

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5115624号  
(P5115624)

(45) 発行日 平成25年1月9日(2013.1.9)

(24) 登録日 平成24年10月26日(2012.10.26)

(51) Int.Cl.	F 1	
<b>B 6 0 G 17/0185 (2006.01)</b>	B 6 0 G 17/0185	
<b>B 6 0 G 17/00 (2006.01)</b>	B 6 0 G 17/00	
<b>F 1 6 F 15/02 (2006.01)</b>	F 1 6 F 15/02	B
<b>F 1 6 F 15/03 (2006.01)</b>	F 1 6 F 15/03	G
<b>B 6 0 G 17/018 (2006.01)</b>	B 6 0 G 17/018	

請求項の数 11 (全 33 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2010-509614 (P2010-509614)	(73) 特許権者	000003207 トヨタ自動車株式会社 愛知県豊田市トヨタ町1番地
(86) (22) 出願日	平成20年12月1日(2008.12.1)	(74) 代理人	110000969 特許業務法人中部国際特許事務所
(86) 国際出願番号	PCT/JP2008/071804	(72) 発明者	井上 博文 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
(87) 国際公開番号	W02010/064291	(72) 発明者	堀江 昌範 愛知県豊田市花本町井前1番地21 トヨタテクニカルディベロップメント株式会社内
(87) 国際公開日	平成22年6月10日(2010.6.10)	審査官	岡▲さき▼ 潤
審査請求日	平成22年3月8日(2010.3.8)		最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電磁サスペンションシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

車両の車輪に対応して、車体側部と車輪側部との間に設けられた(a)液圧式のショックアブソーバと、(b)前記車体側部と前記車輪側部との間に上下方向力を付与する電動アクチュエータとを備えた電磁サスペンションユニットと、

前記電磁サスペンションユニットに上下方向の振動が加えられている状態において、前記ショックアブソーバにおける上下方向の伸縮量と伸縮速度との少なくとも一方を含むアブソーバ伸縮関連量の実際値を取得する実アブソーバ伸縮関連量取得部を含み、その実アブソーバ伸縮関連量取得部によって取得された前記アブソーバ伸縮関連量の実際値に基づいて前記電磁サスペンションユニットにおける性能変化を検出する性能変化検出装置とを含む電磁サスペンションシステムにおいて、

前記ショックアブソーバと前記電動アクチュエータとが、前記車体側部と前記車輪側部との間に互いに直列に設けられ、前記実アブソーバ伸縮関連量取得部が、前記車体側部と前記車輪側部との間の距離の変化量と変化速度との少なくとも一方を含むばね上ばね下間距離関連量の実際値と、前記電動アクチュエータの作動量と作動速度との少なくとも一方を含む電動作動関連量の実際値とから前記アブソーバ伸縮関連量の実際値を取得する実伸縮関連量算出部を含むことを特徴とする電磁サスペンションシステム。

【請求項2】

前記性能変化検出装置が、(a)前記アブソーバ伸縮関連量を推定するアブソーバ伸縮関連量推定部と、(b)そのアブソーバ伸縮関連量推定部によって推定された前記アブソーバ

伸縮関連量の推定値と前記実アブソーバ伸縮関連量取得部によって取得された前記アブソーバ伸縮関連量の実際値とを比較して、前記電磁サスペンションユニットにおける性能変化を検出する比較型性能変化検出部とを含む請求項 1 に記載の電磁サスペンションシステム。

【請求項 3】

前記比較型性能変化検出部が、前記アブソーバ伸縮関連量の推定値と実際値との差の絶対値の予め定められた設定時間内の平均的な値に関連する値が予め定められた判定しきい値より大きい場合に、前記電磁サスペンションユニットの性能が変化した状態にあると検出する性能変化有無検出部を含む請求項 2 に記載の電磁サスペンションシステム。

【請求項 4】

前記比較型性能変化検出部が、前記アブソーバ伸縮関連量の実際値の絶対値の予め定められた設定時間内の平均的な値に関連する値である平均関連実際値が、前記アブソーバ伸縮関連量の推定値の絶対値の前記設定時間内の平均的な値に関連する平均関連推定値で決まる伸縮抵抗不足判定しきい値より大きい場合に、前記ショックアブソーバの性能が伸縮抵抗不足側に変化した状態にあると検出する伸縮抵抗不足検出部を含む請求項 2 または 3 に記載の電磁サスペンションシステム。

【請求項 5】

前記性能変化検出装置が、前記比較型性能変化検出部によって前記電磁サスペンションユニットにおいて性能が変化したと検出された場合に、(x)前記車体側部と前記車輪側部との間の距離の変化量と変化速度との少なくとも一方を含むばね上ばね下間距離関連量の実際値と推定値との差の絶対値の予め定められた設定時間内の平均的な値に関連する平均関連値が予め定められた特定しきい値より大きい場合に、前記電動アクチュエータの性能がフリー側に変化した状態にあると検出する手段と、(y)前記ばね上ばね下間距離関連量の実際値と推定値との差の前記平均関連値が前記特定しきい値以下である場合に、前記ショックアブソーバの性能が伸縮抵抗が大きくなる側に変化した状態にあると検出する手段とのうちの少なくとも一方を含む請求項 2 ないし 4 のいずれか 1 つに記載の電磁サスペンションシステム。

【請求項 6】

前記ショックアブソーバと前記電動アクチュエータとが、前記車輪側部と前記車体側部との間に、中間部材を介して互いに直列に連結され、

前記アブソーバ伸縮関連量推定部が、(a)前記電磁サスペンションユニットに上下方向の振動が加えられている状態において、前記中間部材の上下方向の移動量と移動速度との少なくとも一方を含む中間部材移動関連量を推定する中間部材移動関連量推定部と、(b)その中間部材移動関連量推定部によって推定された前記中間部材移動関連量の推定値と前記車両のばね下部の上下方向の移動量と移動速度との少なくとも一方を含むばね下部移動関連量の実際値とから、前記アブソーバ伸縮関連量の推定値を取得する中間部材依拠伸縮関連量推定部とを含む請求項 2 ないし 5 のいずれか 1 つに記載の電磁サスペンションシステム。

【請求項 7】

前記ショックアブソーバと前記電動アクチュエータとが、前記車体側部と前記車輪側部との間に、中間部材を介して互いに直列に連結され、

前記性能変化検出装置が、(a)前記電磁サスペンションユニットに上下方向の振動が加えられている状態において、前記中間部材の上下方向の移動量と移動速度との少なくとも一方を含む中間部材移動関連量を推定する中間部材移動関連量推定部と、(b)前記中間部材移動関連量の実際値を前記アブソーバ伸縮関連量の実際値と前記車両のばね下部の上下方向の移動量と移動速度との少なくとも一方を含むばね下部移動関連量の実際値とから取得する中間部材移動関連量取得部と、(c)それら中間部材移動関連量の実際値と推定値との差の絶対値の予め定められた設定時間内の平均的な値に関連する平均関連値が予め定められた中間部材対応判定しきい値より大きい場合に、前記電磁サスペンションユニットの性能が変化した状態にあると検出する中間部材対応性能変化検出部とを含む請求項 1 ない

10

20

30

40

50

し6のいずれか1つに記載の電磁サスペンションシステム。

【請求項8】

前記ショックアブソーバと前記電動アクチュエータとが、前記車輪側部と前記車体側部との間に、中間部材を介して互いに直列に連結され、

前記性能変化検出装置が、(a)前記電磁サスペンションユニットについて作成された予め定められたモデルに基づき、前記車両のばね下部の上下方向の移動量の実際値および移動速度の実際値と、前記電動アクチュエータによって付与される上下方向力の実際値とから、前記車両のばね上部の上下方向の移動量と移動速度との少なくとも一方を含むばね上部移動関連量と、前記中間部材の上下方向の移動量と移動速度との少なくとも一方を含む中間部材移動関連量とを推定するオブザーバと、(b)そのオブザーバによって推定された前記ばね上部移動関連量の推定値から前記中間部材移動関連量の推定値を引いて前記電動アクチュエータの作動量と作動速度との少なくとも一方を含む電動作動関連量の推定値を取得する電動作動関連量推定値取得部と、(c)前記電動アクチュエータの電動作動関連量の実際値の絶対値の予め定められた設定時間内の平均的な値に関連する平均関連実際値が、前記電動作動関連量推定値取得部によって取得された推定値の絶対値の前記設定時間内の平均的な値に関連する平均関連推定値で決まるロック側変化判定しきい値より小さい場合に、前記電動アクチュエータの性能がロック側に变化した状態にあると検出するロック側変化検出手段とを含む請求項1ないし7のいずれか1つに記載の電磁サスペンションシステム。

10

【請求項9】

前記性能変化検出装置が、前記電磁サスペンションユニットにおける性能変化の程度を段階的に検出する性能変化レベル検出部を含む請求項1ないし8のいずれか1つに記載の電磁サスペンションシステム。

20

【請求項10】

前記電磁サスペンションユニットが、前記車両の前後左右の各輪に対応して設けられたものであり、前記性能変化検出装置が、前記前後左右の各輪毎の電磁サスペンションユニットの各々について前記実アブソーバ伸縮関連量取得部によって取得された前記アブソーバ伸縮関連量の実際値の絶対値の予め定められた設定時間内の平均的な値に関連する平均関連実際値同士を比較して、前後左右の各輪の前記ショックアブソーバの各々の性能変化を検出する各輪比較型性能変化検出部を含み、かつ、その各輪比較型性能変化検出部が、(a)前記前後左右の各輪のうちの検査対象車輪についてのアブソーバ伸縮関連量の平均関連実際値が、前後左右の各輪のアブソーバ伸縮関連量の平均関連実際値の平均的な値で決まる設定範囲の下限値より小さい場合に、前記検査対象車輪の前記ショックアブソーバの性能が伸縮抵抗が大きくなる側に变化した状態にあると検出する手段と、(b)検査対象車輪についての前記アブソーバ伸縮関連量の平均関連実際値が、前記設定範囲の上限値より大きい場合に、前記検査対象車輪の前記ショックアブソーバの性能が伸縮抵抗が小さくなる側に变化した状態にあると検出する手段との少なくとも一方を含む請求項1ないし9のいずれか1つに記載の電磁サスペンションシステム。

30

【請求項11】

前記電磁サスペンションユニットが、前記車両の前後左右の各輪に対応して設けられたものであり、前記性能変化検出装置が、前記電動アクチュエータの作動量と作動速度との少なくとも一方を含む電動作動関連量の実際値を取得する電動作動関連量取得部と、前記前後左右の各輪毎の電磁サスペンションユニットの各々について、前記電動作動関連量取得部によって取得された電動作動関連量の実際値同士を比較することにより、前記前後左右の各輪毎の前記電動アクチュエータの各々の性能変化を検出する電動アクチュエータ性能変化検出部とを含む請求項1ないし10のいずれか1つに記載の電磁サスペンションシステム。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

50

本発明は車両のサスペンションシステムに含まれる電磁サスペンションユニットの性能変化の検出に関するものである。

【背景技術】

【0002】

特開2006-168400号公報(特許文献1)には、電動モータを備えた電磁サスペンションユニットにおいて、(a)車輪側部の上下方向の加速度の実際値に基づいて、オブザーバを利用してばね上加速度を推定し、その推定されたばね上加速度と、実際に検出されたばね上加速度とを比較して、前記電磁サスペンションユニットの異常の有無を検出すること、(b)モータ回転角度の推定値と実際値とを比較して、異常の有無を検出することが記載されている。

10

特開2005-254940号公報(特許文献2)には、電動モータを備えた電磁サスペンションユニットにおいて、実際の電動モータの作動量(モータ回転角度、あるいは、ストロークの変化量)が、電動モータへの制御値で決まる設定範囲内にあるか否かに基づいて、電磁サスペンションユニットの異常の有無を検出することが記載されている。

【特許文献1】特開2006-168400号公報

【特許文献2】特開2005-254940号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

本発明の課題は、電磁サスペンションユニットにおける性能変化を適正に検出可能とすることである。

20

【課題を解決するための手段および効果】

【0004】

請求項1に記載の電磁サスペンションシステムは、(i)車両の車輪に対応して、車体側部と車輪側部との間に設けられた(a)液圧式のショックアブソーバと、(b)前記車体側部と前記車輪側部との間に上下方向力を付与する電動アクチュエータとを備えた電磁サスペンションユニットと、(ii)前記電磁サスペンションユニットに上下方向の振動が加えられている状態において、前記ショックアブソーバにおける上下方向の伸縮量と伸縮速度との少なくとも一方を含むアブソーバ伸縮関連量の実際値を取得する実アブソーバ伸縮関連量取得部を含み、その実アブソーバ伸縮関連量取得部によって取得された前記アブソーバ伸縮関連量の実際値に基づいて前記電磁サスペンションユニットにおける性能変化を検出する性能変化検出装置とを含むものとされる。

30

【0005】

本願請求項1に記載の電磁サスペンションシステムにおいては、液圧式のショックアブソーバと電動アクチュエータとを備えた電磁サスペンションユニットにおいて、液圧式のショックアブソーバの実際の伸縮関連量の実際値が取得され、伸縮関連量の実際値に基づいて電磁サスペンションユニットの性能変化が検出される。ショックアブソーバの伸縮関連量の実際値に基づいて性能変化が検出されるため、ショックアブソーバの性能変化を直接的に検出することができる。また、ショックアブソーバの伸縮関連量の実際値に基づけば、電動アクチュエータの性能変化も検出することができる。

40

性能変化の判定は、電磁サスペンションユニットに振動が加えられている状態で行われる。例えば、車両が走行している状態、停止中において振動が加えられている状態が該当する。車両の走行中において、振動は主として路面入力によって加えられ、停止中においては、外部装置(加振装置)によって加えられる場合、電動アクチュエータの駆動により加えられる場合等がある。加振装置による場合には、予め決まった周波数の振動を加えることが容易となる。

【特許請求可能な発明】

【0006】

以下に、本願において特許請求が可能と認識されている発明(以下、「請求可能発明」という場合がある。請求可能発明は、少なくとも、請求の範囲に記載された発明である「

50

本発明」ないし「本願発明」を含むが、本願発明の下位概念発明や、本願発明の上位概念あるいは別概念の発明を含むこともある。)の態様をいくつか例示し、それらについて説明する。各態様は請求項と同様に、項に区分し、各項に番号を付し、必要に応じて他の項の番号を引用する形式で記載する。これは、あくまでも請求可能発明の理解を容易にするためであり、請求可能発明を構成する構成要素の組み合わせを、以下の各項に記載されたものに限定する趣旨ではない。つまり、請求可能発明は、各項に付随する記載、実施例の記載、従来技術等を参酌して解釈されるべきであり、その解釈に従う限りにおいて、各項の態様にさらに他の構成要素を付加した態様も、また、各項の態様から構成要素を削除した態様も、請求可能発明の一態様となり得るのである。

【0007】

以下の各項のうち(20)項が請求項1に対応し、(2)項、(3)項が請求項2, 3に対応し、(6)項が請求項4に対応し、(12)項が請求項5に対応する。(17)項~(19)項が請求項7, 6, 8に対応し、(21)項が請求項9に対応し、(24)項、(25)項がそれぞれ請求項10, 11に対応する。

【0008】

(1)車両の車輪に対応して、車体側部と車輪側部との間に設けられた(a)液圧式のショックアブソーバと、(b)前記車体側部と前記車輪側部との間に上下方向力を付与する電動アクチュエータとを備えた電磁サスペンションユニットと、

前記電磁サスペンションユニットに上下方向の振動が加えられている状態において、前記ショックアブソーバにおける上下方向の伸縮量と伸縮速度との少なくとも一方を含むアブソーバ伸縮関連量の実際値を取得する実アブソーバ伸縮関連量取得部を含み、その実アブソーバ伸縮関連量取得部によって取得された前記アブソーバ伸縮関連量の実際値に基づいて前記電磁サスペンションユニットにおける性能変化を検出する性能変化検出装置とを含むことを特徴とする電磁サスペンションシステム。

