

(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2004-237825

(P2004-237825A)

(43) 公開日 平成16年8月26日(2004.8.26)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
B 6 0 G 17/015	B 6 0 G 17/015	3 D 0 0 1
B 6 0 G 13/14	B 6 0 G 13/14	

審査請求 有 請求項の数 4 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2003-27858 (P2003-27858)	(71) 出願人	000003997 日産自動車株式会社 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
(22) 出願日	平成15年2月5日(2003.2.5)	(74) 代理人	100119644 弁理士 綾田 正道
		(74) 代理人	100105153 弁理士 朝倉 悟
		(72) 発明者	檜尾 幸司 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内
		(72) 発明者	宇野 高明 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内

最終頁に続く

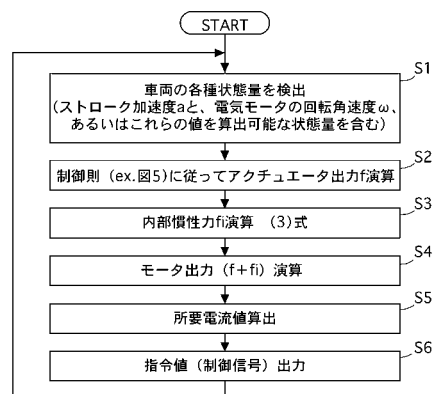
(54) 【発明の名称】 車両用電磁サスペンション装置と車両用電磁サスペンション装置のモータ制御方法

(57) 【要約】

【課題】 アクチュエータ内部慣性力を補償することで、乗り心地向上と操縦安定性向上とを高レベルにて両立することができる車両用電磁サスペンション装置と車両用電磁サスペンション装置のモータ制御方法を提供すること。

【解決手段】 ばね上とばね下との間にばね要素7と並列に介装され、電気モータ8により駆動される電磁アクチュエータ4と、前記電磁アクチュエータ4への変位入力を演算し、変位入力に応じた最適な減衰力になるように前記電気モータ8を制御するモータコントローラ17と、を備えた車両用電磁サスペンション装置において、前記電磁アクチュエータ4の内部慣性力 f_i を演算するアクチュエータ内部慣性力演算ステップS3を設け、前記モータコントローラ17は、アクチュエータ内部慣性力 f_i を補償する内部慣性力補償制御部を有する手段とした。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ばね上とばね下との間にばね要素と並列に介装され、電気モータにより駆動される電磁アクチュエータと、

前記電磁アクチュエータへの変位入力を演算し、変位入力に応じた最適な減衰力になるように前記電気モータを制御するモータ制御手段と、

を備えた車両用電磁サスペンション装置において、

前記電磁アクチュエータの内部慣性力を演算するアクチュエータ内部慣性力演算手段を設け、

前記モータ制御手段は、アクチュエータ内部慣性力を補償する内部慣性力補償制御部を有することを特徴とする車両用電磁サスペンション装置。 10

【請求項 2】

請求項 1 に記載された車両用電磁サスペンション装置において、

前記アクチュエータ内部慣性力演算手段は、電気モータのロータ慣性モーメントと、電磁アクチュエータのストロークにより変位・回転する部位全ての慣性質量及び慣性モーメントを電気モータのロータ位置に換算した慣性モーメントと、を合計した合計慣性モーメントに基づいて、アクチュエータ内部慣性力を演算することを特徴とする車両用電磁サスペンション装置。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載された車両用電磁サスペンション装置において、 20

前記モータ制御手段は、最適な減衰力を得る制御則に従って決められたアクチュエータ出力と、電磁アクチュエータの内部慣性力と、を足し合わせた合力をモータ出力とし、このモータ出力を得る指令値を出力することを特徴とする車両用電磁サスペンション装置。

