

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2007年9月27日 (27.09.2007)

PCT

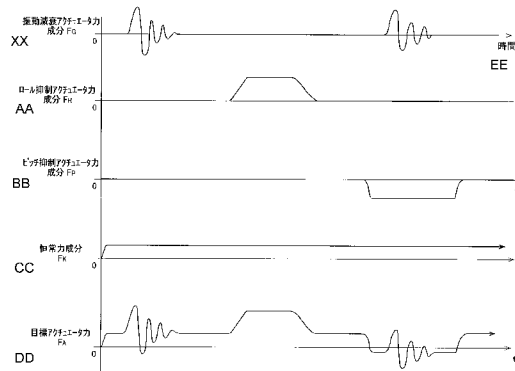
(10) 国際公開番号
WO 2007/108316 A1

- (51) 国際特許分類:
B60G 17/00 (2006.01) *B60G 15/08* (2006.01)
B60G 13/14 (2006.01) *B60G 17/015* (2006.01)
B60G 15/02 (2006.01) *F16F 15/02* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2007/054337
- (22) 国際出願日: 2007年3月6日 (06.03.2007)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
 特願2006-078116 2006年3月22日 (22.03.2006) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): トヨタ自動車株式会社 (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI)
- (72) 発明者; および
 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 井上 博文 (INOUE, Hirofumi) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 Aichi (JP). 伊達 宏昭 (DATE, Hiroaki) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP). 小川 一男 (OGAWA, Kazuo) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 神戸 典和, 外 (KANDO, Norikazu et al.); 〒4500002 愛知県名古屋市中村区名駅4丁目2番25号 名古屋ビルディング東館 7階 中部国際特許事務所 Aichi (JP).

[続葉有]

(54) Title: VEHICLE SUSPENSION SYSTEM

(54) 発明の名称: 車両用サスペンションシステム



XX AMPLITUDE ATTENUATION ACTUATOR FORCE COMPONENT FG
 AA ROLE SUPPRESSION ACTUATOR FORCE COMPONENT FR
 BB PITCH SUPPRESSION ACTUATOR FORCE COMPONENT FP
 CC STATIONARY FORCE COMPONENT FK
 DD TARGET ACTUATOR FORCE FA
 EE TIME t

(57) Abstract: A suspension system includes an actuator having an electric motor and generating an actuator force as a force in the direction of approach/departure between wheels and a vehicle body. When the charge state of a battery which supplies power to the motor is in a highly charged state, in order to consume power from the battery so as to dissolve the battery highly charged state, the suspension system executes a highly charged state time control by forcibly realizing a state (stationary force generation state) for generating a stationary force F_G which is a stationary actuator force for vertically moving the vehicle height. When the highly charged state time control is executed, in almost all the time while the control is executed, the actuator force F_A is generated and the motor receives electric power from the battery to generate an actuator force, thereby effectively consuming the battery power.

(57) 要約: 電動モータを有し、そのモータの力によって車輪と車体との接近・離間方向の力であるアクチュエータ力を発生させるアクチュエータを備えたサスペンションシステムにおいて、モータに電力を供給するバッテリーの充電状態が高充電状態である場合に、バッテリーから電力を消費させ、バッテリーの高充電状態を解消するべく、車高を上下させるような恒常的なアクチュエータ力である恒常力 F_G を発生させる状態 (恒常力発生状態) を強制的に実現させる高充電状態時制御を実行する。高充電状態時制御が実行されることにより、この制御が実行されている時間の殆どにおいて、アクチュエータ力 F_A を発生させ、モータがパ

[続葉有]

WO 2007/108316 A1



(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD,

SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

車両用サスペンションシステム

技術分野

[0001] 本発明は、車両に搭載されるサスペンションシステム、詳しくは、ショックアブソーバとして機能する電磁式アクチュエータを備えたサスペンションシステムに関する。

背景技術

[0002] 車両の分野において近年では、下記特許文献に記載されてるようなシステム、つまり、電磁式アクチュエータをショックアブソーバ(ダンパ)として機能させる所謂電磁式サスペンションシステム(以下、「電磁サス」と略する場合がある)の開発が進められている。この電磁サスは、所謂スカイフック理論に基づくサスペンション特性を容易に実現できる等の利点から、高性能なサスペンションシステムとして期待されている。

特許文献1:特開2002-311452号公報

発明の開示

[0003] (A)発明の概要

上記特許文献に記載されている電磁サスでは、電磁式アクチュエータが有する電動モータへバッテリーから電力を供給してアクチュエータ力を発生させる状態と、電動モータによって発電された電力をバッテリーに回生してアクチュエータ力を発生させる状態とを切り換えるように制御される。ところが、バッテリーの充電状態によっては、バッテリーからの電力供給あるいはバッテリーへの電力回生を行わないようにすべき状況が発生し得る。また、バッテリーが、満充電状態にある場合等、そのバッテリーが過充電状態となることを回避すべく、バッテリーに蓄えられた電気エネルギーを放出すべき状況が発生し得る。したがって、このような状況への適切な対処は、電磁サスの実用性を向上させる一助となるのである。本発明は、このような実情に鑑みてなされたものであり、実用性の高い電磁式サスペンションシステムを提供することを課題とする。

[0004] 上記課題を解決するため、本発明の車両用サスペンションシステムは、バッテリーからの電力供給によって電磁式アクチュエータに恒常的アクチュエータ力を発生させる状態(恒常力発生状態)を実現可能とされた電磁式サスペンションシステムであって、

恒常力発生状態をバッテリーの充電状態に応じて制御するように構成される。

[0005] 上記恒常力発生状態は、例えば、車輪と車体との距離を変化させるような力をアクチュエータが発生させ続ける状態であり、その恒常力発生状態を制御することにより、バッテリーの放電を効果的に制御可能となる。このような作用により、本発明のサスペンションシステムは、実用的なシステムとなる。

[0006] (B) 発明の態様

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、それらの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、実施形態の記載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、各項の態様から何某か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。なお、下記(1)項ないし(21)項の各々が、請求項1ないし請求項21の各々に相当する。

[0007] (1) 車体と車輪とを弾性的に連結するサスペンションスプリングと、

そのサスペンションスプリングと並列的に設けられ、電動モータを有してその電動モータの力によって車輪と車体との接近・離間方向の力であるアクチュエータ力を発生させるとともに、その力を車体と車輪との接近・離間に対する減衰力として作用させることが可能なアクチュエータと、

前記電動モータの作動を制御することによって前記アクチュエータが発生させるアクチュエータ力を制御する制御装置と、

を備えた車両用サスペンションシステムであって、

前記制御装置が、

前記電動モータの電力供給源であるバッテリーからの電力の供給によって、前記アクチュエータが、車体と車輪とを離間させる方向と接近させる方向との一方における恒常的なアクチュエータ力である恒常的アクチュエータ力を発生させる恒常力発生状

態を実現可能とされ、かつ、前記バッテリーの充電状態に基づいてその恒常力発生状態を制御するように構成された車両用サスペンションシステム。

[0008] 本項の態様における上記恒常力発生状態は、車体と車輪とを接近あるいは離間させる力をアクチュエータが発生させつづける状態であり、その状態における恒常的アクチュエータ力は、例えば、車高を上昇あるいは減少させる力、車体を前後もしくは左右に傾斜させるあるいは傾斜を抑制する力等として機能する。この恒常力発生状態においては、バッテリーに充電された電気エネルギーがアクチュエータの有する電動モータに放出され続ける状態となる。本項の態様のように、バッテリーの充電状態に応じて恒常力発生状態を制御すれば、バッテリーの放電を効果的に制御することが可能となる。例えば、バッテリーが高い充電状態にある場合（以下、「高充電状態」という場合がある）において、具体的には、バッテリーが一杯に充電されている状態（以下、「満充電状態」という場合がある）あるいはそれに近い状態において恒常力発生状態を実現させれば、そのバッテリーが満充電状態を超えて充電される状態（以下、「過充電状態」という場合がある）を効果的に防止することが可能となる。また、逆に、バッテリーが低い充電状態にある場合（以下、「低充電状態」という場合がある）、具体的には、放出が予定されている電気エネルギーがバッテリーに殆ど残っていない状態（以下、「空充電状態」という場合がある）あるいはそれに近い状態において恒常力発生状態の実現を禁止すれば、バッテリーに蓄えられた電力の消費を抑え、空充電状態を超えて放電される状態（以下、「過放電状態」という場合がある）を効果的に防止することが可能となる。

[0009] 本項の態様における「恒常的アクチュエータ力」は、車体と車輪とを離間させる方向（以下、「リバウンド方向」という場合がある）の力であってもよく、車体と車輪とを接近させる方向（以下、「バウンド方向」という場合がある）の力であってもよい。複数のアクチュエータを備えるシステムにおいて、「恒常力発生状態」は、1のアクチュエータが発生させる恒常的アクチュエータ力が他のアクチュエータが発生させるそれと同じ方向のアクチュエータ力とされた状態であってもよく、異なる方向のアクチュエータ力とされた状態であってもよい。また、恒常力発生状態は、アクチュエータがリバウンド方向、バウンド方向のうち一方の方向のみのアクチュエータ力を発生させる状態であってもよく、当該状態の途中において、アクチュエータ力の方向が切り換わるようにされ

た状態であってもよい。つまり、恒常力発生状態においては、アクチュエータが発生させる恒常的アクチュエータ力の方向が一定であってもよく、変更されてもよいのである。また、恒常力発生状態において、恒常的アクチュエータ力は、その大きさが一定であってもよく、変更されてもよい。また、「恒常力発生状態を制御する」とは、恒常力発生状態が実現されることの可否、実現される場合のタイミング等を制御することであってもよく、恒常力発生状態が実現される場合において、恒常的アクチュエータ力の大きさ、方向等を制御することであってもよい。

[0010] なお、本項の態様は、上記バッテリーが、アクチュエータの専用電源とされ、専ら、アクチュエータが有する電動モータによって発電された電気エネルギーが充電されるよう構成された車両に適用される態様であってもよく、また、他システムの電源、例えば、ハイブリッドカー等の駆動モータの電源と共用され、そのシステムによって発電された電気エネルギーが充電されるように構成された車両に適用される態様であってもよい。後者の態様の場合、他のシステムからの発電エネルギーからの回生によるバッテリーの過充電を効果的に防止可能なシステムを構築することが可能である。ちなみに、「電動モータ」は、回転モータであってもよく、リニアモータであってもよい。

[0011] (2) 前記サスペンションスプリングと前記アクチュエータとが前後左右の4つの車輪の各々に設けられており、前記制御装置が、それら4つのアクチュエータの前記恒常的アクチュエータ力が同じ方向となる前記恒常力発生状態を実現可能とされた(1)項に記載の車両用サスペンションシステム。

[0012] (3) 前記サスペンションスプリングと前記アクチュエータとが前後左右の4つの車輪の各々に設けられており、前記制御装置が、それら4つのアクチュエータのうちの対角に位置する車輪に対応して設けられた2つのものの前記恒常的アクチュエータ力が車体と車輪とを離間させる方向となり、他の2つのものの前記恒常的アクチュエータ力が車体と車輪とを接近させる方向となる前記恒常力発生状態を実現可能とされた(1)項または(2)項に記載の車両用サスペンションシステム。

[0013] 上記2つの態様は、車両の前後左右の4車輪に対してそれぞれアクチュエータが設けられた場合において、恒常力発生状態での各アクチュエータの恒常的アクチュエータ力の方向に限定を加えた態様である。前者の態様においては、4つのアクチュエ

一タの恒常的アクチュエータ力によって、車体を上昇あるいは下降させる方向の力が付与されることになる。つまり、車高を変化させるような力を発生させつつ、バッテリーの放電が実行されることになる。それに対し、後者の態様は、車体の前輪側および後輪側が互いに逆方向に傾斜する方向の力、つまり、車体に対して振り力が付与されることとなる。車体の剛性は比較的高いため、この振り力による車体の変形は無視することができ、後者の態様によれば、車体の高さを変化させる力を実質的には発生させることなく、バッテリーの放電が実行されることになる。

[0014] (4)前記制御装置が、車体と車輪とを離間させる方向に前記恒常的アクチュエータ力を発生させる2つのアクチュエータと、車体と車輪とを接近させる方向に前記恒常的アクチュエータ力を発生させる他の2つのアクチュエータとを相互に周期的に入れ換えるようにして前記4つのアクチュエータの各々の前記恒常的アクチュエータ力を制御するものである(3)項に記載の車両用サスペンションシステム。

[0015] 本項の態様は、4つのアクチュエータのうちの対角に位置する車輪に対応して設けられた2つのアクチュエータの恒常的アクチュエータ力の方向が、バウンド方向とリバウンド方向とで周期的に変更され、一方、他の2つのアクチュエータの恒常的アクチュエータ力の方向が、上記2つのアクチュエータの恒常的アクチュエータ力の方向の逆の方向とされる態様である。簡単にいえば、車体に対して振り力を付与する場合に、車体を振る方向を周期的に変更する態様である。

[0016] 車体に対して一定方向に振り力を付与して恒常力発生状態を実現するような場合において、その状態が比較的長い間維持されると、車体が長期間、一定方向に振られることになり、例えば、車体のフレーム等に悪影響を及ぼす虞がある。本項の態様においては、恒常力発生状態を実現しつつ、車体を振る方向を周期的に変更することが可能であることから、本項の態様によれば、恒常力発生状態が比較的長い間維持されても、例えば、車体のフレーム等への悪影響を軽減することが可能となる。

[0017] また、車体に対して振り力が付与される場合には、車体の剛性は比較的高いことから、この振り力による車体の変形は殆ど無いと考えることができ、電動モータは力を発生させつつその動作が同じ位置で殆ど停止していると考えられる。電動モータが比較的長い間そのような状態とされると、電動モータがある電気角の位置から

ほとんど動かない状態となり、特定の相のコイルへの通電量が多くなることがある。このため、電動モータに悪影響をおよぼす虞がある。しかし、車体の剛性は無限ではないことから、車体を振る方向を変更すれば、車体が僅かに変形し、電動モータが僅かに動作する可能性はある。このことから、本項の態様によれば、恒常力発生状態が比較的長い間維持されても、例えば、電動モータへの影響を軽減することが可能となる。

[0018] (5)前記制御装置が、

前記4つのアクチュエータの各々の前記恒常的アクチュエータ力を発生させる方向を、車体と車輪とを離間させる方向と接近させる方向との一方から他方に切換える際に、前記4つのアクチュエータの各々の前記恒常的アクチュエータ力を漸変させるように制御するものである(4)項に記載の車両用サスペンションシステム。

[0019] 車体を振る方向を変更する際に、振る方向を急変させると、例えば、車体に対して衝撃を与える虞がある。本項の態様によれば、例えば、車体に対する振り方向の変更による影響を緩和することが可能となる。

[0020] (6)前記制御装置が、前記4つのアクチュエータの前記恒常的アクチュエータ力の大きさを常に同じにするように構成された(3)項ないし(5)項のいずれかに記載の車両用サスペンションシステム。

[0021] 本項の態様によれば、例えば、車体を殆ど傾斜させることなく、かつ、車高を変化させずに、バッテリーの放電を実行することが可能となる。

[0022] (7)前記サスペンションスプリングが、コイルスプリングである(1)項ないし(6)項のいずれかに記載の車両用サスペンションシステム。

[0023] (8)前記サスペンションスプリングが、流体の圧力を利用した流体スプリングである(1)項ないし(6)項のいずれかに記載の車両用サスペンションシステム。

[0024] 上記2つの態様は、サスペンションスプリングの具体的構造を限定した態様である。上記「流体スプリング」として、例えば、圧力室に圧縮空気が封入されたダイヤフラム式のエアスプリングや、作動油が充満するシリンダとそのシリンダと連通するアキュムレータとを含んで構成される油圧式スプリング等、種々のスプリングを採用することが可能であり、ばねレートを変更可能とされたスプリングをも採用可能である。ばねレー

トは、サスペンションスプリングの変位量に対するサスペンションスプリングへの荷重の比である所謂ばね定数のみに限定されるものでなく、例えば、サスペンションスプリングによって弾性的に連結される車体と車輪との離間距離(以下、「車体車輪間距離」という場合がある)に対するサスペンションスプリングへの荷重の比であつてもよい。つまり、恒常力発生状態において上述したところの車高を変化させるような力を恒常的アクチュエータ力として発生させる場合、スプリングがコイルスプリングであるときには、一般に、そのアクチュエータ力によって車高が変化するが、それに対して、ばねレートを変更可能な流体スプリングを採用するときには、そのばねレートの変更によって、恒常的アクチュエータ力による車高の変化をキャンセルさせることが可能となる。

[0025] (9)前記制御装置が、前記バッテリーが高充電状態にある場合において前記恒常力発生状態を強制的に実現させる高充電状態時制御を実行するものとされた(1)項ないし(8)項のいずれかに記載の車両用サスペンションシステム。

[0026] 本項に記載の態様では、上記恒常的アクチュエータ力を発生させることによって、高充電状態状態にあるバッテリーからの効果的な放電が実行される態様である。具体的には、例えば、充電状態がある閾状態以上となった場合(例えば、充電状態を示す何らかのパラメータが設定された閾値以上となった場合)に上記恒常力発生状態を実現させるような構成を採用することが可能である。本項の態様によれば、高充電状態において、バッテリーからの放電が強制的に実行されるため、例えば、バッテリーが過充電状態となることを防止することが可能となる。

[0027] (10)前記高充電状態時制御における前記恒常的アクチュエータ力の大きさが、前記バッテリーの充電状態の高さに基づいて定まる大きさとされた(9)項に記載の車両用サスペンションシステム。

[0028] (11)前記高充電状態時制御における前記恒常的アクチュエータ力の大きさが、前記アクチュエータの温度に基づいて定まる大きさとされた(9)項または(10)項に記載の車両用サスペンションシステム。

[0029] 上記2つの項に記載の態様は、恒常的アクチュエータ力の大きさに関する限定を加えた項である。2つの項の態様のうち、前者の態様には、例えば、バッテリーの充電状態が高い程、言い換えれば、満充電状態に近い程、大きな恒常的アクチュエータ

力を発生させるような態様が該当する。この態様によれば、充電状態が高い程、バッテリーからの電気エネルギーの放出量を大きくすることが可能となる。また、後者の態様には、例えば、アクチュエータの温度が高い程、恒常的アクチュエータ力を小さくする態様が該当する。アクチュエータが有する電動モータは、供給される電力が大きい程、大きなアクチュエータ力を発生させ、それに伴って、発熱量が大きくなる。電動モータがオーバーヒート状態となる場合は、電動モータが損傷を受ける可能性が高いため、アクチュエータ温度が大きい程恒常的アクチュエータ力を小さくすれば、アクチュエータを効果的に保護することが可能となる。

[0030] (12) 当該車両用サスペンションシステムが、前記アクチュエータが外部力によって動作させられた場合における前記電動モータの発電電力を前記バッテリーに回生可能に構成され、かつ、前記バッテリーが高充電状態にある場合において、その回生を制限可能に構成された(9)項ないし(11)項のいずれかに記載の車両用サスペンションシステム。

[0031] 上記高充電時制御は、平たく言えば、バッテリーが高充電状態にある場合においてバッテリーからの放電を促進するための制御と考えることが可能である。この高充電時制御の目的からすれば、本項に記載の態様のように、高充電時制御実行中は、アクチュエータが有する電動モータの発電による電力のバッテリーへの回生を制限することが望ましいのである。一般的に、電動モータがバッテリーからの電力を受けてアクチュエータ力を発生させる状態(以下、「給電依拠アクチュエータ力発生状態」という場合がある)となるか、電動モータが発電しつつアクチュエータ力を発生させる状態(以下、「発電依拠アクチュエータ力発生状態」という場合がある)となるかは、電動モータの動作速度とアクチュエータ力との関係(その電動モータ、アクチュエータに固有の関係である)によって定まる。したがって、本項に記載の態様では、例えば、上記発電依拠アクチュエータ力発生状態となる場合に、電動モータとバッテリーとの間の接続を遮断することによって、電動モータによって発電された電力のバッテリーへの回生が禁止されることになる。また、このときに、電動モータの入力端子間に抵抗を介在させ、その抵抗の抵抗値を制御することによって、発電依拠アクチュエータ力発生状態におけるアクチュエータ力を任意の大きさとすることが可能となる。なお、本項に記載の態

様は、バッテリーへの回生を完全に禁止する態様のみならず、例えば、大きな回生電力となる場合においてその回生を禁止したり、回生電力を何らかの抵抗等を介在させること等によって減少させるようにしたりすることによって、回生を抑制するような態様とすることができる。

[0032] (13)前記高充電状態時制御が、車両が走行する路面の状態と車両が走行する速度との少なくとも一方に基づいて定まる方向に前記恒常的アクチュエータ力を発生させる制御とされた(9)項ないし(12)項のいずれかに記載の車両用サスペンションシステム。

[0033] 本項の態様は、例えば、恒常的アクチュエータ力によって車体車輪間距離が変化するような態様において特に有効な態様となる。例えば、車両が、モーグル路等の悪路を走行する場合等には、車体車輪間距離を大きくすること、つまり、車高を上昇することが望まれ、リバウンド方向の恒常的アクチュエータ力を発生させることが望まれる。また、例えば、車両が比較的高速で走行する場合等には、走行の安定性に鑑み、車体車輪間距離を小さくすること、つまり、車高を減少することが望まれ、バウンド方向の恒常的アクチュエータ力を発生させることが望まれる。本項に記載の態様は、このような要求に応えるべく、路面状態、車両走行速度によって、恒常的アクチュエータ力の方向を決定する態様が含まれるのである。

[0034] (14)前記制御装置が、通常の制御から前記高充電状態時制御への移行時および前記高充電状態時制御から通常の制御への移行時において前記恒常的アクチュエータ力を漸変させるように構成された(9)項ないし(13)項のいずれかに記載の車両用サスペンションシステム。

[0035] 恒常力発生状態と恒常力発生状態ではない状態との間の移行において、恒常的アクチュエータ力が急変すれば、例えば、車両の乗員等に違和感を与える可能性が高くなる。本項の態様によれば、恒常的アクチュエータ力の急変による影響を排除あるいは緩和することが可能となる。恒常的アクチュエータ力を漸変させる具体的な手法は特に限定されるものではないが、例えば、目標となる恒常的アクチュエータ力が決定され、その目標恒常的アクチュエータ力をアクチュエータが発生させるような制御が行われる場合において、実際に発生させられている恒常的アクチュエータ力と目

標恒常的アクチュエータ力との差が設定された差以上であるときに、運転者にアクチュエータ力の変化を感じさせない程度に設定された増減分を実際に発生させられている恒常的アクチュエータ力に加えたあるいは減じた恒常的アクチュエータ力を暫定的な目標恒常的アクチュエータ力とし、その目標恒常的アクチュエータ力をアクチュエータが発生させるような制御を実行して、恒常的アクチュエータ力を漸変させることが可能である。

- [0036] なお、恒常的アクチュエータ力を漸変させるという技術的特徴は、高充電状態時制御と通常の制御との間の制御の移行といった局面においてのみならず、種々の局面におけるアクチュエータ力の急変に対しても適用することが可能である。つまり、種々の局面において本技術的特徴を採用する態様も、請求可能発明の一態様となり得るのである。
- [0037] (15)前記サスペンション Springs がばねレートを変更可能な構造のものであり、前記制御装置が、前記恒常的アクチュエータ力による車体と車輪との離間距離の変化を抑制すべく前記サスペンション Springs のばねレートを変更するように構成された(9)項ないし(14)項のいずれかに記載の車両用サスペンションシステム。
- [0038] 本項に記載の態様は、先に説明したエア Springs 等の流体 Springs を備えたシステムにおいて有効な態様であり、恒常的アクチュエータ力によって車体車輪間距離が変化する場合において、その Springs のばねレートを変更することで、車体車輪間距離の変動、つまり、車高の変動を効果的に無くすあるいは減少させることを可能とする態様である。本項におけるばねレートの変更制御は、例えば、上述した制御の移行時において好適である。
- [0039] (16)前記サスペンション Springs のばねレートの変更によって車体と車輪との離間距離の変化を抑制しつつ前記恒常的アクチュエータ力を変更する場合において、前記恒常的アクチュエータ力を増加させるときのその力の変化勾配が、減少させるときの変化勾配より大きくされた(15)項に記載の車両用サスペンションシステム。
- [0040] エア Springs 等の流体 Springs では、一般的に、流体量を増加させて車体車輪間距離を増大させる場合のほうが、流体量を減少させて車体車輪間距離を減少させる場合に比べて、長い時間がかかる。本項に記載の態様は、そのことに考慮して、恒

常的アクチュエータ力の変化の緩急の程度を変更する態様であり、本項の態様によれば、恒常的アクチュエータ力によって生じる車体車輪間距離の変動を効果的に抑制することが可能となる。

- [0041] (17)前記制御装置が、前記アクチュエータの温度が高い場合において前記高充電状態時制御の実行を制限するものとされた(9)項ないし(16)項のいずれかに記載の車両用サスペンションシステム。
- [0042] 先に説明したように、恒常力発生状態では、アクチュエータが有する電動モータの発熱が大きく、電動モータに悪影響を与える可能性が高い。本項の態様によれば、そのような悪影響を効果的に排除あるいは緩和することが可能となる。本項にいう「高充電状態時制御の実行を制限する」とは、例えば、設定閾温度より高くなった場合に、高充電状態時制御の実行を禁止するような態様が含まれ、また、例えば、実行を完全に禁止するのではなく、実行する時間を短縮するような態様も含まれる。
- [0043] (18)前記制御装置が、前記高充電状態時制御の設定継続許容時間を超えた継続を禁止するものとされた(9)項ないし(17)項のいずれかに記載の車両用サスペンションシステム。
- [0044] (19)前記制御装置が、前記高充電状態時制御の設定再開禁止時間経過前における再開を禁止するものとされた(9)項ないし(18)項のいずれかに記載の車両用サスペンションシステム。
- [0045] 上記2つの項に記載の態様は、いずれも、高充電状態時制御の実行を制限する一態様である。先に説明したように、長い間恒常力発生状態を継続した場合や、時間を置かず頻繁に恒常力発生状態とされる場合には、電動モータの発熱による影響が深刻となる。上記2つの項に記載の態様によれば、恒常力発生状態とされる時間を効果的に制限することが可能となる。本項に記載の態様は、アクチュエータ温度が高い場合に有効な態様となる。なお、上記「設定継続許容時間」、「設定再開禁止時間」は、一定の長さに設定された時間であってもよく、アクチュエータ温度等の何らかのパラメータに応じて変更可能に設定される時間であってもよい。ちなみに、上記2つの項を組み合わせた態様によれば、高充電状態時制御を間欠的に実行することが可能である。

- [0046] (20)前記制御装置が、前記バッテリーが高充電状態にある場合において前記高充電状態時制御の実行が制限された場合に、車両が備える放電手段によって前記バッテリーの充電状態を低下させるように構成された(9)項ないし(19)項のいずれかに記載の車両用サスペンションシステム。
- [0047] 本項に記載の態様によれば、高充電状態において、恒常力発生状態を利用したバッテリーの放電を実行し得ない場合であっても、効果的なバッテリーの放電が担保されることとなる。本項の態様における「放電手段」は、バッテリーに接続されてその電力を消費する抵抗器のようなものであってもよく、また、バッテリーがハイブリッドカーの駆動モータの電源としても機能するような場合に、エンジンによる車両の駆動に代えて電動モータによる車両の駆動を強制的に実行させることによって構成される手段であってもよい。
- [0048] (21)前記制御装置が、バッテリーが低充電状態にある場合において、前記恒常力発生状態の実現を制限するように構成された(1)項ないし(20)項のいずれかに記載の車両用サスペンションシステム。
- [0049] 上述したように、恒常力発生状態は、バッテリーからの放電を伴う状態とされるため、バッテリーの充電状態が低い状態において恒常力実現状態を実現させれば、バッテリーに充電されている電気エネルギーの残量が異常に減少する事態を招き、また、場合によっては、バッテリーが過放電状態となる事態を招くことにもなりかねない。本項の態様によれば、バッテリーの充電状態が低い状態において恒常力発生状態が実現させることによる弊害を、効果的に、防止あるいは抑制することが可能となる。本項における「恒常力発生状態の実現を制限する」とは、恒常力発生状態となることを禁止することに限定されず、恒常的アクチュエータ力を小さくする等、恒常力発生状態の程度を低くすることであってもよい。また、具体的には、例えば、充電状態がある閾状態以下となった場合(例えば、充電状態を示す何らかのパラメータが設定された閾値以下となった場合)に上記恒常力発生状態を禁止するような構成を採用することが可能である。
- [0050] 本項の態様は、具体的に言えば、アクチュエータ力によって車高調整が可能とされたシステムにおいて、そのアクチュエータ力による車高調整を制限するような態様と

することができる。また、そのシステムが、左右あるいは前後のアクチュエータによるアクチュエータ力のある程度の時間互いに逆方向に発生させることで車体のロール、ピッチを抑制するような制御を実行可能とされている場合、それらロール抑制制御、ピッチ抑制制御を、車高調整に準ずる制御、つまり、準恒常力発生状態となる制御として、車高調整とともに制限するような態様とすることも可能である。

