

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5662880号
(P5662880)

(45) 発行日 平成27年2月4日 (2015.2.4)

(24) 登録日 平成26年12月12日 (2014.12.12)

(51) Int.Cl.

F 1

B 6 1 F 5/24 (2006.01)

F 1 6 F 15/02 (2006.01)

B 6 1 F 5/24 F

F 1 6 F 15/02 B

請求項の数 8 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2011-136161 (P2011-136161)	(73) 特許権者	000000929
(22) 出願日	平成23年6月20日 (2011.6.20)		カヤバ工業株式会社
(65) 公開番号	特開2013-1304 (P2013-1304A)		東京都港区浜松町2丁目4番1号 世界貿易センタービル
(43) 公開日	平成25年1月7日 (2013.1.7)	(74) 代理人	100067367
審査請求日	平成25年12月19日 (2013.12.19)		弁理士 天野 泉
		(74) 代理人	100122323
			弁理士 石川 憲
		(72) 発明者	小川 貴之
			東京都港区浜松町2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
		(72) 発明者	青木 淳
			東京都港区浜松町2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
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 鉄道車両用制振装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

鉄道車両の台車と車体の一方に連結されるシリンダと、当該シリンダ内に摺動自在に挿入されるピストンと、上記シリンダ内に挿入されて上記ピストンと上記台車と車体の他方に連結されるロッドと、上記シリンダ内に上記ピストンで区画したロッド側室とピストン側室と、タンクと、上記ロッド側室と上記ピストン側室とを連通する第一通路の途中に設けた第一開閉弁と、上記ピストン側室と上記タンクとを連通する第二通路の途中に設けた第二開閉弁と、予め決められた通常回転速度にて回転駆動されて上記タンクから上記ロッド側室へ液体を供給するポンプとを有するアクチュエータを備え、当該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、当該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において、推力指令値が上記ポンプを通常回転速度で回転させる際に上記アクチュエータが発生可能な推力の下限值である通常下限値を下回ると、当該ポンプの回転速度を低下させることを特徴とする鉄道車両用制振装置。

【請求項 2】

上記推力指令値が上記通常下限値を下回り、かつ、その状態が所定時間継続すると、上記ポンプの回転速度を低下させることを特徴とする請求項 1 に記載の鉄道車両用制振装置。

【請求項 3】

上記通常回転速度よりも低い低推力時回転速度を予め設定し、上記ポンプの回転速度を上記通常回転速度と上記低推力時回転速度の二段階で切換えることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の鉄道車両用制振装置。

【請求項 4】

上記ポンプの回転速度を低下させた後、上記推力指令値が上記通常下限値以上となると、上記ポンプの回転速度を通常回転速度へ復帰させることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の鉄道車両用制振装置。

【請求項 5】

上記推力指令値が上記通常下限値以上となり、かつ、その状態が所定時間継続すると、上記ポンプの回転速度を通常回転速度へ復帰させることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の鉄道車両用制振装置。

【請求項 6】

ポンプの回転速度を低下或いは復帰させる場合、回転速度を時間の経過とともに変化させることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の鉄道車両用制振装置。

10

【請求項 7】

上記アクチュエータは、上記ロッド側室を上記タンクへ接続する排出通路と、当該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、当該可変リリーフ弁の開弁圧を調節して上記アクチュエータの推力を制御することを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の鉄道車両用制振装置。

【請求項 8】

上記タンクから上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、上記ピストン側室から上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備えたことを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載の鉄道車両用制振装置。

20

【発明の詳細な説明】**【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、この種の鉄道車両用制振装置にあっては、たとえば、鉄道車両に車体の進行方向に対して左右方向の振動を抑制すべく、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】

30

より詳しくは、この鉄道車両用制振装置は、鉄道車両の台車と車体の一方に連結されるシリンダと、当該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ピストンと台車と車体の他方に連結されるロッドと、シリンダ内にピストンで区画したロッド側室とピストン側室と、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た第一開閉弁と、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た第二開閉弁と、ロッド側室へ作動油を供給するポンプと、ロッド側室を上記タンクへ接続する排出通路と、当該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ており、上記したポンプ、第一開閉弁、第二開閉弁および可変リリーフ弁を駆動することで、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するようになっている（たとえば、特許文献 1 参照）。

40

【先行技術文献】**【特許文献】****【0004】**

【特許文献 1】特開 2010-65797 号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

ところで、鉄道車両用制振装置は、ポンプを所定の回転速度（単位時間当たりの回転数）で回転駆動し、車体の振動状況に応じて第一開閉弁、第二開閉弁をおよび可変リリーフ弁を適宜駆動し、油圧を利用して車体の振動を抑制する推力を得て鉄道車両の振動を抑制

50

するようになっている。

【0006】

そして、所定の回転速度で回転駆動されるポンプが送り出す作動油は、タンクから吸い上げられてアクチュエータを駆動するための油圧回路を通過して最終的にはタンクへ戻されることになるが、油圧回路の管路抵抗等で圧力損失が生じるため、シリンダ内の圧力はタンク圧に等しくすることはできない。

【0007】

また、アクチュエータに要求される推力と推力発生応答性から最低限必要となる作動油量を確保しなければならない都合上、ポンプの回転速度は、この作動油量を確保可能な回転速度に設定される。

10

【0008】

このように、ポンプの回転速度の下限が決まっており、上記圧力損失を完全になくすることはできないため、アクチュエータの発生可能な推力には下限があり、この下限よりも小さな推力をアクチュエータに発生させることはできない。

