

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6961953号
(P6961953)

(45) 発行日 令和3年11月5日(2021.11.5)

(24) 登録日 令和3年10月18日(2021.10.18)

(51) Int.Cl.

F 1

F 1 6 F 15/02 (2006.01)
F 1 6 F 15/03 (2006.01)
F 1 6 F 15/08 (2006.01)
B 6 0 K 5/12 (2006.01)

F 1 6 F 15/02 B
F 1 6 F 15/02 C
F 1 6 F 15/03 Z
F 1 6 F 15/08 T
F 1 6 F 15/08 W

請求項の数 9 (全 16 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2017-30588 (P2017-30588)
(22) 出願日 平成29年2月22日(2017.2.22)
(65) 公開番号 特開2018-135941 (P2018-135941A)
(43) 公開日 平成30年8月30日(2018.8.30)
審査請求日 令和1年9月13日(2019.9.13)

(73) 特許権者 000003997
日産自動車株式会社
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
(74) 代理人 100086232
弁理士 小林 博通
(74) 代理人 100092613
弁理士 富岡 潔
(72) 発明者 山内 亮佑
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
自動車株式会社内
(72) 発明者 金堂 雅彦
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
自動車株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 振動低減装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

4気筒の内燃機関を支持体に弾性支持するロッドと、
上記ロッドに支持された慣性マスと、
上記慣性マスをロッド軸方向に往復動させるアクチュエータと、
上記アクチュエータを制御する制御部と、
上記ロッドの加速度を検出する加速度検出部と、
上記慣性マスのロッド軸方向に沿った振動の共振周波数を含む所定周波数域の出力を抑制するノッチフィルタと、を有し、

上記ロッドの質量を調整することにより当該ロッドのロッド軸方向に沿った振動の共振周波数を、こもり音領域の上限周波数である200Hzよりも高く、かつ該こもり音領域の上限周波数である200Hzより高い加速時騒音領域内の低周波側に設定し、

上記慣性マスのロッド軸方向に沿った振動の共振周波数を、上記内燃機関のアイドル回転数における回転2次の振動の周波数よりも高く、かつ上記内燃機関の常用回転数における回転2次の振動の周波数以下となるように設定し、

上記制御部は、上記加速度検出部で検出された検出信号を上記ノッチフィルタで処理して得られる信号に基づく制御量で上記アクチュエータを制御し、

上記ノッチフィルタは、上記加速度検出部で検出される検出信号の位相遅れを相殺するように設定されていることを特徴とする振動低減装置。

【請求項2】

10

20

上記ロッドのロッド軸方向に沿った振動を打ち消すように上記アクチュエータを制御することを特徴とする請求項 1 に記載の振動低減装置。

【請求項 3】

上記アクチュエータの制御量は、上記加速度検出部で検出された検出信号に位相を進角化させる処理が施された信号に基づくものであることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の振動低減装置。

【請求項 4】

上記ノッチフィルタは、上記ロッドのロッド軸方向に沿った振動の共振周波数よりも高い周波数域の位相を進角させる位相特性を有することを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の振動低減装置。

10

【請求項 5】

上記ロッドの剛体部分をアルミニウム合金製とする請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の振動低減装置。

【請求項 6】

上記アクチュエータは、コアと、上記コアに巻き掛けられたコイルと、上記ロッドの外周側に配置された上記慣性マスと対向するよう上記コアに取り付けられた永久磁石と、を有し、

上記永久磁石は、上記コアに埋め込まれていることを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載の振動低減装置。

【請求項 7】

20

上記ロッドは、上記内燃機関に取り付けられる第 1 インシュレータと、上記支持体に取り付けられる第 2 インシュレータと、上記第 1 インシュレータと上記第 2 インシュレータとを連結するロッド部と、を有することを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれかに記載の振動低減装置。

【請求項 8】

4 気筒の内燃機関を支持体に弾性支持するロッドと、
上記ロッドに支持された慣性マスと、
上記慣性マスをロッド軸方向に往復動させるアクチュエータと、
上記アクチュエータを制御する制御部と、
上記ロッドの加速度を検出する加速度検出部と、

30

上記慣性マスのロッド軸方向に沿った振動の共振周波数を含む所定周波数域の出力を抑制するノッチフィルタと、を有し、

上記ロッドの質量を調整することにより当該ロッドのロッド軸方向に沿った振動の共振周波数を、こもり音領域の上限周波数である 200 Hz よりも高く、かつ該こもり音領域の上限周波数である 200 Hz より高い加速時騒音領域内の低周波側に設定し、

上記慣性マスのロッド軸方向に沿った振動の共振周波数を、上記内燃機関のアイドル回転数における回転 2 次の振動の周波数よりも高く、かつ上記内燃機関の常用回転数における回転 2 次の振動の周波数以下となるように設定し、

上記制御部は、上記加速度検出部で検出された検出信号を上記ノッチフィルタで処理して得られる信号に基づく制御量で上記アクチュエータを制御し、

40

上記アクチュエータの制御量は、上記加速度検出部で検出された検出信号に位相を進角化させる処理が施された信号に基づくものであることを特徴とする振動低減装置。

【請求項 9】

4 気筒の内燃機関を支持体に弾性支持するロッドと、
上記ロッドに支持された慣性マスと、
上記慣性マスをロッド軸方向に往復動させるアクチュエータと、
上記アクチュエータを制御する制御部と、
上記ロッドの加速度を検出する加速度検出部と、

上記慣性マスのロッド軸方向に沿った振動の共振周波数を含む所定周波数域の出力を抑制するノッチフィルタと、を有し、

50

上記ロッドの質量を調整することにより当該ロッドのロッド軸方向に沿った振動の共振周波数を、こもり音領域の上限周波数である200Hzよりも高く、かつ該こもり音領域の上限周波数である200Hzより高い加速時騒音領域内の低周波側に設定し、

