

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2012 年 12 月 27 日(27.12.2012)



(10) 国際公開番号

WO 2012/176761 A1

- (51) 国際特許分類:
B61F 5/24 (2006.01) F16F 15/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/065606
- (22) 国際出願日: 2012 年 6 月 19 日(19.06.2012)
- (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 2011-136163 2011 年 6 月 20 日(20.06.2011) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): カヤバ工業株式会社 (KAYABA INDUSTRY CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1056111 東京都港区浜松町二丁目 4 番 1 号世界貿易センタービル Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 小川 貴之 (OGAWA, Takayuki) [JP/JP]; 〒1056111 東京都港区浜松町二丁目 4 番 1 号世界貿易センタービル カヤバ工業株式会社内 Tokyo (JP). 青木 淳 (AOKI, Jun) [JP/JP]; 〒1056111 東京都港区浜松町二丁目 4 番 1 号世界貿易センタービル カヤバ工業株式会社内 Tokyo (JP). 内田 勝 (UCHIDA,

Masaru) [JP/JP]; 〒1056111 東京都港区浜松町二丁目 4 番 1 号世界貿易センタービル カヤバ工業株式会社内 Tokyo (JP).

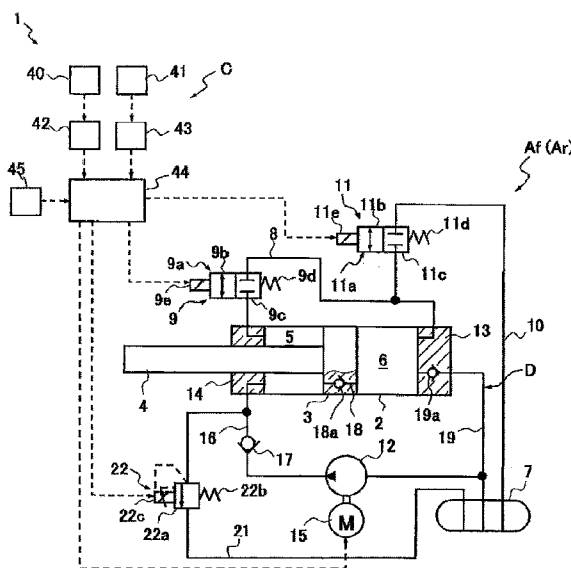
- (74) 代理人: 後藤 政喜, 外 (GOTO, Masaki et al.); 〒1000013 東京都千代田区霞が関三丁目 3 番 1 号尚友会館 後藤特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR,

[続葉有]

(54) Title: RAILCAR DAMPING DEVICE

(54) 発明の名称: 鉄道車両用制振装置

[図2]



(57) Abstract: This railcar damping device (1) includes: a tank (7) storing a liquid that is supplied to and discharged from a cylinder (2) of an actuator; a first open/close valve (9) provided in and being capable of opening/closing a first passage (8) that connects a rod-side chamber (5) and a piston-side chamber (6) which are partitioned by a piston (3) inserted inside the cylinder (2); a second open/close valve (11) provided in and being capable of opening/closing a second passage (10) that connects the piston-side chamber (6) and the tank (7); a pump (12) that supplies the liquid from the tank (7) to the rod-side chamber (5); a motor (15) that rotates at a given rotation speed and that drives and rotates the pump (12); and a section determining unit (44c) that determines whether the type of the section in which the railcar is traveling is an open section or a tunnel section on the basis of the deviation in speed between the target rotation speed and the actual rotation speed of the motor (15).

(57) 要約: 本発明の鉄道車両用制振装置 (1) は、アクチュエータのシリンダ (2) に給排される液体が溜められるタンク (7) と、シリンダ (2) 内に挿入されるピストン (3) によって区画されるロッド側室 (5) とピストン側室 (6) とを連通する第一通路 (8) に設けられ当該第一通路 (8) を開閉可能な第一開閉弁 (9) と、前記ピストン側室 (6) と前記タンク (7) とを連通する第二通路 (10) に設けられ当該第二通路 (10) を開閉可能な第二開閉弁 (11) と、前記タンク (7) から前記ロッド側室 (5) へ液体を供給するポンプ (12) と、一定の回転速度で回転して前記ポンプ (12) を回転駆動するモータ (15) と、前記モータ (15) の目標回転速度と実際の回転速度との速度偏差に基づいて、鉄道車両の走行中の区間種類が明り区間であるかトンネル区間であるかを判定する区間判定部 (44c) と、を備える。

WO 2012/176761 A1



GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT,
NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, 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 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称 : 鉄道車両用制振装置

技術分野

[0001] 本発明は、鉄道車両用制振装置の改良に関する。

背景技術

[0002] 従来から、鉄道車両用制振装置として、例えば、鉄道車両における進行方向に対して左右方向の振動を抑制するために、車体と台車との間に介装されて使用されるものが知られている。

[0003] J P 2 0 1 0 - 6 5 7 9 7 Aには、鉄道車両の台車と車体の一方に連結されるシリンダと、シリンダ内に摺動自在に挿入されるピストンと、シリンダ内に挿入されて台車と車体の他方とピストンとに連結されるロッドと、ピストンによってシリンダ内に区画されるロッド側室及びピストン側室と、シリンダに供給される液体が溜められるタンクと、ロッド側室とピストン側室とを連通する第一通路の途中に設けられる第一開閉弁と、ピストン側室とタンクとを連通する第二通路の途中に設けられる第二開閉弁と、ロッド側室へ作動油を供給するポンプと、ロッド側室とタンクとを接続する排出通路と、排出通路の途中に設けられ開弁圧を変更可能な可変リリーフ弁と、を備える鉄道車両用制振装置が開示されている。このポンプ、第一開閉弁、第二開閉弁、及び可変リリーフ弁を駆動することで、アクチュエータが伸縮双方へ推力を発揮することができ、この推力で車体の振動を抑制している。

発明の概要

[0004] 鉄道車両用制振装置では、アクチュエータの発生すべき推力を推力指令値として求め、アクチュエータの推力を推力指令値通りに制御するようにして、車体の振動を抑制している。

[0005] この推力指令値は、制御ゲインを用いる等によって演算される。例えば、スカイフック制御による場合には、制御ゲインであるスカイフックゲインを、車体の横方向の速度に乗じることで、推力指令値が演算される。このよう

に、推力指令値は、加速度や速度等を検出し、それに制御ゲインを乗じることとで求められる。

[0006] 鉄道車両は、一回の営業走行において、非トンネル区間である明り区間とトンネル区間とを含む路線を走行しなくてはならない場合がほとんどである。明り区間とトンネル区間とでは、車体の振動モードが異なる。そのため、鉄道車両は、一回の営業走行において、振動モードが異なる区間を走行しなければならない。また、明り区間内であっても、直線区間と曲線区間とでは、車体の振動モードが異なる。

[0007] そのため、制御ゲインを一定にしたまま推力指令値を演算してアクチュエータを制御すると、推力指令値が振動モードに適したものとならず、車体の振動を効果的に抑制できずに、乗り心地を良好に保つことができないおそれがある。そこで、従来の鉄道車両用制振装置では、鉄道車両の車両モニタ装置等から、鉄道車両の走行位置の情報や、走行中の区間がどのような区間種類であるかの情報を得ていた。そして、得られた情報と制御ゲインとを関連付けるテーブルを参照して、最適な制御ゲインを選択するようにしていた。

[0008] このように車両モニタ装置等から鉄道車両が走行中の区間種類や走行位置といった情報を得るためには、鉄道車両用制振装置を車両モニタ装置に接続するためのインターフェースが必要であった。また、在来線のように、車両情報伝送設備が整っていない鉄道車両については、上述した情報を得ることができず、鉄道車両用制振装置を搭載することが困難であった。

[0009] 本発明は、上記の問題点に鑑みてなされたものであり、車両モニタ装置から走行位置や走行中の区間種類の情報を得ることなく、鉄道車両の走行中の区間種類を判定することができる鉄道車両用制振装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0010] 本発明のある形態によれば、アクチュエータに出力させるべき推力を推力指令値として求め、前記アクチュエータを制御して車体の振動を抑制する鉄道車両用制振装置であって、前記アクチュエータは、鉄道車両の台車と車体

との一方に連結されるシリンダと、前記シリンダ内に摺動自在に挿入されるピストンと、前記シリンダ内に挿入されて、前記台車と前記車体との他方と前記ピストンとに連結されるロッドと、前記シリンダ内に前記ピストンで区画されるロッド側室及びピストン側室と、を備え、前記シリンダに給排される液体が溜められるタンクと、前記ロッド側室と前記ピストン側室とを連通する第一通路に設けられ、当該第一通路を開閉可能な第一開閉弁と、前記ピストン側室と前記タンクとを連通する第二通路に設けられ、当該第二通路を開閉可能な第二開閉弁と、前記タンクから前記ロッド側室へ液体を供給するポンプと、一定の回転速度で回転して前記ポンプを回転駆動するモータと、前記モータの目標回転速度と実際の回転速度との速度偏差に基づいて、前記鉄道車両の走行中の区間種類が明り区間であるかトンネル区間であるかを判定する区間判定部と、を備える鉄道車両用制振装置が提供される。

[0011] 本発明の実施形態、本発明の利点については、添付された図面を参照しながら以下に詳細に説明する。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]図1は、本発明の実施の形態による鉄道車両用制振装置が搭載された鉄道車両を平面視した状態を示す構成図である。

[図2]図2は、本発明の実施の形態による鉄道車両用制振装置の詳細図である。

[図3]図3は、本発明の実施の形態による鉄道車両用制振装置におけるコントローラの制御ブロック図である。

[図4]図4は、区間判定部における区間種類の判定内容を説明する図である。

[図5]図5は、本発明の実施の形態による鉄道車両用制振装置におけるコントローラの指令演算部の制御ブロック図である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、図面を参照して、本発明の実施の形態による鉄道車両用制振装置1について説明する。

[0014] 鉄道車両用制振装置1は、鉄道車両の車体Bの制振装置として使用される

。鉄道車両用制振装置 1 は、図 1 に示すように、前側の台車 T_f と車体 B との間に介装される前側のアクチュエータ A_f と、後側の台車 T_r と車体 B との間に介装される後側のアクチュエータ A_r と、これら両方のアクチュエータ A_f 、 A_r をアクティブ制御するコントローラ C と、を備える。鉄道車両用制振装置 1 は、アクチュエータ A_f 、 A_r に出力させるべき推力を推力指令値として求め、アクチュエータ A_f 、 A_r を制御して車体 B の振動を抑制するものである。

