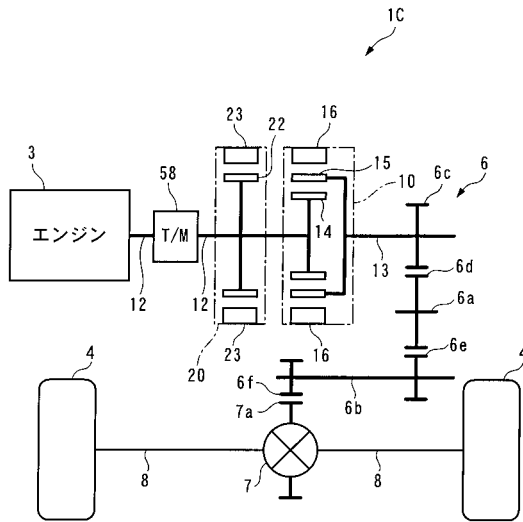
【図 26】



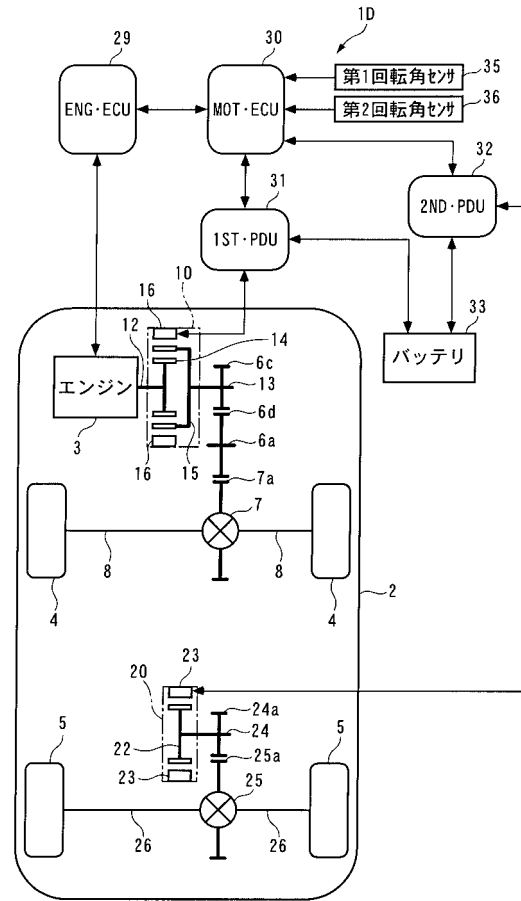
【図 27】



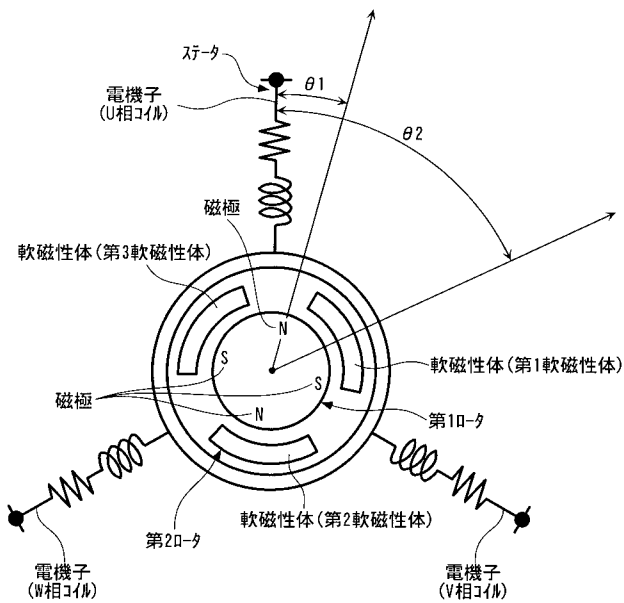
【図28】



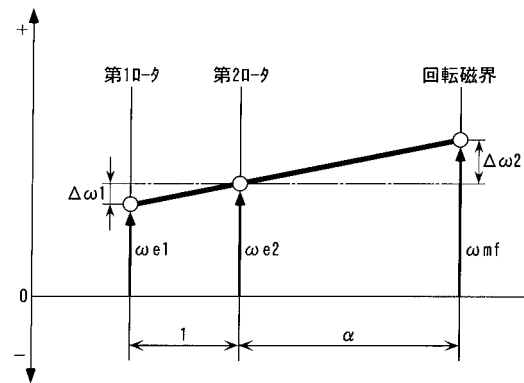
【図29】



【図30】



【図31】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I			テーマコード(参考)
H 0 2 K 1/16 (2006.01)	H 0 2 K	1/22	A	
B 6 0 L 11/14 (2006.01)	H 0 2 K	1/16	Z	
F 0 2 D 29/02 (2006.01)	B 6 0 L	11/14		
	F 0 2 D	29/02	D	

(72)発明者 阿部 典行

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

Fターム(参考) 3G093 AA07 BA28 EB02 EC02
 5H115 PA00 PC06 PG04 PI16 PI24 PI29 P002 P006 P017 PU11
 PU24 PU28 PU29 PV09 QI02 QI04 QN03 RB08 TB01 TE02
 TI02 T022 T024 T030 UI23 UI40
 5H601 AA05 AA24 AA30 BB20 CC05 CC13 CC15 CC20 CC21 DD01
 DD09 DD11 EE27 EE30 EE31 FF17 GA02 GB05 GB13 GB34
 GB49