

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004年12月2日 (02.12.2004)

PCT

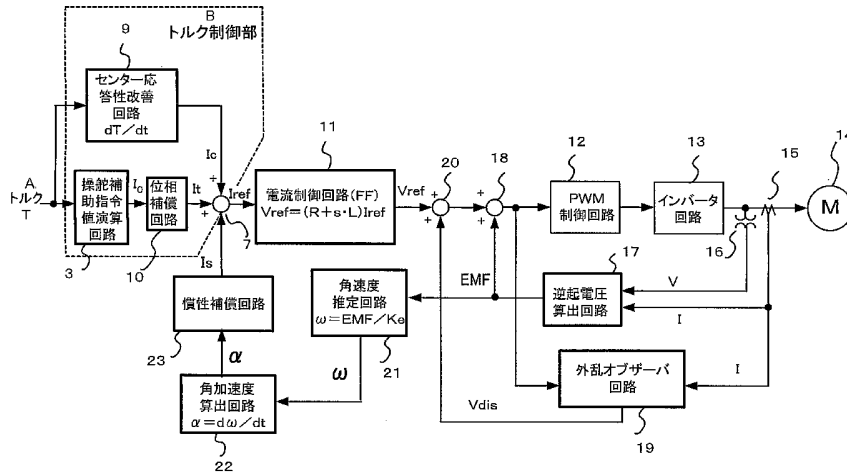
(10) 国際公開番号
WO 2004/103800 A1

- (51) 国際特許分類: B62D 6/00, 5/04
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2004/006886
- (22) 国際出願日: 2004年5月14日 (14.05.2004)
- (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2003-147759 2003年5月26日 (26.05.2003) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日本精工株式会社 (NSK LTD.) [JP/JP]; 〒1418560 東京都品川区大崎1丁目6番3号 Tokyo (JP). NSKステアリングシステムズ株式会社 (NSK STEERING SYSTEMS CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1418560 東京都品川区大崎1丁目6番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 青木 友保 (AOKI, Yuho) [JP/JP]; 〒3718527 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 Gunma (JP). 遠藤 修司 (ENDO, Shuji) [JP/JP]; 〒3718527 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 Gunma (JP).
- (74) 代理人: 安形 雄三 (AGATA, Yuzo); 〒1070052 東京都港区赤坂2丁目13番5号 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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG,

[続葉有]

(54) Title: ELECTRIC POWER STEERING DEVICE CONTROLLER

(54) 発明の名称: 電動パワーステアリング装置の制御装置



- A...TORQUE T
- B...TORQUE CONTROL SECTION
- 9...CENTER RESPONSE IMPROVING CIRCUIT
- 3...STEERING AUXILIARY INSTRUCTION VALUE CALCULATION CIRCUIT
- 10...PHASE COMPENSATION CIRCUIT
- 11...CURRENT CONTROL CIRCUIT (FF)
- 23...INERTIA COMPENSATION CIRCUIT
- 22...ANGULAR ACCELERATION CALCULATION CIRCUIT
- 21...ANGULAR VELOCITY ESTIMATION CIRCUIT
- 12...PWM CONTROL CIRCUIT
- 13...INVERTER CIRCUIT
- 17...COUNTER ELECTROMOTIVE VOLTAGE CALCULATION CIRCUIT
- 19...EXTERNAL TURBULENCE OBSERVER CIRCUIT

(57) Abstract: By using a differentiation calculation and a phase advance calculation utilizing decimation in the differentiation calculation and the phase advance calculation in an electric power steering device controller, it is possible to eliminate only noise from the information such as load information detected from a sensor or the like so that no vibration is caused by noise in motor output. Thus, it is possible to provide an electric power steering device not causing a vibration of a steering wheel or noise unpleasant for a driver.

[続葉有]



WO 2004/103800 A1



SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN,
TD, TG).

(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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF,

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約: 電動パワーステアリング装置の制御装置における微分演算や位相進み演算において、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、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の情報からノイズだけを除去して、モータ出力にノイズによる振動が発生させず、運転手にとって不快なハンドルの振動や騒音が発生しない電動パワーステアリング装置を提供できる。

明 細 書

電動パワーステアリング装置の制御装置

5 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

10 装置の制御装置に関する。

背景技術

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
15 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 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
25 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。

例えば、日本国特許文献（特開 2002-234454 号公報）で開

示されている方法を説明すると、第1図において、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、 $I F$ と記す）およびアナログデジタル変換（以下、 $A D$ 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106で検出された車速 V やモータ103のモータ電流 I が $I F$ や $A D$ 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。

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指令電流 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、 $P I$ 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 I が供給されるように $P W M$ 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。

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、 $P I$ 制御77に入力せず、一旦、減衰手段75を介して、指令電流 I_A' からノイズを除去して $P I$ 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 ω 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。

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。

しかし、上述した日本国特許文献（特開 2 0 0 2 - 2 3 4 4 5 4 号公報）では、ローパスフィルタ（以下 L P F と記す）のカットオフ周波数が操舵速度の絶対値に基づいて算出されるが、カットオフ周波数演算部は
5 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づいて決定されたカットオフ周波数をもつ L P F 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 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、L P F 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。

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
15 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 A D 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、他の日本国特許文献（特開平 1 0 - 1 0 9 6 5 6 号公報）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
20 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。

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
25 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。

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
5 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。

発明の開示

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
10 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または位相進み演算回路を有し、前記微分演算回路または前記位相進み演算回
15 路の演算がデシメーション処理する演算であることによって達成される。また、上記目的は、デシメーション処理された前記微分演算回路または前記位相進み演算回路の出力にローパスフィルターを備え、前記微分演算回路また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
20 フィルター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、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に、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たこと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、
25 電流、操舵トルク又は前記モータの回転数であることことによって達成される。

図面の簡単な説明

第1図は、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。

5 第2図は、本発明を適用するフィードフォワード制御（FF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。

第3図は、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。

10 第4図は、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。

第5図は、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。

15 第6図は、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。

第7図は、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。

第8図は、逆起電圧算出回路の詳細な制御ブロック図である。

第9図は、外乱オブザーバ回路の詳細な制御ブロック図である。

20 第10図は、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。

第11図は、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。

25 第12図は、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。

第13図は、本発明を適用するフィードバック制御（FB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。

発明を実施するための最良の形態

5 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、ノイズ除去の機能も有している。

10 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。

15 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の情報やモータ電圧、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。

20 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。

25 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。第2図は、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 およびモータ電流 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。

- 5 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、
- 10 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、さらに式 (1) の微分特性を有するセンター応答性改善回路 9 に入力され、加算回路 7 において、式 (2) の特性を有する位相補償回路 10 の出力 I_t とセンター応答性改善回路 9 の出力 I_c とが加算される。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
- 15 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。

$$I_c = dT / dt \cdots (1)$$

20 $G(s) = (1 + s \cdot T_2) / (1 + s \cdot T_1) \cdots (2)$

- なお、電流制御回路 11 に関して、電流指令値 I_{ref} に対してフィードバック制御（以下 FB 制御と記す）をする場合とフィードフォワード制御（以下 FF 制御と記す）をする場合があり、第 2 図では、FF 制
- 25 御を採用した場合の実施例について説明しているが、FB 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} を式 (3) の

