

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 22 日現在

機関番号：34412

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2014

課題番号：26630082

研究課題名(和文) スターリングエンジン・モータ方式ハイブリッド車両及び駆動装置の実証試作

研究課題名(英文) Actual Proof Examination of Stirling-Engine-and-Motor Hybrid Vehicle and Its Power Train

研究代表者

石井 徳章 (Ishii, Noriaki)

大阪電気通信大学・工学部・教授

研究者番号：40098083

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：急激な出力調整が難しいという欠点を補うために考案されたスターリングエンジン・DCモータ方式のハイブリッド車両を実現するために、その第1段階として、「駆動トルク配分機構およびその制御システムの開発」に重点を置いた駆動装置の実験シミュレータを製作した。ただし、スターリングエンジンはACモータに置き換えた。駆動トルク配分機構には、遊星歯車を用いた配分機構を用いた。駆動トルクの配分制御には最も簡単なクラッチ機構を利用して実現し、滑らかな動力配分が可能であることを実証した。

研究成果の概要(英文)：The final purpose of the present research project is to make an actual prototype of the Stirling-engine-and-motor hybrid vehicle. As its first step, a test simulator of the driving torque transmission system and its control system was made, where the Stirling engine was replaced with an AC motor and the planetary gear mechanism was utilized. The distributing control of driving torques was realized with the most simple clutch mechanism, thus actually proving a smooth change of the driving torque between the Stirling engine and the DC motor.

研究分野：機械力学，流体力学，流体関連振動，水門の動的 safety 設計，空調用圧縮機の最適設計

キーワード：スターリングエンジン DCモータ ハイブリッド車両 駆動トルク配分機構 遊星歯車

1. 研究開始当初の背景

「外燃機関」の代表的なものであるスターリングエンジンは、燃料が限定されず、燃料の完全燃焼が可能であるため、燃料問題と環境問題を同時に、かつ、抜本的に解決できる「未来の夢のエンジン」として長年注目されてきていた。しかし、スターリングエンジンには自動車に要求されるような急激な出力調整ができないという欠点などがあり、それを使用した乗り物の実用化が実現できていないのが現状である。

申請者はエアコン用スクロール圧縮機の高性能化、大型化に関して多くの経験を有し、その研究開発の中から、急激な出力調整が難しいという欠点を補うためにはスターリングエンジンとモータを組み合わせればよいこと、それによってスターリングエンジン・モータ方式ハイブリッド車両が実現可能であるという着想に至った。

2. 研究の目的

急激な出力調整が難しいという欠点を補うために考案されたスターリングエンジンとモータを組み合わせたハイブリッド車両を実証試作する。加速したいときには動力源としてモータを利用し、目標速度で走行中にスターリングエンジンの出力が追い付けば動力源をモータからスターリングエンジンに切り替え、減速するときにはスターリングエンジンの余剰出力でモータ発電し、制動力を得て、同時にバッテリー充電する着想である。スターリングエンジンは、予算面の問題のため、当面はモータで代用し、重点的に動力配分機構の運転テストを行い、その性能実証評価を行う。制御システム的设计・開発は、迅速に製作するといった観点から、外部業者に委託して製作を行った。

3. 研究の方法

(1) 製作した実験装置の写真を図 1 に示す。右下にある DC モータがスターリングエンジンの動作を補うモータであり、出力は 2.2kW である。スターリングエンジンは製作に高コストがかかるので、図左下にある 400W の AC モータで代用している。ハイブリッド駆動実験シミュレータは DC, AC 二つのモータで動作する。



図 1 スターリングエンジン・モータ方式ハイブリッド駆動実験シミュレータ

(2) スターリングエンジンとモータを繋ぐために考案した遊星歯車機構を図 2 に示す。中心の軸がスターリングエンジンに接続されている。中心の太陽歯車が回転すると遊星歯車が太陽歯車の周りを公転する。この遊星歯車には遊星キャリアという部品がつけられており、普段は遊星歯車の公転共に回転している。ここで遊星キャリアを固定すると、遊星歯車の公転だけが固定され遊星歯車は回転運動だけになる。すると内歯車が回転を始める。この内歯車は駆動軸と接続されており、駆動軸が回転をするようになる。先ほど説明したように、駆動軸を DC モータで回転させてやり、スターリングエンジンと回転数が同期したら、遊星キャリアをロックし、DC モータの運転を止める。すると、スターリングエンジンだけで回るようになる。