【0009】

したがって、アクチュエータの推力をフィードバック制御しようとする場合、推力指令値が上記した推力の下限よりも小さな推力を発生させる値となる場合、アクチュエータの推力は推力指令値に比して過剰となり、推力指令値と実際の推力との偏差が大きくなるため、アクチュエータの推力が振動的となるハンチングが生じて、車体における乗り心地を悪化させてしまう可能性がある。

20

【0010】

また、上記の如く、ハンチングが生じると、第一開閉弁および第二開閉弁の切換動作が頻繁するので、これらの寿命が短くなって、鉄道車両用制振装置の経済性が損なわれるといった問題も生じることになる。

【0011】

そこで、本発明は上記不具合を改善するために創案されたものであって、その目的とするところは、車体における乗り心地を悪化させることがなく、経済性に優れた鉄道車両用制振装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0012】

30

上記した目的を達成するため、本発明の課題解決手段は、鉄道車両の台車と車体の一方に連結されるシリンダと、当該シリンダ内に摺動自在に挿入されるピストンと、上記シリンダ内に挿入されて上記ピストンと上記台車と車体の他方に連結されるロッドと、上記シリンダ内に上記ピストンで区画したロッド側室とピストン側室と、タンクと、上記ロッド側室と上記ピストン側室とを連通する第一通路の途中に設けた第一開閉弁と、上記ピストン側室と上記タンクとを連通する第二通路の途中に設けた第二開閉弁と、予め決められた通常回転速度にて回転駆動されて上記タンクから上記ロッド側室へ液体を供給するポンプとを有するアクチュエータを備え、当該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、当該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において、推力指令値が上記ポンプを通常回転速度で回転させる際に上記アクチュエータが発生可能な推力の下限値である通常下限値を下回ると、当該ポンプの回転速度を低下させることを特徴とする。

40

【発明の効果】

【0013】

本発明の鉄道車両用制振装置にあっては、アクチュエータの推力をフィードバック制御する場合、推力指令値が通常下限値を下回っても、推力指令値と実際に出力される推力との偏差が大きくなりませんので、アクチュエータの推力が矩形的で振動的となるハンチングが生じず、鉄道車両の車体を加振して振動状況を悪化させてしまうこともない。さらに、上記の如く、ハンチングが生じることがないので、第一開閉弁および第二開閉弁の切換動作が頻繁することもなく、これらの寿命を短くして経済性が損なわれるといった問題も生

50

じない。以上から、本発明の鉄道車両用制振装置によれば、車体における乗り心地を悪化させることがなく、経済性に優れる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】一実施の形態における鉄道車両用制振装置を搭載した鉄道車両の平面図である。

【図2】一実施の形態の鉄道車両用制振装置におけるアクチュエータの詳細図である。

【図3】一実施の形態の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】一実施の形態の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。

10

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、図に示した実施の形態に基づき、本発明を説明する。一実施の形態における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、図1に示すように、前側の台車Tfと車体Bとの間に対として介装される前側のアクチュエータAfと、後側の台車Trと車体Bとの間に介装される後側のアクチュエータArと、これら両方のアクチュエータAf, Arをアクティブ制御するコントローラCとを備えて構成されている。アクチュエータAf, Arは、詳細には、鉄道車両の場合、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Tf, Trとの間で対を成して並列に介装されている。

20

【0016】

そして、これら前後のアクチュエータAf, Ar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して水平横方向の振動を抑制するようになっており、この場合、コントローラCは、前後のアクチュエータAf, Arを制御して上記車体Bの横方向の振動を抑制するようになっている。

【0017】

コントローラCは、本実施の形態にあつては、車体Bの振動を抑制する制御を行う際に、車体Bの車体の前部Bf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の車体の後部Br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 とを検知し、これらの横方向加速度 α_f と横方向加速度 α_r に基づいて前後の台車Tf, Tr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 を求めるとともに、横方向加速度 α_f と横方向加速度 α_r に基づいて車体Bの中心Gの水平横方向の加速度であるスエー加速度 β を求め、ヨー加速度 ω とスエー加速度 β に基づいて、前後のアクチュエータAf, Arで個々に発生すべき推力である推力指令値Ff, Frを求め、当該推力指令値Ff, Fr通りの推力を前後のアクチュエータAf, Arに発生させるべくフィードバック制御することで車体Bの上記横方向の振動を抑制するようになっている。

30

【0018】

つづいて、前後のアクチュエータAf, Arの具体的な構成について説明する。これらアクチュエータAf, Arは、同じ構成であるので、説明の重複を避けるため、便宜上、前側のアクチュエータAfの構成のみを説明し、後側のアクチュエータArについての具体的な説明を省略することとする。なお、図示したところでは、アクチュエータAfもアクチュエータArも二つずつ設けられているが、各アクチュエータAf, Arの一つに対して一つのコントローラCを設けることも可能である。

40

【0019】

アクチュエータAfは、図2に示すように、鉄道車両の台車Tf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内に挿入されてピストン3と台車Tfと車体Bの他方に連結されるロッド4と、シリンダ2内にピストン3で区画したロッド側室5とピストン側室6と、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の途中に設けた第一開閉弁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の途中に設けた第二開閉弁11と、ロッド側室5

50

へ液体を供給するポンプ12とを備えており、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、上記ロッド側室5とピストン側室6には液体が充填されるとともに、タンク7には、液体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。