[0015] アクチュエータ A_f とアクチュエータ A_r とは、それぞれ一対ずつ設けられる。前後のアクチュエータ A_f 、 A_r は、鉄道車両の車体 B の下方に垂下されるピン P に連結され、車体 B と前後の台車 T_f 、 T_r との間で対を成して並列に介装されている。

[0016] 前後のアクチュエータ A_f 、 A_r は、基本的には、アクティブ制御で車体 B の車両進行方向に対する水平横方向の振動を抑制する。この場合、コントローラ C は、前後のアクチュエータ A_f 、 A_r を制御して、車体 B の横方向の振動を抑制するようにアクティブ制御を行っている。

[0017] 具体的には、コントローラ C は、車体 B の振動を抑制する制御を行う際に、車体 B の前部 B_f の車両進行方向に対して水平横方向の横方向加速度 α_f と、車体 B の後部 B_r の車両進行方向に対して水平横方向の横方向加速度 α_r と、を検出する。コントローラ C は、検出した横方向加速度 α_f と横方向加速度 α_r とに基づいて、前後の台車 T_f 、 T_r の直上における車体中心 G 周りの角加速度であるヨー加速度 ω を演算する。また、コントローラ C は、検出した横方向加速度 α_f と横方向加速度 α_r とに基づいて、車体中心 G の水平横方向の加速度であるスエー加速度 β を演算する。そして、コントローラ C は、演算したヨー加速度 ω とスエー加速度 β とに基づいて、前後のアクチュエータ A_f 、 A_r で個々に発生すべき推力である推力指令値 F_f 、 F_r を演算する。コントローラ C は、これらの推力指令値 F_f 、 F_r 通りの推力を前後のアクチュエータ A_f 、 A_r に発生させるようにフィードバック制御を行うことで、車体 B の横方向の振動を抑制している。

[0018] なお、図 1 では、アクチュエータ A f とアクチュエータ A r とは二つずつ設けられ、これらを単一のコントローラ C によって制御しているが、これに代えて、各々のアクチュエータ A f, A r について一つずつコントローラ C を設けてもよい。

[0019] 次に、図 2 を参照して、鉄道車両用制振装置 1 の具体的な構成について説明する。

[0020] 前後のアクチュエータ A f, A r を伸縮させる鉄道車両用制振装置 1 は、同様の構成である。以下では、説明の重複を避けるために、前側のアクチュエータ A f を備える鉄道車両用制振装置 1 の構成のみを説明し、後側のアクチュエータ A r を備える鉄道車両用制振装置 1 についての具体的な説明は省略する。

[0021] アクチュエータ A f は、鉄道車両の台車 T f と車体 B の一方に連結されるシリンダ 2 と、シリンダ 2 内に摺動自在に挿入されるピストン 3 と、シリンダ 2 内に挿入されて、台車 T f と車体 B の他方とピストン 3 とに連結されるロッド 4 と、シリンダ 2 内にピストン 3 で区画されるロッド側室 5 及びピストン側室 6 と、を備える。アクチュエータ A f は、片ロッド型のアクチュエータとして構成されている。また、鉄道車両用制振装置 1 は、シリンダ 2 に給排される液体としての作動油が溜められるタンク 7 と、ロッド側室 5 とピストン側室 6 とを連通する第一通路 8 に設けられ、第一通路 8 を開閉可能な第一開閉弁 9 と、ピストン側室 6 とタンク 7 とを連通する第二通路 10 に設けられ、第二通路 10 を開閉可能な第二開閉弁 11 と、タンク 7 からロッド側室 5 へ作動油を供給するポンプ 12 と、一定の回転速度で回転してポンプ 12 を回転駆動するモータ 15 と、を備える。ロッド側室 5 とピストン側室 6 とには作動油が充填されるとともに、タンク 7 には、作動油のほかに気体が充填されている。なお、タンク 7 内は、特に、気体を圧縮して充填することによって加圧状態とする必要は無い。

[0022] アクチュエータ A f は、第一開閉弁 9 が第一通路 8 を連通状態とするとともに、第二開閉弁 11 を閉じた状態でポンプ 12 を駆動することで伸長作動

する。また、アクチュエータ A f は、第二開閉弁 11 が第二通路 10 を連通状態とするとともに、第一開閉弁 9 を閉じた状態でポンプ 12 を駆動することで収縮作動する。

[0023] 以下、アクチュエータ A f の各部について詳細に説明する。

[0024] シリンダ 2 は、筒状に形成され、その一端（図 2 では右端）は蓋 13 によって閉塞され、その他端（図 2 では左端）には環状のロッドガイド 14 が取り付けられている。また、ロッドガイド 14 内には、シリンダ 2 内に移動自在に挿入されるロッド 4 が摺動自在に挿入されている。このロッド 4 は、一端がシリンダ 2 外へ突出しており、他端がシリンダ 2 内に摺動自在に挿入されているピストン 3 に連結されている。

[0025] ロッド 4 の外周とロッドガイド 14 との間は、図示しないシール部材によってシールされている。これにより、シリンダ 2 内は、密閉状態に維持されている。そして、シリンダ 2 内にピストン 3 によって区画されるロッド側室 5 とピストン側室 6 とには、上述したように作動油が充填されている。シリンダ 2 内に充填される液体は、作動油の他、アクチュエータに適した液体を使用することができる。

[0026] アクチュエータ A f では、ロッド 4 の断面積が、ピストン 3 の断面積の二分の一となるように形成されている。即ち、ロッド側室 5 側におけるピストン 3 の受圧面積が、ピストン側室 6 側におけるピストン 3 の受圧面積の二分の一となっている。これにより、伸長作動時と収縮作動時とで、ロッド側室 5 の圧力を同一にした場合には、伸縮の双方で発生される推力も同一となる。また、アクチュエータ A f の変位量に対してロッド側室 5 に給排される作動油量も伸縮両側で同一となる。

[0027] 具体的には、アクチュエータ A f を伸長作動させる場合には、ロッド側室 5 とピストン側室 6 とが第一通路 8 を介して連通した状態となって、ロッド側室 5 内とピストン側室 6 内の作動油の圧力が等しくなる。よって、ピストン 3 におけるロッド側室 5 側とピストン側室 6 側との受圧面積差に、作動油の圧力を乗じた推力を発生する。一方、アクチュエータ A f を収縮作動させ

る場合には、ロッド側室 5 とピストン側室 6 との連通が断たれて、ピストン側室 6 が第二通路 10 を介してタンク 7 に連通した状態となる。よって、ピストン 3 におけるロッド側室 5 側の受圧面積に、ロッド側室 5 内の作動油の圧力を乗じた推力を発生する。このように、アクチュエータ A f が発生する推力は、伸縮の双方において、ピストン 3 の断面積の二分の一に、ロッド側室 5 内の作動油の圧力を乗じた値となる。したがって、アクチュエータ A f の推力を制御する場合には、伸長作動、収縮作動共にロッド側室 5 の圧力を制御すればよい。

[0028] このとき、アクチュエータ A f では、ピストン 3 のロッド側室 5 側の受圧面積がピストン側室 6 側の受圧面積の二分の一に設定されている。そのため、伸縮両側で同一の推力を発生させる場合に、伸長側と収縮側でロッド側室 5 の圧力が同一となるため、制御が簡素である。また、変位量に対してロッド側室 5 に給排される作動油量も同じであるため、伸縮両側で応答性が同一である。

[0029] なお、ピストン 3 のロッド側室 5 側の受圧面積をピストン側室 6 側の受圧面積の二分の一に設定しない場合であっても、ロッド側室 5 の圧力でアクチュエータ A f の伸縮両側の推力の制御をすることは可能である。

[0030] ロッド 4 の自由端（図 2 では左端）と、シリンダ 2 の一端を閉塞する蓋 13 とには、図示しない取付部が設けられる。これらの取付部によって、アクチュエータ A f を鉄道車両における車体 B と台車 T f との間に介装することができるようになっている。

[0031] ロッド側室 5 とピストン側室 6 とは、第一通路 8 によって連通されている。第一通路 8 の途中には、第一開閉弁 9 が設けられている。この第一通路 8 は、シリンダ 2 の外部でロッド側室 5 とピストン側室 6 とを連通しているが、これに代えて、ロッド側室 5 とピストン側室 6 とを連通する通路をピストン 3 内に設けてもよい。

[0032] 第一開閉弁 9 は、電磁開閉弁であり、連通ポジション 9 b と遮断ポジション 9 c とを有するバルブ 9 a と、遮断ポジション 9 c に切り換えられるよう

にバルブ 9 a を付勢するバネ 9 d と、通電時にバルブ 9 a をバネ 9 d に対向して連通ポジション 9 b に切り換えるソレノイド 9 e と、を備える。第一開閉弁 9 は、連通ポジション 9 b に切り換えられると、第一通路 8 を開放してロッド側室 5 とピストン側室 6 とを連通する。第一開閉弁 9 は、遮断ポジション 9 c に切り換えられると、ロッド側室 5 とピストン側室 6 との連通を遮断する。

[0033] ピストン側室 6 とタンク 7 とは、第二通路 10 によって連通されている。第二通路 10 の途中には、第二開閉弁 11 が設けられている。第二開閉弁 11 は、電磁開閉弁であり、連通ポジション 11 b と遮断ポジション 11 c とを有するバルブ 11 a と、遮断ポジション 11 c に切り換えられるようにバルブ 11 a を付勢するバネ 11 d と、通電時にバルブ 11 a をバネ 11 d に対向して連通ポジション 11 b に切り換えるソレノイド 11 e と、を備える。第二開閉弁 11 は、連通ポジション 11 b に切り換えられると、第二通路 10 を開放してピストン側室 6 とタンク 7 とを連通する。第二開閉弁 11 は、遮断ポジション 11 c に切り換えられると、ピストン側室 6 とタンク 7 との連通を遮断する。

[0034] ポンプ 12 は、モータ 15 によって駆動される。ポンプ 12 は、一方向のみに作動油を吐出するポンプである。ポンプ 12 の吐出口は、供給通路 16 を介してロッド側室 5 に連通しており、ポンプ 12 の吸入口は、タンク 7 に連通している。ポンプ 12 は、モータ 15 によって駆動されると、タンク 7 から作動油を吸い込んで、ロッド側室 5 へ作動油を供給する。

