



【課題】チューニングし易くし、ブレーキジャダーやシミーの抑制を図って安全で快適な操舵性能が得られ、自動操舵モードにおいて、算出された目標操舵角に従って正確に操舵できると共に、目標操舵角が急操舵であっても円滑に操舵でき、低車速においても応答性若しくは定常偏差を上げることによって、目標操舵角に追従できる電動パワーステアリング装置を提供する。【解決手段】モータ電流指令値を算出する舵角制御部と、モータ電流指令値を入力して切り換える切換部とを具備し、舵角制御部がフィードバック制御電流指令値を生成するフィードバック制御部と、SAT補償電流指令値を生成するSAT補償部と、フィードバック制御電流指令値及びSAT補償電流指令値からモータ電流指令値を生成する出力部とで構成され、自動操舵モード及び手動操舵モードの切換指令に応じて切換部が切り換えられ、自動操舵モード時にモータ電流指令値に基づいてモータを駆動制御する。

明 細 書

発明の名称：電動パワーステアリング装置

技術分野

[0001] 本発明は、自動操舵モード（駐車支援モード）と手動操舵モードの機能を有し、車両の操舵系にモータによるアシスト力を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、特に自動操舵モード時の実舵角の目標操舵角への追従性を一層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] 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のコラム軸（ステアリングシャフト）2は減速ギア3、ユニバーサルジョイント4 a及び4 b、ピニオンラック機構5、タイロッド6 a, 6 bを経て、更にハブユニット7 a, 7 bを介して操向車輪8 L, 8 R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が減速ギア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）100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100は、トルクセンサ1

0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_e とに基づいてアシスト（操舵補助）指令の操舵補助指令値の演算を行い、操舵補助指令値に補償等を施した電流制御値 E によってモータ20に供給する電流を制御する。なお、車速 V_e はCAN（Controller Area Network）等から受信することも可能である。

[0004] このような電動パワーステアリング装置において、従来は例えば特開平8-290778号公報（特許文献1）に示すように、コントロールユニット100内のロバスト安定化補償部により、システムの安定性と路面情報及び外乱情報の感度特性が同時に設計されるようになっている。

[0005] しかしながら、かかる従来の制御装置では、ステアリング中立点付近の操舵時の反力が小さいため、摩擦の影響により、路面情報をドライバに正確に伝えることが困難である。また、従来の電動パワーステアリング装置では、操舵角と操舵力との間のヒステリシス特性を、油圧式パワーステアリング並みの特性にすることが困難である。

[0006] このような問題を解決する装置として、特開2002-369565号公報（特許文献2）に開示されているものがある。

[0007] 特許文献2に開示されている装置の概略を、図1に対応させた図2に示して説明する。ステアリング装置の補助操舵力を発生するモータ20はモータ駆動部21によって駆動され、モータ駆動部21は二点鎖線で示すコントロールユニット100で制御され、コントロールユニット100にはトルクセンサからの操舵トルク T_h 及び車速検出系からの車速 V_e が入力される。モータ20では、モータ端子間電圧 V_m 及びモータ電流値 i が計測されて出力される。

[0008] コントロールユニット100は操舵トルク T_h を用いて制御を行う破線で示すトルク系制御部110と、モータ20の駆動に関連した制御を行う一点鎖線で示すモータ系制御部120とで構成されている。トルク系制御部110はアシスト量演算部111、微分制御部112、ヨーレート収れん性制御部113、ロバスト安定化補償部114及びセルフアライニングトルク（S

A T) 推定フィードバック部 1 1 5 によって構成され、加算部 1 1 6 A 及び 1 1 6 B、減算部 1 1 6 C を具備している。また、モータ系制御部 1 2 0 は補償部 1 2 1、外乱推定部 1 2 2、モータ角速度演算部 1 2 3、モータ角加速度演算部 1 2 4 及びモータ特性補償部 1 2 5 で構成され、加算部 1 2 6 A 及び 1 2 6 B を具備している。