上記慣性マスのロッド軸方向に沿った振動の共振周波数を、上記内燃機関のアイドル回転数における回転2次の振動の周波数よりも高く、かつ上記内燃機関の常用回転数における回転2次の振動の周波数以下となるように設定し、

上記制御部は、上記加速度検出部で検出された検出信号を上記ノッチフィルタで処理して得られる信号に基づく制御量で上記アクチュエータを制御し、

上記ノッチフィルタは、上記ロッドのロッド軸方向に沿った振動の共振周波数よりも高い周波数域の位相を進角させる位相特性を有することを特徴とする振動低減装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、内燃機関から車体等の支持体へ伝達される振動を低減する振動低減装置に関する。

【背景技術】

【0002】

例えば、特許文献1には、エンジン側に取り付けられる第1インシュレータと、車体側に取り付けられる第2インシュレータと、第1インシュレータと第2インシュレータとを連結するロッド部と、このロッド部に支持された慣性マスと、この慣性マスをロッド部の軸方向に往復動させるアクチュエータと、を有し、ロッド剛体共振の周波数をエンジンの曲げ・捻り共振周波数よりも低く設定し、ロッドの軸方向変位の速度に比例した力をアクチュエータに発生させる振動低減装置が開示されている。

20

【0003】

ここで、ロッド剛体共振の周波数をエンジンの曲げ・捻り共振周波数よりも低く設定するためには、第1、第2インシュレータの弾性体の剛性（ばね定数）を下げるか、第1、第2インシュレータの剛体部分の質量とロッド部の質量の和であるロッド質量を増加させることになる。

【先行技術文献】

【特許文献】

30

【0004】

【特許文献1】特開2011-12757号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、第1、第2インシュレータの弾性体の剛性（ばね定数）を下げるとエンジンのトルクを受けきれなくなる虞がある。また、ロッド質量を増加させると、質量増加によりエンジンの燃費が悪化してしまう虞がある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

40

本発明の振動低減装置は、4気筒の内燃機関を支持体に弾性支持するロッドの質量を調整することにより当該ロッドのロッド軸方向に沿った振動の共振周波数を、こもり音領域の上限周波数である200Hzよりも高く、かつ該こもり音領域の上限周波数である200Hzより高い加速時騒音領域内の低周波側に設定する。また、上記ロッドに支持された慣性マスのロッド軸方向に沿った振動の共振周波数を、上記内燃機関のアイドル回転数における回転2次の振動の周波数よりも高く、かつ上記内燃機関の常用回転数における回転2次の振動の周波数以下となるように設定する。そして、上記ロッドの加速度を検出する加速度検出部と、上記慣性マスのロッド軸方向に沿った振動の共振周波数を含む所定周波数域の出力を抑制するノッチフィルタと、を有している。上記制御部は、上記加速度検出部で検出された検出信号を上記ノッチフィルタで処理して得られる信号に基づく制御量で

50

上記アクチュエータを制御している。上記ノッチフィルタは、上記加速度検出部で検出される検出信号の位相遅れを相殺するように設定されている。

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、上限周波数が200Hzであるこもり音領域における振動を低減しつつ、ロッドの軽量化により内燃機関の燃費性能を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】本発明に係る振動低減装置が適用されたエンジンの概略斜視図。

【図2】本発明の第1実施例における振動低減装置の概略を模式的に示した説明図。

10

【図3】ノッチフィルタのゲイン特性を示す説明図。

【図4】ノッチフィルタの位相特性を示す説明図。

【図5】ノッチフィルタの位相特性と、加速度センサの検出信号の位相特性と、ノッチフィルタによる処理後の加速度センサの検出信号の位相特性と、を模式的に示した説明図。

【図6】トルクロッドの剛体部分の振動のしやすさを模式的に示した説明図。

【図7】トルクロッドのロッド軸方向に沿った振動の周波数特性を模式的に示した説明図。

【図8】本発明の第2実施例における振動低減装置の概略を模式的に示した説明図。

【図9】ノッチフィルタの位相特性と、加速度センサの検出信号の位相特性と、ノッチフィルタによる処理後の加速度センサの検出信号の位相特性と、を模式的に示した説明図。

20

【図10】位相補償回路の位相特性と、ノッチフィルタによる処理後の加速度センサの検出信号の位相特性と、ノッチフィルタと位相補償回路による処理後の加速度センサの検出信号の位相特性と、を模式的に示した説明図。

【図11】本発明の参考例における振動低減装置の概略を模式的に示した説明図。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、本発明の一実施例を図面に基づいて詳細に説明する。

【0010】

図1は、ペンデュラム方式のエンジンマウント装置に本発明の振動低減装置を適用したエンジン（内燃機関）1の概略を模式的に示した概略斜視図である。なお、図1におけるX軸が車両前後方向、図1におけるY軸が車両左右（幅）方向、図1におけるZ軸が車両上下方向、をそれぞれ示している。

30

【0011】

図1において、エンジン1はクランクシャフトが車両の左右方向に沿って置かれた横置きタイプで、車両右側（図1における右側）がエンジンフロントである。

【0012】

エンジン1は、重心より上（図1における上方）の2箇所を右側エンジンマウント2及び左側エンジンマウント3により支持されている。すなわち、右側エンジンマウント2によって車両右側からエンジン1のフロント側が、左側エンジンマウント3によって車両左側からエンジン1のリア側が支持されている。このように、振動体（振動源）であるエンジン1を振り子状に車体側部材にマウントする構造がペンデュラム方式のエンジンマウント装置である。

40

【0013】

ペンデュラム方式のエンジンマウント装置では、エンジン1の運転時に回転慣性力によって2つのマウント点を結んだ軸の回りにエンジン1が傾く。この傾きを防止してエンジン1を支持するため、エンジンマウント装置は、トルクロッド4、5を有している。