- [0051] ロール抑制制御、ピッチ抑制制御は、何某かの電力の消費を伴う制御であるため、それらの制御を禁止することは、恒常力発生状態の実現の制限の有無に拘わらず、バッテリーの電力消費を抑制する効果を有する。したがって、上記アクチュエータを有するサスペンションシステムにおいて、低充電状態時に、恒常力発生状態の実現を制限することなくロール抑制制御とピッチ抑制制御との少なくとも一方を禁止するという技術的特徴を採用する態様も、請求可能発明の一態様となり得る。

図面の簡単な説明

- [0052] [図1]第1実施形態の車両用サスペンションシステムの全体構成を示す模式図である。
- [図2]第1実施形態の車両用サスペンションシステムが備えるスプリング・アブソーバ Assyを示す正面断面図である。
- [図3]第1実施形態の車両用サスペンションシステムが備えるスプリング・アブソーバ Assyとエア量調整装置とを示す模式図である。
- [図4]車両走行の際の振動減衰アクチュエータ力成分、ロール抑制アクチュエータ力成分、ピッチ抑制アクチュエータ力成分の発生状況と、それらの成分が合計された目標アクチュエータ力の変化の様子を、時間の経過を横軸にとったチャートである。
- [図5]電動モータの回転速度とトルクとの関係を示すグラフである。
- [図6]バッテリーの充電量とそれに依拠するゲインとの関係、および、電動モータの温度とそれに依拠するゲインとの関係を示すグラフである。
- [図7]時間の経過に依拠し、恒常的アクチュエータ力を漸増させるための関数を示すグラフである。
- [図8]高充電状態時制御における車両走行の際の振動減衰アクチュエータ力成分、ロール抑制アクチュエータ力成分、ピッチ抑制アクチュエータ力成分、恒常力成分の

発生状況と、それらの成分が合計された目標アクチュエータ力の変化の様子を、時間の経過を横軸にとったチャートである。

[図9]時間の経過に依拠し、恒常的アクチュエータ力を漸減させるための関数を示すグラフである。

[図10]高充電状態時制御から通常制御へ移行する際の恒常力成分の変化の様子を、時間の経過を横軸にとったチャートである。

[図11]間欠的に高充電状態時制御が実行されている際の目標アクチュエータ力の変化の様子を、時間の経過を横軸にとったチャートである。

[図12]第1実施形態の車両用サスペンションシステムが備える可変抵抗器を示す模式図である。

[図13]第1実施形態の車両用サスペンションシステムの制御において実行される車高調整制御プログラムを示すフローチャートである。

[図14]車高調整制御プログラムにおいて実行される目標車高決定サブルーチンを示すフローチャートである。

[図15]第1実施形態の車両用サスペンションシステムの制御において実行されるアクチュエータ制御プログラムを示すフローチャートである。

[図16]アクチュエータ制御プログラムにおいて実行される通常アクチュエータ力成分決定サブルーチンを示すフローチャートである。

[図17]アクチュエータ制御プログラムにおいて実行される通常制御サブルーチンを示すフローチャートである。

[図18]アクチュエータ制御プログラムにおいて実行される高充電状態時制御サブルーチンを示すフローチャートである。

[図19]通常制御において恒常力が漸減している途中に、通常制御から高充電状態時制御へ移行する際の恒常力成分の変化の様子を、時間の経過を横軸にとったチャートである。

[図20]高充電状態時制御において恒常力が漸増している途中に、高充電状態時制御から通常制御へ移行する際の恒常力成分の変化の様子を、時間の経過を横軸にとったチャートである。

[図21]アクチュエータ制御プログラムにおいて実行される給電・発電決定及びモータ作動制御サブルーチン、および、放電手段制御サブルーチンを示すフローチャートである。

[図22]第1実施形態の車両用サスペンションシステムの制御を司るサスペンション電子制御装置の機能を示すブロック図である。

[図23]第2実施形態の車両用サスペンションシステムの全体構成を示す模式図である。

[図24]第2実施形態の車両用サスペンションシステムが備えるスプリング・アブソーバ Assyを示す正面断面図である。

[図25]左前輪と右後輪との各々に設けられた各アクチュエータに対応する恒常力成分、および、右前輪と左後輪との各々に設けられた各アクチュエータに対応する恒常力成分の変化と、車高の変化との関係を、時間の経過を横軸とするチャートである。

[図26]第2実施形態の車両用サスペンションシステムの制御において実行されるアクチュエータ制御プログラムを示すフローチャートである。

[図27]アクチュエータ制御プログラムにおいて実行される恒常力決定サブルーチンを示すフローチャートである。

[図28]第3実施形態の車両用サスペンションシステムの全体構成を示す模式図である。

[図29]第3実施形態の車両用サスペンションシステムの制御において実行されるアクチュエータ制御プログラムを示すフローチャートである。

[図30]時間の経過に依拠し、恒常的アクチュエータ力の方向を周期的に変更させるとともに恒常的アクチュエータ力を漸変させるための関数を示すグラフである。

[図31]左前輪と右後輪との各々に設けられた各アクチュエータに対応する恒常力成分、および、右前輪と左後輪との各々に設けられた各アクチュエータに対応する恒常力成分の変化と、車高の変化との関係を、時間の経過を横軸とするチャートである。

[図32]第4実施形態の車両用サスペンションシステムの制御において実行されるアクチュエータ制御プログラムを示すフローチャートである。

発明を実施するための最良の形態

[0053] 以下、請求可能発明のいくつかの実施形態を、図を参照しつつ詳しく説明する。なお、請求可能発明は、下記実施形態の他、前記[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種々の態様で実施することができる。

[0054] <第1実施形態>

1. サスペンションシステムの構成および機能

図1に、第1実施形態の車両用サスペンションシステム10を模式的に示す。本サスペンションシステム10は、前後左右の車輪12の各々に対応する独立懸架式の4つのサスペンション装置を備えており、それらサスペンション装置の各々は、サスペンションスプリングとショックアブソーバとが一体化されたスプリング・アブソーバAssy20を有している。車輪12、スプリング・アブソーバAssy20は総称であり、4つの車輪のいずれに対応するものであるかを明確にする必要のある場合には、図に示すように、車輪位置を示す添え字として、左前輪、右前輪、左後輪、右後輪の各々に対応するものにFL, FR, RL, RRを付す場合がある。

[0055] スプリング・アブソーバAssy20は、図2に示すように、車輪12を保持する車輪保持部材としてのサスペンションロアアーム22と車体に設けられたマウント部24との間に、それらを連結するようにして配設された電磁式ショックアブソーバとしてのアクチュエータ26と、それと並列的に設けられたサスペンションスプリングとしての流体スプリング(本実施形態においては、流体としてエアが利用されていることから、以下、「エアスプリング」という場合がある)28とを備えている。

[0056] アクチュエータ26は、アウターチューブ30と、そのアウターチューブ30に嵌入してアウターチューブ30の上端部から上方に突出するインナチューブ32とを含んで構成されている。アウターチューブ30は、その下端部に設けられた取付部材34を介してロアアーム22に連結され、一方、インナチューブ32は、その上端部に形成されたフランジ部36においてマウント部24に連結されている。アウターチューブ30には、その内壁面にアクチュエータ26の軸線の延びる方向(以下、「軸線方向」という場合がある)に延びるようにして1対のガイド溝38が設けられるとともに、それらのガイド溝38の各々には、インナチューブ32の下端部に付設された1対のキー40の各々が嵌ま

ようにされており、それらガイド溝38およびキー40によって、アウターチューブ30とインナチューブ32とが、相対回転不能、軸線方向に相対移動可能とされている。ちなみに、アウターチューブ30の上端部には、シール42が付設されており、後に説明する圧力室44からのエアの漏れが防止されている。

[0057] また、アクチュエータ26は、ねじ溝が形成されたねじロッド50と、ベアリングボールを保持してそのねじロッド50と螺合するナット52とを含んで構成されたボールねじ機構と、電動モータ54(3相のDCブラシレスモータであり、以下、単に「モータ54」という場合がある)とを備えている。モータ54はモータケース56に固定して収容されるとともに、そのモータケース56の鏝部がマウント部24の上面側に固定されており、モータケース56の鏝部にインナチューブ32のフランジ部36が固定されていることで、インナチューブ32は、モータケース56を介してマウント部24に連結されている。モータ54の回転軸であるモータ軸58は、ねじロッド50の上端部と一体的に接続されている。つまり、ねじロッド50は、モータ軸58を延長する状態でインナチューブ32内に配設され、モータ54によって回転させられる。一方、ナット52は、ねじロッド50と螺合させられた状態で、アウターチューブ30の内底部に付設されたナット支持筒60の上端部に固定支持されている。

[0058] エアスプリング28は、車体24に固定されたハウジング70と、アクチュエータ26のアウターチューブ30に固定されたエアピストン72と、それらを接続するダイヤフラム74とを備えている。ハウジング70は、概して有蓋円筒状をなし、蓋部76に形成された穴にアクチュエータ26のインナチューブ32を貫通させた状態で、蓋部76の上面側においてマウント部24の下面側に固定されている。エアピストン72は、概して円筒状をなし、アウターチューブ30を嵌入させた状態で、アウターチューブ30の上部に固定されている。それらハウジング70とエアピストン72とは、ダイヤフラム74によって気密性を保ったまま接続されており、それらハウジング70とエアピストン72とダイヤフラム74とによって圧力室44が形成されている。その圧力室44には、圧縮エアが封入されている。このような構造から、エアスプリング28は、その圧縮エアの弾性力によって、ロアアーム22とマウント部24、つまり、車輪12と車体とを弾性的に支持しているのである。

[0059] 車体と車輪12とが接近・離間する場合、アウターチューブ30とインナチューブ32と

は、軸線方向に相対運動する。その相対運動に伴って、ねじロッド50とナット52とが軸線方向に相対運動するとともに、ねじロッド50がナット52に対して回転する。モータ54は、ねじロッド50に回転トルクを付与可能とされ、この回転トルクによって、車体と車輪12との接近・離間に対して、その接近・離間を阻止する方向の抵抗力を発生させることが可能とされている。この抵抗力が、車体と車輪12との接近・離間に対する減衰力となることで、アクチュエータ26は、ショックアブソーバとして機能する。すなわち、車体と車輪12との接近・離間方向のアクチュエータ力を減衰力として作用させることが可能とされているのである。また、アクチュエータ26は、アクチュエータ力によって、車体と車輪12とを接近・離間させる機能をも有している。この機能により、旋回時の車体のロール、加速・減速時の車体のピッチ等を効果的に抑制することが可能とされている。

[0060] なお、アウトチューブ30の上端内壁面には環状の緩衝ゴム77が貼着されており、アウトチューブ30の内部底壁面にも緩衝ゴム78が貼着されている。車体と車輪12とが接近・離間する際、それらが離間する方向(以下、「リバウンド方向」という場合がある)にある程度相対移動した場合には、キー40が緩衝ゴム77を介してアウトチューブ30の縁部79に当接し、逆に、車体24と車輪12とが接近する方向(以下、「バウンド方向」という場合がある)にある程度相対移動した場合には、ねじロッド50の下端が緩衝ゴム78を介してアウトチューブ30の内部底壁面に当接するようになっている。つまり、スプリング・アブソーバAssy20は、車輪12と車体との接近・離間に対するストoppa(いわゆるバウンドストoppa, リバウンドストoppa)を有しているのである。

[0061] サスペンションシステム10には、各スプリング・アブソーバAssy20が有するエアスプリング28の圧力室44に接続されてその圧力室44のエア量を調整するエア量調整装置80が備えられている。エア量調整装置80は、図3に示すように、コンプレッサ82, ドライヤ84, 流通制限装置86, 高圧タンク88, 個別制御弁装置90等を含んで構成されている。コンプレッサ82は、ポンプ92, ポンプモータ94, フィルタ96, 逆止弁98, 100を備え、ポンプモータ94の作動によりフィルタ96, 逆止弁100を経て大気からエアを吸入し、そのエアを加圧して逆止弁98を介して吐出する。そのコンプレッサ82と個別制御弁装置90とは、共通通路102によって接続されている。共通通路102に

は、圧縮エアの水分を除去するドライヤ84, 絞り104と逆止弁106とが互いに並列に設けられた流通制限装置86, 共通通路102内のエア圧を検出する圧力センサ108が接続され、また、高圧タンク88が常閉の電磁式開閉弁である蓄圧制御弁110を介して接続されている。さらに、共通通路102には、逆止弁98とドライヤ84との間に、常閉の電磁式開閉弁である排気制御弁112が接続されている。また、個別制御弁装置90は、各スプリング・アブソーバAssy20の圧力室44に対応して、4つの常閉の電磁式開閉弁である個別制御弁114を備えており、それら個別制御弁114の各々は、各サスペンション装置の備えるエアスプリング28の圧力室44と共通通路102とをそれぞれ接続する各個別通路116に設けられている。

[0062] 上述の構造から、本サスペンションシステム10は、エア量調整装置80によって、エアスプリング28の圧力室44内のエア量を変化させることが可能とされており、エアスプリング28の圧力室44内のエア量を変化させることでエアスプリング28のばねレートを変化させている。ばねレートは、エアスプリング28によって弾性的に連結される車輪12と車体24との離間距離(以下、「車体車輪間距離」という場合がある)に対するエアスプリング28への荷重の比であり、そのばねレートの変化によって、車体車輪間距離を変化させることが可能とされている。具体的に言えば、圧力室44のエア量を増加させてばねレートを小さくすることで、車体車輪間距離を増大させ、逆に、圧力室44のエア量を減少させてばねレートを大きくすることで、車体車輪間距離を減少させることが可能とされている。

[0063] 本サスペンションシステム10を搭載する車両においては、図1に示すように、駆動システムとして、ハイブリッドシステム120が採用されている。ハイブリッドシステム120は、エンジン122, 電動モータである駆動モータ124, 発電機126, 動力分割機構128等を含んで構成されている。(図1では、それぞれ「ENG」, 「MO」, 「GEN」, 「P」と表されている)。本ハイブリッドシステム120は、車両の走行状態等に応じてエンジン122と駆動モータ124との少なくとも一方によって、動力分割機構128を介して駆動輪としての前輪12FR, FLを駆動させるように構成されており、駆動モータ124による駆動の際に、その駆動モータ124には、コンバータ132と駆動回路としてのインバータ134とを介して、電源としてのバッテリー130から電力が供給され、一方、制動時

には、駆動輪12FR, FLの回転が動力分割機構128を介して駆動モータ124に伝達され、駆動モータ124が回転させられて発電機として機能し、駆動モータ124によって発電された電力がバッテリー130に回生される。また、エンジン122によって動力分割機構128を介して、発電機126が作動させられる場合には、発電機126によって発電された電力がバッテリー130に充電される。なお、コンバータ132は、双方向に通電可能なコンバータとされ、昇圧して電力をバッテリー130から駆動モータ124に供給するとともに、降圧して電力を駆動モータ124等からバッテリー130に回生することが可能な構造とされている。

[0064] また、本サスペンションシステム10には、スプリング・アブソーバAssy20の作動を制御する制御装置として、サスペンション電子制御ユニット(サスペンションECU)140が設けられている。このサスペンションECU140は、アクチュエータ26の作動、つまり、アクチュエータ力を制御する制御装置としてのアクチュエータ電子制御ユニット(アクチュエータECU)142と、エアスプリング28の作動、つまり、エア量調整装置80を制御する制御装置としての車高調整電子制御ユニット(車高調整ECU)144とを備えている。車高調整ECU144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たコントローラ146と、エア量調整装置80の駆動回路としてのドライバ148とを有している。エア量調整装置80が有する各制御弁等114には、そのドライバ148とコンバータ150とを介して、前述のバッテリー130から電力が供給される。また、コントローラ146には、車両走行速度(以下、「車速」と略す場合がある)を検出するための車速センサ151, 各車輪12と車体24との距離を検出する4つのストロークセンサ152, 運転者の操作によって車高を変更するための車高変更スイッチ154が接続されている。(図1では、それぞれ「v」、「St」、「HSw」と表されている)。コントローラ146のコンピュータが備えるROMには、後に説明するところの車高調整に関するプログラム, 各種のデータ等が記憶されている。なお、本サスペンションシステム10では、運転者の選択可能な設定車高は、設定標準車高(Mid車高), 設定標準車高より高い車高として設定された設定高車高(Hi車高), 設定標準車高より低い車高として設定された設定低車高(Low車高)の3つが設定されており、運転者の車高変更スイッチ154の操作によって所望の設定車高に選択的に変更される。この車高変更スイッ

チ154は、設定車高を段階的に高い側の設定車高あるいは低い側の設定車高にシフトさせるような指令、つまり、車高増加指令あるいは車高減少指令が発令される構造とされている。

[0065] 一方、アクチュエータECU142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コントローラ160と、各スプリング・アブソーバAssy20のアクチュエータ26が有するモータ54に対応する駆動回路としてのインバータ162とを有している。各モータ54は、第1切換スイッチ164(図では、「C1Sw」と表示されている)を介して、抵抗値が可変とされた可変抵抗器166(図では、「CR」と表示されている)と、コンバータ168を介してバッテリー130に繋がる各インバータ162とに選択的に接続されるようにされている。なお、コンバータ168は、上述のコンバータ132と同様に、双方向に通電可能なコンバータとされている。コントローラ160は、インバータ162、第1切換スイッチ164、可変抵抗器166と接続され、それらを制御することで、アクチュエータ26のアクチュエータ力を制御するものとされている。なお、モータ54は定電圧駆動されることから、モータ54への供給電力量は、供給電流量を変更することによって変更され、モータ54の力は、その供給電流量に応じた力となる。ちなみに、供給電流量は、各インバータ162がPWM(Pulse Width Modulation)によるパルスオン時間とパルスオフ時間との比(デューティ比)を変更することによって行われる。コントローラ160には、さらに、上記車速センサ151とともに、ステアリングホイールの操作角を検出するための操作角センサ170、車体に実際に発生する横加速度である実横加速度を検出する横加速度センサ172、車体に実際に発生する前後加速度である実前後加速度を検出する前後加速度センサ174、アクセルスロットルの開度を検出するスロットルセンサ176、ブレーキのマスタシリンダ圧を検出するブレーキ圧センサ178、モータ54の回転角を検出する回転角センサ180、モータ54の温度を検出する温度センサ182、バッテリー130の充電量を検出するための充電量センサ184が接続されている。(図1では、それぞれ「 δ 」、「Gy」、「Gzg」、「Sr」、「Br」、「 ω 」、「T」、「E」と表されている)。コントローラ160のコンピュータが備えるROMには、後に説明するところのアクチュエータ力の制御に関するプログラム、各種のデータ等が記憶されている。なお、コントローラ146とコントローラ160とは、互いに通信可能とされている。ま

た、バッテリー130は、第2切換スイッチ186(図では、「C2Sw」と表示されている)を介して、後述する放電用抵抗器188(図では、「R」と表示されている)に選択的に接続されるようにされている。

[0066] 2. サスペンションシステムの制御

本サスペンションシステム10では、4つのアクチュエータ26をそれぞれ独立して制御することが可能となっている。つまり、アクチュエータ力が、それぞれ、独立して制御されて、車輪と車体との相対振動を減衰する制御(以下、「振動減衰制御」という場合がある)、車体のロールを抑制する制御(以下「ロール抑制制御」という場合がある)、車体のピッチを抑制する制御(以下、「ピッチ抑制制御」という場合がある)が実行される。また、エアスプリング28によって車体車輪間距離を調整する制御(以下、「車高調整制御」という場合がある)が実行される。上記振動減衰制御、ロール抑制制御、ピッチ抑制制御は、アクチュエータ力を、それぞれ、減衰力、ロール抑制力、ピッチ抑制力として作用させることによって実行される。詳しく言えば、振動減衰制御、ロール抑制制御、ピッチ抑制制御の各制御ごとのアクチュエータ力である振動減衰アクチュエータ力成分、ロール抑制アクチュエータ力成分、ピッチ抑制アクチュエータ力成分を合計した目標アクチュエータ力を決定し、アクチュエータ26が、その目標アクチュエータ力を発生させるように制御されることで一元的に実行される。また、車高調整制御は、エアスプリング28のエア量を変化させるエア量調整装置80を制御することで実行される。以下に、振動減衰制御、ロール抑制制御、ピッチ抑制制御の各々を、それら各々におけるアクチュエータ力成分の決定方法を中心に詳しく説明するとともに、アクチュエータ力を制御するためのモータ54の作動制御を詳しく説明し、さらに、車高調整制御を、エア量調整装置80の作動を中心に詳しく説明する。なお、以下の説明において、アクチュエータ力およびその成分は、リバウンド方向が正の値、バウンド方向が負の値となるものとして扱うことにする。

[0067] i) 振動減衰制御

振動減衰制御では、車輪と車体との相対振動の速度に応じた大きさのアクチュエータ力を発生させるべく、振動減衰アクチュエータ力成分 F_G が決定される。具体的には、車輪と車体との相対速度の指標値として、モータ54に設けられている回転角セ

ンサ180の検出値から得られたモータ54の回転速度Vに基づき、次式に従って、振動減衰アクチュエータ力成分 F_G が演算される。

$$F_G = C \cdot V \quad (C: \text{減衰係数})$$

なお、振動減衰アクチュエータ力成分 F_G は、他の手法で決定することも可能である。例えば、車体のマウント部に設けられた縦加速度センサによって検出される車体の縦加速度に基づき計算される車体の振動速度 V_U と、車輪保持部に設けられた縦加速度センサによって検出される車輪の縦加速度に基づき計算される車輪の振動速度 V_L とに基づいて、次式に従って決定することも可能である。

$$F_G = C_U \cdot V_U - C_L \cdot V_L \quad (C_U, C_L: \text{減衰係数})$$

[0068] ii) ロール抑制制御

ロール抑制制御では、車両の旋回時において、その旋回に起因するロールモーメントに応じて、旋回内輪側のアクチュエータ26にバウンド方向のアクチュエータ力を、旋回外輪側のアクチュエータ26にリバウンド方向のアクチュエータ力を、それぞれ、ロール抑制力として発生させる。具体的に言えば、まず、車体が受けるロールモーメントを指標する横加速度として、ステアリングホイールの操舵角 δ と車両走行速度 v に基づいて推定された推定横加速度 G_{yc} と、実測された実横加速度 G_{yr} とに基づいて、制御に利用される横加速度である制御横加速度 G_{y^*} が、次式に従って決定され、

$$G_{y^*} = K_A \cdot G_{yc} + K_B \cdot G_{yr} \quad (K_A, K_B \text{ はゲイン})$$

そのように決定された制御横加速度 G_{y^*} に基づいて、ロール抑制アクチュエータ力成分 F_R が決定される。コントローラ160内には制御横加速度 G_{y^*} をパラメータとするロール抑制アクチュエータ力成分 F_R のマップデータが格納されており、そのマップデータを参照して、ロール抑制アクチュエータ力成分 F_R が決定される。

[0069] iii) ピッチ抑制制御

ピッチ抑制制御では、車体の制動時に発生する車体のノーズダイブに対しては、そのノーズダイブを生じさせるピッチモーメントに応じて、前輪側のアクチュエータ26FL, FRにリバウンド方向のアクチュエータ力を、後輪側のアクチュエータ26RL, RRがバウンド方向のアクチュエータ力をそれぞれピッチ抑制力として発生させることで、そのノーズダイブが抑制され、車体の加速時に発生する車体のスクワットに対しては、

そのスクワットを生じさせるピッチモーメントに応じて、後輪側のアクチュエータ26RL, RRにリバウンド方向のアクチュエータ力を、前輪側のアクチュエータ26FL, FRがバウンド方向のアクチュエータ力をピッチ抑制力として発生させることで、そのスクワットが抑制される。具体的には、車体が受けるピッチモーメントを指標する前後加速度として、実測された実前後加速度 G_{zg} が採用され、その実前後加速度 G_{zg} に基づいて、ピッチ抑制アクチュエータ力成分 F_P が、次式に従って決定される。

$$F_P = K_C \cdot G_{zg} \quad (K_C \text{ はゲイン})$$

[0070] iv) アクチュエータ力とモータの作動制御

上述のように振動減衰アクチュエータ力成分 F_G , ロール抑制アクチュエータ力成分 F_R , ピッチ抑制アクチュエータ力成分 F_P が決定されると、次式に従って目標アクチュエータ力 F_A が決定され、

$$F_A = F_G + F_R + F_P$$

決定された目標アクチュエータ力 F_A を発生させるようにアクチュエータ26が制御される。図4に、実際の車両走行における振動減衰アクチュエータ力成分 F_G , ロール抑制アクチュエータ力成分 F_R , ピッチ抑制アクチュエータ力成分 F_P が発生する様子と、それらの成分が合計された目標アクチュエータ力 F_A の変化の様子を、時間 t の経過を横軸にとったチャートにて、模式的に示す。この図から解るように、振動抑制制御, ロール抑制制御, ピッチ抑制制御は、それぞれ、状況に応じて個別的になされ、それらの制御が同時期に実行される場合には、実行されている制御による成分の和となる目標アクチュエータ力 F_A が、アクチュエータ26によって発生させられることになる。

[0071] 目標アクチュエータ力 F_A を発生させるためのモータ54の作動制御は、インバータ162によって行われる。詳しく言えば、コントローラ160によって、目標アクチュエータ力 F_A をモータ54によって発生させるための制御信号がインバータ162に出力され、インバータ162によって、モータ54の作動が制御される。具体的には、そのインバータ162の有するスイッチング素子の切換えが、モータ54の回転角に基づき、目標アクチュエータ力 F_A の発生方向に応じたパターンとなるように、かつ、目標アクチュエータ力 F_A の大きさに応じたデューティ比となるように行われる。その際に依拠するモータ54の回転角 ω は、回転角センサ180によって検出された値が採用される。

[0072] モータ54の作動状態は、モータ54がバッテリー130からの電力を受けてアクチュエータ力を発生させている状態(以下、「給電依拠アクチュエータ力発生状態」という場合がある)と、モータ54が発電しつつアクチュエータ力を発生させている状態(以下、「発電依拠アクチュエータ力発生状態」という場合がある)との2つが存在し、それらのいずれの状態となるかは、モータ54の回転速度とアクチュエータ力との関係によって定まる。図5に、モータ54の回転速度 V とアクチュエータ力に対応するモータ54のトルク T_q との関係を概念的に示す。この図における領域(a)および領域(b)は、モータ54の回転方向とは反対方向にトルク T_q を発生させる領域であり、領域(c)は、モータ54の回転方向にトルク T_q を発生させる領域である。領域(a)と領域(b)とを区画する線は、短絡特性線であり、モータ54の各相への通電端子を相互に短絡させた場合の特性、すなわち、いわゆる短絡制動させた場合に得られるモータ54の回転速度 V とトルク T_q の大きさとの関係を示す特性線である。この短絡特性線の下方に存在する領域(a)は、いわゆる回生制動領域であり、モータ54が、発電機として機能し、起電力に依拠して、制動トルクを発生させるとともに発電した電力を電源に回生可能な領域となる。また、短絡特性線の上方に存在する領域(b)は、いわゆる逆転制動領域であり、モータ54が電源から電力の供給を受けて制動トルクを発生させる領域となる。また、領域(c)は、モータ54が電源から電力の供給を受けてモータを回転させるあるいはモータ54の回転を助勢するトルクを発生させる領域となる。

[0073] 振動減衰アクチュエータ力成分 F_g の決定のための上記式から解るように、その成分 F_g は、モータ54の回転速度 V をパラメータとする1次式で決定され、その決定式は、図5において、破線で示す特性線としてグラフ化することができる。上記式の減衰係数 C は、この特性線の傾きを示しており、上述の短絡特性線より小さな傾きとなるような値に設定されている。したがって、振動減衰アクチュエータ力成分 F_g の特性線は、上記領域(a)内に存在しており、アクチュエータ26が振動減衰制御のみを行っている場合には、専ら、発電依拠アクチュエータ力発生状態においてアクチュエータ力を発生させることとなる。それに対して、ロール抑制制御、ピッチ抑制制御は、モータ54の回転速度 V に依拠しないアクチュエータ力を発生させる制御であり、また、振動減衰制御はモータ54の回転速度 V が速くない状態で比較的大きなアクチュエータ力

を発生させる制御である。そのことから、ロール抑制制御、ピッチ抑制制御のみを行っている場合には、モータ54は、概ね、上記領域(b)あるいは領域(c)において力を発生させ、アクチュエータ26は、給電依拠アクチュエータ力発生状態においてアクチュエータ力を発生させることとなる。なお、振動抑制制御とロール抑制制御、ピッチ抑制制御とが同時に行われる場合には、その時点でのアクチュエータ力とモータ54の回転速度Vとの関係に応じて、領域(a)～(c)のいずれかの領域においてモータ54は力を発生させることになり、アクチュエータ26は給電依拠アクチュエータ力発生状態と給電依拠アクチュエータ力発生状態とのいずれかの状態においてアクチュエータ力を発生させることとなる。