位相進み特性を有する電流制御回路 11 に入力し、指令値である電圧指令値 V_{ref} が算出される。

$$V_{ref} = (R + s \cdot L) \cdot I_{ref} \dots (3)$$

5

モータ 14 を制御する基本的な指令値は V_{ref} であるが、この電圧指令値 V_{ref} にさらに補助信号である逆起電圧 EMF と外乱 V_{dis} が加算される。なお、逆起電圧 EMF は、モータ 14 の逆起電圧 EMF 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
10 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、誤差があれば補償するための信号である。

元に戻って、電流制御回路 11 から出力された電圧指令値 V_{ref} に
15 加算回路 20 で外乱 V_{dis} が加算され、さらに、加算回路 18 で逆起電圧 EMF が加算され、PWM 制御回路 12 の入力信号 ($V_{ref} + EMF + V_{dis}$) 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 13 から供給される電流によってトルク制御される。

20 以上が、第 2 図に示す FF 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、第 2 図の各処理回路には、多くの微分回路や位相進み回路を適用してお
25 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。

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、破線で囲まれたトルク制御部、逆起電圧算出回路 17 と角加速度算出回路 22、外乱オブザーバ回路 19 の順に説明する。

トルク制御部には、第 2 図において、センター応答性改善回路 9 が式 (1) の微分演算であり、位相補償回路 10 には、式 (2) の示す一次進み遅れ演算となっている。そこで、第 3 図にデシメーション処理した微分回路とローパスフィルタ回路（以下 LPF 回路と記す）の組み合わせ回路を示す。また、第 4 図にデシメーション処理した一次進み遅れ回路を示す。

10 第 3 図は近似微分回路 9-1 と LPF 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 ($1/Z$)、9-4 ($1/Z$) 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 の入力でありトルク値 T は、遅延回路 9-3 と減算回路 9-6 に入力される。そして、遅延回路 9-3 の出力は遅延回路 9-4 に入
15 力されている。遅延回路 9-4 の出力は、減算回路 9-6 の入力となり、減算回路 9-6 で前記トルク値 T との減算をする。そして、減算回路 9-6 の出力が近似微分回路 9-1 の出力となる。

また、LPF 回路 9-2 は遅延回路 9-5 ($1/Z$) と減算回路 9-7 と加算回路 9-8 および増幅回路 9-9 (ゲイン a 1)、9-10 (ゲイン b 0) 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
20 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。

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。

このデシメーションの効果をボード線図で示すと第 5 図のようになる。第 5 図は、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。第 5 図において、従来の近似微分は、100 Hz 付近までしか正しく計算できず、また、400 Hz 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 200 Hz 付近まで正しく近似微分を計算できている。

第 6 図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。

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第 7 (A) 図と第 7 (B) 図で比較して示す。第 7 (A) 図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、第 7 (B) 図は第 3 図のデシメーションを

利用した微分回路 9-1 と L P F 回路 9-2 の組合せ回路の信号出力である。明らかに第 7 (B) 図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、本回路を第 2 図のセンター応答性改善回路 9 に適用すれば、ノイズの少ない微分回路によって
5 出力 I_c が得られる。

第 4 図は、位相進み回路 10-1 と L P F 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 ($1/Z$), 10-3 ($1/Z$) と減算回路 10-4 と加算回路 10-5 と増幅回路 10-8 (ゲイン a_1), 10-9 (ゲイン b_1), 10-10 (ゲイン b_0)
10 より構成される。即ち、位相進み回路 10-1 の入力である操舵補助指令値 I_0 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 の出力である。そして、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。
15

また、L P F 回路 9-2 は第 3 図の L P F 回路 9-2 と同じである。
20 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る。その後の L P F 回路 9-2 のサンプリング時間との関係では、L P F 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 L P F 回路の高周波領域での遅れを小さくしている。そこで、第 2 図の位相補償回路 10 に本回路を適用して、位相補償回路 10 の出力である指令値 $I_t = (1 + s \cdot T_2) \cdot I_0 / (1 + s \cdot T_1)$ を算出する。ここでもデシメーションの
25

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。

5 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、第4図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の本発明の適用に付いて説明した。

10 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第8図を用いて説明する。まず、逆起電圧の算出式を式(4)に示す。

$$EMF = V - (R + s \cdot L) \cdot I / (1 + s \cdot T_f) \dots (4)$$

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。

15 この処理を実現するため、第8図において、逆起電圧算出回路 17 はモータ電流 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
20 除去を実行している。この伝達関数回路 17-1 に第4図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。

次に、角加速度 α の算出については、式(5)および式(6)によって算出することができる。

25

$$\omega = EMF / K_e \dots (5)$$

ここで、 ω はモータの角速度、 K_e は逆起電圧定数である。

$$\alpha = d\omega / dt \cdots (6)$$

よって、第2図の角速度推定回路21では、式(5)の式を実行して、その後、角加速度算出回路22で角速度 ω を入力とし、式(6)の微分演算によって角加速度 α を算出している。ここで、角加速度算出回路22は微分演算なので、第3図の微分回路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。

最後に、外乱オブザーバ回路19については、第9図を用いて説明する。外乱オブザーバ回路の機能は、入力の指令値($V_{ref} + E_{MF} + V_{dis}$)の指示通りにインバータ回路13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。

具体的な回路は第9図に示す通りである。信号($V_{ref} + E_{MF} + V_{dis}$)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、モータ電流 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と、伝達関数回路19-1の出力と伝達関数回路19-2の出力との差をとる減算回路19-3と、から構成されている。減算回路19-3の出力、即ち外乱 V_{dis} は、第2図の加算回路20にフィードバックされている。

そして伝達関数回路19-1および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。従って、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第3図のLPF回路9-2を適用し、伝達関数回路19-2の位相進み遅れには、第4図の位相進み回路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。

以上説明したように、第2図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。

5 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。

10 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。

15 デシメーションフィルタの実施例を第10図に示す。デシメーションフィルタ9-20は、遅延回路9-12 ($1/Z$)、9-13 ($Z^{-(N-1)}$) と加算回路9-15、減算回路9-16および増幅回路9-17 (ゲイン $(1-a)$)、9-18 (ゲイン $a+1/N$)、9-19 (ゲイン $1/N$) から構成されている。

20 それら要素の接続構成について説明する。まず、入力 $X(n)$ と増幅回路9-17の出力とが加算回路9-15で加算される。そして、加算回路9-15の出力が増幅回路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の入力となる。そして、増幅回路9-19の出力と増幅回路9-18の出力
25 とが減算回路9-16に入力され、減算演算されて、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 $X(n+1)$ となる。

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

5 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。

このデシメーションフィルタの効果を第 11 図に示す。第 10 図では N を一般化した場合の構成図を示したが、第 11 図は $N = 2, 3, 5, 9$ 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

10 オフ周波数が増加しており、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。

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第 12 図に示す。第 12 図の出力波形と第 7 図 (A) のデシメーションを利用しない微分

15 と LPF 回路の組み合わせの出力波形とを比較すると、明らかに第 12 図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。

本発明を第 2 図のような 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、本発明は第 13 図に

20 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。第 13 図の FB 制御による制御装置と第 2 図の FF 制御による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 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 I_{ref} との誤差を算出し、その誤差を比例積分回路 202

25 に入力して電圧指令値 V_{ref} を算出するところが異なる。しかし、第 13 図における 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、第2図のFF制御の制御装置で用いた演算と同じであり、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。