【0014】

トルクロッド4は、エンジン1の略上半分とエンジン1を支持する支持体としての車体側部材（図示しない）とを連結するものである。

【0015】

50

トルクロッド5は、エンジン1の略下半分とエンジン1を支持する支持体としての車体側部材6とを連結するものである。

【0016】

エンジン1は、例えば、2次バランサつきの直列4気筒やV型6気筒エンジンである。2次バランサつきの直列4気筒やV型6気筒エンジンでは、エンジン回転の基本次数で不平衡慣性力がないので、主にエンジントルク変動の反力のみがエンジン1に作用する。従って、エンジン回転の基本次数では、トルクを支持しているトルクロッド4、5からの入力によって主に車内音、車内振動が発生する。さらに、車両の主に加速時に、基本次数の高次数で構成される約1000Hzまでの車内音が乗員にとって問題になる。ここで、エンジン回転の基本次数は、たとえば、4気筒エンジンでは2次、6気筒エンジンでは3次である。

10

【0017】

トルクロッド4、5は、車体側に伝達される振動を低減するため、後述する2重防振の効果が得られるとともに、後述するロッド剛体共振を抑制可能な構成となっている。すなわち、トルクロッド4、5は、エンジン1を車体側部材に弾性支持するものである。

【0018】

ここで、トルクロッド4とトルクロッド5とは、実質的に略同一構成となっている。そこで、説明の便宜上、以下の説明では、下側のトルクロッド5について説明することで、トルクロッド4の説明を兼ねるものとする。

【0019】

20

図2は、本発明の第1実施例における振動低減装置の概略を模式的に示した説明図である。トルクロッド5は、棒状(直線状)のロッド部10と、ロッド部10の一端に接続された第1インシュレータとしての第1ブッシュ11と、ロッド部10の他端に接続された第2インシュレータとしての第2ブッシュ12と、ロッド部10に弾性支持ばね13を介して支持された慣性マス14と、慣性マス14をロッド軸方向(ロッド部10の軸方向)に往復動させるアクチュエータ15と、を有している。

【0020】

第1ブッシュ11は、円筒状の第1外筒17と、第1外筒17と同心で円筒状の第1内筒18と、第1外筒17と第1内筒18とを連結する第1弾性体19と、を有している。第1ブッシュ11は、第1内筒18に対して図2の紙面垂直方向に挿入されるボルト(図示せず)によって、エンジン1に固定される。

30

【0021】

第2ブッシュ12は、円筒状の第2外筒20と、第2外筒20と同心で円筒状の第2内筒21と、第2外筒20と第2内筒21とを連結する第2弾性体22と、を有している。第2ブッシュ12は、第2内筒21に対して図2の紙面垂直方向に挿入されるボルト(図示せず)によって、車体側部材6に固定される。

【0022】

また、トルクロッド5の剛体部分は、例えば、アルミニウム合金となっている。すなわち、ロッド部10、第1ブッシュ11の第1外筒17及び第1内筒18、第2ブッシュ12の第2外筒20及び第2内筒21は、例えばアルミニウム合金からなっている。トルクロッド5の剛体部分をアルミニウム合金製とすれば、トルクロッド5の剛体部分を鉄製とする場合よりも大幅な軽量化を図ることができる。

40

【0023】

第1弾性体19及び第2弾性体22は、ばね(弾性)と減衰(減衰性)の機能を合わせ持つ材料からなり、例えば弾性ゴムからなっている。

【0024】

第1ブッシュ11と第2ブッシュ12とでは、外筒及び内筒の径が互いそれぞれ異なっている。すなわち、第1ブッシュ11の第1外筒17の外径は、第2ブッシュ12の第2外筒20の外径よりも大きく設定されている。また、第1ブッシュ11の第1内筒18の外径は、第2ブッシュ12の第2内筒21の外径よりも大きく設定されている。

50

【 0 0 2 5 】

そして、第2ブッシュ12の第2弾性体22の剛性は、第1ブッシュ11の第1弾性体19の剛性よりも大きく設定されている。

【 0 0 2 6 】

第1ブッシュ11における第1弾性体19の剛性と、第2ブッシュ12における第2弾性体22の剛性と、を異なる値に設定することで、トルクロッド5には、2つの共振点が見れる。すなわち、トルクロッド5は、2つの異なる周波数において2重防振に適したロッド軸方向（ロッド部軸方向であり、図2における上下方向）のエンジン剛体共振とロッド剛体共振とを生じさせている。

【 0 0 2 7 】

第2ブッシュ12の第2外筒20の外周面には、ロッド部10の軸心の延長線上となる位置に、加速度検出部としての加速度センサ23が取り付けられている。加速度センサ23は、エンジン1からトルクロッド5に伝達される振動の加速度を検出するものであって、ロッド部10のロッド軸方向の振動の加速度を検出する。なお、加速度センサ23の取り付け位置は、第2外筒20の外周面に限定されるものではなく、ロッド部10のロッド軸方向の振動の加速度を検出可能であれば、第2外筒20の外周面以外の場所であってもよい。

【 0 0 2 8 】

エンジン剛体共振の共振周波数は、エンジン1の質量と、第1弾性体19の剛性（ばね定数）とで決まる。ロッド剛体共振の共振周波数は、ロッド部10、第1外筒17及び第2外筒20の質量と、第2弾性体22の剛性（ばね定数）とで決まる。

【 0 0 2 9 】

エンジン剛体共振の共振周波数及びロッド剛体共振の共振周波数は、エンジン1単体での曲げ、捩りの一次の共振周波数よりも小さく設定される。エンジン1単体での曲げ、捩りの一次の共振周波数は、一般的な車両用エンジンでは、280Hz～350Hz程度である。そこで、エンジン剛体共振の共振周波数は、例えば、ほぼゼロに近い周波数に設定される。ロッド剛体共振の共振周波数は、例えば、200Hzに近い周波数に設定される。