【請求項 4】

ばね上とばね下との間にばね要素と並列に介装され、電気モータにより駆動される電磁アクチュエータと、

前記電磁アクチュエータへの変位入力を演算し、変位入力に応じた最適な減衰力になるように前記電気モータを制御するモータ制御手段と、

を備えた車両用電磁サスペンション装置において、

前記電磁アクチュエータの内部慣性力を補償しつつ前記電気モータの駆動を制御することを特徴とする車両用電磁サスペンション装置のモータ制御方法。 30

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、油の粘性抵抗を利用した油圧ダンパに代え、電気をパワーソースにしてサスペンションの振動減衰を行う電磁アクチュエータ（別名：電磁ダンパ）を適用した車両用電磁サスペンション装置とそのモータ制御方法の技術分野に属する。

【0002】

【従来の技術】

従来の車両用電磁サスペンション装置の電気モータは、アクティブなスプリング反力トルク、減衰トルク、車両の加減速や旋回に伴い車体に発生する車体慣性力を補償するトルク、とを発生するようになっている。この車体慣性力は、車両の走行に伴い車体に発生する上下方向の慣性力に対応する電気モータの回転角加速度に基づき慣性力補償トルクを演算するようにしている（例えば、特許文献 1 参照）。 40

【0003】

【特許文献 1】

特開平 7 - 149130 号公報（段落【0004】、段落【0005】、図 4、図 7）。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来の車両用電磁サスペンション装置のモータ制御にあっては、車体慣性 50

力を補償しているものの、電気モータのロータ慣性モーメントや、電磁アクチュエータのストロークにより変位・回転する部位の慣性モーメントを補償する構成となっていないため、モータ出力とアクチュエータ出力とが一對一に対応せず、路面変位入力に対するばね上加速度の周波数応答の値が大きくなり、乗り心地悪化の原因となるし、また、路面からの急な変位入力に対してばね下の路面変位追従性が低く、操縦安定性を低下させる原因となっている。

【0007】

本発明は、上記課題に着目してなされたもので、アクチュエータ内部慣性力を補償することで、乗り心地向上と操縦安定性向上とを高レベルにて両立することができる車両用電磁サスペンション装置と車両用電磁サスペンション装置のモータ制御方法を提供することを

10

【0008】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、本発明では、ばね上とばね下との間にばね要素と並列に介装され、電気モータにより駆動される電磁アクチュエータと、前記電磁アクチュエータへの変位入力を演算し、変位入力に応じた最適な減衰力になるように前記電気モータを制御するモータ制御手段と、を備えた車両用電磁サスペンション装置において、前記電磁アクチュエータの内部慣性力を演算するアクチュエータ内部慣性力演算手段を設け、前記モータ制御手段は、アクチュエータ内部慣性力を補償する内部慣性力補償制御部を有する構成とした。

20

【0009】

また、前記電磁アクチュエータの内部慣性力を補償しつつ電気モータの駆動を制御するモータ制御方法とした。

【0010】

ここで、「アクチュエータ内部慣性力演算手段」は、例えば、電気モータのロータ慣性モーメントと、電磁アクチュエータのストロークにより変位・回転する部位全ての慣性質量及び慣性モーメントを電気モータのロータ位置に換算した慣性モーメントと、を合計した合計慣性モーメントに基づいて、アクチュエータ内部慣性力を演算する。

【0011】

また、「モータ制御手段」は、例えば、最適な減衰力を得る制御則に従って決められたアクチュエータ出力と、電磁アクチュエータの内部慣性力と、を足し合わせた合力をモータ出力とし、このモータ出力を得る指令値を出力する。

30

【0012】

【発明の効果】

よって、本発明の車両用電磁サスペンション装置にあつては、モータ制御手段の内部慣性力補償制御部において、アクチュエータ内部慣性力を補償するようにしたため、モータ出力とアクチュエータ出力とがほぼ一對一に対応し、乗り心地向上と操縦安定性向上とを高レベルにて両立することができる。

【0013】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の車両用電磁サスペンション装置を実現する実施の形態を、図面に示す実施例に基づいて説明する。

40

【0014】

(第1実施例)

