

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4307154号  
(P4307154)

(45) 発行日 平成21年8月5日 (2009.8.5)

(24) 登録日 平成21年5月15日 (2009.5.15)

(51) Int. Cl. F 1  
**B 6 2 D 6/00 (2006.01)**  
**B 6 2 D 5/04 (2006.01)**  
**B 6 2 D 119/00 (2006.01)**

F 1  
 B 6 2 D 6/00  
 B 6 2 D 5/04  
 B 6 2 D 119:00

請求項の数 4 (全 14 頁)

|           |                               |           |                      |
|-----------|-------------------------------|-----------|----------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2003-147759 (P2003-147759)  | (73) 特許権者 | 000004204            |
| (22) 出願日  | 平成15年5月26日 (2003.5.26)        |           | 日本精工株式会社             |
| (65) 公開番号 | 特開2004-345596 (P2004-345596A) |           | 東京都品川区大崎1丁目6番3号      |
| (43) 公開日  | 平成16年12月9日 (2004.12.9)        | (73) 特許権者 | 302066629            |
| 審査請求日     | 平成17年12月5日 (2005.12.5)        |           | N S Kステアリングシステムズ株式会社 |
|           |                               |           | 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            |
|           |                               | (74) 代理人  | 100114269            |
|           |                               |           | 弁理士 五十嵐 貞喜           |
|           |                               | (74) 代理人  | 100093090            |
|           |                               |           | 弁理士 北野 進             |
|           |                               | (74) 代理人  | 100119194            |
|           |                               |           | 弁理士 石井 明夫            |

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の制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

車両の操舵系にモータによる操舵補助力を付与するようにした電動パワーステアリング装置の状態を検出するセンサと、前記センサの信号を入力として前記電動パワーステアリング装置を制御するための演算回路とを備えた電動パワーステアリング装置の制御装置において、前記演算回路が微分演算回路又は位相進み演算回路を有し、前記微分演算回路又は前記位相進み演算回路の演算がデシメーション処理する演算であり、デシメーション処理された前記微分演算回路又は前記位相進み演算回路の出力にローパスフィルタを備え、前記微分演算回路又は前記位相進み演算回路のサンプリング時間が前記ローパスフィルタのサンプリング時間より大きいことを特徴とする電動パワーステアリング装置の制御装置。

10

【請求項 2】

トルク制御部において具備されたセンタ応答性改善回路及び位相補償回路と、逆起電圧算出回路と、角加速度算出回路と、外乱オブザーバ回路とがそれぞれ前記演算回路を具備している請求項 1 に記載の電動パワーステアリング装置の制御装置。

【請求項 3】

車両の操舵系にモータによる操舵補助力を付与するようにした電動パワーステアリング装置の状態を検出するセンサと、前記センサの信号を入力として前記電動パワーステアリング装置を制御するための演算回路とを備えた電動パワーステアリング装置の制御装置において、前記演算回路がデシメーション処理されない微分演算回路又はデシメーション処理

20

されない位相進み演算回路であって、前記微分演算回路の出力又は前記位相進み演算回路の出力にデシメーションフィルタを備え、  
トルク制御部において具備されたセンター応答性改善回路及び位相補償回路と、逆起電圧算出回路と、角加速度算出回路と、外乱オブザーバ回路とがそれぞれ前記演算回路を具備していることを特徴とする電動パワーステアリング装置の制御装置。

【請求項 4】

前記電動パワーステアリング装置の状態が、前記モータの端子電圧、モータ電流、操舵トルク又は前記モータの回転数である請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の電動パワーステアリング装置の制御装置。

【発明の詳細な説明】

10

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、自動車や車両の操舵系にモータによる操舵補助力を付与するようにした電動パワーステアリング装置の制御装置に関し、特に制御装置に入力される信号から制御遅れがなくかつ有効な信号を減衰させることなくノイズだけを除去できるようにした電動パワーステアリング装置の制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

自動車や車両のステアリング装置をモータの回転力で補助力付勢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は、アシストトルク（操舵補助トルク）を正確に発生させるため、ハンドルからのトルク信号やモータの電圧、電流信号を検出して、これらの情報を基にモータを正確に制御する必要がある。

20

【0003】

しかし、これらの信号を検出し、制御装置に入力する際に、これらの信号にノイズが重畳されモータを正確に制御できないため、アシストトルクに振動などが発生して、運転手にとって不快な異常音や振動が発生する問題がある。よって、このような問題を改善するために、従来より検出信号に重畳されたノイズを制御遅れがなくかつ有効な信号を減衰させることなく除去をできるような工夫を施している。

30

【0004】

例えば、特許文献 1 で開示されている方法を説明すると、図 13 において、トルクセンサ 102 で検出されたトルク  $T$  がインターフェイス（以下、 $IF$  と記す）およびアナログデジタル変換（以下、 $AD$  変換と記す）を介して制御装置 107 に入力される。同じように、車速センサで検出された車速  $V$  やモータ 103 の電流  $I$  が  $IF$  や  $AD$  変換を介して制御装置 107 に入力され、それらの信号を基にモータ 103 が正確なアシストトルクを発生するようにモータ 103 の電流制御をする。

【0005】

当該制御の基本的な考えを説明するに、検出されたトルク信号  $T$  は減衰手段 71 や位相補償 72 を介して、或いは車速  $V$  は車速演算 74 を介して目標電流設定部 73 に入力される。目標電流設定部 73 において、必要なアシストトルクを発生させるモータ電流  $I_A$  を算出し、当該指令電流  $I_A$  どおりにモータ電流を発生するようにモータ電流  $I$  を検出し、 $PI$  制御 77 によるフィードバック制御を行い、指令電流  $I_A$  どおりのモータ電流が供給されるように  $PWM$  演算 78 を利用したインバータなどの駆動回路を使用してモータの電流制御を行っている。