【 0 0 3 0 】

このようにエンジン剛体共振及びロッド剛体共振を2つの異なる周波数（低周波域のエンジン剛体共振の共振周波数と、中周波域のロッド剛体共振の共振周波数との2箇所）で生じさせてエンジン1から車体側に伝達される振動を防止することで2重防振の効果を得ることができる。

【 0 0 3 1 】

慣性マス14は、磁性を有する金属等からなり、角筒型状（図1を参照）を呈している。慣性マス14の内壁面14aは、その一部が内側に向かって突出するよう形成されている。慣性マス14は、その軸方向に直交する平面と平行な断面形状が、ロッド部10の中心（重心）を中心にして点対称となっている。慣性マス14の重心は、ロッド部10の中心と一致している。

【 0 0 3 2 】

アクチュエータ15は、ロッド部10のロッド軸方向に沿った振動を抑制可能なものであって、慣性マス14とロッド部10との間の空間に位置している。

【 0 0 3 3 】

アクチュエータ15は、ロッド部10の外周に固定された角筒状のコア25と、コア25に巻き掛けられたコイル26と、コア25に埋め込まれた永久磁石27と、を有している。

【 0 0 3 4 】

アクチュエータ15は、永久磁石27がコア25に埋め込まれた構造となっているため、永久磁石27がコア25の外表面に貼り付けられた構造のものに比べて高出力化が可能となっている。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 5 】

コア 2 5 は、積層鋼板から構成されている。詳述すると、コア 2 5 は、例えば電磁鋼板からなる複数個の部材をロッド部 1 0 の周囲に接着剤で接着することで構成される。コア 2 5 は、コイル 2 6 の磁路を構成する。

【 0 0 3 6 】

コイル 2 6 は、ロッド部 1 0 の軸方向に沿ってコア 2 5 に巻き掛けられた導線（図示せず）からなる。

【 0 0 3 7 】

永久磁石 2 7 は、その先端側がロッド部 1 0 の外周側に配置された慣性マス 1 4 と対向するように、コア 2 5 に埋め込まれている。

10

【 0 0 3 8 】

慣性マス 1 4 とロッド部 1 0 とを連結する弾性支持ばね 1 3 は、比較的小さい剛性（ばね定数）を有している。また、慣性マス 1 4 のロッド軸方向の共振周波数 f_r は、例えば 1 0 H z ~ 1 0 0 H z 程度の低周波数で生じるものとする。例えば 4 気筒エンジンのアイドル回転速度 2 次の振動周波数は約 2 0 H z である。そのため、慣性マス 1 4 の共振周波数 f_r が 1 0 H z 程度であれば、エンジン 1 の運転条件によらず慣性マス 1 4 の共振を抑えることができる。

【 0 0 3 9 】

また、慣性マス 1 4 の共振周波数 f_r を 1 0 H z 程度の低周波数に設定しようとする、慣性マス 1 4 の質量が重くなる。そのため、慣性マス 1 4 の質量を重くするような設定が困難な場合には、ロッド剛性共振（本実施形態では 2 0 0 H z）の約 1 / 2 の周波数より低く設定しておけば、互いの共振周波数が十分に離れ、振動伝達の抑制が十分に行なわれる。

20

【 0 0 4 0 】

アクチュエータ 1 5 は、トルクロッド 5 の剛体部分の振動が減衰するように制御される。詳述すると、この第 1 実施例のアクチュエータ 1 5 は、加速度センサ 2 3 で検出した振動のロッド軸方向に沿った速度に略比例した力を逆符号とした力が発生するよう制御部 3 1 に制御される。アクチュエータ 1 5 に発生する力は、ロッド部 1 0 のロッド軸方向に沿った速度に比例し、ロッド部 1 0 のロッド軸方向に沿った加速度の向きとは逆向きの力となる。

30

【 0 0 4 1 】

制御部 3 1 は、所定周波数域の出力を抑制するノッチフィルタ 3 2 と、アンプコントローラ 3 3 と、を有している。

【 0 0 4 2 】

ノッチフィルタ 3 2 には、加速度センサ 2 3 の検出信号が入力される。ノッチフィルタ 3 2 は、図 3 に示すように、慣性マス 1 4 の共振周波数 f_r を含む所定周波数域の出力を抑制するよう設定されている。また、ノッチフィルタ 3 2 は、図 4 に示すように、カットオフ周波数 f_c よりも高い周波数域の位相を進角させる位相特性を有している。カットオフ周波数 f_c は、ノッチフィルタ 3 2 の通過域の振幅レベルに対して所定レベル（例えば - 3 d B）低下した周波数である。

40

【 0 0 4 3 】

ノッチフィルタ 3 2 は、図 5 に示すように、慣性マス 1 4 の共振周波数 f_r よりも高い周波数域の位相を進角させる位相特性を有している。詳述すると、ノッチフィルタ 3 2 は、図 5 に示すように、加速度センサ 2 3 の検出信号の位相遅れを相殺するように設定されている。

【 0 0 4 4 】

加速度センサ 2 3 の検出信号における周波数の位相特性は、加速度センサ 2 3 の性能により決まる。一般的には、安価な加速度センサほど、高周波域で位相が遅れる傾向がある。つまり、高性能、すなわち高価な加速度センサほど、検出信号における周波数の位相特性は、遅進のないフラットな特性となっている。

50

【 0 0 4 5 】

図5は、ノッチフィルタ32の位相特性と、加速度センサ23の検出信号の位相特性と、ノッチフィルタ32による処理後の加速度センサ23の検出信号の位相特性と、を模式的に示した説明図である。