【0020】

そして、基本的には、第一開閉弁9で第一通路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、このアクチュエータAfを伸長作動させることができ、第二開閉弁11で第二通路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、アクチュエータAfを収縮作動させることができるようになっている。

10

【0021】

以下、アクチュエータAfの各部について詳細に説明する。シリンダ2は筒状であって、その図2中右端は蓋13によって閉塞され、図2中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、上記ロッドガイド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、一端をシリンダ2外へ突出させており、シリンダ2内の他端を同じくシリンダ2内に摺動自在に挿入されているピストン3に連結してある。

【0022】

なお、ロッド4の外周とシリンダ2との間は図示を省略したシール部材によってシールされており、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には、上述のように液体が充填されている。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する液体を使用することができる。

20

【0023】

また、このアクチュエータAfの場合、ロッド4の断面積をピストン3の断面積の二分の一にして、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となるようになっており、伸長作動時と収縮作動時とでロッド側室5の圧力を同じくすると、伸縮の双方で発生される推力が等しくなるようになっており、アクチュエータAfの変位量に対する液体量も伸縮両側で同じとなる。

【0024】

30

詳しくは、アクチュエータAfを伸長作動させる場合、ロッド側室5とピストン側室6を連通させた状態となってロッド側室5内とピストン側室6内の圧力が等しくなって、ピストン3におけるロッド側室5側とピストン側室6側の受圧面積差に上記圧力を乗じた推力を発生し、反対に、アクチュエータAfを収縮作動させる場合、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をタンク7に連通させた状態となるので、ロッド側室5内の圧力とピストン3におけるロッド側室5側の受圧面積を乗じた推力を発生することになり、アクチュエータAfの発生推力は伸縮の双方でピストン3の断面積の二分の一にロッド側室5の圧力を乗じた値となるのである。したがって、このアクチュエータAfの推力を制御する場合、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が、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ているので、伸縮両側で同じ推力を発生する場合に伸長側と収縮側でロッド側室5の圧力が同じとなるので制御が簡素となり、加えて変位量に対する液体量も同じとなるので伸縮両側で応答性が同じとなる利点がある。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Afの伸縮両側の推力の制御をすることができる点は変わらない。

40

【0025】

戻って、ロッド4の図2中左端とシリンダ2の右端を閉塞する蓋13には、図示しない取付部を備えており、このアクチュエータAfを鉄道車両における車体Bと台車Tfとの間に介装することができるようになっている。

50

【0026】

そして、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おり、この第一通路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外でロッド側室5とピストン側室6とを連通しているが、ピストン3に設けられてもよい。

【0027】

第一開閉弁9は、この実施の形態の場合、電磁開閉弁とされており、第一通路8を開放してロッド側室5とピストン側室6とを連通する連通ポジション9bと、ロッド側室5とピストン側室6との連通を遮断する遮断ポジション9cとを備えたバルブ9aと、遮断ポジション9cを採るようにバルブ9aを附勢するバネ9dと、通電時にバルブ9aをバネ9dに対向して連通ポジション9bに切換えるソレノイド9eとを備えて構成されている。

10

【0028】

つづいて、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おり、この第二通路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、この実施の形態の場合、電磁開閉弁とされており、第二通路10を開放してピストン側室6とタンク7とを連通する連通ポジション11bと、ピストン側室6とタンク7との連通を遮断する遮断ポジション11cとを備えたバルブ11aと、遮断ポジション11cを採るようにバルブ11aを附勢するバネ11dと、通電時にバルブ11aをバネ11dに対向して連通ポジション11bに切換えるソレノイド11eとを備えて構成されている。

20

【0029】

ポンプ12は、モータ15によって駆動されるようになっており、ポンプ12は、一方向のみに液体を吐出するポンプとされており、その吐出口は供給通路16によってロッド側室5へ連通され、吸込口はタンク7に通じて、モータ15によって駆動されると、タンク7から液体を吸込んでロッド側室5へ液体を供給する。

【0030】

上述のようにポンプ12は、一方向のみに液体を吐出するのみで回転方向の切換動作がないので、回転切換時に吐出量が変わるといった問題は皆無であり、安価なギアポンプ等を使用することができる。さらに、ポンプ12の回転方向が常に同一方向であるので、ポンプ12を駆動する駆動源であるモータ15にあっても回転切換に対する高い応答性が要求されず、その分、モータ15も安価なものを使用することができる。なお、供給通路16の途中には、ロッド側室5からポンプ12への液体の逆流を阻止する逆止弁17を設けてある。

30

【0031】

このアクチュエータAfにあっては、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、伸長作動させる際には、第一開閉弁9を開きつつ第二開閉弁11を開閉させることによってロッド側室5内の圧力を調節し、逆に収縮作動させる際には第二開閉弁11を開きつつ第一開閉弁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とで、上記した推力指令値Ffが指示する通りの推力を得ることが可能である。伸長作動時には、ロッド側室5とピストン側室6とが連通状態におかれ、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ため、このアクチュエータAfにあっては、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推力をコントロールすることができる。なお、第一開閉弁9および第二開閉弁11は、開弁圧を調節可能であって開閉機能を備えた可変リリーフ弁とされてもよい。この場合には、第一開閉弁9或いは第二開閉弁11を伸縮作動時に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も可能である。

40

【0032】

上記のように、アクチュエータAfの推力調節が可能ではあるが、より簡単に推力調節が可能のように、本実施の形態の鉄道車両用制振装置1にあっては、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の途中に設けた開弁圧を変更可能な