5 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。

15 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。

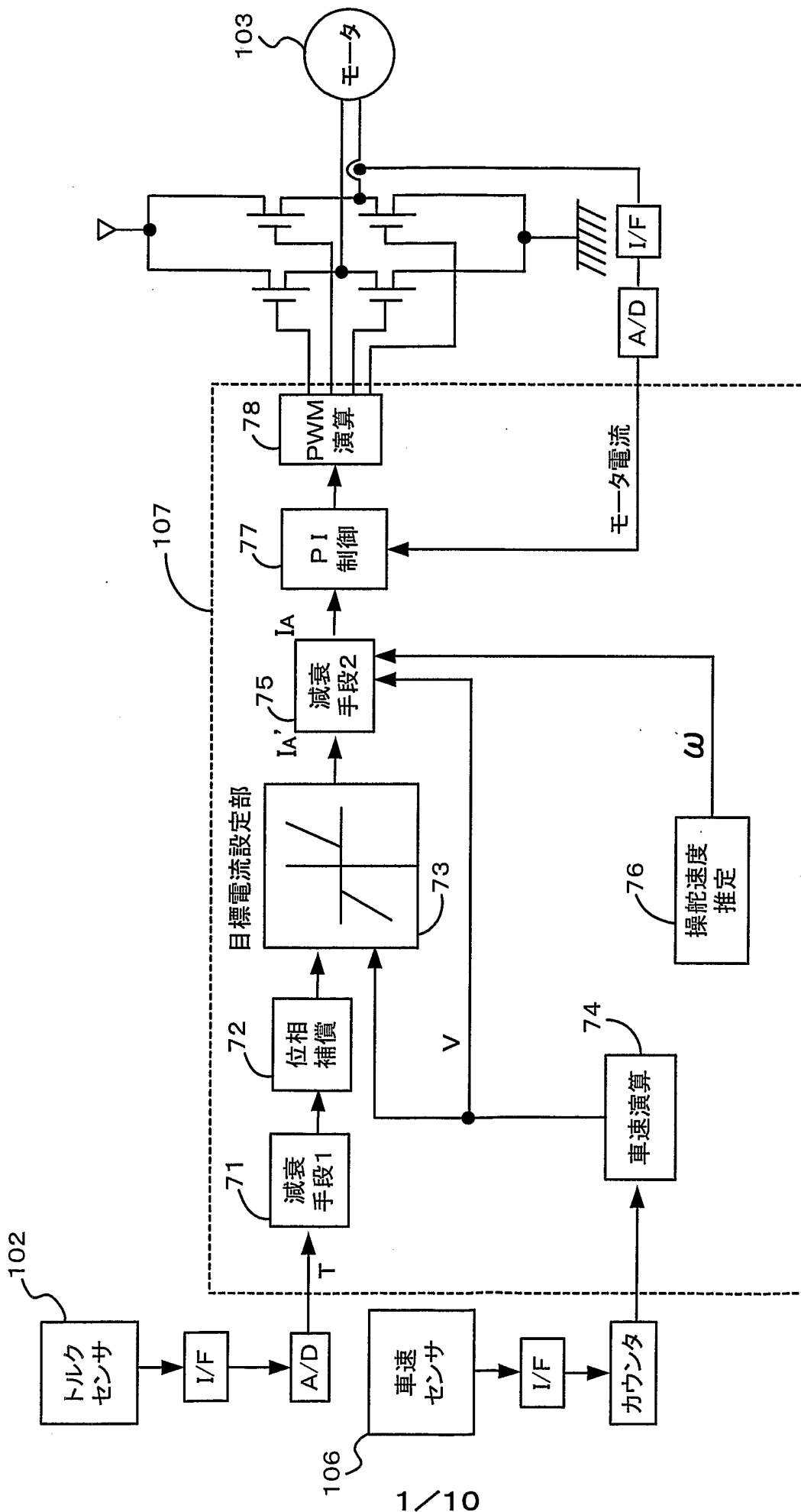
20 産業上の利用可能性

本発明にかかり電動パワーステアリング装置の制御装置は、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に用いるのに適している。

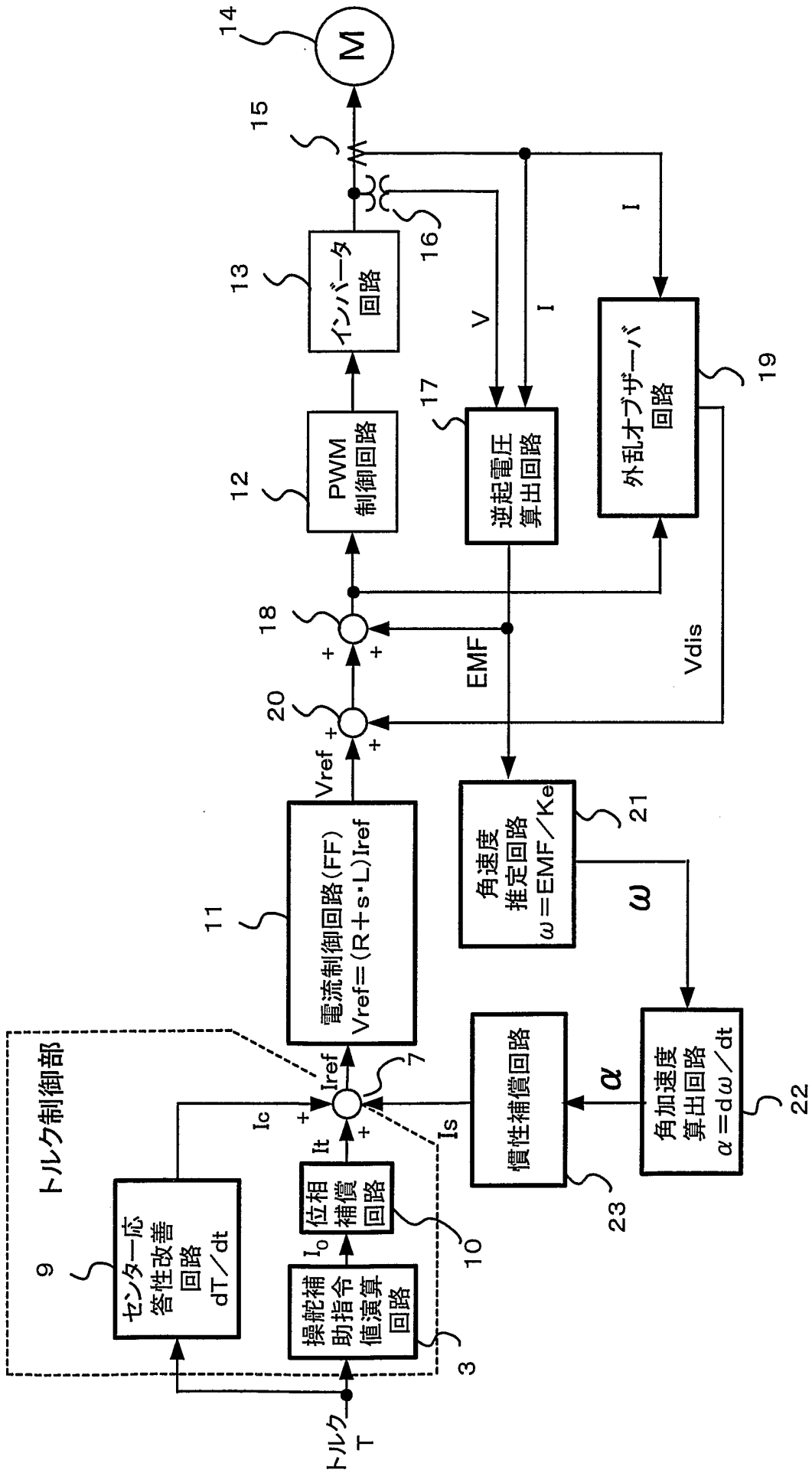
請 求 の 範 囲

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
- 5 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また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。
- 10 2. デシメーション処理された前記微分演算回路または前記位相進み演算回路の出力にローパスフィルターを備え、前記微分演算回路また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ーのサンプリング時間より大きい請求項の範囲第1項記載の電動パワーステアリング装置の制御装置。
- 15 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
- 20 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に、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た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。
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の範囲第
- 25 1項乃至請求項の範囲第3項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。