40

【0006】

この例で、ノイズ除去に関する工夫として、指令電流  $I_A$  を直接、 $PI$  制御 77 に入力せずに、一旦、減衰手段 75 を介して、ノイズを除去して  $PI$  制御 77 に入力する。そして、減衰手段 75 のカットオフ周波数  $f_c$  は、操舵速度推定 76 から算出される速度  $\omega$  と車速  $V$  によって可変されるので、高速運転時のハンドル操作と駐車時のハンドル操作で上記

50

カットオフ周波数  $f_c$  を変化させ、ノイズを除去しつつ、有効な信号  $I_A$  を取り出している。

【0007】

上述したフィルタ係数を状況に応じて可変とすることは、この制御要素がある種の適応フィルタ (Adaptive Filter) であることを示している。適応フィルタを利用する際に、その設計には充分注意を払わなければならない。その理由は、フィルタ係数の設計が正しく行なわなければ、期待する効果は得られないからである。

【0008】

しかし、特許文献1では、ローパスフィルタ (以下LPFと記す) のカットオフ周波数が操舵速度の絶対値に基いて算出されるが、カットオフ周波数演算部はチューニングで経験的に決定されるため、そのアルゴリズムは不明瞭である。また、操舵速度の絶対値に基いて決定されたカットオフ周波数をもつLPFでは、トルク信号に含まれる路面情報 (ロードインフォメーション) とノイズを切り分けられず、ノイズと共に路面情報も除去してしまう問題がある。

10

【0009】

また、制御における一般的特徴として、微分要素や位相進み要素はノイズの発生源、或いはノイズの拡大源となり、また、LPFはノイズを除去できるが、カットオフ周波数を小さくして低周波ノイズを除去しようとする高周波領域での遅れが大きくなる問題がある。

【0010】

20

ノイズに関する他の問題として、現在の多くの制御装置に当てはまる問題であるが、検出信号はアナログ信号で、制御はデジタル制御の場合が多く、検出信号をAD変換させる必要がある。その量子化誤差を解決するための方法が、特許文献2に開示されているが、ここでは下位ビットを次のサンプリングでフィードバック加算して誤差の累積を防止する方法をとっている。しかし、この方法では、リミットサイクル振動による電動パワーステアリング装置の振動を防止することには効果があるが、検出信号に含まれるノイズの除去に対しては効果がなく、運転手にとって不快な異常音や振動が発生する問題が依然として解決されていない。

【0011】

【特許文献1】

30

特開2002-234454号公報

【0012】

【特許文献2】

特開平10-109656号公報

【0013】

【発明が解決しようとする課題】

以上説明したように、電動パワーステアリング装置の各種検出信号に含まれるノイズによって、アシストトルクを発生させる当該装置のモータを正しく制御できないため、アシストトルクに振動などが発生して、運転手にとって不快な異常音や振動が発生する問題がある。

40

【0014】

本発明は上述のような事情から成されたものであり、本発明の目的は、電動パワーステアリング装置の各種検出信号に含まれるノイズを検出信号から除去し、アシストトルクに振動を発生させないように当該装置のモータを正しく制御して、不快な異常音や振動のない電動パワーステアリング装置の制御装置を提供することにある。

【0015】

【課題を解決するための手段】

本発明は、車両の操舵系にモータによる操舵補助力を付与するようにした電動パワーステアリング装置の状態を検出するセンサと、前記センサの信号を入力として前記電動パワーステアリング装置を制御するための演算回路とを備えた電動パワーステアリング装置の

50

制御装置に関するものであり、本発明の上記目的は、前記演算回路が微分演算回路又は位相進み演算回路を有し、前記微分演算回路又は前記位相進み演算回路の演算がデシメーション処理する演算であり、デシメーション処理された前記微分演算回路又は前記位相進み演算回路の出力にローパスフィルタを備え、前記微分演算回路又は前記位相進み演算回路のサンプリング時間が前記ローパスフィルタのサンプリング時間より大きいことによって達成される。また、上記目的は、トルク制御部において具備されたセンター応答性改善回路及び位相補償回路と、逆起電圧算出回路と、角加速度算出回路と、外乱オブザーバ回路とがそれぞれ前記演算回路を具備していることによって達成される。また、上記目的は、前記演算回路がデシメーション処理されない微分演算回路又はデシメーション処理されない位相進み演算回路であって、前記微分演算回路の出力又は前記位相進み演算回路の出力にデシメーションフィルタを備え、トルク制御部において具備されたセンター応答性改善回路及び位相補償回路と、逆起電圧算出回路と、角加速度算出回路と、外乱オブザーバ回路とがそれぞれ前記演算回路を具備していることによって達成される。また、上記目的は、前記電動パワーステアリング装置の状態が、前記モータの端子電圧、モータ電流、操舵トルク又は前記モータの回転数であることによって達成される。

10

#### 【0016】

##### 【発明の実施の形態】

まず、本発明の主要技術に係るデシメーションについて説明すると、デシメーションとはダウンサンプリング或いはサンプリングの間引きを意味し、一般的には、デシメーションはサンプリングレート変換などに使用されるが、デシメーションは、ノイズ除去の機能も有している。

20

#### 【0017】

また、一般的に、演算処理において微分演算や位相進み演算の場合、特に、ノイズによる悪い影響が現れるため、本発明では、これらの演算処理に対するノイズ対策を施している。