電磁サスペンションユニットの性能変化とは、性能が予め定められた基準性能から変化することをいう。基準性能は、正常範囲の性能としたり、新品の性能としたり、交換、修理が不要な範囲の性能としたり、使用可能な範囲の性能としたりすること等ができる。それに応じて、性能変化した状態は、正常範囲から外れた状態であったり、新品の状態から外れた状態であったり、交換あるいは修理が必要な状態であったり、それ以上継続して使用することが不可能な状態(異常な状態)であったりする。

ショックアブソーバの伸縮量とは、ショックアブソーバにおいて、ピストンとシリンダ本体との基準相対位置からの、ピストンとシリンダ本体との上下方向の相対移動量をいう。基準相対位置は、例えば、電動アクチュエータがフリーの状態にあり、荷重に応じて決まる車体側部と車輪側部との間に加えられる上下方向の力と標準的なサスペンションスプリングのばね力とが釣り合い、静止状態(中立状態)にある場合のピストンとシリンダ本体との相対位置をいう。一方、ショックアブソーバの長さとは、シリンダ本体の端部とピストンロッドの予め定められた部分(例えば、端部)との間の距離であり、基準相対位置にある場合の長さを基準長さとした場合に、基準長さとの和(符号を考慮した場合の和)となる。したがって、ショックアブソーバの長さとは1対1に対応する値となるのであり、ショックアブソーバの長さはアブソーバ伸縮関連量に含まれる。伸縮速度は伸縮量の時間に対する微分値である。伸縮速度は基準相対位置とは関係なく取得することができる。

(2)前記性能変化検出装置が、(a)前記アブソーバ伸縮関連量を推定するアブソーバ伸縮関連量推定部と、(b)そのアブソーバ伸縮関連量推定部によって推定された前記アブソーバ伸縮関連量の推定値と前記実アブソーバ伸縮関連量取得部によって取得された前記アブソーバ伸縮関連量の実際値とを比較して、前記電磁サスペンションユニットにおける性能変化を検出する比較型性能変化検出部とを含む(1)項に記載の電磁サスペンションシステム。

ショックアブソーバの伸縮関連量の実際値と推定値とを比較すれば、電磁サスペンションユニットにおいて性能が変化したか否かを判定することができる。

10

20

30

40

50

実際値と推定値とを比較する場合、実際値と推定値とを直接比較しても、実際値、推定値を処理した値同士を比較してもよい。

伸縮量、伸縮速度は、電磁サスペンションユニットに加えられた振動に応じて変化するため、例えば、振動のピーク（振幅）同士を比較することができる。また、実際値、推定値を統計的に処理した値を使用すれば、平均的な変位や変位の変化速度同士を比較することができる。

例えば、実際値、推定値の絶対値の設定時間内の積算値を求め、積算値同士を比較することができる。絶対値の積算値同士を比較すれば、実際値、推定値の変位の絶対値の平均的な値同士を比較することが可能となる。また、絶対値の積算値に限らず、設定時間内の絶対値の平均値を使用して比較することも可能である。さらに、設定時間内の実際値、推定値のピーク値（振幅）の絶対値の積算値や平均値を採用することもできる。

10

また、実際値等（実際値、実際値を処理した値を含む。以下、同様とする）と推定値等（以下、推定値、推定値を処理した値を含む。以下、同様とする）とを比較する場合には、これらの差を求めたり、比を求めたりすることができ、差と比との少なくとも一方に基づけば、性能が変化したか否かを適切に判定することができる。

さらに、振幅同士あるいは平均的な変位同士を比較する場合において、所望の周波数域の振動成分の振幅あるいは平均的な変位同士を比較することが望ましい場合がある。例えば、実際値、推定値をフィルタ処理したり、フーリエ変換したりすること等により所望の周波数域の振動を抽出して、実際値等と推定値等とを比較したり、電磁サスペンションユニットに所望の周波数域の振動を加え、その場合の実際値等と推定値等とを比較したりすることができる。

20

さらに、実際値の周波数と推定値の周波数とを比較することもできる。

また、実際値等と推定値等とを比較する場合に、伸縮量の実際値等と伸縮速度の推定値等とを比較することも不可能ではないが、伸縮量の実際値等と伸縮量の推定値等、伸縮速度の実際値等と伸縮速度の推定値等とを比較することが望ましい。

(3)前記比較型性能変化検出部が、前記アブソーバ伸縮関連量の推定値と実際値との差の絶対値の予め定められた設定時間内の平均的な値に関連する値が予め定められた判定しきい値より大きい場合に、前記電磁サスペンションユニットの性能が変化した状態であると検出する性能変化有無検出部を含む(2)項に記載の電磁サスペンションシステム。

推定値と実際値との差の絶対値の予め定められた設定時間内の平均的な値に関連する値には、設定時間内の差の絶対値の積算値、平均値、その他統計的に処理した値が含まれる。

30

差の絶対値の設定時間内の平均的な値に関連する値（以下、平均関連差と称する）が判定しきい値以下である場合には、性能は変化していないと考えられるが、判定しきい値より大きい場合には、性能が変化した状態であると判定することができる。性能が変化したか否かの判定結果は、同じ結果が設定回数以上続いた場合に、決定（確定）されるようにしたり、判定結果の決定にヒステリシスを設けたりすることができる。

判定しきい値を0、あるいは、0より大きく、かつ、0近傍の0より大きい第1設定値以下の値とすれば、推定値を取得するために想定された状態（前述の基準性能が得られる状態であり、例えば、正常状態、新品の状態等とすることができる）から、僅かに外れた場合に性能が変化したと判定される。推定値は、推定モデルに基づいて取得されるのが普通であるため、基準性能は、その推定モデルで決まる。例えば、推定モデルが、新品の状態を想定して設定されている場合には、その状態から外れた場合に性能が変化した状態であると判定されることになる。

40

それに対して、判定しきい値を正の大きな値（0より大きい第2設定値以上の値）とすれば、推定値を取得するために想定された状態から大きく外れた場合に性能が変化した状態であると判定される。例えば、推定モデルが新品の状態を想定して設けられた場合には、交換、修理を要する状態となった場合、あるいは、使用不要な状態となった場合に、性能が変化した状態であると判定されることになる。

推定モデル、判定しきい値は、以上の事情を考慮して設定される。

50

また、複数の推定モデルや判定しきい値が設けられれば、性能低下のレベル（程度）を複数段階で取得することが可能となる。例えば、運転者に性能低下のレベルを報知することが可能となり、運転者は性能低下のレベルについて詳細な情報を得ることができる。また、電磁サスペンションユニットの設計段階において、性能変化過程を評価することも可能である。

さらに、推定モデル、判定しきい値を選択可能とすることができる。性能変化が報知される場合には、性能変化のレベルが運転者が意図する所望のレベルに達した場合に報知されるようにすることができる。

(4)前記比較型性能変化検出部が、前記アブソーバ伸縮関連量の推定値と実際値との比の絶対値の予め定められた設定時間内の平均的な値に関連する値が予め定められた範囲からはずれた場合に、前記電磁サスペンションユニットの性能が変化した状態にあると検出する性能変化有無検出部を含む(2)項または(3)項に記載の電磁サスペンションシステム。

10

実際値と推定値との比の絶対値の設定時間内の平均的な値に関連する値（平均関連比）が予め定められた範囲から外れた場合に、性能が変化したと検出することができる。例えば、実際値と推定値との平均関連比には、実際値を推定値で割った値（実際値/推定値）の平均関連比  $< |A^*/A| >$  が、設定範囲の上限値より大きい場合、設定範囲の下限値より小さい場合に、性能が変化したと検出されるのである。

以下の各項において、いちいち記載しないが、差に基づく判定は、比に基づく判定に代えて採用することができる。

また、実際値と推定値との差の絶対値の平均的な値を、実際値の絶対値の平均的な値と推定値の絶対値の平均的な値との差の絶対値に代えて採用したり、実際値と推定値との比の絶対値の平均的な値を、実際値の絶対値の平均的な値と推定値の絶対値の平均的な値との比に代えて採用したりすることができる。

20

例えば、(i)実際値  $A^*$  と推定値  $A$  との差の平均関連差（例えば、 $|A^* - A|$ ）を判定しきい値と比較することを、(ii)実際値の絶対値の設定時間内の平均的な値を表す値（以下、平均関連実際値と称する） $|A^*|$  と、推定値の絶対値の設定時間内の平均的な値を表す値（以下、平均関連推定値と称する） $|A|$  との差の絶対値  $||A^*| - |A||$  を判定しきい値と比較することに代えたり、(a)実際値と推定値との平均関連比（ $< |A^*/A| >$ 、 $< |A/A^*| >$ ）を、(b)平均関連実際値と平均関連推定値との比（ $< |A^*| > / < |A| >$ 、 $< |A| > / < |A^*| >$ ）に代えたりすることもできるのである。

30

(5)前記比較型性能変化検出部が、前記アブソーバ伸縮関連量の実際値の絶対値の予め定められた設定時間内の平均的な値に関連する平均関連実際値が、前記アブソーバ伸縮関連量の推定値の絶対値の前記設定時間内の平均的な値に関連する平均関連推定値に対して大きい場合に、(i)前記ショックアブソーバの性能が抵抗が不足する側に变化した状態と、(ii)前記電動アクチュエータの性能が抵抗が大きくなる側に变化した状態との少なくとも一方を含むと検出する手段を含む(2)項ないし(4)項のいずれか1つに記載の電磁サスペンションシステム。

アブソーバ伸縮関連量の平均関連実際値（実際値等に含まれる）が平均関連推定値（推定値等に含まれる）より大きい場合には、基準性能よりショックアブソーバにおける抵抗が不足する（小さくなる）場合と、電動アクチュエータにおいて抵抗が大きくなる場合とがある。電動アクチュエータにおいて抵抗が大きくなると、電動アクチュエータが伸縮し難くなるため、その分、ショックアブソーバが伸縮させられることになる。

40

(6)前記比較型性能変化検出部が、前記アブソーバ伸縮関連量の実際値の絶対値の予め定められた設定時間内の平均的な値に関連する平均関連実際値が、前記アブソーバ伸縮関連量の推定値の絶対値の前記設定時間内の平均的な値に関連する平均関連推定値で決まる伸縮抵抗不足判定しきい値より大きい場合に、前記ショックアブソーバの性能が伸縮抵抗不足側に变化した状態にあると検出する伸縮抵抗不足検出部を含む(2)項ないし(5)項のいずれか1つに記載の電磁サスペンションシステム。

ショックアブソーバの伸縮関連量の平均関連実際値が平均関連推定値で決まる伸縮抵抗

50

不足判定しきい値より大きい場合には、ショックアブソーバにおいて抵抗が不足する側に性能が変化した状態にあると判定される。伸縮抵抗不足判定しきい値は、平均関連推定値に0以上の設定値を加えた値としたり、平均関連推定値に1以上の値を掛けた値としたりすることができる。

この判定は、電動アクチュエータの性能変化が検出されない場合（抵抗が大きくなる側に変化していない場合）に行われることが望ましい。

ショックアブソーバにおける伸縮抵抗は、ショックアブソーバにおいて発生させられる減衰力、ピストンとシリンダ本体との間の摩擦、ショックアブソーバと並列にスプリングが設けられる場合において、そのスプリングのばね力によって加えられる。そのため、抵抗が小さくなるのは、減衰力が小さくなった場合、シール部材の摩耗等によりピストンとシリンダ本体との間の摩擦が小さくなった場合、スプリングのばね係数が小さくなった場合等が考えられる。また、減衰力が不足する（伸縮速度が同じ場合に発生する減衰力が基準状態における場合より小さくなること）のは、液漏れ、ガス抜け、作動液（オイル）の劣化等に起因すると考えられる。

それに対して、ショックアブソーバにおいて発生させられる抵抗を全体として減衰力と称する場合には、伸縮抵抗が不足する側の性能変化を減衰力が不足する側の性能変化と称することができる。

(7)前記比較型性能変化検出部が、前記アブソーバ伸縮関連量の実際値の絶対値の予め定められた設定時間内の平均的な値に関連する平均関連実際値が、前記アブソーバ伸縮関連量の推定値の絶対値の前記設定時間内の平均的な値に関連する平均関連推定値に対して小さい場合に、(i)前記ショックアブソーバの性能が抵抗が大きくなる側に变化した状態と、(ii)前記電動アクチュエータの性能が抵抗が小さくなる側に变化した状態との少なくとも一方を含むと検出する手段を含む(2)項ないし(6)項のいずれか1つに記載の電磁サスペンションシステム。

平均関連実際値が平均関連推定値に対して小さくなったのは、ショックアブソーバにおいて伸縮抵抗が大きくなった場合、電動アクチュエータにおいて抵抗が小さくなった場合がある。電動アクチュエータにおいて抵抗が小さくなると、電動アクチュエータの方が伸縮し易くなるからである。

(8)前記比較型性能変化検出部が、前記アブソーバ伸縮関連量の実際値の絶対値の予め定められた設定時間内の平均的な値に関連する平均関連実際値が、前記アブソーバ伸縮関連量の推定値の絶対値の前記設定時間内の平均的な値に関連する平均関連推定値で決まるフリー側変化判定しきい値より小さい場合に、前記電動アクチュエータの性能がフリー側に变化した状態にあると検出するフリー側性能変化検出部を含む(2)項ないし(7)項のいずれか1つに記載の電磁サスペンションシステム。

平均関連実際値が平均関連推定値より小さい場合には、電動アクチュエータの性能がフリー側に变化したと検出される。

この判定は、ショックアブソーバが正常である場合（ショックアブソーバの性能が抵抗が大きくなる側に变化したと検出されない場合）において行われることが望ましい。

一方、電磁サスペンションユニットが、低周波数の振動が加えられた場合に、主として電動アクチュエータが伸縮させられるように設計されている場合において、アブソーバ伸縮関連量の低周波数の実際値等が推定値等より小さい場合には、電動アクチュエータの性能がフリー側に变化したと考えるのが妥当である。例えば、低周波数の振動が加えられた場合のアブソーバ伸縮関連量の実際値等、推定値等を使用したり、あるいは、アブソーバ伸縮関連量の実際値の低周波成分（フィルタ処理、フーリエ変換等により抽出された成分）の実際値等、推定値等を使用したりして検出することができる。後述する高周波数の実際値等についても同じである。

例えば、電動アクチュエータが電動モータと運動変換機構とを含む場合には、断線等により電動モータがフリーな状態になったことが該当する。

(9)前記比較型性能変化検出部が、前記アブソーバ伸縮関連量の実際値の絶対値の予め定められた設定時間内の平均的な値に関連する平均関連実際値が、前記アブソーバ伸縮関連

10

20

30

40

50

量の推定値の絶対値の予め定められた設定時間内の平均的な値に関連する平均関連推定値で決まる抵抗増加判定しきい値より小さい場合に、前記ショックアブソーバの性能が伸縮抵抗が大きくなる側に变化した状態にあると検出する伸縮抵抗増加検出部を含む(2)項ないし(8)項のいずれか1つに記載の電磁サスペンションシステム。

アブソーバ伸縮関連量の平均関連実際値が、平均関連推定値で決まる抵抗大判定しきい値より小さい場合には、ショックアブソーバにおいて、伸縮抵抗が大きくなる側に性能が变化した状態にあると判定される。この判定は、電動アクチュエータが正常である場合(電動アクチュエータの性能が抵抗が小さくなる側に变化したと検出されない場合)において行われることが望ましい。

伸縮抵抗が大きくなったのは、減衰力が大きくなったこと、ピストンとシリンダ本体との間の摩擦が大きくなったこと等が考えられる。例えば、減衰力発生機構の連通路に異物が混入して一部あるいは全ての連通路が塞がれた場合、ピストンやシリンダ本体の錆び等により摩擦が大きくなった場合、異物等によりピストン自体が移動し難くなった場合等が考えられる。

一方、ショックアブソーバは高周波数の振動により伸縮させられ易いように設計されることが多い。そのため、アブソーバ伸縮関連量の平均関連実際値と平均関連推定値とを比較する場合に、高周波数の実際値等、推定値等を使用することが望ましい。

(10)前記性能変化検出装置が、前記電磁サスペンションユニットにおいて性能が变化したと検出された場合に、前記電動アクチュエータの作動量と作動速度との少なくとも一方を含む電動作動関連量の実際値と、前記車両のばね上部の上下方向の移動量と移動速度との少なくとも一方を含むばね上部移動関連量の実際値と、前記車体側部と前記車輪側部との間の上下方向の距離の変化量と変化速度との少なくとも一方を含むばね上ばね下間距離関連量の実際値とのうちの1つ以上に基づいて、性能変化部を特定する性能変化部特定部を含む(1)項ないし(9)項のいずれか1つに記載の電磁サスペンションシステム。