[0035] このように、ポンプ 12 は、一方向のみに作動油を吐出するものであり、回転方向の切換動作が必要ない。そのため、回転方向の切換時に吐出量が変わるといった問題は皆無である。よって、ポンプ 12 には、安価なギアポンプ等を適用することができる。さらに、ポンプ 12 の回転方向は常に同一方向であるため、ポンプ 12 を駆動する駆動源であるモータ 15 もまた、回転切換に対する高い応答性が要求されない。よって、モータ 15 にもまた、安価なものを適用することができる。なお、供給通路 16 には、ロッド側室

５からポンプ１２への作動油の逆流を阻止する逆止弁１７が設けられている。

[0036] 鉄道車両用制振装置１では、ポンプ１２から所定の吐出流量をロッド側室５へ供給するようにしている。鉄道車両用制振装置１では、アクチュエータＡｆを伸長作動させる際には、第一開閉弁９を開き、かつ、第二開閉弁１１を開閉させることによってロッド側室５内の圧力を調節する。一方、鉄道車両用制振装置１では、アクチュエータＡｆを収縮作動させる際には、第二開閉弁１１を開き、かつ、第一開閉弁９を開閉させることによってロッド側室５内の圧力を調節する。これにより、上述した推力指令値Ｆｆが指示する通りの推力を得ることが可能である。

[0037] 伸長作動時には、ロッド側室５とピストン側室６とが連通状態となり、ピストン側室６内の圧力は、ロッド側室５の圧力と同じとなる。そのため、鉄道車両用制振装置１では、伸長作動時も収縮作動時も、ロッド側室５の圧力をコントロールすることで、アクチュエータＡｆの推力をコントロールすることができる。

[0038] なお、第一開閉弁９及び第二開閉弁１１は、開弁圧を調節可能であって開閉機能を備える可変リリーフ弁であってもよい。この場合には、伸縮作動時に第一開閉弁９或いは第二開閉弁１１を開閉作動させるのではなく、開弁圧を調節することでアクチュエータＡｆの推力を調節することが可能である。

[0039] 上述したように、アクチュエータＡｆの推力調節が可能であるが、より簡単に推力調節を可能とするように、鉄道車両用制振装置１には、ロッド側室５とタンク７とを接続する排出通路２１と、この排出通路２１の途中に設けられて開弁圧を変更可能な可変リリーフ弁２２と、が設けられている。

[0040] 可変リリーフ弁２２は、比例電磁リリーフ弁であり、排出通路２１に設けられた弁体２２ａと、排出通路２１を遮断するように弁体２２ａを付勢するバネ２２ｂと、通電時にバネ２２ｂに対向する推力を発生する比例ソレノイド２２ｃと、を備える。可変リリーフ弁２２は、比例ソレノイド２２ｃに流れる電流量を調節することで、開弁圧を調節することができるようになって

いる。

[0041] 可変リリーフ弁 22 では、排出通路 21 の上流であるロッド側室 5 の作動油の圧力が、パイロット圧として弁体 22 a に作用する。可変リリーフ弁 22 では、弁体 22 a に作用する作動油の圧力がリリーフ圧（開弁圧）を超えると、ロッド側室 5 の作動油の圧力に起因する推力と、比例ソレノイド 22 c による推力との合力が、排出通路 21 を遮断する方向へ弁体 22 a を付勢するバネ 22 b の付勢力に打ち勝って、弁体 22 a を後退させるため、排出通路 21 が開放される。

[0042] 可変リリーフ弁 22 では、比例ソレノイド 22 c に供給する電流量を増大させると、比例ソレノイド 22 c が発生する推力が増大するようになっている。そのため、比例ソレノイド 22 c に供給する電流量を最大にすると開弁圧が最小となり、反対に、比例ソレノイド 22 c に全く電流を供給しないと開弁圧が最大となる。

[0043] したがって、排出通路 21 と可変リリーフ弁 22 とが設けられることで、アクチュエータ A f を伸縮作動させる際には、ロッド側室 5 内の圧力は、可変リリーフ弁 22 の開弁圧と同一となる。よって、可変リリーフ弁 22 の開弁圧を調節することで、ロッド側室 5 の圧力を容易に調節することができる。

[0044] このように、可変リリーフ弁 22 の開弁圧が調節されることで、アクチュエータ A f の推力が制御される。よって、アクチュエータ A f の推力を調節するために必要なセンサ類が不要となり、第一開閉弁 9 と第二開閉弁 11 とを高速で開閉させたり、第一開閉弁 9 と第二開閉弁 11 とを開閉機能付きの可変リリーフ弁としたりする必要もなくなる。したがって、鉄道車両用制振装置 1 を安価に構成することができ、ハードウェア的にもソフトウェア的にも堅牢なシステムを構築することができる。

[0045] なお、可変リリーフ弁 22 として、印加される電流量によって開弁圧を比例的に変化させることができる比例電磁リリーフ弁を用いることで、開弁圧の制御が容易となる。しかしながら、可変リリーフ弁 22 は、開弁圧を調節

できるリリーフ弁であればよいため、比例電磁リリーフ弁に限定されるものではない。

[0046] 可変リリーフ弁 22 は、第一開閉弁 9 及び第二開閉弁 11 の開閉状態に関わらず、アクチュエータ A f に伸縮方向の過大な入力があつて、ロッド側室 5 の圧力が開弁圧を超える状態となると、排出通路 21 を開放してロッド側室 5 をタンク 7 へ連通する。これにより、ロッド側室 5 内の圧力がタンク 7 へ逃がされ、鉄道車両用制振装置 1 のシステム全体を保護することができる。このように、排出通路 21 と可変リリーフ弁 22 とを設けることで、システムの保護も可能となる。

[0047] 鉄道車両用制振装置 1 は、ダンパ回路 D を備える。このダンパ回路 D は、第一開閉弁 9 及び第二開閉弁 11 が共に閉弁している場合に、アクチュエータ A f をダンパとして機能させるものである。ダンパ回路 D は、ピストン 3 内に形成されてピストン側室 6 からロッド側室 5 へ向かう作動油の流れのみを許容する整流通路 18 と、タンク 7 からピストン側室 6 へ向かう作動油の流れのみを許容する吸込通路 19 と、を備える。また、鉄道車両用制振装置 1 は、排出通路 21 と可変リリーフ弁 22 とを備えているため、アクチュエータ A f がダンパとして機能する際には、可変リリーフ弁 22 が減衰弁として機能するようになっている。

[0048] 具体的には、整流通路 18 は、ピストン側室 6 とロッド側室 5 とを連通しており、その途中に逆止弁 18 a を備える。この逆止弁 18 a によって、整流通路 18 は、ピストン側室 6 からロッド側室 5 へ向かう作動油の流れのみを許容する一方通行の通路となっている。一方、吸込通路 19 は、タンク 7 とピストン側室 6 とを連通しており、その途中に逆止弁 19 a を備える。この逆止弁 19 a によって、吸込通路 19 は、タンク 7 からピストン側室 6 へ向かう作動油の流れのみを許容する一方通行の通路となっている。

[0049] なお、第一開閉弁 9 の遮断ポジション 9 c に、ピストン側室 6 からロッド側室 5 へ向かう作動油の流れのみを許容する逆止弁を介装することで、第一通路 8 を整流通路 18 としても用いることができる。また、第二開閉弁 11

の遮断ポジション 11 c に、タンク 7 からピストン側室 6 へ向かう作動油の流れのみを許容する逆止弁を介装することで、第二通路 10 を吸込通路 19 としても用いることができる。

[0050] 以上のように構成されるダンパ回路 D が設けられることで、鉄道車両用制振装置 1 における第一開閉弁 9 と第二開閉弁 11 とが、それぞれ遮断ポジション 9 c, 11 c に切り換えられた場合には、整流通路 18, 吸込通路 19, 及び排出通路 21 によって、ロッド側室 5, ピストン側室 6, 及びタンク 7 が数珠繋ぎに連通する。そして、整流通路 18, 吸込通路 19, 及び排出通路 21 は、作動油が一方向にのみ流れる通路であるため、アクチュエータ A f が外力によって伸縮させられると、シリンダ 2 から排出された作動油は排出通路 21 を介してタンク 7 へ戻され、シリンダ 2 で足りなくなった作動油は吸込通路 19 を介してタンク 7 からシリンダ 2 内へ供給されることとなる。

[0051] このとき、作動油の流れに対して、可変リリーフ弁 22 が抵抗となってシリンダ 2 内の圧力を開弁圧に調節する圧力制御弁として機能する。よって、アクチュエータ A f は、パッシブなユニフロー型のダンパとして機能することになる。

[0052] 鉄道車両用制振装置 1 の各機器への通電が不能となるようなフェール時には、第一開閉弁 9 と第二開閉弁 11 との各々のバルブ 9 a, 11 a がバネ 9 d, 11 d に押圧されて、それぞれ遮断ポジション 9 c, 11 c に切り換えられる。このとき、可変リリーフ弁 22 は、開弁圧が最大の状態に固定された圧力制御弁として機能する。したがって、アクチュエータ A f は、フェール時には、自動的にパッシブダンパとして機能することとなる。

[0053] なお、可変リリーフ弁 22 と排出通路 21 とが設けられる構成に代えて、別途、ロッド側室 5 とタンク 7 とを接続する通路と、この通路の途中に設けられる減衰弁と、によってダンパ回路 D を構成するようにしてもよい。

[0054] アクチュエータ A f, A r に所望の伸長方向の推力を発揮させる場合には、コントローラ C は、モータ 15 を回転させてポンプ 12 からシリンダ 2 内

へ作動油を供給すると共に、各第一開閉弁 9 を連通ポジション 9 b に切り換え、第二開閉弁 11 を遮断ポジション 11 c に切り換える。すると、ロッド側室 5 とピストン側室 6 とは連通状態となり、両者にポンプ 12 から作動油が供給され、ピストン 3 が伸長方向（図 2 では左方）へ押される。これにより、アクチュエータ A f, A r は、伸長方向の推力を発揮する。このとき、アクチュエータ A f, A r は、ピストン 3 におけるピストン側室 6 側とロッド側室 5 側との受圧面積差に、ロッド側室 5 及びピストン側室 6 の圧力を乗じた大きさの伸長方向への推力を発揮する。

[0055] ロッド側室 5 及びピストン側室 6 の圧力が、可変リリーフ弁 22 の開弁圧を上回ると、可変リリーフ弁 22 が開弁して、ポンプ 12 から供給される作動油の一部が排出通路 21 を介してタンク 7 へ逃げる。よって、ロッド側室 5 及びピストン側室 6 の圧力は、可変リリーフ弁 22 に印加される電流量によって決まる可変リリーフ弁 22 の開弁圧によってコントロールされる。

