

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6065016号
(P6065016)

(45) 発行日 平成29年1月25日 (2017. 1. 25)

(24) 登録日 平成29年1月6日 (2017. 1. 6)

(51) Int. Cl.

F 1

B 6 2 D 6/00	(2006. 01)	B 6 2 D 6/00
B 6 2 D 101/00	(2006. 01)	B 6 2 D 101:00
B 6 2 D 117/00	(2006. 01)	B 6 2 D 117:00
B 6 2 D 119/00	(2006. 01)	B 6 2 D 119:00
B 6 2 D 137/00	(2006. 01)	B 6 2 D 137:00

請求項の数 8 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2014-545021 (P2014-545021)
 (86) (22) 出願日 平成26年4月7日 (2014. 4. 7)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2014/060093
 (87) 国際公開番号 W02014/175052
 (87) 国際公開日 平成26年10月30日 (2014. 10. 30)
 審査請求日 平成26年9月17日 (2014. 9. 17)
 (31) 優先権主張番号 特願2013-90650 (P2013-90650)
 (32) 優先日 平成25年4月23日 (2013. 4. 23)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)
 (31) 優先権主張番号 特願2014-75257 (P2014-75257)
 (32) 優先日 平成26年4月1日 (2014. 4. 1)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000004204
 日本精工株式会社
 東京都品川区大崎 1 丁目 6 番 3 号
 (74) 代理人 100078776
 弁理士 安形 雄三
 (72) 発明者 橋 貴弘
 群馬県前橋市鳥羽町 7 8 番地 日本精工株
 式会社内
 (72) 発明者 近江 保
 群馬県前橋市鳥羽町 7 8 番地 日本精工株
 式会社内
 審査官 栗倉 裕二

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電動パワーステアリング装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも操舵トルクに基づいて演算された電流指令値によってモータを駆動して操舵をアシスト制御する電動パワーステアリング装置において、
 前記モータのモータ速度に基づいてハンドルの慣性及びトーションバーのバネ性による振動を抑制するための制振補償指令値を演算する制振補償部を設け、
 前記制振補償部は、前記ハンドルが正反転振動することにより正弦波状に変化する前記モータ速度を、前記モータ速度に同期した台形波状の制振補償値 1 に変換する速度感応テーブル 1 と、前記制振補償値 1 に対して 5 H z 以下及び 2 0 H z 以上の周波数成分を除去する B P 濾過処理して制振補償値 2 を出力する B P F とで構成されており、前記制振補償指令値がゼロとなるタイミングが、前記モータ速度がゼロとなるタイミングより早くなり、前記電流指令値から前記制振補償指令値を減算して補正することを特徴とする電動パワーステアリング装置。

【請求項 2】

前記制振補償部が前記モータ速度の方向に応じた速度感応テーブル 2 で構成され、前記速度感応テーブル 2 から制振補償値 3 が出力されるようになっている請求項 1 に記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項 3】

前記制振補償部が更に、前記制振補償値 2 又は 3 に、前記操舵トルクに感応したゲイン 1 を乗算して制振補償値 4 を出力するトルク感応ゲイン部を具備している請求項 1 又は 2 に

10

20

記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項 4】

前記制振補償部が更に、前記制振補償値 4 に対し、車速に感応したゲイン 2 を乗算して前記制振補償指令値を出力する車速感応ゲイン部を具備している請求項 3 に記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項 5】

少なくとも操舵トルクに基づいて演算された電流指令値によってモータを駆動し、減速機構を介して操舵をアシスト制御する電動パワーステアリング装置において、
舵角速度及び前記減速機構のギア比の要因に基づいてハンドルの慣性及びトーションバーのバネ性による振動を抑制するための制振補償指令値を演算する制振補償部を設け、
前記要因が前記舵角速度及び前記ギア比の乗算値であり、前記制振補償部は、前記ハンドルが正反転振動することにより正弦波状に変化する前記要因を、前記要因に同期した台形波状の制振補償値 1 とする速度感応テーブル 1 と、前記制振補償値 1 に対して 5 Hz 以下及び 20 Hz 以上の周波数成分を除去する B P 濾過処理して制振補償値 2 を出力する B P F とで構成されており、前記制振補償指令値がゼロとなるタイミングが、前記モータ速度がゼロとなるタイミングより早くなり、
前記電流指令値から前記制振補償指令値を減算して補正することを特徴とする電動パワーステアリング装置。

