

(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2009-119904

(P2009-119904A)

(43) 公開日 平成21年6月4日(2009.6.4)

(51) Int.Cl.			F 1		テーマコード (参考)	
B 6 0 G	17/015	(2006.01)	B 6 0 G	17/015	A	3 D 3 0 1
B 6 0 G	17/00	(2006.01)	B 6 0 G	17/00		3 J 0 4 8
B 6 0 G	17/016	(2006.01)	B 6 0 G	17/016		3 J 0 6 9
F 1 6 F	9/50	(2006.01)	F 1 6 F	9/50		
F 1 6 F	15/03	(2006.01)	F 1 6 F	15/03	F	
審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 27 頁) 最終頁に続く						

(21) 出願番号 特願2007-292973 (P2007-292973)
(22) 出願日 平成19年11月12日 (2007.11.12)

(71) 出願人 000003207
トヨタ自動車株式会社
愛知県豊田市トヨタ町1番地
(74) 代理人 100079669
弁理士 神戸 典和
(74) 代理人 100111394
弁理士 佐藤 光俊
(72) 発明者 藪元 弘一
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
(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

最終頁に続く

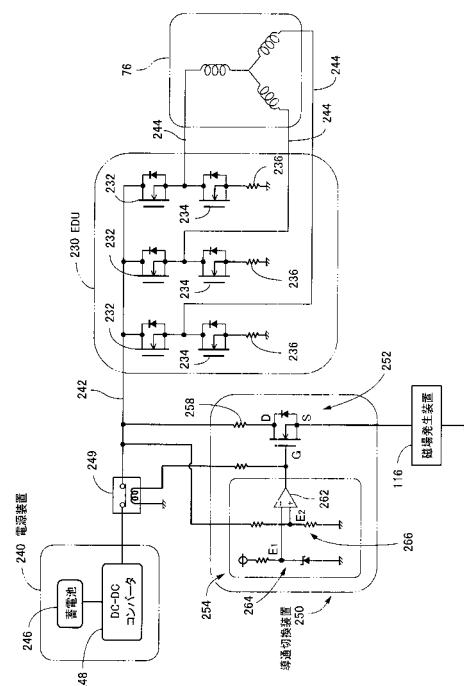
(54) 【発明の名称】 車両用電気サスペンションシステム

(57) 【要約】

【課題】独立に伸縮可能な伸縮方向力発生部とばね下振動抑制部とが直列に設けられた接近離間方向力発生装置において、路面入力が過大である場合に、ばね下振動抑制部の伸縮速度を低減し得る電気サスペンションシステムを得る。

【解決手段】サスペンションシステムに、導通切換装置250を設ける。路面入力が過大である場合には、回転電気機械60のステータ76の逆起電力によって電源線242の電圧が電源装置240の設定最大電圧を超えるとともに、発電された電力が供給される。導通切換装置250は、検出回路254によって電源線242の電圧がしきい電圧を超えたことを検出した場合に、半導体スイッチ252によって電源線242と磁場発生装置116とを導通させる。その結果、ばね下振動抑制部42の収縮に対する抵抗力が増大し、収縮速度が減少する。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

車体と車輪との間に伸縮可能に設けられ、それらが接近離間する方向の力である接近離間方向力を発生させる接近離間方向力発生装置を含む電気サスペンションシステムであって、

その接近離間方向力発生装置が、

自身が有する電気作動機械により、少なくとも自身の伸縮に伴い発電することによって伸縮方向の力である伸縮方向力を発生させる伸縮方向力発生部と、

車体と車輪との間に前記伸縮方向力発生部と直列に設けられ、自身の伸縮に対して抵抗力を生じさせつつ受動的に伸縮する受動的伸縮部と

を含み、かつ、

当該電気サスペンションシステムが、前記電気作動機械の逆起電力がしきい電圧を超えた場合に、前記受動的伸縮部の伸縮に対する抵抗力を増大させる抵抗力増大部を含むことを特徴とする車両用電気サスペンションシステム。

【請求項 2】

前記抵抗力増大部が、

電力の供給を受けて前記抵抗力を増大させる機能を発揮する電力依拠機能部と、

前記電気作動機械の逆起電力が前記しきい電圧を超えた場合に、前記電気作動機械によって発電された電力を前記電力依拠機能部に供給する逆起電力供給部とを含む請求項 1 に記載の電気サスペンションシステム。

【請求項 3】

当該サスペンションシステムが、電源装置と、その電源装置と前記電気作動機械との間に流れる電力を調整する電力調整装置とを含み、

前記逆起電力供給部が、前記電源装置と前記電力調整装置とを接続する電源路と前記電力依拠機能部との間の電氣的な導通の有無を切り換える導通切換部を含み、その導通切換部によって、通常時においてそれら電源路と電力依拠機能部との導通を遮断する一方、前記電気作動機械の逆起電力が前記しきい電圧を超えた場合にそれら電源路と電力依拠機能部とを電氣的に導通させるものである請求項 2 に記載の電気サスペンションシステム。

【請求項 4】

前記受動的伸縮部が、強磁性を有する粒子が液体中に分散させられた流体である磁気反応粘性流体を作動流体とし、その磁気反応粘性流体の流動抵抗によって自身の伸縮に対する抵抗力を発生させるダンパを含み、

前記電力依拠機能部が、電力の供給を受けて前記磁気反応粘性流体に作用させる磁場を発生させる磁場発生部を含む請求項 3 に記載の電気サスペンションシステム。

【請求項 5】

当該サスペンションシステムが、設定電圧以下の電力を出力する電源装置と、その電源装置と前記電気作動機械との間に流れる電力を調整する電力調整装置とを含み、

前記しきい電圧が、前記電源装置が出力する前記設定電圧よりも大きい電圧に設定された請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 つに記載の電気サスペンションシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、車両用電気サスペンションシステムに関するものであり、特に、電気作動機械によって車体と車輪とが接近離間する方向の力を発生させる接近離間方向力発生装置を含む電気サスペンションシステムに関するものである。

【背景技術】

【0002】

接近離間方向力発生装置は、サスペンション装置の一部を構成し、車輪と車体との間に伸縮可能に設けられる。下記特許文献 1 には、接近離間方向力発生装置の一例が記載されている。接近離間方向力発生装置は、電動機、発電機等の電気作動機械を備え、接近離間

10

20

30

40

50

方向力を発生させることで、例えば、車両の乗り心地を向上させたり、車体の姿勢を制御したりすることができる。

また、下記特許文献2には、従来型のサスペンション装置の一例が記載されている。そのサスペンション装置において、ばね上部とばね下部との相対変位量と相対変位速度とに基づいて、ばね下部の一部がばね上部のエンドストップに衝突すると判断された場合に、ダンパの減衰係数が増大させられることにより、衝突が防止され、あるいは、衝突速度が低減させられる。

【特許文献1】特開2005-271738号公報

【特許文献2】特開平5-221223号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

上記特許文献1に記載の接近離間方向力発生装置には、電気作動機械たるモータによって伸縮方向の力を発生させる電磁アブソーバと、その電磁アブソーバの車輪側に連結された油圧式アブソーバとが直列に設けられている。このような接近離間方向力発生装置において、車輪が比較的大きな突起を勢いよく乗り越えるような場合、つまり、路面入力が高大である場合には、油圧式アブソーバが収縮端まで収縮する場合がある。つまり、フルストロークする場合がある。一般的に、油圧式アブソーバがフルストロークする場合には、ゴムや発泡ウレタン等の衝撃緩衝材によって衝撃が緩和されるのであるが、収縮速度が大きい場合には、油圧式アブソーバや、それと直列に設けられている電磁アブソーバに大きな衝撃が加わる場合がある。そのため、路面入力が高大である場合には、油圧式アブソーバの収縮速度を低減させることによって、電磁アブソーバや油圧式アブソーバ等に加わる衝撃を小さくすることが望ましい。また、接近離間方向力発生装置が、電動モータの回転運動を伸縮方向の運動に変換するボールねじ装置等の運動変換装置を有している場合には、運動変換装置を保護するために、路面入力が高大である場合に油圧式アブソーバの収縮速度を低減させる必要性が大きい。

上述の路面入力が高大である場合に油圧式アブソーバが高速でフルストロークすることを防ぐために、上記特許文献2に記載の技術を適用することも考えられる。しかしながら、油圧式アブソーバが高速でフルストロークするかどうかを判断するために、相対変位量や相対変位速度等に基づいて種々の演算や判定を行わねばならないというデメリットがある。いつ路面入力が高大になるのかを予測することは困難であるため、上記判断を行うために、絶えず種々の演算や判定を繰り返して行う必要があり、制御用コンピュータの負担を増加させる要因となる。また、上記特許文献2には、電磁アブソーバと油圧式アブソーバとの2つの伸縮部分が直列に設けられているサスペンション装置において、過大な路面入力により、油圧式アブソーバが高速でフルストロークすることを防ぐことについては示唆されていない。

このように、従来の電気サスペンションシステムには、例えば、路面入力が高大である場合に電磁アブソーバや油圧式アブソーバ等に加わる衝撃をより簡便に小さくする等、実用性向上の観点から未だ改良の余地がある。本発明は、そういった実情に鑑みて、より実用的な電気サスペンションシステムを得ることを課題としてなされたものである。

【課題を解決するための手段】

【0004】

上記課題を解決するために、本発明の電気サスペンションシステムは、(a)電気作動機械により、少なくとも自身の伸縮に伴い発電することによって伸縮方向力を発生させる伸縮方向力発生部と、その伸縮方向力発生部と直列に設けられ、自身の伸縮に対して抵抗力を生じさせつつ受動的に伸縮する受動的伸縮部とを含む接近離間方向力発生装置と、(b)電気作動機械の逆起電力がしきい電圧を超えた場合に受動的伸縮部の伸縮に対する抵抗力を増大させる抵抗力増大部とを含むことを特徴とする。

【発明の効果】

【0005】

本発明の電気サスペンションシステムによれば、電気作動機械の逆起電力がしきい電圧を超えたことに基づいて受動的伸縮部が高速でフルストロークする虞があることを容易に判定することができ、受動的伸縮部の抵抗力を増大させて上記フルストローク時の収縮速度を低減させ、伸縮方向力発生部等に加わる衝撃を小さくすることができる。すなわち、本発明によれば、より実用的なサスペンションシステムが得られるのである。

【発明の態様】

【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。）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、従来の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、各項の態様から一部の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】

なお、以下の各項において、(1)項が請求項1に、(4)項が請求項2に、(5)項が請求項3に、(6)項と(7)項とを合わせたものが請求項4に、(8)項が請求項5に、それぞれ相当する。

【0008】

(1) 車体と車輪との間に伸縮可能に設けられ、それらが接近離間する方向の力である接近離間方向力を発生させる接近離間方向力発生装置を含む電気サスペンションシステムであって、

その接近離間方向力発生装置が、

自身が有する電気作動機械により、少なくとも自身の伸縮に伴い発電することによって伸縮方向の力である伸縮方向力を発生させる伸縮方向力発生部と、

車体と車輪との間に前記伸縮方向力発生部と直列に設けられ、自身の伸縮に対して抵抗力を生じさせつつ受動的に伸縮する受動的伸縮部とを含み、かつ、

当該電気サスペンションシステムが、前記電気作動機械の逆起電力がしきい電圧を超えた場合に、前記受動的伸縮部の伸縮に対する抵抗力を増大させる抵抗力増大部を含むことを特徴とする車両用電気サスペンションシステム。

本項の接近離間方向力発生装置は、車体と車輪との間に配設され、車体と車輪とを接近離間させる方向の力である接近離間方向力を発生させる。この接近離間方向力を適切な大きさに制御することによって、例えば、車両の乗り心地を良好にすること、車体の姿勢を制御すること、車高を変化させること等ができる。なお、車体および車体とともに上下動する部分を「ばね上部」と称し、車輪の一部や車輪を保持する車輪保持部等を含み、車輪軸とともに上下動する部分を「ばね下部」と称する。