【 0 0 4 6 】

図5中の破線は、ノッチフィルタ32の位相特性を示す特性線である。図5中の一点鎖線は、加速度センサ23の位相特性を示す特性線である。図5中の実線は、図5中の破線と一点鎖線を合成した特性線であり、加速度センサ23の位相特性をノッチフィルタ32により補正した結果を示すものである。ノッチフィルタ32を通過した信号は、アンプコントローラ33に入力される。

10

【 0 0 4 7 】

アンプコントローラ33は、入力された信号に所定のゲインを乗じたアクチュエータ制御量を出力する。アクチュエータ15は、アンプコントローラ33から出力されたアクチュエータ制御量により制御される。アンプコントローラ33は、例えば、オペアンプから構成される電圧増幅回路を有し、上記ゲインのハイゲイン化により大きくなったアクチュエータ制御量を出力可能となっている。また、アクチュエータ15は、永久磁石27がコア25に埋め込まれたものであり、上記ゲインをハイゲイン化した際に、自身が発生する力を大きくすることが可能な構成となっている。

【 0 0 4 8 】

また、アンプコントローラ33は、エンジン1を制御するエンジンコントロールモジュール(ECM) 34からの指令に基づき、アクチュエータ制御量の出力をON/OFFすることが可能となっている。アクチュエータ制御量の出力がON状態であれば、加速度センサ23の検出信号に応じてアクチュエータ15が駆動、制御される。アクチュエータ制御量の出力がOFF状態であれば、アンプコントローラ33からアクチュエータ制御量が出力されず、アクチュエータ15は停止状態(非駆動状態)となる。例えば、制振に関係のない運転状態(機関回転数)である場合には、アンプコントローラ33からアクチュエータ制御量を出力しないようにすれば、アクチュエータ15の消費電力を低減できる。

20

【 0 0 4 9 】

ここで、ロッド剛体共振の共振周波数をエンジン1単体での曲げ、捩りの一次の共振周波数よりも小さく設定する方策としては、第2ブッシュ12の第2弾性体22の剛性(ばね定数)を下げることや、トルクロッド5の剛体部分の質量を増加させることが考えられる。しかし、トルクロッド5においては、第2弾性体22の剛性(ばね定数)を下げると、エンジン1のトルクを受けきれなくなる虞がある。また、トルクロッド5の剛体部分の質量を増加させることは、燃費の悪化を招く虞がある。

30

【 0 0 5 0 】

そこで、この第1実施例の振動低減装置においては、トルクロッド5の剛体部分をアルミニウム合金製としてトルクロッド5を軽量化(トルクロッド5の質量を調整)することによって、ロッド剛体共振の共振周波数をこもり音領域よりも高く、かつ加速時騒音領域の低周波側の境界近傍(境界付近)に設定している。

【 0 0 5 1 】

そして、この第1実施例の振動低減装置においては、慣性マス14のロッド軸方向に沿った振動の共振周波数 f_r がエンジン1のアイドル回転数における基本次数の振動の周波数よりも高く、かつエンジン1の常用回転数における基本次数の振動の周波数以下となるように設定している。

40

【 0 0 5 2 】

ここで、こもり音領域とは、こもり音が生じる領域であって、エンジン1の通常使用するエンジン回転域の上限回転数を N (rpm)とすれば、 $[(N/60) \times (\text{エンジン回転の基本次数})]$ 、で表せる周波数を上限とする周波数域である。こもり音とは、エンジン回転の基本次数によるエンジン振動に基づく音である。エンジン回転の基本次数は、4気筒エンジンでは回転2次、6気筒エンジンでは回転3次である。例えば、通常使用する

50

エンジン回転域の上限回転数が6000rpmの4気筒エンジンの場合、こもり音が生じるこもり音領域は200Hzを上限とする周波数域(0~200Hz)となる。

【0053】

加速時騒音領域とは、こもり音領域の高周波側に隣接する所定の周波数領域である。例えば通常使用するエンジン回転域の上限回転数が6000rpmの4気筒エンジンの場合、加速時騒音領域は200Hzより高い周波数域となる。

【0054】

そのため、このような第1実施例の振動低減装置においては、こもり音領域における振動を低減しつつ、トルクロッド5の剛体部分の軽量化によりエンジン1の燃費性能を向上させることができる。

【0055】

図6は、トルクロッド5の剛体部分の振動のしやすさ、すなわちエンジン1からの振動の入力(加振力)に対するトルクロッド5の剛体部分の振動レベルを模式的に示した説明図である。図6にあっては、振動レベルが大きくなるほど振動しやすいことを表している。

【0056】

ロッド剛体共振の共振周波数をこもり音領域に設定すると、トルクロッド5の剛体部分の振動のしやすさは、例えば図6中に細破線で示す特性線Aのようになる。そして、この状態(特性線Aの状態)でアクチュエータ15を加速度センサ23の検出信号に応じて制御すると、トルクロッド5の剛体部分の振動のしやすさは、図6中に細実線で示す特性線Bのようになる。

【0057】

ロッド剛体共振の共振周波数をこもり音領域に隣接する加速時騒音領域の低周波側の境界近傍(境界付近)に設定すると、トルクロッド5の剛体部分の振動のしやすさは、例えば図6中に破線で示す特性線Cのようになる。そして、この状態(特性線Cの状態)でアクチュエータ15を加速度センサ23の検出信号に応じて制御すると、トルクロッド5の剛体部分の振動のしやすさは、図6中に実線で示す特性線Dのようになる。

【0058】

上述した第1実施例では、ロッド剛体共振の共振周波数をこもり音領域よりも高く、かつ加速時騒音領域の低周波側の境界近傍(境界付近)に設定しているため、図6中の特性線Dに示すように、こもり音領域におけるトルクロッド5の剛体部分の振動のしやすさを特性線Bに比べて低減できる。