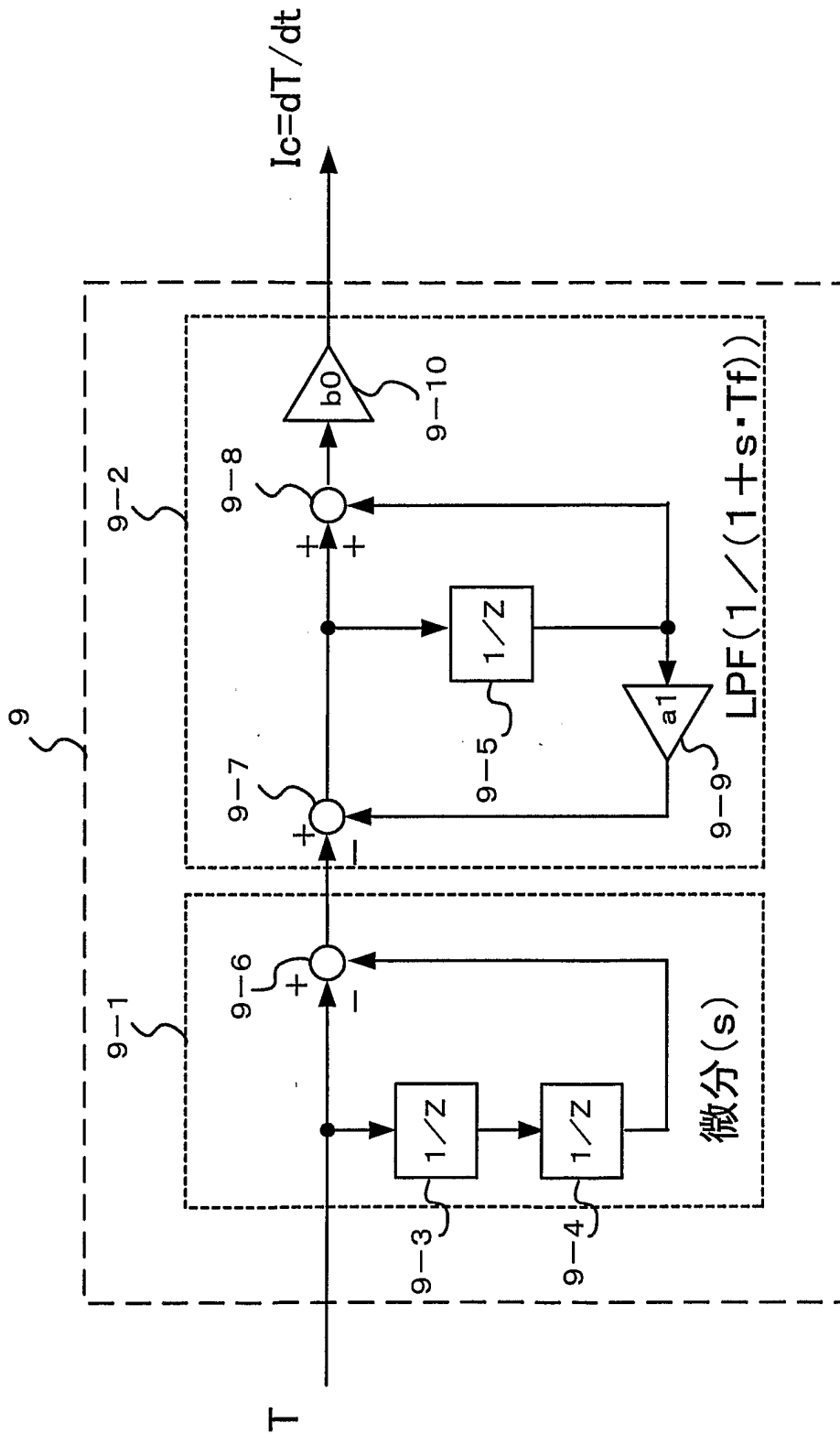
第1図



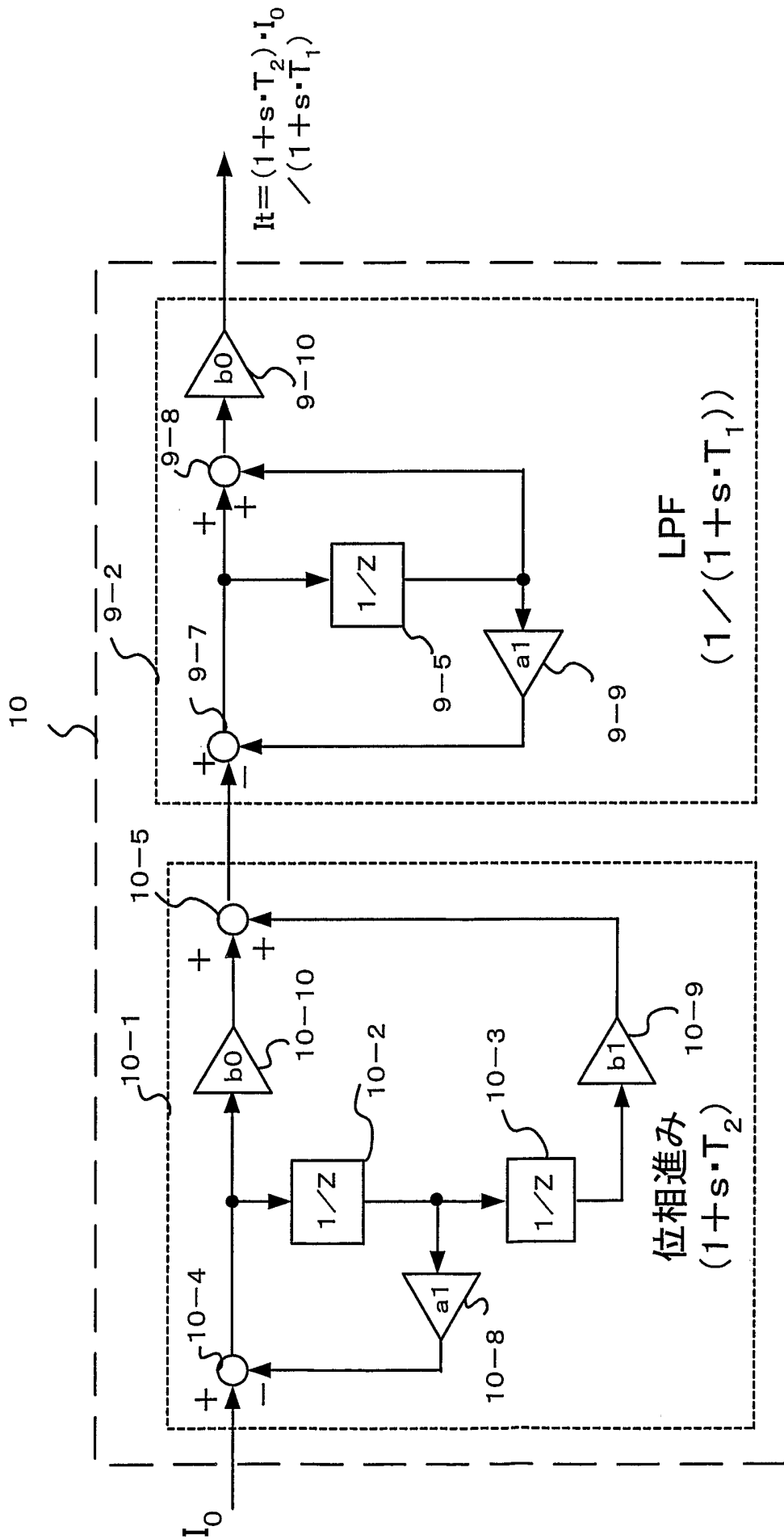
第2図



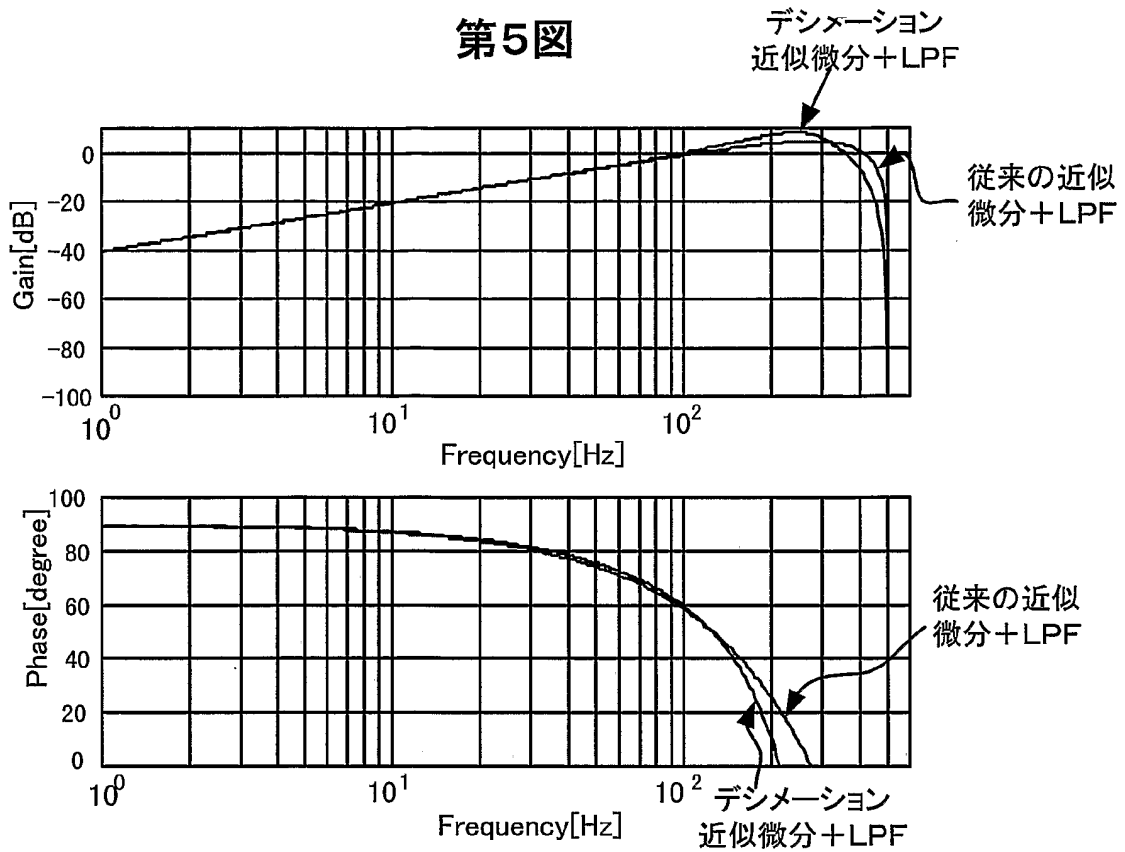
第3図



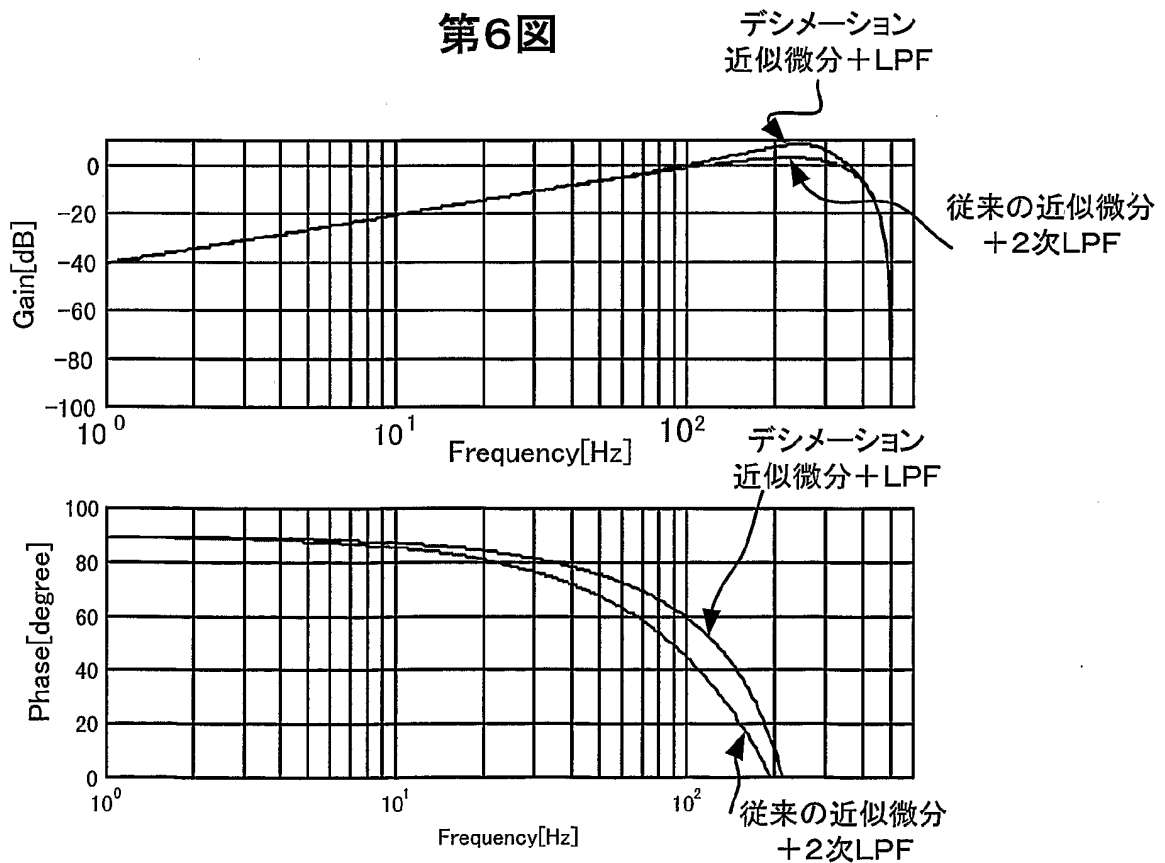
第4図



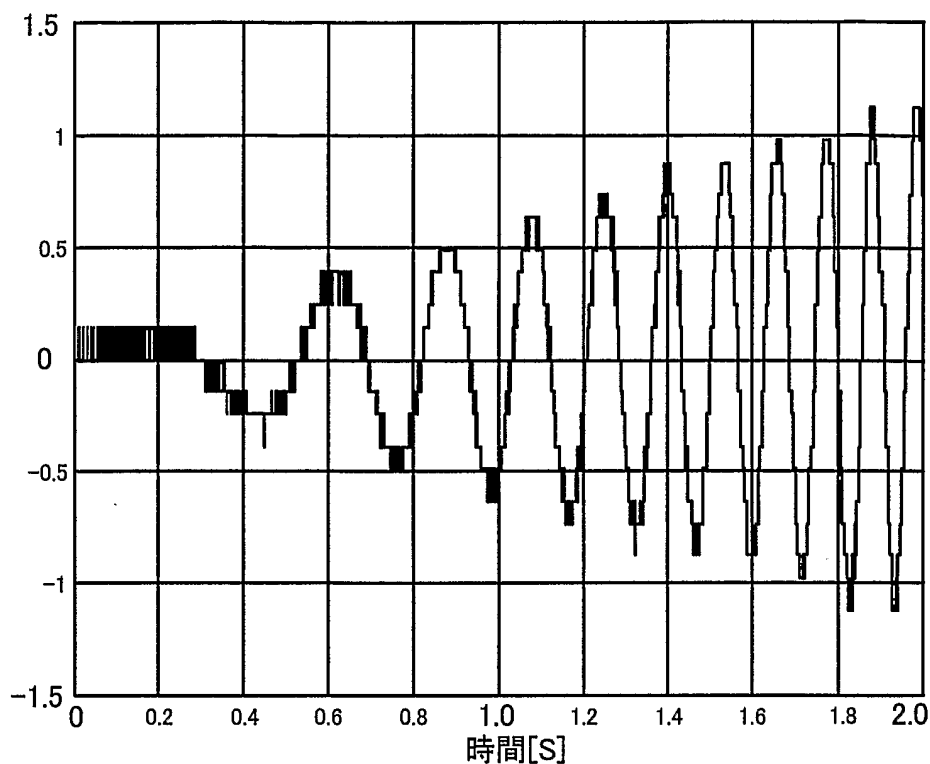
第5図



第6図

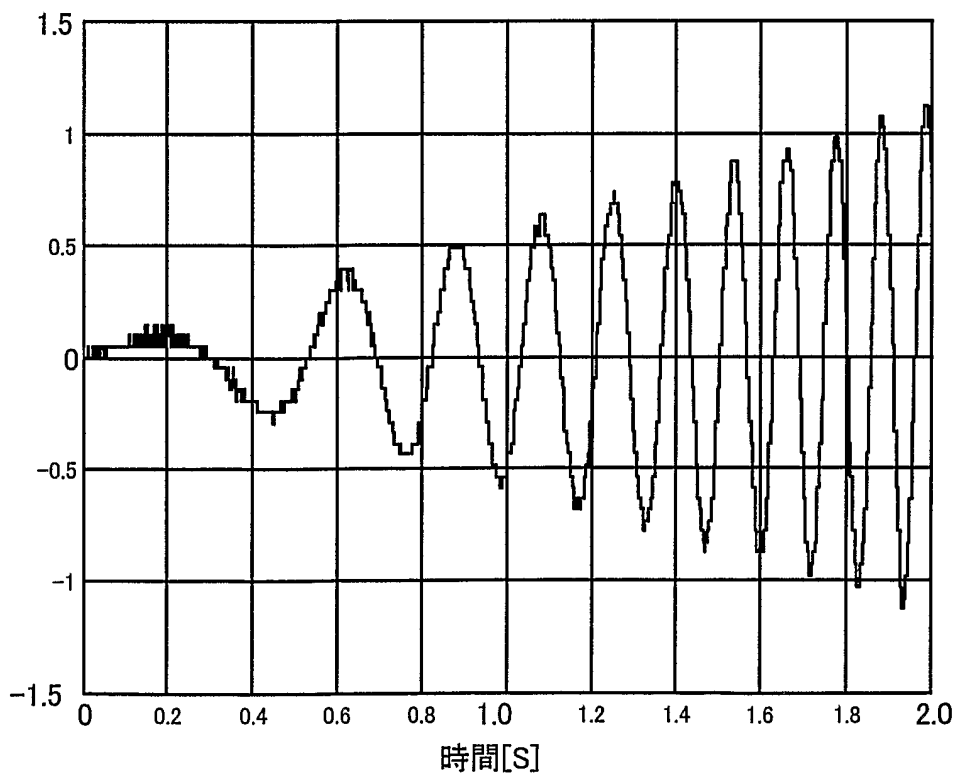


第7(A)図



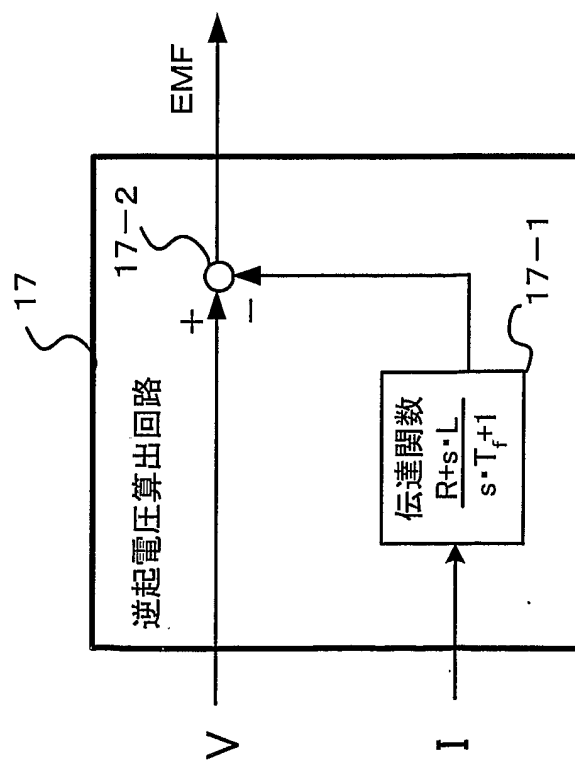
従来の近似微分+LPF

第7(B)図

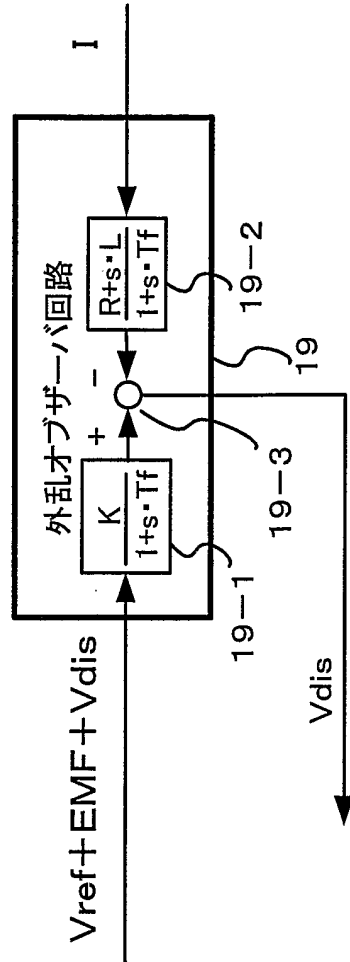


デシメーション近似微分+LPF

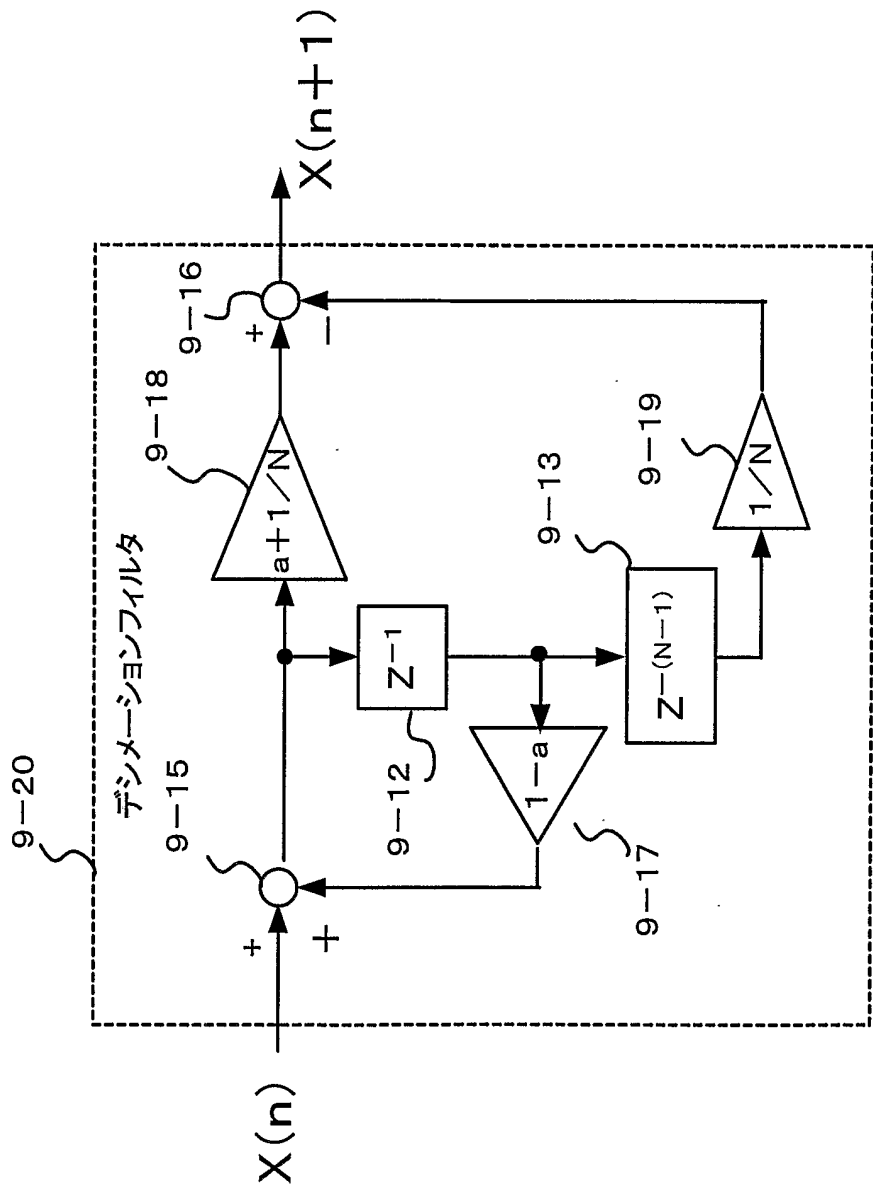
第8図



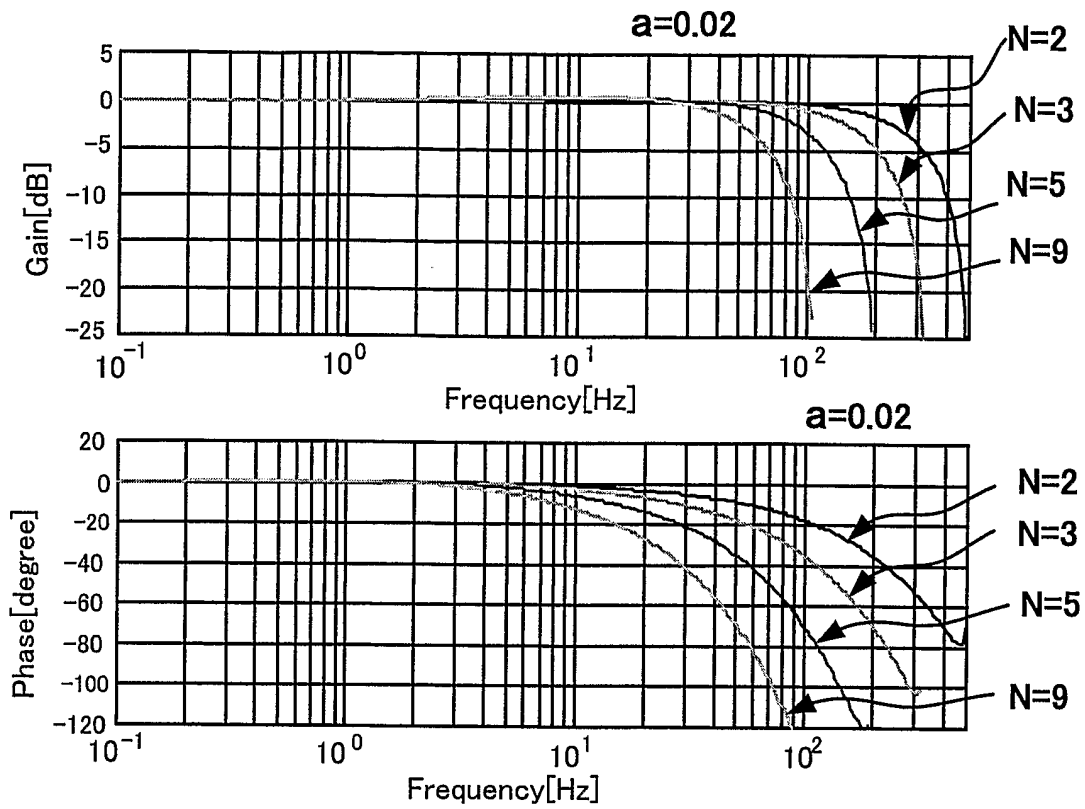
第9図



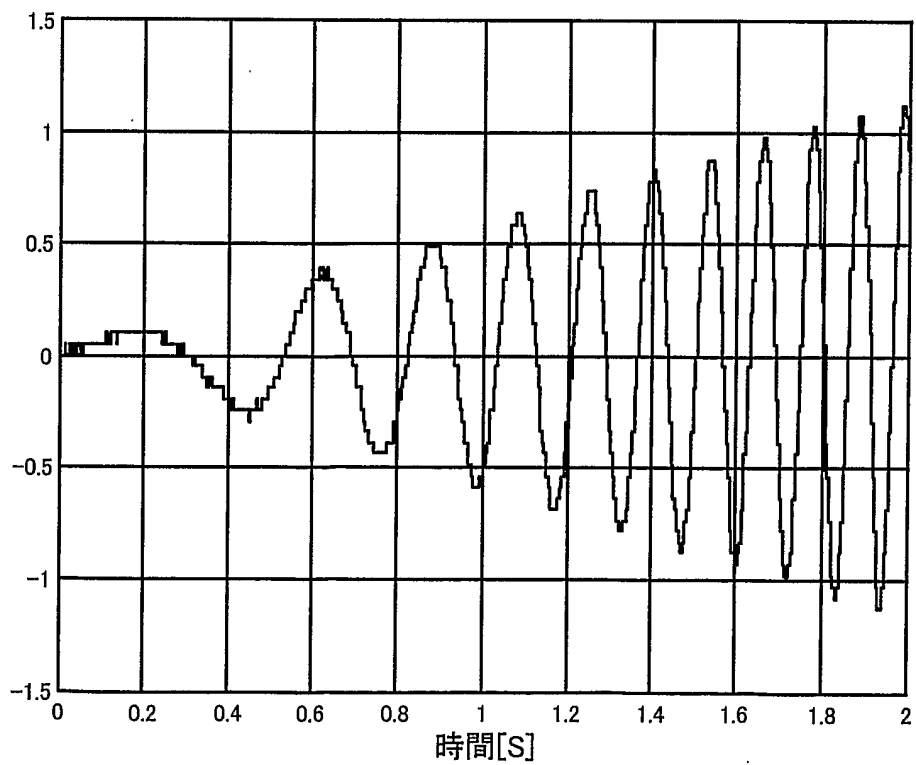
第10図



第11図

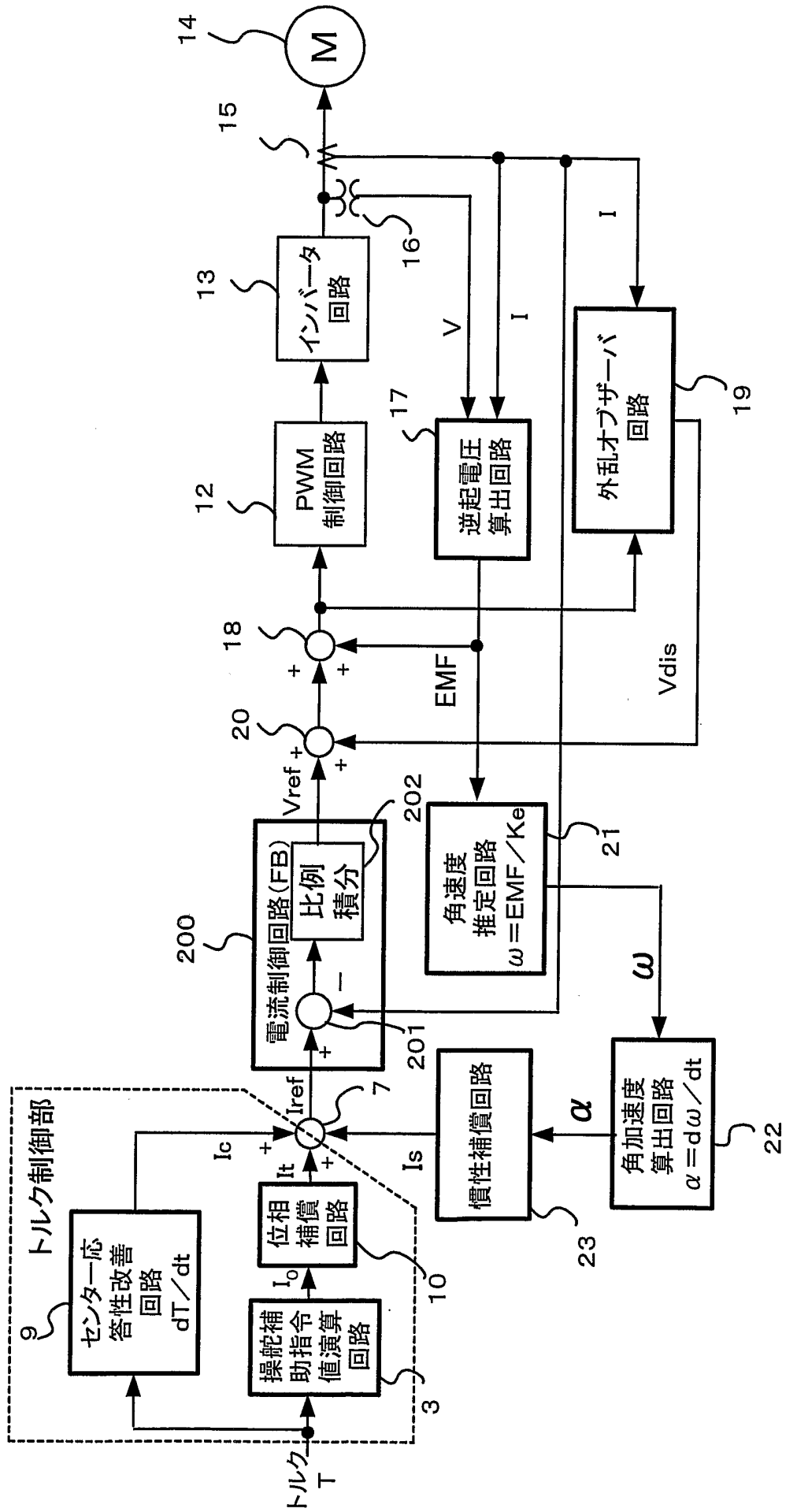