また、接近離間方向力発生装置は、それぞれが独立して伸縮可能にされた2つの伸縮部分である伸縮方向力発生部と受動的伸縮部とを含む。伸縮方向力発生部は、電気作動機械に電力を供給することによって伸縮方向力を発生させることと、電気作動機械に発電させることによって伸縮に対する抵抗力（伸縮方向力の一種である）を発生させることとの両方が可能なものとしてすることができる。なお、電力を供給することは不可欠ではなく、少なくとも伸縮に伴う発電によって伸縮方向力を発生させることができるものであればよい。

一方、受動的伸縮部は、例えば、車輪が路面の突起を通過した場合等に、抵抗力を発生させながら伸縮することによって路面から入力されたエネルギーをある程度吸収してばね下部の振動を減衰させる。しかしながら、例えば、比較的大きな突起を勢いよく乗り越える場合等、路面から過大な入力があった場合には、伸縮に対する抵抗力が不足して、受動的伸縮部が高速で収縮端まで収縮させられる場合がある。つまり、受動的伸縮部が高速でフ

ルストロークする場合がある。このような場合には、前述と同様に、受動的伸縮部自身やそれと直列に設けられた伸縮方向力発生部等に比較的大きな衝撃が加わる虞がある。それに対し、路面から過大な入力があった場合に受動的伸縮部の抵抗力を増大させることができれば、フルストローク時の収縮速度を低減させ、伸縮方向力発生部や受動的伸縮部等に加わる衝撃を小さくすることができる。

ところで、後に実施例の項において詳述するように、路面から過大な入力があった場合には、多くの場合、伸縮力発生部が急激に収縮させられるのに伴い電気作動機械の逆起電力が大きく上昇する。したがって、電気作動機械の逆起電力が大きく上昇した場合に、受動的伸縮部が高速でフルストロークする可能性が高いのである。

この事実に基づき、本項の抵抗力増大部は、電気作動機械の逆起電力がしきい電圧を超えたことに基づいて受動的伸縮部が高速でフルストロークする虞があることを判定し、受動的伸縮部の抵抗力を増大させて上記フルストローク時の収縮速度を低減させ、伸縮方向力発生部等に加わる衝撃を小さくする。抵抗力発生部は、電気作動機械の逆起電力がしきい電圧を超えたか否かによって抵抗力を増大させる必要があるか否かを判定できるため、シンプルな構成にすることができる。すなわち、本項の態様によれば、より実用的なサスペンションシステムが得られるのである。

なお、しきい電圧は、後の態様に記載した方法により決定することができる。また、電気作動機械の逆起電力は、例えば、後の実施例に詳述するように、電気作動機械の端子電圧に基づいて取得することができる。また、例えば、電気作動機械を駆動するインバータ等の駆動回路の電源端子の電圧に基づいて取得することもできる。

本項の受動的伸縮部は、受動的に適度な抵抗力あるいは反発力を発生させつつ伸縮させられるものであり、例えば、液圧式ダンパ等の伸縮速度に応じた抵抗力を発生させる減衰力発生部を含むものとすることができる。また、受動的伸縮部は、減衰力発生部と並列に、スプリング等を有し弾性変形量に応じた弾性力を発生させる弾性力発生部を含むものとすることができる。その受動的伸縮部が、例えば、伸縮方向力発生部と車輪との間に設けられている場合には、それらの間で伸縮させられる。

本項の電気作動機械は、例えば、発電機としたり、電動モータと発電機との両方として機能するものとしたりすることができる。また、回転子を有するものとすることや、直動子を有するものとするすることができる。

(2) 前記抵抗力増大部が、前記電気作動機械の逆起電力が前記しきい電圧を超えたことを検知する高電圧状態検知部を含む(1)項に記載の電気サスペンションシステム。

高電圧状態検知部は、例えば、電圧計の検出値に基づいて判定を行うプログラムを実行するものとすることや、比較器(コンパレータ)によってしきい電圧と逆起電力とを比較する電気回路等を含むものとすることができる。

しきい電圧は、例えば、後述するように電源電圧との関係から決定することや、以下のように逆起電力の最大値との関係から決定することができる。例えば、より確実に、路面入力が過大である場合等に受動的伸縮部の伸縮速度を低減させる場合は、しきい電圧を低くすることが望ましく、一方、路面入力が過大でない場合等、不必要に伸縮速度を低減させる可能性を低くするためには高くすることが望ましい。前者の例では、例えば、しきい電圧を、路面入力が過大である場合に検出される逆起電力の最大値の90%以下の値にすることが望ましく、80%以下、70%以下と値を小さくすることがさらに望ましい。一方、後者の例では、例えば、しきい電圧を、上記最大値の60%以上の値にすることが望ましく、70%以上、80%以上と値を大きくすることがさらに望ましい。

(3) 当該サスペンションシステムが、電源装置と、その電源装置と前記電気作動機械との間に流れる電力を調整する電力調整装置とを含み、

前記高電圧状態検知部が、

電気回路の特定の部分の電圧を前記しきい電圧に対応する電圧に保つ定電圧回路と、

前記電源装置と前記電力調整装置とを接続する電源路と電氣的に接続された部分の電圧と、前記特定の部分の電圧とを比較する比較器とを含む(2)項に記載の電気サスペンションシステム。

10

20

30

40

50

本項の態様は、前記電気作動機械の逆起電力が前記しきい電圧を超えたことを、電気回路によって検知するものである。したがって、制御装置等によってプログラムを実行して監視する必要が無く、制御装置等の処理負担を軽減することができる。

【0009】

(4) 前記抵抗力増大部が、

電力の供給を受けて前記抵抗力を増大させる機能を発揮する電力依拠機能部と、

前記電気作動機械の逆起電力が前記しきい電圧を超えた場合に、前記電気作動機械によって発電された電力を前記電力依拠機能部に供給する逆起電力供給部とを含む(1)項ないし(3)項のいずれか1つに記載の電気サスペンションシステム。

路面入力が過大である場合に、逆起電力が上昇するとともに電気作動機械の発電量が増大する。後の実施例において詳述するが、特に、収縮の初期段階においては、制御の遅れによって発電量が大きくなる。したがって、逆起電力がしきい電圧を超えた場合に、電気作動機械によって発電された電力を電力依拠機能部に供給すれば、例えば、蓄電池の電力消費を抑制することができ、省電力効果が得られる。なお、本項の態様が電源装置を含む場合、電気作動機械と電源装置との両方から電力依拠機能部に電力を供給することや、電気作動機械からのみ電力依拠機能部に電力を供給することができる。なお、電力依拠機能部は、電力の供給を受けて前記抵抗力を増大させる作用を生じさせる電力依拠作用部ということもできる。

(5) 当該サスペンションシステムが、電源装置と、その電源装置と前記電気作動機械との間に流れる電力を調整する電力調整装置とを含み、

前記逆起電力供給部が、前記電源装置と前記電力調整装置とを接続する電源路と前記電力依拠機能部との間の電氣的な導通の有無を切り換える導通切換部を含み、その導通切換部によって、通常時においてそれら電源路と電力依拠機能部との導通を遮断する一方、前記電気作動機械の逆起電力が前記しきい電圧を超えた場合にそれら電源路と電力依拠機能部とを電氣的に導通させるものである(4)項に記載の電気サスペンションシステム。

本項の態様によれば、逆起電力がしきい電圧を超えた場合に電源路と電力依拠機能部とを電氣的に導通させることで、電気作動機械によって発電された電力を容易に電力依拠機能部に供給することができる。なお、通常時とは、逆起電力がしきい電圧以下の状態であり、原則として、逆起電力がしきい電圧以下の場合に電源路と電力依拠機能部との導通が遮断されるが、例外もあり得る。例えば、後の態様に示すように、逆起電力が一旦しきい電圧を超えた後には、設定時間、逆起電力がしきい電圧以下になっても電源路と電力依拠機能部とを導通させる場合がある。なお、電力依拠機能部を、受動的伸縮部に含まれるものとすることができる。

導通切換部は、例えば、半導体スイッチ(MOSFET, IGBT, トランジスタ等)や、リレー等の電磁スイッチによって導通の有無を切り換えるものとすることができる。なお、電源装置、電力調整装置については、後記(8)項のものと同様の構成とすることができる。

(6) 前記電力依拠機能部が、電力の供給を受けて磁場を発生させる磁場発生部を含む(4)項または(5)項に記載の電気サスペンションシステム。

受動的伸縮部の抵抗力を増大させるために、磁場を利用することが簡便である。磁場発生部は、電磁石を有するものとすることができる。そして、例えば、受動的伸縮部の伸縮に対する摩擦抵抗等の抵抗力を増加させる機構等を設け、その機構等を電磁ソレノイドや電動モータによって作動させることや、後述するように磁気反応粘性流体に磁場を作用させることによってダンパの減衰力を増大させることができる。なお、電磁ソレノイドや電動モータが用いられる場合、それらの電磁石が磁場発生部を構成する。

(7) 前記受動的伸縮部が、強磁性を有する粒子が液体中に分散させられた流体である磁気反応粘性流体を作動流体とし、その磁気反応粘性流体の流動抵抗によって自身の伸縮に対する抵抗力を発生させるダンパを含み、

前記磁場発生部が、前記磁場を前記磁気反応粘性流体に作用させるものである(6)項に記載の電気サスペンションシステム。

磁気反応粘性流体は、例えば、平均粒径が数 μm 程度の微粒子がオイル等の液体中に分

10

20

30

40

50

散させられた磁気粘性流体（MR流体と称される場合もある）を含むものとすることができる。また、例えば、平均粒径が10nm程度の微粒子がオイル等の液体中に分散させられた磁性流体を含むものとすることができる。磁気反応粘性流体は、磁場が存在しない状態において通常の液体と同様に流動するが、磁場が作用すると複数粒子間で架橋構造が形成されて粘性が増大する。したがって、逆起電力高圧状態において磁気反応粘性流体に磁場を作用させることにより、ダンパの減衰力を増大させて受動的伸縮部の伸縮速度を低減させ、フルストローク時の衝撃を低減させることができる。

（８）当該サスペンションシステムが、設定電圧以下の電力を出力する電源装置と、その電源装置と前記電気作動機械との間に流れる電力を調整する電力調整装置とを含み、

前記しきい電圧が、前記電源装置が出力する前記設定電圧よりも大きい電圧に設定された(1)項ないし(7)項のいずれか１つに記載の電気サスペンションシステム。

電源装置は、例えば、蓄電池や変圧器等を含むものとすることができる。そして、例えば、蓄電池の電圧をそのまま出力するものや、蓄電池の電圧を変圧器によって昇圧または降圧して出力するものとすることができる。いずれにしても、設定電圧以下の電力を出力するものとされており、設定電圧を設定最大電圧と称することができる。なお、一定の電圧を出力するものとすることや、電圧を変化させ得るものとすることができる。電力調整装置は、例えば、インバータ回路を含むものとすることができ、その場合は、複数のスイッチング素子のON/OFFによって電源装置と電気作動機械との間に流れる電力を調整することができる。なお、本項の電力調整装置を、例えば、抵抗器等を含む電力消費回路と電気作動機械との間に流れる電力を調整し得るものとすることができる。この場合は、電気作動機械によって発電された電力を電力消費回路によって消費させることができる。

しきい電圧が設定電圧よりも大きい電圧に設定されているのは、通常走行時の逆起電力が設定電圧を超える可能性が低く、路面から過大な入力があった場合に、逆起電力が設定電圧を超える場合が多いためである。

（９）前記逆起電力供給部が、前記電気作動機械の逆起電力が前記しきい電圧を超えた場合に、前記電源装置と前記電気作動機械との導通を遮断し、前記しきい電圧以下である場合にそれらを導通させる電源装置遮断部を含む(8)項に記載の電気サスペンションシステム。