50

可変リリーフ弁 22 とを設けている。

【0033】

可変リリーフ弁 22 は、この実施の形態では、比例電磁リリーフ弁とされており、排出通路 21 の途中に設けた弁体 22a と、排出通路 21 を遮断するように弁体 22a を附勢するバネ 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 とを備えて構成され、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。

【0034】

この可変リリーフ弁 22 は、弁体 22a に作用させる排出通路 21 の上流となるロッド側室 5 の圧力がリリーフ圧（開弁圧）を超えると、当該排出通路 21 を開放させる方向に弁体 22a を推す上記圧力に起因する推力と比例ソレノイド 22c による推力との合力が、排出通路 21 を遮断させる方向へ弁体 22a を附勢するバネ 22b の附勢力に打ち勝つようになって、弁体 22a を後退させて排出通路 21 を開放するようになっている。

【0035】

また、この可変リリーフ弁 22 にあっては、比例ソレノイド 22c に供給する電流量を増大させると、比例ソレノイド 22c が発生する推力を増大させることができるようになっており、比例ソレノイド 22c に供給する電流量を最大とすると開弁圧が最小となり、反対に、比例ソレノイド 22c に全く電流を供給しないと開弁圧が最大となる。

【0036】

したがって、排出通路 21 と可変リリーフ弁 22 とを設けることで、アクチュエータ Af を伸縮作動させる際に、ロッド側室 5 内の圧力は可変リリーフ弁 22 の開弁圧に調節され、ロッド側室 5 の圧力は可変リリーフ弁 22 の開弁圧を調節することで容易に調節することができる。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、アクチュエータ Af 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 の高速で開閉させたり、第一開閉弁 9 および第二開閉弁 11 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ので、鉄道車両用制振装置 1 が安価となり、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。

【0037】

なお、可変リリーフ弁 22 は、与える電流量で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簡単となるが、開弁圧を調節できるリリーフ弁であれば比例電磁リリーフ弁に限定されるものではない。

【0038】

そして、可変リリーフ弁 22 は、第一開閉弁 9 および第二開閉弁 11 の開閉状態に関わらず、アクチュエータ Af に伸縮方向の過大な入力があって、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 へ連通し、ロッド側室 5 内の圧力をタンク 7 へ逃がして、アクチュエータ Af のシステム全体を保護するようになっている。このように、排出通路 21 と可変リリーフ弁 22 を設けることでシステムの保護も可能となる。

【0039】

さらに、この実施の形態のアクチュエータ Af は、ダンパ回路 D を備えており、このダンパ回路 D は、第一開閉弁 9 および第二開閉弁 11 が閉弁している場合に、アクチュエータ Af をダンパとして機能させる。ダンパ回路 D は、ピストン側室 6 からロッド側室 5 へ向かう液体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 へ向かう液体の流れのみを許容する吸込通路 19 を備えている。また、この実施の形態の場合には、アクチュエータ Af が、排出通路 21 と可変リリーフ弁 22 とを備えているので、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。

【0040】

より詳細には、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、途中に逆止弁 18a が設けられ、この整流通路 18 は、ピストン側室 6 からロッド側室 5 へ向かう液体の流れのみを許容する一方通行の通路に設定されている。さらに、吸込通路 1

10

20

30

40

50

9は、タンク7とピストン側室6とを連通しており、途中で逆止弁19aが設けられ、この吸込通路19は、タンク7からピストン側室6へ向かう液体の流れのみを許容する一方通行の通路に設定されている。なお、整流通路18は、第一開閉弁9の遮断ポジション9cを逆止弁とすることで第一通路8に集約することができ、吸込通路19についても、第二開閉弁11の遮断ポジション11cを逆止弁とすることで第二通路10に集約することができる。

【0041】

このように構成されたダンパ回路Dは、アクチュエータAfにおける第一開閉弁9と第二開閉弁11がともに遮断ポジション9c, 11cを採ると、整流通路18および吸込通路19と排出通路21で、ロッド側室5、ピストン側室6およびタンク7が数珠繋ぎに連10
通させる。そして、整流通路18、吸込通路19および排出通路21は、一方通行の通路に設定されているので、アクチュエータAfが外力によって伸縮させられると、必ずシリンダ2から液体が排出されて排出通路21を介してタンク7へ戻され、シリンダ2で足りなくなる液体は吸込通路19を介してタンク7からシリンダ2内へ供給される。この液体の流れに対して上記可変リリーフ弁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ので、アクチュエータAf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。なお、可変リリーフ弁22と排出通路21とを設けない場合には、別途、ロッド側室5とタンク7とを接続する通路と、この通路の途中に減衰弁とを設けてダンパ回路Dを構成するようにしてもよい。また、アクチュエータAf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のバルブ9a, 11aがバネ9d, 11dに押圧されて、それぞれ遮断ポジション9c, 11cを採り、可変リリーフ弁22は、開弁圧が最大に固定された圧力制御弁として機能するので、アクチュエータAfは、自動的に、パッシブダンパとして機能することができる。20

【0042】

つづいて、上記のように構成されたアクチュエータAf, Arに所望の伸長方向の推力を発揮させる場合、たとえば、コントローラCは、モータ15を回転させポンプ12からシリンダ2内へ液体を供給しつつ、各アクチュエータAf, Arの第一開閉弁9を連通ポジション9bとし第二開閉弁11を遮断ポジション11cとする。このようにすることで、ロッド側室5とピストン側室6とが連通状態におかれて両者にポンプ12から液体が供給され、ピストン3が図2中左方へ押されアクチュエータAf, Arは伸長方向の推力を発揮する。ロッド側室5内およびピストン側室6内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が開弁して液体が排出通路21を介してタンク7へ逃げるので、ロッド側室5内およびピストン側室6内の圧力は、可変リリーフ弁22に与える電流量で決まる可変リリーフ弁22の開弁圧にコントロールされる。そして、アクチュエータAf, Ar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側の受圧面積差に上記した可変リリーフ弁22によってコントロールされるロッド側室5内およびピストン側室6内の圧力を乗じた値の伸長方向の推力を発揮する。30