【0059】

第1実施例の振動低減装置においては、トルクロッド5の剛体部分のロッド軸方向に沿った振動を打ち消すようにアクチュエータ15が制御されている。

【0060】

そのため、第1実施例の振動低減装置においては、トルクロッド5の剛体部分のロッド軸方向に沿った過度な振動が抑制され、総じて異音や故障の発生を抑制することができる。

【0061】

また、第1実施例の振動低減装置において、アクチュエータ15は、ノッチフィルタ32によって慣性マス14の共振周波数 f_r を含む所定周波数域の出力が抑制されたアクチュエータ制御量によって制御されている。

【0062】

そのため、第1実施例の振動低減装置においては、慣性マス14の共振周波数 f_r を含む所定周波数域の入力に対するアクチュエータ15の過剰な動きが抑制され、総じて異音や故障の発生を抑制することができる。

【0063】

また、ノッチフィルタ32を用いているため、上記ゲインのハイゲイン化によりアクチュエータ制御量を大きくしても、慣性マス14の共振周波数を含む所定周波数域の出力は

10

20

30

40

50

抑制される。つまり、アクチュエータ15の過剰な動きを抑制しつつ、上記ゲインのハイゲイン化が可能となり、図6中に一点鎖線で示す特性線Eのように、トルクロッド5の剛体部分の振動のしやすさ(振動レベル)をさらに低減することができ、さらに高い静粛性を達成可能となる。詳述すると、ロッド剛体共振の共振周波数を加速時騒音領域の低周波側の境界近傍(境界付近)に設定した場合でも、ロッド剛体共振の共振周波数をこもり音領域に設定した場合と略同等の振動レベルまで低減可能となる。

【0064】

また、上記ゲインをハイゲイン化することで、ロッド剛体の軽量化によるエンジン1の燃費性能向上と、ロッド剛体の振動レベルの改善とを高い次元で両立させることができる。

10

【0065】

図6中の特性線Eは、ロッド剛体共振の共振周波数を加速時騒音領域の低周波側の境界近傍(境界付近)に設定し、アンプコントローラ33に入力された信号に乗ずる上記ゲインをハイゲイン化した場合のトルクロッド5の剛体部分の振動のしやすさ(振動レベル)を示している。

【0066】

図7は、トルクロッド5のロッド軸方向に沿った振動の周波数特性を模式的に示した説明図である。図7の縦軸である「compliance」は、ロッド変位を加振力で除した値に相当するものであり、トルクロッド5のエンジン1からの振動の入力(加振力)に対する揺れやすさを示している。

20

【0067】

図7中の特性線Rは、アクチュエータ制御量を用いてアクチュエータ15を制御しない場合におけるトルクロッド5の剛体部分のロッド軸方向に沿った振動の周波数特性を示している。換言すると、図7中の特性線Rは、アクチュエータ15を加速度センサ23の検出信号に応じてフィードバック制御しない場合におけるトルクロッド5の剛体部分のロッド軸方向に沿った振動の周波数特性を示している。図7中の特性線Sは、上記ゲインをハイゲイン化して乗ずることで得られたアクチュエータ制御量を用いてアクチュエータ15を制御した場合におけるトルクロッド5の剛体部分のロッド軸方向に沿った振動の周波数特性を示している。

【0068】

アンプコントローラ33に入力された信号に乗ずる上記ゲインをハイゲイン化することで、エンジン1からの振動の入力(加振力)に対してトルクロッド5の剛体部分を揺れにくくできる。

30

【0069】

また、ノッチフィルタ32は、加速度センサ23の検出信号の位相遅れを相殺するように設定されている。詳述すると、ノッチフィルタ32は、トルクロッド5の剛体部分のロッド軸方向に沿った振動の共振周波数よりも高い周波数域の位相を進角させる特性を有している。

【0070】

そのため、第1実施例の振動低減装置においては、加速度センサ23に安価な加速度センサを使用したとしても、高周波側の位相遅れが改善され、高周波側での制御安定性を向上させることができる。

40

【0071】

なお、上述した第1実施例では、第1ブッシュ11をエンジン1に、第2ブッシュ12を車体に固定する構成であるが、これに限らず、第1ブッシュ11を車体に、第2ブッシュ12をエンジン1に固定する構成としてもよい。

【0072】

第1実施例におけるトルクロッド5は、第1、第2ブッシュ11、12の内筒18、21に挿通される2つのボルト(図示せず)が平行に配置されるのに対して、図1に示されるトルクロッド4は、第1、第2ブッシュ11、12の内筒18、21に挿通される2つ

50

のボルト 36、37 が互いに直交する向きに配置されている。すなわち、トルクロッド 5 においては、第 1 ブッシュ 11 と第 2 ブッシュ 12 の軸方向が平行となっているのに対して、トルクロッド 4 においては、第 1 ブッシュ 11 と第 2 ブッシュ 12 の軸方向が互いに直交している。このように、トルクロッド 5 とトルクロッド 4 とでは、第 1 ブッシュ 11 と第 2 ブッシュ 12 の相対的な関係性（向き）が異なっているが、それ以外は同一の構成であり、機能として両者で全く変わらないものである。従って、トルクロッド 5 とトルクロッド 4 は、どちらも本願発明に適用可能な構成である。

【0073】

以下、本発明の他の実施例について説明する。なお、上述した第 1 実施例と同一の構成要素については、同一の符号を付し重複する説明を省略する。

10

【0074】

次に、図 8 ~ 図 10 を用いて、本発明の第 2 実施例について説明する。

【0075】

第 2 実施例における振動低減装置は、上述した第 1 実施例における振動低減装置と略同一構成となっているが、図 8 に示すように、加速度センサ 23 の検出信号が、ノッチフィルタ 32 と所定の位相補償回路 42 とによって処理された後に、アンプコントローラ 33 に入力されている。