本項の態様によれば、逆起電力高圧状態において電気作動機械と電源装置との導通を遮断することで、発電された電力のより多くを電力依拠機能部に供給することができる。また、例えば、電源装置が整流器を含むものとされている場合等において、高い逆起電力によって電源装置に損傷が加わる虞がある場合には、電源装置を保護することができる。なお、電源装置遮断部は、例えば、前述の半導体スイッチや電磁スイッチを含むものとすることができる。

（１０）前記受動的伸縮部が、作動液が液通路を通過する際の通過抵抗によって自身の伸縮速度に応じた抵抗力を発生させるダンパを含み、

前記抵抗力増大部が、

前記ダンパに設けられ、前記液通路の通過抵抗を変更する通過抵抗変更部と、

前記電気作動機械の逆起電力が前記しきい電圧を超えた場合に、前記通過抵抗変更部を制御して前記液通路の通過抵抗を増大させる通過抵抗変更部制御部とを含む(1)項ないし(9)項のいずれか１つに記載の電気サスペンションシステム。

本項の態様は、ダンパがいわゆる減衰力可変型にされており、流路面積を減少させる等によって作動液の通過抵抗を増大させ、容易に抵抗力を増大させることができる。また、例えば、後の実施例において詳述するように、通過抵抗変更部をダンパのピストン内に設けることができるため、接近離間力発生装置が大型化することを抑制することができる。

（１１）前記抵抗力増大部が、前記電気作動機械の逆起電力が前記しきい電圧を超えた場合、設定された条件が満たされるまで前記抵抗力が増大した状態を保持する増大状態保持部を含む(1)項ないし(10)項のいずれか１つに記載の電気サスペンションシステム。

路面入力が過大である場合に、例えば、接近離間力発生装置全体の収縮の初期段階において逆起電力が大きくなるが、中期段階以降に逆起電力が小さくなる場合がある。その場

10

20

30

40

50

合に、逆起電力がしきい電圧以下になっても抵抗力を増大させておくことが望ましい場合がある。

例えば、収縮の中期段階以降において伸縮力発生部によって伸長方向の伸縮方向力が発生させられた場合には、その伸縮方向力と路面入力とによって受動的伸縮部が圧縮され、高速でフルストロークする場合がある。また、例えば、後の実施例において詳述するように、収縮の後期段階において、受動的伸縮部がフルストロークしていない状態であったとしても、伸縮力発生部が収縮方向にフルストロークした場合には、その後受動的伸縮部が収縮させられ、高速でフルストロークする場合がある。

設定された条件を、例えば、電気作動機械の逆起電力がしきい電圧を超えた時点、あるいは、逆起電力がしきい電圧を超えた状態からしきい電圧以下になった時点から設定時間経過するまで、伸縮力発生部の収縮あるいは伸長が終了するまで、伸縮力発生部の収縮が伸長に転換するまで等とすることができる。

(12) 前記電気作動機械が、回転子を有し、外力によってその回転子が回転させられた場合に発電することによって回転トルクを発生させ得る回転電気機械とされ、

前記伸縮方向力発生部が、

その回転電気機械と相対直線運動可能な相対運動体と、

その相対運動体の直線運動を前記回転子の回転運動に変換する運動変換装置とを含み、前記相対運動体が相対直線運動することによって伸縮するとともに、前記回転電気機械の回転トルクによって伸縮方向の力である伸縮方向力を発生させるものである(1)項ないし(11)項のいずれか1つに記載の電気サスペンションシステム。

本項の運動変換装置は、例えば、ボールねじや、ピニオンとラック等を含むものとしてすることができる。その運動変換装置は、複数の構成部品が比較的小さい面積の接触面において力の伝達が行われるものが多く、その場合には、受動的伸縮部のフルストローク時の衝撃によって損傷を受けやすい傾向にある。よって、本項の態様は、フルストローク時の衝撃を低減させる必要性が大きい。なお、上記相対運動体を直線運動体と称することもできる。

(13) 前記受動的伸縮部が、伸縮速度に応じて伸縮に抵抗する力を発生させる減衰力発生部を含み、

前記抵抗力増大部が、前記減衰力発生部の減衰力を増大させる減衰力増大部と、

前記電気作動機械の逆起電力が前記しきい電圧を超えた場合に、前記減衰力増大部を駆動して伸縮に対する抵抗力を増大させる減衰力増大部駆動部とを含む(1)項ないし(13)項のいずれか1つに記載の電気サスペンションシステム。

本項の態様は、受動的伸縮部が減衰力発生部を含むものとされ、減衰力発生部が発生させる抵抗力を増大させる減衰力増大部を抵抗力増大部が含むものである。多くの場合、受動的伸縮部は、減衰力発生部を有しているため、比較的容易に抵抗力を増大させることができる。本項において、減衰力増大部を、例えば、前述の電力依拠機能部や通過抵抗変更部を含むものとしてすることができる。また、減衰力増大部駆動部、例えば、前述の逆起電力供給部や通過抵抗制御部を含むものとしてすることができる。

(21) 車体と車輪との間に伸縮可能に設けられ、少なくとも自身の伸縮に伴い発電することによって伸縮方向の力である伸縮方向力を発生させる伸縮方向力発生部と、車体と車輪との間に前記伸縮方向力発生部と直列に設けられ、受動的に伸縮させられて伸縮速度に応じた抗力を発生させる受動的伸縮部とを有し、前記伸縮方向力と前記抗力とに基づいて車体と車輪とが接近離間する方向の力である接近離間方向力を発生させる接近離間方向力発生装置と、

設定電圧以下の電力を出力する電源装置と、

その電源装置と前記伸縮方向力発生部との間に流れる電力を調整する電力調整装置と、

その電力調整装置を制御することによって前記伸縮方向力を制御する調整装置制御装置と

を含む電気サスペンションシステムであって、

前記伸縮方向力発生部が、

10

20

30

40

50

回転子を有し、少なくとも発電することによって回転トルクを発生させる回転電気機械と、

その回転電気機械と相対直線運動可能な相対運動体と、

その相対運動体の直線運動を前記回転子の回転運動に変換する運動変換装置とを含み、前記相対運動体が相対直線運動することによって伸縮するとともに、前記回転電気機械の回転トルクによって伸縮方向の力である伸縮方向力を発生させるものであり、

前記受動的伸縮部が、

強磁性を有する粒子が液体中に分散させられた流体である磁気反応粘性流体を作動流体とし、その磁気反応粘性流体の流動抵抗によって自身の伸縮に対する抵抗力を発生させるダンパと、

10

を含み、かつ、

当該サスペンションシステムが、

電力の供給を受けた場合に前記磁気反応粘性流体に作用させる磁場を発生させる磁場発生装置と、

前記回転電気機械と前記磁場発生装置との間の電氣的な導通の有無を切り換える導通切換部を含み、その導通切換部によって、通常時においてそれら回転電気機械と磁場発生装置との導通を遮断する一方、前記回転電気機械の逆起電力が前記電源装置の前記設定電圧よりも大きく設定されたしきい電圧を超えた場合にそれら回転電気機械と磁場発生装置とを電氣的に導通させる電圧依拠導通切換装置と

を含むことを特徴とする車両用電気サスペンションシステム。

20

本項の態様は、上記(1)項、(4)項ないし(8)項および(12)項を合わせたものに相当する。本項の態様には、上記(2)項ないし(9)項のいずれかに記載の特徴を適用することができる。

【実施例】

【0010】

以下、請求可能発明の実施例を、図面を参照しつつ説明する。なお、請求可能発明は、下記実施例の他、上記「発明の態様」の項に記載された態様を始めとして、当業者の知識に基づいて種々の変更を施した態様で実施することができる。

【0011】

図1に、請求可能発明の一実施例である車両用電気サスペンションシステム（以後、特に必要がない場合は単に「サスペンションシステム」と略記する）の概要を模式的に示す。本実施例において、サスペンションシステムは4つのサスペンション装置10を備え、それら4つのサスペンション装置10によって、4つの車輪12の各々と車体14の4つの部分の各々とが接近・離間可能に連結されている。

30

サスペンション装置10は、車輪12と車体14との間に設けられており、それらが接近離間する方向の力を発生させる接近離間方向力発生装置20と、その接近離間方向力発生装置20を車体14に連結するアップサポート22と、車輪12を回転可能に保持する車輪保持部に連結するロアサポート24とを備えている。なお、車輪保持部26は、車輪を回転可能に保持するステアリングナックル等の車輪保持部材や、車体に連結されて車輪保持部材を上下に移動可能に支持するロアアーム28（図2参照）等を含む。

40

なお、本実施例において、接近離間方向力発生装置20（以後、特に必要がなければ接近離間力発生装置と略記する）の軸方向、つまり、アップサポート22とロアサポート24とが接近離間する方向が接近離間力発生装置20の伸縮方向である。その伸縮方向は、本実施例において、車輪12と車体14とが接近離間する方向の成分を含む方向とされている。

【0012】

図2に、サスペンション装置10の一部の正面断面図を示す。アップサポート22は、衝撃吸収体たる環状のマウントラバー30と、マウントラバー30の上部に接合されて車体14に当接させられる上部当接板34とを含む。その上部当接板34には、アップサポート22を車体14の一部（詳細には、サスペンションタワー）に締結するための複数の

50

スタッドボルト 36 が設けられている。

【0013】

接近離間力発生装置 20 は、制御指令に従い伸縮方向力を発生させる制御伸縮方向力発生部 40（以後、特に必要がなければ伸縮力発生部と略記する）と、その伸縮力発生部 40 とロアサポート 24 との間に直列に設けられたばね下振動抑制部 42 と、アップサポート 22 とロアサポート 24 とを離間させる向きの弾性力を発生させるメインスプリング 44 とを備えている。

メインスプリング 44 は、スプリングたる圧縮コイルスプリングから成り、伸縮力発生部 40 の外周側に広がる円板状の上側支持部材 50 と、ばね下振動抑制部 42 の外周側に広がる円板状の下側支持部材 52 との間に挟持されている。すなわち、メインスプリング 44 は、伸縮力発生部 40 およびばね下振動抑制部 42 と並列に配置され、車体 14 を支持する弾性力を発生させるものとされている。

【0014】

伸縮力発生部 40 は、電気作動機械たる回転電気機械 60 と、運動変換装置たるボールねじ装置 62 と、概して円筒状の基体 64 とを有している。基体 64 は、伸縮方向に延び、上側支持部材 50 の中央を貫通するとともに、アップサポート 22 の上方に突出した状態で設けられている。その基体 64 の上部内周側に回転電気機械 60 が配設され、下部内周側にボールねじ装置 62 が配設されている。

回転電気機械 60 は、基体 64 に玉軸受を介して回転可能に保持された中空の回転軸 72 と、その回転軸 72 に固定のロータ 74 と、基体 64 に固定で、ロータ 74 と対向するステータ 76 とを含む。また、ロータ 74 が永久磁石によって構成される一方、ステータ 76 が電磁石によって構成され、回転電気機械 60 はブラシレス DC モータを基礎として構成されたものであるが、電動モータとしてのみならず、発電機としても機能するため、回転電気機械と称することとする。

【0015】

ボールねじ装置 62 は、基体 64 に回転可能に設けられた回転運動部 82 と、その回転運動部 82 と螺合させられた相対運動体たるねじロッド 84 と、そのねじロッド 84 の回転を阻止する回転阻止部 86 とを含む。

ねじロッド 84 の外周面には、多数のベアリングボール（以後、特に必要がない場合は「ボール」と略記する）が転動する軌道を形成する螺旋状のねじ溝 90 と、軸方向のスプライン溝 92 とが形成されている。そして、ねじロッド 84 はねじ溝 90 において、多数のボールを介して回転運動部 82 と螺合し、スプライン溝 92 において、ボールを介して回転阻止部 86 と相対回転不能かつ相対移動可能に係合させられている。なお、回転阻止部 86 をスプラインナット 96 を用いずに、ねじロッド 84 の回転を阻止する態様としてもよい。