電動作動関連量、ばね上部移動関連量、ばね上ばね下間距離関連量の1つ以上の実際値等に基づけば性能変化部を特定することができる。また、これら実際値等と推定値等とをそれぞれ比較して特定することもできる。

性能変化が生じた部位を特定できれば、例えば、その部品のみを交換すればよく、電磁サスペンションユニット全体を交換する必要がなくなる。そのため、交換コストを低減することができる。また、性能変化が生じた部位を特定できれば、修理を行う際にも便利である。

電動アクチュエータの作動量は、基準位置(電動モータがフリーで静止している状態における位置)からの作動量をいう。したがって、電動アクチュエータの長さとは1対1に対応する値であるため、電動アクチュエータの長さも電動作動関連量に含まれる。電動アクチュエータの長さは、例えば、アクチュエータ本体と出力部材の本体からの突出量との和とすることができる。

また、電動作動関連量は、電動伸縮関連量と称することもできる。電動アクチュエータが、電動モータと運動変換機構とを含む場合に、電力を供給しなくても、運動変換機構が作動させられ、上下方向の長さが変化するからである。

また、ばね上部の移動量は、基準位置からの移動量、すなわち、変位である。移動速度は、変位の時間の微分値(絶対速度)であり、基準位置とは関係なく取得することができる。

ばね上ばね下間距離の変化量も同様であり、基準位置におけるばね上ばね下間の距離からの変化量をいう。したがって、ばね上ばね下間距離もばね上ばね下間距離関連量に含まれる。

(11)前記性能変化部特定部が、前記電動作動関連量の実際値の絶対値の予め定められた設定時間内の平均的な値に関連する平均関連実際値が、第1ロック側変化判定しきい値より小さい場合に、前記電動アクチュエータの性能がロック側に变化した状態にあると検出する第1ロック側変化検出部を含む(10)項に記載の電磁サスペンションシステム。

電動アクチュエータの電動作動関連量の実際値が第1ロック側変化判定しきい値より小

10

20

30

40

50

さい場合には、電動アクチュエータの性能が抵抗が大きくなる側に変化したと検出される。

例えば、電動アクチュエータが電動モータと運動変換機構とを含む場合において、電動モータがロックした状態（運動変換機構においてねじ軸とナット部との相対回転不能となった状態）、運動変換機構においてねじ軸とナット部との摩擦が大きくなった状態等が考えられる。なお、第1ロック側変化判定しきい値は、予め定められた固定値（絶対的ロック側変化判定しきい値）であっても、前記電動作動関連量の推定値の絶対値の前記設定時間内の平均的な値に関連する平均関連値で決まる値（相対的ロック側変化判定しきい値）であってもよい。

この判定は、電動アクチュエータが予め定められた規則に従って制御されている状態で行っても、制御されていない状態で行ってもよい。電動アクチュエータが電動モータを含む場合において、電動アクチュエータが制御されていない場合には、電動モータにおいて減衰力が発生させられる。

(12)前記性能変化検出装置が、前記比較型性能変化検出部によって前記電磁サスペンションユニットにおいて性能が変化すると検出された場合に、(x)前記車体側部と前記車輪側部との間の距離の変化量と変化速度との少なくとも一方を含むばね上ばね下間距離関連量の実際値と推定値との差の絶対値の予め定められた設定時間内の平均的な値に関連する平均関連値が予め定められた特定しきい値より大きい場合に、前記電動アクチュエータの性能がフリー側に変化した状態にあると検出する手段と、(y)前記ばね上ばね下間距離関連量の実際値と推定値との差の前記平均関連値が前記特定しきい値以下である場合に、前記ショックアブソーバの性能が伸縮抵抗が大きくなる側に変化した状態にあると検出する手段とのうちの少なくとも一方を含む(2)項ないし(11)項のいずれか1つに記載の電磁サスペンションシステム。

前述のように、電動アクチュエータの性能がフリー側に変化した場合にも、ショックアブソーバの性能が抵抗が大きくなる側に変化した場合にも、アブソーバ伸縮関連量の平均関連実際値が平均関連推定値より小さくなり、これらの差が大きくなって性能変化が検出される。

それに対して、ショックアブソーバと電動アクチュエータとが直列に設けられている場合であって、ショックアブソーバの伸縮関連量が電動アクチュエータの電動作動量に対して小さくなるように設計されている場合には、ショックアブソーバの性能が抵抗が大きくなる側に変化しても、ばね上ばね下間距離関連量の実際値等と推定値等との差はそれほど大きくならないが、電動アクチュエータの性能がフリー側へ変化すると、ばね上ばね下間距離関連量の実際値等と推定値等との差が大きくなる。

以上のことから、ばね上ばね下間距離関連量の実際値と推定値との差の平均関連値が小さい場合にはショックアブソーバの性能が抵抗が大きくなった側に変化したと判定し、実際値と推定値との差の平均関連値が大きい場合には、電動アクチュエータの性能がフリー側に変化したと判定することができる。

なお、ばね上ばね下間距離関連量の実際値と推定値との差の平均関連値が大きい場合には、電動アクチュエータの性能がフリー側に変化し、かつ、ショックアブソーバの性能も抵抗が大きくなる側に変化した可能性がある。しかし、性能変化が同時に2箇所では起きる可能性は非常に低いと考え、この場合には、電動アクチュエータの性能が変化すると検出されるようにすることもできる。それに対して、別の方法で、ショックアブソーバの性能が変化したか否かを検出することも可能である。例えば、アブソーバ伸縮関連量の高周波数の平均関連実際値が平均関連推定値で決まる抵抗大しきい値より小さい場合に、ショックアブソーバの性能も変化すると検出することができる。

(13)前記液圧式のショックアブソーバと前記電動アクチュエータとが、前記車体側部と前記車輪側部との間に互いに直列に設けられた(1)項ないし(12)項のいずれか1つに記載の電磁サスペンションシステム。

ショックアブソーバは、シリンダ本体と、そのシリンダ本体に摺動可能に嵌合されたピストンとを含むものであり、シリンダ本体とピストンのピストンロッドとのいずれか一方

10

20

30

40

50

が車体側部と車輪側部とのいずれか一方に原則として上下方向に相対移動不能に連結され、シリンダ本体とピストンロッドとの他方が電動アクチュエータの出力軸に連結されている。電動アクチュエータの本体は、車体側部と車輪側部との他方に原則として上下方向に相対移動不能に連結されている。

なお、車体側部と車輪側部との間には、サスペンション Springs が、互いに直列に連結されたショックアブソーバおよび電動アクチュエータに並列に設けられることが多い。

また、ショックアブソーバと電動アクチュエータとの間には、連結部材（中間部材）が設けられることもある。

(14) 前記電動アクチュエータが、電動モータと運動変換機構とを含み、前記電動モータの固定部が前記車体側部に取り付けられ、回転部が前記運動変換機構を介して前記ショックアブソーバに連結された(1)項ないし(13)項のいずれか1つに記載の電磁サスペンションシステム。

10

運動変換機構は、ねじロッドと、ナット部と、これらの間に設けられたボールとを含むボールねじ機構とすることが望ましい。ボールねじ機構により、電動アクチュエータの伸縮抵抗を小さくすることができる。

(15) 前記性能変化検出装置が、前記中間部材の上下方向の移動量と移動速度との少なくとも一方を含む中間部材移動関連量と、前記車両のばね上部の上下方向の移動量と移動速度との少なくとも一方を含むばね上部移動関連量との少なくとも一方を推定する推定部を含む(1)項ないし(14)項のいずれか1つに記載の電磁サスペンションシステム。

中間部材の移動量、ばね上部の移動量とは、それぞれ、前述のように、基準位置からの移動量（変位）である。移動関連量が推定される車両のばね上部は、電磁サスペンションユニットが取り付けられる車体側部と同じ部材であっても異なる部材であってもよい。

20

(16) 前記推定部が、前記電磁サスペンションユニットについて作成された予め定められたモデルに基づき、(i)前記車両のばね下部の上下方向の移動量の実際値および移動速度の実際値と、(ii)前記電動アクチュエータによって付与される上下方向力の実際値とから、(x)前記中間部材移動関連量と(y)前記ばね上部移動関連量との少なくとも一方を推定するオブザーバを含む(15)項に記載の電磁サスペンションシステム。

ショックアブソーバと電動アクチュエータとが、中間部材を介して車輪側部と車体側部との間に直列に設けられる場合、モデルを用いて、ばね下部の移動量、移動速度、電動アクチュエータの出力等を入力して、中間部材の移動量（変位）、移動速度（絶対速度）やばね上部の移動量（変位）、移動速度（絶対速度）がオブザーバにより推定される。

30

推定された中間部材の移動量、移動速度に基づけば、ショックアブソーバの伸縮量や伸縮速度を推定することができ、推定されたばね上部の移動量、移動速度に基づけば、ばね上ばね下間距離の変化量や変化速度を推定することができる。また、中間部材の移動量、移動速度と、ばね上部の移動量、移動速度との両方に基づけば、電動アクチュエータの作動量や作動速度を推定したりすることができる。

なお、車両のばね下部は電磁サスペンションユニットが取り付けられる車輪側部と同じ部材であっても異なる部材であってもよい。

(17) 前記性能変化検出装置が、(a)前記中間部材移動関連量の実際値を前記アブソーバ伸縮関連量の実際値と前記車両のばね下部の上下方向の移動量と移動速度との少なくとも一方を含むばね下移動関連量の実際値とから取得する中間部材移動関連量取得部と、(b)それら中間部材移動関連量の実際値と前記推定部によって推定された中間部材移動関連量の推定値との差の絶対値の予め定められた設定時間内の平均的な値に関連する平均関連量が予め定められた中間部材対応判定しきい値より大きい場合に、前記電磁サスペンションユニットの性能が変化した状態にあると検出する中間部材対応性能変化検出部とを含む(15)項または(16)項に記載の電磁サスペンションシステム。

40

中間部材の移動関連量の実際値等と推定値等との差の絶対値が大きい場合には、電磁サスペンションユニットの性能が変化したとすることができる。

中間部材は、例えば、ショックアブソーバのシリンダ本体とピストンロッドとのいずれか一方に連結されるとともに電動アクチュエータの出力部材に連結されたものを含むもの

50

とすることができる。

(18)前記アブソーバ伸縮関連量推定部が、前記推定部によって推定された前記中間部材移動関連量の推定値と前記車両のばね下部の上下方向の移動量と移動速度との少なくとも一方を含むばね下移動関連量の実際値とから、前記アブソーバ伸縮関連量の推定値を取得する中間部材依拠伸縮関連量推定部を含む(15)項ないし(17)項のいずれか1つに記載の電磁サスペンションシステム。

推定された中間部材の移動量、移動速度からばね下部の移動量、移動速度を引けば、ショックアブソーバ伸縮関連量を推定することができる。

(19)前記性能変化検出装置が、(a)前記推定部によって推定された前記ばね上部移動関連量の推定値から前記中間部材移動関連量の推定値を引いて前記電動アクチュエータの作動量と作動速度との少なくとも一方を含む電動作動関連量の推定値を取得する電動作動関連量推定値取得部と、(b)前記電動アクチュエータの電動作動関連量の実際値の絶対値の予め定められた設定時間内の平均的な値に関連する平均関連実際値が、前記電動作動関連量推定値取得部によって取得された推定値の絶対値の前記設定時間内の平均的な値に関連する平均関連推定値で決まる第2ロック側変化判定しきい値より小さい場合に、前記電動アクチュエータの性能がロック側に变化した状態にあると検出する第2ロック側変化検出手段とを含む(15)項ないし(18)項のいずれか1つに記載の電磁サスペンションシステム。

ばね上部移動関連量と中間部材移動関連量とに基づけば、電動アクチュエータの電動作動関連量を取得することができる。

(20)前記実アブソーバ伸縮関連量取得部が、前記車体側部と前記車輪側部との間の距離の変化量と変化速度との少なくとも一方を含むばね上ばね下間距離関連量の実際値と、前記電動アクチュエータの作動量と作動速度との少なくとも一方を含む電動作動関連量の実際値とから前記アブソーバ伸縮関連量の実際値を取得する実伸縮関連量算出部を含む(1)ないし(19)項のいずれか1つに記載の電磁サスペンションシステム。

ショックアブソーバと電動アクチュエータとが、車輪側部と車体側部との間に直列に設けられる場合、ショックアブソーバの伸縮量を検出するには、ピストンのシリンダ本体に対する相対移動量を検出しなければならない。しかし、ピストンのシリンダ本体に対する相対移動量を検出するセンサは設けられていないのが普通である。一方、車高センサでは、ショックアブソーバの伸縮を検出することはできない。そこで、本項に記載の電磁サスペンションシステムにおいては、2つの以上のセンサによる検出値を用いてショックアブソーバの伸縮が検出されるのである。

例えば、車高センサによる検出値からばね上ばね下間距離関連量の実際値が取得され、電動アクチュエータの作動量を検出するセンサの検出値から電動作動関連量の実際値が取得され、ばね上ばね下間距離関連量の実際値から電動作動関連量の実際値を引くことによりショックアブソーバの伸縮関連量の実際値が取得される。

また、ばね上ばね下間距離関連量の実際値は、ばね上部移動関連量の実際値とばね下部移動関連量の実際値とから取得することもできる。ばね上ばね下間距離関連量、ばね上部移動関連量、ばね下部移動関連量の間には、予め定められた関係が成立するため、これらのうちの2つを取得できれば、残りの1つを算出することが可能である。以下、本明細書に記載の「実際値」は、1つのセンサにより直接検出される場合、1つのセンサによる検出値から算出される場合(微分、積分等)、複数のセンサによる検出値から算出される場合等がある。

(21)前記性能変化検出装置が、前記電磁サスペンションユニットにおける性能変化の程度を段階的に検出する性能変化レベル検出部を含む(1)項ないし(20)項のいずれか1つに記載の電磁サスペンションシステム。

性能変化のレベルを段階的に検出できれば、交換の時期、修理の時期がわかり、便利である。また、経時的な性能変化を評価する上で有効である。

(22)当該電磁サスペンションシステムが、前記性能変化検出装置によって検出された前記電磁サスペンションユニットにおける性能変化の検出結果を報知する報知部を含む(1)項ないし(21)項のいずれか1つに記載の電磁サスペンションシステム。

10

20

30

40

50

(23)前記電磁サスペンションユニットが、前記車両の前後左右の各輪に対応して設けられたものであり、前記性能変化検出装置が、前記前後左右の各輪毎の電磁サスペンションユニットの各々について前記実アブソーバ伸縮関連量取得部によって取得された前記アブソーバ伸縮関連量の実際値の絶対値の予め定められた設定時間内の平均的な値に関連する平均関連実際値同士を比較して、前後左右の各輪の前記ショックアブソーバの各々の性能変化を検出する各輪比較型性能変化検出部を含む(1)項ないし(22)項のいずれか1つに記載の電磁サスペンションシステム。

(24)前記各輪比較型性能変化検出部が、(a)前記前後左右の各輪のうちの検査対象車輪についてのアブソーバ伸縮関連量の平均関連実際値が、前後左右の各輪のアブソーバ伸縮関連量の平均関連実際値の平均的な値で決まる設定範囲の下限值より小さい場合に、前記検査対象車輪の前記ショックアブソーバの性能が伸縮抵抗が大きくなる側に变化した状態にあると検出する手段と、(b)検査対象車輪についての前記アブソーバ伸縮関連量の平均関連実際値が、前記設定範囲の上限値より大きい場合に、前記検査対象車輪の前記ショックアブソーバの性能が伸縮抵抗が小さくなる側に变化した状態にあると検出する手段との少なくとも一方を含む(23)項に記載の電磁サスペンションシステム。

4輪の各々の電磁サスペンションユニットのショックアブソーバの伸縮関連量の実際値等同士を比較すれば、4輪各々におけるショックアブソーバの性能変化を、それぞれ、検出することができる。