まず、構成を説明する。

図1は第1実施例の車両用電磁サスペンション装置を示す全体概要図、図2は第1実施例装置の電磁アクチュエータを示す断面図である。

【0015】

図1において、1は車体(ばね上)、2はアッパーリンク、3はロアリンク、4は電磁アクチュエータ、5はアクスル、6はタイヤ(ばね下)である。

50

【0016】

前記電磁アクチュエータ4は、マルチリンク式独立懸架サスペンションにて用いられるショックアブソーバ(油圧ダンパ)に代えて採用されたもので、車体1とロアリンク3との間にばね要素7(図4参照)と並列に介装され、電気モータ8(図2参照)により駆動される。

【0017】

図2において、8は電気モータ、9はボールねじシャフト、10はボールねじナット、11はアウターチューブ、12はインナーチューブ、13は車体支持ボルト、14はリンク支持アイである。

【0018】

前記電気モータ8は、車体支持ボルト13を有するアウターチューブ11の上端部位置に内蔵により取り付けられ、電気モータ8のロータに固定されたモータ軸部には減速器8aを有し、該減速器8aからの減速軸8bがボールねじシャフト9に連結されている。

【0019】

前記ボールねじシャフト9は、ボールねじナット10と螺合し、ボールねじシャフト9の回転運動をボールねじナット10の直線運動に変換すると共に、ボールねじナット10の直線運動をボールねじシャフト9の回転運動に変換する。

【0020】

前記ボールねじナット10には、インナーチューブ12がボールねじシャフト9を覆うように固定され、インナーチューブ12の下端部にはリンク支持アイ14が固定されている。

【0021】

前記電磁アクチュエータ4の車体支持ボルト13は、前記車体1に対し図外のアップラインシュレータを介して支持され、前記電磁アクチュエータ4のリンク支持アイ14は、前記ロアリンク3に対し図外のブッシュを介して支持されている。

【0022】

図3は第1実施例装置の上下2自由度1/4車体モデルと電磁アクチュエータ4のモータ制御系を示すブロック図である。図3において、1は車体、4は電磁アクチュエータ、6はタイヤ、7はばね要素、8は電気モータ、15はモータ駆動回路、16はバッテリー、17はモータコントローラ、18は車高センサ、19はモータ回転角センサである。

【0023】

第1実施例の車両用電磁サスペンション装置を上下2自由度1/4車体モデルであらわすと、ばね上の車体1とばね下のタイヤ6との間にばね要素7と電磁アクチュエータ4とが並列に介装され、タイヤ6と路面との間にはタイヤばねが介装されている。

【0024】

前記モータコントローラ17は、車高センサ18及びモータ回転角センサ19等のセンサ信号を入力し、所定の制御則に従ってモータ出力を演算し、このモータ出力を得る指令値をモータ駆動回路15へ出力する。

【0025】

前記モータ駆動回路15は、バッテリー16を電源とし、モータコントローラ17からの指令値に応じた電流値を前記電気モータ8に印加する。

【0026】

次に、作用を説明する。

【0027】

[モータ制御処理]

図4は第1実施例装置のモータコントローラ17において実行されるモータ制御処理の流れを示すフローチャートで、以下、各ステップについて説明する(モータ制御手段)。

【0028】

ステップS1では、第1実施例装置にて設定したアクチュエータ制御則を実行するのに必要な車両の各種状態量、もしくは、それらを算出可能な状態量をセンサにより検出する。

10

20

30

40

50

この際、電磁アクチュエータ4のストローク加速度 a と電気モータ8の回転角速度、あるいは、これらの値を算出可能な状態量を含む。

第1実施例装置において、車高センサ18からのセンサ値により得られる車高値を、電磁アクチュエータ4のストローク加速度 a を算出可能な状態量とし、車高値を時間微分してストローク速度を求め、更に時間微分してストローク加速度 a を求めるようにしている。また、モータ回転角センサ19からのセンサ値により得られるモータ回転角を、電気モータ8の回転角速度を算出可能な状態量とし、これを時間微分してモータ角速度を求めるようにしている。

【0029】

ステップS2では、ステップS1で求めたモータ角速度と、図5に示すアクチュエータ出力特性とに基づいて、モータ角速度に応じたアクチュエータ出力 f を演算する。 10