回転運動部 82 には、回転軸 72 の先端部に形成されたナット保持部 93 と、そのナット保持部 93 に移動不能に保持されたねじナット 94 とが設けられている。そのねじナット 94 の内周側にはねじ溝 90 と対向する外周側ねじ溝が形成されている。また、回転阻止部 86 は、軸線方向のスプライン溝 92 と対向する外周側スプライン溝が形成されたスプラインナット 96 によって構成されている。なお、ねじナット 94 とスプラインナット 96 とは、それぞれ、軌道に沿って転動するボールを設定された箇所からすくい上げて別の箇所に誘導するボール循環部を備えている。

以上に述べたボールねじ装置 62 によって、回転電気機械 60 の回転運動とねじロッド 84 の直線運動とが相互に変換される。本実施例において、ボールねじ装置 62 によって「運動変換装置」が構成されている。また、ねじロッド 84 によって「相対運動体」が構成されている。なお、ねじロッド 84 はボールねじ装置 62 の構成要素でもある。

【0016】

受動的伸縮部たるばね下振動抑制部 42 は、伸縮力発生部 40 とロアサポート 24 との間に伸縮可能に設けられている。また、車体 14 側において、伸縮力発生部 40 のねじロッド 84 の先端部に連結されており、ねじロッド 84 とともに車体 14 と相対移動するよ

10

20

30

40

50

うにされている。

ばね下振動抑制部 42 には、弾性力発生部 100 と、減衰力発生部 102 とが設けられている。弾性力発生部 100 には、軸方向に直列に配置された 2 つの圧縮コイルスプリング 104, 106 (以後、「スプリング」と略記する) と、それら 2 つのスプリング 104, 106 にねじロッド 84 の変位を伝達する伝達部材 108 と、スプリング 104 を上側から支持する円筒部材 109 とが設けられている。伝達部材 108 は、車輪 12 側に開口するカップ形状を成し、外周側に広がるフランジ部 110 を備えている。そして、底部においてねじロッド 84 の先端に取り付けられるとともに、フランジ部 110 が 2 つのスプリング 104, 106 に挟まれている。一方、スプリング 104, 106 の端部は、それぞれ円筒部材 109 の上端、下側支持部材 52 に当接させられ、軸方向への移動が阻止されている。その結果、伝達部材 108 とハウジング 98 とが軸方向に相対移動させられると、スプリング 104, 106 のいずれかが圧縮されて弾性力が発生する。

10

【0017】

減衰力発生部 102 は、スプリング 106 の内周側に配置され、下側支持部材 52 の中央を貫通し、ロアサポート 24 に連結されている。その減衰力発生部 102 は、MR 流体に磁場を印可することによって減衰力を増大させることが可能なものとされている。図 3 に正面断面を示すように、減衰力発生部 102 は、液圧式のダンパたるショックアブソーバ 114 と、そのショックアブソーバ 114 の外周側に設けられた磁場発生装置 116 とを有している。

20

ショックアブソーバ 114 は、単筒式とされており、作動流体が充填されたシリンダ 120 と、そのシリンダ 120 内に配設されたピストン 122 と、一端部にピストン 122 が取り付けられるとともに他端部がねじロッド 84 の端部に連結されたピストンロッド 124 と、シリンダ 120 の下部に移動可能に嵌合させられたフリーピストン 126 とを有している。そして、シリンダ 120 内をピストン 122 が移動させられる際に、シリンダ 120 とピストン 122 との隙間を通過する作動液の通過抵抗によって減衰力を発生させる。また、フリーピストン 126 の下部側には高圧のガスが充填されており、フリーピストン 126 の移動によってシリンダ 120 上部側の容積変化が許容される。

なお、本実施例において、シリンダ 120 内の作動流体が磁気粘性流体たる MR 流体 128 とされている。この MR 流体 128 は、オイルを分散媒とし、鉄粉等の強磁性を有する微粒子を分散質として界面活性剤を用いて微粒子をオイル中に分散させたものである。この MR 流体 128 は、磁場が存在していない状態では、概ね通常のオイルと同様に流動し、磁場が作用すると粘性が増大するものとされている。

30

【0018】

磁場発生装置 116 は、概して円筒状を成すハウジング 130 と、そのハウジング 130 の内周側に設けられたソレノイドコイル 132 とを有している。ハウジング 130 は、例えば、鋼材等の強磁性材料によって形成されており、ソレノイドコイル 132 が発生させた磁気をピストンロッド 124 に導くことで、ピストン 122 とシリンダ 120 との隙間に磁場を発生させる。なお、ピストンロッド 124 およびピストン 122 も強磁性材料によって形成されている。また、シリンダ 120 は、本体 134 が強磁性材料によって形成され、上端部のシール 136 およびガイド体 138 は、合成ゴムや樹脂等の常磁性材料 (反磁性材料でもよい) によって形成されている。さらに、シリンダ 120 の上端面とハウジング 130 の上端部との間には軸方向においてアルミやステンレス等の常磁性材料によって形成された円板状部材 139 が挿入されている。この円板状部材 139 により、ハウジング 130 の上端部とシリンダ本体 134 の上端部との間の磁気抵抗が大きくされているため、ハウジング 130 の上端中央部からピストンロッド 124 へ (あるいはその逆向きに) 磁気が流れることとなる。

40

ソレノイドコイル 132 は、アルミやステンレス等の常磁性材料によって形成された筒部材に導電線が巻回されたものである。ハウジング 130 の側面には、ソレノイドコイル 132 と電氣的に接続された受電端子 140 が設けられており、その受電端子 140 に導電コード 142 が電氣的に接続されている。この導電コード 142 は、クッション材 14

50

4を介してロアアーム28に沿って配設されている。そして、車体壁を貫通してエンジンルーム等の車体内に引き込まれ、後述する導通切換装置を介して電源に接続されている。すなわち、この導電コード142を介して電力が供給された場合にソレノイドコイル132が磁気を発生させるのである。

ソレノイドコイル132が発生させた磁気は、図中の矢印で示すように、概ねハウジング130、ピストンロッド124、ピストン122およびシリンダ本体134によって形成された磁気回路を通り、ピストン122とシリンダ本体134との間に磁場を発生させる。この磁場によって分散質たる鉄の微粒子が架橋構造を形成してMR流体128の粘度を増加させ、ショックアブソーバ114が発生させる抵抗力を増大させる。なお、磁場が作用していない状態において、ショックアブソーバ114は通常の液圧式のショックアブソーバと同様に減衰力を発生させる。

10

すなわち、MR流体128の粘性を増大させる磁場を発生させる磁場発生装置116によって、減衰力発生部102の伸縮に対する抵抗力を増大させる「抵抗力増大部の磁場発生部」が構成されている。また、減衰力発生部102によって「電力依拠機能部」が構成されている。

【0019】

以上のように、ねじロッド84とロアサポート24との間に、弾性力発生部100と減衰力発生部102とが並列に設けられている。そのため、ばね下振動抑制部42において、下側支持部材52とねじロッド84との相対移動に伴い、相対変位量に応じた弾性力と相対変位速度に応じた抵抗力（つまり、減衰力）とが同時に発生し、ばね下部の振動を抑制する。

20

なお、ばね下振動抑制部42とねじロッド84の先端部とが連結された部分を連結部150と称する。

【0020】

本実施例において、伝達部材108の上面に衝撃緩和部材160が設けられており、伸縮力発生部40が収縮方向にフルストロークした際に、伝達部材108と基体64の下端部との衝突による衝撃が緩和される。また、伝達部材108の下面に衝撃緩和部材162が設けられており、ばね下振動抑制部42が収縮方向にフルストロークした際に、伝達部材108と減衰力発生部102（詳細には、磁場発生装置116のハウジング130の上端）との衝突による衝撃が緩和される。また、円筒部材109の上部壁の下側に衝撃緩和部材164が設けられており、ばね下振動抑制部42が伸長方向にフルストロークした際に、円筒部材109と伝達部材108との衝突による衝撃が緩和される。また、基体64の回転阻止部86の外周側に衝撃緩和部材166が設けられており、接近離間力発生装置20全体として収縮方向にフルストロークした際に、ばね下振動抑制部42が伸長方向にフルストロークした際に、基体64と円筒部材109との衝突による衝撃が緩和される。衝撃緩和部材160等は、例えば、ウレタン等の樹脂、ゴム、合成ゴム等の材料から形成することができる。

30

上述のように、本実施例において、ばね下振動抑制部42の収縮は、伝達部材108と減衰力発生部102とが衝撃緩和部材162を介して衝突することによって制限されている。しかし、伝達部材108と減衰力発生部102とが高速で衝突した場合、つまり、高速でフルストロークした場合には、衝撃緩和部材162による衝撃吸収が不十分となり、伸縮力発生部40のボールねじ装置62や減衰力発生部102に過大な衝撃が加わる場合があるため、フルストローク時の衝突速度を低減させることが望ましい。特に、ボールねじ装置62のねじ溝90等とベアリングボールとの間に過大な衝撃が加わらないようにすることが望ましい。

40

【0021】

本サスペンションシステムの接近離間力発生装置20は、図1に示した電子制御ユニット200（以下、単に「ECU200」という場合がある）によって制御される。そのECU200は、CPU、ROM、RAM等を備えたコンピュータを主体として構成されている。また、ECU200には、車体14の上下加速度を検出するばね上加速度センサ2

50

10 (図において「G a」と示す), ばね下部の上下加速度を検出するばね上加速度センサ212 (図において「G b」と示す), 車速を検出する車速検出装置214, 車体の横加速度を検出する横加速度センサ216 (図において「横Gセンサ」と示す), 操作部材たるステアリングホイールの操作角度を検出する操舵角センサ218, ロータ74の回転位置を検出する回転角センサ220等の各種検出装置が接続されている。

【0022】

また、ECU200には、電子駆動装置たる電子駆動ユニット230 (以後、EDUと略記する) が接続されている。EDU230は、電源装置240 (図中の「BAT」) と電源路たる電源線242によって接続され、回転電気機械60のステータ76と制御電力線244によって接続されている。

図4に、EDU230, ステータ76等を示す。EDU230は、電力調整装置の一種であり、インバータ回路を有し、図示を省略するコントローラによって複数のスイッチング素子232, 234をON・OFFさせてパルス幅変調制御 (PWM制御) を行うことにより、電源装置240と回転電気機械60との間に流れる電力を調整する。そして、回転電気機械60のステータ76が有する三相コイルに駆動電力を供給し、あるいは、回転電気機械60で発電することによって伸縮方向力を発生させる。また、EDU230は、抵抗器とスイッチング素子とを有して回転電気機械60で発電された電力を必要に応じて消費させる電力消費回路 (図示省略) を備えている。また、図において、3つのスイッチング素子234とGNDの間には、抵抗値が非常に小さい電流測定用の抵抗器236が設けられている。

なお、電源装置240は、直流変圧器248 (図において、DC-DCコンバータと記載) を備えており、蓄電池246の直流電力を設定電圧の直流電力に変圧してEDU230に供給するものとされている。直流変圧器248は、非絶縁型とされており、スイッチング素子, リアクトル, キャパシタ, ダイオード等を有し、IGBTやMOSFET等から成るスイッチング素子のチョップ制御によって蓄電池246の電圧を降下させて出力し、また、回転電気機械60で発電された電力を昇圧して蓄電池246に回生させるものとされている。なお、直流変圧器248は出力電圧を変化させ得るが、出力電圧の最大値が定められており、設定電圧たる設定最大電圧以下の電力を出力可能にされている。

本サスペンションシステムには4つの電源装置240が設けられているが、それらの蓄電池246を共通のものとする 것도できる。つまり、1つの蓄電池246に4つの直流変圧器248が接続され、それら4つの直流変圧器248の各々から、それぞれに対応する回転電気機械60に電力が供給されるようにすることもできる。

電源線242には、電力の供給を受けてソレノイドによってスイッチをOFFにするリレー249が設けられており、後述するように、逆起電力が過大である場合に電源装置240と回転電気機械60との導通が遮断される。本実施例において、リレー249によって「電源装置遮断部」が構成されている。