[0009] 操舵トルク T_h はアシスト量演算部 1 1 1、微分制御部 1 1 2、ヨーレート収れん性制御部 1 1 3 及び S A T 推定フィードバック部 1 1 5 に入力され、いずれも車速 $V_e l$ をパラメータ入力としている。アシスト量演算部 1 1 1 は操舵トルク T_h に基づいてアシストトルク量を演算し、ヨーレート収れん性制御部 1 1 3 は操舵トルク T_h 及びモータ角速度 ω を入力とし、車両のヨーの収れん性を改善するために、ハンドルが振れ回る動作に対してブレーキをかけるようになっている。また、微分制御部 1 1 2 はステアリングの中立点付近の制御の応答性を高め、滑らかでスムーズな操舵を実現するようになり、S A T 推定フィードバック部 1 1 5 は操舵トルク T_h と、アシスト量演算部 1 1 1 の出力に微分制御部 1 1 2 の出力を加算部 1 1 6 A で加算した信号と、モータ角速度演算部 1 2 3 で演算された角速度 ω と、モータ角加速度演算部 1 2 4 からの角加速度 α とを入力して S A T を推定し、推定した S A T をフィードバックフィルタを用いて信号処理し、ハンドルに適切な路面情報を反力として与えるようになっている。

[0010] また、アシスト量演算部 1 1 1 の出力に微分制御部 1 1 2 の出力を加算部 1 1 6 A で加算した信号に、ヨーレート収れん性制御部 1 1 3 の出力を加算部 1 1 6 B 7 で加算した信号をアシスト量 $A Q$ としてロバスト安定化補償部 1 1 4 に入力している。ロバスト安定化補償部 1 1 4 は例えば特開平 8 - 2 9 0 7 7 8 号公報に示されている補償部であり、検出トルクに含まれる慣性要素とばね要素で成る共振系の共振周波数におけるピーク値を除去し、制御系の応答性と安定性を阻害する共振周波数の位相のズレを補償するものである。ロバスト安定化補償部 1 1 4 の出力から S A T 推定フィードバック部 1 1 5 の出力を加算部 1 1 6 C で加算することで、路面情報を反力としてハン

トルに伝えることができるアシスト量 I_a が得られる。

[0011] 更に、モータ角速度演算部 1 2 3 はモータ端子間電圧 V_m 及びモータ電流値 i に基づいてモータ角速度 ω を演算するものであり、モータ角速度 ω はモータ角加速度演算部 1 2 4、ヨーレート収れん性制御部 1 1 3 及び S A T 推定フィードバック部 1 1 5 に入力される。モータ角加速度演算部 1 2 4 では、入力されたモータ角速度 ω に基づいてモータ角加速度 α を演算し、演算したモータ角加速度 α はモータ特性補償部 1 2 5 に入力される。モータ特性補償部 1 2 5 の出力 I_c に、ロバスト安定化補償部 1 1 4 の出力から S A T 推定フィードバック部 1 1 5 の出力を減算したアシスト量 I_a が加算部 1 2 6 A で加算され、その加算信号が電流指令値 I_r として微分補償部等で成る補償部 1 2 1 に入力される。補償部 1 2 1 で補償された電流指令値 I_{ra} に外乱推定部 1 2 2 の出力を加算部 1 2 6 B で加算した信号がモータ駆動部 2 1 及び外乱推定部 1 2 2 に入力される。外乱推定部 1 2 2 は特開平 8 - 3 1 0 4 1 7 号公報で示されるような装置であり、モータ出力の制御目標である補償部 1 2 1 で補償された電流指令値 I_{ra} に外乱推定部 1 2 2 の出力を加算した信号と、モータ電流値 i とに基づいて、制御系の出力基準における希望するモータ制御特性を維持することができ、制御系の安定性を失うことがないようになっている。

[0012] ここで、路面からステアリングまでの間に発生するトルクの様子を図 3 に示して説明する。ドライバがハンドル 1 を操舵することによって操舵トルク T_h が発生し、その操舵トルク T_h に従ってモータ 2 0 がアシストトルク T_m を発生する。その結果、車輪が転舵され、反力として S A T が発生する。また、その際、モータ 2 0 の慣性 J 及び摩擦（静摩擦） F_r によってハンドル操舵の抵抗となるトルクが生じる。これらの力の釣り合いを考えると、 $\text{sign}()$ を符号関数として、下記数 1 のような運動方程式が得られる。

