

論文の内容の要旨

論文題目 「Improvement of Mobility and Stability For Small Electric Vehicle:
Integration of Oversteering Characteristic, Four Wheel Drive and Independent
Steering」

学位申請者: MUHAMMAD IZHAR BIN ISHAK

キーワード : four wheel drive, four wheel independent steering, small electric vehicles, in-wheel motor, oversteer characteristic

In this research, to increase the mobility and stability of the small electric vehicles (EVs), a small electric vehicle with oversteer characteristic that is integrated with a four wheel drive and independent steering is developed.

Over the 20th century, severe environment issues by petroleum-based transportations along with the issue of fossil fuel depletion around the world have led activist and lobbyist to pressure automotive manufacturers to redesign future vehicles. Fully-electric vehicle is the perfect choice for the environment because they do not have internal combustion engine and is propelled exclusively by one or more electric motors. Small electric vehicles have become popular as they meet the consumer demand of practicality, efficiency, affordability and availability of a government support. The reason of the government support for small electric vehicles is because they can be used to improve the quality of lives of people in cities by easing traffic congestion and zero emission. Therefore, the main objective of this research is to improve the mobility and stability of small electric vehicle. Firstly, we increase the mobility by modelling a small electric vehicle with oversteer characteristic. Then, as a lateral stability control system, we implement yaw moment control by four wheel drive and independent steering. Lastly, a regenerative brake control is utilized as a skid control system.

The thesis is organized in 5 chapters and the overview of each chapter is given below.

Chapter 1 is introduction. In this chapter, the background of the objective of the study are presented. The past research on mobility and stability issues of electric vehicles are reviewed in details. Then, the organization of the thesis and the overview of individual chapters are described.

Chapter 2 describes modelling of an in-wheel small electric vehicle with oversteer characteristic. High cornering performance vehicle such as sport or racing cars have OS

characteristic. They have high steer ability and response with low steer input. The steering characteristic of the OS small electric vehicle was determined by performing steady state cornering test in regards to a constant front steer angle and at constant velocity. The end results shows that the modelled OS vehicle has a stability velocity limit at 15.5 km/h. Nonetheless, the vehicle can achieve high yaw rotational speed at below this velocity even with small steer angle.

Chapter 3 describes yaw moment control by integrating four wheel drive and independent steering in a numerical simulation. Firstly, we try to control a 4WDIS vehicle with nonlinear model by connecting to a state observer that consist of a linear feedback control. However, error between outputs of both models can be observed. As a solution, the estimated output of the state observer unit and the measured output of the vehicle nonlinear model are compared and multiplied by high gain H which is then fed back to the linear model to produce a rectified control input. Then, the rectified control input is sent to the vehicle. Lastly, the steering characteristic of the OS small electric vehicle integrated with 4WDIS was determined by performing steady state cornering test in regards to a constant front steer angle and at constant velocity. The results were compared with the 2WD OS small electric vehicle from Chapter 2. We found that the 4WDIS eliminates the stability velocity limit of the modelled OS small electric vehicle. The yaw moment control system does not only maintain stability at high speed, but also increase mobility at low speed.

Chapter 4 is regenerative brake control as skid control system. In this chapter, based on the characteristics of in-wheel motor, the regenerative brake control was developed as a substitute to an anti-lock brake system. The ABS control principle was implemented on the regenerative brake where the brake force is turned on and off based on the slip ratio of the vehicle so that friction coefficient can be maximized. We conducted two cases of braking condition on icy road with numerical simulation. From the simulation results, the regenerative brake control were as effective as the anti-lock brake system, but the braking force produced was not similar. The regenerative brake force is proportional to the tire rotational speed. Nonetheless, the braking force at a particular moment is sufficient to produce a high friction coefficient at the particular rotational speed. Consequently, the regenerative brake force will disappear when the wheel stops rotating and the mechanical brake will hold the wheel in place.

Chapter 5 is conclusions. This chapter summarizes the findings and outcomes described in Chapter 2 through Chapter 4.

As described above, this thesis proposes a novel approach to materialize both mobility and stability for a small electric vehicle by means of oversteering characteristics combined with four wheel drive and independent steering. The proposed approach is expected to contribute to development of compact cars with small turning radius which are suitable for use in tight, crowded places.