[0074] v) 車高調整制御

車高調整制御では、原則的に運転者の意思に基づいて設定された車高と実際の車高との関係に応じて、エアスプリング28の圧力室44のエア量が調整されることで、車高が調整される。詳しく言えば、コントローラ146内に設定された車高に応じた設定車体車輪間距離が格納されており、その設定車体車輪間距離とストロークセンサ152により検出される実車体車輪間距離とが比較され、車高を上げる必要がある場合の車高調整(以下、「車高増加調整」という場合がある)においては、蓄圧制御弁110が開弁されるとともにポンプモータ94が作動させられ、個別制御弁114が開弁されることで、圧縮エアが個別通路116を通過して圧力室44に流入する状態とされる。実際の車高が目標車高となるまで、その状態が維持され、実際の車高が目標車高となった場合は、個別制御弁114と蓄圧制御弁110とが閉弁される。逆に、車高を下げる必要がある場合の車高調整(以下、「車高減少調整」という場合がある)においては、排気制御弁112が開弁されるとともに、個別制御弁114が開弁されることで、圧力室44から圧縮エアが大気に排気される状態とされる。実際の車高が目標車高となるまで、その状態が維持され、実際の車高が目標車高となった場合は、個別制御弁114が閉弁され、排気制御弁112が閉弁される。また、車高を変化させる必要がない場合の車高調整(以下、「車高維持調整」という場合がある)においては、蓄圧制御弁110、排気制御弁112、個別制御弁114のいずれもが閉弁される。ただし、車高増加調整、車高減少調整は、特定の禁止条件を充足する場合には、実行が禁止される。具

体的には、車体にロールモーメント、ピッチモーメントが作用していること、車体と車輪との相対振動が発生していること、4輪の車体車輪間距離が揃っていないことの1つでも充足すると、車高調整が禁止される。なお、ポンプモータ94の作動は、圧力センサ108によって検出される共通通路102のエア圧、つまり、高圧タンク88のエア圧が設定された圧力(車高を上げるための作動が実行可能な程度の圧力として設定されている)となるように制御される。

[0075] 3. 高充電状態時制御

本サスペンションシステム10を搭載する車両においては、上述のようにハイブリッドシステム120が搭載され、動力源としての駆動モータ124、エンジン122等からバッテリー130に電力が回生可能とされており、バッテリー130の充電状態が高充電状態となる場合がある。このような場合に、バッテリー130が過充電状態となることを回避すべく、バッテリー130に蓄えられた電気エネルギーを放出させることが必要となる。本サスペンションシステム10においては、バッテリー130が高充電状態ではない場合には、通常制御として、上述した制御が実行されるが、バッテリー130の充電状態が高充電状態である場合には、高充電状態時制御として、バッテリー130の電力を消費させるべく、強制的にアクチュエータ力を恒常的に発生させるような制御が実行される。

[0076] i) 高充電状態時制御におけるアクチュエータの制御

高充電状態時制御においては、原則的に、バッテリー130の充電状態が高充電状態である場合に、恒常的なアクチュエータ力(以下、「恒常的アクチュエータ力」または単に「恒常力」という場合がある)を発生させる状態、つまり、恒常力発生状態が実現される。具体的に言えば、高充電状態時制御において発生させるべき目標アクチュエータ力 F_A は、振動減衰アクチュエータ力成分 F_G 、ロール抑制アクチュエータ力成分 F_R 、ピッチ抑制アクチュエータ力成分 F_P を合計したものに、さらに、恒常力を発生させるための恒常力成分 F_K を加えたものとされている。つまり、高充電状態時制御において、目標アクチュエータ力 F_A は次式に従って決定され、

$$F_A = F_G + F_R + F_P + F_K$$

この目標アクチュエータ力 F_A を発生させるように、アクチュエータ26が制御される。ちなみに、恒常力成分 F_K は、いずれの車輪12のアクチュエータ26に対しても、リバウン

ド方向の力となるように設定される。

[0077] 上記恒常力は、ロール抑制力、ピッチ抑制力と同様、モータ54の回転速度Vに依拠しないアクチュエータ力であり、また、車体車輪間距離を通常制御における距離から所定量変化させようとする力であることから、振動減衰制御が行われていない場合には、モータ54は、その力を図5の領域(a)において発生させることが殆どなく、アクチュエータ26は、給電アクチュエータ力発生状態においてアクチュエータ力を発生させることとなる。したがって、高充電状態時制御においては、多くの時間バッテリー130からモータ54への給電がなされ、バッテリー130の電力が効果的に消費されることになる。

[0078] 上記恒常力成分 F_K は、常に一定の大きさとされるものではなく、アクチュエータ26の温度、つまり、モータ54の温度と、バッテリー130の充電量と、高充電状態時制御が開始された時点からの時間の経過とに基づいて、次式に従って決定される。

$$F_K = K_E \cdot K_T \cdot f_s(t_s) \cdot F_{K0}$$

ここで、 F_{K0} は、あらかじめある大きさに設定された基準恒常力であり、また、 K_E は、バッテリー130の充電量に依拠するゲイン、 K_T は、モータ54の温度に依拠するゲインである。ゲイン K_E は、充電量が高いほど恒常力を大きくして電力消費量を大きくすべく、図6(a)に示すように、バッテリー130の充電量が高くなるにつれて大きな値となるように設定されている。したがって、バッテリー130の充電量が高いほど、恒常力成分 F_K が大きな値に決定される。また、ゲイン K_T は、モータ54の温度に依拠するゲインであり、このゲイン K_T は、モータ54の温度が高いほど恒常力を小さくしてモータ54のオーバーヒート等を回避すべく、図6(b)に示すように、モータ54の温度が大きくなるにつれて小さな値となるように設定されている。したがって、モータ54の温度が高いほど、恒常力成分 F_K が小さな値に決定される。また、 $f_s(t_s)$ は、時間の経過に依拠した関数である。この関数 $f_s(t_s)$ は、通常制御から高充電状態時制御への移行時に、大きな恒常力を急激に発生させることを防止すべく、図7に示すように、高充電状態時制御が始まってからの時間 t_s の経過に伴って、0から1に直線的に漸増し、増加終了時間 t_{s0} 経過後は、1となるような関数とされている。

[0079] 図8に、高充電状態時制御における車両走行の際の振動減衰アクチュエータ力成

分 F_G 、ロール抑制アクチュエータ力成分 F_R 、ピッチ抑制アクチュエータ力成分 F_P 、恒常力成分 F_K の発生状況と、それらの成分が合計された目標アクチュエータ力 F_A の変化の様子を、時間 t の経過を横軸にとったチャートにて、模式的に示す。通常制御における様子を示す図4と比較して解るように、高充電状態時制御における目標アクチュエータ力 F_A は、恒常力成分 F_K が付加されることで、恒常的にアクチュエータ力を発生させ、高充電状態時制御が実行されている時間の殆どにおいて(厳密には、振動抑制制御が実行されている一部の時間が除かれる)、給電依拠アクチュエータ力発生状態が持続することになる。そのことによって、バッテリー130の電力が効果的に消費されることになるのである。

[0080] ii) 通常制御への移行

高充電状態時制御から通常制御に切り換わる際には、恒常力成分 F_K の消滅によるアクチュエータ力の急変を防止するため、高充電制御が終了した後に、高充電状態時制御において発生させていた恒常力を漸減させる処理が実行される。実際には、通常制御においては、目標アクチュエータ力 F_A は、次式に従って決定される。

$$F_A = F_G + F_R + F_P + F'_K$$

ここで、 F'_K は、高充電状態時制御において発生させられていた恒常力成分 F_K を漸減させるための成分であり、その恒常力成分 F_K に基づいて、次式に従って決定される。

$$F'_K = f_E(t) \cdot F_K$$

ここで、 $f_E(t)$ は、通常制御が開始された時点からの時間 t をパラメータとする関数であり、図9に示すように、時間 t の経過に伴って、1から0に直線的に漸減し、減少終了時間 t_{E0} 経過後は、0となるような関数とされている。

[0081] iii) 車高の維持

本サスペンションシステム10では、上述のように、車高調整制御では、車高増加調整および車高減少調整が禁止条件を充足しない限り実行されていることから、通常制御から高充電状態時制御に移行して、恒常力をリバウンド方向に発生させても、また、高充電状態時制御から通常制御に移行して、リバウンド方向の恒常力が消失させられても、車高調整制御によって、車高が目標車高に維持される。ただし、車高の

調整は、エアスプリング28の圧力室44のエア量を増減して、エアスプリング28のばねレートを変更することによって実行されるため、圧力室44のエア量を減少させて車高を維持するための時間が、エア量を増加させて車高を維持する時間よりも、短かくて済むことになる。このことに考慮して、上述した増加終了時間 t_{s0} (図7参照)を減少終了時間 t_{E0} (図9参照)よりも短く設定することで、恒常力を増加させるときの変化勾配が、減少させるときの変化勾配よりも大きくされているのである。その結果、図10に示すように、高充電状態時制御から通常制御へ移行する際の恒常力の変化が、通常制御から高充電状態時制御へ移行する際の恒常力の変化よりも緩やかなものとなっている。

[0082] iv) 高充電状態時制御の制限

高充電状態時制御は、原則的に、バッテリー130の充電状態が高充電状態である場合に実行される。具体的には、バッテリー130の充電量 E が閾充電量 E_1 以上である場合に実行される。ところが、モータ54の温度が高温となるような場合には、モータ54の発熱による影響が深刻であることを考慮し、高充電状態時制御の実行が制限される。詳しく言えば、モータ54の温度 T が第1閾温度 T_1 以上である場合には、高充電状態時制御の実行は禁止され、また、第1閾温度 T_1 より低く設定された第2閾温度 T_2 以上である場合には、設定継続許容時間 t_1 を超えた実行が禁止されるとともに、設定再開禁止時間 t_2 を経過しない再開が禁止される。つまり、モータ54の温度 T が第1閾温度 T_1 未満かつ第2閾温度 T_2 以上である場合には、図11に示すように、高充電状態時制御は間欠的に実行されるのである。なお、図11において、振動減衰アクチュエータ力成分 F_G 、ロール抑制アクチュエータ力成分 F_R 、ピッチ抑制アクチュエータ力成分 F_P は、それぞれ、0とされている。ちなみに、高充電状態時制御の実行が制限される場合には、全てのアクチュエータ26が恒常力を発生させることを制限しなければならない。このため、本実施形態において、高充電状態時制御の実行を制限する際の判定に使用されるモータ54の温度は、4つのアクチュエータ26それぞれに設けられたモータ54の温度の代表として、それら4つのモータ54の温度のうちの最高の温度とされている。なお、高充電状態時制御の実行を制限する際の判定に使用されるモータ54の温度は、それら4つのモータ54の温度の平均の温度とされてもよい。

[0083] v) 高充電状態時制御における電力回生の制限

バッテリー130の電気エネルギーを放電すべく、上述のように高充電状態時制御が実行されている際に、目標アクチュエータ力 F_A に応じたモータ54の回転トルク Tq とモータ54の回転速度 V との関係が、前述した回生制動領域(図4における領域(a))に属す場合がある。つまり、アクチュエータ26が恒常力だけではなく減衰力を発生させる場合には、高充電状態時制御が実行中であっても、発電依拠アクチュエータ力発生状態となる場合があるのである。そこで、本サスペンションシステム10においては、そのような場合に、モータ54の発電電力のバッテリー130への回生を回避しつつ適切な目標アクチュエータ力 F_A を発生させるような手段が採用されている。具体的に説明すれば、コントローラ160には、図5に示すマップデータが格納されており、そのマップデータを参照しつつ、目標アクチュエータ力 F_A を発生させるためのモータ54の回転トルク Tq と現時点でのモータ54の回転速度 V との関係に基づいて、発電依拠アクチュエータ力発生状態であるか否かが判断され、その状態となる場合に、モータ54によって発電された電力が可変抵抗器166によって消費されるようにされているのである。可変抵抗器166は、図12に模式的に示すように、モータ54の各相の通電端子間に介在するように配置された3つの可変抵抗190と、それら可変抵抗190の抵抗値を変更する駆動回路192とを含んで構成されている。発電依拠アクチュエータ力発生状態となる場合には、コントローラ160からの切換信号に基づいて、第1切換スイッチ164によって、モータ54とインバータ162との接続が断たれ、モータ54と可変抵抗器166とが接続される。そして、コントローラ160からの目標アクチュエータ力 F_A に関する制御信号が、駆動回路192に入力され、駆動回路192は、可変抵抗190の抵抗値を、その信号に応じた値に変更する。それによって、モータ54は、インバータ162によらずに、つまり、バッテリー130へ電力を回生することなしに、目標アクチュエータ力 F_A に応じた回転トルク Tq を発生するように制御される。

[0084] vi) 高充電状態時制御制限時の放電手段

バッテリー130が高充電状態であっても、上述したように、高充電状態時制御の実行が禁止される場合には、アクチュエータ26による電力消費が行われない。本サスペンションシステム10では、高充電状態時制御が制限されることを考慮して、高充電状

態時制御の実行とは別の手段にによって、バッテリー130を放電させるようにされている。具体的に言えば、高充電時状態であってかつ高充電状態時制御が禁止されている場合には、第2切換スイッチ186によって、バッテリー130は放電用抵抗器188に接続され、バッテリー130の電力が放電用抵抗器188によって消費されるようにされている。本サスペンションシステムでは、このような放電手段を備えることで、バッテリー130の高充電状態の円滑な解消が担保されているのである。

[0085] 4. 制御プログラム

上述の車高調整制御は、図13にフローチャートを示す車高調整制御プログラムが、イグニッションスイッチがON状態とされている間、短い時間間隔(例えば、数msec)においてコントローラ146により繰り返し実行されることによって行われる。また、上述のようなアクチュエータ力の制御は、図15にフローチャートを示すアクチュエータ制御プログラムが、イグニッションスイッチがON状態とされている間、短い時間間隔(例えば、数msec)においてコントローラ160により繰り返し実行されることによって行われる。なお、それら2つのプログラムは、並行して実行される。以下に、それぞれの制御のフローを、図に示すフローチャートを参照しつつ、簡単に説明する。

[0086] i) 車高調整制御プログラム

車高調整プログラムに従う車高調整のための処理では、目標となる車高を示すフラグである目標車高フラグ G_H が用いられ、そのフラグ G_H に基づく車高調整が実行される。フラグ G_H のフラグ値0, 1, 2は、それぞれLow車高, Mid車高, Hi車高に対応するものとされている。なお、目標となる車高は、全ての車輪に対する目標車高となるが、各車輪ごとの車体車輪間距離が異なる可能性があることから、本車高調整プログラムに従う処理のうち、車高を調整する処理、すなわち、各車輪について車体車輪間距離を調整する処理は、各車輪に対して個別に実行される。

[0087] 車高調整制御プログラムによる処理では、まず、図14にフローチャートを示す目標車高決定サブルーチンが実行される。このサブルーチンでは、車速 v が閾速 v_1 以上となっている場合には、車両の安定性に鑑み目標車高フラグ G_H のフラグ値が0とされ、それ以外の場合には、車高変更スイッチ154の操作に基づく指令が発令されたか否かが判断され、発令されていると判断されたときには、車高増加指令あるいは車高減

少指令であるかに応じて、高車高側あるいは低車高側のいずれかに目標車高フラグ G_H のフラグ値が変更される。続いて、メインルーチンにおいて、上述した車高調整禁止条件を充足しているか否かが判断され、充足していないと判断された場合には、各車輪に対応する現時点での実際の車体車輪間距離と、目標車高フラグ G_H のフラグ値に応じた設定車体車輪間距離とがそれぞれ比較判定される。上述した車高調整禁止条件を充足している場合、若しくは車体車輪間距離を変化させる必要がないと判定された場合には、上述した車高維持調整に従って、車体車輪間距離が維持されるように調整される。また、車体車輪間距離を増加させる必要があると判定された場合には、上述した車高増加調整に従って、車体車輪間距離が増加するように調整される。逆に、車体車輪間距離を減少させる必要があると判定された場合には、上述した車高減少調整に従って、車体車輪間距離が減少するように調整される。以上の一連の処理の後、本プログラムの1回の実行が終了する。

[0088] ii) アクチュエータ制御プログラム

アクチュエータ制御プログラムは、4つの車輪12にそれぞれ設けられたスプリング・アブソーバAssy20のアクチュエータ26それぞれに対して実行される。以降の説明においては、説明の簡略化に配慮して、1つのアクチュエータ26に対しての本プログラムによる処理について説明する。この処理では、まず、図16にフローチャートを示す通常アクチュエータ力成分決定サブルーチンが実行される。このサブルーチンでは、振動減衰アクチュエータ力成分 F_G 、ロール抑制アクチュエータ力成分 F_R 、ピッチ抑制アクチュエータ力成分 F_P がそれぞれ決定される。まず、車体と車輪との相対振動の発生の有無が判断される。具体的には、モータ54の回転速度が閾速度以上となった場合に、車体と車輪との相対振動が発生するあるいはしていると判断される。車体と車輪との相対振動が発生するあるいは発生していると判断された場合には、振動減衰制御を実行するため、モータ54の回転速度 V に基づいて、振動減衰アクチュエータ力成分 F_G が決定される。

[0089] 続いて、車体のロールの発生の有無が判断される。具体的には、ステアリングホイールの操作角が閾角度以上、かつ、車速が閾速以上となった場合に、車両の旋回に起因する車体のロールが実質的に発生するあるいは発生していると判断される。

車体のロールが発生するあるいは発生していると判断された場合には、ロール抑制制御を実行するため、横加速度に基づいて、ロール抑制アクチュエータ力成分 F_R が決定される。次に、車体のピッチの発生の有無が判断される。具体的には、上述のように、車体のピッチにはノーズダイブとスクワットとがあることから、前後加速度の絶対値が閾加速度以上、かつ、ブレーキ圧が閾圧以上となった場合に、車体がノーズダイブするあるいはしていると判断され、前後加速度の絶対値が閾加速度以上、かつ、アクセルスロットの開度が閾値以上となった場合に、車体はスクワットするあるいはしていると判断される。車体にノーズダイブ・スクワットのいずれか一方が発生するあるいは発生していると判断された場合には、ピッチ抑制制御を実行するため、縦加速度に基づいて、ピッチ抑制アクチュエータ力成分 F_P が決定される。また、それぞれの判定において、車体と車輪との相対振動、車体のロール、車体のピッチが発生しないあるいは発生していないと判定された場合は、それぞれの判定に対応するアクチュエータ力 F_G 、 F_R 、 F_P が0に決定される。

[0090] 続いて、充電量センサ184によって検出されるバッテリー130の充電量 E が閾充電量 E_1 以上であるか否かが判断される。充電量 E が閾充電量 E_1 以上である場合、つまり、バッテリー130の充電状態が高充電状態である場合に、温度センサ182によってモータ54の温度 T が取得され、それぞれのアクチュエータ26に設けられたモータ54の温度 T のうち1番高い温度である最高温度 T_{MAX} が第1閾温度 T_1 以上であるか否かが判断される。最高温度 T_{MAX} が第1閾温度 T_1 以上である場合、若しくは、充電量 E が閾充電量 E_1 未満である場合に、図17にフローチャートを示す通常制御サブルーチンが実行される。また、最高温度 T_{MAX} が第1閾温度 T_1 未満である場合に、最高温度 T_{MAX} が第2閾温度 T_2 以上であるか否かが判断され、最高温度 T_{MAX} が第2閾温度 T_2 未満と判断された場合に、図18にフローチャートを示す高充電状態時制御サブルーチンが実行される。一方、最高温度 T_{MAX} が第2閾温度 T_2 以上と判断された場合には、間欠的に高充電状態時制御が実行される。詳しく言えば、高充電状態時制御が実行される時間(以下、「高充電状態時制御実行時間」という場合がある) t_s が、高充電状態時制御の開始された時点から計測されており、その高充電状態時制御実行時間 t_s が設定時間 t_{s1} を経過した場合、つまり、高充電状態時制御が設定時間 t_{s1} 実行された場合に

、その後に通常制御サブルーチンが実行される。また、通常制御が実行される時間(以下、「通常制御実行時間」という場合がある) t_E が、通常制御の開始された時点から計測されており、その通常制御実行時間 t_E が設定時間 t_{E2} を経過するのを待って、高充電状態時制御サブルーチンが再開される。つまり、高充電状態時制御の再開が、設定時間 t_{E2} 禁止されるのである。

[0091] 高充電状態時制御サブルーチンでは、通常制御実行時間 t_E が、0より大きく、かつ、上述した減少終了時間未満 t_{E0} であるという条件を満たすか否かが判断され、その条件を満たされない場合に、高充電状態時制御の実行時間を計測するため、高充電状態時制御実行時間 t_S に設定時間 Δt が加算され、通常制御の実行時間の計測を終了させるため、通常制御実行時間 t_E が0にリセットされる。続いて、高充電状態時制御実行時間 t_S に基づいて、図6(a), (b), 図7に示すように設定されているマップデータを参照し、上述のように恒常力成分 F_K が決定される。そして、決定された振動減衰アクチュエータ力成分 F_G 、ロール抑制アクチュエータ力成分 F_R 、ピッチ抑制アクチュエータ力成分 F_P 、恒常力成分 F_K が合計されて目標アクチュエータ力 F_A が決定される。

[0092] 通常制御サブルーチンでは、高充電状態時制御実行時間 t_S が、0より大きく、かつ、上述した増加終了時間未満 t_{E0} であるという条件を満たすか否かが判断され、その条件を満たされない場合に、通常制御の実行時間を計測するため、通常制御実行時間 t_E に設定時間 Δt が加算され、高充電状態時制御の実行時間の計測を終了させるため、高充電状態時制御実行時間 t_S が0にリセットされる。続いて、通常制御実行時間 t_E に基づいて、図9に示すように設定されているマップデータを参照し、上述のように恒常力成分 F_K を漸減させるための成分 F'_K が決定される。そして、決定された成分 F'_K 、振動減衰アクチュエータ力成分 F_G 、ロール抑制アクチュエータ力成分 F_R 、ピッチ抑制アクチュエータ力成分 F_P が合計されて目標アクチュエータ力 F_A が決定される。

[0093] 高充電状態時制御サブルーチンの冒頭の処理は、通常制御において恒常力が漸減している途中に、通常制御から高充電状態時制御への切換を円滑に実行するための処理である。つまり、恒常力を漸減中の状態から円滑に漸増させるための処理である。図19に示すように、通常制御における恒常力の漸減中に高充電状態時制

御に切換えられる際に、恒常力を円滑に漸変させるためには、高充電状態時制御が、ある時間シフトした状態から実行されることが必要である。つまり、高充電状態時制御が開始される時点の恒常力成分 F_K の値が、切換時の通常制御における成分 F_K' の値 F_{K1} となる必要がある。恒常力成分 F_K の値を決定する関数 $f_s(t_s)$ から、高充電状態時制御実行時間 $t_s = t_{s3}$ である際に、恒常力成分 $F_K = F_{K1}$ となることが解る。つまり、高充電状態時制御が、高充電状態時制御実行時間 t_{s3} から開始されることで、通常制御において恒常力が漸減している途中に、通常制御から高充電状態時制御に円滑に切換えられるのである。具体的に言えば、通常制御実行時間 t_E が、0より大きく、かつ、減少終了時間未満 t_{E0} である際に、通常制御から高充電状態時制御に切換えられる場合に、高充電状態時制御の開始時点に高充電状態時制御実行時間 $t_s = t_{s3}$ とされ、その後の処理においては、高充電状態時制御サブルーチンにおいて説明したように処理される。

- [0094] 同様に、通常制御サブルーチンの冒頭の処理は、高充電状態時制御において恒常力が漸増している途中に、高充電状態時制御から通常制御への切換を円滑に実行するための処理である。つまり、恒常力を漸増中の状態から円滑に漸減させるための処理である。図20に示すように、高充電状態時制御における恒常力の漸増中に通常制御に切換えられる際に、恒常力を円滑に漸変させるためには、通常制御が、ある時間シフトした状態から実行されることが必要である。つまり、通常制御が開始される時点の成分 F_K' の値が、切換時の高充電状態時制御における恒常力成分 F_K の値 F_{K1} となる必要がある。成分 F_K' の値を決定する関数 $f_E(t_E)$ から、通常制御実行時間 $t_E = t_{E4}$ である際に、成分 $F_K' = F_{K1}$ となることが解る。つまり、通常制御が、その通常制御実行時間 t_{E4} から開始されることで、高充電状態時制御において恒常力が漸増している途中に、高充電状態時制御から通常制御に円滑に切換えられるのである。具体的に言えば、高充電状態時制御実行時間 t_s が、0より大きく、かつ、増加終了時間未満 t_{E0} である際に、高充電状態時制御から通常制御に切換えられる場合に、通常制御の開始時点に通常制御実行時間 $t_E = t_{E4}$ とされ、その後の処理においては、通常制御サブルーチンにおいて説明したように処理される。

- [0095] 通常制御サブルーチンと高充電状態時制御サブルーチンとのいずれかのサブ

一チンが実行された後、図21(a)にフローチャートを示す給電・発電決定及びモータ作動制御サブルーチンが実行される。このサブルーチンでは、決定された目標アクチュエータ力 F_A に応じたモータ54の回転トルク T_q と現時点でのモータ54の回転速度 V との関係が、図5に示すマップデータを参照しつつ、回生制動領域にあるか否かが判断される。回生制動領域にあると判断された場合には、バッテリー130が高充電状態であることを条件として、上述のように、第1切換スイッチ164が、モータ54と可変抵抗器166とを接続するように作動させられ、決定された目標アクチュエータ力 F_A に対応する制御信号が、可変抵抗器166に送られる。また、回生制動領域にないと判断された場合、若しくは、バッテリー130が高充電状態でない場合には、第1切換スイッチ164が、モータ54とインバータ162とを接続するように作動させられ、決定された目標アクチュエータ力 F_A に対応する制御信号が、インバータ162に送られ、インバータ162によりモータ54が制御される。それらの処理により、モータ54は、決定された目標アクチュエータ力 F_A を発生させるように作動制御される。

[0096] 給電・発電決定及びモータ作動制御サブルーチンが実行された後、図21(b)にフローチャートを示す放電手段制御サブルーチンが実行される。このサブルーチンでは、高充電状態時制御が実行されているか否かが判定され、高充電状態時制御でなく通常制御が実行されていると判定された場合に、バッテリー130が高充電状態であることを条件として、上述のように、第2切換スイッチ186が、バッテリー130と放電用抵抗器188とを接続するように作動させられる。また、充電状態時制御が実行されていると判定された場合、若しくは、バッテリー130が高充電状態でない場合には、第2切換スイッチ186が、バッテリー130と放電用抵抗器188との接続を断つように作動させられる。

[0097] 5. コントローラの機能構成

以上のような各制御プログラムが実行されて機能する本サスペンションシステム10のコントローラ146とコントローラ160とは、それぞれの実行処理に依拠すれば、図22に示すような機能構成を有するものと考えることができる。その機能構成図から解るように、コントローラ146は、上記目標車高決定サブルーチンの処理を実行する機能部、つまり、目標車高を決定する機能部として、目標車高決定部200を、また、車高を

調整するため各種制御弁等の作動を制御する機能部として、車高調整部202をを備えている。また、コントローラ160は、上記通常アクチュエータ力成分決定サブルーチンの処理を実行する機能部、つまり、振動減衰アクチュエータ力成分 F_G 、ロール抑制アクチュエータ力成分 F_R 、ピッチ抑制アクチュエータ力成分 F_P を決定する機能部として、通常アクチュエータ力成分決定部204を、上記高充電状態時制御サブルーチンの処理を実行する機能部、つまり、高充電状態時制御を実行する機能部として、高充電状態時制御部206を、上記通常制御サブルーチンの処理を実行する機能部、つまり、通常制御を実行する機能部として、通常制御部208を有している。さらに、コントローラ160は、S71からS74の処理を実行する機能部、つまり、モータ54が給電依拠アクチュエータ力発生状態と発電依拠アクチュエータ力発生状態とのいずれの状態であるかを決定し、決定に従って第1切換スイッチ186を切替える機能部として、給電・発電制御部210を、上記放電手段制御サブルーチンの処理を実行する機能部、つまり、バッテリー130と放電用抵抗器188とを接続するか遮断するかを決定し、決定に従って第2切換スイッチ186を切替える機能部として、放電手段制御部212を有している。なお、高充電状態時制御部206は、S51からS55の処理を実行する機能部、つまり、恒常力成分 F_K を決定する機能部として、恒常力成分決定部214を備え、その恒常力成分決定部214は、S55の処理を実行する機能部、つまり、恒常力成分 F_K を漸増させる機能部として、恒常力成分漸増部216を備えている。また、通常制御部208は、S61からS65の処理を実行する機能部、つまり、恒常力成分 F_K を漸減させる機能部として、恒常力成分漸減部218を備えている。

[0098] <第2実施形態>

1. サスペンションシステムの構成

本実施形態の車両用サスペンションシステムにおいては、エアスプリングによる車高調整制御は実行されないが、それ以外は先の実施形態におけるアクチュエータ制御と略同様の制御が実行される。図23に、本実施形態の車両用サスペンションシステム220を模式的に示す。本サスペンションシステム220は、車両用サスペンションシステム10と共通する構成要素を多く備えているため、本システム220の説明において、サスペンションシステム10と共通する構成要素については、同じ符号を用い、

それらの説明は省略あるいは簡略に行うものとする。

[0099] 本サスペンションシステム220が備えるスプリング・アブソーバAssy222は、図24に示すように、車輪12を保持する車輪保持部材としてのサスペンションロアアーム22と車体に設けられたマウント部24との間に、それらを連結するようにして配設された電磁式ショックアブソーバとしてのアクチュエータ26と、それと並列的に設けられたサスペンションスプリングとしてのコイルスプリング224とを備えている。ショックアブソーバ26の備えるアウターチューブ30には、その外周部に環状の下部リテーナ226が設けられ、この下部リテーナ226と、マウント部24の下面側に付設された防振ゴム228を介して設けられた環状の上部リテーナ230とによって、コイルスプリング224が挟まれる状態で支持されている。