この検出は、電動アクチュエータの性能が変化していないことが前提である。

(25)前記電磁サスペンションユニットが、前記車両の前後左右の各輪に対応して設けられたものであり、前記性能変化検出装置が、前記電動アクチュエータの作動量と作動速度との少なくとも一方を含む電動作動関連量の実際値を取得する電動作動関連量取得部と、前記前後左右の各輪毎の電磁サスペンションユニットの各々について、前記電動作動関連量取得部によって取得された電動作動関連量の実際値同士を比較することにより、各輪毎にそれぞれ前記電動アクチュエータの性能変化を検出する電動アクチュエータ性能変化検出部とを含む(1)項ないし(23)項のいずれか1つに記載の電磁サスペンションシステム。

前後左右に各輪毎で、電動アクチュエータの電動作動関連量の実際値等同士を比較すれば、電動アクチュエータの性能変化を検出することができる。

(26)前記電動アクチュエータ性能変化検出部が、(a)前記前後左右の各輪のうちの検査対象車輪についての前記電動作動関連量の予め定められた設定時間内の平均的な値に関連する平均関連実際値が、前後左右の各輪の電動作動関連量の前記平均関連値の平均的な値で決まる設定範囲の下限值より小さい場合に、前記検査対象車輪の前記電動アクチュエータの性能がロック側に变化した状態にあると検出する手段と、(b)検査対象車輪についての前記電動作動関連量の平均関連実際値が、前記設定範囲の上限値より大きい場合に、前記検査対象車輪の前記電動アクチュエータの性能がフリー側に变化した状態にあると検出する手段との少なくとも一方を含む(25)項に記載の電磁サスペンションシステム。

(27)前記電動アクチュエータと前記液圧式のショックアブソーバとが、前記車体側部と前記車輪側部との間に、互いに並列に設けられ、前記性能変化検出装置が、(a)少なくとも前記電動アクチュエータによって付与される上下方向力に基づいて前記アブソーバ伸縮関連量を推定する並列型アブソーバ伸縮関連量推定部と、(b)その並列型アブソーバ伸縮関連量推定部によって推定された前記アブソーバ伸縮関連量の推定値と、前記実アブソーバ伸縮関連量取得部によって取得された前記アブソーバ伸縮関連量の実際値とを比較して、前記電磁サスペンションユニットの性能変化を検出する並列型性能変化検出部を含む(1)項ないし(9)項、(20)項ないし(26)項のいずれか1つに記載の電磁サスペンションシステム。

ショックアブソーバにおいて伸縮抵抗が大きくなると、実際値等が推定値等より小さくなり、伸縮抵抗が小さくなる(液漏れ等による減衰不足が生じる)と実際値等が推定値等より大きくなる。

また、電動アクチュエータの性能がロック側に变化すると、ショックアブソーバの伸縮関連量の実際値等が推定値等より小さくなり、フリー側に变化すると、実際値等が推定値

10

20

30

40

50

等より大きくなる。

以上のことから、電磁サスペンションユニットにおいて、ショックアブソーバの性能変化や電動アクチュエータの性能変化を検出することができる。

なお、車体側部と車輪側部との間には、さらに、サスペンションスプリングが、電動アクチュエータ、ショックアブソーバと並列に設けられるのが普通である。

(28)車両の車輪に対応して、車体側部と車輪側部との間に、互いに直列に、中間部材を介して連結された(a)液圧式のショックアブソーバと、(b)前記車体側部と前記車輪側部との間に上下方向力を付与する電動アクチュエータとを備えた電磁サスペンションユニットと、

前記電磁サスペンションユニットに上下方向の振動が加えられている状態において、(a)前記電磁サスペンションユニットについて作成された予め定められたモデルに基づき、前記車両のばね下部の上下方向の移動量の実際値および移動速度の実際値と、前記電動アクチュエータによって付与される上下方向力の実際値とから、前記中間部材の上下方向の移動量と移動速度との少なくとも一方を含む中間部材移動関連量と、前記車両のばね上部の上下方向の移動量と移動速度との少なくとも一方を含むばね上部移動関連量との少なくとも一方を推定する推定装置とを含むことを特徴とする電磁サスペンションシステム。

中間部材移動関連量、ばね上部移動関連量が推定されるため、推定された値を利用すれば、アブソーバ伸縮関連量の推定値、電動作動関連量の推定値、ばね上ばね下間距離関連量の推定値を取得することができ、それらの推定値等を使用すれば、電磁サスペンションユニットの性能変化の有無の検出、性能変化の部位の特定が可能となる。

また、電動アクチュエータによって付与される上下方向力の実際値は、制御指令値から取得された値であっても、電動アクチュエータに流れる実際の電流値に基づいて取得された値であってもよい。

本項に記載の電磁サスペンションシステムには、(1)項ないし(27)項のいずれか1つに記載の技術的特徴を採用することができる。具体的な性能変化の有無の検出、性能変化部の特定等について、上述の各項の関連する記載を抜き出して採用することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本発明の一実施例である電磁サスペンションシステムの全体を示す概念図である。

【図2】上記電磁サスペンションシステムに含まれる電磁サスペンションユニットの断面図である。

【図3】上記電磁サスペンションユニットを表すシミュレーションモデルである。

【図4】上記電磁サスペンションユニットを表す推定モデルである。

【図5】上記電磁サスペンションシステムのサスペンションECUの記憶部に記憶されたサスペンション制御プログラムを表すフローチャートである。

【図6】上記サスペンションECUの記憶部に記憶された性能検査プログラムを表すフローチャートである。

【図7】上記性能検査プログラムの一部を表すフローチャートである。

【図8】上記シミュレーションモデルを使用して得られた性能検査の結果を示す図である。

【図9】上記の場合とは別の状態で行われた性能検査の結果を示す図である。

【図10】上記の場合とはさらに別の状態で行われた性能検査の結果を示す図である。

【図11】上記の場合とは別の状態で行われた性能検査の結果を示す図である。

【図12】上記性能検査プログラムとは別のプログラムの一部を示すフローチャートであ

10

20

30

40

50

る。

【図 1 3】上記性能検査プログラムとはさらに別のプログラムの一部を示すフローチャートである。

【図 1 4】上記サスペンション ECU の記憶部に記憶された別の性能検査プログラムを表すフローチャートである。

【図 1 5】上記の場合とは別の推定モデルを示す図である。

【図 1 6】上記推定モデルを使用して実行される性能検査プログラムを表すフローチャートである。

【図 1 7】本発明の別の一実施例である上記電磁サスペンションシステムに含まれる電磁サスペンションユニットの断面図である。

【図 1 8】上記電磁サスペンションユニットについて作成された推定モデルである。

【符号の説明】

【0010】

4 : 電磁サスペンションユニット 16 : 電動アクチュエータ 18 : 液圧式ショックアブソーバ 20 : サスペンションスプリング 50 : 電動モータ 77 : ねじ機構 78 : シリンダ本体 80 : ピストン 82 : 伝達部材 84 , 86 : 圧縮コイルスプリング 130 : 中間マス 132 : ばね下部 134 : ばね上部 150 : ばね上加速度センサ 152 : 車高センサ 154 : ばね下加速度センサ 156 : サスペンション ECU 160 : 駆動回路 162 : 回転角センサ 164 : 電流計 168 : 報知部

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

本発明の一実施例である電磁サスペンションシステムを図 1 に示す。

電磁サスペンションシステムにおいて、車両の前後左右の各車輪 2 FL, FR, RL, RR に対応して、それぞれ、電磁サスペンションユニット 4 FL, FR, RL, RR が、車輪側部 1 2 (図 2 参照) と車体側部 1 4 (図 2 参照) との間に設けられる。以下、符号は、車輪位置を特定する必要がない場合には、車輪位置 FL, FR, RL, RR を付することなく使用する。他の構成要素についても同様とする。

電磁サスペンションユニット 4 は、図 2 に示すように、車輪 2 を保持するサスペンションロアアーム (車輪側部) 1 2 と、車体の、その車輪 1 2 に対応する部分 1 4 (電磁サスペンションユニット 4 が取り付けられた部分。車体側部) との間に取り付けられるものであって、上下方向力を付与する電動アクチュエータ 1 6 と、液圧式のショックアブソーバ 1 8 と、サスペンションスプリングとしてのエアスプリング 2 0 とを含む。電動アクチュエータ 1 6 と液圧式ショックアブソーバ 1 8 とが、車輪側部 1 2 と車体側部 1 4 との間に直列に設けられ、これらとエアスプリング 2 0 とが並列に設けられる。

【0012】

エアスプリング 2 0 は、チャンバシエル 3 0 と、エアピストン筒 3 2 と、それらの間に設けられたダイヤフラム 3 4 とを含む。

チャンバシエル 3 0 は、車体側部 1 4 に、マウント部 (弾性部材を含む) 3 5 を介して、原則的に、上下方向に相対移動不能に連結され、チャンバシエル 3 0 の内側には、電動アクチュエータ 1 6 のハウジング (以下、モータハウジングと称する) 3 8 が固定されている。

エアピストン筒 3 2 は、液圧式ショックアブソーバ 1 8 のハウジング (以下、アブソーバハウジングと称する) 4 0 に固定され、アブソーバハウジング 4 0 が、ロアアーム 1 2 に、原則的に、上下方向に相対移動不能に連結されている。また、エアピストン筒 3 2 は、モータハウジング 3 8 に対して、相対移動可能とされている。

ダイヤフラム 3 4 は、一端部がチャンバシエル 3 0 に固定され、他端部がエアピストン筒 3 2 に固定されており、それらチャンバシエル 3 0、ダイヤフラム 3 4、エアピストン筒 3 2、モータハウジング 3 8 によってエアチャンバ (エア室) 4 2 が形成される。

なお、エアチャンバ 4 2 には、流体としての圧縮エアが封入されており、圧縮エアによって、車体が弾性的に支持される。また、エアチャンバ 4 2 に収容される圧縮エアの量を

10

20

30

40

50

調整することによって、車体側部 1 4 と車輪側部 1 2 との間の距離である車高（定常的な距離）を調整することができる。

【 0 0 1 3 】

電動アクチュエータ 1 6 は、前述のモータハウジング 3 8、電動モータ 5 0、ナット部材 5 2、ねじ軸 5 4、回り止め部材 5 6 等を含む。

電動モータ 5 0 は、複数のコイル 6 0 を含むステータと、コイル 6 0 の内周側に設けられたロータとしてのモータ出力軸 6 2 とを含む。モータ出力軸 6 2 は、複数の磁石部を備えたものであり、軸受 6 4、6 6 を介してモータハウジング 3 8 に相対回転可能に保持されている。モータ出力軸 6 2 は中空状の筒状とされており、内周側にナット部材 5 2 が相対回転不能に保持されている。なお、モータ出力軸 6 2 において、磁石部は、モータ出力軸 6 2 の外周面に設けても、埋め込んでよい。

ナット部材 5 2 の内周側には雌ねじ部が形成されており、多数のベアリングボールが保持されている。ねじ軸 5 4 は、ナット部材 5 2 の内周側を貫通して設けられるが、ねじ軸 5 4 の外周面には、ナット部材 5 2 の雌ねじ部と、ベアリングボールを介して螺合するねじ溝が形成されるとともに、軸方向に伸びた複数の凹部 7 2 が形成されている。ねじ軸 5 4 は、中間部においてナット部材 5 2 および回り止め部材 5 6 を貫通し、下端部において液圧式ショックアブソーバ 1 8 のピストンロッド 7 4 に固定されるとともに力伝達装置 7 6 を介してアブソーバハウジング 4 0 に連結される。

回り止め部材 5 6 は、モータハウジング 3 8 に相対回転不能に保持される。また、内周面には、ねじ軸 5 4 に形成された凹部 7 2 と同じ位相で軸方向に伸びた突部が形成され、ねじ軸 5 4 が、その凹部 7 2 が突部に係合する相対位相で、回り止め部材 5 6 の内周側に配設される。回り止め部材 5 6 により、ねじ軸 5 4 のモータハウジング 3 8 に対する相対回転が阻止されつつ、軸方向の相対移動が許容される。回り止め部材 5 6 は、ねじ軸 5 4 の横方向の移動を阻止する機能も有する。

本実施例においては、ねじ軸 5 4、ナット部 5 2、回り止め部材 5 6 等により回転を直線運動に変換する運動変換機構 7 7 が構成される。運動変換機構 7 7 はボールねじ機構を有するものであり、力伝達機構でもある。

【 0 0 1 4 】

液圧式のショックアブソーバ 1 8 は、作動液を収容するシリンダ本体 7 8 を含むアブソーバハウジング 4 0、シリンダ本体 7 8 の内周側に摺動可能に嵌合されたピストン 8 0、ピストンロッド 7 4、ねじ軸 5 4 とアブソーバハウジング 4 0 とを連結する力伝達装置 7 6 等を含む。

力伝達装置 7 6 は、伝達部材 8 2、圧縮コイルスプリング 8 4、8 6 等を含む。伝達部材 8 2 は、概して、円筒状を成したものであり、底部においてねじ軸 5 4 に固定され、筒部の開口部に設けられたフランジが中間リテーナ 8 8 とされ、シリンダ本体 7 8 に固定された下部リテーナ 9 0 および上部リテーナ 9 2 の中間に位置する。これら上部リテーナ 9 2 と中間リテーナ 8 8 との間に圧縮コイルスプリング 8 6 が設けられ、中間リテーナ 8 8 と下部リテーナ 9 0 との間に圧縮コイルスプリング 8 4 が設けられる。本実施例においては、上部リテーナ 9 2 がスプリング 8 4、8 6 を外周部から覆う形状とされている。上部リテーナ 9 2、シリンダ本体 7 8、下部リテーナ 9 0 等によりアブソーバハウジング 4 0 が構成され、シリンダ本体 7 8 においてロアアーム 1 2 に、マウント部 9 8 を介して、原則として、上下方向に相対移動不能に連結される。

【 0 0 1 5 】

一方、シリンダ本体 7 8 の内周側は、ピストン 8 0 によって、下室 1 0 4 と上室 1 0 6 とに仕切られる。ピストン 8 0 には、上下方向に貫通する複数の液通路が形成され、ピストン 8 0 とシリンダ本体 7 8 との相対移動に伴って、上室 1 0 6 と下室 1 0 4 との間の作動液の流れが許容される。

また、シリンダ本体 7 8 は、外筒 1 1 0 と内筒 1 1 2 とを含み、それらの間がりザーバ室 1 1 4 とされている。ピストン 8 0 は、内筒 1 1 2 の内周側に摺動可能に嵌合されているのであり、下室 1 0 4 とりザーバ室 1 1 4 との間に設けられたベースバルブ体 1 1 6 を

10

20

30

40

50

介して、下室 104 とリザーバ室 114 との間の作動液の流れが許容される。

液圧式のショックアブソーバ 18 においては、ピストン 80 に設けられた液通路、ベースバルブ体 116 に設けられた液通路を作動液が流れる場合に、その流速に応じた抵抗力である減衰力が加えられる。

【0016】

伝達部材 82 の底部の下面に設けられたゴム等の弾性部材 120 とシリンダ本体 78 の外側上面 122 とによって、ダンパバウンド側ストッパが構成され、ピストン 80 の上面に設けられたゴム等の弾性部材 126 とシリンダ本体 78 の内側下面 128 とによってダンパバウンド側ストッパが構成される。

また、モータハウジング 38 の下部に設けられたゴム等の弾性部材 130 と、上部リテーナ 92 の上面 132 とによってサスペンション側ストッパが構成され、上部リテーナ 92 の下面 136 とモータハウジング 38 に連結された連結部材の内側突部に設けられた弾性部材 138 とによってサスペンション側ストッパが構成される。

【0017】

本実施例においては、伝達部材 82、ねじ軸 54 により中間マス 140 (図 3 等参照) が構成される。また、アブソーバハウジング 40、ロアアーム 12、マウント部 98 等によりばね下部 142 が構成され、モータハウジング 38、シェル 30、マウント部 35、車体側部 14 等によりばね上部 144 が構成される。