#### 【0018】

ところで、センサ信号などに含まれるノイズを除去するためにノイズフィルターなどが使用される場合が多い。しかし、例えば、ノイズを除去するために一般的に利用されるLPFをアナログ回路で構成した場合や従来技術で説明した方法で構成した場合、各種センサから得られた情報、例えば、トルクT情報やモータ電圧、電流の情報が、ノイズと一緒に減衰して、トルクTに含まれる大事な路面情報まで減衰して正しい電動パワーステアリングの制御が実行できなくなる。

30

#### 【0019】

しかし、デシメーションを利用した演算では、周波数の高いノイズ成分だけを除去し、センサ信号に含まれる大事な情報、即ちトルクT信号やモータ電圧、電流信号などの有用な信号は減衰されずに処理されるという優れた特性がある。このデシメーションによる優れた特性を利用した微分演算処理や位相進み演算処理を実行することにより、ノイズに妨害されずに正しく電動パワーステアリング装置を制御できる。

#### 【0020】

以下、図面に基づいて本発明の好適な実施例について詳細に説明する。

40

#### 【0021】

図1は、電動パワーステアリング装置のモータ14を制御するために、トルクを測定する為のセンサより検出されたトルクTと、センサである電圧検出回路16および電流検出回路15より検出したモータの端子電圧Vおよび電流Iとを入力として演算処理した場合の電動パワーステアリング装置の制御装置の一実施例である。

#### 【0022】

まず、電動パワーステアリング装置のモータ14の制御の基本構成について説明する。図示されないトルクセンサで検出されたトルクTは、操舵補助指令値演算回路3とセンター応答性改善回路9とに入力される。つまり、トルクTはアシスト特性マップを有する操舵補助指令値演算3に入力され、電流指令値の基本となる操舵補助指令値 $I_0$ が出力され、

50

この操舵補助指令値  $I_0$  は位相補償回路 10 に入力される。トルク  $T$  は、さらに数 1 の微分特性を有するセンタ一応答性改善回路 9 に入力され、加算回路 7 において、数 2 の特性を有する位相補償回路 10 の出力とセンタ一応答性改善回路 9 の出力  $I_t$  が加算される。以上の処理がトルク制御部に相当する。なお、加算回路 7 では、後述する慣性補償回路 23 の出力  $I_s$  も加算される。加算回路 7 の出力  $I_{ref}$  は、電流制御回路 11 に入力され、電圧指令値  $V_{ref}$  が決定される。

【0023】

【数 1】

$$I_c = dT / dt$$

【数 2】

$$G(s) = (1 + s \cdot T_2) / (1 + s \cdot T_1)$$

なお、電流制御回路 11 に関して、電流指令値  $I_{ref}$  に対して F B 制御をする場合と F F 制御をする場合があり、図 1 では、F F 制御を採用した場合の実施例について説明しているが、F B 制御の実施例については、後で説明する。よって、電流指令値  $I_{ref}$  を数 3 の位相進み特性を有する電流制御回路 11 に入力し、新たな指令値  $V_{ref}$  が算出される。

【0024】

【数 3】

$$V_{ref} = (R + s \cdot L) \cdot I_{ref}$$

モータ 14 を制御する基本的な指令値は  $V_{ref}$  であるが、この  $V_{ref}$  にさらに補助信号である逆起電圧 E M F と外乱  $V_{dis}$  が加算される。なお、逆起電圧 E M F は、モータ 14 の逆起電圧 E M F を電圧検出回路 16 で検出したモータ端子電圧  $V$  と電流検出回路 15 で検出した電流  $I$  から後述詳細に説明する逆起電圧算出回路 17 で算出する。また、外乱  $V_{dis}$  は PWM 制御回路 12 に指示したとおりにインバータ回路 13 が出力しているか監視し、差があれば補償するための信号である。

【0025】

元に戻って、電流制御回路 11 から出力された  $V_{ref}$  に加算回路 20 で外乱  $V_{dis}$  が加算され、さらに、加算回路 18 で E M F が加算され、PWM 制御回路 12 の入力 ( $V_{ref} + E M F + V_{dis}$ ) となる。この入力信号に基づきインバータ回路 13 を PWM 制御し、モータ 14 はインバータ回路 14 から供給される電流によってトルク制御される。

【0026】

以上が、図 1 に示す F F 制御を適用したモータ 14 のトルク制御の基本制御であるが、モータ 14 の出力トルクが、トルク指令値  $T_{ref}$  に忠実に高速に応答しトルクリップルも少ないことが望ましい。しかし、上述したノイズの影響により、上記目的達成の妨害要因となり、特に、図 1 の各処理回路には、多くの微分回路や位相進み回路を適用しており、これらがノイズに対して脆弱なため、本発明を適用する必要がある。

【0027】

微分回路や位相進み回路を適用した各処理回路にデシメーションを施した実施例について、以下、順に説明する。つまり、トルク制御部、逆起電圧算出回路と角加速度算出回路、外乱オブザーバ回路の順に説明する。

【0028】

トルク制御部には、図 1 において、センタ一応答性改善回路 9 が数 1 の微分演算であり、位相補償回路 10 には、数 2 の示す一次進み遅れ演算となっている。そこで、図 2 にデシメーション処理した場合微分回路とローパスフィルタ回路（以下 L P F 回路と記す）の組み合わせを示す。また、図 3 にデシメーション処理した一次進み遅れ回路を示す。

【0029】

図 2 は近似微分回路 9-1 と L P F 回路 9-2 の組み合わせたから構成されている。近似微分回路 9-1 は遅延回路 9-3、9-4 と減算回路 9-6 から構成されている。即ち、近似微分回路 9-1 の入力遅延回路 9-3 と減算回路 9-6 に入力され、微分回路 9-