[0056] 一方、アクチュエータ A f, A r に所望の収縮方向の推力を発揮させる場合には、コントローラ C は、モータ 15 を回転させてポンプ 12 からロッド側室 5 内へ作動油を供給すると共に、第一開閉弁 9 を遮断ポジション 9 c に切り換え、第二開閉弁 11 を連通ポジション 11 b に切り換える。すると、ピストン側室 6 とタンク 7 とは連通状態となり、ロッド側室 5 にポンプ 12 から作動油が供給されるため、ピストン 3 が収縮方向（図 2 では右方）へ押される。これにより、アクチュエータ A f, A r は、収縮方向の推力を発揮する。このとき、アクチュエータ A f, A r は、ピストン 3 におけるロッド側室 5 側の受圧面積に、ロッド側室 5 の圧力を乗じた大きさの収縮方向への推力を発揮する。

[0057] このとき、伸長方向の推力を発揮させる場合と同様に、ロッド側室 5 内の圧力は、可変リリーフ弁 22 に印加される電流量によって決まる可変リリーフ弁 22 の開弁圧によってコントロールされる。

[0058] また、アクチュエータ A f, A r は、アクチュエータとして機能するだけでなく、モータ 15 の駆動状況に関わらず、第一開閉弁 9 と第二開閉弁 1

1 との開閉切換のみでダンパとしても機能することができる。よって、面倒かつ急激な弁の切換動作を伴うことが無いため、応答性および信頼性が高いシステムを提供することができる。

[0059] なお、このアクチュエータ A_f 、 A_r は、片ロッド型であるため、両ロッド型のアクチュエータと比較して、ストローク長を確保しやすい。よって、アクチュエータ A_f 、 A_r の全長が短くなるため、鉄道車両への搭載性が向上する。

[0060] また、ポンプ 12 からの作動油の供給及び伸縮作動による作動油の流れは、アクチュエータ A_f 、 A_r のロッド側室 5 とピストン側室 6 とを順に通過して、最終的にタンク 7 へ還流されるようになっている。よって、ロッド側室 5 あるいはピストン側室 6 に気体が混入しても、アクチュエータ A_f 、 A_r の伸縮作動によって自動的にタンク 7 へ排出される。したがって、作動油への気体の混入に起因する推進力発生時の応答性の悪化を防止できる。

[0061] したがって、鉄道車両用制振装置 1 を製造する際に、面倒な油中での組立や真空環境下での組立を強いられることがない。また、作動油の高度な脱気も不要である。よって、鉄道車両用制振装置 1 の生産性が向上するとともに、製造コストを低減することができる。

[0062] さらに、ロッド側室 5 あるいはピストン側室 6 に気体が混入しても、気体は、アクチュエータ A_f 、 A_r の伸縮作動によって自動的にタンク 7 へ排出される。そのため、性能回復のためのメンテナンスを頻繁に行う必要がない。よって、保守面における労力とコスト負担を軽減することができる。

[0063] 次に、主として図 3 及び図 4 を参照して、コントローラ C の構成について説明する。

[0064] コントローラ C は、図 1 に示すように、車体の前側である車体前部 B_f の車両進行方向に対して水平横方向の横方向加速度 α_f を検出する前側加速度センサ 40 と、車体の後側である車体後部 B_r の車両進行方向に対して水平横方向の横方向加速度 α_r を検出する後側加速度センサ 41 と、を備える。また、コントローラ C は、図 2 及び図 3 に示すように、横方向加速度 α_f 、

α_r から、曲線走行時の定常加速度、ドリフト成分、及びノイズを除去するバンドパスフィルタ 42、43 と、バンドパスフィルタ 42、43 にて濾波された横方向加速度 α_f 、 α_r から、モータ 15、第一開閉弁 9 のソレノイド 9e、第二開閉弁 11 のソレノイド 11e、及び可変リリーフ弁 22 の比例ソレノイド 22c へ制御指令を演算して出力する制御部 44 と、を備える。これにより、コントローラ C は、各アクチュエータ A_f 、 A_r の推力を制御している。

[0065] なお、バンドパスフィルタ 42、43 にて、横方向加速度 α_f と横方向加速度 α_r に含まれる曲線走行時の定常加速度が除去されるため、コントローラ C は、乗り心地を悪化させる振動のみを抑制することができる。

[0066] 制御部 44 は、図 3 に示すように、横方向加速度 α_f 及び横方向加速度 α_r に基づいて前後の台車 T_f 、 T_r の直上における車体中心 G 周りのヨー加速度 ω を演算するヨー加速度演算部 44a と、横方向加速度 α_f 及び横方向加速度 α_r に基づいて車体 B の車体中心 G のスエー加速度 β を演算するスエー加速度演算部 44b と、鉄道車両の走行中の区間種類を判定する区間判定部 44c と、ヨー加速度 ω 及びスエー加速度 β に基づいて前後のアクチュエータ A_f 、 A_r で個々に発生すべき推力である推力指令値 F_f 、 F_r を演算する指令演算部 44d と、推力指令値 F_f 、 F_r に基づいてモータ 15、第一開閉弁 9 のソレノイド 9e、第二開閉弁 11 のソレノイド 11e、及び可変リリーフ弁 22 の比例ソレノイド 22c を駆動する駆動部 44e と、を備える。

[0067] コントローラ C は、ハードウェアとしては、例えば、前側加速度センサ 40 と後側加速度センサ 41 が出力する信号をデジタル信号に変換して取り込むための A/D 変換器と、上述したバンドパスフィルタ 42、43 と、鉄道車両用制振装置 1 を制御するのに必要な処理に使用されるプログラムが格納される ROM (Read Only Memory) 等の記憶装置と、プログラムに基づいた処理を実行する CPU (Central Processing Unit) 等の演算装置と、CPU に記憶領域を提供する RAM (

Random Access Memory)等の記憶装置と、を備えて構成される。コントローラCの制御部44における各部は、CPUが上記処理を行うためのプログラムを実行することで実現することができる。また、バンドパスフィルタ42, 43は、ハードウェアとして設けるのに代えて、CPUがプログラムを実行することでソフトウェア上で実現されてもよい。

[0068] 横方向加速度 α_f , α_r は、例えば、車体Bの中央を進行方向（図1では左右方向）に通る軸を基準として、右側（図1では上方側）へ向く方向となる場合に正の加速度となり、左側（図1では下方側）へ向く方向となる場合に負の加速度となるように設定される。ヨー加速度演算部44aは、前側の横方向加速度 α_f と後側の横方向加速度 α_r との差を2で割ることで、前側の台車 T_f と後側の台車 T_r のそれぞれの直上における車体中心G周りのヨー加速度 ω を演算する。スエー加速度演算部44bは、横方向加速度 α_f と横方向加速度 α_r との和を2で割ることで、車体中心Gのスエー加速度 β を演算する。

[0069] ヨー加速度 ω を演算するために、前側加速度センサ40は、車体Bの車体中心Gを含む前後方向又は対角方向に沿う線上であって前側アクチュエータ A_f の近傍に配置されるとよい。また、後側加速度センサ41も同様に、車体Bの車体中心Gを含む前後方向又は対角方向に沿う線上であって後側アクチュエータ A_r の近傍に配置されるとよい。

[0070] また、ヨー加速度 ω は、車体中心Gに対する加速度センサ40, 41の距離と、これらの位置関係と、横方向加速度 α_f , α_r とから演算することができる。そのため、加速度センサ40, 41の搭載位置を任意に設定することも可能である。その場合、ヨー加速度 ω は、横方向加速度 α_f と横方向加速度 α_r との差を2で割って求めるのではなく、横方向加速度 α_f と横方向加速度 α_r の差と、車体中心Gに対する加速度センサ40, 41の距離と、これらの位置関係とから演算される。

[0071] 具体的には、前側加速度センサ40と車体中心Gとの前後方向距離を L_f とし、後側加速度センサ41と車体中心Gとの前後方向距離を L_r とすると

、ヨー加速度 ω は、 $\omega = (\alpha_f - \alpha_r) / (L_f + L_r)$ で演算される。なお、ヨー加速度 ω を、前側加速度センサ40と後側加速度センサ41とで検出した加速度から演算するのに代えて、ヨー加速度センサを用いて検出するようにしてもよい。

[0072] 区間判定部44cは、モータ15の目標回転速度 V_{ref} と実際の回転速度 V との速度差である速度偏差 ε に基づいて、鉄道車両の走行中の区間種類が明り区間であるかトンネル区間であるかを判定する。ここで、明り区間とは、トンネル以外の区間のことであり、非トンネル区間の総称である。

[0073] 以下、区間判定部44cにおける判定について詳細に説明する。

[0074] まず、制御部44がモータ15を一定回転速度で駆動するための制御内容について説明する。モータ15の駆動は、制御部44の駆動部44eによって行われる。モータ15は、駆動部44eによって一定回転速度で回転駆動される。

[0075] 具体的には、制御部44は、レゾルバやホール素子等で構成されるモータ15における図示しないロータの回転位置を検出する回転位置センサ45を用いてモータ15の回転速度をセンシングしている。そして、駆動部44eは、回転位置センサ45にて検出した回転位置から回転速度 V を演算し、この回転速度 V をフィードバックしてモータ15を制御している。

[0076] より詳細に説明すると、駆動部44eは、モータ15を一定回転速度で駆動するために、検出したモータ15の回転速度 V をフィードバックするために回転速度 V を負帰還する速度ループと、速度ループ内に設けた電流ループと、モータ15の図示しない巻線に電圧を印加するためのドライバと、を備える。速度ループでは、上述したモータ15の一定回転速度を目標回転速度 V_{ref} とし、この目標回転速度 V_{ref} と回転速度 V の速度偏差 ε をPI補償やPID補償する等して目標電流値を求め、これを電流ループへ入力する。電流ループでは、モータ15に流れる実電流をフィードバックして、最終的にドライバへ付与する電圧指令値を生成する。駆動部44eは、ドライバを通じてモータ15の巻線に電圧を印加して、モータ15を制御している

。

[0077] このように、駆動部44eでは、モータ15を一定回転速度で駆動するようになっている。しかしながら、鉄道車両がトンネル区間を走行する場合には、車体B周りの空気の流れの乱れによって、車体Bに大きな外力が作用する。そのため、車体Bは、トンネル区間走行中には、明り区間走行中よりも大きな振幅で振動する。