[0100] 2. 高充電状態時制御

アクチュエータ26は、サスペンションシステム10のスプリング・アブソーバAssy20の備えるアクチュエータ26と同様に、車体と車輪12との接近・離間方向の力であるアクチュエータ力を発生させる機能を有しており、そのアクチュエータ力を車体と車輪12との接近・離間に対する減衰力、ロール抑制力、ピッチ抑制力として作用させることが可能とされている。さらに、アクチュエータ26は、アクチュエータ力を恒常力として作用させることも可能とされており、原則的に、バッテリー130の充電状態が高充電状態の場合には、高充電状態時制御が実行される。本サスペンションシステム220における高充電状態時制御においては、車両が走行する路面の状態と車両の走行する速度との少なくとも一方に基づいて、恒常力を発生させる方向(以下、「恒常力方向」という場合がある)を決定している。

[0101] 高充電状態時制御において、車両が、モーグル路、うねり路等の悪路を走行するような場合には、4つのアクチュエータ26の各々が発生させる恒常力方向を全てリバウンド方向としている。また、車両が高速で走行するような場合には、4つのアクチュエータ26の各々が発生させる恒常力方向を全てバウンド方向としている。なお、各アクチュエータ26によって発生させられる恒常力の大きさをそれぞれ、同じ大きさとなるようにしている。具体的に言えば、車体に設けられた縦加速度センサ240により検出される縦加速度 G_t に基づいて、車両が悪路を走行していると判定された場合には、恒

常力を発生させるための恒常力成分 F_K は、次式に従って決定される。

$$F_K = K_E \cdot K_T \cdot F_{K0}$$

ここで、 F_{K0} は、あらかじめある大きさに設定された基準恒常力であり、 K_E 、 K_T は、サスペンションシステム10において使用されたゲインと同様のゲインである。ゲイン K_E は、図6(a)に示すように、バッテリー130の充電量が高くなるにつれて大きな値となるように設定されており、ゲイン K_T は、図6(b)に示すように、モータ54の温度が大きくなるにつれて小さな値となるように設定されている。また、アクチュエータ力およびその成分は、リバウンド方向が正の値、バウンド方向が負の値となるものとして扱うこととする。したがって、悪路走行の場合に、恒常力成分 F_K は、上記式に従って、リバウンド方向に発生させられる。また、車速 v が閾速度 v_1 以上であると判断された場合には、恒常力成分 F_K は、次式に従って決定され、

$$F_K = -K_E \cdot K_T \cdot F_{K0}$$

バウンド方向に発生させられる。

- [0102] また、高充電状態時制御において、車両が高速で走行せず、車両が悪路を走行していない場合、つまり、車両が通常に走行している場合には、対角に位置する車輪12に対応する2つのアクチュエータ26の各々が発生させる恒常力方向をバウンド方向とし、他の2つのアクチュエータ26の各々が発生させる恒常力方向をリバウンド方向としている。具体的には、左前輪12FLと右後輪12RRとの各々に対応する2つのアクチュエータ26FL, RRの各々が発生させる恒常力成分 F_K は次式に従って決定される。

$$F_K = K_E \cdot K_T \cdot F_{K0}$$

一方、右前輪12FRと左後輪12RLとの各々に対応する2つのアクチュエータ26FR, RLの各々が発生させる恒常力成分 F_K は次式に従って決定される。

$$F_K = -K_E \cdot K_T \cdot F_{K0}$$

- [0103] 図25に、ある状況における左前輪12FLと右後輪12RRとの各々に設けられた各アクチュエータ26FL, RRに対応する恒常力成分 F_K および、右前輪12FRと左後輪12RLとの各々に設けられた各アクチュエータ26FR, RLに対応する恒常力成分 F_K の変化と、車高の変化との関係を、時間 t の経過を横軸とするグラフにて概略的に示す

。このグラフに示す状況下では、ある時点において、アクチュエータ26の制御が、高充電状態時制御から通常制御に切換えられており、その切換前の高充電状態時制御中に、車両の走行状態が、時間の経過に従って、通常走行、悪路走行、通常走行、高速走行と順次切換えられている。図から解るように、本システム220の高充電状態時制御においては、モーグル路等の悪路走行の際には、4つのアクチュエータ26の各々が発生させる恒常力方向を全てリバウンド方向にすることで、車高が上昇され、車体と路面等との接触が回避される。また、高速走行の際には、4つのアクチュエータ26の各々が発生させる恒常力方向を全てバウンド方向にすることで、車高が減少され、走行の安定性が図られる。また、通常走行の際には、2つのアクチュエータ26FL, RRの各々が発生させる恒常力方向をリバウンド方向に、他の2つのアクチュエータ26FR, RLの各々が発生させる恒常力方向をバウンド方向にすることで、車体の振り剛性の高さを利用して、車高を変化させずに、各アクチュエータ26が恒常力を発生させている。本サスペンションシステム220における高充電状態時制御においては、車両の走行状態に応じて車高が変化されるとともに、恒常力が発生させられ、バッテリー130の電力が効果的に消費されることになる。

[0104] 3. アクチュエータ制御プログラム

本サスペンションシステム220において、サスペンションシステム10において実行されているアクチュエータ制御と略同様のアクチュエータ制御が実行されている。本アクチュエータ制御は、図26にフローチャートを示すアクチュエータ制御プログラムが、イグニッションスイッチがON状態とされている間、短い時間間隔(例えば、数msec)においてコントローラ160により繰り返し実行されることによって行われる。サスペンションシステム10のアクチュエータ制御と同様の制御の説明については、省略あるいは簡略に行うものとし、以下に、このアクチュエータ制御のフローを、図に示すフローチャートを参照しつつ、簡単に説明する。

[0105] アクチュエータ制御プログラムは、4つの車輪12にそれぞれ設けられたスプリング・アブソーバAssy222のアクチュエータ26それぞれに対して実行される。以降の説明においては、説明の簡略化に配慮して、1つのアクチュエータ26に対しての本プログラムによる処理について説明するが、いずれのアクチュエータに対する処理であるか

を明確にする必要のある場合には、車輪位置を示す添え字を付して説明する場合がある。本プログラムに従う処理では、まず、図16にフローチャートを示す通常アクチュエータ力成分決定サブルーチンによる処理が実行される。この処理は、サスペンションシステム10における通常アクチュエータ力成分決定サブルーチンの処理と同様に実行される。続いて、通常制御と高充電状態時制御とのいずれの制御を実行するかが判定される。この判定のための処理は、サスペンションシステム10における通常制御と高充電状態時制御とのいずれの制御を実行するかの判定と同様に処理される。その判定によって、通常制御の実行が選択された場合には、通常制御の実行時間を計測するため、通常制御実行時間 t_E に設定時間 Δt が加算され、高充電状態時制御の実行時間の計測を終了させるため、高充電状態時制御実行時間 t_S が0にリセットされる。一方、高充電状態時制御の実行が選択された場合には、高充電状態時制御の実行時間を計測するため、高充電状態時制御実行時間 t_S に設定時間 Δt が加算され、通常制御の実行時間の計測を終了させるため、通常制御実行時間 t_E が0にリセットされる。それらいずれかの処理の後に、図27にフローチャートを示す恒常力決定サブルーチンが実行される。

- [0106] 恒常力決定サブルーチンでは、まず、通常制御と高充電状態時制御とのいずれの制御が実行されるかを判断するために、高充電状態時制御実行時間 t_S が0か否かが判断される。高充電状態時制御実行時間 t_S が0の場合は、通常制御を実行するため、恒常力成分 F_K が0とされ、高充電状態時制御実行時間 t_S が0でない場合は、高充電状態時制御を実行するため、恒常力方向が決定される。恒常力方向は、先に説明したように、道路の状態が悪路と判定された場合には、リバウンド方向に決定される。また、車速 v が閾速 v_1 以上となっている場合には、バウンド方向に決定される。また、道路の状態が悪路でないと判定され、かつ、車速 v が閾速 v_1 未満である場合には、本プログラムによる処理がいずれの車輪12に対応するアクチュエータ26に対して実行されているかが判断される。本プログラムによる処理が右前輪12FR、若しくは、左後輪12RLに対応するアクチュエータ26FR, RLに対して実行されていると判断された場合には、恒常力方向はバウンド方向に決定され、一方、本プログラムによる処理が左前輪12FL、若しくは、右後輪12RRに対応するアクチュエータ26FL, RRに対し

て実行されていると判断された場合には、恒常力方向はリバウンド方向に決定される。恒常力方向が決定された後に、上述のように恒常力成分 F_K が決定される。

[0107] 恒常力成分 F_K が決定された後に、恒常力が急変するか否かが判断される。恒常力が急変すると判断された場合には、恒常力の急変を防止するため、恒常力成分 F_K と、前回の本プログラムの実行において決定された恒常力成分(以下、「前回恒常力成分」という場合がある) F_{KP} に従って、恒常力成分 F_K を漸変させるための処理が実行される。具体的には、その恒常力成分 F_K と前回恒常力成分 F_{KP} との差 ΔF_K ($\Delta F_K = F_K - F_{KP}$)の絶対値が閾値 ΔF_{K0} 以上か否かが判断される。 ΔF_K の絶対値が閾値 ΔF_{K0} 以上であると判断された場合には、恒常力が急変すると判断され、恒常力成分 F_K を漸変させるために、恒常力成分 F_K が次式に従って補正される。

$$F_K = F_{KP} + [\text{sign}(\Delta F_K)] \cdot \Delta F_{K1}$$

ここで、 ΔF_{K1} は、あらかじめ小さな値に設定された補正成分であり、 $\text{sign}(\Delta F_K)$ は、 ΔF_K の符号を表す関数である。つまり、恒常力成分 F_K が前回恒常力成分 F_{KP} より大きい場合に、 $\text{sign}(\Delta F_K)$ は正の符号を表し、恒常力成分 F_K が前回恒常力成分 F_{KP} より小さい場合に、 $\text{sign}(\Delta F_K)$ は負の符号を表している。したがって、恒常力成分 F_K が前回恒常力成分 F_{KP} より大きい場合に、恒常力成分 F_K は、前回恒常力成分 F_{KP} に補正成分 ΔF_{K1} 加算された値に補正され、また、恒常力成分 F_K が前回恒常力成分 F_{KP} より小さい場合に、恒常力成分 F_K は、前回恒常力成分 F_{KP} から補正成分 ΔF_{K1} 減算された値に補正される。恒常力成分 F_K は補正成分 ΔF_{K1} ずつ漸変することから、補正成分 ΔF_{K1} は、恒常力が漸変しても気付かない程度の大きさに設定されている。本プログラムにおいては、アクチュエータの制御が通常制御と高充電状態時制御とで切り換わる際、若しくは、車両の走行状態の変化に伴って恒常力方向が切り換わる際に、上記の漸変処理が実行される。また、 ΔF_K の絶対値が閾値 ΔF_{K0} 未満であると判断された場合には、恒常力は急変しないと判断され、恒常力成分 F_K は補正されない。

[0108] 恒常力決定サブルーチンの実行が終了すると、続いて、目標アクチュエータ力 F_A が決定される。本プログラムでは、通常制御が実行される場合には、上記恒常力決定サブルーチンにおいて、恒常力成分 F_K が0とされているため、通常制御と高充電状態時制御とのいずれの制御が実行されるかに拘わらず、決定された振動減衰アク

チュエータ力成分 F_G 、ロール抑制アクチュエータ力成分 F_R 、ピッチ抑制アクチュエータ力成分 F_P 、恒常力成分 F_K が合計されて目標アクチュエータ力 F_A が決定される。目標アクチュエータ力 F_A が決定された後、図21(a)にフローチャートを示す給電・発電決定及びモータ作動制御サブルーチンが実行される。このサブルーチンにおける処理は、サスペンションシステム10における給電・発電決定及びモータ作動制御サブルーチンの処理と同様に実行される。この処理により、決定された目標アクチュエータ力 F_A に対応する制御信号がインバータ162と可変抵抗器166とのいずれかに送信され、モータ54が決定された目標アクチュエータ力 F_A を発生させるように作動制御される。続いて、図21(b)にフローチャートを示す放電手段制御サブルーチンが実行される。このサブルーチンにおける処理は、サスペンションシステム10における放電手段制御サブルーチンの処理と同様に実行される。この処理により、高充電状態時制御の実行が制限された場合に、バッテリー130と放電用抵抗器188とが接続され、バッテリー130の電力が放電用抵抗器188によって消費される。放電手段制御サブルーチンの実行が終了すると、本プログラムの一回の実行が終了する。

[0109] 4. コントローラの機能構成

以上のようなアクチュエータ制御プログラムが実行されて機能する本サスペンションシステム220のコントローラは、それぞれの実行処理に依拠すれば、以下に述べるような機能構成を有するものと考えることができる。本システム220のコントローラは、サスペンションシステム10のコントローラ160の有する通常アクチュエータ力成分決定部204と給電・発電制御部210と放電手段制御部212と同様の機能部を有している。さらに、本システム220のコントローラは、高充電状態時制御を実行する機能部として高充電状態時制御部を、通常制御を実行する機能部として通常制御部を有している。なお、高充電状態時制御部は、恒常力決定サブルーチンの処理を実行する機能部、つまり、恒常力成分 F_K を決定する機能部として、恒常力成分決定部を備え、その恒常力成分決定部は、S122～S126の処理を実行する機能部、つまり、路面状態若しくは、車速に応じて車高を調整するための機能部として、自動車高調整部を、S127, S128の処理を実行する機能部、つまり、恒常力成分 F_K を漸変させる機能部として、恒常力成分漸変部を備えている。

[0110] <第3実施形態>

1. サスペンションシステムの構成

図28に、本実施形態の車両用サスペンションシステム250を模式的に示す。本サスペンションシステム250は、制御を実行するための各種センサを除いて、サスペンションシステム220と略同様であることから、以下の説明において、サスペンションシステム220と共通する構成要素については、同じ符号を用い、それらの説明は省略あるいは簡略に行うものとする。

[0111] 2. 車高調整制御

本システム250においては、恒常力を、4つのアクチュエータ26において、全て同じ方向に発生させて、車高を積極的に変化させている。詳しく言えば、4つの車輪12の各々に対応する4つのアクチュエータ26によって発生させられる恒常力の方向をそれぞれリバウンド方向として、車高を上昇させ、また、4つのアクチュエータ26によって発生させられる恒常力の方向をそれぞれバウンド方向として、車高を減少させる。つまり、本システム250では、恒常力を制御することで、車高調整制御が実行されるのである。なお、本サスペンションシステム250には、サスペンションシステム10に設けられている車高変更スイッチ154と同様の車高変更スイッチ254が設けられており、その車高変更スイッチ254によって選択可能な設定車高は、Hi車高、Mid車高、Low車高の3つが設定されている。

[0112] 車高調整制御では、原則的に運転者の意思に基づいて選択された車高を目標車高とし、その目標車高に応じた恒常力を発生させることで、車高が調整される。詳しく言えば、コントローラ160内に目標車高に応じた車高相当恒常力成分値 $F_{K\alpha}$ が格納されており、4つのアクチュエータ26によってその車高相当恒常力成分値 $F_{K\alpha}$ の恒常力をそれぞれ発生させることで、車高が目標車高に調整される。具体的には、目標車高がHi車高である場合には、4つのアクチュエータ26に対応する恒常力成分 F_{KH} はそれぞれ、Hi車高相当恒常力成分値 F_{KH} とされる。このHi車高相当恒常力成分値 F_{KH} を、リバウンド方向に発生させた場合に、車高がHi車高となるように設定されている。また、目標車高がLow車高である場合には、4つのアクチュエータ26に対応する恒常力成分 F_{KL} はそれぞれ、Low車高相当恒常力成分値 $-F_{KL}$ とされる。このLow車高

相当恒常力成分値 $-F_{KL}$ を、バウンド方向に発生させた場合に、車高がLow車高となるように設定されている。また、目標車高がMid車高である場合に、4つのアクチュエータ26に対応する恒常力成分 F_K は0とされる。つまり、恒常力を発生させない状態での車高が、Mid車高とされている。

[0113] 3. 高充電状態における制御

本サスペンションシステム250においては、振動減衰アクチュエータ力成分 F_G 、ロール抑制アクチュエータ力成分 F_R 、ピッチ抑制アクチュエータ力成分 F_P 、恒常力成分 F_K を合計した目標アクチュエータ力 F_A を決定し、アクチュエータ26が、その目標アクチュエータ力を発生させるように制御される。このように制御されることによって振動減衰制御、ロール抑制制御、ピッチ抑制制御、車高調整制御が一元的に実行される。また、バッテリー130の充電状態が高充電状態の場合には、恒常力発生状態を強制的に実現させるため、車高調整制御において設定車高がMid車高とされている場合においても、前のシステム220と同様に、対角に位置する車輪12に対応する2つのアクチュエータ26の各々が発生させる恒常力方向をバウンド方向に、他の対角に位置する2つのアクチュエータ26の各々が発生させる恒常力方向をリバウンド方向にすることで、車体の振り剛性の高さを利用して、Mid車高を維持しつつ、恒常力を発生させている。具体的には、左前輪12FLと右後輪12RRとの各々に対応する2つのアクチュエータ26FL, RRの各々が発生させる恒常力成分 F_K は、次式に従って決定される。

$$F_K = K_E \cdot F_{K0}$$

一方、右前輪12FRと左後輪12RLとの各々に対応する2つのアクチュエータ26FR, RLの各々が発生させる恒常力成分 F_K は、次式に従って決定される。

$$F_K = -K_E \cdot F_{K0}$$

ここで、 F_{K0} は、あらかじめある大きさに設定された基準恒常力であり、 K_E は、サスペンションシステム10において使用されたゲインと同様のバッテリー130の充電量に依拠するゲインである。

[0114] 4. 低充電状態における制御

上記恒常力発生状態は、バッテリー130からの放電を伴う状態であることから、バッテ

リ130の充電状態が低充電状態の場合において恒常力発生状態が実現されると、バッテリー130の充電状態が空充電状態になる虞がある。そこで、本システム250では、バッテリー130の低充電状態時に、恒常力発生状態を実現させないようにしてバッテリー130からの放電を抑制するべく、車高調整制御の実行を禁止している。また、ロール抑制制御、ピッチ抑制制御において、ロール抑制力、ピッチ抑制力が発生させられる場合にも、前に説明したように、何某かの電力がバッテリー130から消費される。このため、バッテリー130の低充電状態時には、ロール抑制制御、ピッチ抑制制御の実行を禁止することで、バッテリー130からの放電を抑制することができる。そこで、本サスペンションシステム250においては、バッテリー130の充電状態が低充電状態である場合には、低充電状態時制御として、車高調整制御に加えてロール抑制制御、ピッチ抑制制御の実行が禁止され、振動減衰制御のみが実行される。

[0115] 5. アクチュエータ制御プログラム

本サスペンションシステム250のアクチュエータ制御は、サスペンションシステム10、および、サスペンションシステム220において実行されるアクチュエータ制御と略同様の制御とされている。本アクチュエータ制御は、図29にフローチャートを示すアクチュエータ制御プログラムが、イグニッションスイッチがON状態とされている間、短い時間間隔(例えば、数msec)においてコントローラ160により繰り返し実行されることによつて行われる。サスペンションシステム10のアクチュエータ制御、若しくは、サスペンションシステム220のアクチュエータ制御と同様の制御の説明については、省略あるいは簡略に行うものとし、以下に、このアクチュエータ制御のフローを、図に示すフローチャートを参照しつつ、簡単に説明する。

[0116] アクチュエータ制御プログラムは、4つの車輪12にそれぞれ設けられたスプリング・アブソーバAssy222のアクチュエータ26それぞれに対して実行される。以降の説明においては、説明の簡略化に配慮して、1つのアクチュエータ26に対しての本プログラムによる処理について説明するが、いずれのアクチュエータに対する処理であるかを明確にする必要のある場合には、車輪位置を示す添え字を付して説明する場合がある。本プログラムに従う処理では、まず、図16にフローチャートを示す通常アクチュエータ力成分決定サブルーチンによる処理が実行される。この処理は、サスペンシ

ンシステム10における通常アクチュエータ力成分決定サブルーチンの処理と同様に実行される。この処理により、振動減衰アクチュエータ力成分 F_G 、ロール抑制アクチュエータ力成分 F_R 、ピッチ抑制アクチュエータ力成分 F_P が決定される。続いて、図14にフローチャートを示す目標車高決定サブルーチンが実行される。このサブルーチンにおける処理は、サスペンションシステム10における目標車高決定サブルーチンの処理と同様に実行される。この処理により、車高調整制御における目標車高が決定される。

[0117] 目標車高決定サブルーチンの実行が終了した後に、バッテリー130の充電量 E が第1閾充電量 E_1 以上であるか否かが判断され、充電量 E が第1閾充電量 E_1 未満である場合に、バッテリー130の充電量 E が第2閾充電量 E_2 以下であるか否かが判断される。充電量 E が第2閾充電量 E_2 以下である場合には、低充電状態時制御を実行するため、目標アクチュエータ力 F_A が振動減衰アクチュエータ力成分 F_G に決定される。また、充電量 E が第1閾充電量 E_1 以上である場合には、上記目標車高決定サブルーチンにおいて決定された目標車高がMid車高か否かが判断される。目標車高がMid車高である場合には、サスペンションシステム220における判断と同様に、本プログラムによる処理がいずれの車輪12に対応するアクチュエータ26に対して実行されているかが判断される。その判断に応じて、恒常力方向が決定され、上述のように恒常力成分 F_K が決定される。また、充電量 E が第1閾充電量 E_1 以上であり、かつ、決定された目標車高がMid車高以外の車高である場合、若しくは、充電量 E が第2閾充電量 E_2 より大きい場合に、目標車高がいずれの車高に決定されているかが判断される。目標車高がHi車高である場合には、恒常力成分 F_K がHi車高相当恒常力成分値 F_{KH} に、目標車高がLow車高である場合には、恒常力成分 F_K がLow車高相当恒常力成分値 $-F_{KL}$ に、目標車高がMid車高である場合には、恒常力成分 F_K が0に決定される。

[0118] 恒常力成分 F_K が決定された後に、サスペンションシステム220における恒常力急変の判断と恒常力成分 F_K 漸変との処理と同様に、恒常力が急変するか否かが判断され、恒常力が急変すると判断された場合には、恒常力成分 F_K を漸変させるための処理が実行される。続いて、決定された振動減衰アクチュエータ力成分 F_G 、ロール抑制アクチュエータ力成分 F_R 、ピッチ抑制アクチュエータ力成分 F_P 、恒常力成分 F_K が合

計されて目標アクチュエータ力 F_A が決定される。この目標アクチュエータ力 F_A が決定された後、若しくは、上記低充電状態時制御における目標アクチュエータ力 F_A が決定された後、図21(a)にフローチャートを示す給電・発電決定及びモータ作動制御サブルーチンが実行される。このサブルーチンにおける処理は、サスペンションシステム10における給電・発電決定及びモータ作動制御サブルーチンの処理と同様に実行され、この処理により、決定された目標アクチュエータ力 F_A に対応する制御信号がインバータ162と可変抵抗器166とのいずれかに送信され、モータ54が決定された目標アクチュエータ力 F_A を発生させるように作動制御される。このサブルーチンの実行が終了すると、本プログラムの一回の実行が終了する。なお、本プログラムにおいては、高充電状態における制御を間欠的に実行するための処理は、実行されていないが、サスペンションシステム10、および、サスペンションシステム220における処理と同様に実行されることは可能である。

[0119] 6. コントローラの機能構成

以上のようなアクチュエータ制御プログラムが実行されて機能する本サスペンションシステム250のコントローラは、それぞれの実行処理に依拠すれば、以下に述べるような機能構成を有するものと考えることができる。本システム250のコントローラは、サスペンションシステム10のコントローラ160の有する通常アクチュエータ力成分決定部204と給電・発電制御部210と同様の機能部を有している。さらに、本システム250のコントローラは、低充電状態時における制御を実行する機能部として低充電状態時制御部を、高充電状態時制御を実行する機能部として高充電状態時制御部を、通常制御を実行する機能部として通常制御部を有している。なお、高充電状態時制御部は、S136～S143の処理を実行する機能部、つまり、恒常力によって車高を調整する機能部として、恒常力依拠車高調整部を、S145, S146の処理を実行する機能部、つまり、恒常力成分 F_K を漸変させる機能部として、恒常力成分漸変部を備えている。

[0120] <第4実施形態>

1. サスペンションシステムの構成

本実施形態の車両用サスペンションシステムは、第1実施形態の車両用サスペンシ

ョンシステム10と同様の構成要素を備えていることから、本システムの説明において、サスペンションシステム10と同じ構成要素については、同じ符号を用い、それらの説明は省略あるいは簡単に行うものとし、本システムの図示は省略するものとする。

[0121] 2. 高充電状態時制御

本システムでは、サスペンションシステム10における高充電状態時制御のように4つのアクチュエータ26の恒常力方向を全て同じにするのではなく、対角に位置する車輪12に対応する2つのアクチュエータ26の恒常力方向をバウンド方向とし、他の2つのアクチュエータ26の恒常力方向をリバウンド方向としている。恒常力を車体に対する振り力として発生させれば、車体の振り剛性の高さを利用して、車高を変更することなく、恒常力を発生させることが可能となる。また、本システムにおいては、車体を一定方向にのみ振ることを回避すべく、恒常力によって車体を振る方向を周期的に変更している。さらに、車体を振る方向を変更する際に、恒常力が急変することを防止すべく、恒常力が漸変するようにされている。

[0122] 具体的にいえば、左前輪12FLと右後輪12RRとの各々に対応する2つのアクチュエータ26FL, RRの各々が発生させる恒常力成分 F_K は次式に従って決定される。

$$F_K = K_E \cdot f_{WS}(t) \cdot F_{K0}$$

一方、右前輪12FRと左後輪12RLとの各々に対応する2つのアクチュエータ26FR, RLの各々が発生させる恒常力成分 F_K は次式に従って決定される。

$$F_K = -K_E \cdot f_{WS}(t) \cdot F_{K0}$$

ここで、 F_{K0} は、あらかじめある大きさに設定された基準恒常力であり、 K_E は、サスペンションシステム10において使用されたゲインと同様のバッテリー130の充電量に依拠するゲインである。また、 $f_{WS}(t)$ は、時間の経過に依拠した関数である。この関数 $f_{WS}(t)$ は、恒常力方向をリバウンド方向とバウンド方向との間で周期的に変更し、恒常力方向を変更する際に恒常力が急変することを防止すべく、図30に示すように、-1から1の間を周期的に正弦波状に変化するような関数とされている。

[0123] また、本システムにおいて、サスペンションシステム10における車高調整制御と同様の制御が実行されている。ちなみに、本システムでは、上述のように、恒常力によって車高は殆ど変化しないことから、サスペンションシステム10において実行されて

いた通常制御と高充電状態時制御との切換え時の恒常力の漸変処理は、実行されていない。

[0124] 図31に、ある状況における左前輪12FLと右後輪12RRとの各々に設けられた各アクチュエータ26FL, RRに対応する恒常力成分 F_K および、右前輪12FRと左後輪12RLとの各々に設けられた各アクチュエータ26FR, RLに対応する恒常力成分 F_K の変化と、車高の変化との関係を、時間 t の経過を横軸とするグラフにて概略的に示す。このグラフに示す状況下では、ある時点において、アクチュエータ26の制御が、高充電状態時制御から通常制御に切換えられており、さらに、その後の時点において、通常制御から高充電状態時制御に切換えられている。図から解るように、本システム220の高充電状態時制御においては、2つのアクチュエータ26FL, RRの恒常力方向をリバウンド方向とバウンド方向との間で周期的に変更し、他の2つのアクチュエータ26FR, RLの恒常力方向を、上記2つのアクチュエータ26FL, RRの恒常力方向とは反対の方向にするとともに、4つのアクチュエータ26の恒常力の大きさを常に同じとしている。本システムにおいては、恒常力によって車高を変更することなく、恒常力を車体に対する振り力として作用させるとともに、車体を振る方向を変更して、バッテリー130の電力を効果的に消費させている。

[0125] 3. 制御プログラム

本サスペンションシステムにおいて、サスペンションシステム10において実行されている車高調整制御と同様の車高調整制御と、サスペンションシステム10において実行されているアクチュエータ制御と略同様のアクチュエータ制御とが、並行して実行されている。本車高調整制御は、図13にフローチャートを示す車高調整制御プログラムが、イグニッションスイッチがON状態とされている間、短い時間間隔(例えば、数msec)においてコントローラ146により繰り返し実行されることによって行われる。本アクチュエータ制御は、図32にフローチャートを示すアクチュエータ制御プログラムが、イグニッションスイッチがON状態とされている間、短い時間間隔(例えば、数msec)においてコントローラ160により繰り返し実行されることによって行われる。車高調整制御のフローは第1実施形態において説明されていることから、車高調整制御のフローの説明は省略する。また、アクチュエータ制御のフローの説明において、サスペンシ

オンシステム10のアクチュエータ制御と同様の制御の説明については、省略あるいは簡略に行うものとし、以下に、このアクチュエータ制御のフローを、図に示すフローチャートを参照しつつ、簡単に説明する。