【0043】

これに対して、アクチュエータAf, Arに所望の収縮方向の推力を発揮させる場合、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内へ液体を供給しつつ、各アクチュエータAf, Arの第一開閉弁9を遮断ポジション9cとし第二開閉弁11を連通ポジション11bとする。このようにすることで、ピストン側室6とタンク7が連通状態におかれるとともにロッド側室5にポンプ12から液体が供給されるので、ピストン3が図2中右方へ押されアクチュエータAf, Arは収縮の推力を発揮する。上記したところと同様に、可変リリーフ弁22の電流量を調節することで、アクチュエータAfは、ピストン3におけるロッド側室5側の受圧面積と可変リリーフ弁22にコントロールされるロッド側室5内の圧力を乗じた収縮方向の推力を発揮する。40

【0044】

また、このアクチュエータAf, Arにあっては、アクチュエータとして機能するのみならず、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11の開閉のみで50

ダンパとしても機能させることができるので、面倒かつ急峻な弁の切換動作を伴うことが無いので、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。

【0045】

なお、このアクチュエータA_f、A_rにあつては、片ロッド型に設定されているので、両ロッド型のアクチュエータに比較してストローク長を確保しやすく、アクチュエータの全長が短くなって、鉄道車両への搭載性が向上する。

【0046】

また、このアクチュエータA_f、A_rにおけるポンプ12からの液体供給および伸縮作動による液体の流れは、ロッド側室5、ピストン側室6を順に通過して最終的にタンク7へ還流するようになっており、ロッド側室5あるいはピストン側室6内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立的にタンク7へ排出されるので、推進力発生 of 応答性の悪化を阻止できる。

【0047】

したがって、アクチュエータA_f、A_rの製造にあたって、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無く、液体の高度な脱気も不要となるので、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。

【0048】

さらに、ロッド側室5あるいはピストン側室6内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立的にタンク7へ排出されるので、性能回復のためのメンテナンスを頻繁に行う必要もなくなり、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。

【0049】

つづいて、コントローラCは、図1から図3に示すように、車体前側としての車体前部B_fの車両進行方向に対して水平横方向の前側の横方向加速度 α_f を検出する前側加速度センサ40と、車体後側としての車体後部B_rの車両進行方向に対して水平横方向の後側の横方向加速度 α_r を検出する後側加速度センサ41と、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、ドリフト成分や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で濾過した横方向加速度 α_f と横方向加速度 α_r を処理して、各アクチュエータA_f、A_rのモータ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、可変リリーフ弁22の比例ソレノイド22cへ制御指令を出力する制御部44とを備えて構成されていて、各アクチュエータA_f、A_rの推力を制御するようになっている。なお、バンドパスフィルタ42、43で横方向加速度 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ので、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。

【0050】

制御部44は、前側加速度センサ40で検知した前側の横方向加速度 α_f と後側加速度センサ41で検知した後側の横方向加速度 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 を求めるヨー加速度演算部44aと、横方向加速度 α_f と横方向加速度 α_r に基づいて車体Bの中心Gのスエー加速度 β を求めるスエー加速度演算部44bと、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を求める指令演算部44c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、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44dとを備えて構成されている。

【0051】

なお、コントローラCは、ハードウェア資源としては、図示はしないが具体的にはたとえば、前側加速度センサ40と後側加速度センサ41が出力する信号を取り込むためのA/D変換器と、バンドパスフィルタ42、43と、バンドパスフィルタ42、43で濾過した横方向加速度 α_f と横方向加速度 α_r を取り込んでアクチュエータA_f、A_r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

10

20

30

40

50

Memory)等の記憶装置と、上記プログラムに基づいた処理を実行するCPU(Central Processing Unit)などの演算装置と、上記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ればよく、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、上記CPUがプログラムを実行することで実現されてもよい。

【0052】

つづいて、横方向加速度 α_f , α_r は、たとえば、図1中車体Bの中央を左右に通る軸を基準として上方側へ向く方向となる場合に、正の符号を採り、反対に、図1中車体Bの中央を左右に通る軸を基準として下方側へ向く方向となる場合に、負の符号を採るように設定され、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 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 を求め、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 の和を2で割って車体Bの中心Gのスエー加速度 β を求める。前側加速度センサ40と後側加速度センサ41の設置箇所は、ヨー加速度 ω を求める都合上、前側加速度センサ40にあっては車体Bの中心Gを含む前後方向また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く、後側加速度センサ41にあっては車体Bの中心Gを含む前後方向また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が、中心Gと前側加速度センサ40と後側加速度センサ41の距離と位置関係と横方向加速度 α_f , α_r とからヨー加速度 ω を求めることができるので前側加速度センサ40と後側加速度センサ41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 の差を2で割って求めるのではなく、上記横方向加速度 α_f と横方向速度 α_r の差と、車体Bの中心Gと各加速度センサ40, 41との距離、位置関係からヨー加速度 ω を得るようにすればよい。具体的には、前側加速度センサ40と車体Bの中心Gとの前後方向距離 L_f と、前側加速度センサ41と車体Bの中心Gとの前後方向距離 L_r とすると、ヨー加速度 ω は、 $\omega = (\alpha_f - \alpha_r) / (L_f + L_r)$ で計算できる。本実施の形態では、ヨー加速度 ω を前側加速度センサ40と前側加速度センサ41で加速度を検知して求めているが、ヨー加速度センサを用いて検知するようにしてもよい。