論文の内容の要旨 (和 訳)

論文題目 「Improvement of Mobility and Stability For Small Electric Vehicle: Integration of Oversteering Characteristic, Four Wheel Drive and Independent Steering」

(オーバーステアリング特性、四輪駆動と独立操舵の統合による
小型電気自動車の運動性と安定性の向上)

学位申請者: MUHAMMAD IZHAR BIN ISHAK

キーワード : 四輪駆動, 四輪独立操舵, 小型電気自動車, インホイールモータ,
オーバーステア特性

本研究では、小型電気自動車の運動性と安定性を向上するため、四輪駆動と独立操舵を組み合わせたオーバーステア特性を有する小型電気自動車を開発の対象とする。

20世紀末頃より化石燃料枯渇問題および石油燃料に起因する環境汚染問題から、環境活動家やロビーイストが自動車生産者に対し将来的な車の再設計を迫っている。それに対し電気自動車は、内燃機関を持たず単一または複数の電気モータにより駆動されることから、燃料を必要とせず排気ガスゼロであるため環境の面からも申し分ない選択肢と言える。その点において小型電気自動車は、実用性、効率、価格における消費者ニーズに叶っているだけでなく、導入することにより市街地での渋滞緩和が進み、さらに排ガスゼロによって人々の生活の質向上につながることから、政府の補助金の支援を得ることができる。これらのことから、本研究の主たる目的は、小型自動車の運動性と安定性を向上することにある。まず最初に、小型電気自動車のモデルに対しオーバーステア特性を与えることで運動性能を向上させる。その際に、横方向の安定制御を実現するために、四輪駆動と独立操舵によるヨーモーメント制御を実装する。最後に、スキッド制御システムとして、回生ブレーキ制御を用いる。

本論文は5章から構成され、各章の概要は以下の通りである。

第1章は序章である。本章では研究の目的と背景について述べる。電気自動車の運動性と安定性に関わる課題に関する従来研究について詳細に言及する。さらに、論文の構成と各章の概要について説明している。

第2章はオーバーステアリング特性を有するインホイールモータ式電気自動車のモデリングについて述べる。スポーツカーやレーシングカーのような高いコーナリング性能にはオーバーステア特性が重要である。それによってわずかな操舵入力で高い操舵応答特性が得られる。電気自動車の操舵特性は、一定の前輪操舵角、一定速度のもとで定常コーナリングテストを行うことで調べることができる。検討の結果、対象とするモデルでは安定速度が時速15.5kmであることがわかった。にもかかわらず、自動車はこの速度以下の場合でもより小さな操舵角で高いヨー角速度を実現することが可能である。

第3章は四輪駆動と独立操舵を統合することによるヨーモーメント制御とその数値シミュレーションについて述べる。最初に、非線形モデルで表される四輪駆動・独立操舵統合モデル(4WDIS)を線形フィードバックからなる状態オブザーバに連結することによる制御を試みる。両モデル間に生じる誤差を解消するため、状態オブザーバの推定出力と車両の非線形モデルの計測出力を比較し高ゲイン H を掛け合わせたものを線形モデルにフィードバックして制御入力を生成する。そのときの結果を2章で述べた二輪駆動のオーバーステア車と比較したところ、4WDISはオーバーステア車両モデルの安定限界速度を解消していることがわかった。またヨーモーメント制御系は高速時の安定性を維持するだけでなく、低速時の運動性も向上できることがわかった。

第4章は、スキッド制御を目的としてインホイールモータの特性を活かした回生ブレーキ制御について述べる。アンチロックブレーキの制御原理を回生ブレーキに適用し、車両のスリップ率に応じて摩擦係数が最大になるよう制動力をオンオフしている。凍った路面に関する2種類の制動条件について数値シミュレーションを実施した結果、回生ブレーキはアンチロックブレーキと同程度の効果を有することが明らかになったが、制動力の様子が異なっている。回生制動力はタイヤの回転速度に比例しており、特定の回転速度において高い摩擦係数を得ることが可能である。結果的に、回生制動力はタイヤの回転終了とともにゼロになるため、最終的に機械的なブレーキによりタイヤを静止する必要がある。

第5章は結論である。本章では第2章から第4章を総括するとともに本論文における主たる成果についてまとめている。

以上のことより、本論文は、小型電気自動車にオーバーステア特性を与えると同時に四輪駆動と独立操舵を組み合わせることによって運動性と安定性の両者を同時に実現する手法を提唱しており、将来的に特に都市部で重要となる、狭所で小回りの利く小型車の開発に貢献すると考えられる。