【0030】

ステップS3では、ステップS1で求めたストローク加速度 a と、等価慣性質量 I (システムにより決まる定数) と、を掛け合わせる下記の(3)式により電磁アクチュエータ4の内部慣性力 f_i を演算する(アクチュエータ内部慣性力演算手段)。

すなわち、この電磁アクチュエータ4に変位入力(速度: v , 加速度: a)を加える。但し、電気モータ8のロータ慣性モーメントと、電磁アクチュエータ4のストロークにより変位・回転する部位全ての慣性質量及び慣性モーメントを電気モータ8のロータ位置に換算した慣性モーメントと、を合計した合計慣性モーメントを J 、ボールねじのリードを L 、減速器8aの減速比をとする。この時、電気モータ8のロータは電磁アクチュエータ 20

$$d/dt = a \times (2/L) \times \dots (1)$$

なる角加速度 d/dt で回転させられる。従って、ここで生じる慣性トルク T_i は、

$$T_i = J \cdot d/dt = J \times a \times (2/L) \times \dots (2)$$

)

となり、電磁アクチュエータ4の内部慣性力 f_i は、

$$f_i = T_i \times (2/L) = J \times \{ (2/L) \times \}^2 \times a = I \times a \dots$$

. (3)

となる。

但し、

$$I = J \times \{ (2/L) \times \}^2 \dots (4)$$

を、電磁アクチュエータ4の内部において、ストロークに応じて変位・回転する部位全ての慣性質量・慣性モーメントをストローク方向に換算した等価慣性質量 I とし、この等価慣性質量 I は、システムの形式や設計値等により定数により与えられるため、予め測定しておく。

【0031】

ステップS4では、ステップS2で演算されたアクチュエータ出力 f と、ステップS3で演算された電磁アクチュエータ4の内部慣性力 f_i と、の和によりモータ出力 f_m を演算する。

【0032】

ステップS5では、ステップS4で演算されたモータ出力 f_m を得る電気モータ8への所要電流値 I_m を演算する。 40

【0033】

ステップS6では、ステップS5で演算された電気モータ8への所要電流値 I_m を流すための指令値(制御信号)をモータ駆動回路15に出力し、ステップS1へ戻る。

【0034】

[モータ制御作用]

電磁アクチュエータ4に変位入力(速度: v , 加速度: a)を加えた場合、電磁アクチュエータ4の内部慣性力 f_i は、上記(3)式に示すように、 $f_i = I \times a$ となる。つまり、モータ出力が0であっても、入力加速度 a に応じて電磁アクチュエータ4が f_i なる内 50

部慣性力を発生している。

【0035】

これは、モータ出力とアクチュエータ出力とが一对一に対応していないことを意味しており、この電磁アクチュエータ4を、例えば、図1乃至図3に示すように、車両のサスペンションに適用し、図5に示すような制御則（線形減衰特性）に従って電気モータ8を制御したとき、上記（4）式に示す等価慣性質量Iによる内部慣性を補償することにより、モータ出力とアクチュエータ出力とをほぼ一对一に対応させることができる。従って、電磁アクチュエータ4の内部慣性を補償するのと、内部慣性を補償しないのとでは、図6及び図7に示すように、明かな違いが生じる。

【0036】

図6は路面変位入力に対するばね上加速度の周波数応答特性を示しており、点線特性は内部慣性補償有りの特性、実線特性は内部慣性補償無しの場合の特性である。このばね上加速度の周波数応答特性は、この値が小さいほど乗り心地が良いことを示しており、内部慣性補償無しの場合の特性と、内部慣性補償有りの特性とを比べた場合、内部慣性補償有りの特性の方がピーク値が大幅に低減されていることを示し、また、4Hz～10Hz程度の乗り心地に影響を与える周波数域においては、内部慣性補償無しのいずれの特性の値よりも、内部慣性補償有りの特性の値が小さく抑えられているといえる。

以上の路面変位入力に対するばね上加速度の周波数応答特性の対比により、内部慣性補償有りの場合、内部慣性補償無しの場合に比べ、乗り心地が向上することが分かる。

【0037】

図7（b）は図3に示す1/4車体モデルに路面からの変位入力としてステップ入力（図7（a））を加えた時（段差乗り上げ時）のばね下の変位を時系列特性で対比した特性図である。