【0023】

ECU200による接近離間力発生装置20の制御について簡単に説明する。

ECU200は、4つの接近離間力発生装置20の各々の伸縮力発生部40に発生させるべき制御伸縮方向力F (以後、特に必要がなければ伸縮力Fと略記する) に応じた出力値を決定し、EDU230にその出力値を含む指令を行う。各伸縮力Fは、次式に示すように、接近離間方向の振動を抑制する制振項Faと、車体の姿勢変化を抑制する姿勢制御項Fbとが加算された値とされる。

$$F = Fa + Fb \quad \cdots (1-1)$$

ここで、制振項Faは、次式に示すように、ばね上加速度センサ210の検出値に基づいて取得される車体14の上下変位速度Xvaに設定された係数Caを乗じたばね上減衰力から、ばね下加速度センサ212の検出値に基づいて取得されるばね下部の上下変位速度Xvbに設定された係数Cbを乗じたばね下減衰力を減じた値とされる。

$$Fa = Ca \cdot Xva - Cb \cdot Xvb \quad \cdots (1-2)$$

姿勢制御項Fbは、車体14のロールやピッチを抑制するための項であり、ロール抑制力

とピッチ抑制力とが加算された値とされる。ロール抑制力は、横加速度センサ 216、操舵角センサ 218 および車速検出装置 214 の検出値に基づいて取得された制御横加速度に、設定された係数が乗じられた値とされる。このロール抑制力により、旋回外輪側の離間力が増加させられるとともに旋回内輪側の離間力が減少させられ、車体のロールが抑制される。ピッチ抑制力は、車速検出装置 214 の検出値に基づいて取得された前後加速度に、設定された係数が乗じられた値とされる。このピッチ抑制力により、下降側（例えば、制動時には前側）の離間力が増加させられるとともに上昇側の離間力が減少させられ、加減速時の車体 14 のピッチが抑制される。

上述のように、制御伸縮方向力 F に応じた出力値が決定された後、EDU230 に指令がなされ、EDU230 から適切な電力が回転電気機械 60 に供給され、あるいは、回転電気機械 60 の受動的な回転による発電が許容され、上記出力値に応じた接近離間力が発生させられるのである。

【0024】

図 5 に、伸縮力発生部 40 の伸縮速度 Lv を横軸に、制御伸縮方向力 F （以後、特に必要がなければ伸縮力 F と略記する）を縦軸に取り、電力が回生される範囲である回生領域に斜線を付して示す。この図において、短絡特性線上では、伸縮力 F とステータ 76 の各相を互いに短絡させた場合に生ずる伸縮力とが等しくなる。その短絡特性線と横軸とに挟まれた領域は、伸縮力 F が比較的小さく、伸縮速度 Lv が比較的大きく、回転電気機械 60 によって発電された電力が電源装置 240 のバッテリーに蓄電される回生領域とされている。この回生領域のうち、短絡特性線と横軸との中間に位置する範囲は比較的高い発電効率の

高い範囲であり、また、伸縮速度 Lv が大きくなるほど発電量が增大する。
特に、路面の隆起を勢いよく乗り越えるような場合には、初期の段階において、伸縮速度 Lv が非常に大きくなるのに対し、回転電気機械 60 の制御が遅れて伸縮力 F が比較的小さい値になる場合が多い（図 5 の記号「H」で示す付近の領域）。このような状態では、逆起電力が大きく上昇し、発電量が大きくなる。なお、伸長と収縮とのいずれも発電量が大きくなる領域があるが、一般的に、伸長時に比べて収縮時の方が伸縮速度が大きくなりやすい。

【0025】

本サスペンションシステムには、逆起電力供給部たる導通切換装置 250（図 1 の「SW」）が設けられている。導通切換装置 250 は、電源線 242 と磁場発生装置 116 の導電コード 142 とを接続しており、電源線 242 から磁場発生装置 116 への電力供給の有無を切り換えることができる。この導通切換装置 250 は、半導体スイッチ 252 と、検出回路 254 と、抵抗器 258 とを有している。

半導体スイッチ 252 は、MOSFET から成り、ドレイン（図の「D」）において電圧を調整するための抵抗器 258 を介して電源線 242 と接続され、ソース（図の「S」）において磁場発生装置 116 の導電コード 142 と接続されている。そして、ゲート（図の「G」）に印加される電圧が MOSFET の ON 電圧以上である場合に電源線 242 と導電コード 142 との導通が許容され、ON 電圧未満である場合に導通が遮断される。なお、図において、半導体スイッチ 252 の基板がソースに接続されているが、GND に接続することもできる。つまり、半導体スイッチ 252 の基板を接地させることもできる。

検出回路 254 は、蓄電池 246 の電圧を降下させる抵抗器とツェナーダイオードとを有する定電圧回路 264 と、2 つの抵抗器によって電源線 242 の電圧を設定比率で降下させる降圧回路 266 とを備えている。そして、検出回路 254 は、定電圧回路 264 によって一定の電圧に保たれる対比電圧 $E1$ と、降圧回路 266 によって降下させた降下電圧 $E2$ とを比較器 262 によって比較し、降下電圧 $E2$ が対比電圧 $E1$ を超えた場合に半導体スイッチ 252 のゲートに ON 電圧を超える電圧を印加する。なお、電源線 242 の電圧が、電源装置 240 の設定最大電圧より高く設定されたしきい電圧を超えた場合に、降下電圧 $E2$ が対比電圧 $E1$ を超えるようにされている。つまり、電源線 242 の電圧がしきい電圧を超えたことに基づいて、回転電気機械 60 の逆起電力がしきい電圧を超えたことが検知されるのである。また、しきい電圧が、通常の走行時に発生する逆起電力がし

10

20

30

40

50

きい電圧を超えることがないように、路面入力が過大であった場合に想定される逆起電力の最大値の70%以上かつ80%以下の値、例えば、75%の値に設定されている。

本実施例において、検出回路254によって「高電圧状態検知部」が構成されている。

なお、比較器262から半導体スイッチ252のゲートに電力が出力された場合には、その電力がリレー249にも供給され、電源装置240と回転電気機械60との導通が遮断される。

【0026】

作動を説明する。

本実施例のサスペンションシステムにおいて、前述のように伸縮力発生部40によって伸縮力Fが発生させられ、ばね上およびばね下の振動が抑制される。また、ばね下振動抑制部42によってばね下の振動が抑制される。

10

ところが、路面の比較的大きな突起を勢いよく乗り越えるような場合等、つまり、路面からの入力が過大である場合に、ばね下振動抑制部42が急激に収縮させられ、高速でフルストロークする可能性がある。この衝突による衝撃は、衝撃緩和部材162によってある程度緩和されるのであるが、衝撃が過大である場合には、例えば、ボールねじ装置62に過度な荷重が加わる虞がある。また、過度な荷重が加わった場合には、ボールねじ装置62の寿命が縮む虞がある。

それに対し、本実施例のサスペンションシステムは、導通切換装置250および伸縮に対する抵抗力を増大させることが可能な減衰力発生部102を備えており、回転電気機械60による発電量が多い場合に減衰力発生部102の伸縮抵抗力を増大させることができる。すなわち、例えば、路面入力が過大である場合には、ばね下振動抑制部42だけでなく伸縮力発生部40も急激に収縮させられて回転電気機械60の逆起電力によって電源線242の電圧が上昇し、導通切換装置250によって電源線242と導電コード142との導通が許容される。また、比較器262によって半導体スイッチ252のゲートにON電圧が印加された場合に、リレー249がOFFにされて電源装置240と回転電気機械60との導通が遮断され、回転電気機械60によって発電された電力が磁場発生装置116に供給されるようにされている。その結果、磁場発生装置116によって磁場が発生させられてMR流体128の粘性が増大し、減衰力発生部102の収縮速度が低減される。その結果、ばね下振動抑制部42がフルストロークした場合でも、その衝撃が小さくなり、ボールねじ装置62等に加わる荷重を低減させることができる。

20

30

以上で本実施例の説明を終了する。

【0027】

上記磁場発生装置116の配線方法とは別の配線方法について説明する。

上記実施例において磁場発生装置116がソースとGNDとの間に接続されていたが、ドレインと電源線242との間に接続することもできる。その場合には、磁場発生装置116を、抵抗器258と半導体スイッチ252（ドレイン）との間に直列に接続すること（図6）や、抵抗器258と電源線242との間に直列に接続することができる。また、抵抗器258を省略することもできる。なお、磁場発生装置116をソースとGNDとの間に接続するとともに抵抗器258を省略した場合には、比較器262に、電源装置240よりも出力電圧が高い蓄電池246から電力を供給する等により、逆起電力よりも高い電圧を半導体スイッチ252のゲートに印加し得るようにすることが望ましい。

40

【0028】

上記直流変圧器248とは別の直流変圧器について説明する。

上記実施例において、直流変圧器248は非絶縁型とされていたが、図7に示すように絶縁型の直流変圧器280とすることもできる。この直流変圧器280は、直流電力をインバータ回路によって交流に変換した後、変圧と整流を行うものである。また、この直流変圧器280を備えた電源装置262は、設定最大電圧となる設定電圧の電力を出力するものである。この態様においても、前記実施例と同様に、回転電気機械60の逆起電力がしきい電圧を超えた場合に、磁場発生装置116に電力を供給してばね下振動抑制部42の伸縮速度を低減させることができる。

50

なお、この直流変圧器 280 を用いる場合、回転電気機械 60 に供給する電力を調節することで伸縮力が制御され、回転電気機械 60 による発電は行われない。しかしながら、回転電気機械 60 の逆起電力が電源装置 262 の出力電圧を超えた場合は、電源線 242 の電圧が上昇して直流変圧器 280 の整流器等が損傷する虞がある。そのような事情から、リレー 249 によって電源装置 262 を遮断することが望ましく、また、電力の供給なしに伸縮力を発生させるために回転電気機械 60 によって発電された電力を磁場発生装置 116 で消費することが望ましいのである。

【0029】

上記とは別の実施例について説明する。

図 8 に接近離間力発生装置 300 の正面断面図を示す。本実施例において、ばね下振動抑制部 42 の減衰力発生部 310 の減衰力特性が変更可能にされている。その減衰力発生部 310 の減衰力特性を変更することによって、路面入力が過大である場合に、ばね下振動抑制部 42 の伸縮に対する抵抗力を増大させることができる。また、本実施例において、逆起電力がしきい電圧を超えたことが、検出回路 254 ではなく、電圧計の検出値に基づいて判定される。

10

なお、接近離間力発生装置 300 は、前記接近離間力発生装置 20 と共通している部分が多いため、同様の構成については同じ符号を付して説明を省略する。

【0030】

減衰力発生部 310 は、液圧式ダンパたるショックアブソーバ 312 を含む。そのショックアブソーバ 312 は、単筒式とされており、作動流体たるオイルが充填されたシリンダ 320 と、そのシリンダ 320 内に配設されたピストン 322 と、一端部にピストン 322 が取り付けられるとともに他端部がねじロッド 84 の端部に連結されたピストンロッド 324 と、シリンダ 320 の下部に移動可能に嵌合させられたフリーピストン 326 とを有している。

20

図 9 に、ショックアブソーバ 312 のピストン 322 部分の正面断面図を示す。図示のように、ピストン 322 の下部にハードバルブ 330 が設けられ、上部にソフトバルブ 332 が設けられている。それらハードバルブ 330 とソフトバルブ 332 とは、それぞれ円環状のリーフバルブ 334、336 を備えており、ショックアブソーバ 312 の収縮時において、外周部が上方に撓められることによって下室 340 から上室 342 に向かう向きのオイルの流動を許容する。一方、ショックアブソーバ 312 の伸長時において、内周部が下方に撓められることによって上室 342 から下室 340 に向かう向きのオイルの流動を許容する。なお、ハードバルブ 330 のリーフバルブ 334 は径が小さいため撓みにくく、通過抵抗が大きくなる。また、図において、後述するバイパス通路が閉じられて減衰係数が大きい状態にされており、オイルがハードバルブ 330 とソフトバルブ 332 との両者を経由する液通路 344 を通過させられるため、通過抵抗が大きく減衰力が強い状態、つまり、「高減衰力状態」となる。