[0013] [数 1]

$$J \cdot \alpha + F_r \cdot \text{sign}(\omega) + SAT = T_m + T_h$$

ここで、上記数 1 を初期値ゼロとしてラプラス変換し、SAT について解くと下記数 2 が得られる。

[0014] [数2]

$$SAT(s) = T_m(s) + T_h(s) - J \cdot \alpha(s) - F_r \cdot \text{sign}(\omega(s))$$

上記数 2 から分るように、モータ 20 の慣性 J 及び静摩擦 F_r を定数として予め求めておくことで、モータ角速度 ω 、モータ角加速度 α 、操舵補助力 T_m 及び操舵トルク T_h より SAT を推定することができる。かかる理由より、SAT 推定フィードバック部 115 には操舵トルク T_h 、モータ角速度 ω 、モータ角加速度 α 、アシスト量演算部 111 の出力がそれぞれ入力されている。

[0015] また、SAT 推定フィードバック部 115 で推定した SAT 推定電流値 * SAT をそのままフィードバックした場合、ステアリングが重くなり過ぎるため、操舵感覚を向上することはできない。そのため図 4 に示すように、車速感応ゲインと周波数特性を有するフィードバックフィルタ 115 A を用いて SAT 推定電流値 * SAT を信号処理し、操舵感覚を向上するのに必要十分な情報のみをフィードバックしている。ここで用いるフィードバックフィルタは静特性ゲインとして、推定した SAT の大きさを必要十分な値に減少させるゲインを持つ Q フィルタ（位相遅れ）115 B と、図 5 に示すような車速 V_e に感応したゲイン部 115 C を持ち、据え切りや低速走行といった路面情報の重要性が比較的低い場合には、フィードバックする路面情報を小さくしている。

[0016] 上述の特許文献 2 に記載の装置では、抑制したい外乱が存在する周波数帯域と、伝えたい外乱が存在する周波数帯域とを両立するように SAT 推定のフィードバックを構成しているが、抑制したい外乱を積極的に打ち消すという機能はない。

[0017] 一方、車両では、通常制動時及び定常走行時に、乗員に不快感を与えるブレーキジャダーとシミが発生する。ブレーキジャダーは車両の制動時に発生するフロア・ペダル振動のことで、ステアリング回転方向に振動を伴う場

合もある。ブレーキディスクのDTV(Disk Thickness Variation)により発生する制動トルク変動が起振源で、車輪の回転の1次成分及び高次成分を有する。これがサスペンションの前後の共振などで増幅され、車体やステアリングシステムを伝達して、フロア・ペダル振動やステアリング振動となる。また、シミーは車両走行時にステアリング回転方向に発生する振動のことであり、タイヤ、ホイールなどの回転部分のアンバランスやノンユニフォミティが起振源となり、サスペンション共振で増幅され、ステアリングシステムを介してステアリング回転方向の振動となる。

[0018] このようなブレーキジャダーやシミーについて特許文献2の装置では何ら考慮しておらず、また、特開2002-145075(特許文献3)や特開2002-161969(特許文献4)ではブレーキジャダーやシミーの振動を減衰させる装置を開示しているが、いずれも機械的な対応であり、コストアップになると共に、車速感応といったきめ細かな抑制ができないという問題がある。

[0019] 更に、ステアリング系の慣性や摩擦が大きい場合はブレーキジャダーによる振動はハンドルまで伝わらないが、良好な操舵フィーリングや車両安定性のためには、ステアリング系の慣性や摩擦は極力小さいことが望ましい。

[0020] このような電動パワーステアリング装置において、近年駐車支援機能(パーキングアシスト)を搭載し、自動操舵モードと手動操舵モード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カメラ(画像)や距離センサなどのデータを基に目標操舵角を設定し、目標操舵角に従った自動制御が行われる。

[0021] WO 2008/146372(特許文献5)では、ハンドル角検出手段からのハンドル操舵角検出値と伝達特性とに基づき、副操舵角重畳機構により付加される目標副操舵角又は目標操向角を生成して、目標副操舵角と副操舵角検出手段からの副操舵角検出値とが一致するか、又は目標副操舵角と副操舵角検出手段からの副操舵角検出値とが一致するように、モータの目標駆動量を算出する目標駆動量算出手段と、目標駆動量に応じてモータを駆動す