[0078] 車体Bに作用する外力は、アクチュエータA_f、A_rにも作用し、ロッド側室5内の圧力に変動が生じたり、車体Bの振動を抑制するためにアクチュエータA_f、A_rに出力させる推力も大きく変動したりする。そのため、これらの変動が、ポンプ12の吐出圧力に影響し、ポンプ12の回転速度も振動的となる。ポンプ12の回転速度が振動的となると、当然に、これに接続されるモータ15の回転速度も、明り区間と比較してトンネル区間では振動的となる。よって、実際の回転速度Vと目標回転速度V_{ref}の速度偏差εは、トンネル区間走行中には、明り区間走行中よりも大きくなる傾向にある。

[0079] したがって、目標回転速度V_{ref}とモータ15の実際の回転速度Vとの差である速度偏差εの絶対値が大きい場合には、鉄道車両がトンネル区間を走行中であると判定することができる。

[0080] そこで、区間判定部44cは、目標回転速度V_{ref}とモータ15の実際の回転速度Vとの差である速度偏差εの絶対値が速度閾値V_bを超えると、鉄道車両がトンネル区間を走行中であると判定する。また、区間判定部44cは、速度偏差εの絶対値が速度閾値V_b以下である場合には、鉄道車両が明り区間を走行中であると判定する。このときの速度閾値V_bは、実際に鉄道車両を走行させて、明り区間走行中の速度偏差εのデータとトンネル区間走行中の速度偏差εのデータとを実験的に収集して、判定に最適となるように設定される。例えば、速度閾値V_bを、トンネル区間走行中の速度偏差εの平均値や、平均値－標準偏差×a（a＝1，2）によって演算される値や期待値としたり、明り区間走行中の速度偏差εの上限値や平均値＋標準偏差

$\times a$ ($a = 1, 2$) によって演算される値としたりすることができる。

[0081] なお、目標回転速度 V_{ref} は、図 3 に示すように、その都度、駆動部 44e から得るようにしてもよく、他から得てもよく、また、予め区間判定部 44c にて記憶しておくようにしてもよい。

[0082] このように、鉄道車両用制振装置 1 では、鉄道車両の走行位置をモニタしなくても、区間種類を判定することができるため、他の装置から走行位置情報を入手する必要がある。

[0083] 区間判定部 44c は、上述したように、鉄道車両が走行中の区間種類を判定することができる。しかしながら、目標回転速度 V_{ref} と一回のサンプリングで得た回転速度 V との速度偏差 ε の絶対値が速度閾値 V_b を超えた場合にトンネル区間であると判定する場合には、実際には明り区間を走行していても、何らかの外乱によって車体 B が大きく振動したときにトンネル区間であると誤判定されるおそれがある。同様に、実際にはトンネル区間を走行していても、速度偏差 ε が速度閾値 V_b 以下となった場合に明り区間であると誤判定されるおそれがある。

[0084] そこで、区間判定部 44c は、より区間種類の判定の精度を向上するために、速度偏差 ε の二乗平均平方根を演算して、この二乗平均平方根が所定の速度閾値 V_b を超える場合には、鉄道車両の走行位置がトンネル区間であると判定し、速度閾値 V_b 以下である場合には、鉄道車両の走行位置を明り区間であると判定する。

[0085] この場合の速度閾値 V_b は、速度偏差 ε の二乗平均平方根の値から区間種類を判定するために設定されるものであるため、上述した速度偏差 ε の絶対値に対して設定される速度閾値 V_b と同じ値に設定されるとは限らない。速度偏差 ε の二乗平均平方根は、予め定められた個数の速度偏差 ε の二乗の総和をその個数で除した値の平方根を演算することで得られる。速度偏差 ε の二乗平均平方根を得るための速度偏差 ε の個数は、サンプリングタイム、制御周波数、及び区間判定部 44c における判定に要する時間に応じて任意に設定される。速度偏差 ε の個数は、例えば、0.5 秒間から 2 秒間にサンプ

リングされる個数に設定される。

[0086] このように、速度偏差 ε の二乗平均平方根を判定に用いることで、速度偏差 ε の絶対値が瞬間的に大きくなったり小さくなったりしても、速度偏差 ε の二乗平均平方根に与える影響が小さくなる。そのため、この速度偏差 ε の二乗平均平方根と速度閾値 V_b とを比較することで、明り区間走行中に何らかの外乱によって瞬間的に車体 B が大きく振動しても、トンネル区間であると誤判定されにくくなり、また、トンネル区間走行中に速度偏差 ε が瞬間的に速度閾値 V_b 以下となっても明り区間と誤判定されにくくなる。よって、鉄道車両の走行中の区間種類を、より正確に判定することができる。

[0087] 速度偏差 ε の二乗平均平方根を用いて判定する場合には、速度閾値 V_b は、実際に鉄道車両を走行させて、明り区間走行中の速度偏差 ε の二乗平均平方根のデータと、トンネル区間走行中の速度偏差 ε の二乗平均平方根のデータとを実験的に収集して、判定に最適となるように設定される。例えば、速度閾値 V_b を、トンネル区間走行中の速度偏差 ε の二乗平均平方根の平均値や、平均値－標準偏差 $\times a$ ($a = 1, 2$) によって演算される値や期待値としたり、明り区間走行中の速度偏差 ε の二乗平均平方根の上限値や平均値＋標準偏差 $\times a$ ($a = 1, 2$) によって演算される値としたりすることができる。

[0088] なお、区間判定部 44c にてトンネル区間であると判定された後に、再び明り区間であると判定する際には、複数回連続して明り区間であると判定されることを要するようにしてもよい。

[0089] 以上のように、区間判定部 44c は、鉄道車両が走行中の区間種類が明り区間であるかトンネル区間であるかを判定することができる。これだけでなく、区間判定部 44c は、アクチュエータ A_f , A_r の推力の絶対値が推力閾値を超えるか否かを判定している。これにより、区間判定部 44c は、明り区間が直線区間であるか曲線区間であるか、また、鉄道車両用制振装置 1 に異常があるか否かを判定することができる。

[0090] 具体的には、区間判定部 44c は、上述したような速度偏差 ε を用いた区

間種類の判定に加えて、アクチュエータ A_f 、 A_r の推力の絶対値が推力閾値 F_c を超えたか否かの判定を行っている。アクチュエータ A_f 、 A_r が実際に出力している推力は、モータ M の図示しない出力シャフトのトルクを検出することで得ることができる。モータ 15 の出力シャフトは、ポンプ 12 の入力軸に連結されている。また、ポンプ 12 の吐出圧は、ロッド側室 5 の圧力となっている。そのため、アクチュエータ A_f 、 A_r とトルクとの関係を予め得ておけば、モータ 15 の出力シャフトのトルクを検出することで、アクチュエータ A_f 、 A_r が出力している推力を得ることができる。

[0091] なお、検出されたトルクには、ポンプ 12 の可動部における動摩擦力による成分が含まれている。そのため、動摩擦力による成分が無視できなければ、演算によって除去するようにすればよい。

[0092] また、アクチュエータ A_f 、 A_r が出力している推力は、可変リリーフ弁 22 の開弁圧をによって調節されるため、可変リリーフ弁 22 の比例ソレノイド $22c$ に供給する電流量によっても、推力を推定することができる。また、モータ 15 のトルクは、モータ 15 に流れる電流に比例する関係にあるから、モータ 15 に流れる電流を検出して、アクチュエータ A_f 、 A_r の推力を得てもよい。

[0093] 区間判定部 $44c$ は、図 4 に示すように、鉄道車両の走行中の区間種類が明り区間であると判定する場合であって、アクチュエータ A_f 、 A_r の推力の絶対値が推力閾値 F_c を超える場合には、区間種類を曲線区間であると判定する（図 4 では領域 Y ）。一方、鉄道車両の走行中の区間種類が明り区間であると判定する場合であって、アクチュエータ A_f 、 A_r の推力の絶対値が推力閾値 F_c 以下である場合には、区間種類を直線区間であると判定する（図 4 では領域 W ）。

[0094] 一般に、曲線区間では、車体 B にはカントによっては緩和できない超過遠心加速度と称される定常加速度が作用する。この定常加速度によって生じる車体 B の振動の周波数帯は、乗心地を向上するために抑制したい車体 B の振動の周波数帯に近い。そのため、定常加速度を、バンドパスフィルタ 42 ,

43によって完全に除去することは難しい。その結果、曲線区間では、外乱による車体Bの振動に、定常加速度が加算される。したがって、曲線区間におけるアクチュエータA_f、A_rの推力の絶対値は、直線区間におけるアクチュエータA_f、A_rの推力の絶対値よりも大きくなる傾向にある。

[0095] そして、推力閾値F_cは、例えば、実際に鉄道車両を走行させて、明り区間中の直線区間を走行中のアクチュエータA_f、A_rの推力のデータと、明り区間中の曲線区間を走行中のアクチュエータA_f、A_rの推力のデータとを実験的に収集して、判定に最適となるように設定される。例えば、推力閾値F_cを、曲線区間走行中のアクチュエータA_f、A_rの推力の絶対値における下限値や、平均値－標準偏差×a（a＝1，2）によって演算される値や期待値としたり、直線区間走行中のアクチュエータA_f、A_rの推力の絶対値における上限値や、平均値＋標準偏差×a（a＝1，2）によって演算される値に設定したりすることができる。

[0096] 以上より、鉄道車両が明り区間を走行している場合であっても、鉄道車両用制振装置1は、アクチュエータA_f、A_rの推力の絶対値が推力閾値F_cを超えるか否かで、鉄道車両が走行している区間の種類が明り区間のうち曲線区間であるか直線区間であるかを判定することができる。

[0097] また、区間判定部44cは、鉄道車両の走行中の区間種類がトンネル区間であると判定する場合であって、アクチュエータA_f、A_rの推力の絶対値が推力閾値F_c以下である場合には、鉄道車両用制振装置1が失陥していると判定する（図4では領域Z）。

[0098] 具体的には、トンネル区間では、アクチュエータA_f、A_rの推力の絶対値が、明り区間よりも大きくなるため、この絶対値が推力閾値F_cよりも大きい場合には、トンネル区間を走行中であって鉄道車両用制振装置1が正常に機能していると判定することができる（図4では領域X）。これに対して、アクチュエータA_f、A_rの推力の絶対値が推力閾値F_c以下である場合には、トンネル区間を走行中であるのにも関わらず、アクチュエータA_f、A_rの推力が小さくなってことから、鉄道車両用制振装置1が失陥している