【0053】

次に、指令演算部44cは、この実施の形態では、図4に示すように、 $H\infty$ 制御器44c1, 44c2を含んで構成されており、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のヨーを抑制する推力 F_ω を演算する $H\infty$ 制御器44c1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のスエーを抑制する推力 F_β を演算する $H\infty$ 制御器44c2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示する推力指令値 F_f を求める加算器44c3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示する推力指令値 F_r を求める減算器44c4とを備えて構成されている。

【0054】

上記した指令演算部44cでは、 $H\infty$ 制御を行うようになっているので、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、 $H\infty$ 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、たとえば、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 を制御することもできる。また、制御にあたって、ヨー加速度 ω とスエー加速度 β から、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 とを関連させてその推力を制御するようにしているが、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 の制御を独立させて制御することも可能である。

【0055】

そして、駆動部44dでは、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、これらアクチュエータA f, A rへ制御指令を与える。具体的には、駆動部44dは、推力指令値F f, F rから、モータ15、各アクチュエータA f, A rの第一開閉弁9のソレノイド9e、第二開閉弁11のソレノイド11eおよび可変リリーフ弁22の比例ソレノイド22cへ与えるべき制御指令を求めて当該制御指令を出力することになる。また、推力指令値F f, F rから制御指令を求める際、現在アクチュエータA f, A rが出力している推力をフィードバックして制御指令を求めてもよい。

【0056】

より詳細には、駆動部44dは、上記のように、推力指令値F f, F rから各アクチュエータA f, A rの第一開閉弁9のソレノイド9e、第二開閉弁11のソレノイド11e、可変リリーフ弁22の比例ソレノイド22cへ与えるべき制御指令を求めて当該制御指令を出力する。これに加えて、駆動部44dは、上記の推力指令値F fが予め設定される通常下限値以上である場合にはアクチュエータA fのポンプ12を通常回転速度にて回転させるようにモータ15を駆動し、上記の推力指令値F fが上記した通常下限値を下回る場合にはアクチュエータA fのポンプ12を通常回転速度より低い回転速度に設定される低推力時回転速度にて回転させるようにモータ15を駆動する。なお、駆動部44dは、この実施の形態の場合、前後のアクチュエータA f, A rの駆動を司るため、後側のアクチュエータA rに対する推力指令値F rについても同様の判断を行いアクチュエータA rのポンプ12の回転速度を通常回転速度若しくは低推力時回転速度にて回転させるようにする。通常回転速度は、アクチュエータA f, A rに要求される最大推力を発揮する上で必要となる圧力と、駆動部44dの第一開閉弁9、第二開閉弁11および可変リリーフ弁22の駆動に対して推力を発揮するために要求される応答速度の双方を満足させるように決定される。

【0057】

具体的には、駆動部44dは、前側のアクチュエータA fに対する推力指令値F fと後側のアクチュエータA rに対する推力指令値F rについて、それぞれ、上記した通常下限値と比較し、前後のアクチュエータA f, A rのポンプ12を通常回転速度で駆動するか低推力時回転速度にて回転させるかを決定して、ポンプ12を回転駆動させる。通常下限値は、ポンプ12を通常回転速度で回転駆動し、可変リリーフ弁22の開弁圧を最小にした際に、液体がポンプ12から吐出されてアクチュエータA f, A rの上記に説明した油圧回路を通過してタンク7へ移動する際に生じる圧力損失（基礎圧力損失）によって、アクチュエータA f, A rが出力する推力の最小値に設定してある。つまり、通常下限値は、ポンプ12を通常回転速度で回転させる際にアクチュエータA f, A rが発生可能な推力の下限値である。なお、アクチュエータA f, A rが発生可能な下限値がそれぞれ異なる場合、前側のアクチュエータA fにおける通常下限値と、後側のアクチュエータA rにおける通常下限値を異なる値に設定することも可能である。

【0058】

駆動部44dの上記判断において、推力指令値F f, F rが通常下限値を下回る場合に、駆動部44dは、ポンプ12の回転速度を低推力時回転速度へ切換えるようにモータ15を制御してもよいが、推力指令値が通常下限値を跨いで振動的に変化するような場合には、ポンプ12の回転速度も頻繁に増減することになる。そこで、本実施の形態における駆動部44dは、推力指令値F f, F rが通常下限値を下回り、かつ、その状態が所定時間T dの間継続する場合に、ポンプ12の回転速度を低推力時回転速度へ低下させ、また、ポンプ12の回転速度を低推力時回転速度へ低下した場合には、推力指令値F f, F rが通常下限値以上となり、かつ、その状態が所定時間T uの間、継続すると、ポンプ12の回転速度を通常回転速度へ復帰させるようにしている。

【0059】

なお、所定時間T d以上に亘って推力指令値F f, F rが通常下限値を下回ったか否かの判断は、制御部44の制御周期を利用することができる。つまり、たとえば、所定時間T dがN秒に設定され、制御部44が推力指令値F f, F rをm秒（ただし、 $N > m$ ）ごとに演算する場合、推力指令値F f, F rが通常下限値を連続して下回った回数が連続し