図7（b）の実線特性は内部慣性補償無しでのばね下変位特性であり、この場合、段差乗り上げ時にばね下変位のオーバーシュートとアンダーシュートが大きくあられ、ばね下変位の収束性も低いことをあらわしている。

これに対し、図7（b）の点線特性は内部慣性補償有りでばね下変位特性であり、この場合、段差乗り上げ時にばね下変位のオーバーシュートとアンダーシュートが小さく抑えられ、かつ、ばね下変位の収束性も高いことをあらわしている。以上の路面からステップ入力を加えた時のばね下の変位を時系列特性の対比により、内部慣性補償有りの場合、内部慣性補償無しの場合に比べ、ばね下の路面追従性が向上することが分かる。なお、このばね下の路面追従性が向上は、タイヤ6の路面接地がより確保されることから、操縦安定性の向上を意味する。

【0038】

次に、効果を説明する。

第1実施例の車両用電磁サスペンション装置にあっては、下記に列挙する効果を得ることができる。

【0039】

（1）ばね上とばね下との間にばね要素7と並列に介装され、電気モータ8により駆動される電磁アクチュエータ4と、前記電磁アクチュエータ4への変位入力を演算し、変位入力に応じた最適な減衰力になるように前記電気モータ8を制御するモータコントローラ17と、を備えた車両用電磁サスペンション装置において、前記電磁アクチュエータ4の内部慣性力 f_i を演算するアクチュエータ内部慣性力演算ステップS3を設け、前記モータコントローラ17は、アクチュエータ内部慣性力 f_i を補償する内部慣性力補償制御部を有するため、乗り心地向上と操縦安定性向上とを高レベルにて両立する車両用電磁サスペンション装置を提供することができる。

【0040】

（2）前記アクチュエータ内部慣性力演算ステップS3は、電気モータ8のロータ慣性モーメントと、電磁アクチュエータ4のストロークにより変位・回転する部位全ての慣性質量及び慣性モーメントを電気モータ8のロータ位置に換算した慣性モーメントと、を合

10

20

30

40

50

計した合計慣性モーメント J に基づいて、アクチュエータ内部慣性力 f_i を演算するため、電気モータ8のロータ慣性モーメントのみでなく、電磁アクチュエータ4に含まれる全ての慣性質量及び慣性モーメントが考慮されることで、アクチュエータ内部慣性力 f_i を精度良く演算することができる。

【0041】

(3) 前記モータコントローラ17は、最適な減衰力を得る制御則に従って決められたアクチュエータ出力 f と、電磁アクチュエータ4の内部慣性力 f_i と、を足し合わせた合力 $(f + f_i)$ をモータ出力 f_m とし、このモータ出力 f_m を得る指令値を出力するようにしたため、アクチュエータ出力 f を求める基本的な演算処理に、内部慣性力補償処理を加えるだけの簡単で自由度の高い処理により、電磁アクチュエータ4の内部慣性力を補償したモータ制御を行うことができる。

10

【0042】

(4) ばね上とばね下との間にばね要素7と並列に介装され、電気モータ8により駆動される電磁アクチュエータ4と、前記電磁アクチュエータ4への変位入力を演算し、変位入力に応じた最適な減衰力になるように前記電気モータ8を制御するモータコントローラ17と、を備えた車両用電磁サスペンション装置において、前記電磁アクチュエータ4の内部慣性力 f_i を補償しつつ前記電気モータ8の駆動を制御するようにしたため、乗り心地向上と操縦安定性向上とを高レベルにて両立する車両用電磁サスペンション装置のモータ制御方向を提供することができる。

【0043】

以上、本発明の車両用電磁サスペンション装置を第1実施例に基づき説明してきたが、具体的な構成については、この第1実施例に限られるものではなく、特許請求の範囲の各請求項に係る発明の要旨を逸脱しない限り、設計の変更や追加等は許容される。