るモータ駆動手段とを設け、運転者のハンドル操舵に応じて操向車輪を転舵させている。

先行技術文献

特許文献

- [0022] 特許文献1：特開平8-290778号公報
特許文献2：特開2002-369565号公報
特許文献3：特開2002-145075号公報
特許文献4：特開2002-161969号公報
特許文献5：WO 2008/146372

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0023] しかしながら、特許文献5に記載の電動パワーステアリング装置では、目標操舵角に対してレート制限処理を行っていないので、目標操舵角が急激に変化した場合には、運転者の操舵感を害することになってしまう。また、車速に応じたゲイン制御を行っていないので、車速に対応した緻密な制御ができないという問題がある。
- [0024] また、駐車支援、自動走行等の自動操舵モード時にはハンドルの舵角制御を行うが、車速、路面状況（傾斜、湿気等）等の影響により、タイヤが路面から受ける摩擦（SAT）が変化することで、コラム軸角度の目標操舵角に対する実舵角の追従性が変化するという課題があり、かかる課題の解決も要請されている。
- [0025] 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、高周波数領域で路面情報等の信号処理を行うことにより、チューニングし易くし、ブレーキジャダーやシミーの抑制を図って安全で快適な操舵性能が得られ、自動操舵モード（駐車支援機能）において、算出された目標操舵角に従って正確に操舵できると共に、目標操舵角が急操舵であっても円滑に操舵でき、低車速においても応答性若しくは定常偏差を上げることによって、常に

目標操舵角に追従できる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

[0026] 本発明は、操舵トルク及び車速に基づいてモータ電流指令値 1 を演算し、前記モータ電流指令値 1 に基づいてモータを駆動して操舵系をアシスト制御すると共に、自動操舵モードと手動操舵モードとを切り換える機能を有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、目標操舵角、実操舵角、前記モータのモータ角速度及びモータ角加速度、前記操舵トルク、前回電流指令値に基づいてモータ電流指令値 2 を算出する舵角制御部と、前記モータ電流指令値 1 及びモータ電流指令値 2 を入力して切り換える切換部とを具備し、前記舵角制御部が、前記目標操舵角、前記実操舵角、前記モータ角速度及び前記操舵トルクに基づいてフィードバック制御電流指令値を生成するフィードバック制御部と、前記モータ角速度、前記モータ角加速度、前記操舵トルク及び前記前回電流指令値に基づいて S A T 補償電流指令値を生成する S A T 補償部と、前記フィードバック制御電流指令値及び前記 S A T 補償電流指令値から前記モータ電流指令値 2 を生成する出力部とで構成され、前記自動操舵モード及び手動操舵モードの切換指令に応じて前記切換部が切り換えられ、前記自動操舵モード時に前記モータ電流指令値 2 に基づいて前記モータを駆動制御することにより達成される。

[0027] 本発明の上記目的は、前記フィードバック制御部が、前記目標操舵角を円滑化するレートリミッタと、前記レートリミッタの出力に接続された L P F と、前記 L P F の出力と前記実操舵角との角度偏差を比例ゲイン倍する第 1 比例ゲイン部と、前記第 1 比例ゲイン部からの誤差速度と前記モータ角速度との速度偏差を積分して積分ゲイン倍する積分ゲイン部と、前記速度偏差を比例ゲイン倍する第 2 比例ゲイン部と、前記操舵トルクを微分して微分ゲイン倍する微分ゲイン部と、前記積分ゲイン部の出力と前記第 2 比例ゲイン部の出力との偏差値に前記微分ゲイン部の出力を加算して上下限値を制限して前記フィードバック制御電流指令値を出力する出力部とで構成されているこ