10

20

30

40

50

3の出力は微分回路9-4に入力されている。微分回路9-4の出力が減算回路9-6の入力となり、減算回路9-6の出力が近似微分回路9-1の出力となる。

【0030】

また、LPF回路9-2は遅延回路9-5と減算回路9-7と加算回路9-8および増幅回路9-9、9-10から構成されている。即ち、近似微分回路9-1の出力がLPF回路9-2の入力となり、まず、減算回路9-7の入力となる。また、増幅回路9-9の出力が減算回路9-7の他方の入力となり、減算回路9-7の出力が遅延回路9-5および加算回路9-8の入力となる。遅延回路9-5の出力は増幅回路9-9の入力および加算回路9-8の入力となる。加算回路9-8の出力が増幅回路9-10に入力され、増幅回路9-10の出力がLPF回路9-2の出力となる。

10

【0031】

ここで重要なことは、微分回路9-1の遅延回路9-4がデシメーションの作用をして間引き効果をもち、サンプリング時間を大きくとることによりノイズの除去に効果がある。また、LPF回路9-2のサンプリング時間を微分回路9-1のサンプリング時間より小さくすることにより高周波領域での遅れを小さくすることができ高速応答性を有する。

【0032】

このデシメーションの効果をボード線図で示すと図4のようになる。図4は、デシメーションした近似微分とLPF回路の組み合わせ及び従来の近似微分とLPF回路の組み合わせとをボード線図上で比較したものである。図4において、従来の近似微分は、100Hz付近までしか正しく計算できず、また、400Hzでのロールオフ率も大きくない。一方、デシメーションした近似微分は200Hz付近まで正しく近似微分を計算できている。図5はデシメーションした近似微分とLPF回路の組み合わせと従来の近似微分と2次のLPF回路の組み合わせを比較したものである。従来の近似微分でデシメーションした近似微分とLPF回路の組み合わせと同じロールオフ率を得る為にはLPF回路の次数の高い2次のLPF回路にする必要があるが、2次のLPF回路は計算量が多く、また位相遅れも大きくなる問題がある。つまり、デシメーションした近似微分は少ない計算量で位相遅れが小さく、ロールオフ率が大きいという優れた効果を有していることがわかる。

20

【0033】

このデシメーションの効果をみるために、チャープ波形（周波数が増加する正弦波）を従来の近似微分とLPF回路の組み合わせ及びデシメーションした近似微分とLPF回路の組み合わせに入力した場合の出力結果について図6（A）と図6（B）で比較して示す。図6（A）はデシメーションを利用しない微分とLPF回路の組み合わせ回路を通過させた信号出力であり、図6（B）は図2のデシメーションを利用した微分回路9-1とLPF回路9-2の組合せ回路の信号出力である。明らかに同図（B）のデシメーションを利用した組み合わせ回路の方がノイズが少ないことがわかる。そこで、本回路を図1のセンタ応答性改善回路9に適用すれば、ノイズの少ない微分回路によって出力I<sub>c</sub>が得られる。

30

【0034】

図3は、位相進み回路10-1とLPF回路9-2との組合せ回路である。位相進み回路10-1は遅延回路10-2、10-3と減算回路10-4と加算回路10-5と増幅回路10-8、10-9、10-10より構成される。即ち、位相進み回路の入力は、まず、減算回路10-4に入力される。減算回路10-4のもうひとつの入力は増幅回路10-8の出力であり、減算回路10-4の出力は増幅回路10-10および遅延回路10-2の入力となる。遅延回路10-2の出力は増幅回路10-8および遅延回路10-3の入力となる。遅延回路10-3の出力が増幅回路10-9の入力になり、増幅回路10-9の出力と増幅回路10-10の出力が加算回路10-5に入力される。加算回路10-5の出力が位相進み回路10-1の出力となる。

40

【0035】

また、LPF回路9-2は図2のLPF回路9-2と同じである。ここでも位相進み回路10-1の遅延回路10-3でサンプリング時間を大きく取ってノイズの除去を可能とす

50

る。その後のLPF回路のサンプリング時間との関係では、LPF回路のサンプリング時間を位相進み回路のサンプリング時間より小さくしてLPF回路の高周波領域での遅れを小さくしている。そこで、図1の位相補償回路10に本回路を適用して、指令値  $I_t = (1 + s \cdot T_2) \cdot I_0 / (1 + s \cdot T_1)$  を算出する。ここでもデシメーションの効果により、位相進み  $(1 + s \cdot T_2)$  でのノイズ除去に効果があり、また、後段のLPF回路の  $1 / (1 + s \cdot T_1)$  では、サンプリング時間を小さくして高周波領域での遅れを小さくできる。

#### 【0036】

電流制御回路11の伝達関数は  $(R + s \cdot L)$  であるが、この位相進み要素には、図3における位相進み回路10-1と同様の手法を適用すればノイズの除去に効果がある。トルク制御部に関する微分演算、位相進み演算およびそれらとLPF回路の組み合わせ回路へ

10

#### 【0037】

次に、逆起電圧算出回路17に対する本発明の適用について図7を用いて説明する。まず、逆起電圧の算出式を数4に示す。

#### 【0038】

##### 【数4】

$$EMF = V - (R + s \cdot L) \cdot I / (1 + s \cdot T_f)$$

である。ここで、Rはモータの抵抗、Lはモータのインダクタンスである。

#### 【0039】

この処理を実現するため、図7において、逆起電圧算出回路17は電流Iを入力として伝達関数  $(R + s \cdot L) / (1 + s \cdot T_f)$  をもつ伝達関数回路17-1とその出力および電圧Vとを入力とする加算回路17-2から構成されている。ここでも電流算出回路16で検出されたノイズを含む電流Iに対して位相進みおよびLPFによるノイズ除去を実行している。この伝達関数回路17-1に図3の位相進み遅れ回路と同様のデシメーション処理を適用すればノイズの除去に効果がある。