30

ピストンロッド 324 は中空軸にされており、軸部 346 の先端にピストン支持部 348 が取り付けられている。また、ピストンロッド 324 の内部にコントロールロッド 350 が挿入されている。そのコントロールロッド 350 は大径部 352 が設けられた部分において、軸受を介して回転可能かつ軸方向に移動不能に保持されている。また、コントロールロッド 350 の先端部 354 は径方向の切欠 356 が形成されている。この図において、ピストンロッド 324 の軸方向穴 360 と、液通路 344 のうちのハードバルブ 330 とソフトバルブ 332 との間の部分とを連通させる半径方向穴 362 が、コントロールロッド 350 の先端部 354 によって塞がれている。

40

しかし、図 10 に先端部 354 の平面断面（図 9 における I-I 断面視）を示すように、コントロールロッド 350 の回転位置が変更されると切欠 356 によって軸方向穴 360 と半径方向穴 362 とが連通させられ、バイパス通路 364 が形成される。その結果、オイルの少なくとも一部分が通過抵抗の大きなハードバルブ 330 を通らなくても済むため、通過抵抗が比較的小さく上記高減衰力状態よりも減衰力が弱い状態となる。なお、切欠 356 と半径方向穴 362 との重なり度合いを変えることで、バイパス通路 364 の流

50

路面積を変化させ、減衰力特性を段階的に変更することができる。なお、通常は、図に示す回転位置ないしそれよりも切欠３５６と半径方向穴３６２との重なり度合いが大きく減衰力が弱い状態にされており、通常走行には適度な大きさの減衰力が発揮される状態であるが、その状態を低減衰力状態と称する場合がある。

本実施例において、コントロールロッド３５０、軸方向穴３６０および半径方向穴３６２によってショックアブソーバ３１２の流路抵抗変更装置３７０が構成されている。

【００３１】

接近離間力発生装置３００の上部には、流路抵抗変更装置３７０のコントロールロッド３５０の回転位置を変更する回転位置変更装置３８０が設けられている。その回転位置変更装置３８０は、駆動装置たるステップモータ３８２と、そのステップモータ３８２によって回転させられる中空の中空回転軸３８４とを有する。なお、図１１に示すように、ねじロッド８４は、中空にされており、ねじロッド８４の上端からピストンロッド３２４の下端までを直線的に貫通する貫通穴３８６が形成されている。そして、中空回転軸３８４がねじロッド８４に挿入されるとともに、中空回転軸３８４の軸方向穴３８８にコントロールロッド３５０の上部が挿入されている。また、軸方向穴３８８には軸方向にそって係合溝３９０が形成され、コントロールロッド３５０の上端部には係合溝３９０に係合するキー３９２が取り付けられている。それらキー３９２と係合溝３９０とが、軸方向に相対移動可能、かつ、周方向に相対移動不能に係合させられているため、中空回転軸３８４とコントロールロッド３５０とが軸方向に相対移動可能、かつ、相対回転不能に連結されている。

【００３２】

本サスペンションシステムの構成は、前記実施例とほぼ同様であるため、図１に相当する図面を省略する。なお、本実施例において導通切換装置２５０は設けられておらず、ＥＣＵの制御によって減衰力発生部３１０の減衰力が増大させられる。また、リレー２４９も設けられていない。

図１２にＥＣＵ４００を示す。ＥＣＵ４００には、図１に示された各種のセンサ（図示省略）やＥＤＵ２３０の他に駆動回路４１０が接続されており、その駆動回路４１０によって回転位置変更装置３８０のステップモータ３８２が作動させられる。また、ＥＣＵ４００には、降圧回路４１４を介して電源線２４２が接続されており、電源線２４２の電圧がＥＣＵ４００が有する電圧計によって取得される。なお、降圧回路４１４は、前記降圧回路２６６と同様に、抵抗器によって電源線２４２の電圧を設定された割合で降圧するものである。また、降圧回路４１４を、単に電源線２４２とＥＣＵ４００とを抵抗器で接続するものとすることもできる。

また、ＥＣＵ４００は、出力制御部４２０と減衰力増大制御部４３０とを有する。出力制御部４２０は、前記実施例と同様の伸縮力Ｆを決定し、ＥＤＵ２３０に指令を送信するものとされている。減衰力増大制御部４３０は、電源線２４２の電圧がしきい電圧を超えた場合、つまり、逆起電力高圧状態である場合に、ばね下振動抑制部４２の伸縮速度を低減させるために駆動回路４１０に減衰力を増大させる指令を行うものとされている。

【００３３】

図１３に、逆起電力高圧状態になった場合に一定時間減衰力発生部３１０の減衰力を増大させる高電圧時減衰力増大プログラムのフローチャートを示す。このプログラムは、４つの接近離間力発生装置２０の各々に対応する４つのものがあり、ＥＣＵ４００のコンピュータによって時分割処理により極短時間毎に繰り返し実行されることで、上記減衰力増大制御部４３０の機能が発揮される。なお、４つの接近離間力発生装置２０の各々に対応する４つのプログラムは同様であるため、１つを代表的に説明する。

ステップ１１（以後、Ｓ１１と略記する）において、電源線２４２の電圧Ｅｇが取得される。Ｓ１２において、この電圧Ｅｇがしきい電圧Ｅ_{th}以下である場合は、Ｓ１３の判定がなされる。しきい電圧Ｅ_{th}は、ＥＣＵ４００のＲＯＭに記憶されており、本プログラムの実行により読み出される。ＥＣＵ４００の起動後に本プログラムが最初に実行された場合等にはフラグＦはＯＦＦにされており、Ｓ１３の判定がＮＯとなり本プログラムの一回の実

行が終了する。

一方、S 1 2において、電圧E gがしきい電圧E thを超えている場合、つまり、逆起電力高圧状態が検知された場合は、S 1 4の判定がなされる。上述のようにフラグFがOFFにされている場合は、S 1 4の判定がYESとなりS 1 5～S 1 7の処理が実行される。

S 1 5～S 1 7において、減衰力を増大させる指令（減衰力増大指令）がなされた後、フラグFがONにされ、後述するタイマTが0にリセットされる。S 1 5において駆動回路4 1 0に減衰力増大指令なされると、ステップモータ3 8 2に電力が供給され、前述のコントロールロッド3 5 0が所定の角度回転させられる。そして、先端部3 5 4の回転位置が変更され、バイパス通路3 6 4の連通が遮断され、前述の高減衰力状態にされる。

そして、本プログラムの次回実行時には、上記S 1 6においてフラグFがONにされていることでS 1 4の判定がNOとなり、S 1 8において高減衰力状態が保持される。すなわち、電圧E gがしきい電圧E thを超えている状態において、コントロールロッド3 5 0の回転位置が、バイパス通路3 6 4の連通を遮断する位置に保持されるのである。

【0 0 3 4】

S 1 3, S 1 9～S 2 3の処理により、電圧E gがしきい電圧E thを超えている状態から、しきい電圧E th以下に降下した後、設定時間が経過するまで高減衰力状態が保持され、設定時間経過後に高減衰力状態が解除される。

具体的に説明する。電圧E gが、しきい電圧E thを超えている状態から、しきい電圧E th以下に降下した状態において、フラグFがS 1 6でONにされた状態にされている。そのため、S 1 3の判定がYESとなり、S 1 9においてタイマTが微小時間 ΔT だけ増加させられた後、S 2 0においてタイマTがしきい時間T thを超えたか否かが判定される。そして、タイマTがしきい時間T th以下である場合は高減衰力状態が保たれ（S 1 8）、しきい時間T thを超えた場合に高減衰力状態が解除され、減衰力特性が通常の特性に復帰させられる（S 2 1）。

S 2 1において、減衰力特性を復帰させるべき旨の指令がなされ、駆動回路4 1 0によってステップモータ3 8 2に電力が供給され、コントロールロッド3 5 0が所定の角度回転させられる。そして、先端部3 5 4の回転位置が変更され、例えば、図1 0に示す状態に戻され、バイパス通路3 6 4の連通が許容されて流路抵抗が小さくされる。その結果、減衰力特性が、高減衰力状態よりも減衰力の弱い特性にされ、通常走行に適した状態にされる。

減衰力特性を復帰すべき旨の指令がなされた後、フラグFがOFFにされ（S 2 0）、タイマが停止させられるとともに0にリセットされる（S 2 1）。

本実施例において、しきい時間T thは、電圧E gがしきい電圧E thを超えている状態から、しきい電圧E th以下に降下した時点から、伸縮力発生部4 0がフルストロークすると予測される時間以上にされている。そのため、例えば、過大な路面入力によって伸縮力発生部4 0がフルストロークする前に電圧E gがしきい電圧E th以下に降下する場合があるが、ある程度の時間高減衰力状態が保持されており、仮に伸縮力発生部4 0がフルストロークしたとしても、その際のばね下振動抑制部4 2の収縮速度が抑制されるのである。

詳細には、伸縮力発生部4 0が収縮方向にフルストロークした場合、伝達部材1 0 8が基体6 4の下端部に衝撃緩和部材1 6 2を介して当接することによって収縮が阻止されるのであるが、その後もなお接近離間力発生装置3 0 0が収縮させられる場合、ばね下振動抑制部4 2が高速でフルストロークする場合がある。このような場合にも、ばね下振動抑制部4 2の収縮速度が抑制されるようにされている。

なお、伸縮力発生部4 0が収縮方向にフルストロークすることは稀であるため、しきい時間T thを上述の値よりも小さくすることもできる。その場合であっても、電圧E gがしきい電圧E th以下に降下した後に、例えば、伸縮力発生部4 0が伸長方向の伸縮方向力を発生させた場合に、ばね下振動抑制部4 2の収縮速度の増大を抑制することができる。

以上の処理により、例えば、路面からの入力が過大である場合に、回転電気機械6 0の逆起電力がしきい電圧を超えることを検知して、減衰力発生部3 1 0の減衰力を大きくすることにより、ばね下振動抑制部4 2の伸縮速度を低減し、フルストローク時の衝撃を低

10

20

30

40

50

減させることができる。なお、上記 S 1 7 の処理が S 1 2 の後で S 1 4 の前に実行されるようにすることもできる。

【0035】

本実施例において、E C U 4 0 0 のうち、高電圧時減衰力増大プログラムを実行する部分によって「減衰力増大制御部 4 3 0」が構成されている。また、E C U 4 0 0 のうち、電源線 2 4 2 の電圧を取得する部分と、高電圧時減衰力増大プログラムの S 1 1, S 1 2 の処理を実行する部分によって「逆起電力高圧状態検知部」が構成されている。

また、本実施例において、流路抵抗変更装置 3 7 0 と回転位置変更装置 3 8 0 とによって「通過抵抗変更部」が構成されている。また、E C U 4 0 0 のうち、S 1 3 ~ S 2 3 の処理を実行する部分によって「通過抵抗変更部制御部」が構成されている。また、E C U 4 0 0 のうち、S 1 7 ~ S 2 0 の処理を実行する部分によって「増大状態保持部」が構成されている。

なお、本実施例において、電圧 E g がしきい電圧 E th を超えている状態から、しきい電圧 E th 以下に降下した場合に、高減衰力状態を解除するようにすることもできる。その場合は、高電圧時減衰力増大プログラムを図 1 4 に示すように変更することができる。

【0036】

前記実施例の変形例を説明する。

最初の実施例において、検出回路 2 5 4 に代えて、上記実施例の S 1 1, S 1 2 と同様の処理によって逆起電力がしきい電圧を超えたことを検知することもできる。その場合には、例えば、E C U 4 0 0 によって半導体スイッチ 2 5 2 に O N 電圧が印加されるようにすることができる。