【0018】

各電磁サスペンションユニット 4 に対応して、それぞれ、ばね上部 144 のいずれかの部材の上下方向の絶対加速度を検出するばね上加速度センサ 150、ばね下部 142 のいずれかの部材の上下方向の絶対加速度を検出するばね下加速度センサ 152、ばね上ばね下間の距離である車高を検出する車高センサ 154 等が設けられ、コンピュータを主体とするサスペンション ECU 156 に接続される。また、各電動モータ 50 に対応してインバータを主体とする駆動回路 160 が接続され、駆動回路 160 の各々には、電動モータ 50 の回転角度を検出する回転角センサ 162 が接続されている。駆動回路 160 は、スイッチ回路、そのスイッチ回路を制御するスイッチ制御部、電流計 164 等を含み、サスペンション ECU 156 からの指令に基づいてスイッチ回路が制御される。電流計 164 によってスイッチ回路を流れる電流、すなわち、電動モータ 50 を流れる電流が検出される。駆動回路 160 には、電源装置 166 が接続されている。

サスペンション ECU 156 は、実行部、記憶部、入出力部等を備えたコンピュータを主体とするものであり、記憶部には、サスペンション制御プログラム、性能検査プログラム等が記憶されている。サスペンション ECU 156 には、報知部 168 が接続される。報知部 168 は、音声出力部、ディスプレイ、LED 等の 1 つ以上を含むものであり、電磁サスペンションユニット 4 の性能変化を報知する。

【0019】

以上のように構成された電磁サスペンションシステムにおいて、電磁サスペンションユニット 4 の電動モータ 50 の制御により、ばね上部 144 とばね下部 142 とを接近させたり、離間させたりする力を積極的に付与可能とされている。例えば、スカイフックダンパ理論に基づいて、減衰力が付与されるようにすれば、ばね上部 144 のばね下部 142 に対する上下方向の振動を良好に抑制することができる。

図 5 のフローチャートで表されるサスペンション制御プログラムが予め定められた設定時間毎に実行される。

ステップ 1 (以下、S1 と略称する。他のステップについても同様とする) において、ばね上加速度、ばね下加速度、車高等のデータが読み込まれ、S2 において、それらデータ値に基づいて電動モータ 50 の目標出力が求められ、予め定められた規則に従って供給電流値である制御指令値が決定される。そして、制御指令値が各輪の駆動回路 160 に出力される。

なお、その他、電動モータ 50 は、車両の走行状態に基づいて制御されるようにすることもでき、その場合には、ヨーレイト、ステアリングホイールの操舵角、制動状態、駆動

10

20

30

40

50

状態等に基づいて制御されることになる。

【 0 0 2 0 】

電磁サスペンションユニット 4 は、例えば、車両の走行中において、路面の凹凸に応じて伸縮させられ、ばね上部 1 4 4 とばね下部 1 4 2 との間の距離が変化させられる。

電磁サスペンションユニット 4 の伸縮は、電動アクチュエータ 1 6 における伸縮（中間マス 1 4 0 とばね上部 1 4 4 との間の相対移動）と、液圧式ショックアブソーバ 1 8 における伸縮（シリンダ本体 7 8 とピストン 8 0 との間の相対移動であり、中間マス 1 4 0 とばね下部 1 4 2 との相対移動であると考えられること）を含む。

この電磁サスペンションユニット 4 は、図 3 のシミュレーションモデル 2 0 0 で表すことができる。シミュレーションモデル 2 0 0 において、路面とばね下部 1 4 2 との間に車輪 2 のタイヤ 2 0 1 が介在し、ばね下部 1 4 2 とばね上部 1 4 4 との間にエアスプリング 2 0 が介在し、モータハウジング 3 8 等と車体側部 1 4 との間にマウント部 3 5 が介在する。マウント部 3 5 は、互いに並列に配設されたスプリングおよびダンパと等価な部材として表される（VoigtModel）。

また、ばね上部 1 4 4 と中間マス 1 4 0 との間には、電動モータ 5 0、運動変換機構 7 7 が介在する。ばね上部 1 4 4 と中間マス 1 4 0 との間には、電動モータ 5 0 の駆動力と慣性力とが作用するのである。

さらに、中間マス 1 4 0 とばね下部 1 4 2 との間には、液圧式ショックアブソーバ 1 8 と圧縮コイルスプリング 8 4、8 6 とが設けられる。ダンパとスプリングとが並列に設けられることになる。

このシミュレーションモデル 2 0 0 に基づいて、路面変化に起因する、ばね下部 1 4 2、中間マス 1 4 0、ばね上部 1 4 4 の上下方向の振動がシミュレートとされる。

【 0 0 2 1 】

本実施例においては、電磁サスペンションユニット 4 における性能変化が検出される。また、その性能が低下している部位も特定される。

液圧式ショックアブソーバ 1 8 の伸縮速度  $V_s$  の実際値（実測値） $V_s^*$  と推定値  $V_s$  とが比較される。実際値  $V_s^*$  は、車高センサ 1 5 4 による検出値  $H$  の微分値と回転角センサ 1 6 2（本実施例において、基準位置からの回転角  $\theta$  を検出する）の検出値  $\theta$  にねじ軸 5 4 のリード  $L$  を掛けた値の微分値とから算出される。このように、液圧式ショックアブソーバ 1 8 における伸縮を直接検出するセンサが設けられていないため、複数のセンサの検出値を用いて液圧式ショックアブソーバ 1 8 の伸縮速度  $V_s^*$  が算出されることになる。このことから、実際値  $V_s^*$  は算出値と称することができる。

$$V_s^* = dH^* / dt - L \cdot d \theta^* / dt \cdots (1)$$

【 0 0 2 2 】

推定値  $V_s$  は図 4 (a) に示す推定モデル 2 1 0 を利用して求められる。推定モデル 2 1 0 は、シミュレーションモデル 2 0 0 において、車体側部 1 4、モータハウジング 3 8 等をばね上部 1 4 4 としたものである。

推定モデル 2 1 0 において、エアスプリング 2 0 のばね係数を  $K_c$  とし、ばね上部 1 4 4 と中間マス 1 4 0 との間の慣性係数を  $I_d$  とし、中間マス 1 4 0 とばね下部 1 4 2 との間の圧縮コイルスプリング 8 4、8 6 全体のばね定数を  $K_s$  とし、液圧式ショックアブソーバ 1 8 における減衰係数を  $C_s$  とした。また、ばね上部 1 4 4、ばね下部 1 4 2、中間マス 1 4 0 のそれぞれの質量を、それぞれ、 $m_2$ 、 $m_1$ 、 $m_3$  とし、これらの上下方向の基準位置からの変位を、それぞれ、 $x_2$ 、 $x_1$ 、 $x_3$  とする。上下方向の基準位置は、電動モータ 5 0 のフリーの状態、静止している位置をいう。

慣性係数  $I_d$ 、ばね定数  $K_c$ 、 $K_s$ 、減衰係数  $C_s$  は、設計者によって適宜設定できる値であるが、例えば、正常範囲内の大きさとしたり、新品の状態の大きさとしたりすること等ができる。

そして、この推定モデル 2 1 0 において、ばね上部 1 4 4、中間マス 1 4 0 の各々について、図 4 (b) の式 (4b1)、(4b2) が示すように運動方程式が成立する。

ばね上部 1 4 4 においては、ばね下部 1 4 2 との間にエアスプリング 2 0 による弾性力

10

20

30

40

50

{  $K_c \cdot (x_2 - x_1)$  } が加えられ、中間マス 140 との間に、慣性力 [  $I_d \{ (d^2 x_2 / dt^2) - (d^2 x_3 / dt^2) \}$  ] と電動モータ 50 による上下方向力  $F_m$  とが加えられる。そのため、ばね上部 144 の質量  $m_2$  に加速度  $(d^2 x_2 / dt^2)$  を掛けた値 {  $m_2 \cdot (d^2 x_2 / dt^2)$  } が、加えられる力と等しくなり、式(4b1)が成立する。慣性力と電動モータ 50 による上下方向力  $F_m$  とは逆向きに加えられるのであり、電動モータ 50 により抵抗力が加えられることになる。

中間マス 140 においては、ばね上部 144 との間には、慣性力と電動モータ 50 による上下方向力  $F_m$  とが加えられ、ばね下部 142 との間には、圧縮コイルスプリング 84, 86 による弾性力 {  $K_s \cdot (x_3 - x_1)$  } と、液圧式ショックアブソーバ 18 における減衰力 [  $C_s \{ (dx_3 / dt) - (dx_1 / dt) \}$  ] とが加えられるのであり、式(4b2)が成立する。

10

#### 【 0 0 2 3 】

また、図 4 (c) の式(4c2)が示すように、入力ベクトル  $U$  , 出力ベクトル  $X$  とした場合に、状態方程式(4c1) が成立する。行列式  $A$  ,  $B$  は、式(4c3)、(4c4)に示す。式(4c2)に示すように入力は、ばね下部 142 の絶対変位  $x_1^*$ 、絶対速度(変位の微分値)  $dx_1^* / dt$ 、電動モータ 50 の出力  $F_m$  であり、出力は、ばね上部 144、中間マス 140 の絶対変位  $x_2$  ,  $x_3$ 、絶対速度(変位の微分値)  $(dx_2 / dt)$ 、 $(dx_3 / dt)$  である。オブザーバにより、出力ベクトル  $X$  で表される各要素が推定される(推定値が得られる)のである。なお、電動モータ 50 の出力  $F_m$  は、駆動回路 160 に実際に流れる電流に基づいて取得される。また、ばね下部 142 の絶対変位  $x_1^*$ 、絶対速度  $dx_1^* / dt$  は、ばね下加速度センサ 152 による検出値  $d^2 x_1^* / dt^2$  を積分して求められる。

20

推定された中間マス 140 の絶対速度  $(dx_3 / dt)$  に基づいて、液圧式ショックアブソーバ 18 の伸縮速度  $V_s$  が求められる。

$$V_s = (dx_3 / dt) - (dx_1 / dt)^* \cdot \cdot \cdot (2)$$

#### 【 0 0 2 4 】

図 6 のフローチャートで表される性能検査プログラムは、車両の走行中において、予め定められた設定時間毎に実行される。

S 11 において、各データ(ばね下加速度、車高、モータ回転角等)が読み込まれ、S 12 において、ショックアブソーバ 18 の伸縮速度(以下、アブソーバ伸縮速度と称する)の実際値  $V_s^*$  が(1)式に従って取得され、S 13 において、オブザーバを利用して推定された中間マス 140 の絶対速度  $(dx_3 / dt)$  等が読み込まれ、S 14 において、アブソーバ伸縮速度の推定値  $V_s$  が(2)式に従って取得される。S 15 において、実際値  $V_s^*$  と推定値  $V_s$  との差の絶対値  $|V_s^* - V_s|$  の予め定められた設定時間内の積算値  $V_s$  が取得され、S 16 において、判定しきい値  $S_{th}$  より大きいか否かが判定される。

30

$$|V_s^* - V_s| = V_s$$

$$V_s > S_{th}$$

本実施例において、アブソーバ伸縮速度の実際値、推定値は、S 12、14 において取得されるのであり、サイクルタイム毎に取得される離散値である。積算値は、離散値である各データの絶対値の、予め定められた設定時間内の総和である。積算値  $V_s$  は、設定時間内の平均的な値に関連する値の一例である。

40

積算値  $V_s$  が判定しきい値  $S_{th}$  以下である場合には、S 17 において、電磁サスペンションユニット 4 において、「性能変化していない」と判定されるが、積算値  $V_s$  が判定しきい値  $S_{th}$  より大きい場合には、電磁サスペンションユニット 4 において、「性能変化した状態にある」と判定される。

以下、S 18 以降において、性能変化した部位が特定される。

#### 【 0 0 2 5 】

判定しきい値  $S_{th}$  は、0 より大きい正の値であるが、絶対値を大きくすれば、推定モデル 210 で決まる状態から大きく外れた場合に性能が変化すると検出され、絶対値を小さくすれば、推定モデル 210 で決まる状態からの外れ量が小さくても、性能が変化すると検出されることになる。また、判定しきい値  $S_{th}$  として、互いに異なる複数の値を採用す

50

れば、性能の変化のレベルを複数段階で検出することができる。

図8～11には、同じパターンの路面入力が行われた場合の、実際値（実線）と推定値（一点鎖線）とを示す。推定値は、前述のように推定モデル210に基づいて推定された値であり、実際値は、図4のシミュレーションモデル200を用いて（それぞれ、性能が変化していない部位については推定モデル210における場合と同じ性能とし、性能が変化した部位については変化させる）、取得した結果である。

図8，図9(a)，図10，図11(a)、(c)、(e)には、アブソーバ伸縮速度の実際値 $V_S^*$ と推定値 $V_S$ とを示す。図8には、電磁サスペンションユニット4において性能変化が生じていない場合の実際値 $V_S^*$ と推定値 $V_S$ とを示す。図8から、推定値 $V_S$ と実際値 $V_S^*$ とがよく一致していることが明らかである。

10

また、図9(a)，図10，図11(a)、(c)、(e)には、電磁サスペンションユニット4のいずれかの部位において性能が変化している状態の実際値 $V_S^*$ と推定値 $V_S$ とを示す。いずれの図からも、推定値 $V_S$ と実際値 $V_S^*$ とが一致しないことが明らかであり、これらの差の絶対値の設定時間の間の積算値 $V_S$ が判定しきい値 $S_{th}$ より大きくなる。

【0026】

S18において、電動アクチュエータ16の作動速度（以下、電動アクチュエータ伸縮速度と称する）の実際値 $V_b^*$ が取得される。電動アクチュエータ伸縮速度は、ばね上部144と中間マス140との間の距離の相対的な変化速度 $V_b^*$ であり、実際値 $V_b^*$ が回転角センサ162による検出値 $\theta$ とねじ軸54のリード $L$ とに基づいて取得される。

$$V_b^* = L \cdot d\theta / dt$$

20

また、推定値 $V_b$ は、ばね上部144の絶対速度の推定値 $(dx_2/dt)$ から中間マス140の絶対速度の推定値 $(dx_3/dt)$ を引いた値として取得される。ばね上部144の絶対速度の推定値 $(dx_2/dt)$ は、それぞれ、オブザーバにより取得される。

$$V_b = (dx_2/dt) - (dx_3/dt)$$

さらに、電動アクチュエータ伸縮速度の実際値、推定値の各々について、その絶対値の設定時間内の積算値（平均関連実際値、平均関連推定値の一態様であり、以下、実際値の積算値、推定値の積算値と称する） $|V_b^*|$ 、 $|V_b|$ が、それぞれ、取得される。

そして、S19において、実際値の積算値 $|V_b^*|$ がロック側変化判定しきい値 $S_{Rth}$ （推定値の積算値 $|V_b|$ から設定値 $b$ を引いた値）より小さいか否かが判定される。

30

$$S_{Rth} = |V_b| - b$$

$$|V_b^*| < S_{Rth}$$

実際値の積算値 $|V_b^*|$ がロック側変化判定しきい値 $S_{Rth}$ より小さい場合には、S20において、電動アクチュエータ16において、性能がロック側に变化したと検出され、そのことが報知部168を介して報知される。例えば、ボールねじ機構77（ねじ軸54とナット部52との間）の摩擦が大きい状態、ねじ軸54とナット部52との間の噛み込み等によりねじ軸54が移動できなくなった状態、電動モータ50がロックした状態が該当する。

40

電動モータ50が予め定められた規則に従って制御されている場合には、電動アクチュエータ16の作動量は、ある程度大きな値となるはずである。また、電動モータ50が制御されていなくても、運動変換機構77がボールねじ機構を含むため、摩擦が小さい。伸縮速度に応じた減衰力が発生する程度である。そのため、路面入力に起因する電動アクチュエータ16における伸縮速度はある程度大きな値となるはずである。

それに対して、実際値の積算値 $|V_b^*|$ がロック側しきい値 $S_{Rth}$ より小さい場合には、電動アクチュエータ16において抵抗が大きくなったと検出することができる。

図9(b)には、ねじ軸54とナット部52との間の摩擦が非常に大きい場合（ロックに近い状態）の電動アクチュエータ伸縮速度の推定値 $V_b$ 、実際値 $V_b^*$ を示す。図9(b)から、実際値 $V_b^*$ が推定値 $V_b$ に対して非常に小さくなることが明らかである。