20

#### 【0040】

次に、角加速度  $\alpha$  の算出については、数5および数6によって算出することができる。

#### 【0041】

##### 【数5】

$$\omega = EMF / K_e$$

である。ここで、 $\omega$  はモータの角速度、 $K_e$  は逆起電圧定数である。

#### 【0042】

##### 【数6】

$$\alpha = d\omega / dt$$

である。

#### 【0043】

よって、図1の角速度推定回路21では、数5の式を実行して、その後に、角加速度算出回路22で $\omega$ を入力とし、数6の微分演算によって角加速度 $\alpha$ を算出している。ここで、角加速度算出回路21-2は微分演算なので、図2の微分回路9-1とLPF回路9-2の組み合わせ回路を適用すれば、ノイズの除去に効果があり、高応答性を実現できる。

30

40

#### 【0044】

最後に、外乱オブザーバ回路19については、図8を用いて説明する。外乱オブザーバ回路の機能は、入力の指令値  $(V_{ref} + EMF + V_{dis})$  の指示通りにインバータの出力、即ち、モータ電流Iが出力しているかを監視する機能であって、それらに差があるとその差をフィードバックして差を無くすように機能する。具体的な回路は図8に示す通りである。 $(V_{ref} + EMF + V_{dis})$  を入力とする伝達関数  $(k / (1 + s \cdot T_f))$  をもつ伝達関数回路19-1と電流Iを入力とし伝達関数  $(R + s \cdot L) / (1 + s \cdot T_f)$  をもつ伝達関数回路19-2のそれぞれの出力の差を減算回路19-3でとって、その差を図1の加算回路20にフィードバックしている。そして伝達関数回路19-1お

50

よび19-2では、それぞれ一次遅れ演算と位相進み遅れ演算を実行しているので、ノイズ除去のために、伝達関数回路19-1の一次遅れ演算には図2のLPF回路を適用し、伝達関数回路19-2の位相進み遅れには、図3の位相進み回路10-1とLPF回路9-2を適用すれば、ノイズ除去に効果がある。

#### 【0045】

以上説明したように、図1の制御回路には多くの微分演算および位相進み演算が存在し、これらは、ノイズを発生、拡大の要因になるが、デシメーションを利用した演算によりノイズの除去に極めて効果がある。

#### 【0046】

以上の説明では、微分回路や位相進み回路にデシメーションを適用した実施例について説明したが、電動パワーステアリング装置の装置構成によっては、つまり大型車用の電動パワーステアリング装置と小型車用の電動パワーステアリング装置の違い等により、サンプリングの時間を大きく取れない場合があり、その場合はデシメーションの効果が多く期待できない恐れがある。

#### 【0047】

そのような場合は、微分回路や位相進み回路をデシメーション処理するのではなく、微分回路や位相進み回路は従来の回路を使用し、その出力にデシメーション処理したLPF回路（デシメーションフィルタ）を配して、組み合わせとしては同じ様な効果を期待できる。

#### 【0048】

デシメーションフィルタの実施例を図9に示す。デシメーションフィルタ9-20は遅延回路9-12、9-13と加算回路9-15、減算回路9-16および増幅回路9-17、9-18、9-19から構成されている。その構成は入力と増幅回路9-17とが加算回路9-15で加算され、加算回路9-15の出力が増幅器9-18および遅延回路9-12の入力となる。遅延回路9-12の出力は増幅回路9-17および遅延回路9-13の入力となる。遅延回路9-13の出力は増幅回路9-19の入力となり、増幅回路9-19の出力と増幅回路9-18の出力が減算回路9-16で減算され、減算回路9-16の出力がデシメーションフィルタ9-20の出力となる。

#### 【0049】

ここでデシメーションは遅延回路9-12、9-13によって実現され、LPF回路9-2より、さらにデシメーション効果を持たせ、ノイズ除去効果を高めている。LPF回路9-2の代わりにデシメーションフィルタ9-20を使用する理由は、例えば、位相進み回路10-1のサンプリング時間を大きくできない場合、ノイズ除去能力の高いデシメーションフィルタ9-20を利用すればノイズを効果的に除去できる。

#### 【0050】

このデシメーションフィルタの効果を図10に示す。図9ではNを一般化した場合の構成図を示したが、図10はN=2、3、5、9およびa=0.02の場合のボード線図である。Nに応じて、カットオフ周波数が変化しており、ゲインを見るとノイズのロールオフ率（遮断性能）が非常に高いことがわかる。

#### 【0051】

このデシメーションフィルタの効果をみるために、このデシメーションフィルタにチャープ波形を入力した場合の出力結果を図11に示す。図11の出力波形と図6(A)のデシメーションを利用しない微分とLPF回路の組み合わせの出力波形とを比較すると、明らかに図11のデシメーションフィルタを通過させた出力波形の方がノイズが少ないことがわかる。

#### 【0052】

本発明を図1のようなFF制御を用いた電動パワーステアリング装置の制御装置に適用した場合について説明したが、本発明は図12に示すようなFB制御を用いた電動パワーステアリング装置の制御装置に用いても効果がある。図12のFB制御による制御装置と図1のFF制御の制御装置と異なるところは、電流検出回路15で検出したモータ電流I

10

20

30

40

50

を電流制御回路200にフィードバックして減算回路201で指令値Irefとの誤差を算出し、その誤差を比例積分回路202に入力して指令値Vrefを算出するところが異なる。しかし、図12におけるFB制御の制御装置で使用される微分演算や位相進み演算あるいはLPF回路などは、図1の演算などと同じであり、ノイズなどに対する効果もFF制御の場合と同じような効果を得ることができる。