また、逆に、上記実施例の S 1 1, S 1 2 の処理に代えて、検出回路 2 5 4 を設けることもできる。その場合は、例えば、比較器 2 6 2 の出力が E C U 4 0 0 に入力されるようにし、S 1 1 に相当する処理において比較器 2 6 2 の出力を取得し、S 1 2 に相当する処理において比較器 2 6 2 の出力が O N の場合に逆起電力がしきい電圧を超えたと判定することができる。

また、上記実施例において、減衰力発生部 3 1 0 を最初の実施例の減衰力発生部 1 0 2 に変更し、駆動回路 4 1 0 を磁場発生部 1 1 6 に電力を供給するものとすることができる。その場合は、M R 流体 1 2 8 の粘度を増加させることによってばね下振動抑制部 4 2 の伸縮速度を低減させることができる。

【0037】

上記とは別の変形例を説明する。

最初の実施例において、回転電気機械 6 0 の逆起電力がしきい電圧を超えた後に逆起電力がしきい電圧以下に降下した場合に、磁場発生装置 1 1 6 に電力を設定時間供給し続けることもできる。例えば、タイマ機能を備えた I C、あるいはキャパシタを含むタイマ回路を導通切換器 2 5 0 に設け、比較器 2 6 2 によって半導体スイッチ 2 5 2 のゲートに O N 電圧を超える電圧が印加された状態から印加されない状態に変化した時点から設定時間経過するまで、半導体スイッチ 2 5 2 のゲートに O N 電圧を超える電圧が印加されるようにすることができる。これにより、例えば、前記実施例の S 1 9, S 2 0 の処理と同様の作用効果が得られ、伸縮力発生部 4 0 がフルストロークした際のばね下振動抑制部 4 2 の収縮速度を低減させることができる。

最初の実施例において、サスペンションシステムを、磁気発生装置 1 1 6 と、それに電力を供給する駆動回路（例えば、図 1 2 の駆動回路 4 1 0）とを含む態様とすることができる。その場合には、例えば、検出回路 2 5 4 によって、あるいは、上記実施例の S 1 1, S 1 2 と同様の処理によって逆起電力がしきい電圧を超えたことが検知された場合に、駆動回路から磁場発生装置 1 1 6 に電力を供給し、ばね下振動抑制部 4 2 の収縮速度を低減させることができる。

【0038】

さらに別の変形例を説明する。

上記全ての実施例において、4つの接近離間力発生装置 2 0 の各々に対して1つずつの

10

20

30

40

50

電源装置 240 が設けられていたが、4つの接近離間力発生装置 20 で 1つの電源装置 240 を共用することもできる。その場合は、各接近離間力発生装置 20 の電源線 242 が互いに接続されることとなる。

しかし、電源線 242 の電圧がしきい電圧を超えたとしても、電源線 242 の電圧に基づいて 4つの接近離間力発生装置 20 のうちのいずれの路面入力が過大であるのか判別することができない。そのため、例えば、電源線 242 の電圧がしきい電圧を超えた場合に、4つの接近離間力発生装置 20 全てについて、ばね下振動抑制部 42 の伸縮に対する抵抗力を増大させるという対処法がある。この対処法では、路面入力が過大でない接近離間力発生装置 20 についてまでばね下振動抑制部 42 の伸縮抵抗力を増大させてしまうこととなるが、路面入力が過大になることは稀であり、路面入力が過大である接近離間力発生装置 20 を保護することを優先することが望ましい。

10

【0039】

また、各 EDU 230 の電流や、制御電力線 244 の電圧に基づけば、4つの接近離間力発生装置 20 のうちのいずれの路面入力が過大であるのか判別することができる。路面入力が過大な接近離間力発生装置 20 では、発電量が増大するため EDU 230 のスイッチング素子 232, 234 を流れる電流が大きくなり、また、逆起電力が増大するため制御電力線 244 の電圧が大きくなるからである。したがって、スイッチング素子 232, 234 を流れる電流が設定電流値を超えていることと、制御電力線 244 の電圧が設定電圧を超えていることとの少なくとも一方、あるいは両方の条件を満たす特定の接近離間力発生装置 20 について、路面入力が過大であると判定することができ、特定の接近離間力発生装置 20 のばね下振動抑制部 42 の伸縮に対する抵抗力を増大させることができる。なお、上記判定は、電源線 242 の電圧がしきい電圧を超えた場合に行うことや、電源線 242 の電圧に拘わらず行うこととすることができる。

20

なお、スイッチング素子 232, 234 を流れる電流は、電流測定用の抵抗器 236 の両端部の電位差に基づいて取得することができる。また、3つの抵抗器 236 の電流を平均化した値、例えば、3つの抵抗器 236 の電流の絶対値の平均値等に基づいて、電流がしきい値を超えているか否かを判定してもよい。

制御電力線 244 の電圧には、電源線 242 の電圧と同様に回転電気機械 60 の逆起電力が反映される。しかしながら、電源線 242 の電圧には、ステータ 76 の3つのコイルに生じている逆起電力が平均化されて反映されるのに対し、制御電力線 244 の電圧は、激しく変動するとともに正負が逆転する。そのため、制御電力線 244 の電圧が設定電圧を超えているか否かは、例えば、設定時間内において降圧回路によって取得された電圧の絶対値を平均化した値等に基づいて判定することや、後述する態様によって判定すること等が望ましい。

30

【0040】

図 15 に、制御電力線 244 の電圧に基づいて、つまり、回転電気機械 60 の端子電圧に基づいて、回転電気機械 60 の逆起電力がしきい電圧を超えたことを検出する端子電圧依拠検出回路 500 を示す。

コイル電圧依拠検出回路 500 (以後、検出回路と略記する) は、高電圧状態検知部の一種であり、蓄電池 246 の電圧を降下させる抵抗器とツェナーダイオードとを有する定電圧回路 510 によって一定の電圧に保たれる対比電圧 E3 と、降圧回路 512 によって制御電力線 244 の電圧を設定比率で降下させた降下電圧 E4 とを比較器 514 によって比較し、降下電圧 E4 が対比電圧 E3 を超えた場合に ECU 520 に ON 信号を出力する。

40

ECU 520 は、コンピュータによって図 13 と同様な高電圧時抵抗力増大プログラムを実行し、S11 に相当する処理において比較器 514 の出力を取得し、S12 に相当する判定において比較器 514 の出力が ON 信号であるか否かを判定する。S13 ~ S23 の処理は前記実施例と同様であるが、本実施例において、降下電圧 E4 の変動が激しいため、前記実施例よりもしきい時間 T_{th} を長く設定することが望ましい。

本実施例において、図に示す駆動回路 530 を前記実施例の駆動回路 410 と同様のもの

50

のとし、抵抗力増大装置 540 を回転位置変更装置 380 と流路抵抗変更装置 370 とによって構成すれば、減衰力発生部 310 の減衰力を増大させて伸縮速度を低減させる態様とすることができる。一方、駆動回路 530 を、前記半導体スイッチ 252 に ON 電圧を超える電圧を印加するものとし、被駆動部 540 を半導体スイッチ 252 によって構成すれば、磁場発生装置 116 に電力を供給することによって MR 流体 128 の粘性を増加させ、ばね下振動抑制部 42 の伸縮速度を低減させる態様とすることができる。あるいは、減衰力増大部 540 を磁場発生装置 116 とし、駆動回路 530 を磁場発生装置 116 に電力を供給するものとする 것도 できる。

このプログラムは、4つの接近離間力発生装置 300 に対応する4つのものが実行されており、4つの接近離間力発生装置 20 で1つの電源装置 240 を共用する場合であっても、制御電力線 244 の電圧に基づき、回転電気機械 60 の逆起電力がしきい電圧を超えた接近離間力発生装置 20 についてのみ、ばね下振動抑制部 42 の伸縮速度を低減させることができる。

【0041】

また、3つの制御電力線 244 の2つ以上のものの電圧に基づいて、逆起電力がしきい電圧を超えたか否かを検知することもできる。その場合には、例えば、2つ以上の制御電力線 244 の少なくとも1つの電圧が設定値を超えた場合や、2つの制御電力線 244 の電圧が平均化された電圧が設定電圧を超えた場合（図 16）等に、逆起電力がしきい電圧を超えたと判定することができる。

図 15、図 16 において、制御電力線 244 の電圧が比較器 514 に入力されていたが、制御電力線 244 の電圧を降圧回路等によって降圧し、ECU 520 に入力することもできる。その場合は、上述のように、比較器 514 の出力が ON 信号になった後に一定時間抵抗力を増大させる処理を行うことや、前述のように、制御電力線 244 の電圧の設定時間内における絶対値の平均値等に基づいて、逆起電力がしきい電圧を超えたか否かを判定することが望ましい。

【図面の簡単な説明】

【0042】

【図 1】請求可能発明の実施例である電気サスペンションシステムを模式的に示す図である。

【図 2】上記サスペンションシステムの接近離間方向力発生装置を示す正面断面図である。

【図 3】上記接近離間方向力発生装置の減衰力発生部を示す正面断面図である。

【図 4】上記サスペンションシステムの導通切換装置を示す回路図である。

【図 5】上記接近離間方向力発生装置において、発電量が多い領域を模式的に示す図である。

【図 6】上記とは別の導通切換装置を示す回路図である。

【図 7】上記とは別の電源装置を示す回路図である。

【図 8】上記とは別の実施例において、接近離間方向力発生装置を示す正面断面図である。

【図 9】上記接近離間方向力発生装置の流路抵抗変更装置を示す正面断面図である。

【図 10】上記流路抵抗変更装置を示す平面断面図である。

【図 11】上記接近離間方向力発生装置の回転位置変更装置の中空回転軸を示す正面断面図である。

【図 12】上記実施例において、ECU と駆動回路等との接続を模式的に示す図である。

【図 13】上記実施例において、電源線の電圧がしきい電圧を超えた場合に減衰力発生部の減衰力を増大させるプログラムのフローチャートを示す図である。

【図 14】電源線の電圧がしきい電圧を超えた場合に減衰力発生部の減衰力を増大させる上記とは別のプログラムのフローチャートを示す図である。

【図 15】上記とは別の実施例において、制御電力線 244 の電圧に基づいて、回転電気機械の逆起電力がしきい電圧を超えたことを検出する回路を示す回路図である。

10

20

30

40

50

【図 16】 上記回路図において、2つの制御電力線244の電圧に基づいて、回転電気機械の逆起電力がしきい電圧を超えたことを検出する回路を示す回路図である。

【符号の説明】

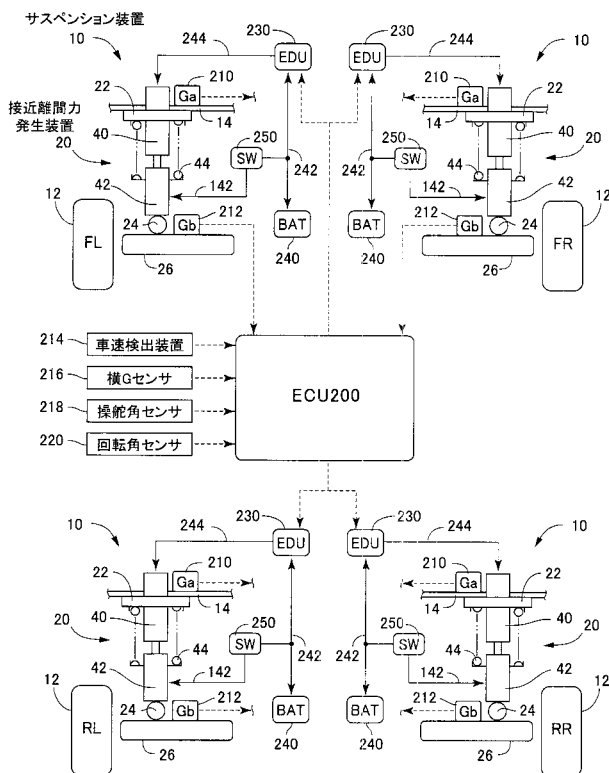
【0043】

10：サスペンション装置 12：車輪 14：車体 20：接近離間方向力発生装置 26：車輪保持部 28：ロアアーム 40：制御伸縮方向力発生部（伸縮方向力発生部） 42：ばね下振動抑制部（受動的伸縮部） 44：メインスプリング 60：回転電気機械（電気作動機械） 62：ボールねじ装置（運動変換装置） 74：ロータ（回転子） 76：ステータ（ステータ部） 84：ねじロッド 100：弾性力発生部 102：減衰力発生部 114：ショックアブソーバ 116：磁場発生装置 128：MR流体 132：ソレノイドコイル 150：連結部 200：電子制御ユニット [ECU] 230：電子駆動ユニット [EDU] 240：電源装置 242：電源線（電源路） 244：制御電力線 246：蓄電池 250：導通切換装置 252：半導体スイッチ（導通切換部） 254：検出回路（高電圧状態検知部） 262：比較器 264：定電圧回路 <第2実施例> 300：接近離間方向力発生装置 310：減衰力発生部 312：ショックアブソーバ 330：ハードバルブ 332：ソフトバルブ 350：コントロールロッド 354：先端部 356：切欠 364：バイパス通路 370：流路抵抗変更装置 380：回転位置変更装置 384：中空回転軸 400：電子制御ユニット [ECU] 414：電圧取得器 430：減衰力増大制御部 <変形例> 500：端子電圧依拠検出回路 520：電子制御ユニット 540：抵抗力増大装置