10

【請求項 6】

前記制振補償部が前記舵角速度の方向に応じた速度感応テーブル 2 で構成され、前記速度感応テーブル 2 から制振補償値 3 が出力されるようになっている請求項 5 に記載の電動パワーステアリング装置。

20

【請求項 7】

前記制振補償部が更に、前記制振補償値 2 又は 3 に、前記操舵トルクに感応したゲイン 1 を乗算して制振補償値 4 を出力するトルク感応ゲイン部を具備している請求項 5 又は 6 に記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項 8】

前記制振補償部が更に、前記制振補償値 4 に対し、車速に感応したゲイン 2 を乗算して前記制振補償指令値を出力する車速感応ゲイン部を具備している請求項 7 に記載の電動パワーステアリング装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、少なくとも操舵トルクに基づいて演算された電流指令値により、車両の操舵系にモータによるアシスト力を、減速機構を介して付与するようにした電動パワーステアリング装置に関し、特にハンドルの慣性やトーションバーのバネ性に起因するハンドル振動（異音）を抑制し、操舵フィーリングを向上した電動パワーステアリング装置に関する。

【背景技術】

【0002】

40

車両のステアリング機構にモータの回転力で操舵補助力（アシスト力）を付与する電動パワーステアリング装置は、モータの駆動力を減速機構を介してギア又はベルト等の伝達機構により、ステアリングシャフト或いはラック軸に操舵補助力を付与するようになっている。かかる従来の電動パワーステアリング装置（EPS）は、操舵補助力のトルクを正確に発生させるため、モータ電流のフィードバック制御を行っている。フィードバック制御は、操舵補助指令値（電流指令値）とモータ電流検出値との差が小さくなるようにモータ印加電圧を調整するものであり、モータ印加電圧の調整は、一般的に PWM（パルス幅変調）制御のデューティの調整で行っている。

【0003】

電動パワーステアリング装置の一般的な構成を図 1 に示して説明すると、ハンドル 1 の

50

コラム軸（ステアリングシャフト、ハンドル軸）2は、減速機構の減速ギア3、ユニバーサルジョイント4a及び4b、ピニオンラック機構5、タイロッド6a、6bを経て、更にハブユニット7a、7bを介して操向車輪8L、8Rに連結されている。また、コラム軸2には、ハンドル1の操舵トルクを検出するトルクセンサ10及び操舵角 θ を検出する舵角センサ14が設けられており、ハンドル1の操舵力を補助するモータ20が減速機構の減速ギア（ギア比 n ）3を介してコラム軸2に連結されている。電動パワーステアリング装置を制御するコントロールユニット（ECU）30には、バッテリー13から電力が供給されると共に、イグニッションキー11を経てイグニッションキー信号が入力される。コントロールユニット30は、トルクセンサ10で検出された操舵トルク T_h と車速センサ12で検出された車速 V_{e1} とに基づいてアシスト（操舵補助）指令の電流指令値の演算を行い、電流指令値に補償等を施した電圧制御指令値 V_{ref} によってモータ20に供給する電流を制御する。舵角センサ14は必須のものではなく、配設されていなくても良い。

10

【0004】

コントロールユニット30には、車両の各種情報を授受するCAN（Controller Area Network）50が接続されており、車速 V_{e1} はCAN50から受信することも可能である。また、コントロールユニット30には、CAN50以外の通信、アナログ/デジタル信号、電波等を授受する非CAN51も接続されている。

【0005】

コントロールユニット30は主としてCPU（MPUやMCU等も含む）で構成されるが、そのCPU内部においてプログラムで実行される一般的な機能を示すと図2のようになる。

20

【0006】

図2を参照してコントロールユニット30の機能及び動作を説明すると、トルクセンサ10で検出された操舵トルク T_h 及び車速センサ12で検出された車速 V_{e1} は、電流指令値 I_{ref1} を演算する電流指令値演算部31に入力される。電流指令値演算部31は、入力された操舵トルク T_h 及び車速 V_{e1} に基づいてアシストマップ等を用いて、モータ20に供給する電流の制御目標値である電流指令値 I_{ref1} を演算する。電流指令値 I_{ref1} は加算部32Aを経て電流制限部33に入力され、最大電流を制限された電流指令値 I_{refm} が減算部32Bに入力され、フィードバックされているモータ電流値 I_m との偏差 $I(I_{refm} - I_m)$ が演算され、その偏差 I が操舵動作の特性改善のためのPI制御部35に入力される。PI制御部35で特性改善された電圧制御指令値 V_{ref} がPWM制御部36に入力され、更に駆動部としてのインバータ回路37を介してモータ20がPWM駆動される。モータ20の電流値 I_m はモータ電流検出器38で検出され、減算部32Bにフィードバックされる。インバータ回路37は駆動素子としてFETが用いられ、FETのブリッジ回路で構成されている。