#### 【0053】

本発明は、上述したようにセンサ類で検出した電動パワーステアリング装置の状態を示す信号からノイズを除去するときに、本来の状態を示す信号まで除去しないようにする効果を有している。よって、電動パワーステアリング装置の状態を検出するセンサは、実施例で示したモータの端子電圧や電流を検出する電圧検出センサや電流検出センサ、或いは操舵トルクを検出するトルクセンサに限らず、モータの回転数を検出するセンサ、例えば、レゾルバやタコメータなどの他のセンサにも本発明は適用できる。

10

#### 【0054】

##### 【発明の効果】

以上に説明したように、本発明の電動パワーステアリング装置の制御装置によれば、デシメーションを利用した微分演算や位相進み演算を用いることによって、電動パワーステアリング装置の検出センサ等から検出されたロードインフォメーションなどは除去されずに検出センサなどで発生したノイズだけが除去されることにより、アシストトルクに振動を発生させないようにモータを正しく制御して、不快な異常音や振動のない電動パワーステアリング装置の制御装置を提供できる効果がある。

20

##### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用するフィードフォワード制御を利用した電動パワーステアリング装置の制御装置の制御ブロック図である。

【図2】本発明のデシメーションを利用した微分演算とLPF回路の演算ブロック図である。

【図3】本発明のデシメーションを利用した位相進み演算とLPF回路の演算ブロック図である。

【図4】デシメーション処理をしない微分演算とデシメーション処理した微分演算によるボード線図の比較を示す図である。

【図5】デシメーション処理をしない微分演算とデシメーション処理した微分演算とLPF回路との組み合わせによるボード線図の比較を示す図である。

30

【図6】デシメーション処理をしない微分演算(A)とデシメーション処理した微分演算(B)によるノイズ除去効果の比較を示す図である。

【図7】逆起電圧算出回路の詳細な制御ブロック図である。

【図8】外乱オブザーバ回路の詳細な制御ブロック図である。

【図9】本発明のデシメーションを利用したLPF回路の演算ブロック図である。

【図10】デシメーションを利用したLPF回路によるボード線図の比較を示す図である。

【図11】デシメーションフィルタによるノイズ除去効果の比較を示す図である。

【図12】本発明を適用するフィードバック制御を利用した電動パワーステアリング装置の制御装置の制御ブロック図である。

40

【図13】従来の電動パワーステアリング装置の制御装置の制御ブロック図である。

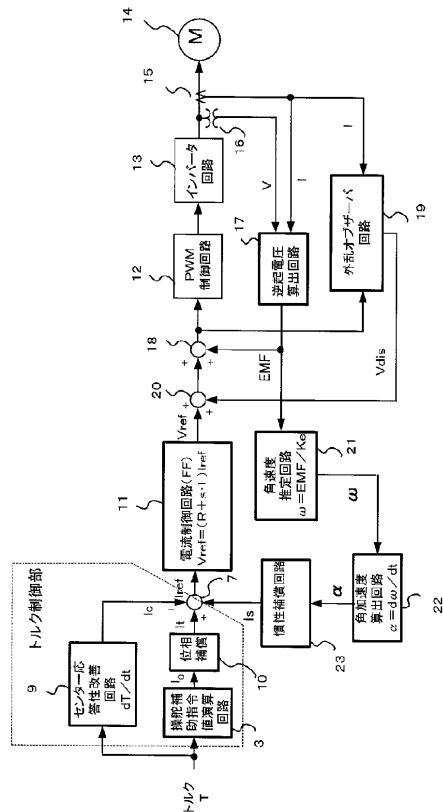
##### 【符号の説明】

- 3 操舵補助指令値演算回路
- 7 加算回路
- 9 センター応答性改善回路
- 10 位相補償回路
- 11 電流制御回路(FF)
- 12 PWM制御回路
- 13 インバータ回路