て ($N \div m$) 回以上となると、所定時間 T_d 以上に亘って推力指令値 F_f , F_r が通常下限値を下回る条件が満たされることになるから、推力指令値 F_f , F_r が通常下限値を連続して下回った回数をカウントして条件が成就したかを判断することができる。このように、制御回数を利用して、所定時間 T_d 以上に亘って推力指令値 F_f , F_r が通常下限値を下回ったか否かを判断することができる。また、所定時間 T_u 以上に亘って推力指令値 F_f , F_r が通常下限値以上となったか否かの判断もこれに倣って行うことができる。さらに、これに代えて、実際に所定時間 T_d , T_u を計測して上記判断を行うことも可能である。これら所定時間 T_d , T_u は、具体的には、鉄道車両の車体 B の振動の抑制に支障がなく、モータ 15 の回転速度の切換に対する応答時間に応じて設定される。通常下限値よりも低い推力指令値 F_f , F_r が出力されるのは、車体 B の振動が非常に小さいか揺れていない状態であって、制振対象である鉄道車両にもよるが車体 B の振動周波数も 0.5 Hz 程度であり、モータ 15 の上記応答時間にもよるが、たとえば、所定時間 T_d , T_u を半周期に相当する 1 秒程度に設定しておけばよい。所定時間 T_d , T_u は、それぞれ異なる値に設定されてもよく、ポンプ 12 の回転速度を低推力時回転速度から通常回転速度へ復帰させる場面では、車体 B に大きな振動が作用する場合もあり得るから、アクチュエータ A_f , A_r に応答性よく大きな推力を発揮させなくてはならないので、回転速度の低下の際に使用される所定時間 T_d よりも回転速度を通常回転速度へ復帰させる際に使用される所定時間 T_u を短時間に設定するようにしてもよい。

10

【0060】

また、この実施の形態の場合、ポンプ 12 の回転速度を通常回転速度から低推力時回転速度へ低下させる場合、低推力時回転速度から通常回転速度へ復帰させる場合の双方にて、回転速度を時間の経過とともに変化させて回転速度の急変を避けるようにしている。つまり、ポンプ 12 の回転速度は、ランプ的に変化するようにになっている。

20

【0061】

さて、このように構成されることで本実施の形態の鉄道車両用制振装置 1 によれば、推力指令値 F_f , F_r が通常下限値以上の場合には、ポンプ 12 が通常回転速度にて回転させられて、アクチュエータ A_f , A_r に応答性よく振動を抑制する推力を充分に発揮させることができ、反対に、推力指令値 F_f , F_r が通常下限値を下回る場合には、ポンプ 12 の回転速度が通常回転速度からこれよりも低い低推力時回転速度へ低下させるため、ポンプ 12 の吐出流量が低減され、アクチュエータ A_f , A_r の油圧回路における圧力損失が小さくなって、通常下限値を下回る推力を発揮できるようになる。

30

【0062】

したがって、本実施の形態の鉄道車両用制振装置 1 によれば、アクチュエータ A_f , A_r の推力をフィードバック制御する場合、推力指令値 F_f , F_r が通常下限値を下回っても、推力指令値 F_f , F_r と実際に出力される推力との偏差が大きくなり不会因为、アクチュエータ A_f , A_r の推力が矩形的で振動的となるハンチングが生じず、鉄道車両の車体 B を加振して振動状況を悪化させてしまうこともない。さらに、上記の如く、ハンチングが生じることがないので、第一開閉弁 9 および第二開閉弁 11 の切換動作が頻繁することなく、これらの寿命を短くして経済性が損なわれるといった問題も生じない。以上から、本発明の鉄道車両用制振装置 1 によれば、車体における乗り心地を悪化させることがなく、経済性に優れる。

40

【0063】

また、推力指令値 F_f , F_r が通常下限値を下回り、かつ、その状態が所定時間 T_d 以上継続すると、ポンプ 12 の回転速度を低下させるようにしているので、鉄道車両用制振装置 1 にあっては、ポンプ 12 の回転速度の低下の頻度を低減でき、ポンプ 12 の回転速度が安定しアクチュエータ A_f , A_r の推力も安定する。さらに、推力指令値 F_f , F_r が通常下限値以上となり、かつ、その状態が所定時間 T_u 以上継続すると、ポンプ 12 の回転速度を低推力時回転速度から通常回転速度へ復帰させるようにしているので、鉄道車両用制振装置 1 にあっては、ポンプ 12 の回転速度の復帰の頻度を低減でき、ポンプ 12 の回転速度が安定しアクチュエータ A_f , A_r の推力も安定する。

50

【0064】

さらに、鉄道車両用制振装置1にあっては、ポンプ12の回転速度が通常回転速度と低推力時回転速度の二段階の回転速度に切り替えられるので、回転速度を低下させる際に推力指令値 F_f 、 F_r に比例させる等してバリエブルに低下させる場合に比較して、駆動部44dにデジタル接点出力を設定しておくことで、ノッチ的にポンプ12の回転速度を指示することができ、ノイズにも強く、また、ポンプ12やモータ15のシール、ベアリングの寿命が上記バリエブルにする場合に比較しても長寿命化でき、低コストでロバスト性の高いシステムを構築することができる。なお、ポンプ12の回転速度を二段階に設定することで上記の利点を享受することができるが、推力指令値 F_f 、 F_r が通常下限値を下回った場合に、ポンプ12の回転速度を推力指令値 F_f 、 F_r の値に応じてバリエブルに変化させて通常回転速度よりも低下させるようにしてもよい。