- [0126] アクチュエータ制御プログラムは、4つの車輪12にそれぞれ設けられたスプリング・アブソーバAssy20のアクチュエータ26のそれぞれに対して実行される。以降の説明においては、説明の簡略化に配慮して、1つのアクチュエータ26に対しての本プログラムによる処理について説明するが、いずれのアクチュエータに対する処理であるかを明確にする必要のある場合には、車輪位置を示す添え字を付して説明する場合がある。本プログラムに従う処理では、まず、図16にフローチャートを示す通常アクチュエータ力成分決定サブルーチンによる処理が実行される。この処理は、サスペンションシステム10における通常アクチュエータ力成分決定サブルーチンの処理と同様に実行される。この処理により、振動減衰アクチュエータ力成分 F_G 、ロール抑制アクチュエータ力成分 F_R 、ピッチ抑制アクチュエータ力成分 F_P が決定される。
- [0127] 続いて、バッテリー130の充電量 E が第1閾充電量 E_1 以上であるか否かが判断され、充電量 E が第1閾充電量 E_1 以上である場合に、高充電状態時制御実行時間 t_s に設定時間 Δt が加算される。次に、本プログラムによる処理がいずれの車輪12に対応するアクチュエータ26に対して実行されているかが判断され、その判断に応じて、上述のように恒常力成分 F_K が決定される。決定された振動減衰アクチュエータ力成分 F_G 、ロール抑制アクチュエータ力成分 F_R 、ピッチ抑制アクチュエータ力成分 F_P 、恒常力成分 F_K が合計されて目標アクチュエータ力 F_A が決定される。
- [0128] また、バッテリー130の充電量 E が第1閾充電量 E_1 未満である場合には、高充電状態時制御実行時間 t_s が0にリセットされた後に、決定された振動減衰アクチュエータ力成分 F_G 、ロール抑制アクチュエータ力成分 F_R 、ピッチ抑制アクチュエータ力成分 F_P が合計されて目標アクチュエータ力 F_A が決定される。
- [0129] 目標アクチュエータ力 F_A が決定された後、図21(a)にフローチャートを示す給電・発電決定及びモータ作動制御サブルーチンが実行される。このサブルーチンにおける処理は、サスペンションシステム10における給電・発電決定及びモータ作動制御サブルーチンの処理と同様に実行され、この処理により、決定された目標アクチュエ

ータ力 F_A に対応する制御信号がインバータ162と可変抵抗器166とのいずれかに送信され、モータ54が決定された目標アクチュエータ力 F_A を発生させるように作動制御される。このサブルーチンの実行が終了すると、本プログラムの一回の実行が終了する。

[0130] 4. コントローラの機能構成

以上のような各制御プログラムが実行されて機能する本サスペンションシステムの車高調整ECUのコントローラとアクチュエータECUのコントローラとは、それぞれの実行処理に依拠すれば、以下に述べるような機能構成を有するものと考えることができる。本車高調整ECUのコントローラは、サスペンションシステム10のコントローラ146の有する目標車高決定部200と車高調整部202と同様の機能部を有している。また、本アクチュエータECUのコントローラは、サスペンションシステム10のコントローラ160の有する通常アクチュエータ力成分決定部204と給電・発電制御部210と同様の機能部を有している。さらに、本アクチュエータECUのコントローラは、S153～S157の処理を実行する機能部、つまり、高充電状態時制御を実行する機能部として高充電状態時制御部を、S158、S159の処理を実行する機能部、つまり、通常制御を実行する機能部として通常制御部を有している。なお、高充電状態時制御部は、S154～S156の処理を実行する機能部、つまり、恒常力方向を周期的に漸変させる機能部として、恒常力方向漸変部を備えている。

請求の範囲

- [1] 車体と車輪とを弾性的に連結するサスペンションスプリングと、
そのサスペンションスプリングと並列的に設けられ、電動モータを有してその電動モータの力によって車輪と車体との接近・離間方向の力であるアクチュエータ力を発生させるとともに、その力を車体と車輪との接近・離間に対する減衰力として作用させることが可能なアクチュエータと、
前記電動モータの作動を制御することによって前記アクチュエータが発生させるアクチュエータ力を制御する制御装置と、
を備えた車両用サスペンションシステムであって、
前記制御装置が、
前記電動モータの電力供給源であるバッテリーからの電力の供給によって、前記アクチュエータが、車体と車輪とを離間させる方向と接近させる方向との一方における恒常的なアクチュエータ力である恒常的アクチュエータ力を発生させる恒常力発生状態を実現可能とされ、かつ、前記バッテリーの充電状態に基づいてその恒常力発生状態を制御するように構成された車両用サスペンションシステム。
- [2] 前記サスペンションスプリングと前記アクチュエータとが前後左右の4つの車輪の各々に設けられており、前記制御装置が、それら4つのアクチュエータの前記恒常的アクチュエータ力が同じ方向となる前記恒常力発生状態を実現可能とされた請求項1に記載の車両用サスペンションシステム。
- [3] 前記サスペンションスプリングと前記アクチュエータとが前後左右の4つの車輪の各々に設けられており、前記制御装置が、それら4つのアクチュエータのうちの対角に位置する車輪に対応して設けられた2つのものの前記恒常的アクチュエータ力が車体と車輪とを離間させる方向となり、他の2つのものの前記恒常的アクチュエータ力が車体と車輪とを接近させる方向となる前記恒常力発生状態を実現可能とされた請求項1または請求項2に記載の車両用サスペンションシステム。
- [4] 前記制御装置が、車体と車輪とを離間させる方向に前記恒常的アクチュエータ力を発生させる2つのアクチュエータと、車体と車輪とを接近させる方向に前記恒常的アクチュエータ力を発生させる他の2つのアクチュエータとを相互に周期的に入れ換

えるようにして前記4つのアクチュエータの各々の前記恒常的アクチュエータ力を制御するものである請求項3に記載の車両用サスペンションシステム。

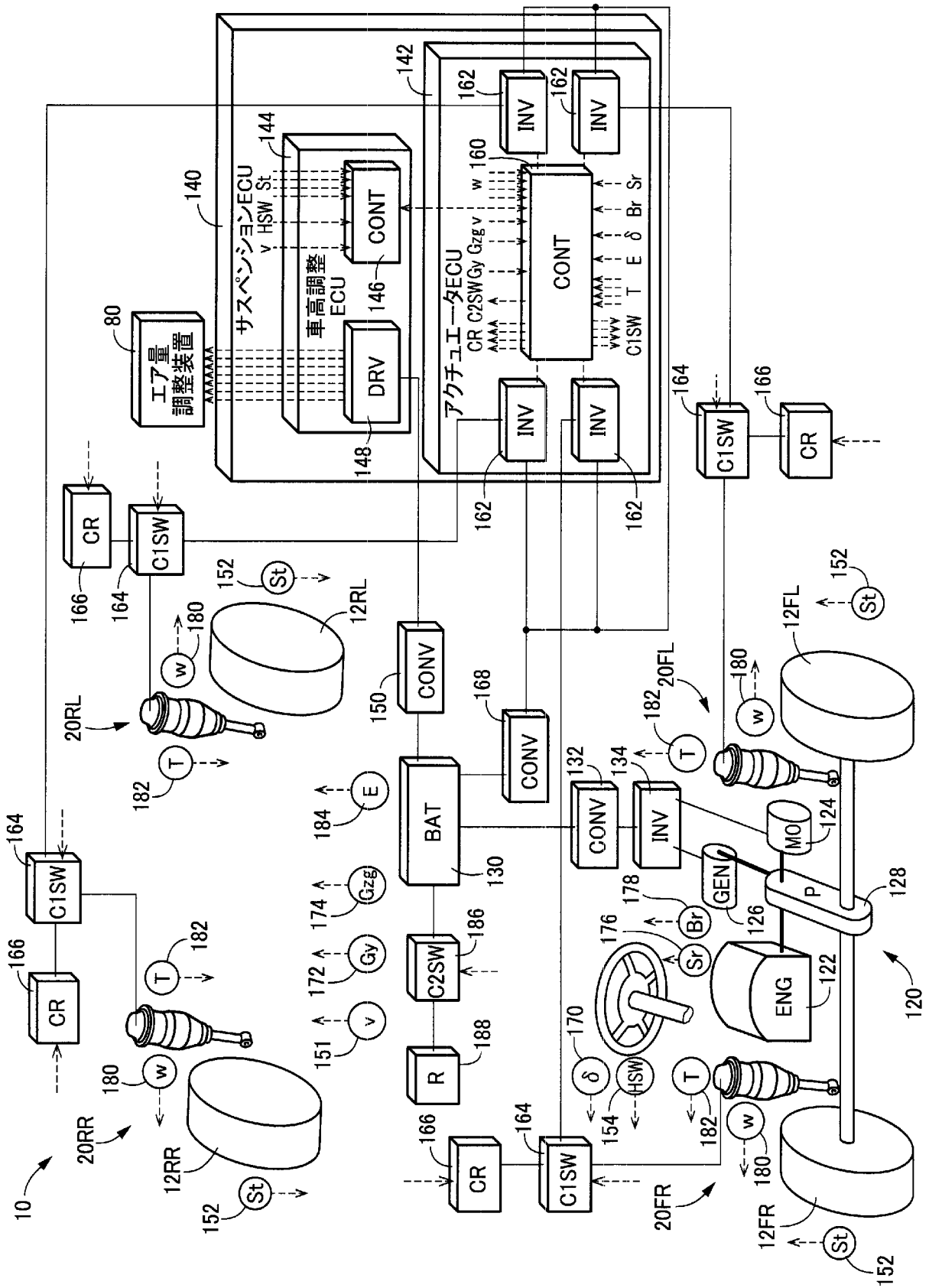
- [5] 前記制御装置が、
前記4つのアクチュエータの各々の前記恒常的アクチュエータ力を発生させる方向を、車体と車輪とを離間させる方向と接近させる方向との一方から他方に切替える際に、前記4つのアクチュエータの各々の前記恒常的アクチュエータ力を漸変させるように制御するものである請求項4に記載の車両用サスペンションシステム。
- [6] 前記制御装置が、前記4つのアクチュエータの前記恒常的アクチュエータ力の大きさを常に同じにするように構成された請求項3ないし請求項5のいずれかに記載の車両用サスペンションシステム。
- [7] 前記サスペンションスプリングが、コイルスプリングである請求項1ないし請求項6のいずれかに記載の車両用サスペンションシステム。
- [8] 前記サスペンションスプリングが、流体の圧力を利用した流体スプリングである請求項1ないし請求項6のいずれかに記載の車両用サスペンションシステム。
- [9] 前記制御装置が、前記バッテリーが高充電状態にある場合において前記恒常力発生状態を強制的に実現させる高充電状態時制御を実行するものとされた請求項1ないし請求項8のいずれかに記載の車両用サスペンションシステム。
- [10] 前記高充電状態時制御における前記恒常的アクチュエータ力の大きさが、前記バッテリーの充電状態の高さに基づいて定まる大きさとされた請求項9に記載の車両用サスペンションシステム。
- [11] 前記高充電状態時制御における前記恒常的アクチュエータ力の大きさが、前記アクチュエータの温度に基づいて定まる大きさとされた請求項9または請求項10に記載の車両用サスペンションシステム。
- [12] 当該車両用サスペンションシステムが、前記アクチュエータが外部力によって動作させられた場合における前記電動モータの発電電力を前記バッテリーに回生可能に構成され、かつ、前記バッテリーが高充電状態にある場合において、その回生を制限可能に構成された請求項9ないし請求項11のいずれかに記載の車両用サスペンションシステム。

- [13] 前記高充電状態時制御が、車両が走行する路面の状態と車両が走行する速度との少なくとも一方に基づいて定まる方向に前記恒常的アクチュエータ力を発生させる制御とされた請求項9ないし請求項12のいずれかに記載の車両用サスペンションシステム。
- [14] 前記制御装置が、通常の制御から前記高充電状態時制御への移行時および前記高充電状態時制御から通常の制御への移行時において前記恒常的アクチュエータ力を漸変させるように構成された請求項9ないし請求項13のいずれかに記載の車両用サスペンションシステム。
- [15] 前記サスペンションスプリングがばねレートを変更可能な構造のものであり、前記制御装置が、前記恒常的アクチュエータ力による車体と車輪との離間距離の変化を抑制すべく前記サスペンションスプリングのばねレートを変更するように構成された請求項9ないし請求項14のいずれかに記載の車両用サスペンションシステム。
- [16] 前記サスペンションスプリングのばねレートの変更によって車体と車輪との離間距離の変化を抑制しつつ前記恒常的アクチュエータ力を変更する場合において、前記恒常的アクチュエータ力を増加させるときのその力の変化勾配が、減少させるときの変化勾配より大きくされた請求項15に記載の車両用サスペンションシステム。
- [17] 前記制御装置が、前記アクチュエータの温度が高い場合において前記高充電状態時制御の実行を制限するものとされた請求項9ないし請求項16のいずれかに記載の車両用サスペンションシステム。
- [18] 前記制御装置が、前記高充電状態時制御の設定継続許容時間を超えた継続を禁止するものとされた請求項9ないし請求項17のいずれかに記載の車両用サスペンションシステム。
- [19] 前記制御装置が、前記高充電状態時制御の設定再開禁止時間経過前における再開を禁止するものとされた請求項9ないし請求項18のいずれかに記載の車両用サスペンションシステム。
- [20] 前記制御装置が、前記バッテリーが高充電状態にある場合において前記高充電状態時制御の実行が制限された場合に、車両が備える放電手段によって前記バッテリーの充電状態を低下させるように構成された請求項9ないし請求項19のいずれかに記載

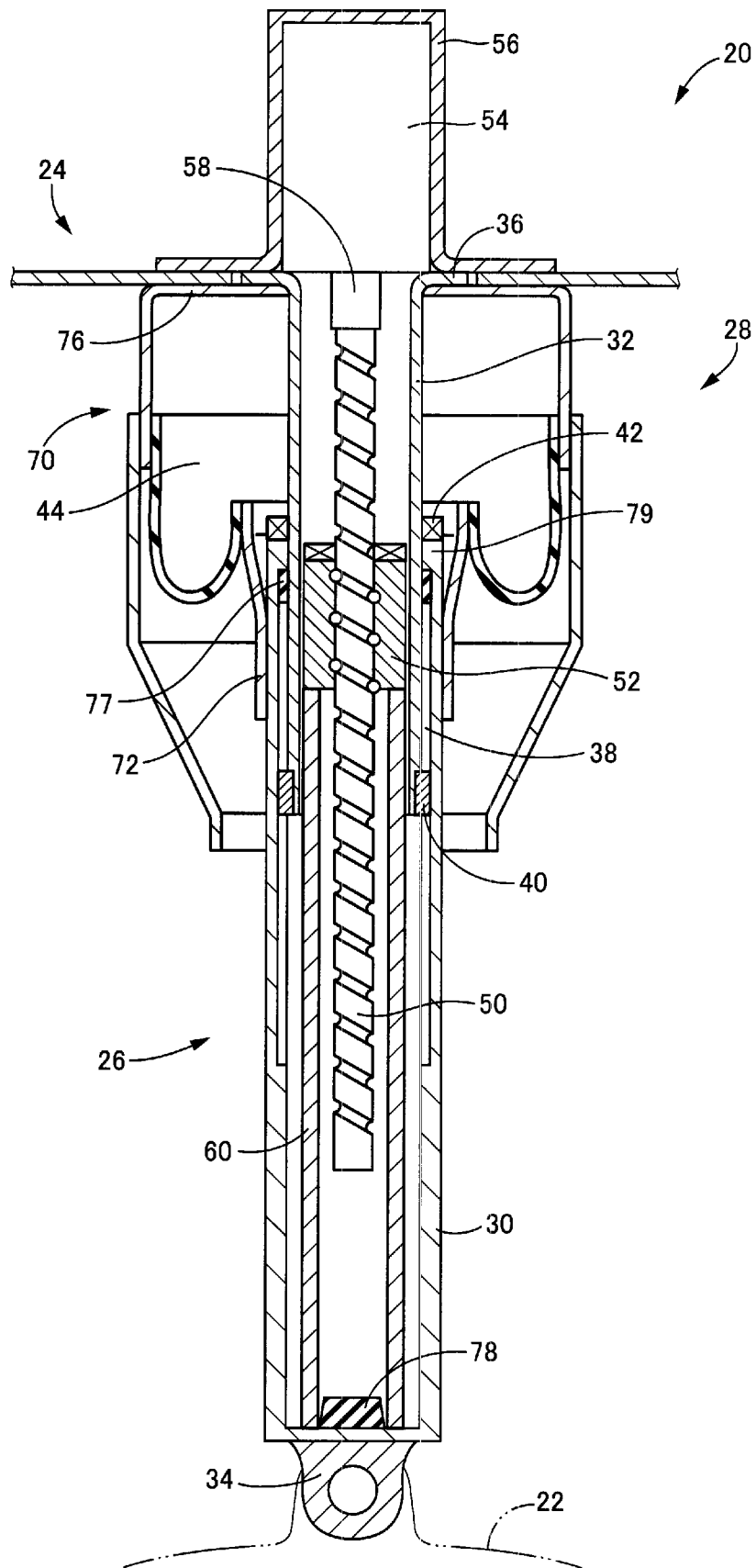
の車両用サスペンションシステム。

- [21] 前記制御装置が、バッテリーが低充電状態にある場合において、前記恒常力発生状態の実現を制限するように構成された請求項1ないし請求項20のいずれかに記載の車両用サスペンションシステム。

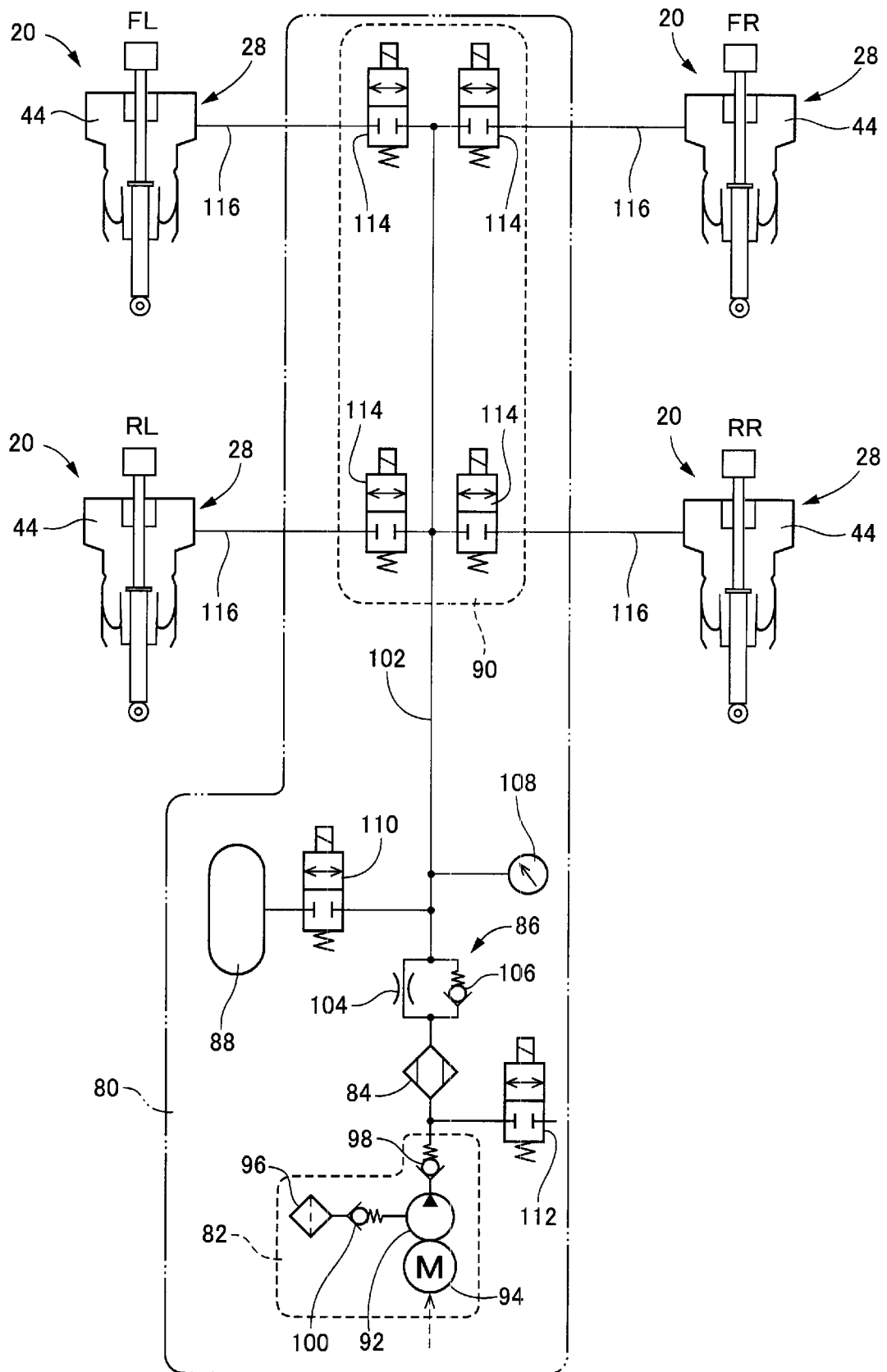
[図1]



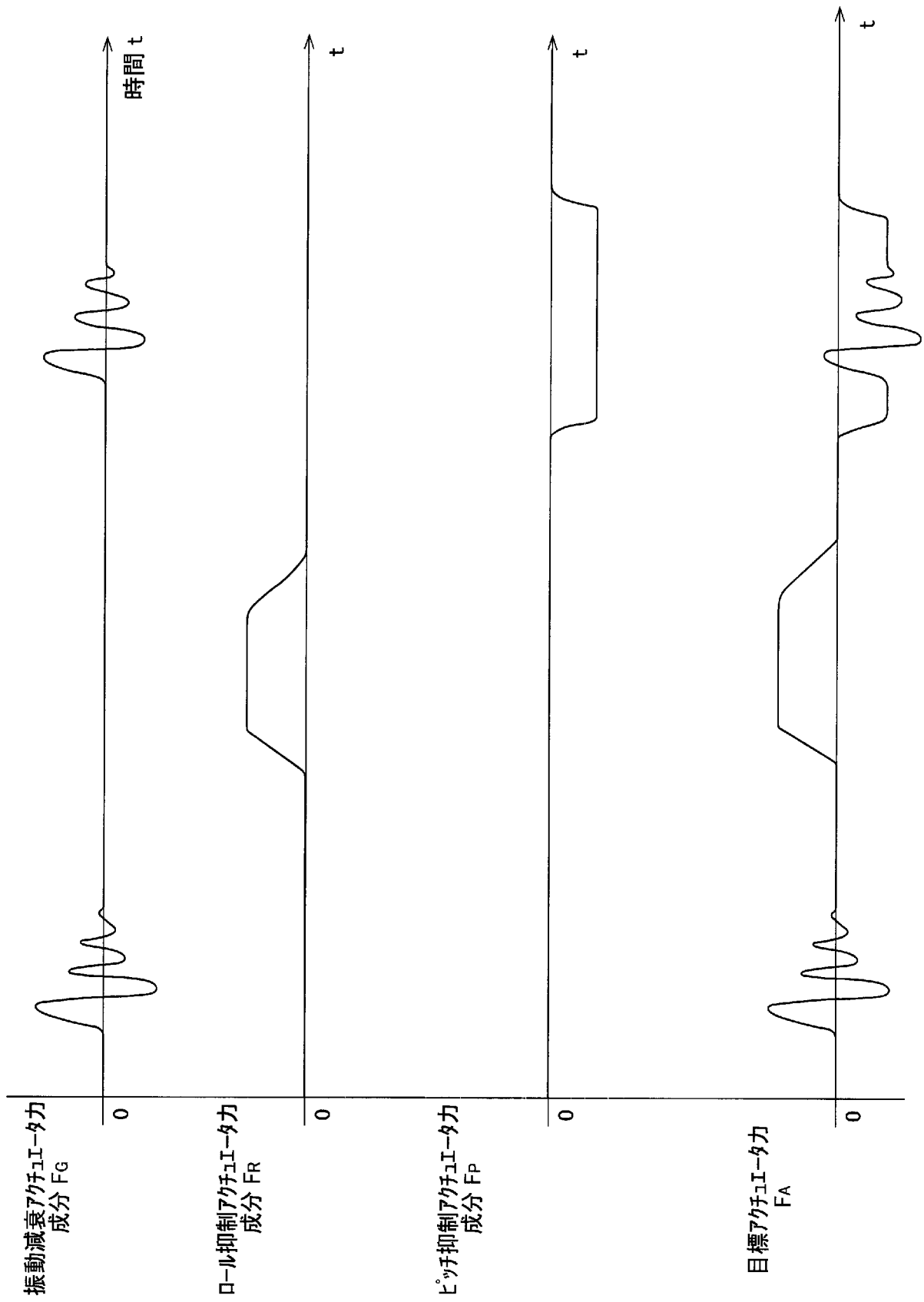
[図2]



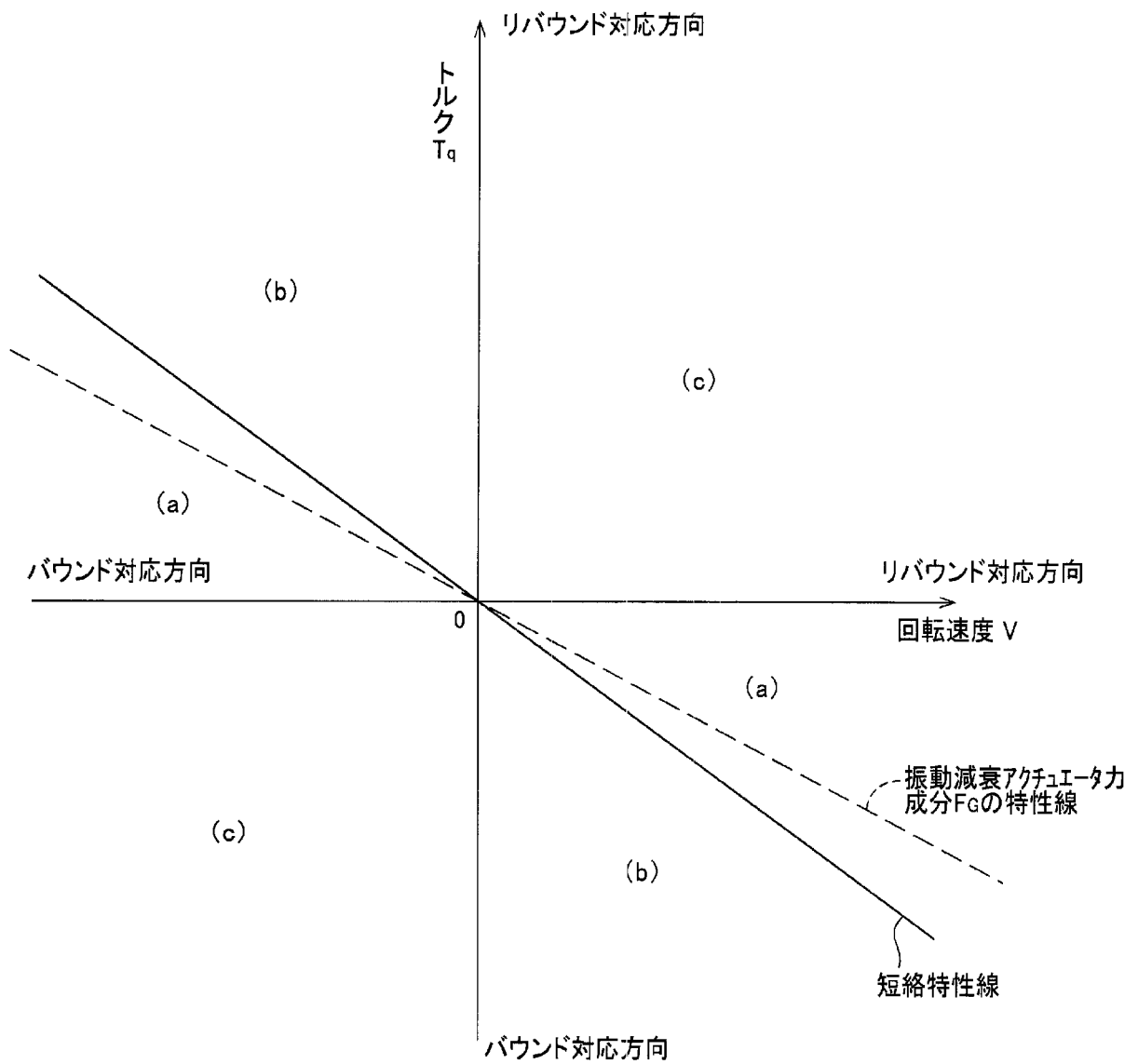
[図3]