20

【0044】

第1実施例では、マルチリンク式独立懸架サスペンションにて用いられるショックアブソーバに代えて電磁アクチュエータを採用した例を示したが、例えば、ストラット式サスペンション等のように他の様々な形式のサスペンションのばね上とばね下との間に電磁アクチュエータを適用することができる。

【0045】

第1実施例では、モータ角速度 ω と、図5に示すアクチュエータ出力特性とに基づいて、モータ角速度 ω に応じたアクチュエータ出力 f を演算する例を示したが、このアクチュエータ出力 f は、適用可能なアクチュエータ制御則であれば、任意の制御則を用いて得るようにしても良い。

30

例えば、モータ角速度 ω に代えてストローク速度を用い、このストローク速度と線形減衰特性や非線形減衰特性に基づいてアクチュエータ出力 f を演算するものとしても良い。さらに、従来公報(特開平7-149130号公報)に記載されているように、回転角に応じた反力トルクと、回転角速度に応じた減衰トルクと、回転角加速度に応じた車体慣性力補償トルクと、を加えたトルクを得るアクチュエータ出力 f を演算するものとしても良い。

【図面の簡単な説明】

40

【図1】第1実施例の車両用電磁サスペンション装置を示す全体概要図である。

【図2】第1実施例の車両用電磁サスペンション装置の電磁アクチュエータを示す断面図である。

【図3】第1実施例装置の上下2自由度1/4車体モデルと電磁アクチュエータ4のモータ制御系を示すブロック図である。

【図4】第1実施例装置のモータコントローラにおいて実行されるモータ制御処理の流れを示すフローチャートである。

【図5】第1実施例装置におけるモータ角速度に対するアクチュエータ出力特性図である。

【図6】内部慣性補償有りの路面変位入力に対するばね上加速度の周波数応答特性と内部

50

慣性補償無しの路面変位入力に対するばね上加速度の周波数応答特性との比較特性図である。

【図7】図7(a)は路面からの変位入力の一例であるステップ入力特性を示す図で、図7(b)はステップ入力を加えた時のばね下の変位を内部慣性補償有りの場合と内部慣性補償無しの場合とで時系列にて対比した特性図である。

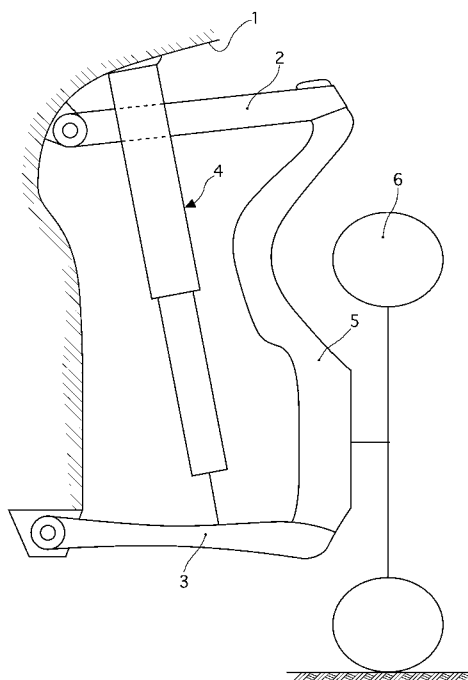
【符号の説明】

- 1 車体(ばね上)
- 2 アッパーリンク
- 3 ロアリンク
- 4 電磁アクチュエータ
- 5 アクスル
- 6 タイヤ(ばね下)
- 7 ばね要素
- 8 電気モータ
- 9 ボールねじシャフト
- 10 ボールねじナット
- 11 アウターチューブ
- 12 インナーチューブ
- 13 車体支持ボルト
- 14 リンク支持アイ
- 15 モータ駆動回路
- 16 バッテリ
- 17 モータコントローラ
- 18 車高センサ
- 19 モータ回転角センサ