50

## 【 0 0 2 7 】

なお、ロック側変化判定しきい値  $S R_{th}$  を小さい値、すなわち、設定値  $b$  を大きい値とすれば、ねじ軸 5 4 とナット部 5 2 とが噛み込み、摩擦が非常に大きくなった状態、あるいは、電動モータ 5 0 がロックした状態であると検出される。それに対して、ロック側変化判定しきい値  $S R_{th}$  を大きい値、すなわち、設定値  $b$  を小さい値とすれば、電動アクチュエータ 1 6 における抵抗が推定モデル 2 1 0 で決まる状態より多少大きくなった状態であると検出されることになる。設定値  $b$  は、これらの事情を考慮して設定することができ、設定値  $b$  を複数段階で設定することもできる。

なお、ロック側変化判定しきい値  $S R_{th}$  は、推定値の積算値  $|V_b|$  に 0 より大きく 1 以下の係数  $k$  を掛けた値とすることもできる。

10

## 【 0 0 2 8 】

S 2 1 において、S 1 2 , 1 4 において取得されたアブソーバ伸縮速度の実際値  $V_s^*$ 、推定値  $V_s$  の各々の絶対値の積算値  $|V_s^*|$ 、 $|V_s|$  が取得され、S 2 2 において、実際値の積算値  $|V_s^*|$  が、伸縮抵抗不足判定しきい値  $S A_{th}$  { 推定値の積算値  $|V_s|$  と設定値  $s$  との和 } より大きいか否かが判定される。

$$S A_{th} = |V_s| + s$$

$$|V_s^*| > S A_{th}$$

実際値の積算値  $|V_s^*|$  が伸縮抵抗不足側判定しきい値  $S A_{th}$  より大きい場合には、S 2 2 の判定が Y E S となり、S 2 3 において、液圧式ショックアブソーバ 1 8 の性能が伸縮抵抗が不足する側に変化したと検出され、そのことが報知される。伸縮抵抗（摺動抵抗）が不足しているために、実際の伸縮速度の絶対値が推定値の絶対値より大きくなるのである。例えば、液漏れ、オイルの劣化に起因して減衰力が不足している状態、ピストン 8 0 とシリンダ本体 7 8 との間のシール部の劣化により摩擦が小さくなった状態、圧縮コイルスプリング 8 4 , 8 6 におけるばね力が不足している状態等が考えられる。

20

なお、ショックアブソーバ 1 8 全体に生じる抵抗力を減衰力を称する場合には、「伸縮抵抗が小さくなる側の性能変化」を、「減衰力不足側の性能変化」と称することもできる。

## 【 0 0 2 9 】

図 1 0 に、液圧式ショックアブソーバ 1 8 において伸縮抵抗が不足している状態のアブソーバ伸縮速度の実際値  $V_s^*$ 、推定値  $V_s$  を示す。図 1 0 から、実際値  $V_s^*$  が推定値  $V_s$  より大きいことが明らかである。

30

電動アクチュエータ 1 6 の性能がロック側に変化した場合、ショックアブソーバ 1 8 の性能が伸縮抵抗が小さくなる側に変化した場合のいずれの場合にもアブソーバ伸縮関連量の実値等が推定値等より大きくなる。それに対して、本実施例においては、S 1 8、1 9 において、電動アクチュエータ 1 6 の伸縮速度の実際値  $V_b^*$  と推定値  $V_b$  とが比較されて、電動アクチュエータ 1 6 が正常である（性能がロック側に変化していない）と判定された場合に、S 2 1、2 2 が実行されるようにされている。したがって、S 2 2 により、アブソーバ伸縮速度の実際値  $V_s^*$  等が推定値  $V_s$  等より大きい場合には、ショックアブソーバ 1 8 の性能が伸縮抵抗が小さくなる側に変化したと検出することができるのである。

40

## 【 0 0 3 0 】

なお、上述の設定値  $s$  を大きい値として、伸縮抵抗不足判定しきい値  $S A_{th}$  を大きい値とすれば、液圧式ショックアブソーバ 1 8 において伸縮抵抗力が非常に小さい状態にあると検出され、設定値  $s$  を小さい値として、伸縮抵抗不足判定しきい値  $S A_{th}$  を小さい値とすれば、伸縮抵抗力が多少不足した状態であると検出されることになる。設定値  $s$  は 0 とすることも可能である。

また、伸縮抵抗不足判定しきい値  $S A_{th}$  は、推定値の積算値  $|V_s|$  に 1 以上の係数  $k$  を掛けた値とすることもできる。

## 【 0 0 3 1 】

次に、S 2 4 において、ばね上ばね下間距離の変化速度の実際値  $V_H^*$  が車高センサ 1 5

50

4 による検出値  $H^*$  を微分することによって得られる。

$$V_H^* = dH^* / dt$$

また、ばね上ばね下間距離の変化速度の推定値  $V_H$  が、ばね上部 1 4 4 の絶対速度の推定値  $(dx_2 / dt)$  からばね下部 1 4 2 の絶対速度の実際値  $(dx_1 / dt)^*$  を引いた値として取得される。ばね下部 1 4 2 の絶対速度の実際値  $(dx_1 / dt)^*$  は、ばね下加速度センサ 1 5 2 の検出値を積分して得られる。

$$V_H = (dx_2 / dt) - (dx_1 / dt)^*$$

そして、S 2 5 において、推定値  $V_H$  と実際値  $V_H^*$  との差の絶対値  $|V_H^* - V_H|$  の積載値  $V_H$  が取得され、S 2 6 において、特定しきい値  $H_{th}$  より小さいか否かが判定される。

$$V_H = |V_H^* - V_H|$$

$$V_H < H_{th}$$

特定しきい値  $H_{th}$  より小さい場合には、S 2 7 において、液圧式ショックアブソーバ 1 8 において、伸縮抵抗が大きい側に性能が変化したと判定され、積載値  $V_H$  が、特定しきい値  $H_{th}$  以上である場合には、S 2 8 において、電動アクチュエータ 1 6 においてフリー側に性能が変化したと判定される。いずれにしても、性能が変化したこと、および、その部位が報知される。

#### 【 0 0 3 2 】

S 2 4 は、S 2 2 の判定が NO である場合に実行される。そのため、S 2 4 ~ 2 6 が実行されるのは、アブソーバ伸縮関連量の実際値等が推定値等より小さい場合である。アブソーバ伸縮関連量の実際値等が推定値等より小さくなるのは、電動アクチュエータ 1 6 の性能がフリー側に变化した場合、ショックアブソーバ 1 8 の性能が抵抗が大きくなる側に变化した場合である。

また、本電磁サスペンションユニット 4 において、ショックアブソーバ 1 8 における伸縮が電動アクチュエータ 1 6 における伸縮に対して小さくなるように設計されている。そのため、ばね上ばね下間距離関連量の実際値等と推定値等との差が小さい場合には、液圧式ショックアブソーバ 1 8 に原因があると考えことができ、逆に、実際値等と推定値等との差が大きい場合には、電動アクチュエータ 1 6 に原因があると考えすることができる。

以上のことから、ばね上ばね下間距離関連量の実際値等と推定値等との差が小さい場合には、ショックアブソーバ 1 8 の抵抗が大きくなったと判定され、差が大きい場合には、電動アクチュエータ 1 6 の性能がフリー側に变化したと判定されるのである。

#### 【 0 0 3 3 】

図 1 1 (b) には、液圧式ショックアブソーバ 1 8 がロックした場合、例えば、減衰力発生機構のピストン 8 0、ベースバルブ組立体 1 1 6 に設けられたバルブが閉固着している状態、異物の混入によりすべての連通路が塞がっている状態、異物等によりピストン 8 0 が移動できなくなった状態等により、アブソーバ伸縮速度の実際値  $V_H^*$  がほぼ 0 となった場合 { 図 1 1 (a) 参照 } のばね上ばね下間距離の変化速度の推定値  $V_H$  と実際値  $V_H^*$  とを示す。

図 1 1 (d) には、液圧式ショックアブソーバ 1 8 における伸縮抵抗が、推定モデル 2 1 0 で決まる状態よりわずかに大きい場合 { 図 1 1 (c) } のばね上ばね下間距離の変化速度の推定値  $V_H$  と実際値  $V_H^*$  とを示す。

図 1 1 (b)、(d) に示すように、いずれにしても、推定値  $V_H$  と実際値  $V_H^*$  との差は小さいことが明らかである。

また、図 1 1 (f) には、電動モータ 5 0 がフリーになった場合のばね上ばね下間距離の変化速度の推定値  $V_H$  と実際値  $V_H^*$  とを示す。図 1 1 (f) と、図 1 1 (b)、(d) とを比較すると、推定値  $V_H$  と実際値  $V_H^*$  との差が図 1 1 (f) に示す場合の方が大きいことが明らかである。

特定しきい値  $H_{th}$  は、これらを区別し得る大きさに設定されるのであり、例えば、図 1 1 (b) に示す場合の差の積載値  $|V_H^* - V_H|$  より設定値だけ大きい値とすることがで

10

20

30

40

50

きる。

【 0 0 3 4 】

以上のように、本実施例においては、電動アクチュエータ 1 6 の性能変化、ショックアブソーバ 1 8 の性能変化を区別して特定することができる。

また、性能変化が生じた箇所を特定して報知することができるため、仮に、交換する場合であっても、電磁サスペンションユニット 4 全体を交換する必要がなくなるという利点がある。

本実施例においては、ばね上加速度センサ 1 5 0 , ばね下加速度センサ 1 5 2 , 車高センサ 1 5 4 , 回転角センサ 1 6 2 , サスペンション E C U 1 5 6 の図 6 のフローチャートで表される性能検査プログラムを記憶する部分、実行する部分等により性能変化検出装置が構成される。そのうちの、車高センサ 1 5 4 , 回転角センサ 1 5 2 , サスペンション E C U 1 5 6 の S 1 2 を記憶する部分、実行する部分等により実アブソーバ伸縮関連量取得部が構成され、ばね下加速度センサ 1 5 2 , 電流計 1 6 4 , S 1 3 , 1 4 を記憶する部分、実行する部分等によりアブソーバ伸縮関連量推定部が構成され、S 1 5 ~ 1 8 , 2 2 , 2 3 を記憶する部分、実行する部分等により比較型性能変化検出部が構成される。比較型性能変化検出部のうち、S 1 5 ~ 1 7 を記憶する部分、実行する部分等により性能変化有無検出部が構成され、S 2 2 , 2 3 を記憶する部分、実行する部分等により伸縮抵抗不足検出部が構成される。実アブソーバ伸縮関連量取得部は実伸縮関連量算出部でもあり、アブソーバ伸縮関連量推定部はオブザーバ依拠伸縮関連量推定部でもある。

また、S 1 8 ~ 2 0 , 2 5 ~ 2 8 を記憶する部分、実行する部分等により性能変化部特定部が構成される。そのうちの S 1 9 , 2 0 を記憶する部分、実行する部分等によりロック側変化検出手段が構成される。

【 0 0 3 5 】

一方、S 2 8 において電動アクチュエータ 1 6 の性能がフリー側に变化したと検出された場合には、液圧式ショックアブソーバ 1 8 の性能も伸縮抵抗が大きくなる側に变化している可能性がある。ばね上ばね下間距離の変化速度の実際値  $V_H^*$  と推定値  $V_H$  との差が大きいのは、電動アクチュエータ 1 6 がフリー側に性能変化し、かつ、ショックアブソーバ 1 8 が伸縮抵抗が大きくなる側に性能変化した場合も含まれるからである。この場合には、S 2 8 の実行後に、液圧式ショックアブソーバ 1 8 の性能が、伸縮抵抗が大きくなる側に变化したか否かが検出されるようにすることができる。例えば、図 7 のフローチャートで表される性能変化部位特定ルーチンが実行されるようにすることができる。

S 4 1 において、高周波数のショックアブソーバ 1 8 における伸縮速度の実際値  $V_S^*$  が取得されて、実際値  $V_S^*$  の絶対値の設定時間内の積載値である実際値の積算値  $|V_S^*|$  が取得される。例えば、S 1 2 において取得された実際値  $V_S^*$  から高周波成分が抽出され、その抽出された高周波成分の実際値  $V_S^*$  から実際値の積算値  $|V_S^*|$  を取得することができる。そして、S 4 2 において、実際値の積算値  $|V_S^*|$  が予め定められた抵抗増加判定しきい値  $S V_{th}$  より小さいか否かが判定される。

$$|V_S^*| < S V_{th}$$

抵抗増加判定しきい値より小さい場合には、判定が Y E S となり、液圧式ショックアブソーバ 1 8 の性能が伸縮抵抗が大き状態に変化したと判定される。

なお、S 4 1 ~ 4 3 は、電磁サスペンションユニット 4 について高周波数の振動が加振装置等の外部装置から加えられる状態で実行されるようにすることができる。その場合には、所望の周波数の振動で振動させることが可能となる。

なお、上記実施例において、アブソーバ伸縮速度の推定値  $V_S$  の絶対値の積算値  $|V_S|$  が予め定められた設定値 ( 0 より大きい値 ) 以上である場合に、S 4 1 ~ 4 3 が実行されるようにすることができる。伸縮速度の実際値  $V_S^*$  に高周波成分が含まれない場合もあり、それにも係わらず、S 4 2 の判定が Y E S となって、伸縮抵抗が大きいと判定されるのを防止するためである。

【 0 0 3 6 】

また、上記実施例においては、S 1 8 において、電動アクチュエータ伸縮速度の実際値

10

20

30

40

50

$V_b^*$ 、推定値  $V_b$ 。それぞれの絶対値の積算値が取得され、S 1 9において、これらが比較されるようにされていたが、S 1 8において、電動アクチュエータ伸縮速度の実際値  $V_b^*$ の絶対値の設定時間内の積算値  $|V_b^*|$ が求められ、S 1 9において、予め定められた固定値であるロック側変化判定しきい値  $S_{btha}$ より小さいか否かが判定されるようにすることもできる。

$$|V_b^*| < S_{btha}$$

なお、図6のフローチャートのS 1 9の実行に使用されたロック側変化判定しきい値  $S_{bth}$ を相対的ロック側変化判定しきい値と称し、本実施例のロック側変化判定しきい値  $S_{btha}$ を絶対的ロック側変化判定しきい値と称することもできる。

【0037】

10

また、中間マス140の変位と絶対速度との少なくとも一方である中間マス移動関連量の実際値と推定値とを比較して、電磁サスペンションユニット4の性能変化の有無を取得することができる。例えば、中間マス140の変位  $x_3$ 、絶対速度  $(dx_3/dt)$  は、推定モデル210に基づき、オブザーバにより推定される。

一方、中間マス140の変位、絶対速度の実際値  $x_3^*$ 、 $(dx_3/dt)^*$ は、アブソーバ長さ、伸縮速度の実際値  $(H^* - L \cdot \dot{\quad})$ 、 $V_s^* \{ = (dH/dt)^* - (L \cdot d \quad / dt)^* \}$ とばね下部142の変位、絶対速度の実際値  $x_1^*$ 、 $(dx_1/dt)^*$ とに基づいて取得することができる。

$$x_3^* = (H^* - L \cdot \dot{\quad}) + x_1^* \quad \dots (3)$$

$$(dx_3/dt)^* = (dH/dt)^* - L \cdot (d \quad / dt)^* + (dx_1/dt)^* = V_s^* + (dx_1/dt)^* \quad \dots (4) \quad 20$$

そして、中間マス移動関連量の実際値等と推定値等との差の絶対値が大きい場合には、電磁サスペンションユニット4の性能変化が検出される。

【0038】

その場合の一例を、図12の性能検査プログラムを表すフローチャートに基づいて説明する。本実施例においては、中間マス140の絶対速度の実際値と推定値とが比較される。また、図12のフローチャートにおいて、中間マス140の絶対速度  $(dx_3/dt)$ を  $V_m$ で表す。

S 1 1 ~ 1 3において、上記実施例における場合と同様に、アブソーバ伸縮速度の実際値  $V_s^*$ が検出されて、中間マス140の絶対速度の推定値  $V_m \{ (dx_3/dt) \}$ が取得される。S 1 4 において、中間マス140の絶対速度の実際値  $V_m^* \{ (dx_3/dt)^* \}$ が(4)式から算出され、S 1 5 において、推定値  $V_m$  と実際値  $V_m^*$ との差の絶対値の積算値  $|V_m - V_m^*| (= |(dx_3/dt) - (dx_3/dt)^*|)$ が取得されて、S 1 6 において、中間部材対応判定しきい値  $S_{mth}$ と比較されて、性能変化の有無が検出される。