と判定することができる（図4中領域Z）。

[0099] 鉄道車両用制振装置1が失陥していると判定された場合には、そのまま車体Bの振動を抑制する制御を継続すると、車体Bを加振してしまったり、車両における乗り心地を悪化させたりするおそれがある。そのため、鉄道車両用制振装置1は、モータ15、第一開閉弁9、第二開閉弁11、及び可変リリーフ弁22への電力供給を停止して、上述したダンパ回路Dを有効にする。これにより、アクチュエータA_f、A_rは、パッシブなダンパとして機能する。このように、失陥時には、アクチュエータA_f、A_rをパッシブなダンパとして機能させることで、アクチュエータA_f、A_rに減衰力を発揮させて車体Bの振動を抑制することができる。

[0100] なお、上述した明り区間における直線区間と曲線区間との判定、及び鉄道車両用制振装置1の失陥の判定は、アクチュエータA_f、A_rの推力を用いるのに代えて、アクチュエータA_f、A_rの推力指令値F_f、F_rを用いても同様に行うことができる。

[0101] 指令演算部44dは、図5に示すように、H ∞ 制御器44d1、44d2を含んで構成される。指令演算部44dは、ヨー加速度演算部44aが演算したヨー加速度 ω から車体Bのヨー振動を抑制する推力F ω （ヨー指令値）を演算するH ∞ 制御器44d1と、スエー加速度演算部44bが演算したスエー加速度 β から車体Bのスエー振動を抑制する推力F β （スエー指令値）を演算するH ∞ 制御器44d2と、推力F ω と推力F β とを加算して前側のアクチュエータA_fが出力すべき推力を指令する推力指令値F_fを演算する加算器44d3と、推力F β から推力F ω を減算して後側のアクチュエータA_rが出力すべき推力を指令する推力指令値F_rを演算する減算器44d4と、を備える。

[0102] H ∞ 制御器44d1、44d2は、直線区間走行用の制御ゲイン、曲線区間用の制御ゲイン、及びトンネル区間用の制御ゲインを保有している。H ∞ 制御器44d1、44d2は、上述した区間判定部44cの判定結果に応じて、対応する制御ゲインを選択して推力F ω と推力F β とを演算する。

[0103] なお、例えば、推力 F_ω を演算する際に使用される制御ゲインは、直線区間用の制御ゲインよりも曲線区間用の制御ゲインを大きくし、更に、曲線区間用の制御ゲインよりもトンネル区間用の制御ゲインを大きくする。このように、制御ゲインは、それぞれの区間に最適となる値に設定される。また、推力 F_β を演算する際に使用される制御ゲインについても同様に、それぞれの区間に最適となる値に設定される。このとき、曲線区間では、スエー加速度 β に定常加速度が含まれているため、直線区間用の制御ゲインよりも曲線区間用の制御ゲインを小さくしておくともよく、また、直線区間用の制御ゲインよりもトンネル区間用の制御ゲインを大きくしておくともよい。

[0104] 指令演算部44dでは、 H_∞ 制御が実行されるため、車体Bに入力される振動の周波数によらず高い制振効果を得ることができ、高いロバスト性を得ることができる。なお、このことは、 H_∞ 制御以外の制御を用いることを否定するものではない。したがって、例えば、横方向加速度 α_f 、 α_r から横方向速度を得て、横方向速度にスカイフック減衰係数を乗じて推力指令値を求めるスカイフック制御を用いて前後のアクチュエータ A_f 、 A_r を制御してもよい。また、ヨー加速度 ω とスエー加速度 β とから、前後のアクチュエータ A_f 、 A_r を関連させてその推力を制御するのに代えて、前側のアクチュエータ A_f と後側のアクチュエータ A_r とを、各々独立させて制御してもよい。

[0105] 駆動部44eは、図3に示すように、推力指令値 F_f 、 F_r 通りに各アクチュエータ A_f 、 A_r に推力を発揮させるべく、制御指令を出力する。具体的には、駆動部44eは、推力指令値 F_f 、 F_r から、モータ15、第一開閉弁9のソレノイド9e、第二開閉弁11のソレノイド11e、及び可変リリーフ弁22の比例ソレノイド22cへ出力すべき制御指令を演算して、当該制御指令を出力する。また、推力指令値 F_f 、 F_r から制御指令を演算する際に、そのときにアクチュエータ A_f 、 A_r が出力している推力をフィードバックし、フィードバック制御によって制御指令を演算してもよい。

[0106] 具体的には、駆動部44eは、上述したように、推力指令値 F_f 、 F_r か

ら第一開閉弁 9 のソレノイド 9 e, 第二開閉弁 11 のソレノイド 11 e, 及び可変リリーフ弁 22 の比例ソレノイド 22 c へ与えるべき制御指令を演算して、当該制御指令を出力する。

[0107] このようにして、鉄道車両用制振装置 1 は、区間判定部 44 c によって、鉄道車両が走行中である区間種類が明り区間とトンネル区間とのいずれかであるかを判定し、この判定結果に基づいて、鉄道車両が走行中である区間種類に適した制御ゲインを選択する。そして、鉄道車両用制振装置 1 は、推力指令値 F_f , F_r を演算して、アクチュエータ A_f , A_r を制御する。よって、区間種類によって異なる振動モードで振動する鉄道車両の車体 B を効果的に制振することができる。

[0108] したがって、鉄道車両用制振装置 1 によれば、区間判定部 44 c が、モータ 15 の目標回転速度 V_{ref} と実際の回転速度 V の速度差である速度偏差 ε に基づいて、鉄道車両の走行中の区間種類が明り区間であるかトンネル区間を判定することで、車両モニタ装置等の他の機器から鉄道車両の走行位置情報や区間種類情報を得ることなく区間種類を判定することができる。

[0109] また、鉄道車両用制振装置 1 によれば、車両モニタ装置等の他の機器から鉄道車両の走行位置情報や区間種類情報を得る必要がないため、車両モニタ装置等に接続するためのインターフェースが不要となり、在来線のように車両情報伝送設備の整っていない鉄道車両にも容易に搭載することができる。

[0110] さらに、本実施の形態では、区間判定部 44 c は、明り区間をさらに直線区間と曲線区間とに分けて判定することができるため、より区間種類に適した制御ゲインの選択が可能となる。よって、鉄道車両の車体 B をより一層効果的に制振することができる。

[0111] そして、区間判定部 44 c は、鉄道車両の走行中の区間種類がトンネル区間であると判定する場合であって、アクチュエータ A_f , A_r の推力或いは推力指令値が推力閾値以下の場合には、鉄道車両用制振装置 1 が失陥した状態であると判定する。そのため、鉄道車両用制振装置 1 が、失陥状態で車体 B の振動を抑制する制御を継続することはない。また、鉄道車両用制振装置

1 が失陥した状態であると判定された際には、アクチュエータ A_f , A_r をパッシブなダンパとすることで、その減衰力によって車体 B の振動を抑制することができる。

[0112] また、速度偏差 ε の二乗平均平方根を演算し、この二乗平均平方根が所定の速度閾値 V_b を超えた場合に鉄道車両の走行位置がトンネル区間であると判定し、速度閾値 V_b 以下である場合に鉄道車両の走行位置が明り区間であると判定する。この場合、鉄道車両用制振装置 1 は、鉄道車両の走行中の区間種類をより正確に判定することができる。よって、区間種別が頻繁に入れ替わるような判定が防止されるため、車体 B の振動モードにより適した制御ゲインを選択して、車体 B の振動を安定的に抑制することができる。

[0113] 更に、本実施の形態による鉄道車両用制振装置 1 では、鉄道車両の走行位置が曲線区間であると判定する場合には、推力 F_ω を演算する際の制御ゲインを、明り区間であって曲線区間ではない場合の制御ゲインよりも低くする。よって、バンドパスフィルタ 42, 43 では除去しがたい定常加速度の影響を低減して、曲線区間走行中の鉄道車両における乗心地を飛躍的に向上することができる。

[0114] なお、上述した実施の形態では、単一のコントローラ C で複数のアクチュエータ A_f , A_r を制御するようにしているが、これに限らず、アクチュエータ A_f , A_r 毎にコントローラ C を設けて、それぞれ制御するようにしてもよいことは当然である。

[0115] 以上、本発明の実施形態について説明したが、上記実施形態は本発明の適用例の一部を示したに過ぎず、本発明の技術的範囲を上記実施形態の具体的構成に限定する趣旨ではない。

[0116] 本願は、2011年6月20日に日本国特許庁に出願された特願2011-136163に基づく優先権を主張し、この出願の全ての内容は参照により本明細書に組み込まれる。

[0117] この発明の実施例が包含する排他的性質又は特徴は、以下のようにクレームされる。

請求の範囲

[請求項1] アクチュエータに出力させるべき推力を推力指令値として求め、前記アクチュエータを制御して車体の振動を抑制する鉄道車両用制振装置であって、

前記アクチュエータは、

鉄道車両の台車と車体との一方に連結されるシリンダと、

前記シリンダ内に摺動自在に挿入されるピストンと、

前記シリンダ内に挿入されて、前記台車と前記車体との他方と前記ピストンとに連結されるロッドと、

前記シリンダ内に前記ピストンで区画されるロッド側室及びピストン側室と、を備え、

前記シリンダに給排される液体が溜められるタンクと、

前記ロッド側室と前記ピストン側室とを連通する第一通路に設けられ、当該第一通路を開閉可能な第一開閉弁と、

前記ピストン側室と前記タンクとを連通する第二通路に設けられ、当該第二通路を開閉可能な第二開閉弁と、

前記タンクから前記ロッド側室へ液体を供給するポンプと、

一定の回転速度で回転して前記ポンプを回転駆動するモータと、

前記モータの目標回転速度と実際の回転速度との速度偏差に基づいて、前記鉄道車両の走行中の区間種類が明り区間であるかトンネル区間であるかを判定する区間判定部と、を備える鉄道車両用制振装置。

[請求項2] 請求項1に記載の鉄道車両用制振装置であって、

前記区間判定部は、前記鉄道車両の走行中の区間種類が明り区間であると判定する場合であって、前記アクチュエータの推力或いは前記推力指令値が推力閾値を超える場合には、前記区間種類を曲線区間であると判定する鉄道車両用制振装置。