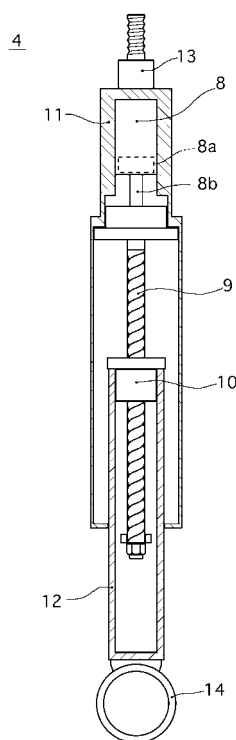
10

20

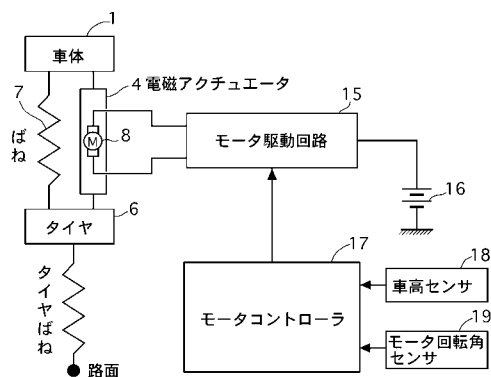
【図1】



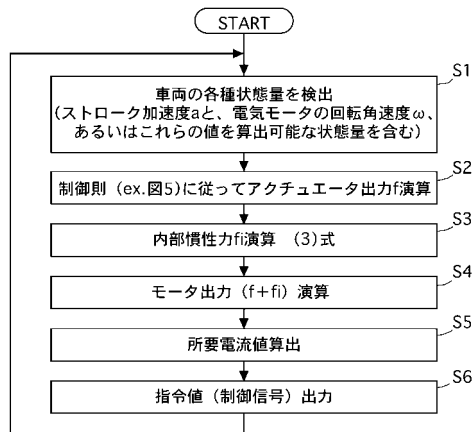
【図2】



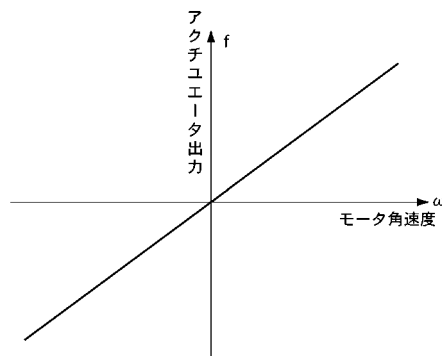
【 図 3 】



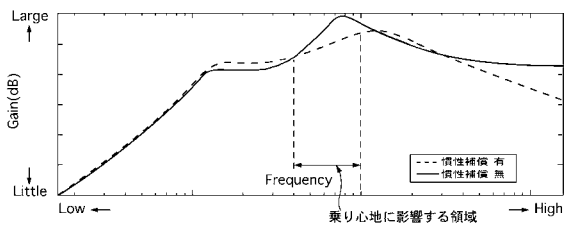
【 図 4 】



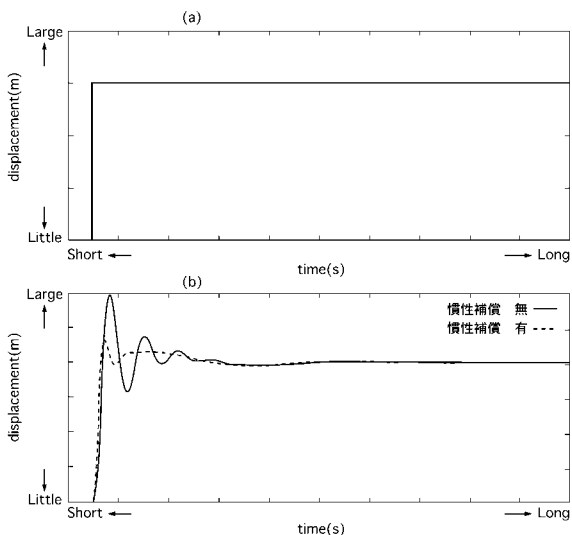
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



フロントページの続き

(72)発明者 佐藤 正晴

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地

日産自動車株式会社内

Fターム(参考) 3D001 AA02 BA03 CA01 DA17 EA01 EB00 ED02