30

$$|V_m - V_m^*| > S_{mth}$$

差の絶対値の積算値  $|V_m - V_m^*|$ が予め定められた中間部材対応判定しきい値  $S_{mth}$ 以下である場合には、電磁サスペンションユニット4において性能が変化していないと判定され、中間部材対応判定しきい値  $S_{mth}$ より大きい場合には、性能変化した状態であると判定される。以下、S 1 8以降が同様に実行されれば、性能変化の部位を特定することが可能となる。

40

本実施例においては、ばね下加速度センサ152，電流計162，サスペンションECU156のS 1 3を記憶する部分、実行する部分等により中間部材移動関連量推定部が構成され、S 1 4を記憶する部分、実行する部分等により中間部材移動関連量取得部が構成され、S 1 6を記憶する部分、実行する部分等により中間部材対応性能変化検出部が構成される。

【0039】

また、上記実施例においては、アブソーバ伸縮速度の実際値  $V_s^*$ と推定値  $V_s$ とが比較されるようにされていたが、液圧式ショックアブソーバ18の伸縮量あるいは長さ(本実施例においては、アブソーバハウジング30のマウント98との接触位置と伝達部材8

50

2の底面との間の長さ)の実際値 $L_s^*$ と推定値 $L_s$ とが比較されるようにすることもできる。

ばね上ばね下間の距離の変化速度 $V_H$ についても同様に、ばね上ばね下間距離の実際値 $H^*$ と推定値 $H$ とが比較されるようにすることができ、電動アクチュエータ伸縮速度についても、伸縮量あるいは長さ(本実施例においては、伝達部材82の底面と車体側部14との間の長さ)の実際値 $L_b^*$ と推定値 $L_b$ とが比較されるようにすることもできる。

さらに、性能変化の判定においては複数回連続して同じ検出結果が得られた場合に、検出結果が確定されるようにすることができる。

また、検出結果に、ヒステリシスを設けることができる。すなわち、性能変化が検出された場合には、性能変化判定条件とは異なる条件(しきい値を小さくする等、正常に近いとされる条件)が満たされた場合に、性能変化でないと判定されるようにすることができる。それにより、性能変化であるか否かの判定結果が頻繁に変わる(判定結果のハンチングが生じること)ことを回避することができる。

#### 【0040】

さらに、性能変化の程度が検出されるようにすることもできる。

その場合の一例を図13に示す。図13のフローチャートは、性能検査プログラムの一部であり、S11~21, 24~28の実行は、上記実施例における場合と同様に実行される。

本実施例においては、アブソーバ伸縮速度の実際値 $V_s^*$ の実際値の積算値 $|V_s^*|$ が、伸縮抵抗不足判定しきい値 $S_{Ath}\{|V_s| + s\}$ より大きいかが判定される場合において、設定値 $s$ が2段階で設定され、伸縮抵抗不足判定しきい値 $S_{Ath}$ も2段階で設定される。

第1伸縮抵抗不足判定しきい値 $S_{Ath1} = |V_s| + s_1$

第2伸縮抵抗不足判定しきい値 $S_{Ath2} = |V_s| + s_2$

$s_1 > s_2$

S22aにおいて、アブソーバ伸縮速度の実際値の積算値 $|V_s^*|$ が第1伸縮抵抗不足判定しきい値 $S_{Ath1}(|V_s| + s_1)$ より大きいかが判定され、S22bにおいて、第2伸縮抵抗不足判定しきい値 $S_{Ath2}$ より大きいかが判定される。第1伸縮抵抗不足判定しきい値 $S_{Ath1}$ より大きい場合には、S23aにおいて、ショックアブソーバ18の伸縮抵抗の不足の程度が大(伸縮抵抗が非常に小さい)とされ、第1伸縮抵抗不足判定しきい値 $S_{Ath1}$ 以下で第2伸縮抵抗不足判定しきい値 $S_{Ath2}$ より大きい場合には、伸縮抵抗の不足の程度が小であるとされ、そのことが報知される。

このように、性能変化の程度が複数段階で検出され、報知されるようにすれば、運転者は、電磁サスペンションユニット4の性能の変化状態を詳細に知ることができる。

また、電磁サスペンションユニット4の性能変化を評価する段階で、本発明を適用すれば、詳細に性能変化の状態を取得することが可能となる。

本実施例においては、サスペンションECU156のS22a、b、23a、bを記憶する部分、実行する部分等により性能変化レベル検出部が構成される。

#### 【0041】

さらに、上記実施例においては、アブソーバ伸縮速度の推定値 $V_s$ と実際値 $V_s^*$ との比較により、性能変化が検出されるようにされていたが、4輪におけるアブソーバ伸縮速度の実際値 $V_s^*$ を比較して、性能変化が検出されるようにすることもできる。

その場合の性能検査プログラムの一例を図14に示す。本性能検査プログラムも、車両の走行中において実行される。本実施例においては、さらに、各輪毎の電動モータ50の回転角度(電動作動関連量の一例であり、電動アクチュエータ伸縮量である)の実際値 $*$ が比較され、それに基づいて、性能変化が検出される。

#### 【0042】

S51~59において、前後左右の各輪のアブソーバ伸縮速度の実際値 $V_s^*$ の比較により、液圧式ショックアブソーバ18における性能変化が検出される。

S51において、前後左右の車輪の電磁サスペンションユニット4FL、FR、RL、RR(以

10

20

30

40

50

下、車輪位置を一般的に $ij$ で表す。 $i = F, R, j = R, L$ の各々について、ショックアブソーバ18の伸縮速度の実際値 $V_{sij}^*$ が(1)式に従って取得され、S52において、それぞれの絶対値の積算値 $|V_{sij}^*|$ が取得され、S53において、前後左右各輪2の電磁サスペンションユニット4の各々について取得された積算値の平均値 $[|V_{sij}^*|]$ が取得される。

そして、S54において、前後左右の各電磁サスペンションユニット4 $ij$ の各々について、順番に、検査対象車輪について伸縮速度の実際値の積算値 $|V_{sij}^*|$ が積算値の平均値 $[|V_{sij}^*|]$ より設定値 $V1$ 以上大きいかが判定される。

検査対象車輪についての実際値の積算値 $|V_{sij}^*|$ が、平均値より設定値 $V1$ 以上大きい場合には、S55において、減衰力不足であると判定され、そうでない場合には、S56において、否性能変化判定カウンタ $Nij$ が1増加させられる。

S57において、検査対象車輪についての値 $|V_{sij}^*|$ が平均値より設定値 $V2$ 以上小さいかが、各輪毎に順番に判定される。検査対象車輪についての値が平均値より設定値 $V2$ 以上小さい場合には、S58において、減衰力が大きいと判定され、そうでない場合には、S59において、否性能変化判定カウンタ $Nij$ が1増加させられる。

S54, 57の両方の判定がYESとなることはないため、液圧式ショックアブソーバ18 $ij$ において性能変化が検出された場合には、いずれか一方の判定がNOとなり、否性能変化判定カウンタ $Nij$ のカウント値は1となる。液圧室ショックアブソーバ18 $ij$ において性能変化が検出されなかった場合には、否性能変化判定カウンタ $Nij$ のカウント値は2となる。

#### 【0043】

S60において、各輪毎に電動モータ50の設定時間の間の累積回転角度 $ij^*$ がそれぞれ検出されて、S61において、前後左右の電磁サスペンションユニット4の各々についての累積回転角度の平均値 $[ij^*]$ が取得される。S62において、電磁サスペンションユニット4 $ij$ の各々について順番に、検査対象車輪の累積回転角度 $ij^*$ が平均値 $[ij^*]$ より設定値 $1$ 以上大きいかが判定される。設定値 $1$ 以上大きい場合には、S63において、フリー側の性能変化であると判定され、そうでない場合には、S64において、否性能変化判定カウンタ $Nij$ のカウント値が1増加させられる。

次に、S65において、検査対象輪の累積回転角度 $ij^*$ が平均値より設定値 $2$ 以上小さいかが、順番に判定される。検査対象車輪についての累積回転角度 $ij^*$ が平均値 $[ij^*]$ より設定値 $2$ 以上小さい場合には、S66において、ロック側の性能変化であると判定される。そうでない場合には、S67において、カウント値が1増加させられる。

S68において、否性能変化判定カウンタ $Nij$ のカウント値が4であるかが判定される。4である場合には、ショックアブソーバ18, 電動モータ50においては性能変化は生じていないと考えられる(S69)。その後S70において、否性能変化判定カウンタのカウント値が0とされる。

なお、設定値 $V1, V2$ 、設定値 $1, 2$ は、予め定められた固定値であっても、平均値 $[|V_{sij}^*|], [ij^*]$ で決まる値であってもよい。平均値 $[|V_{sij}^*|]$ と設定値 $V1, V2$ とによってアブソーバ伸縮関連量についての設定範囲が決定され、平均値 $[ij^*]$ と設定値 $1, 2$ とによってモータ回転数についての設定範囲が決定される。

#### 【0044】

このように、前後左右の各輪2FR、FL、RR、RL毎で電磁サスペンションユニット4FL、FR、RL、RRの各部の実際の動きを比較することによっても、性能変化を検出することができ、その箇所を特定することができる。

本実施例において、車高センサ154, 回転角センサ162、サスペンションECU156のS51~59を記憶する部分、実行する部分等により各輪比較型性能変化検出部が構成され、回転角センサ164, S60~67を記憶する部分、実行する部分等により各輪比較型電動アクチュエータ性能変化検出部が構成され、そのうちのS60を記憶する部

10

20

30

40

50

分、実行する部分、回転角センサ 164 等により電動作動関連量取得部が構成される。

【0045】

さらに、上記実施例においては、推定モデル 210 が使用されたが、図 15 に示すように、推定モデル 280 を使用することもできる。推定モデル 280 は、推定モデル 210 からサスペンションスプリング 20 が除かれたものである。

本実施例においては、図 16 のフローチャートで表される性能検査プログラムが実行される。本性能検査プログラムは、上記実施例において実行されるプログラムとほぼ同じであるが、S24～28 の実行が異なる。推定モデル 280 においては、サスペンションスプリング 20 が考慮されていないため、ばね上ばね下間の距離（車高）の変化速度  $V_H$  に基づくより、低周波数のアブソーバ伸縮速度の推定値  $V_S$  と実際値  $V_S^*$  とが比較される方が望ましい。

10

そこで、S81 において、アブソーバ伸縮速度の実際値  $V_S^*$ 、推定値  $V_S$  がそれぞれローパスフィルタで処理され、S82 において、処理された値に基づき、実際値、推定値の絶対値の積算値  $|V_S^*|$ 、 $|V_S|$  がそれぞれ取得される。S83 において、実際値の積算値  $|V_S^*|$  が特定しきい値  $Hsth$ （推定値の積算値  $|V_S|$  から設定値  $m$  引いた値）より小さいか否かが判定される。

$$Hsth = |V_S| - m$$

$$Hsth > |V_S^*|$$

実際値の積算値  $|V_S^*|$  が特定しきい値  $Hsth$  より小さい場合には、S84 において、電動アクチュエータ 16 の性能がフリー側に変化したと判定される。

20

このように、簡略したモデルを使用することもできるのであり、その分、推定のための演算を容易にすることができる。

【0046】

なお、上記実施例においては、ばね上部 144 とばね下部 142 との間に、ショックアブソーバ 18 と電動アクチュエータ 16 とが直列に設けられる電磁サスペンションユニット 4 について説明したが、電動アクチュエータとショックアブソーバとが並列に設けられた電磁サスペンションユニットについても同様に適用することができる。その場合の一例を図 17、18 に示す。

図 17 に示す電磁サスペンションユニット 300 において、車輪側部 12 と車体側部 14 との間に、サスペンションスプリング 308 と、電動アクチュエータ 310 と、液圧式ショックアブソーバ 312 とが互いに並列に設けられる。

30

液圧式ショックアブソーバ 312 は、シリンダ本体 314 と、シリンダ本体 314 に摺動可能に嵌合されたピストン 316 とを含み、シリンダ本体 314 が車輪側部 12 に連結され、ピストン 316 のピストンロッド 318 がねじ軸 320 の内周側を貫通して、車体側部 14 に連結されている。ピストン 316 には、上室と下室とを連通させる連通路が設けられ、連通路の流路面積が電磁バルブ 322 によって調整可能とされている。

シリンダ本体 314 と車体側部 14 との間には、外筒 330、内筒 332 とが互いに摺動可能に嵌合されている。外筒 330 が、シリンダ本体 314 に上下方向に相対移動不能に取り付けられ、内筒 332 が車体側部 14 に原則として上下方向に相対移動不能に取り付けられている。外筒 330 と内筒 332 とは、一對のガイド溝と、キーとの係合により、上下方向に相対移動可能かつ相対回転不能に嵌合されている。

40

サスペンションスプリング 308 は、車体側部 14 と外筒 330（シリンダ本体 314）との間に設けられる。

電動アクチュエータ 310 は、電動モータ 340 と、電動モータ 340 の駆動力を外筒 330 に伝達する力伝達機構 342 とを含む。力伝達機構 342 は、電動モータ 340 の出力軸に相対回転不能に取り付けられたねじ軸 320 と、ねじ軸 320 に螺合するナット部材 344 と、ナット部材 344 に固定されるとともに外筒 330 に固定された長手部材 346 とを含む。

車輪側部 12 と車体側部 14 との間に上下方向の力が加えられると、それに伴って、サスペンションスプリング 308 が伸縮させられ、ショックアブソーバ 312 が伸縮させら

50

れる。

【 0 0 4 7 】

このように構成された電磁サスペンションユニット 3 0 0 において、車輪側部 1 2 と車体側部 1 4 との間の距離（ばね上ばね下間距離）の実際値は車高センサ 1 5 4 によって検出される。ばね上ばね下間距離はショックアブソーバ 3 1 2 の伸縮量でもある。

一方、ばね上ばね下間距離の推定値は、図 1 8 の推定モデル 3 6 0 に基づいて取得される。推定モデル 3 6 0 において、ロアアーム 1 2 , シリンダ本体 3 1 4 、外筒 3 3 0 等によってばね下部 3 6 2 が構成され、内筒 3 3 2 , 車体側部 1 4 、ピストン 3 1 6 およびピストンロッド 3 1 8 等によりばね上部 3 6 4 が構成される。サスペンションスプリング 3 0 8 のばね定数が  $K_s$  とされ、ショックアブソーバ 3 1 2 の減衰係数が  $C_s$ （可変）とされる。上記実施例における場合と同様に、ばね下部 3 6 2 の変位、絶対速度と電動モータ 3 4 0 の出力  $F_m$  とから、ばね上部 3 6 4 の変位、絶対速度が推定され、それによって、ショックアブソーバ 3 1 2 の伸縮量、伸縮速度の推定値を取得することができる。

そして、実際値等が推定値等に対して大きい場合には、電動モータ 3 4 0 の性能がフリー側に変化した場合、液圧式ショックアブソーバ 3 1 2 の性能が伸縮抵抗が不足する側に変化した場合の少なくとも一方であると検出される。

また、実際値等が推定値等に対して大きい場合には、液圧式ショックアブソーバ 3 1 2 において伸縮抵抗が大きくなる側に性能が変化した場合、電動モータ 3 4 0 の性能がロック側に変化した場合の少なくとも一方であると検出される。