30

【0007】

また、加算部32Aには補償信号生成部34からの補償信号 CM が加算されており、補償信号 CM の加算によって操舵システム系の特性補償を行い、収れん性や慣性特性等を改善するようになっている。補償信号生成部34は、セルフアライニングトルク（SAT）343と慣性342を加算部344で加算し、その加算結果に更に収れん性341を加算部345で加算し、加算部345の加算結果を補償信号 CM としている。

40

【0008】

このような電動パワーステアリング装置のCPU（マイクロコンピュータ等）は、上述のようにPI制御によって、モータを制御するための電圧制御指令値を生成する。PI制御のゲインは、車両の種類毎に適切な値に調整される。

【0009】

PI制御のゲインを大きくすると、ノイズ等に起因する異音や振動が発生する。そのため、PI制御のゲインは、振動や異音が発生しないように制限しておく必要があるが、このようにPI制御のゲインを制限すると、電流制御の周波数特性が低下し、操舵補助の応答性を高めるのが困難である。また、PI制御のゲインを十分に低くした場合であっても

50

なお、操舵系の共振周波数付近での振動を完全には回避することができず、必ずしも良好な操舵フィーリングが得られていなかった。

【 0 0 1 0 】

このような問題を解決するものとして、例えば特開 2 0 0 6 - 1 8 8 1 8 3 号公報（特許文献 1）に示される電動パワーステアリング装置が提案されている。即ち、特許文献 1 の電動パワーステアリング装置は、操作部材の振動を検出する振動検出手段を設け、振動検出手段によって操作部材の振動が検出されたときに、P I 制御の比例ゲイン及び積分ゲインのうちの少なくともいずれか一方を低下させるゲイン変更手段を備えている。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

【 0 0 1 1 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 6 - 1 8 8 1 8 3 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 2 】

しかしながら、特許文献 1 に記載の電動パワーステアリング装置では、振動抑制のために、電流制御の P I 制御のゲイン（比例ゲイン及び積分ゲインの少なくともいずれか一方）を変更するようになっている。そのため、ゲインの変更が、他の制御や操舵フィーリングに影響してしまう恐れがある。

【 0 0 1 3 】

20

本発明は上述のような事情よりなされたものであり、本発明の目的は、P I 制御のゲインを変更することなく、モータ速度或いは舵角速度及びギア比の要因に基づいて、ハンドルの慣性やトーションバーのバネ性に起因するハンドル振動（異音）を抑制し、操舵フィーリングを向上した電動パワーステアリング装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 4 】

本発明は、少なくとも操舵トルクに基づいて演算された電流指令値によってモータを駆動して操舵をアシスト制御する電動パワーステアリング装置に関し、本発明の上記目的は、前記モータのモータ速度或いは舵角速度及びギア比の要因（乗算値）に基づいてハンドルの慣性及びトーションバーのバネ性による振動を抑制するための制振補償指令値を演算する制振補償部を設け、前記制振補償部は、前記ハンドルが正反転振動することにより正弦波状に変化する前記モータ速度或いは前記要因を、前記モータ速度或いは前記要因に同期した台形波状の制振補償値 1 に変換する速度感応テーブル 1 と、前記制振補償値 1 に対して 5 H z 以下及び 2 0 H z 以上の周波数成分を除去する B P 濾過処理して制振補償値 2 を出力する B P F とで構成されており、前記制振補償指令値がゼロとなるタイミングが、前記モータ速度がゼロとなるタイミングより早くなり、前記電流指令値から前記制振補償指令値を減算して補正することにより達成される。

30

【 0 0 1 5 】

本発明の上記目的は、前記制振補償部が前記モータ速度の方向に応じた速度感応テーブル 2 で構成され、前記速度感応テーブル 2 から制振補償値 3 が出力されるようになっていることにより、或いは前記制振補償部が更に、前記制振補償値 2 又は 3 に、前記操舵トルクに感応したゲイン 1 を乗算して制振補償値 4 を出力するトルク感応ゲイン部を具備していることにより、或いは前記制振補償部が更に、前記制振補償値 4 に対し、車速に感応したゲイン 2 を乗算して前記制振補償指令値を出力する車速感応ゲイン部を具備していることにより、より効果的に達成される。