10

【0065】

さらに、ポンプ12の回転速度を低下或いは復帰させる場合、回転速度を時間の経過とともに変化させるようにしているので、ポンプ12の回転速度の変化が急激となって、アクチュエータ A_f 、 A_r が発生していた推力が急変してしまうこともなく、車両における乗り心地を損なうことがない。

【0066】

なお、上記したところでは、一つのコントローラ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、アクチュエータ A_f 、 A_r 毎にコントローラCを設けて制御するようにしてもよいことは当然である。

20

【0067】

以上で、本発明の実施の形態についての説明を終えるが、本発明の範囲は図示されまたは説明された詳細そのものには限定されないことは勿論である。

【産業上の利用可能性】

【0068】

本発明は、鉄道車両等の制振に利用可能である。

【符号の説明】

【0069】

- 1 鉄道車両用制振装置
- 2 シリンダ
- 3 ピストン
- 4 ロッド
- 5 ロッド側室
- 6 ピストン側室
- 7 タンク
- 8 第一通路
- 9 第一開閉弁
- 10 第二通路
- 11 第二開閉弁
- 12 ポンプ
- 16 供給通路
- 17 逆止弁
- 18 整流通路
- 19 吸込通路
- 21 排出通路
- 22 可変リリーフ弁
- 44d 駆動部
- A_f 前側のアクチュエータ
- A_r 後側のアクチュエータ
- B 車体

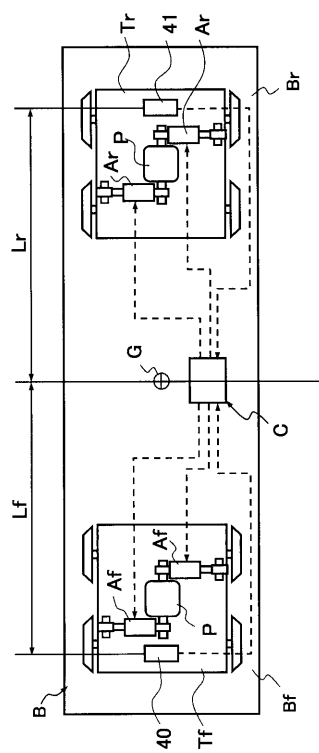
30

40

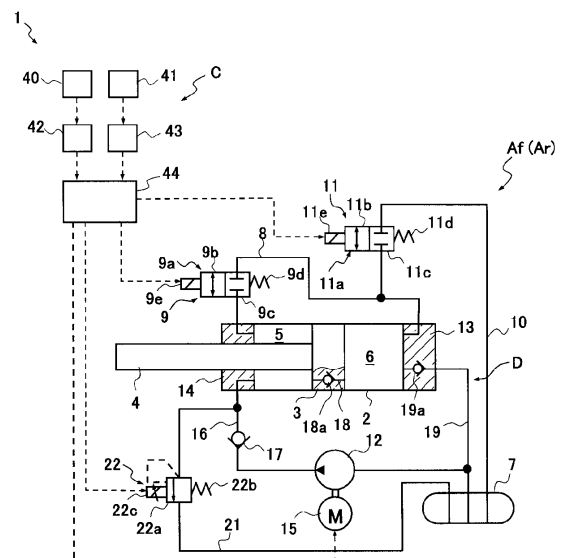
50

T f, T r 台車

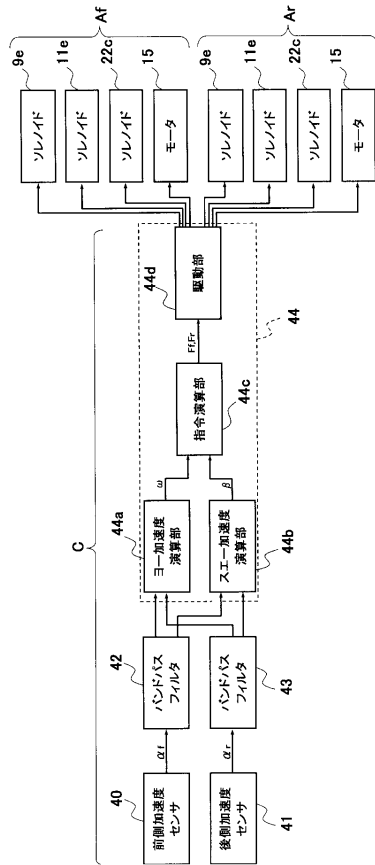
【図 1】



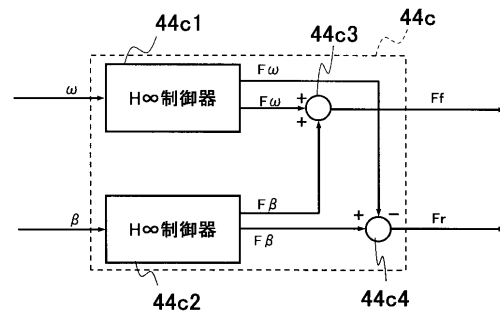
【図 2】



【図 3】



【図 4】



フロントページの続き

(72)発明者 内田 勝

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

審査官 黒田 暁子

(56)参考文献 特開2010-065797 (JP, A)

実開平04-039303 (JP, U)

特開2002-364603 (JP, A)

特開2000-177586 (JP, A)

特開平08-253146 (JP, A)

特開2011-202675 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B61F 5/24

F16F 15/02