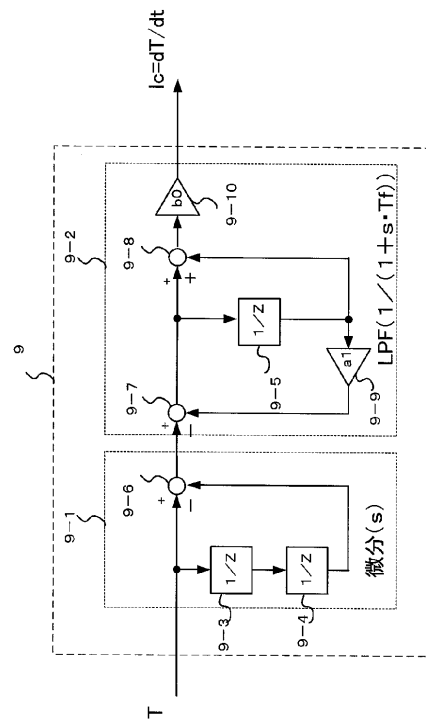
50

|                           |              |    |
|---------------------------|--------------|----|
| 1 4                       | モータ          |    |
| 1 5                       | 電流検出回路       |    |
| 1 6                       | 電圧検出回路       |    |
| 1 7                       | 逆起電圧算出回路     |    |
| 1 8                       | 加算回路         |    |
| 1 9                       | 外乱オブザーバ回路    |    |
| 2 0                       | 加算回路         |    |
| 2 1                       | 角速度推定回路      |    |
| 2 2                       | 角加速度算出回路     |    |
| 2 3                       | 慣性補償回路       | 10 |
| 9-1                       | 微分回路         |    |
| 9-2                       | L P F 回路     |    |
| 9-3, 9-4, 9-5, 9-12, 9-13 | 遅延回路         |    |
| 9-6, 9-7                  | 減算回路         |    |
| 9-8、                      | 加算回路         |    |
| 9-9, 9-10                 | 増幅回路         |    |
| 10-1                      | 位相進み回路       |    |
| 10-2, 10-3                | 遅延回路         |    |
| 10-4                      | 減算回路         |    |
| 10-5                      | 加算回路         | 20 |
| 10-8, 10-9, 10-10         | 増幅回路         |    |
| 9-20                      | デシメーションフィルタ  |    |
| 9-12、9-13                 | 遅延回路         |    |
| 9-16                      | 減算回路         |    |
| 9-15                      | 加算回路         |    |
| 9-17, 9-18, 9-19          | 増幅回路         |    |
| 200                       | 電流制御回路 (F B) |    |
| 201                       | 減算回路         |    |
| 202                       | 比例積分回路       |    |