40

【発明の効果】

【 0 0 1 6 】

本発明に係る電動パワーステアリング装置によれば、モータ速度或いは舵角速度及びギア比の要因（乗算値）に基づいて、速度感応テーブルと B P F（バンドパスフィルタ）を

50

用いて制振補償指令値を演算しているので、操舵反転時のみに制振補償指令値が発生し、他の制御や操舵フィーリングへの影響を最低限に収めることが可能である。

【 0 0 1 7 】

また、本発明に係る電動パワーステアリング装置によれば、P I 制御のゲインを変更することなく、ブレーキジャダーやシミーなどの車両の足回りの共振の影響によるハンドル振動の低減を図ることができると共に、悪路走行中に路面から操舵系に力が伝達されることによるハンドル振動や、その他の要因によるハンドル振動の低減を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 8 】

【図 1】電動パワーステアリング装置の概要を示す構成図である。

10

【図 2】電動パワーステアリング装置の制御系の構成例を示すブロック図である。

【図 3】本発明の構成例（実施形態 1）を示すブロック図である。

【図 4】トルク感応ゲイン部の特性例を示す特性図である。

【図 5】車速感応ゲイン部の特性例を示す特性図である。

【図 6】本発明の動作例（実施形態 1）を示すフローチャートである。

【図 7】本発明に使用する B P F の動作例を示すタイムチャートである。

【図 8】本発明の効果を示す図である。

【図 9】速度感応テーブルの他の特性例を示す図である。

【図 10】本発明の構成例（実施形態 2）を示すブロック図である。

【図 11】本発明の動作例（実施形態 2）を示すフローチャートである。

20

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 9 】

本発明では、ハンドルの慣性やトーションバーのバネ性等に起因するハンドルの振動（異音）を抑制し、運転者の不快に感じる振動や操舵フィーリングを向上する。

【 0 0 2 0 】

このため、本発明の電動パワーステアリング装置では、モータ速度に応じた速度感応テーブルを通して決定されるテーブル出力値（制振補償値 1）を B P F（バンドパスフィルタ）に通すか、或いは舵角センサで検出された舵角 θ （若しくは推定された舵角）を微分して得られる舵角速度を求めると共に、減速機構での減速ギア比を求めておき、舵角速度（舵角 θ の微分成分）及びギア比の要因（舵角速度 $\times$ ギア比）に応じた速度感応テーブルを経て B P F を通す。B P F の出力値（制振補償値 2）に対し、操舵トルクに基づいたゲイン及び車速に基づいたゲインを乗算して制振補償指令値を演算する。演算された制振補償指令値を操舵補助の電流指令値から減算して補正し、補正された電流指令値でモータを駆動することで、ハンドルの振動を抑制している。舵角速度 $\times$ ギア比の要因は、モータ速度 ω に相当している。

30

【 0 0 2 1 】

本発明によれば、モータ速度或いは舵角速度及びギア比の要因を入力し、速度感応テーブルと B P F を用いて制振補償指令値を演算しているので、操舵反転時のみに制振補償指令値が発生し、他の制御や操舵フィーリングへの影響を最低限に収めることができる。

【 0 0 2 2 】

40

以下に、本発明の実施の形態を、図面を参照して詳細に説明する。

【 0 0 2 3 】

図 3 は本発明の構成例（実施形態 1）を図 2 に対応させて示しており、本発明では制振補償部 40 を新たに付加し、モータ速度 ω に基づいて、制振補償部 40 で演算された制振補償指令値 V_{Cc} を加減算部 32 C に減算入力して電流指令値 I_{ref1} を補正し、ハンドルの振動を補償している。即ち、本発明では、加減算部 32 C に電流指令値 I_{ref1} 及び補償信号 CM を加算入力すると共に、制振補償部 40 で演算された制振補償指令値 V_{Cc} を加減算部 32 C に減算入力し、前述した電流指令値 I_{ref1} を補正して電流指令値 I_{ref2} を求めている。電流指令値 I_{ref2} 以降の動作は、前述の図 2 の場合と全く同様である。