このように、電磁サスペンションユニットの構造は、問わないのであり、種々な構造の電磁サスペンションユニットにおいて本発明を適用し、性能変化を検出することができる。

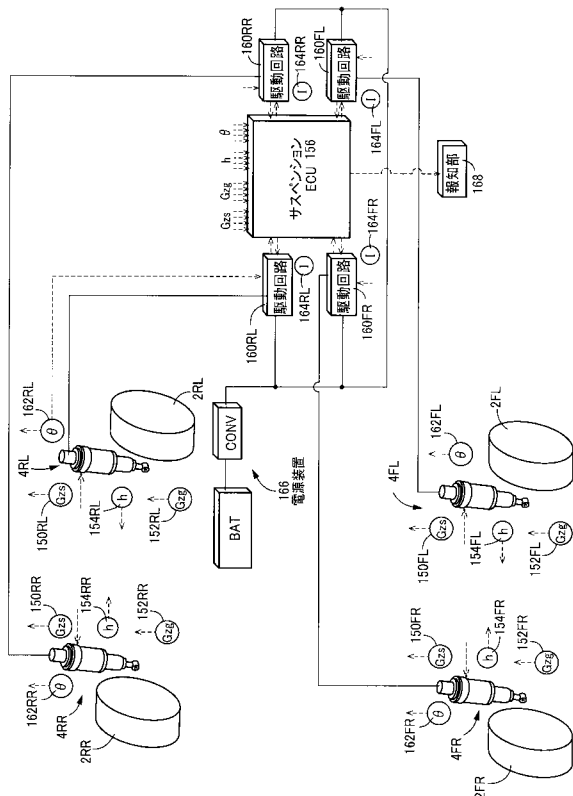
【 0 0 4 8 】

上記各実施例においては、電動モータ 5 0 , 3 4 0 の制御中において、性能変化が検出されるようにされていたが、非制御中において検出することもできる。この場合には、電動モータ 5 0 , 3 4 0 において減衰力が発生させられることになるため、電動モータ 5 0 , 3 4 0 において発生させられる減衰力がモータ出力  $F_m$  として推定値が求められることになる。

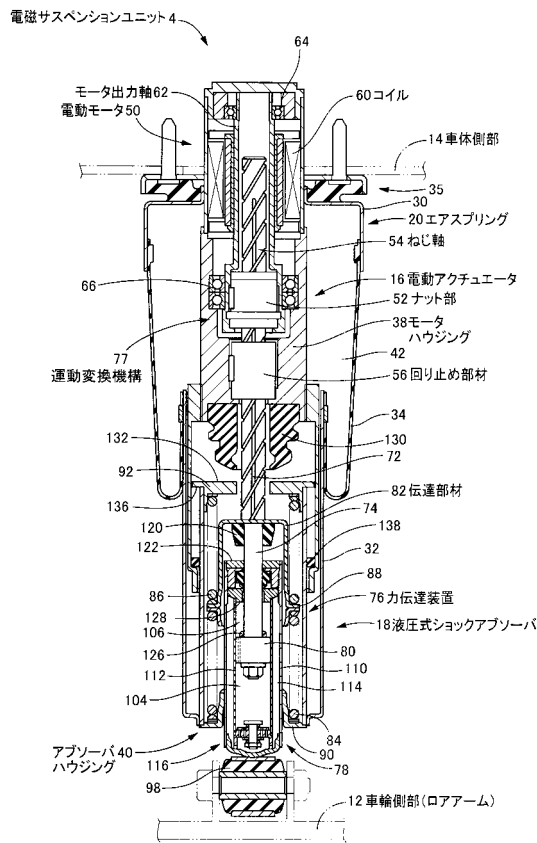
また、走行中に性能変化が検出されるようにされていたが、そのようにすることは不可欠ではなく、停止中に車両を加振させることにより性能変化を検出することもできる。例えば、設定時間の間、電動アクチュエータを強制的に作動させて、振動させた後に、電動モータへの供給電流を停止させる。その後のショックアブソーバの伸縮の状態に基づけば、性能変化を取得することができるのである。

その他、本発明は、前記（発明の開示）の項に記載の態様の他、当業者の知識に基づいて種々の変更、改良を施した態様で実施することができる。

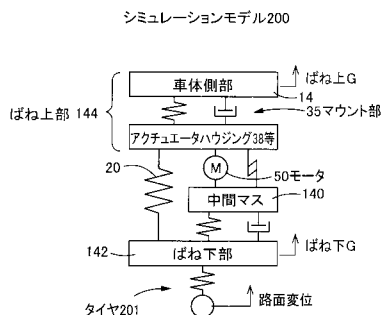
【図1】



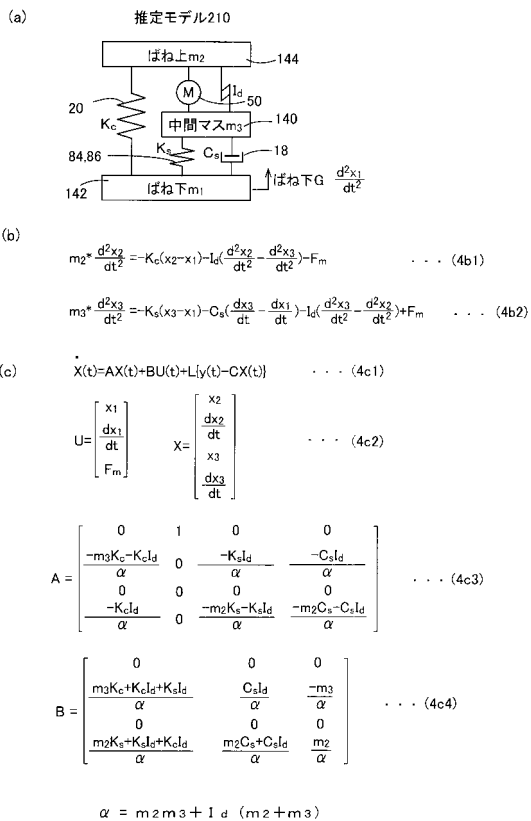
【図2】



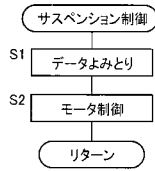
【図3】



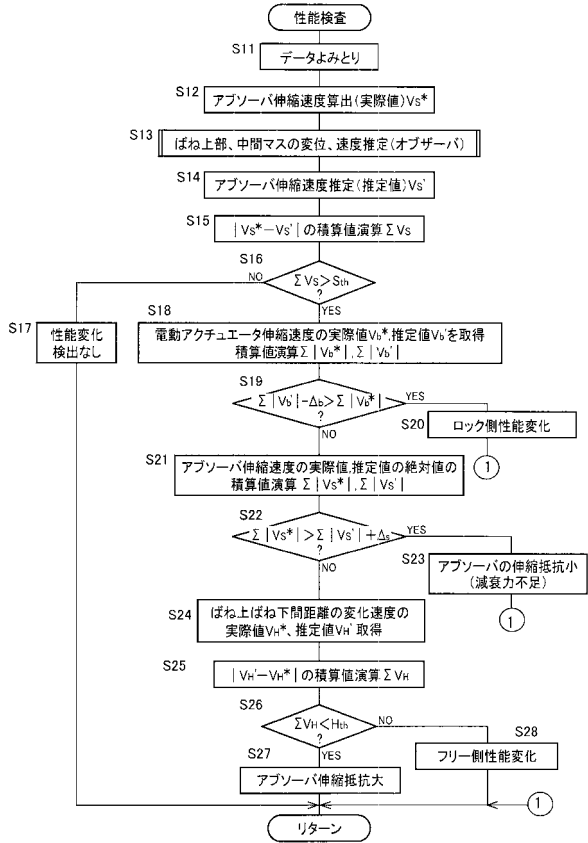
【図4】



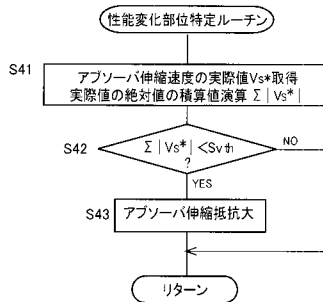
【図5】



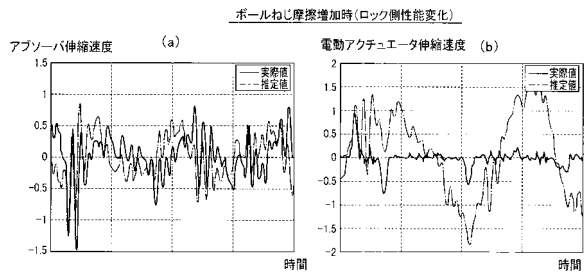
【図6】



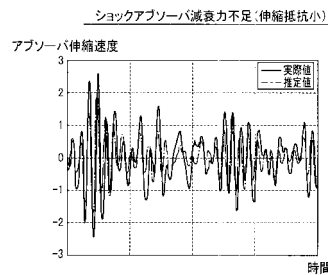
【図7】



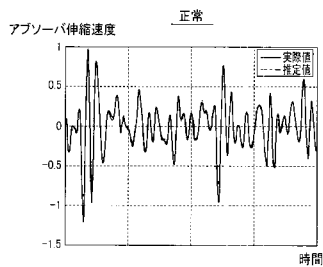
【図9】



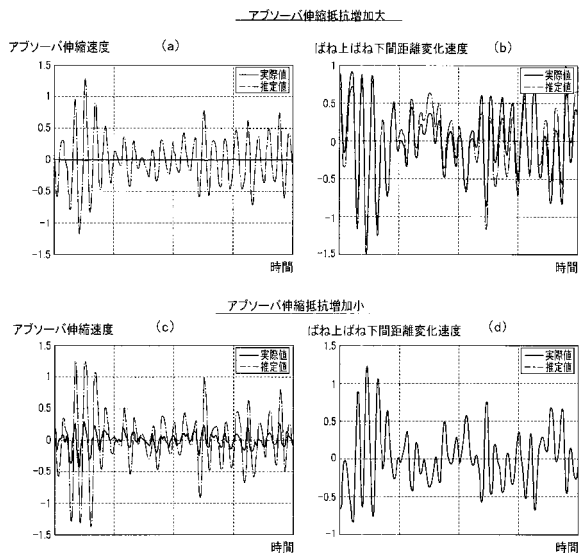
【図10】



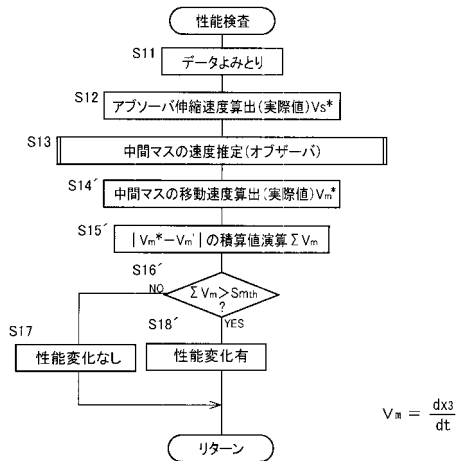
【図8】



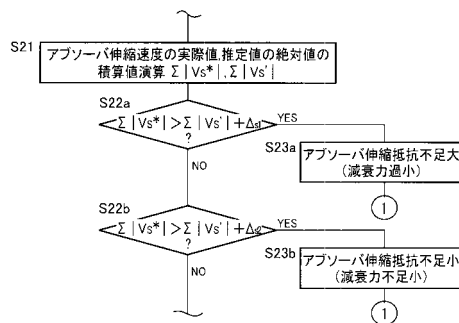
【図11】



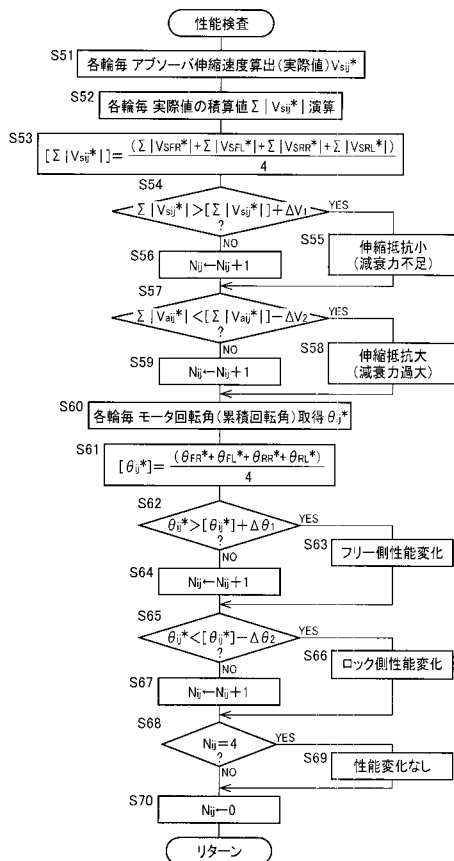
【図12】



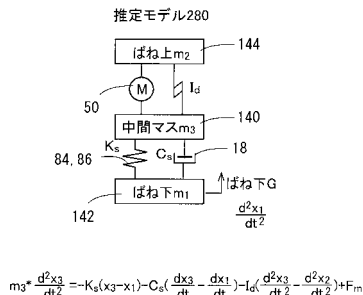
【図13】



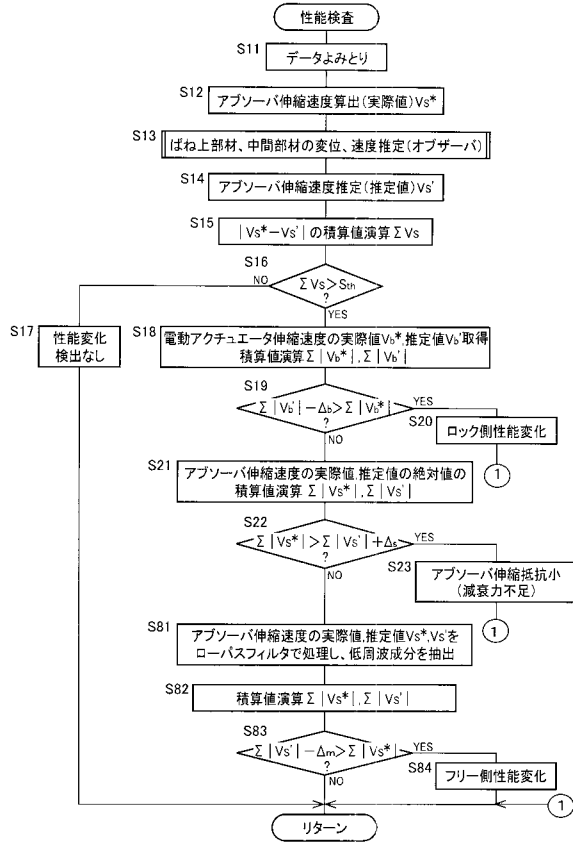
【図14】



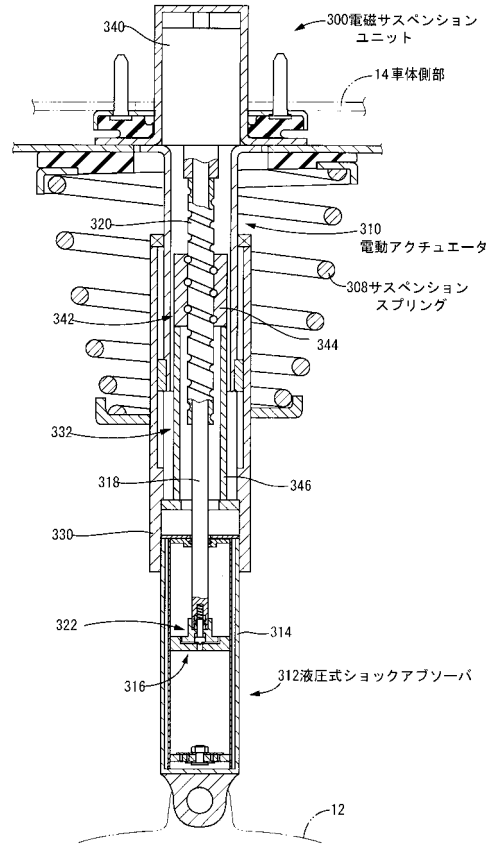
【図15】



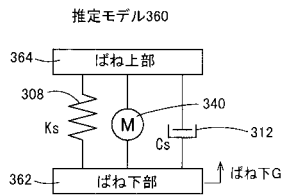
【図16】



【図17】



【図18】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
B 6 0 G 13/08 (2006.01) B 6 0 G 13/08

(56)参考文献 特許第3629137(JP, B2)  
特公平07-000444(JP, B2)  
実開昭60-079030(JP, U)  
特許第3046040(JP, B2)  
特開2005-035486(JP, A)  
特開2005-162021(JP, A)  
特開2006-143146(JP, A)  
特開2006-168400(JP, A)  
特開平06-344745(JP, A)  
特開2008-296802(JP, A)  
特開2009-023624(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B60G 17/0185  
B60G 13/08  
B60G 17/00  
B60G 17/018  
F16F 15/02  
F16F 15/03