[請求項3] 請求項1に記載の鉄道車両用制振装置であって、

前記区間判定部は、前記鉄道車両の走行中の区間種類がトンネル区

間であると判定する場合であって、前記アクチュエータの推力或いは前記推力指令値が推力閾値以下である場合には、失陥していると判定する鉄道車両用制振装置。

[請求項4] 請求項3に記載の鉄道車両用制振装置であって、
前記アクチュエータが失陥していると前記区間判定部が判定した場合には、前記第一開閉弁及び前記第二開閉弁を遮断ポジションに切り換えるとともに、前記モータを停止して、前記アクチュエータをパッシブなダンパとして機能させる鉄道車両用制振装置。

[請求項5] 請求項1に記載の鉄道車両用制振装置であって、
前記区間判定部は、前記速度偏差の二乗平均平方根を演算して、当該二乗平均平方根が所定の速度閾値を超える場合には、前記鉄道車両の走行位置をトンネル区間であると判定し、前記速度閾値以下である場合には、前記鉄道車両の走行位置を明り区間であると判定する鉄道車両用制振装置。

[請求項6] 請求項1に記載の鉄道車両用制振装置であって、
前記車体の中心周りのヨー加速度から前記車体のヨー振動を抑制するヨー指令値を演算し、前記車体の水平横方向のスエー加速度から前記車体のスエー振動を抑制するスエー指令値を演算し、前記ヨー指令値と前記スエー指令値とから前記推力指令値を演算する指令演算部を更に備える鉄道車両用制振装置。

[請求項7] 請求項6に記載の鉄道車両用制振装置であって、
前記指令演算部は、前記区間判定部がトンネル区間であると判定する場合には、前記ヨー指令値及び前記スエー指令値を演算する際の制御ゲインを、明り区間であると判定する場合の制御ゲインよりも大きくする鉄道車両用制振装置。

[請求項8] 請求項6に記載の鉄道車両用制振装置であって、
前記指令演算部は、前記区間判定部が曲線区間であると判定する場合には、前記スエー指令値を演算する際の制御ゲインを、明り区間で

あるが曲線区間ではないと判定する場合の制御ゲインよりも小さくする鉄道車両用制振装置。

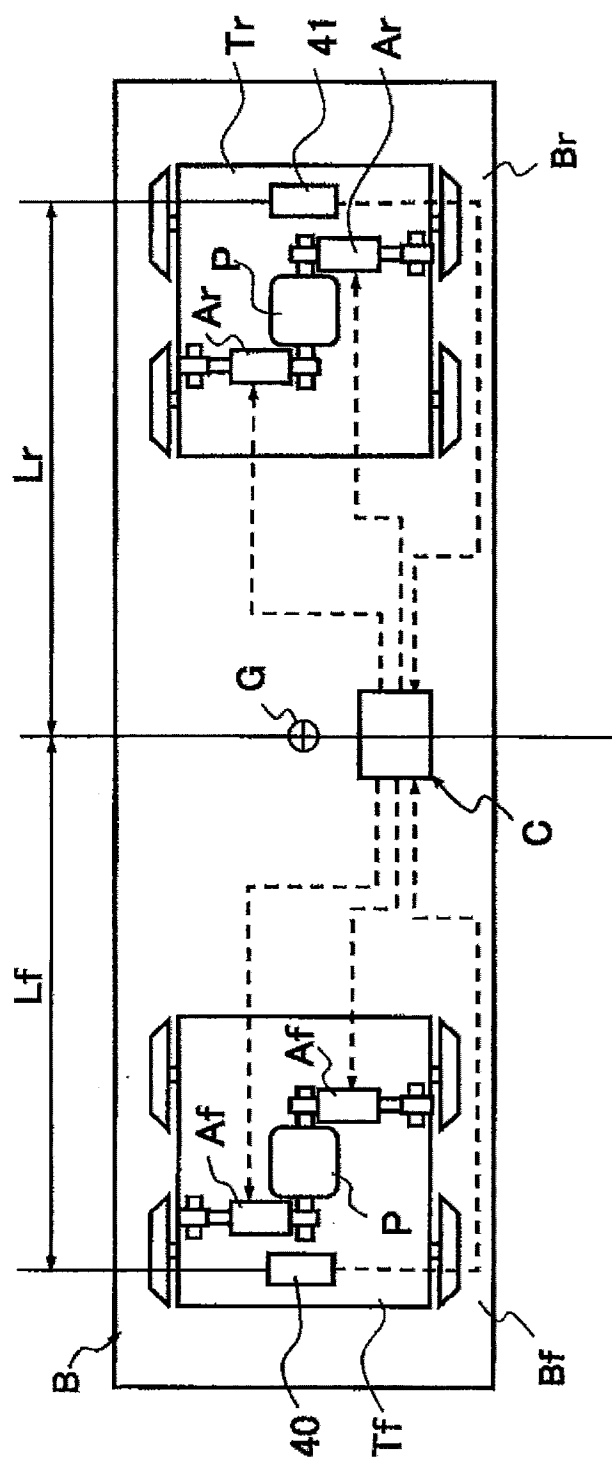
[請求項9]

請求項1に記載の鉄道車両用制振装置であって、
前記ロッド側室と前記タンクとを接続する排出通路と、
前記排出通路の途中に設けられて開弁圧を変更可能な可変リリーフ弁と、を更に備え、
前記可変リリーフ弁の開弁圧を調節して前記アクチュエータの推力を制御する鉄道車両用制振装置。

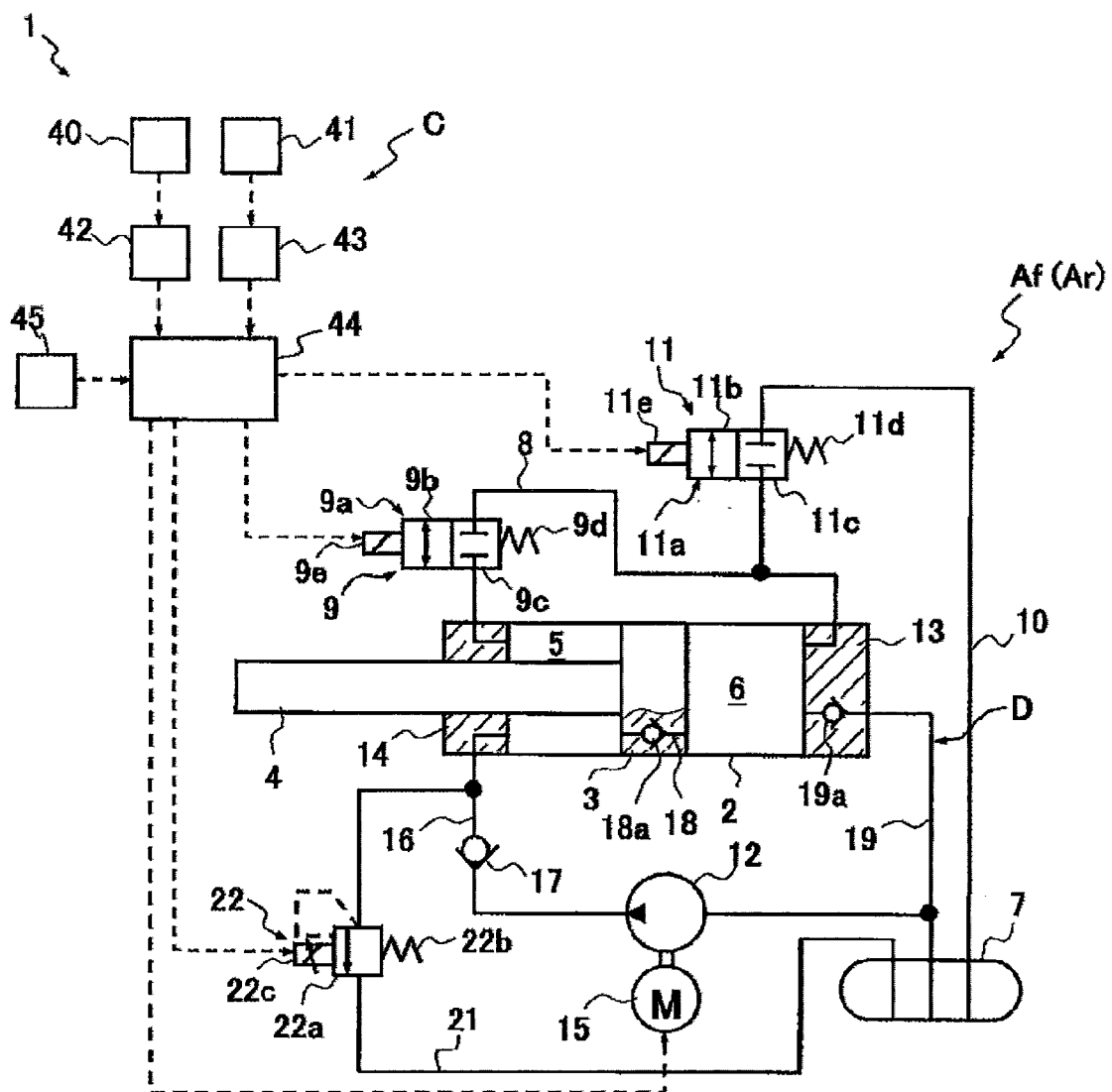
[請求項10]

請求項1に記載の鉄道車両用制振装置であって、
前記タンクから前記ピストン側室へ向かう液体の流れのみを許容する吸込通路と、
前記ピストン側室から前記ロッド側室へ向かう液体の流れのみを許容する整流通路と、を更に備える鉄道車両用制振装置。