50

【 0 0 2 4 】

なお、本発明では、補償信号生成部 3 4 による補償信号 C M による補償は、必須のものではない。

【 0 0 2 5 】

制振補償部 4 0 は、モータ速度 ω を入力し、モータ速度 ω のゼロ前後で台形波状の制振補償値 V C 1 を出力する速度感応テーブル 4 1 と、速度感応テーブル 4 1 からの制振補償値 V C 1 をバンドパス濾過する B P F 4 2 と、B P F 4 2 からの制振補償値 V C 2 を操舵トルク T h に応じてゲイン G t 倍するトルク感応ゲイン部 4 3 と、トルク感応ゲイン部 4 3 からの制振補償値 V C 3 を車速 V e l に応じてゲイン G v 倍し、制振補償指令値 V C c として出力する車速感応ゲイン部 4 4 とで構成されている。

10

【 0 0 2 6 】

トルク感応ゲイン部 4 3 は操舵トルク T h に対して、図 4 に示すように、所定トルク値 1 (本例では 0 . 5 N m) まで一定ゲイン G t を保持し、所定トルク値 1 から所定トルク値 2 (本例では 1 . 0 N m) まではゲイン G t が増加し、所定トルク値 2 以上で一定ゲイン G t を保持する特性となっている。つまり、低トルク時に小さい値で、あるトルク (所定トルク値 1) から徐々に増加して行き、ある値 (所定トルク値 2) で飽和する特性である。こうすることで、ハンドル振動が大きい (擦れ角を検出している操舵トルクが大きい) 状態において、より効果を出やすくなる。

【 0 0 2 7 】

また、車速感応ゲイン部 4 4 は車速 V e l に対して、図 5 に示すように、所定車速 1 (本例では 5 0 k p h) まで一定ゲイン G v を保持し、所定車速 1 から所定車速 2 (本例では 1 0 0 k p h) まではゲイン G v が増加し、所定車速 2 以上で一定ゲイン G v を保持する特性となっている。つまり、低速時に小さい値で、ある速度 (所定車速 1) から徐々に増加して行き、ある値 (所定車速 2) で飽和する特性である。こうすることで、ハンドル振動が発生し易い車速状態において、より効果を出やすくなる。

20

【 0 0 2 8 】

なお、トルク感応ゲイン部 4 3 と車速感応ゲイン部 4 4 の順序は、逆であっても良い。

【 0 0 2 9 】

このような構成において、その動作例を図 6 のフローチャートを参照して説明する。

【 0 0 3 0 】

操舵トルク T h を入力し (ステップ S 1) 、車速 V e l を入力し (ステップ S 2) 、電流指令値演算部 3 1 で電流指令値 I r e f 1 を演算する (ステップ S 3) 。

30

【 0 0 3 1 】

また、制振補償部 4 0 はモータ速度 ω を入力し (ステップ S 1 0) 、速度感応テーブル 4 1 でモータ速度 ω に応じた制振補償値 V C 1 を求める (ステップ S 1 1) 。次に、制振補償値 V C 1 を B P F 4 2 に入力して B P 濾過処理を行い (ステップ S 1 2) 、B P 濾過処理された制振補償値 V C 2 をトルク感応ゲイン部 4 3 に入力し、操舵トルク T h に応じてゲイン G t 倍する (ステップ S 1 3) 。ゲイン G t 倍された制振補償値 V C 3 は車速感応ゲイン部 4 4 に入力され (ステップ S 1 4) 、車速 V e l に応じてゲイン G v 倍されて制振補償指令値 V C c が出力される (ステップ S 1 5) 。

40

【 0 0 3 2 】

更に、補償信号生成部 3 4 では、前述したように、収れん性 3 4 1 、慣性 3 4 2 及び S A T 3 4 3 に基づく補償信号 C M を生成して出力する (ステップ S 2 0) 。

【 0 0 3 3 】

なお、電流指令値 I r e f 1 の演算 (ステップ S 1 ~ S 3) 、制振補償指令値 V C c の演算 (ステップ S 1 0 ~ S 1 5) 、補償信号 C M の生成 (ステップ S 2 0) の順番は適宜変更可能である。

【 0 0 3 4 】

上述のようにして求められた電流指令値 I r e f 1 、制振補償指令値 V C c 及び補償信号 C M は、加減算部 3 2 C に入力されて加減算処理され、電流指令値 I r e f 2 を生成す

50

る（ステップS30）。電流指令値 I_{ref2} は前述のように電流制限部33で制限されて後に電流制御され（ステップS31）、モータ20が駆動制御される（ステップS32）。