【0076】

すなわち、この第 2 実施例における振動低減装置の制御部 41 は、ノッチフィルタ 32 とアンプコントローラ 33 の他に、所定周波数域の位相を進角化させる位相補償回路 42 を有している。

20

【0077】

位相補償回路 42 は、ノッチフィルタ 32 を通過した信号の高周波数域の位相が遅角しないように設定されたものであって、予め設定された所定周波数よりも高い周波数域における位相を進角化させるものである。換言すると、位相補償回路 42 は、加速度センサ 23 の検出信号に位相を進角化させる処理（位相進角化処理）を施すものである。この第 2 実施例における位相補償回路 42 は、慣性マス 14 の共振周波数 f_r よりも高い周波数域の位相を進角させる位相特性を有している。位相補償回路 42 を通過した信号は、アンプコントローラ 33 に入力される。

【0078】

30

例えば、加速度センサ 23 の検出信号の高周波側の位相遅れが大きい場合、図 9 に示すように、ノッチフィルタ 32 では加速度センサ 23 の検出信号の位相遅れを解消できない場合がある。

【0079】

図 9 は、ノッチフィルタ 32 の位相特性と、加速度センサ 23 の検出信号の位相特性と、ノッチフィルタ 32 による処理後の加速度センサ 23 の検出信号の位相特性と、を模式的に示した説明図である。

【0080】

図 9 中の破線は、ノッチフィルタ 32 の位相特性を示す特性線である。図 9 中の一点鎖線は、加速度センサ 23 の位相特性を示す特性線である。図 9 中の実線は、図 9 中の破線と一点鎖線を合成した特性線であり、加速度センサ 23 の位相特性をノッチフィルタ 32 により補正した結果を示すものである。

40

【0081】

そこで、このような場合には、この第 2 実施例のように、ノッチフィルタ 32 に加えて、位相補償回路 42 を用いて加速度センサ 23 の位相遅れを相殺してもよい。

【0082】

位相補償回路 42 における位相補償は、例えば、図 10 中に破線で示すように、ノッチフィルタ 32 による処理後の加速度センサ 23 の検出信号の位相特性の位相遅れを相殺するように、高周波側の位相を進角させるように設定されている。換言すると、位相補償回路 42 における位相補償は、高周波側ほど位相が進角するように設定されている。

50

【0083】

図10は、位相補償回路42の位相特性と、ノッチフィルタ32による処理後の加速度センサ23の検出信号の位相特性と、ノッチフィルタ32と位相補償回路42による処理後の加速度センサ23の検出信号の位相特性と、を模式的に示した説明図である。

【0084】

図10中の破線は、位相補償回路42の位相補償特性を示す特性線である。図10中の一点鎖線は、加速度センサ23の位相特性をノッチフィルタ32により補正した結果を示す特性線である。図10中の実線は、図10中の破線と一点鎖線を合成した特性線であり、加速度センサ23の位相特性をノッチフィルタ32と位相補償回路42とにより補正した結果を示すものである。

10

【0085】

このような第2実施例の振動低減装置においても、上述した第1実施例の振動低減装置と略同様の作用効果を得ることができる。また、この第2実施例の振動低減装置は、加速度センサ23の検出信号の高周波側の位相遅れが大きい場合でも、この位相遅れを相殺することができ、高周波側での制御安定性を向上させることができる。

【0086】

次に、図11を用いて、本発明の参考例における振動低減装置について説明する。

【0087】

参考例における振動低減装置は、上述した第1実施例における振動低減装置と略同一構成となっているが、図11に示すように、加速度センサ23及びノッチフィルタ32を具備していない。参考例における振動低減装置は、図11に示すように、トルクロッド5の状態を推定する状態推定回路52からの信号に応じてアクチュエータ15を制御する。

20

【0088】

参考例における振動低減装置の制御部51は、状態推定回路52とアンプコントローラ33を有している。

【0089】

状態推定回路52は、アクチュエータ15の状態からトルクロッド5の剛体部分のロッド軸方向に沿った動きを予測し、トルクロッド5の剛体部分のロッド軸方向に沿った動きを打ち消すような信号を算出する。

【0090】

状態推定回路52は、例えば、アクチュエータ15に生じる逆起電力と、アクチュエータ15に流れる電流との関係から定義されるカルマンフィルタである。そして、状態推定回路52は、推定されたトルクロッド5の動きを打ち消すようにアクチュエータ15が動く信号を算出する。

30

【0091】

この参考例の振動低減装置においても、上述した第1実施例の振動低減装置と同様に、ロッド剛体共振の共振周波数をこもり音領域よりも高く、かつ加速時騒音領域の低周波側の境界近傍（境界付近）に設定している。そして、この参考例の振動低減装置においても、上述した第1実施例の振動低減装置と同様に、慣性マス14のロッド軸方向に沿った振動の共振周波数 f_r がエンジン1のアイドル回転数における基本次数の振動の周波数よりも高く、かつエンジン1の常用回転数における基本次数の振動の周波数以下となるように設定している。

40

【0092】

そのため、このような参考例の振動低減装置においても、こもり音領域における振動を低減しつつ、トルクロッド5の剛体部分の軽量化によりエンジン1の燃費性能を向上させることができる。

【0093】

また、参考例の振動低減装置においても、アクチュエータ15は、トルクロッド5の剛体部分のロッド軸方向に沿った振動を打ち消すように制御されている。

【0094】

50

そのため、この参考例の振動低減装置においても、トルクロッド 5 の剛体部分のロッド軸方向に沿った過度な振動が抑制され、総じて異音や故障の発生を抑制することができる。

【符号の説明】

【 0 0 9 5 】

5 ...トルクロッド

1 0 ...ロッド部 1 0

1 1 ...第 1 ブッシュ (第 1 インシュレータ)