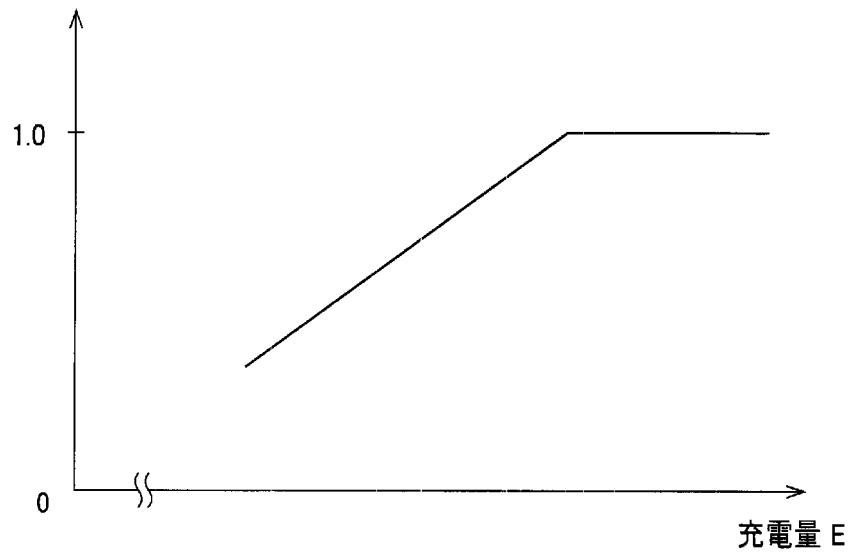
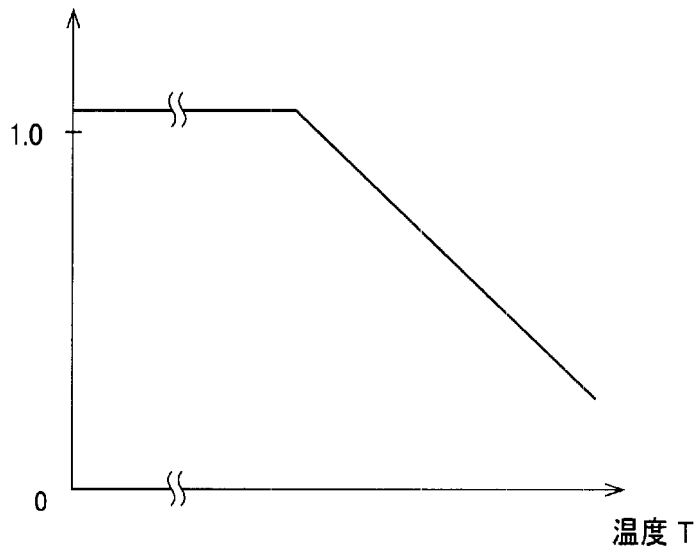
[図4]



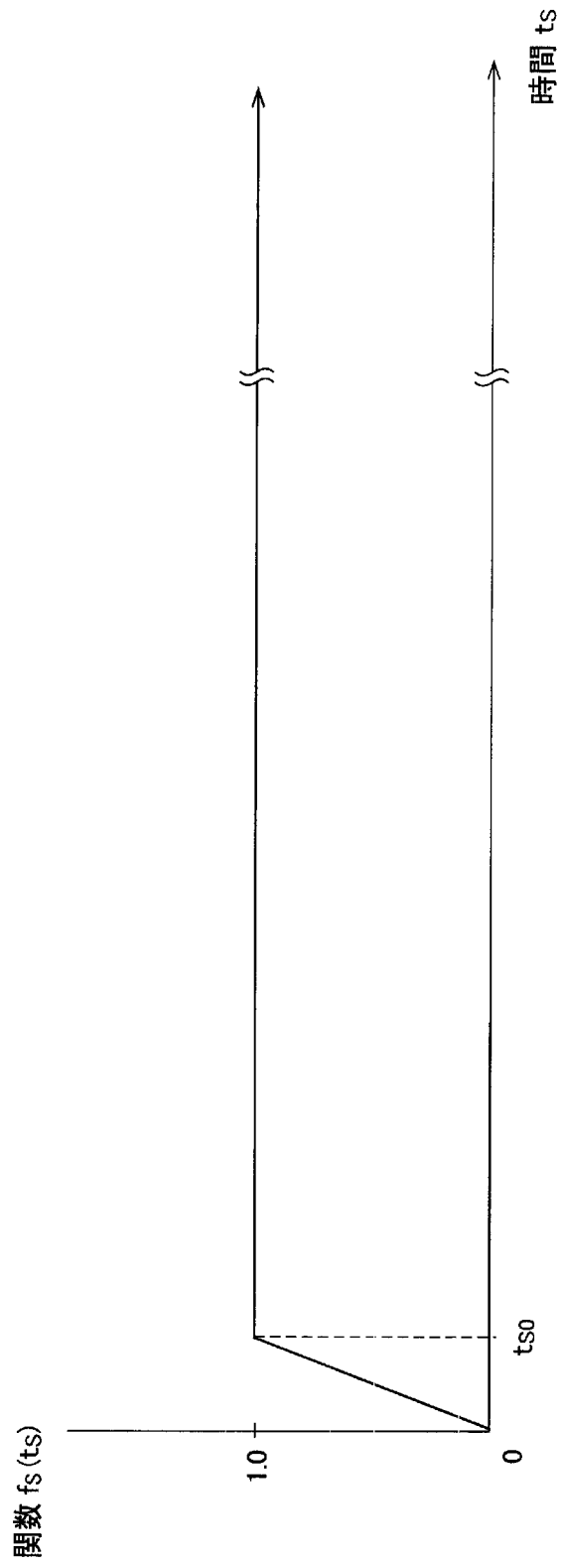
[図5]



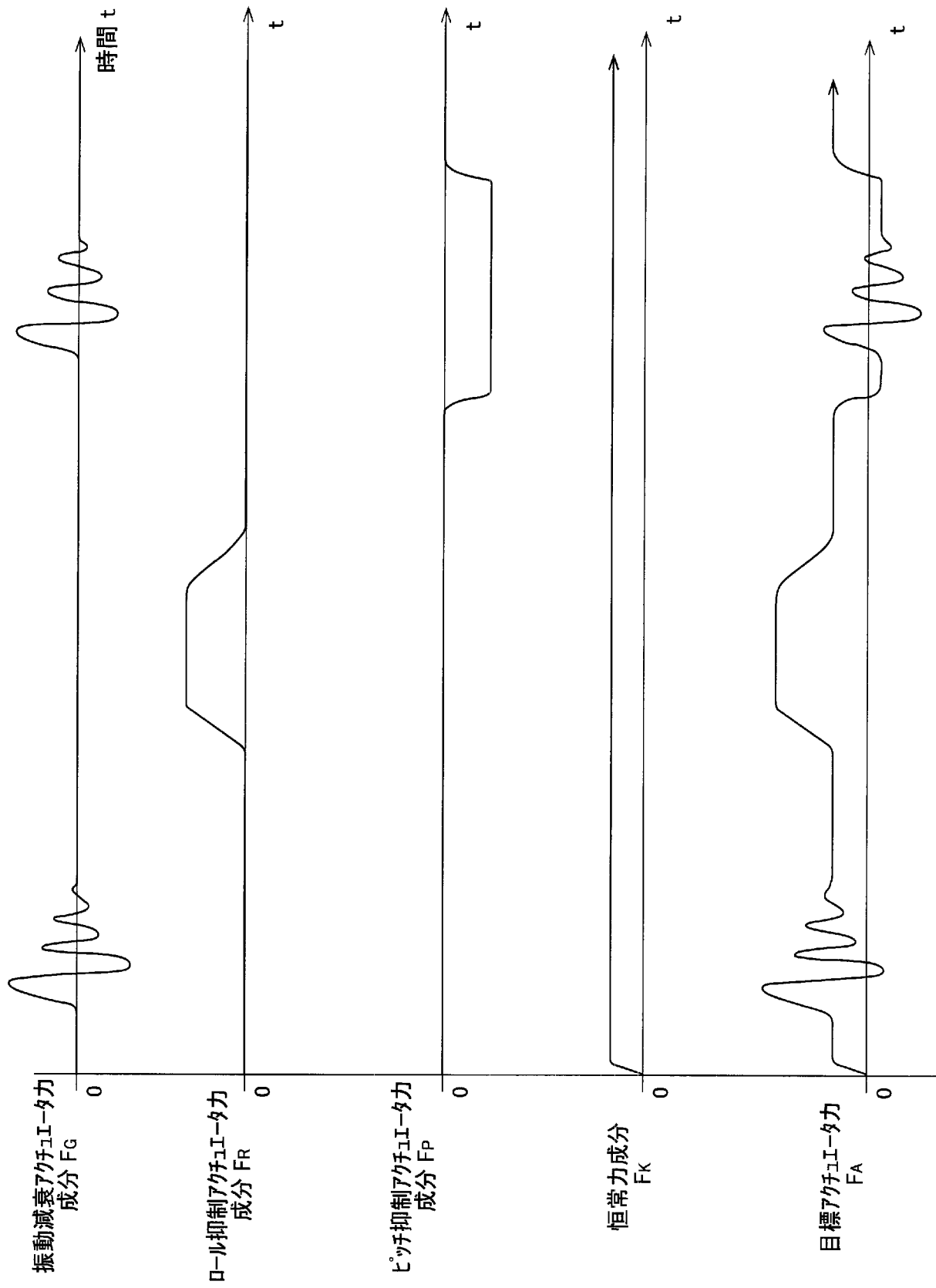
[図6]

(a) ゲイン K_E (b) ゲイン K_T 

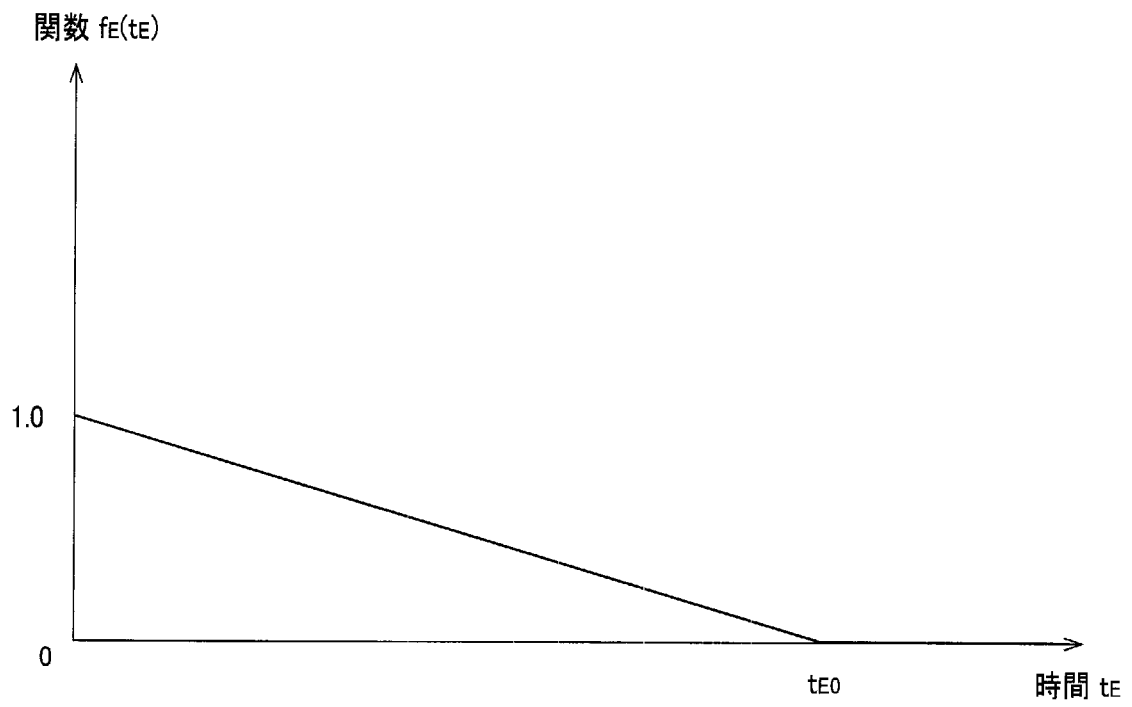
[図7]



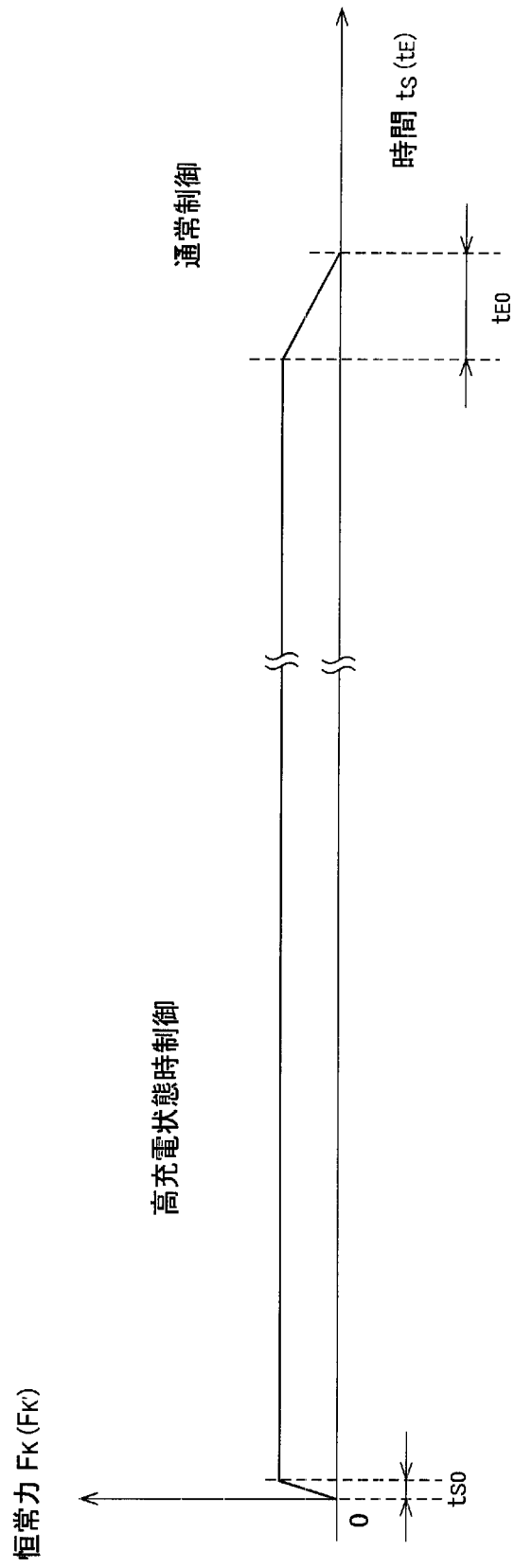
[図8]



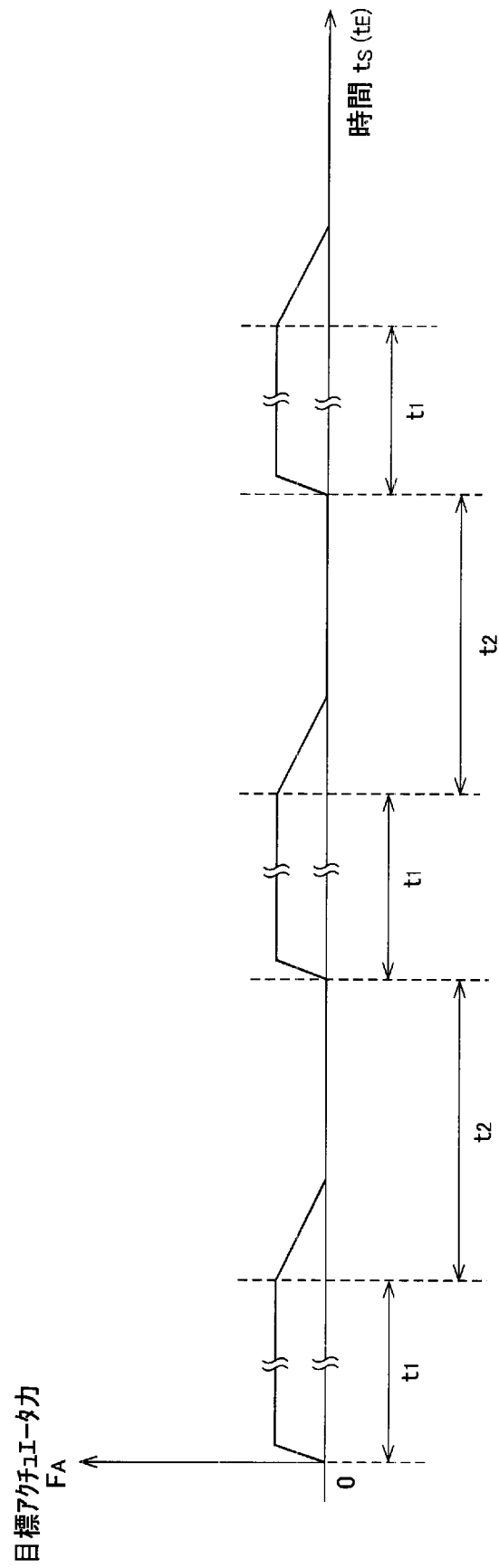
[図9]



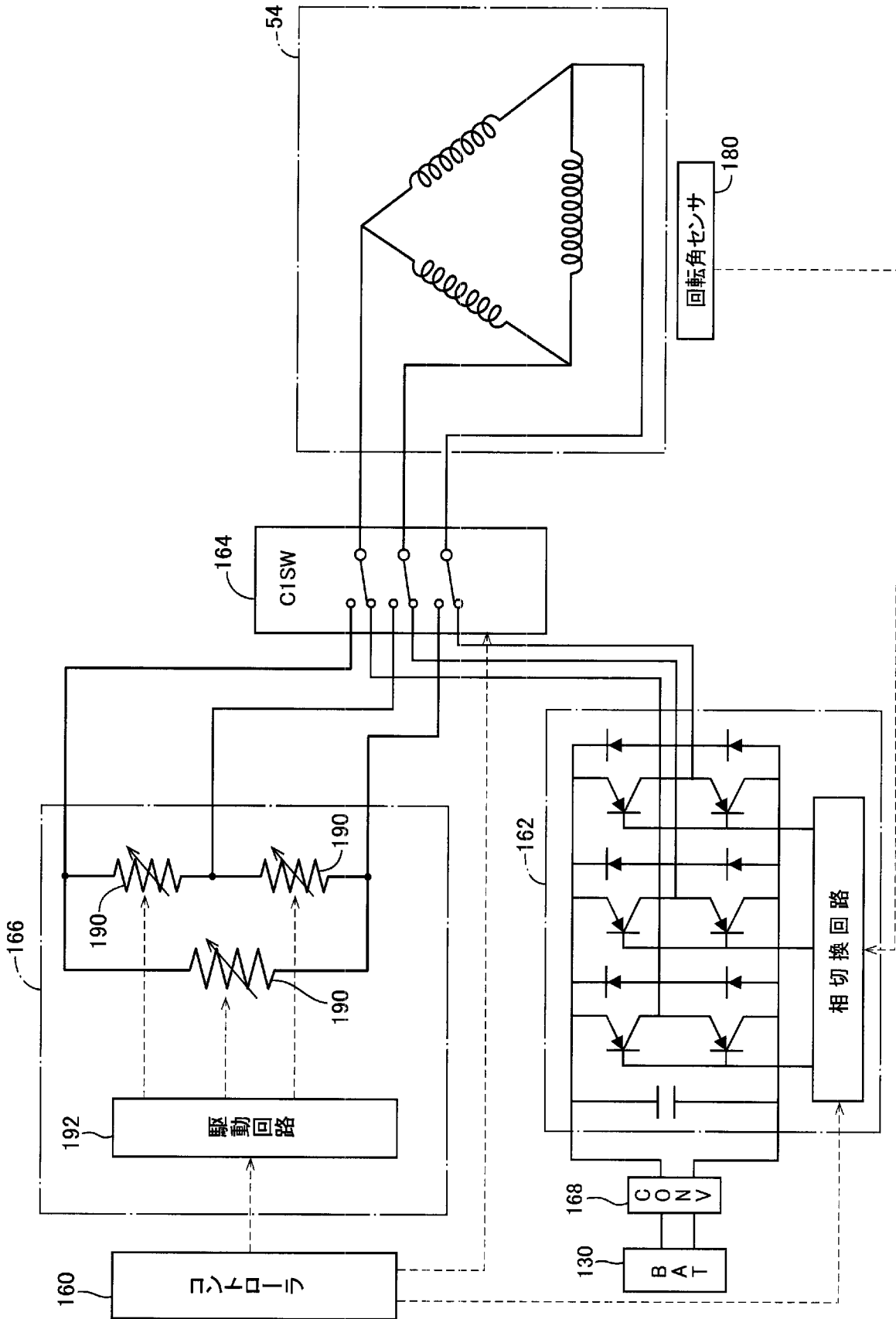
[図10]



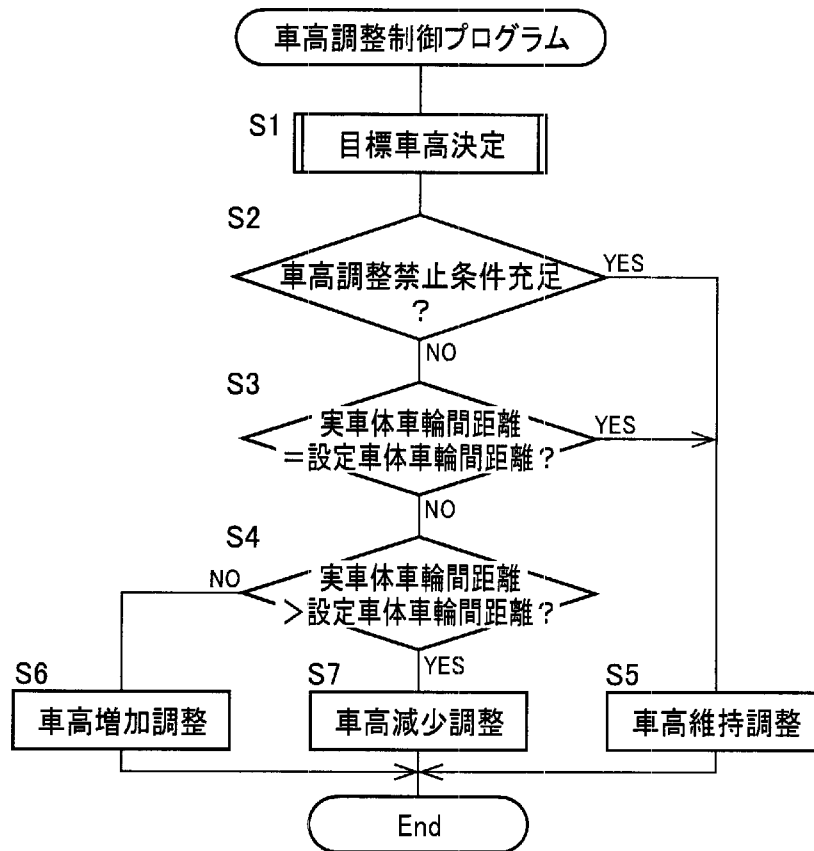
[図11]



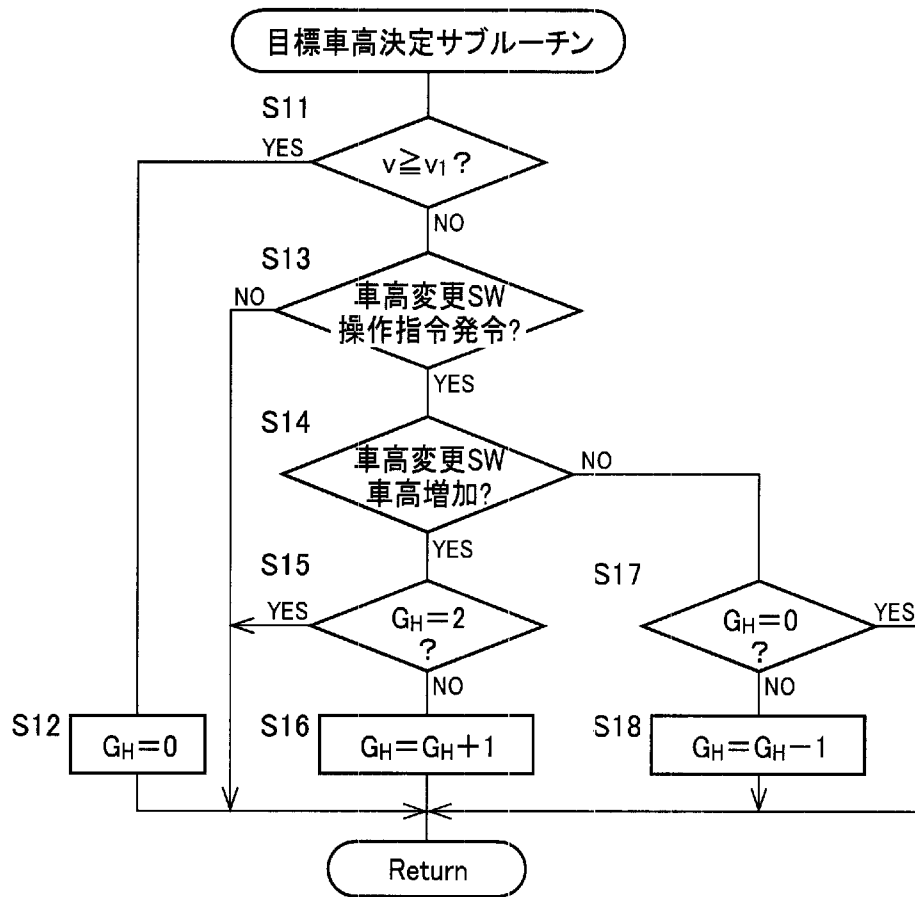
[図12]



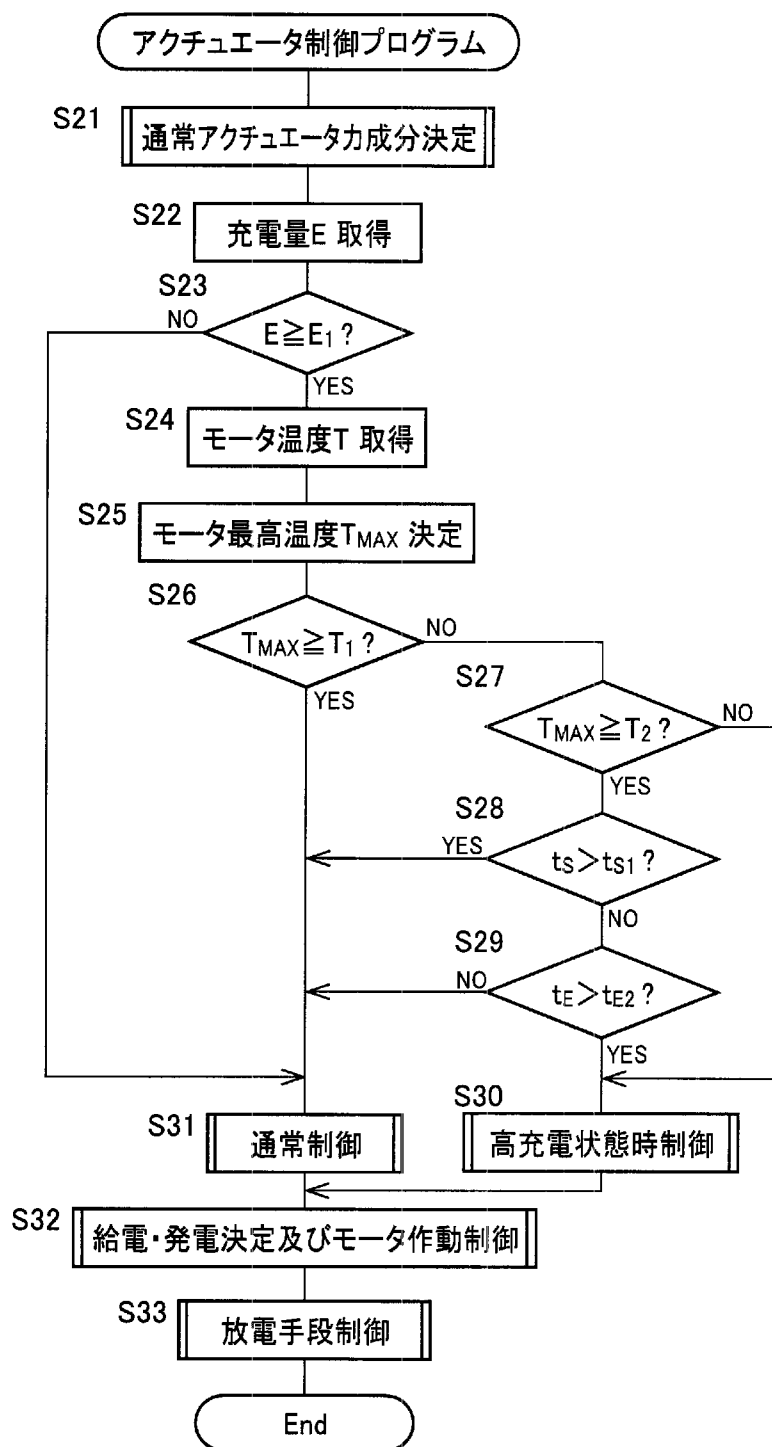
[図13]