【0035】

モータ速度 ω は図7（A）に示すように正弦波状に振動しており、モータ速度 ω が速度感応テーブル41に入力されると、速度感応テーブル41はモータ速度 ω のゼロ前後で台形波状の制振補償値 V_{C1} を出力する特性を有している。そのため、速度感応テーブル41から出力される制振補償値 V_{C1} は、図7（B）に示す台形波状である。速度感応テーブル41からの制振補償値 V_{C1} はBPF42に入力され、高周波成分（例えば20Hz以上）及び低周波成分（例えば5Hz以下）が除去された中周波成分のみが通過し、図7（B）に示すような制振補償値 V_{C2} を出力する。

10

【0036】

図7（A）及び（B）に示すように、速度感応テーブル41で台形波状とされた制振補償値 V_{C1} をBPF42でバンドパス濾過処理することにより、モータ速度 ω 及び制振補償値 V_{C1} がゼロクロスする時点 t_2 よりも、制振補償値 V_{C2} を早める（時点 t_1 ）ことができる。制振補償値 V_{C2} の成分がハンドル振動の抑制のための電流指令値（制振補償指令値 V_{Cc} ）になり、この制振補償指令値 V_{Cc} を操舵の電流指令値 I_{ref1} から減算する。これにより、モータ速度 ω がゼロと交差するタイミングに合わせて、モータ速度 ω の振動を遅らせて、結果的にモータ速度の振幅を抑えることが可能となる。

【0037】

20

図8は、意図的にハンドルの振動が発生し易くした状態において、ハンドルが手放して外乱トルクを加えたときの検出トルク（トーションバー捩れ角に比例）の時間応答の一例を示しており、制振補償有り（本発明）と制振補償無し（従来）での特性を比較している。なお、トルク・車速感応ゲインは一定値としている。この図8の特性例からも、制振補償有りの方が振動が収束するのが早く、振動が抑制されているのが分かる。

【0038】

上述の実施形態では、制振補償部40を速度感応テーブル41、BPF42で構成しているが、速度感応テーブル41及びBPF42の代わりに、図9に示すようなモータ速度 ω の方向に応じたヒステリシス特性を有する速度感応テーブルを用いても良い。

【0039】

30

また、上述の実施形態1ではモータ速度 ω を制振補償の入力としているが、減速機構のギア比に舵角速度を乗算するとモータ速度 ω に相当する値となる。従って、舵角速度及びギア比の要因を制振補償の入力としても良い。舵角速度は舵角センサからの操舵角を微分演算することによって容易に求められ、減速機構のギア比は予め定められている。

【0040】

舵角速度及びギア比の要因を制振補償入力とする場合（実施形態2）の構成は、図3に対応する図10のブロック図のようになり、舵角速度×ギア比が制振補償部40A内の速度感応テーブル41Aに入力されている。速度感応テーブル41Aは舵角速度×ギア比に感応し、前述した速度感応テーブル41と同様な特性であり（図7参照）、BPF42、トルク感応テーブル43及び車速感応テーブル44は前述と全く同様である。制振補償部40Aからの補償指令値 V_{Cc} を加減算部32Cに減算入力して電流指令値 I_{ref1} を補正し、ハンドルの振動を補償している。

40

【0041】

また、舵角速度及びギア比の要因を制振補償入力とする場合（実施形態2）の動作例は、図6に対応する図11のフローチャートのようになり、本実施形態では、ステップS10Aにおいて舵角速度及び予め決められているギア比を入力し、ステップS11Aにおいて速度感応テーブル41で舵角速度×ギア比に応じた制振補償値 V_{C1} を求めるようになっており、他は全て前述の実施形態1と同様である。なお、ステップS10Aにおける舵角速度は、舵角 θ を入力して後に微分演算して舵角速度を求めるようにしても良い。

【0042】

50

上記実施形態 2 によっても、前述の実施形態 1 と全く同様な効果があり、図 8 の特性が得られる。

【 0 0 4 3 】

近年駐車支援機能（パーキングアシスト）を搭載し、自動操舵制御と手動操舵制御とを切り換える車両が出現して来ており、駐車支援機能を搭載した車両にあっては、舵角制御の動作中に本発明による制振補償を実施することも可能である。また、本発明の制振補償は、振動状態を検出する機能と組み合わせても良い。