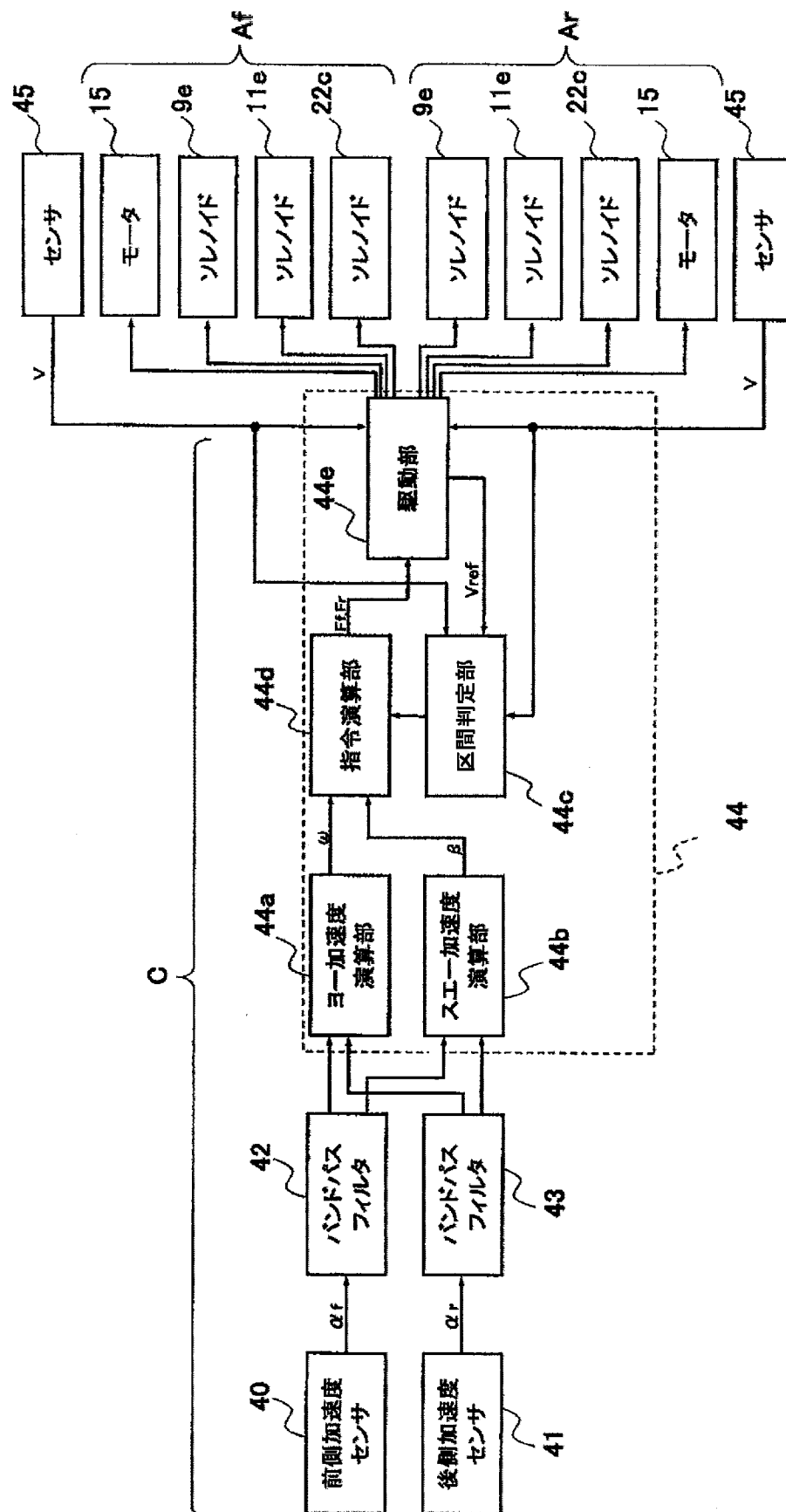
[図1]



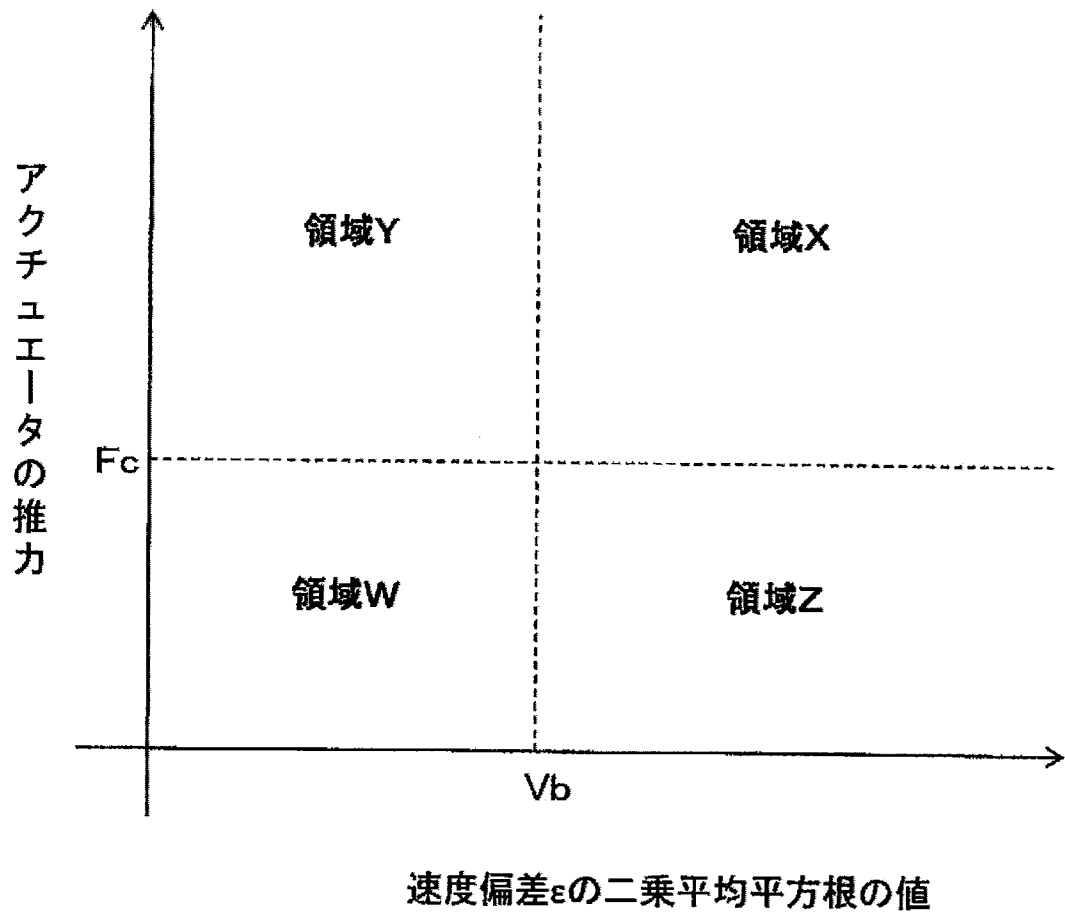
[図2]



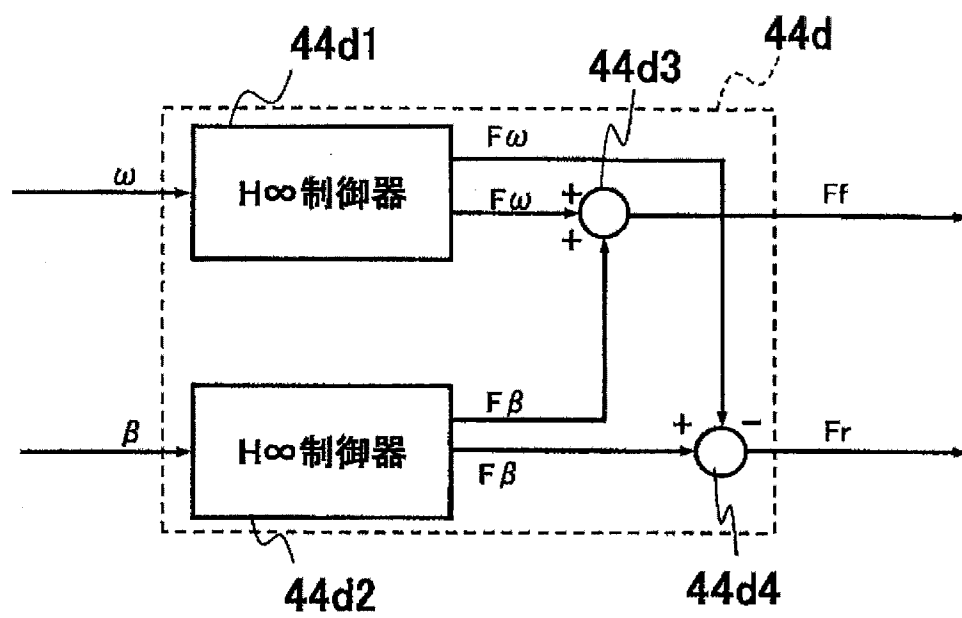
[図3]



[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/065606

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B61F5/24(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)

B61F5/22-5/24, F16F15/02, B60G99/00

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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	JP 2010-65797 A (Kayaba Industry Co., Ltd.), 25 March 2010 (25.03.2010), entire text; all drawings & US 2011/0192157 A1 & EP 2330302 A1 & WO 2010/030025 A1 & CN 102149925 A & KR 10-2011-0052661 A & TW 201020414 A	1-10
A	JP 2006-327529 A (Kawasaki Heavy Industries, Ltd.), 07 December 2006 (07.12.2006), entire text; all drawings (Family: none)	1

☒ 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
04 September, 2012 (04.09.12)

Date of mailing of the international search report
18 September, 2012 (18.09.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/065606

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 11-139310 A (Sumitomo Metal Industries, Ltd.), 25 May 1999 (25.05.1999), entire text; all drawings (Family: none)	2
A	JP 2003-320931 A (Kayaba Industry Co., Ltd.), 11 November 2003 (11.11.2003), entire text; all drawings (Family: none)	6
A	JP 2008-247204 A (Kawasaki Heavy Industries, Ltd.), 16 October 2008 (16.10.2008), entire text; all drawings (Family: none)	6
A	JP 2008-247333 A (Hitachi, Ltd.), 16 October 2008 (16.10.2008), entire text; all drawings (Family: none)	6

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. B61F5/24(2006.01)i, F16F15/02(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. B61F5/22-5/24, F16F15/02, B60G99/00

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

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 年

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)

C. 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 請求項の番号
A	JP 2010-65797 A (カヤバ工業株式会社) 2010.03.25, 全文, 全図 & US 2011/0192157 A1 & EP 2330302 A1 & WO 2010/030025 A1 & CN 102149925 A & KR 10-2011-0052661 A & TW 201020414 A	1 - 1 0
A	JP 2006-327529 A (川崎重工業株式会社) 2006.12.07, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1
A	JP 11-139310 A (住友金属工業株式会社) 1999.05.25, 全文, 全図 (ファミリーなし)	2

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「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

の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

国際調査を完了した日

0 4 . 0 9 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

1 8 . 0 9 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

小岩 智明

3 D

4 4 1 6

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 4 1

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 請求項の番号
A	JP 2003-320931 A (カヤバ工業株式会社) 2003. 11. 11, 全文, 全図 (ファミリーなし)	6
A	JP 2008-247204 A (川崎重工業株式会社) 2008. 10. 16, 全文, 全図 (ファミリーなし)	6
A	JP 2008-247333 A (株式会社日立製作所) 2008. 10. 16, 全文, 全図 (ファミリーなし)	6