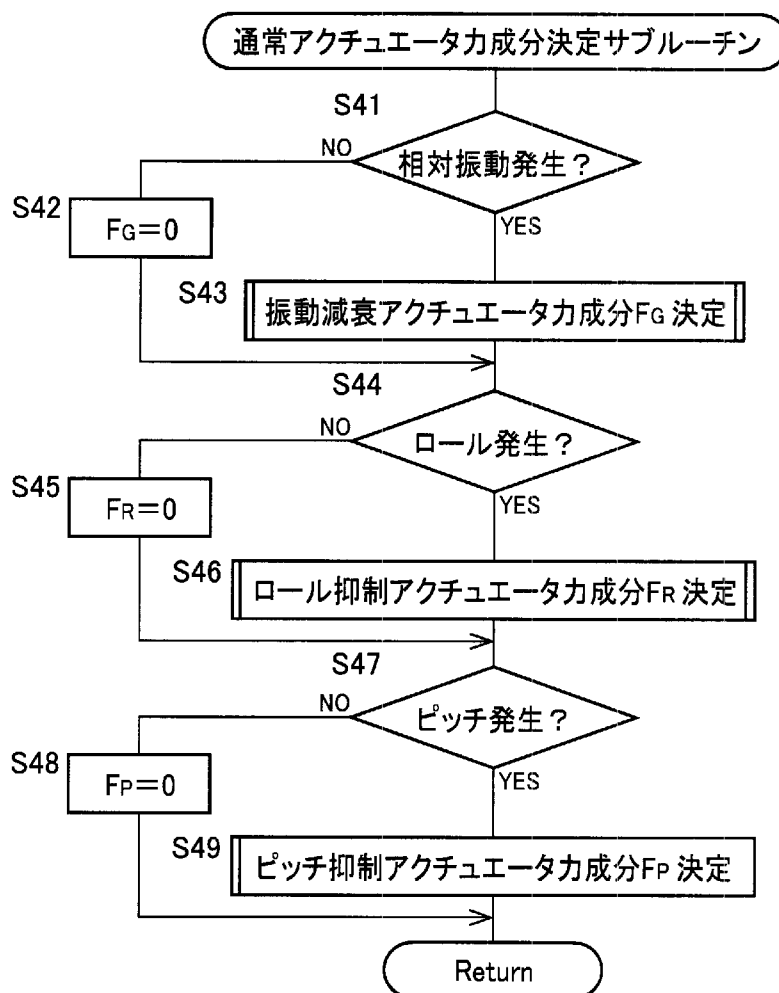
[図14]



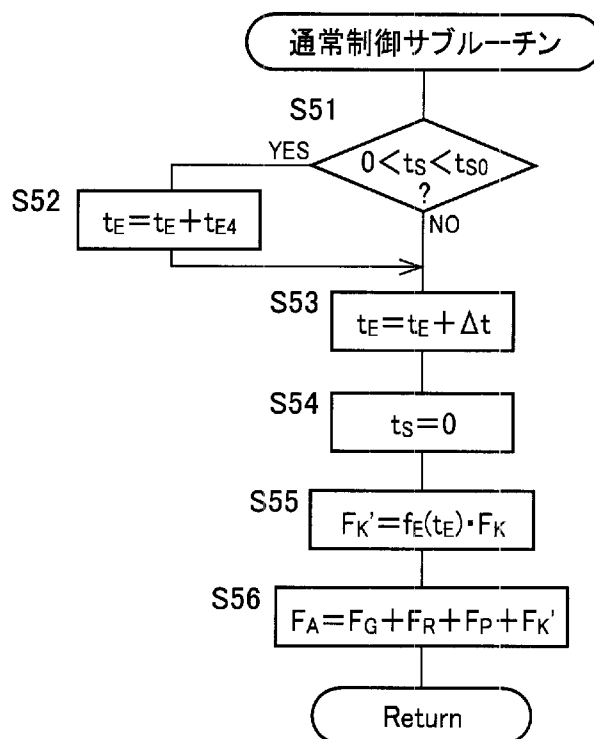
[図15]



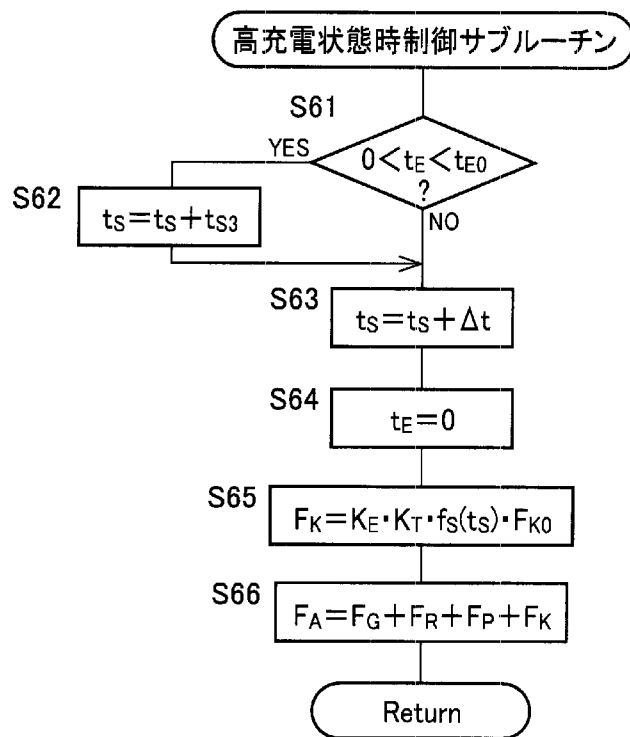
[図16]



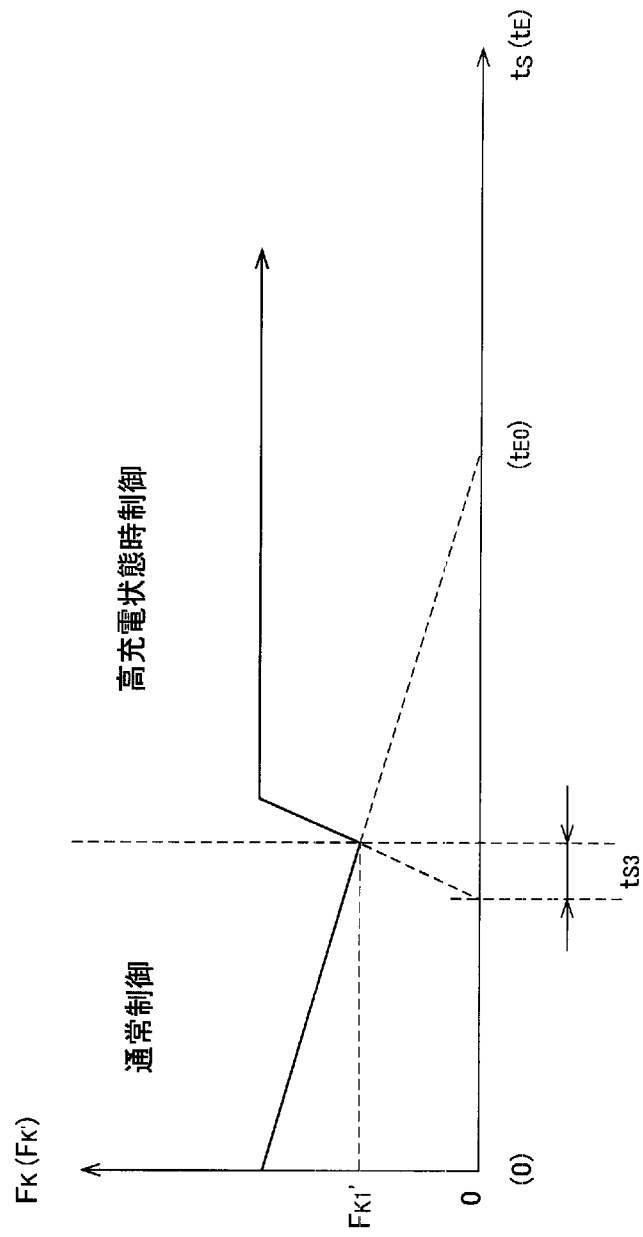
[図17]



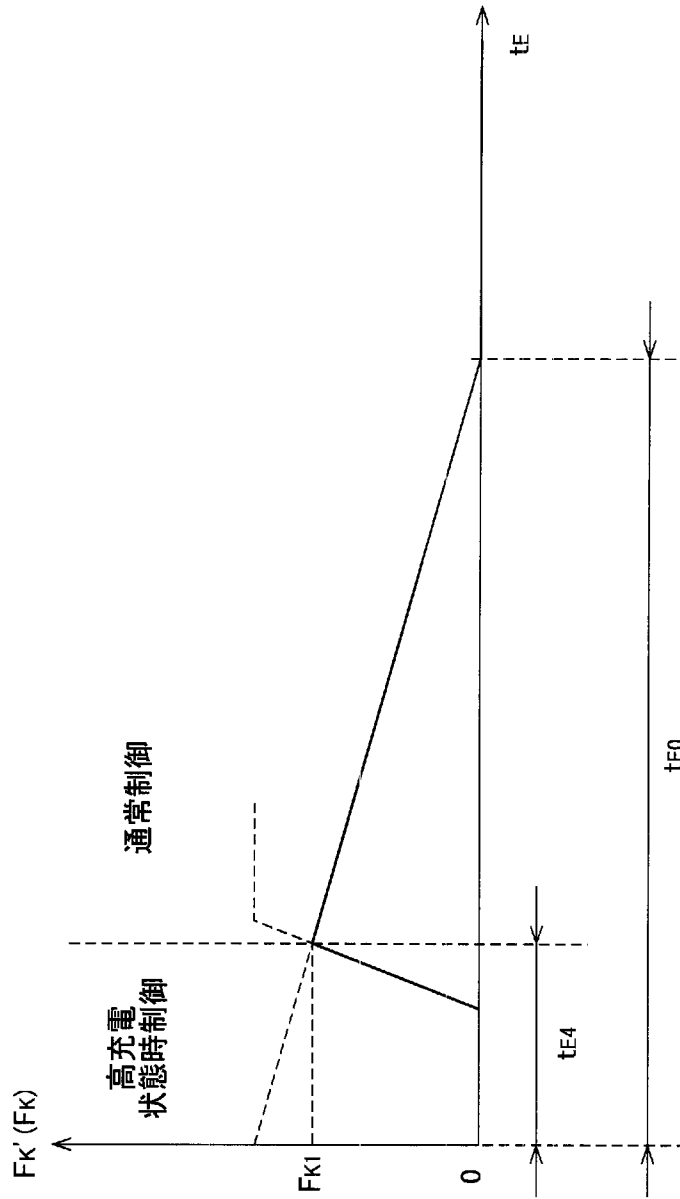
[図18]



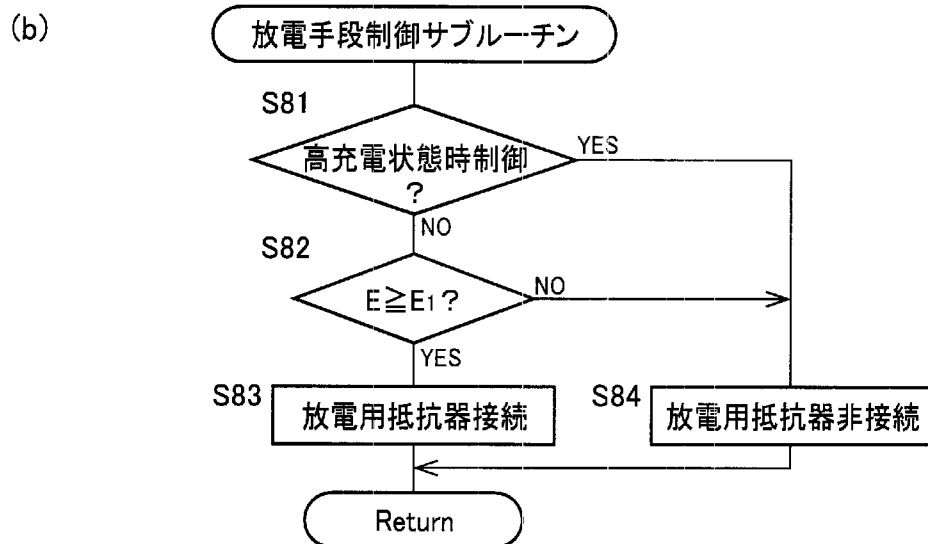
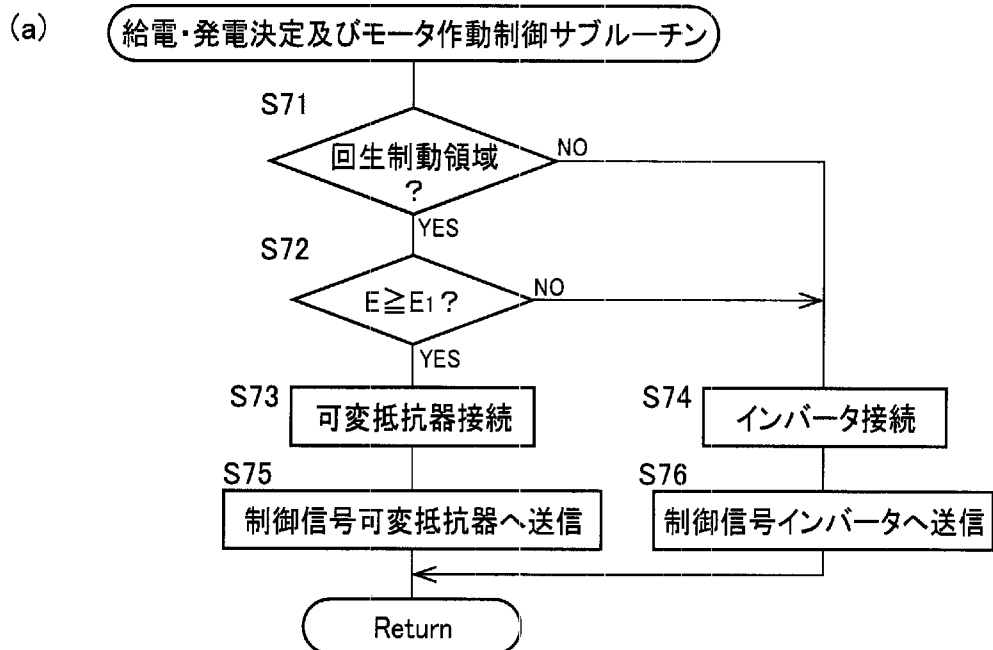
[図19]



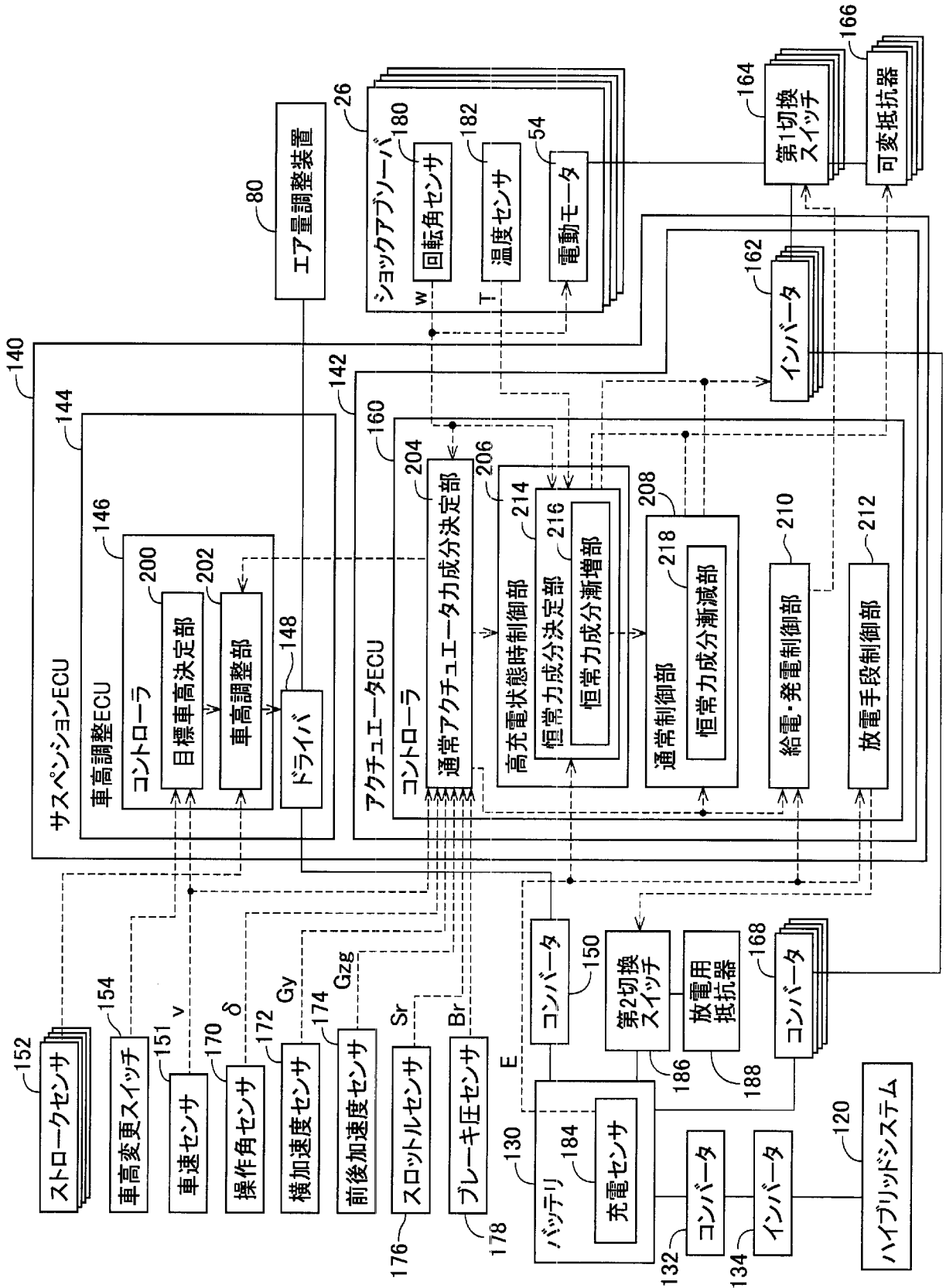
[図20]



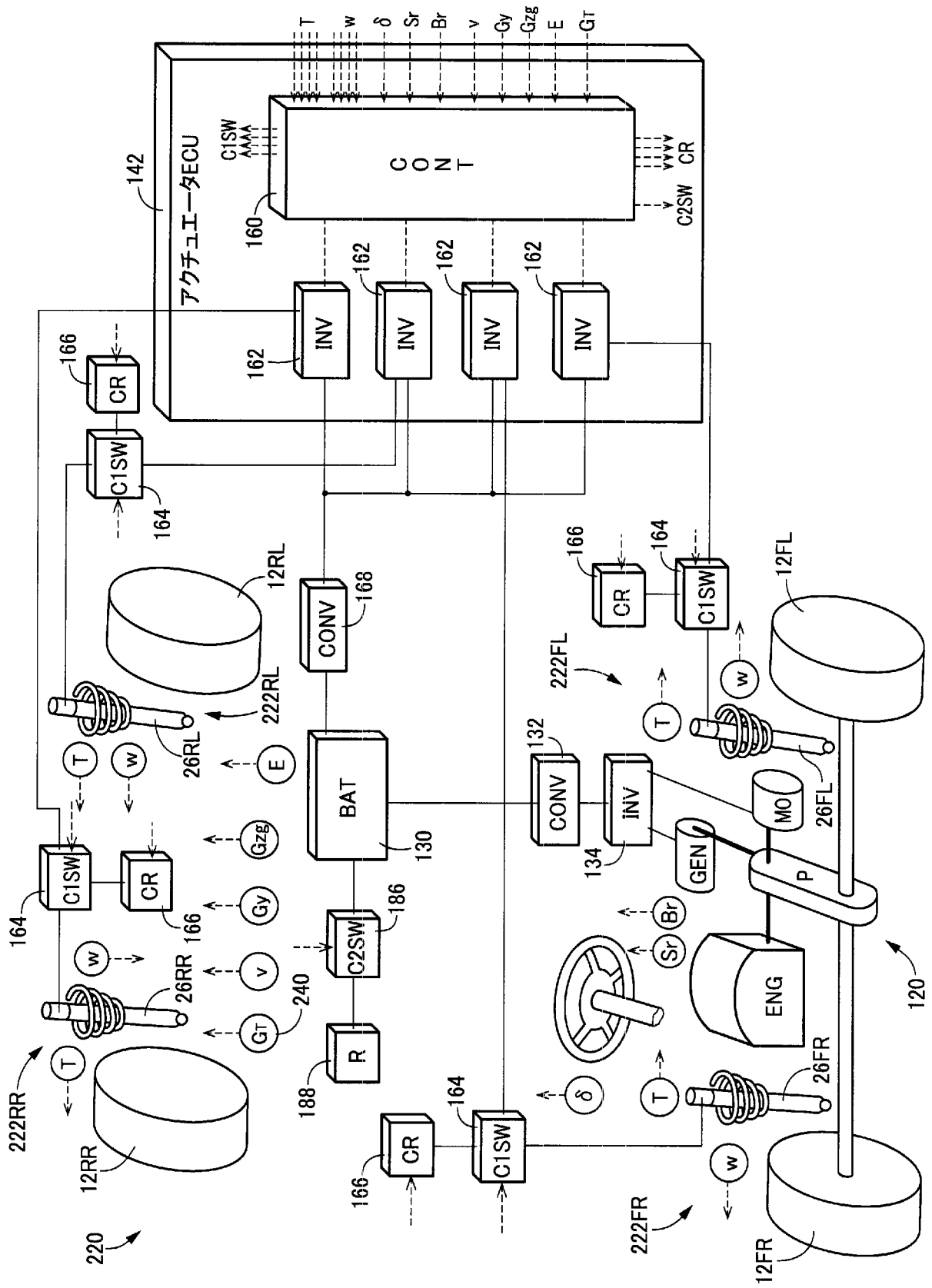
[図21]



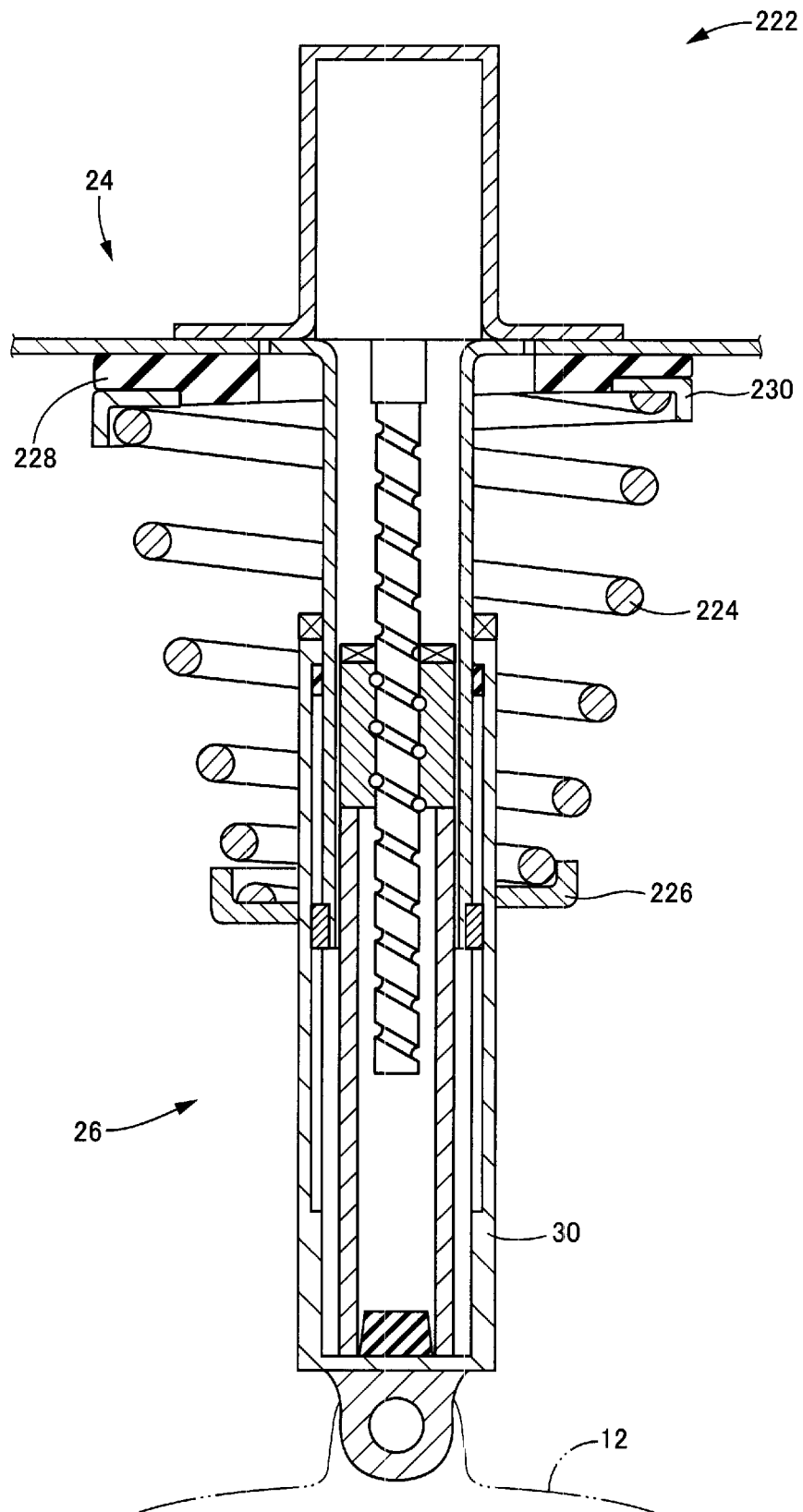
[図22]



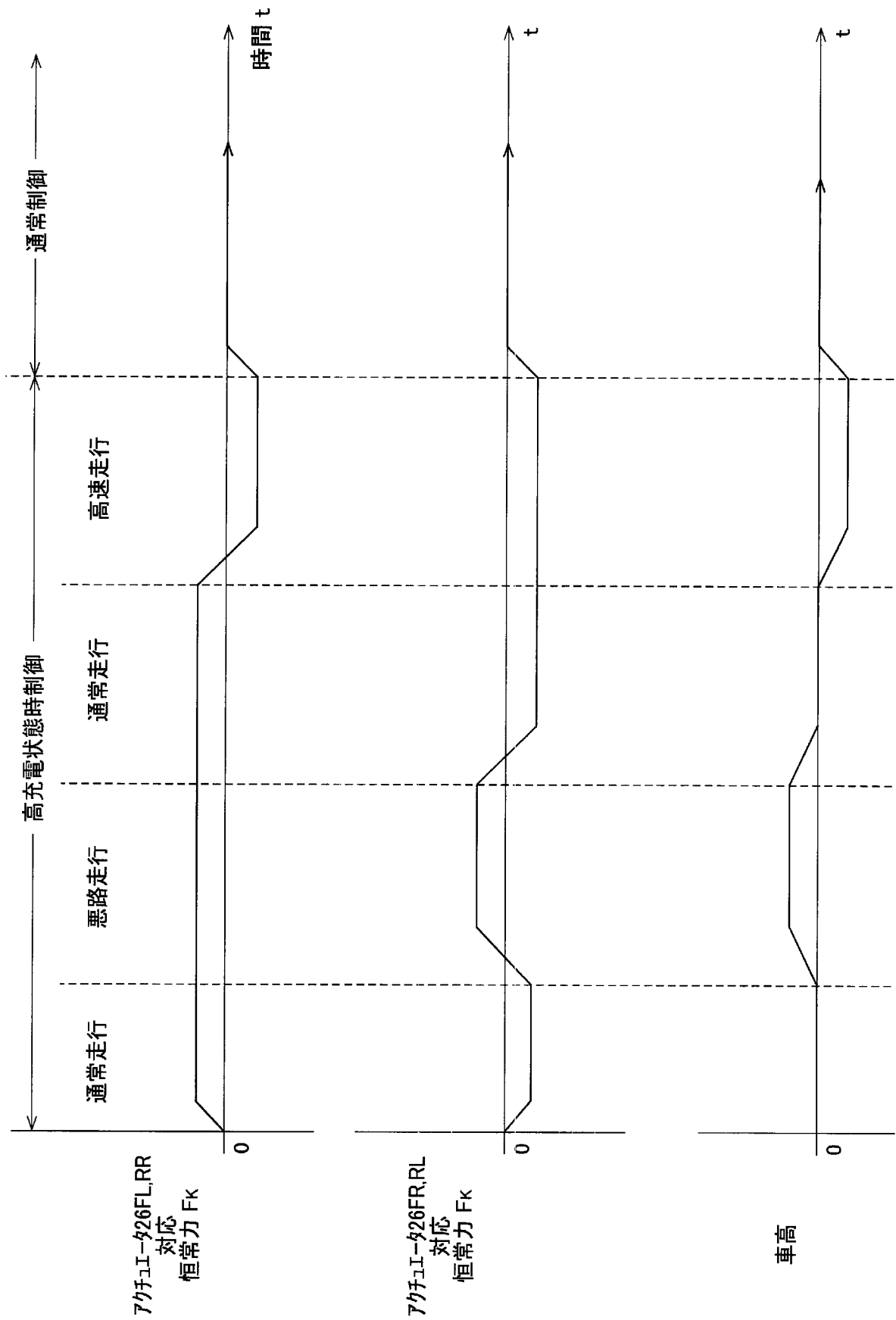
[図23]