1 2 ...第 2 ブッシュ (第 2 インシュレータ)

1 3 ...弾性支持ばね

10

1 4 ...慣性マス

1 5 ...アクチュエータ

1 7 ...第 1 外筒

1 8 ...第 1 内筒

1 9 ...第 1 弾性体

2 0 ...第 2 外筒

2 1 ...第 2 内筒

2 2 ...第 2 弾性体

2 3 ...加速度センサ

2 5 ...コア

20

2 6 ...コイル

2 7 ...永久磁石

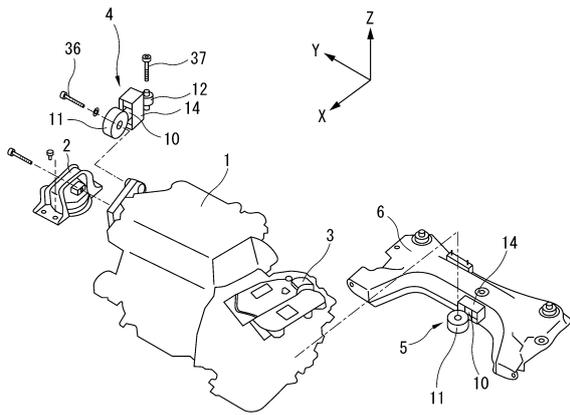
3 1 ...制御部

3 2 ...ノッチフィルタ

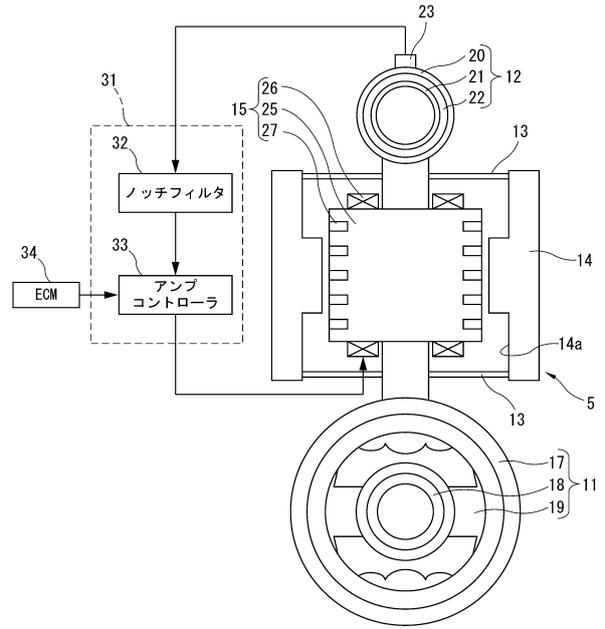
3 3 ...アンプコントローラ

3 4 ...エンジンコントロールモジュール

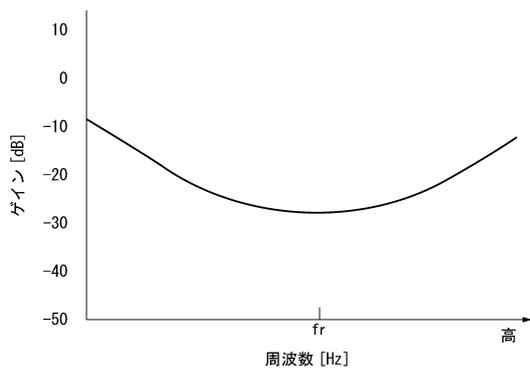
【図1】



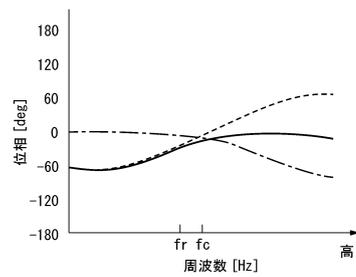
【図2】



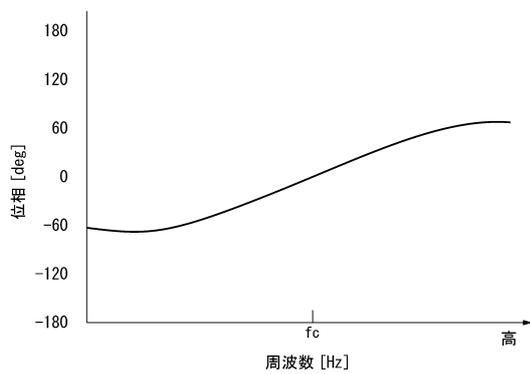
【図3】



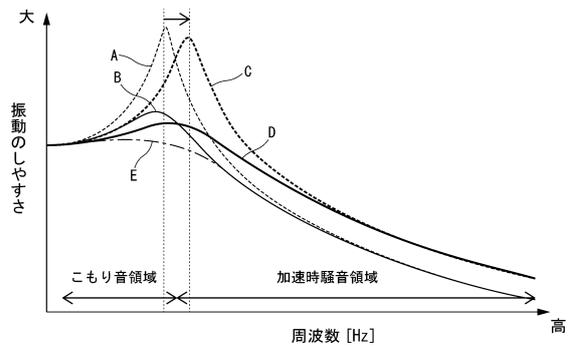
【図5】



【図4】



【図6】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
B 6 0 K 5/12 Z

(72)発明者 川野 順一
神奈川県横浜市神奈川区宝町 2 番地 日産自動車株式会社内

審査官 鶴飼 博人

(56)参考文献 特開 2 0 1 1 - 0 1 2 7 5 7 (J P , A)
特開 2 0 1 2 - 0 5 7 6 7 9 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

F 1 6 F	1 5 / 0 0 -	1 5 / 3 6
B 6 0 K	1 / 0 0 -	6 / 1 2
B 6 0 K	7 / 0 0 -	8 / 0 0
B 6 0 K	1 6 / 0 0	