【 0 0 4 4 】

なお、トルク感応ゲイン G_t は図 4 の特性に限定されるものではなく（例えば非線形の増加）、車速感応ゲイン G_v は図 5 の特性に限定されるものではない（例えば非線形の増加）。

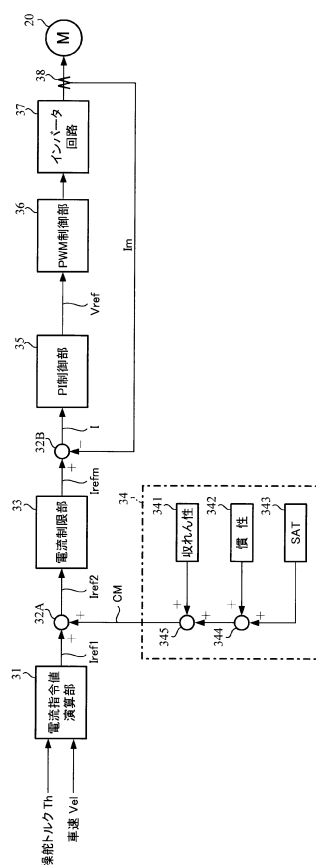
10

【符号の説明】

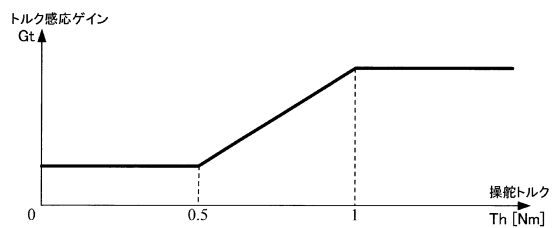
【 0 0 4 5 】

1	ハンドル	
2	コラム軸（ステアリングシャフト、ハンドル軸）	
1 0	トルクセンサ	
1 2	車速センサ	
2 0	モータ	
3 0	コントロールユニット（ E C U ）	
3 1	電流指令値演算部	20
3 3	電流制限部	
3 4	補償信号生成部	
3 5	P I 制御部	
3 6	P W M 制御部	
3 7	インバータ回路	
4 0、4 0 A	制振補償部	
4 1、4 1 A	速度感応テーブル	
4 2	B P F（バンドパスフィルタ）	
4 3	トルク感応ゲイン部	
4 4	車速感応ゲイン部	30
5 0	C A N	

【圖 2】

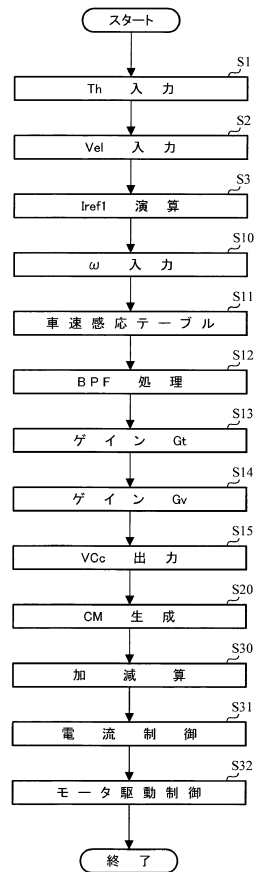


【 図 4 】

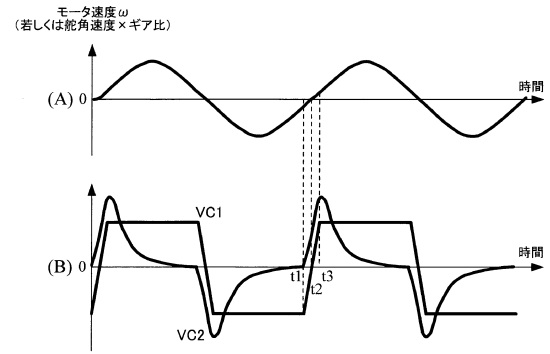


The graph illustrates the speed feedback gain G_v as a function of vehicle speed Vel in kph. The gain is piecewise constant and linear. It starts at a baseline value for $0 \leq Vel < 50$ kph. At $Vel = 50$ kph, the gain begins to increase linearly. At $Vel = 100$ kph, the gain reaches a plateau and remains constant for all higher speeds.