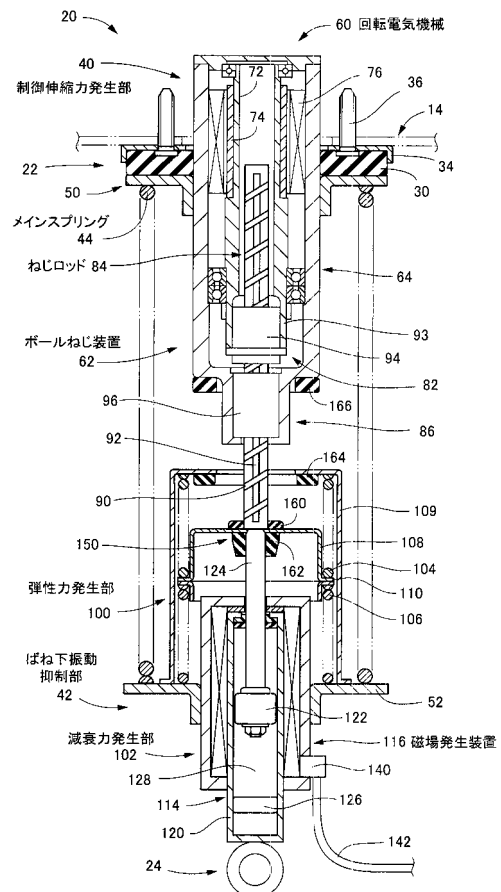
10

20

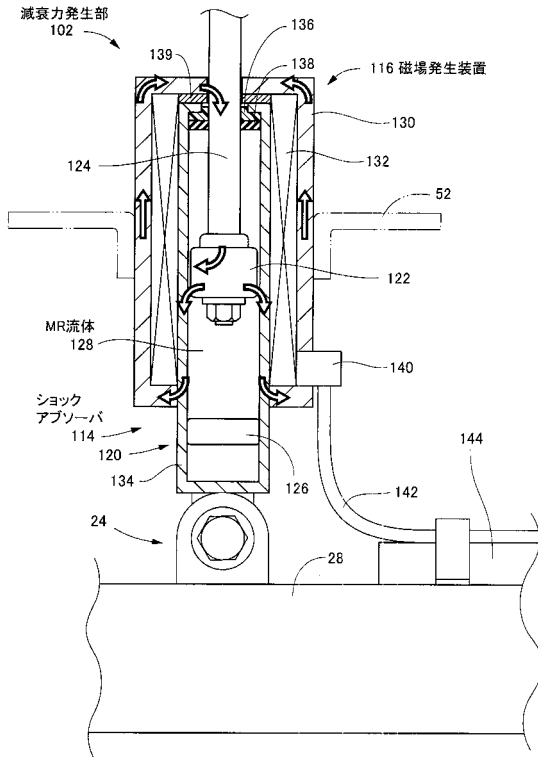
【図 1】



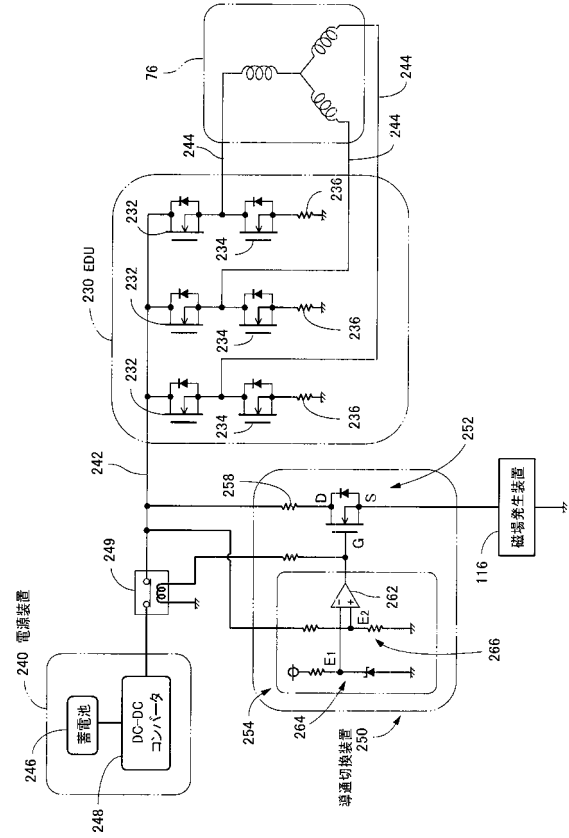
【図 2】



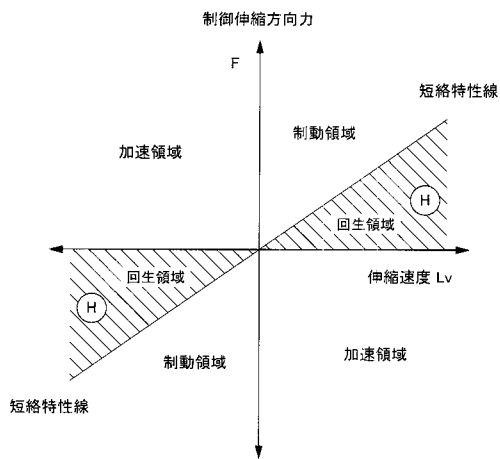
【 図 3 】



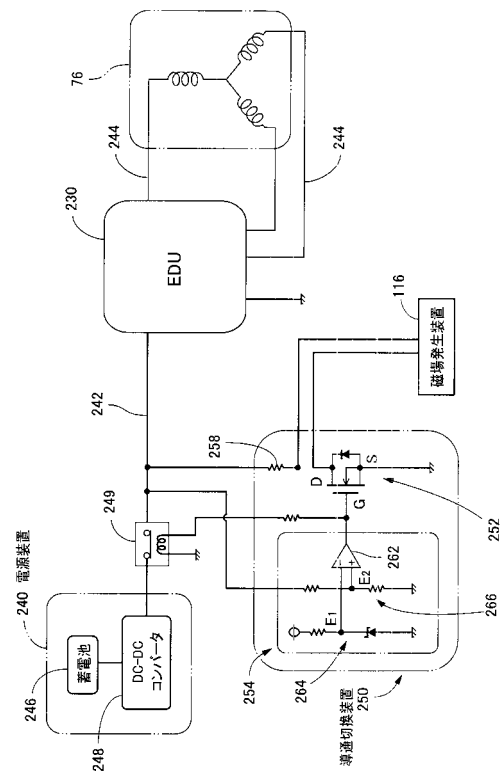
【図 4】



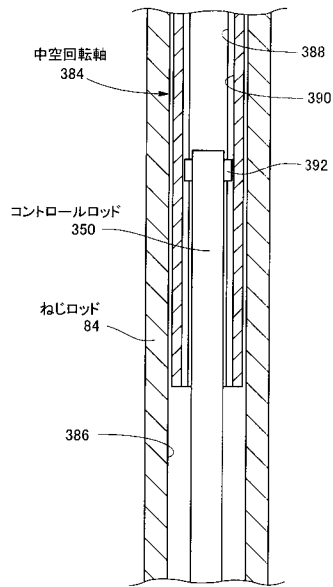
【図 5】



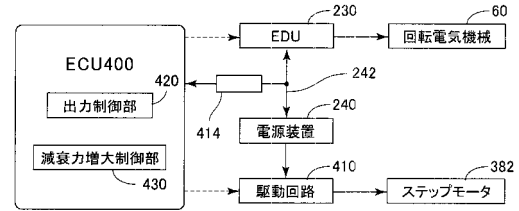
【图 6】



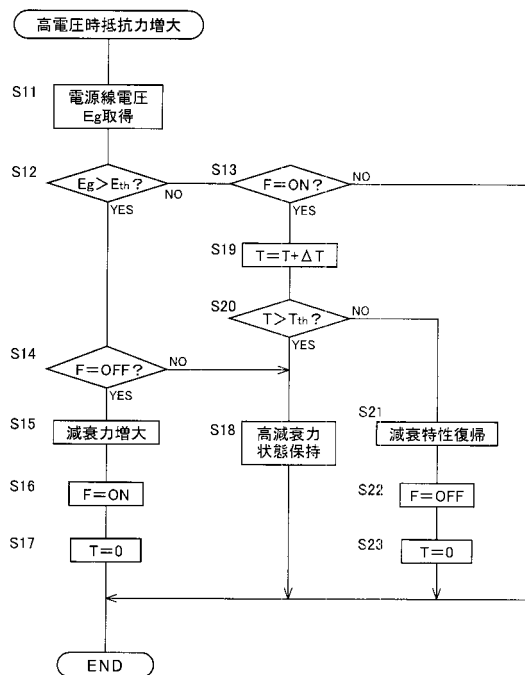
【図 1 1】



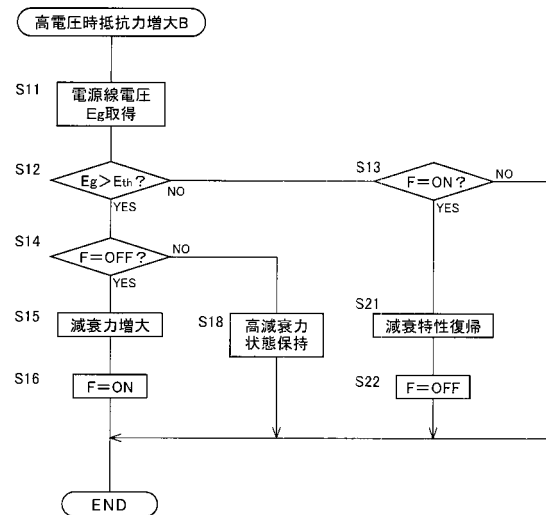
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード (参考)
F 1 6 F 15/02 (2006.01)		F 1 6 F 15/02	B	
F 1 6 F 15/027 (2006.01)		F 1 6 F 15/027		

F ターム(参考)	3D301	AA04	AA05	AA37	AA61	AA62	AA71	AA77	AB21	CA09	DA08
		DA21	DA29	DA34	DA38	DA53	DA56	DA84	DA85	DA86	DB11
		DB12	DB15	DB16	DB55	EA10	EA14	EA19	EA20	EA21	EA43
		EA70	EB05	EB08	EB09	EB13	EC01	EC21	EC33	EC43	EC44
		EC63									
	3J048	AA05	AB07	AB08	AC04	AC07	AC08	BE05	DA01	EA16	
	3J069	AA50	CC09	CC13	EE63						