第12図



近似微分+デシメーションフィルタ(N=3)

第13図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/006886

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 Int.Cl⁷ B62D6/00, B62D5/04

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)
 Int.Cl⁷ B62D6/00, B62D5/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

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.
Y A	JP 11-105729 A (Toyota Motor Corp.), 20 April, 1999 (20.04.99), Column 3, lines 34 to 39; Fig. 2 (Family: none)	1, 3, 4 2
Y A	JP 2002-370662 A (Koyo Seiko Co., Ltd.), 24 December, 2002 (24.12.02), Fig. 6 (Family: none)	1, 3, 4 2
Y	JP 2002-511988 A (Hovin, Mats Erling), 16 April, 2002 (16.04.02), & EP 988704 A & US 6362769 B & GB 9711374 A	1

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 06 August, 2004 (06.08.04)	Date of mailing of the international search report 24 August, 2004 (24.08.04)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/006886

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 6-6233 A (Hitachi, Ltd.), 14 January, 1994 (14.01.94), & EP 575071 A & US 5331583 A	3
Y	JP 11-17549 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 22 January, 1999 (22.01.99), (Family: none)	3
A	JP 2002-234454 A (Toyoda Machine Works, Ltd.), 20 August, 2002 (20.08.02), (Family: none)	1-4

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ B62D6/00、B62D5/04

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 (IPC))

Int. Cl⁷ B62D6/00、B62D5/04

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 1926-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年
 日本国実用新案登録公報 1996-2004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 請求の範囲の番号
Y A	JP 11-105729 A (トヨタ自動車株式会社) 199 9.04.20, 第3欄第34行-第39行、第2図 (ファミリー なし)	1,3,4 2
Y A	JP 2002-370662 A (光洋精工株式会社) 200 2.12.24, 第6図 (ファミリーなし)	1,3,4 2
Y	JP 2002-511988 A (ホビン・マツ・アーリング) 2002.04.16, &EP 988704 A&US 63 62769 B&GB 9711374 A	1
Y	JP 6-6233 A (株式会社日立製作所) 1994.01. 14, &EP 575071 A&US 5331583 A	3

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 06.08.2004

国際調査報告の発送日 24.8.2004

国際調査機関の名称及びあて先
 日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 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) 3Q 9433
 大谷謙仁
 電話番号 03-3581-1101 内線 3380

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 請求の範囲の番号
Y	JP 11-17549 A (松下電器産業株式会社) 1999. 01. 22, (ファミリーなし)	3
A	JP 2002-234454 A (豊田工機株式会社) 200 2. 08. 20, (ファミリーなし)	1-4