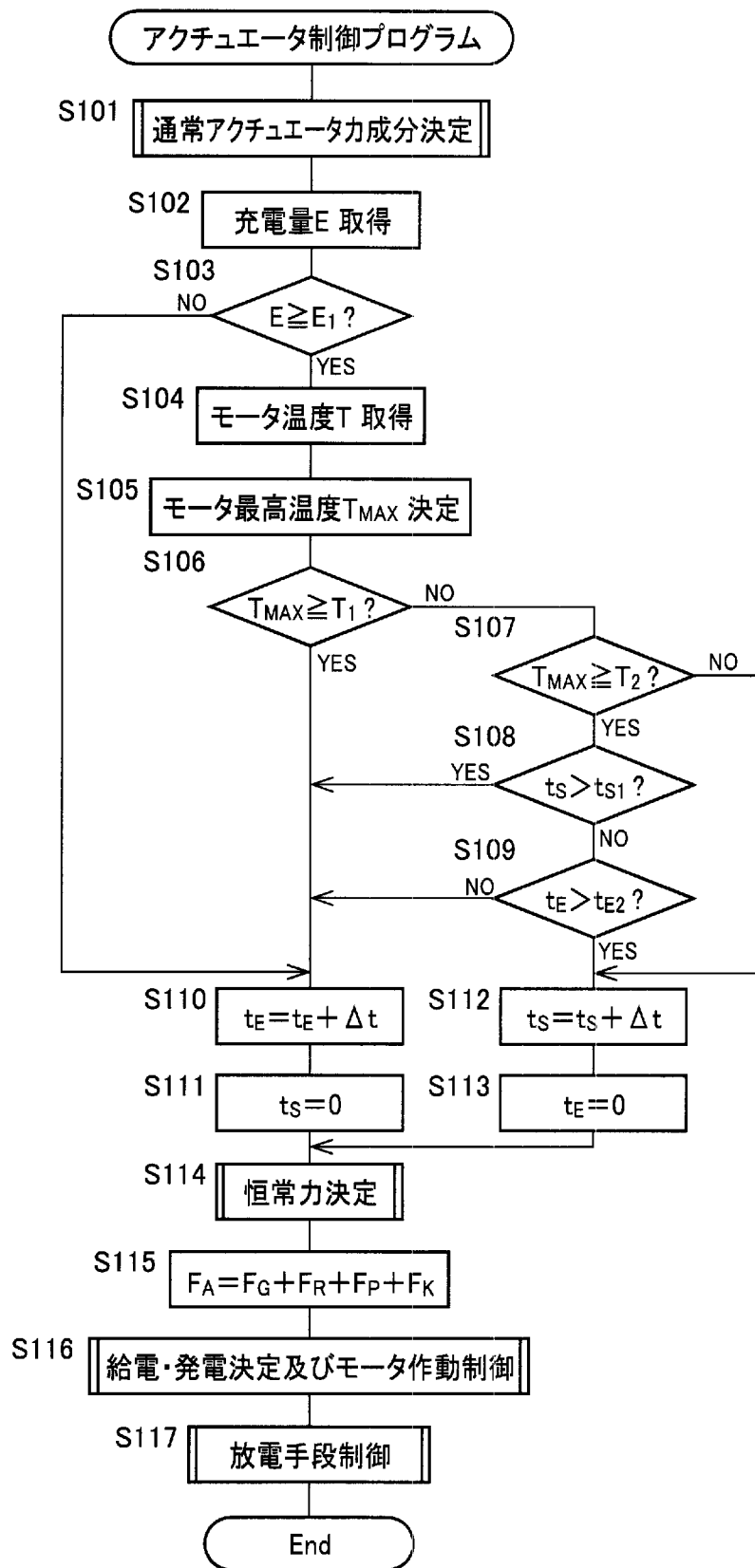
[図24]



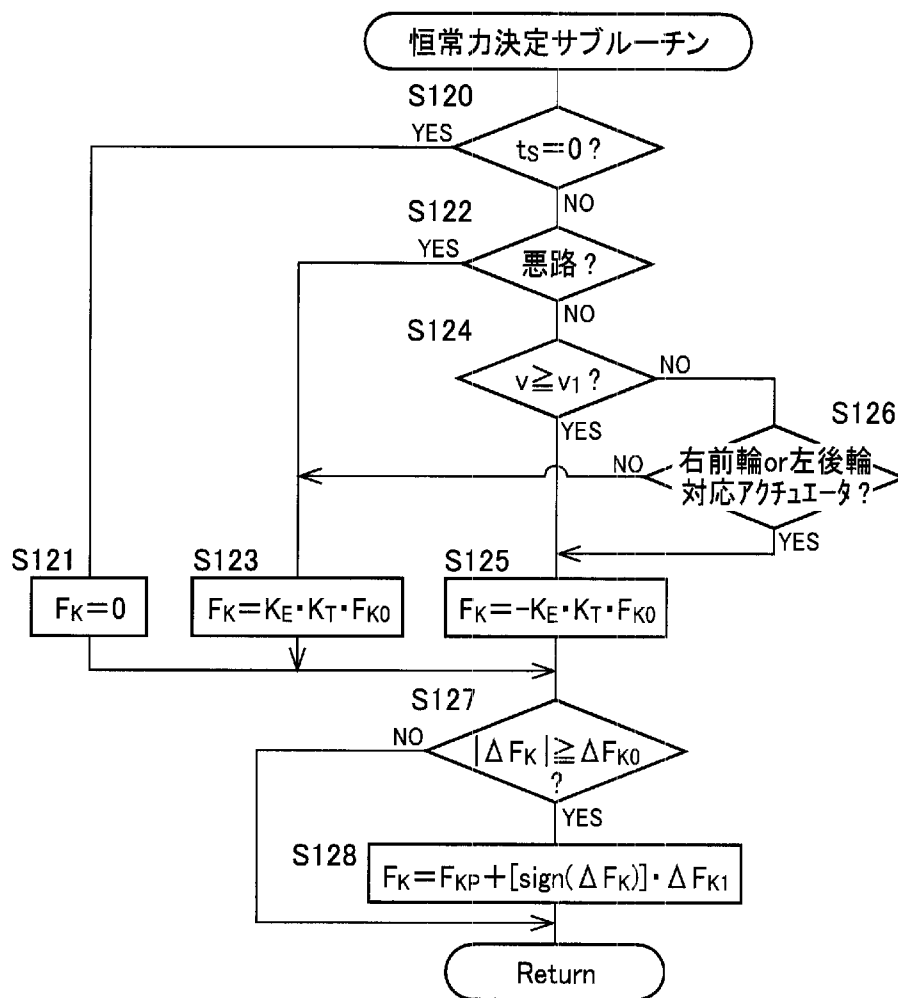
[図25]



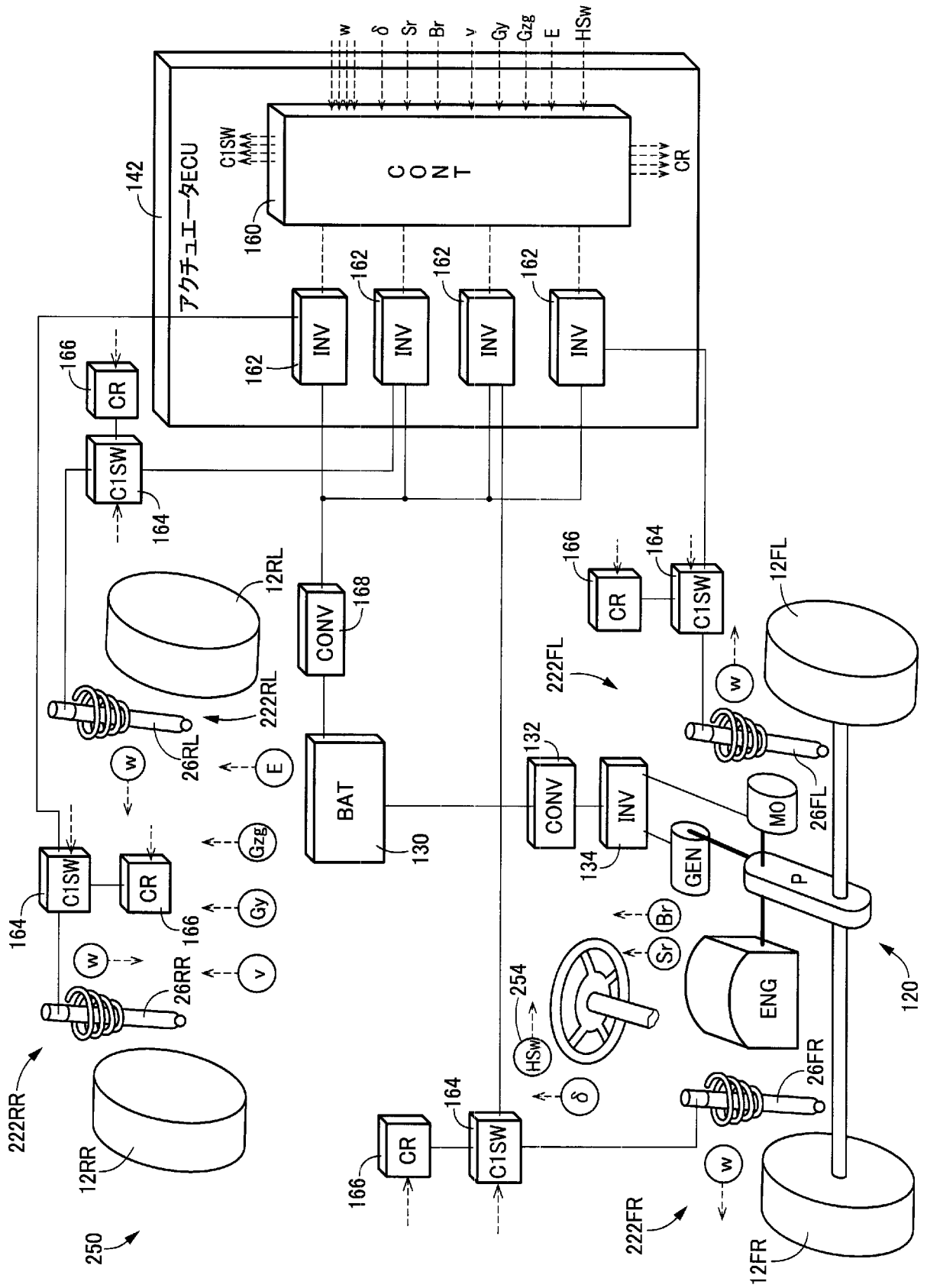
[図26]



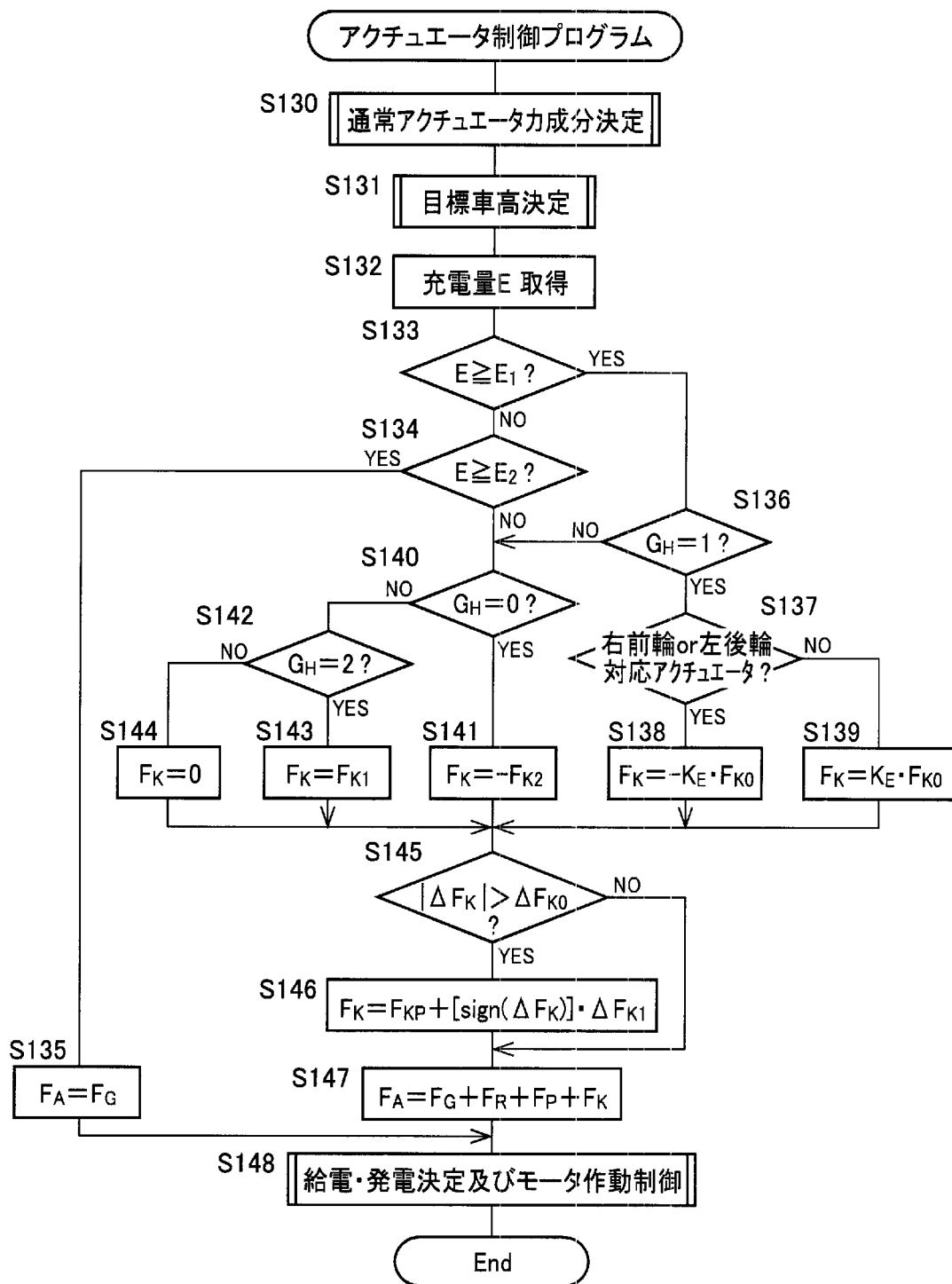
[図27]



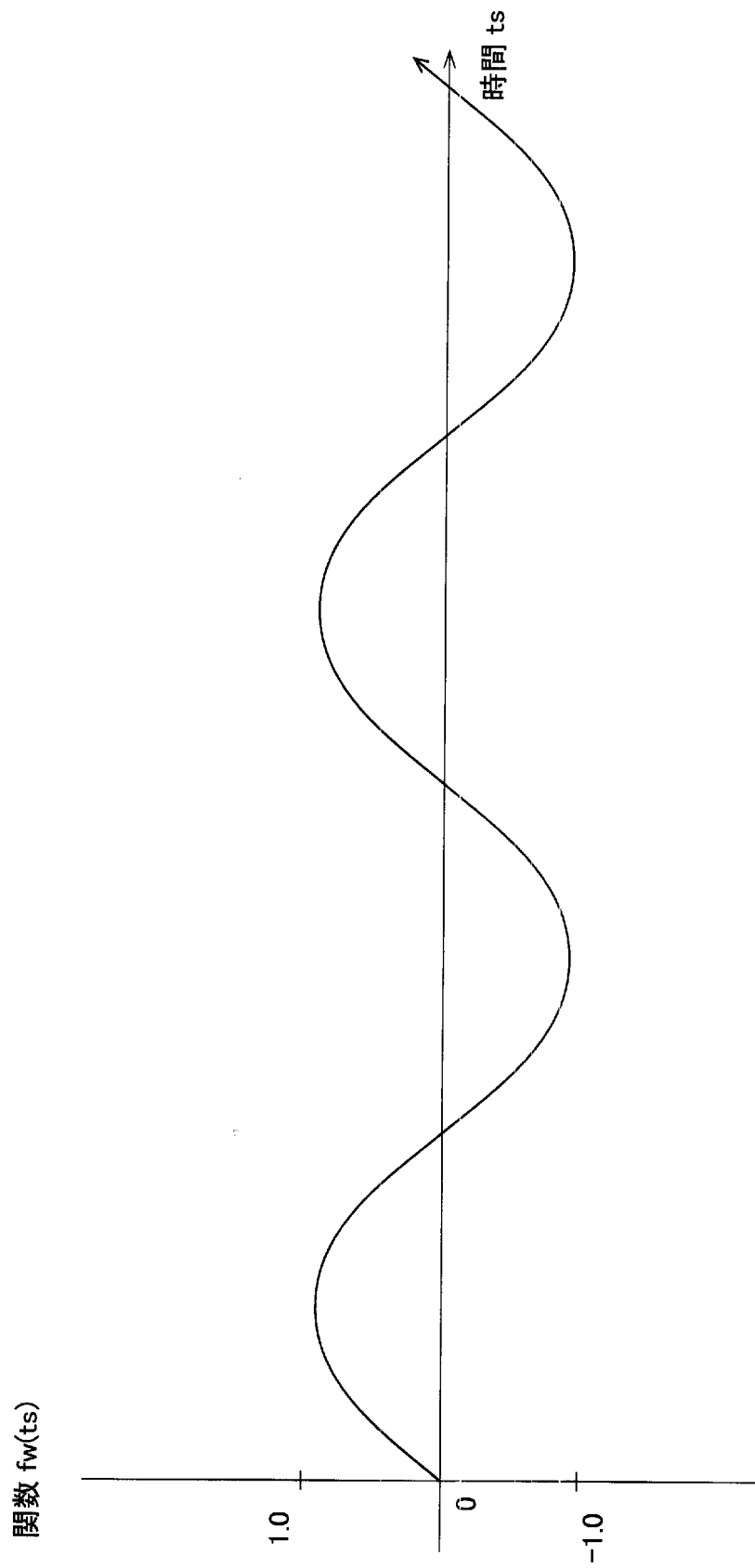
[図28]



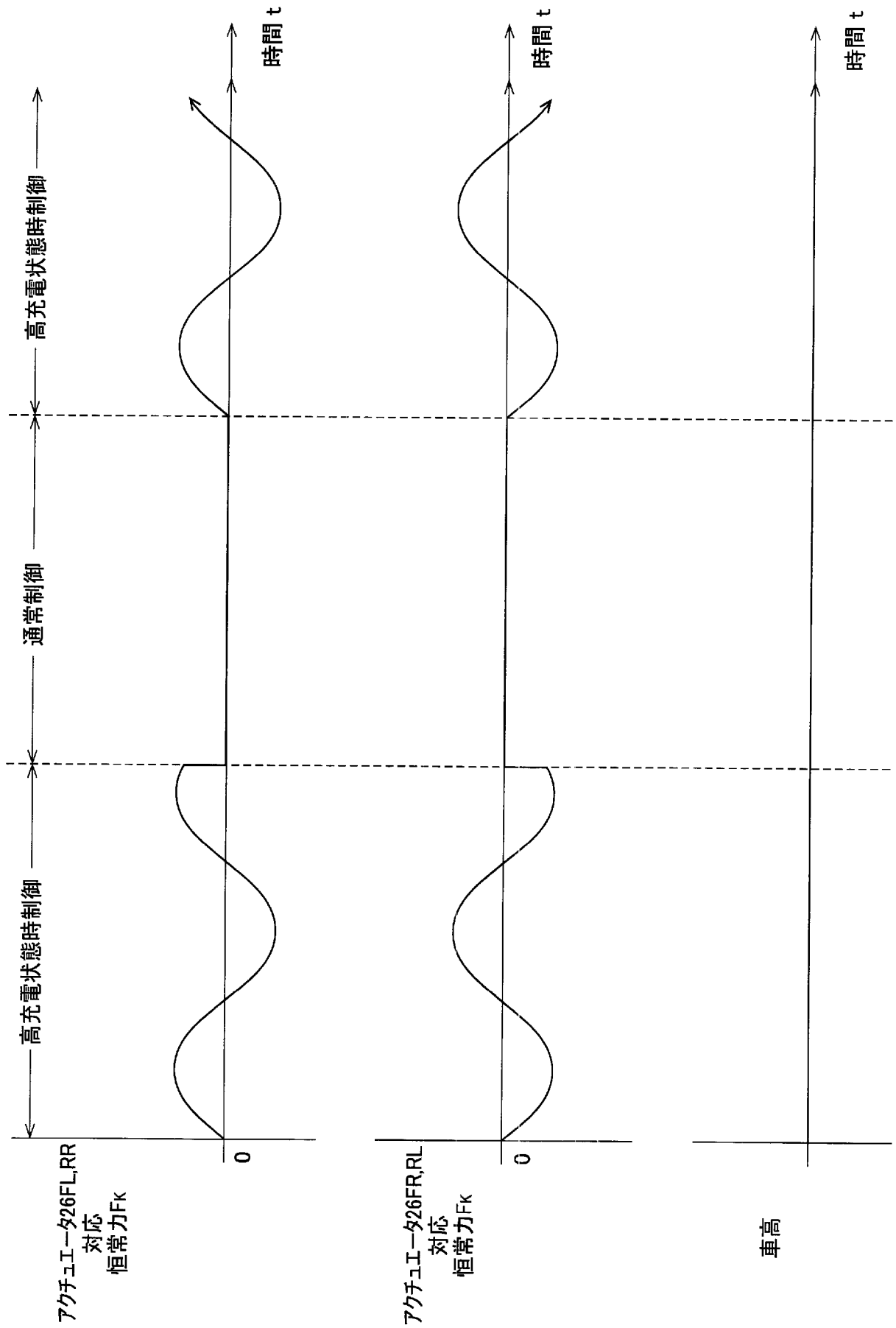
[図29]



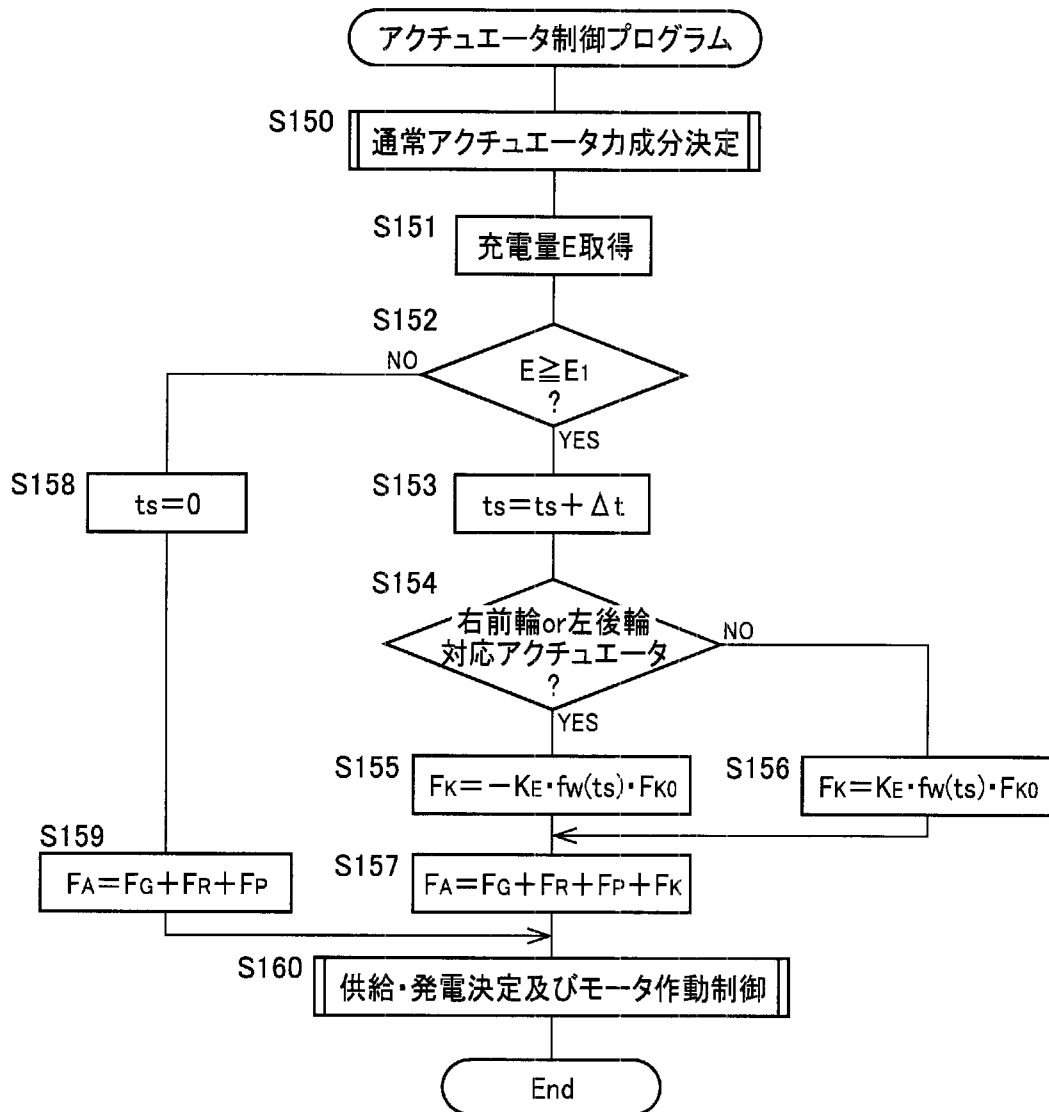
[図30]



[図31]



[図32]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/054337

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B60G17/00(2006.01)i, B60G13/14(2006.01)i, B60G15/02(2006.01)i, B60G15/08(2006.01)i, B60G17/015(2006.01)i, F16F15/02(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B60G1/00-25/00, F16F15/00-15/36

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2007
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2007	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2007

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5091679 A (GENERAL MOTORS CORP.), 25 February, 1992 (25.02.92), Column 9, line 49 to column 10, line 49 (Family: none)	1-21
A	JP 03-189223 A (Mitsubishi Electric Corp.), 19 August, 1991 (19.08.91), Page 4, upper right column, line 3 to lower left column, line 2 (Family: none)	1,7
A	JP 2003-054234 A (Honda Motor Co., Ltd.), 26 February, 2003 (26.02.03), Par. Nos. [0052] to [0057] & US 2003-0033063 A1	1,7

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
02 April, 2007 (02.04.07)

Date of mailing of the international search report
10 April, 2007 (10.04.07)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/054337

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2005-119560 A (Toyota Motor Corp.), 12 May, 2005 (12.05.05), Par. No. [0031] (Family: none)	1,7,9-21
A	JP 2002-218778 A (Honda Motor Co., Ltd.), 02 August, 2002 (02.08.02), Par. Nos. [0023] to [0027] & US 2002-0116104 A1	1,7,9-21
A	JP 2005-035490 A (Toyota Motor Corp.), 10 February, 2005 (10.02.05), Par. No. [0024] (Family: none)	1,2,7
A	JP 2006-082635 A (Kayaba Industry Co., Ltd.), 30 March, 2006 (30.03.06), Par. Nos. [0007] to [0008] (Family: none)	1,3-7

<p>A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))</p> <p>Int.Cl. B60G17/00(2006.01)i, B60G13/14(2006.01)i, B60G15/02(2006.01)i, B60G15/08(2006.01)i, B60G17/015(2006.01)i, F16F15/02(2006.01)i</p>														
<p>B. 調査を行った分野</p> <p>調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))</p> <p>Int.Cl. B60G1/00 - 25/00, F16F15/00 - 15/36</p>														
<p>最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの</p> <p>日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2007年 日本国実用新案登録公報 1996-2007年 日本国登録実用新案公報 1994-2007年</p>														
<p>国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)</p>														
<p>C. 関連すると認められる文献</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>引用文献の カテゴリー*</th> <th>引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示</th> <th>関連する 請求の範囲の番号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>US 5091679 A (GENERAL MOTORS CORPORATION) 1992.02.25, 第9コラム第49行-第10コラム第49行 (ファミリーなし)</td> <td>1-21</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 03-189223 A (三菱電機株式会社) 1991.08.19, 第4ページ右上欄第3行-左下欄第2行 (ファミリーなし)</td> <td>1,7</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2003-054234 A (本田技研工業株式会社) 2003.02.26, 段落番号【0052】 - 【0057】 & US 2003-0033063 A1</td> <td>1,7</td> </tr> </tbody> </table>			引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号	A	US 5091679 A (GENERAL MOTORS CORPORATION) 1992.02.25, 第9コラム第49行-第10コラム第49行 (ファミリーなし)	1-21	A	JP 03-189223 A (三菱電機株式会社) 1991.08.19, 第4ページ右上欄第3行-左下欄第2行 (ファミリーなし)	1,7	A	JP 2003-054234 A (本田技研工業株式会社) 2003.02.26, 段落番号【0052】 - 【0057】 & US 2003-0033063 A1	1,7
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号												
A	US 5091679 A (GENERAL MOTORS CORPORATION) 1992.02.25, 第9コラム第49行-第10コラム第49行 (ファミリーなし)	1-21												
A	JP 03-189223 A (三菱電機株式会社) 1991.08.19, 第4ページ右上欄第3行-左下欄第2行 (ファミリーなし)	1,7												
A	JP 2003-054234 A (本田技研工業株式会社) 2003.02.26, 段落番号【0052】 - 【0057】 & US 2003-0033063 A1	1,7												
<p><input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。</p>														
<p>* 引用文献のカテゴリー</p> <p>「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献</p>														
<p>国際調査を完了した日</p> <p>02.04.2007</p>	<p>国際調査報告の発送日</p> <p>10.04.2007</p>													
<p>国際調査機関の名称及びあて先</p> <p>日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号</p>	<p>特許庁審査官 (権限のある職員)</p> <p>太田 良隆</p> <p>電話番号 03-3581-1101 内線 3381</p>	<p>3Q 3216</p>												

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2005-119560 A (トヨタ自動車株式会社) 2005. 05. 12, 段落番号【0031】 (ファミリーなし)	1, 7, 9-21
A	JP 2002-218778 A (本田技研工業株式会社) 2002. 08. 02, 段落番号【0023】 - 【0027】 & US 2002-0116104 A1	1, 7, 9-21
A	JP 2005-035490 A (トヨタ自動車株式会社) 2005. 02. 10, 段落番号【0024】 (ファミリーなし)	1, 2, 7
A	JP 2006-082635 A (カヤバ工業株式会社) 2006. 03. 30, 段落番号【0007】 - 【0008】 (ファミリーなし)	1, 3-7