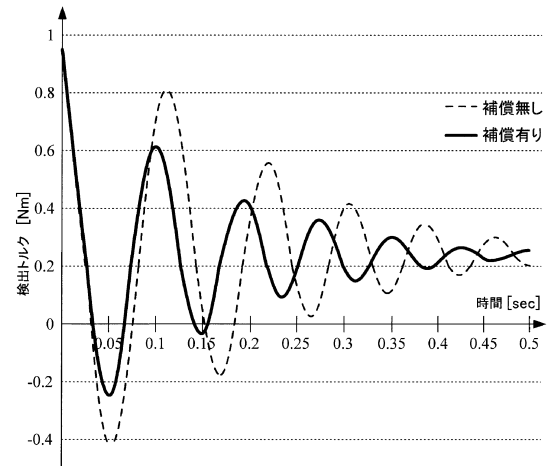
【図 6】



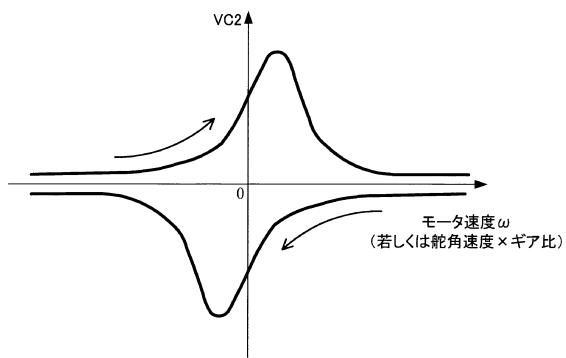
【図 7】



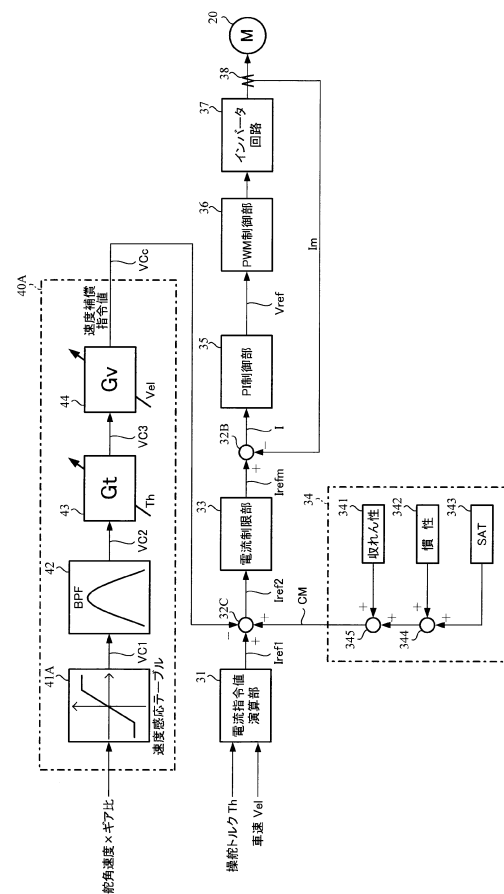
【図 8】



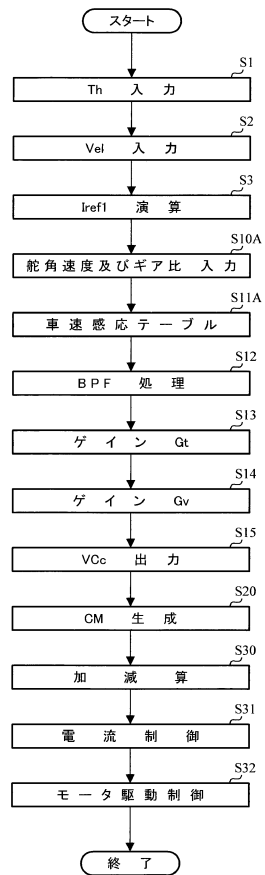
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 2 0 1 1 - 1 2 1 3 8 3 (J P , A)
国際公開第 2 0 1 1 / 0 5 2 4 7 0 (W O , A 1)
特開平 1 0 - 3 1 0 0 7 2 (J P , A)
特開 2 0 0 6 - 3 3 5 2 2 8 (J P , A)
特開 2 0 0 9 - 2 8 0 1 6 3 (J P , A)
特開平 0 7 - 0 2 8 5 2 7 (J P , A)
特開 2 0 0 3 - 2 1 2 1 4 2 (J P , A)
特開 2 0 0 5 - 2 6 2 9 3 6 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

B 6 2 D 5 / 0 0 - 6 / 1 0
 1 0 1 / 0 0、1 1 7 / 0 0
 1 1 9 / 0 0、1 3 7 / 0 0