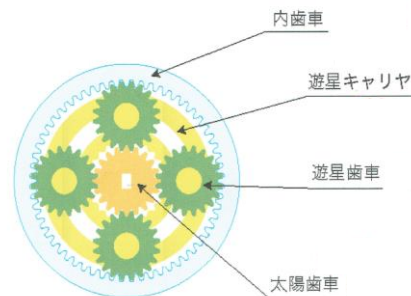


図 2 遊星歯車機構

4. 研究成果

(1) 加速時

加速を行う際の手順としては、

- ① スターリングエンジンは外内エンジンより出力調整の反応速度が遅いため、DC モータの出力で主軸を回転させる。
 - ② スターリングエンジン(AC モータ)の出力が上昇し、DC モータの出力と同等になった際に、電磁クラッチを ON にする。同時に電磁ブレーキを OFF にする。
- これにより、AC モータの出力で主軸を回転させる。

図 3 に加速時における実験結果を示す。それぞれ横軸は時間を示しており、縦軸について(a)は主軸の回転数、(b)は電磁ブレーキの ON を 0[V], OFF を -5[v]で示しており、(c) は AC モータの回転数、(d)は電磁クラッチの ON を 0[V], OFF を-5[V]で示している。時間が 0~23[sec]の時:加速を行う際には DC モータの出力により主軸を回転させるため、電磁ブレーキは ON になっている。この時、AC モータからの出力は使用しないため、電磁クラッチは OFF になっている。時間が 23~31[sec]の時: AC モータの出力が上昇していく。この時点での出力は、まだ DC モータより伝えられている。

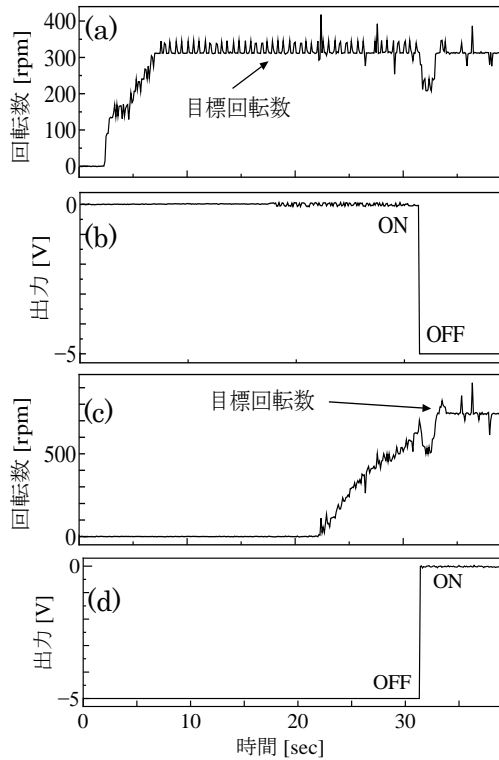


図3 シミュレーション結果(加速時)

- (a) 主軸
- (b) DC モータ電磁クラッチ
ON-OFF 信号
- (c) AC モータ,
- (d) 遊星歯車制動クラッチ
ON-OFF 信号

時間が 32[sec] の時：AC モータの出力が DC モータの出力が同等になった瞬間、電磁クラッチを ON、同時に電磁ブレーキを OFF にすることで、DC モータからの出力で動作していた主軸を AC モータの出力での回転に切り替えられている。滑らかな駆動源の移行が実証できている。

(2)減速時

減速を行う際の手順：

- ①スターリングエンジン(AC モータ)の出力で主軸を回している際、DC モータに切り替え、DC モータで減速を行う。
- ②スターリングエンジンは反応速度が遅いため、徐々に出力が低下していき、DC モータと同じ出力になった際、電磁クラッチを ON にし、同時に電磁ブレーキを OFF にする。