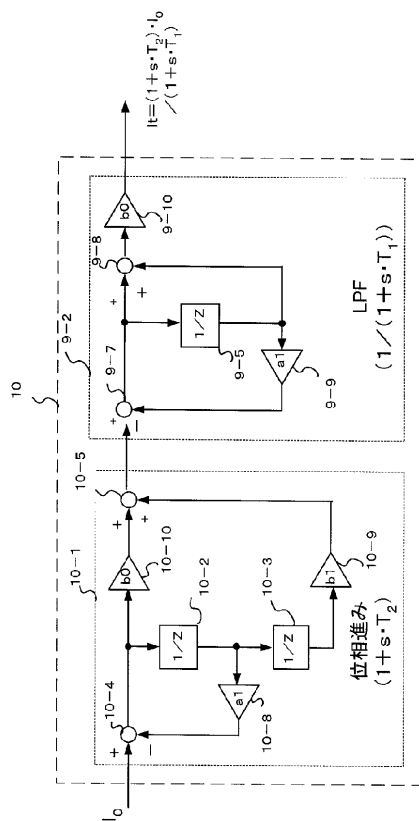
【図 1】



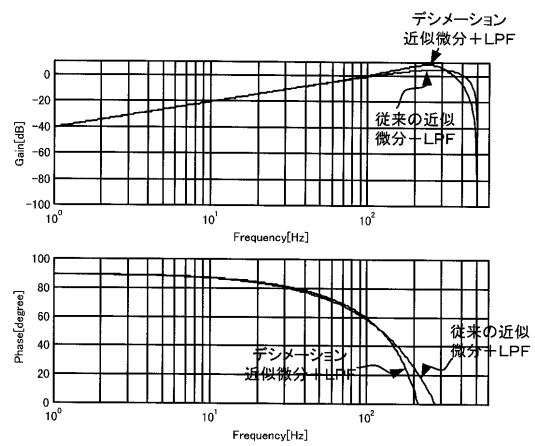
【図 2】



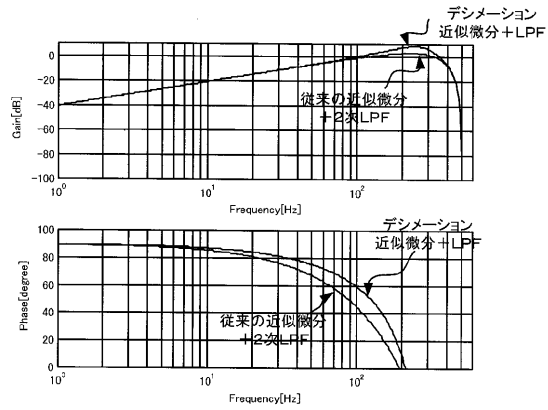
【図 3】



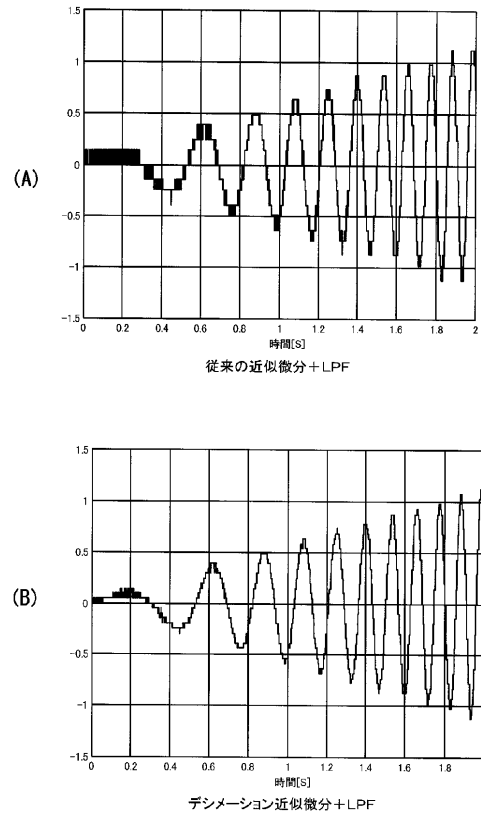
【図 4】



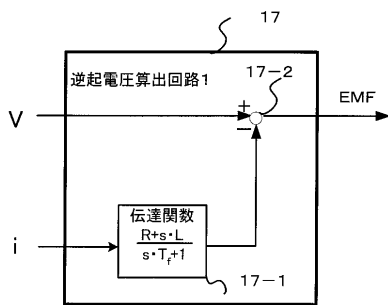
【図 5】



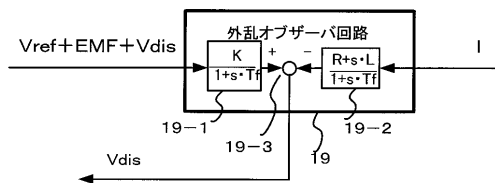
【図 6】



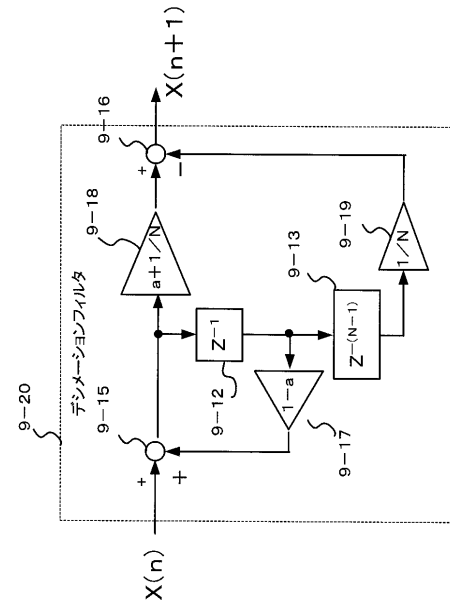
【図 7】



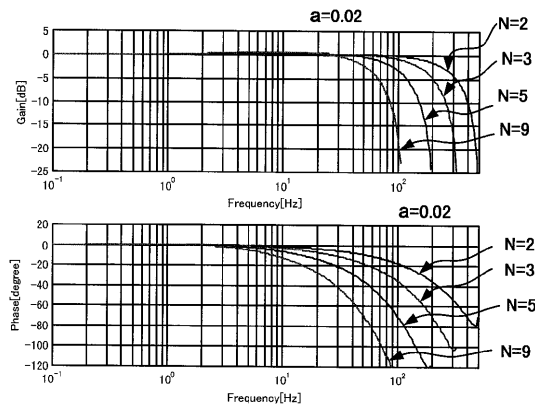
【図 8】



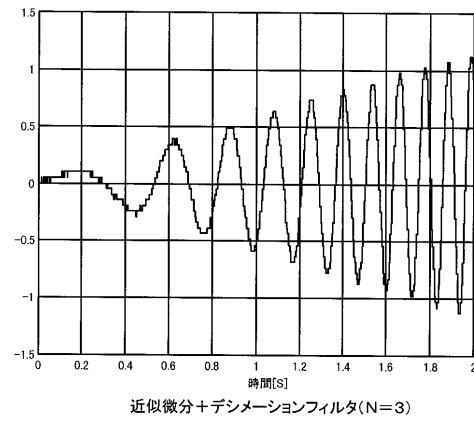
【図 9】



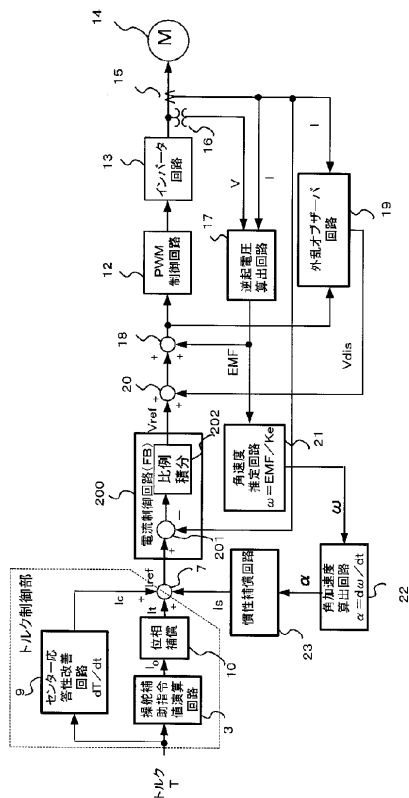
【図 10】



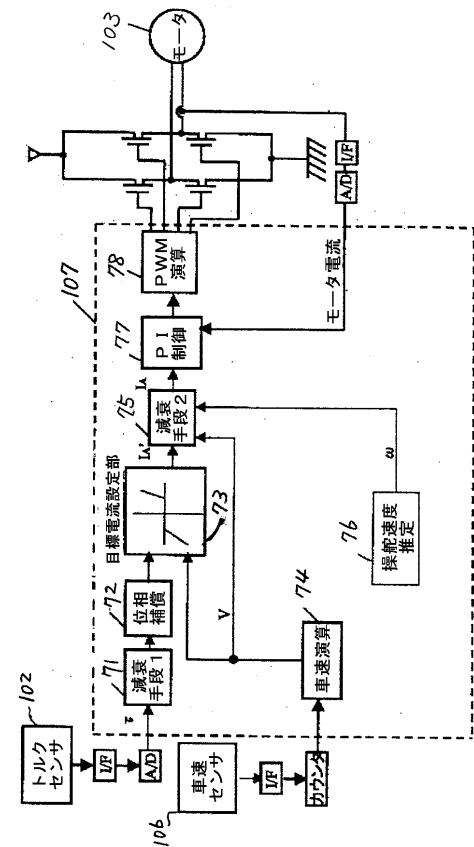
【図 11】



【図 12】



【図 13】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 青木 友保  
群馬県前橋市鳥羽町78番地 NSKステアリングシステムズ株式会社内
- (72)発明者 遠藤 修司  
群馬県前橋市鳥羽町78番地 NSKステアリングシステムズ株式会社内

審査官 佐々木 智洋

- (56)参考文献 特開平01-110077 (JP, A)  
特開平04-123524 (JP, A)  
特表平08-510100 (JP, A)  
特開2003-127888 (JP, A)  
特開2003-267237 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
B62D 6/00  
B62D 5/04