この方法により、AC モータの減速が行える。

図4 に減速時における実験結果を示す。縦軸と横軸は図3 と同様になっている。時間が 0～8[sec] の時：AC モータ (スターリ

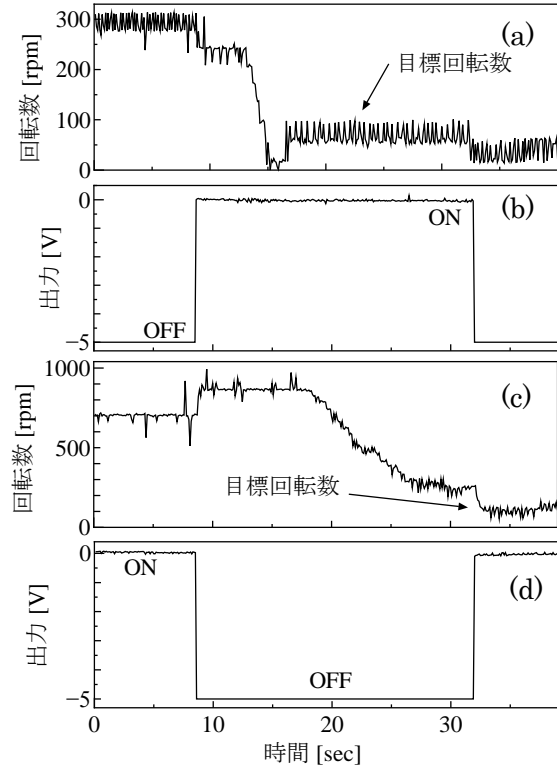


図4 シミュレーション結果(減速時)

- (a) 主軸
- (b) DC モータ電磁クラッチ
ON-OFF 信号
- (c) AC モータ,
- (d) 遊星歯車制動クラッチ
ON-OFF 信号

ングエンジン) の動力を使用して定速で運転している状態から開始している。そのため、電磁クラッチは ON になっている。

時間が 9[sec] の時：スターリングエンジンは急な加減速が行えないため、減速を行う際は、DC モータの動力を使用して減速を行う。その際、クラッチ機構を OFF にし、出力を AC モータから DC モータに切り換える。

時間が 10～31[sec] の時：主軸を減速させ、低速運転を行う。DC モータを使用して低速運転を行っている際、AC モータも少しずつ出力を低下させいく。

時間が 32[sec]以降：AC モータの出力が低下していき、DC モータの出力と揃ったときにクラッチ機構を使用する。これにより、再び AC モータの出力を使用して主軸を回転させる。

今回の実験結果では、DC モータと AC モータの切り替えを行う際に、トルクの差により回転数が少し変化してしまうことがわかる。今後は、より滑らかに切り替えが行えるように、制御システムを改善することが必要だと考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者, 研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 0 件)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 1 件)

名称: Hybrid vehicle driving system, hybrid vehicle, and driving method

発明者: 石井徳章

権利者: エンパイアテクノロジーディベロップメントエルエルシー

種類: 特許

番号: 2010/0198439 A1

出願年月日: 2010 年 8 月 5 日

国内外の別: 国外

○取得状況 (計 2 件)

名称: ハイブリッド車両用駆動装置, ハイブリッド車両及び駆動方法

発明者: 石井徳章

権利者: エンパイアテクノロジーディベロップメントエルエルシー

種類: 特許

番号: 特許第 4726966 号

出願年月日: 2009 年 1 月 30 日

取得年月日: 2011 年 4 月 22 日

国内外の別: 国内

名称: Hybrid vehicle driving system, hybrid vehicle, and driving method

発明者: 石井徳章

権利者: エンパイアテクノロジーディベロップメントエルエルシー

種類: 欧州特許

番号: 2213496

出願年月日: 2012 年 9 月 12 日

取得年月日: 2009 年 12 月 17 日

国内外の別: 国外

[その他]

ホームページ等

(2) 研究分担者

阿南 景子 (ANAMI, Keiko)

足利工業大学・工学部・准教授

研究者番号: 30346077

(3) 連携研究者

()

研究者番号:

6. 研究組織

(1) 研究代表者

石井 徳章 (ISHII, Noriaki)

大阪電気通信大学・工学部・教授

研究者番号: 40098083