とにより、或いは前記SAT補償部が、前記操舵トルク、前記モータ角速度、前記モータ角加速度及び前回電流指令値に基づいてSAT推定電流値を算出するSAT推定部と、前記SAT推定電流値を入力すると共に、角度応答周波数よりも高いカットオフ周波数特性を有するLPFと、前記LPFの出力を車速可変ゲインで乗算して前記SAT補償電流指令値を出力する車速感応ゲイン部とで構成されていることにより、或いは前記SAT推定部が、前記モータ角速度に粘性摩擦係数を乗算する粘性摩擦係数部と、前記モータ角速度を符号化してクーロン摩擦を乗算する符号化クーロン摩擦部と、前記モータ角加速度に全慣性モーメントを乗算する全慣性モーメント部と、前記粘性摩擦係数部の出力及び前記符号化クーロン摩擦部の出力の加算値から前記操舵トルクを減算し、前記全慣性モーメント部の出力を加算して係数を乗算する出力係数部とで構成されていることにより、或いは前記SAT推定部が、アシストトルクに相当する電流指令値及び前記操舵トルクを加算する加算部と、前記モータ角加速度に慣性を乗算した値を、前記加算部の加算結果から減算する第1減算部と、前記モータ角速度を符号化して摩擦を乗算した値を、前記第1減算部の減算結果から減算して前記SAT推定電流値を出力する第2減算部とで構成されていることにより、或いは前記車速感応ゲイン部の後段に、上下限値を制限するリミッタが接続されていることにより、より効果的に達成される。

発明の効果

[0028] 本発明に係る電動パワーステアリング装置によれば、自動操舵モード（駐車支援機能）と手動操舵モードを有する車両において、カメラ（画像）や距離センサなどのデータから算出する目標操舵角を、車速を考慮して算出しているので、目標操舵角に対して正確に操舵することができると共に、運転者に違和感を与えることもない。また、急激な目標操舵角については円滑化して制御しているので、自動運転においても運転者に不安感を与えることもない。

[0029] 更に、低車速においては制御ゲインを上げ応答性若しくは定常偏差を上げ

るようにしており、低車速においても目標操舵角に近づけることができる。

[0030] 更にまた、SATを推定し、この推定SATを角度応答周波数よりも高いカットオフ周波数に設定したLPFでフィルタリングし、フィルタリング後の値を車速に応じて設定された車速ゲインで乗算し、補償値として加算しているため、実舵角の目標操舵角への追従性を一層向上させることができる。

図面の簡単な説明

- [0031] [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。
[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]路面から操舵系までの間に発生するトルクの様子を示す模式図である。
[図4]フィードバック部の構成例を示すブロック図である。
[図5]フィードバックフィルタの特性例を示す図である。
[図6]本発明の原理を説明するための特性図である。
[図7]本発明の構成例を示すブロック図である。
[図8]舵角制御部の構成例を示すブロック図である。
[図9]フィードバック制御部の構成例を示すブロック図である。
[図10]レートリミッタの一例を示すブロック構成図である。
[図11]変化分設定部の構成例を示すブロック図である。
[図12]SAT補償部の構成例を示すブロック図である。
[図13]車速感応ゲイン部の特性例を示す特性図である。
[図14]本発明の動作例を示すフローチャートである。
[図15]舵角制御部の動作例を示すフローチャートである。
[図16]フィードバック制御部の動作例を示すフローチャートである。
[図17]SAT補償部の動作例を示すフローチャートである。
[図18]SAT補償部の他の構成例を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0032] 駐車支援、自動走行等の自動操舵モード時にはハンドルの舵角制御を行うが、車速、路面状況（傾斜、湿気等）等の影響により、タイヤが路面から受

ける摩擦（SAT）が変化するので、コラム軸角度の目標操舵角に対する実舵角の追従性が変化してしまう問題がある。この問題に対して、本発明ではSATを推定し、この推定SATを角度応答周波数よりも高いカットオフ周波数に設定したLPFでフィルタリングし、フィルタリング後のSAT値を車速に応じて設定された車速ゲインで乗算し、補償値として電流指令値に加算することで、実舵角の目標操舵角への追従性を向上させている。

[0033] 本発明では、SAT補償部で生成されたSAT補償電流指令値からフィードバック制御部で生成されたフィードバック制御電流指令値を加算することで、タイヤが路面から受ける反力（SAT）の影響を打ち消す方向にモータトルクを発生させている。これにより、舵角制御中に発生したSAT外乱の影響を抑制し、目標操舵角に対して舵角制御の追従性を向上させることができる。例えば駐車支援動作を挙げると、SATはタイヤ対路面間の摩擦 μ に応じて変動し、これによって舵角の応答も変わるため、車両側として扱い難くなる。別の例を挙げると、自動走行中に車体左右方向に路面の傾きが生じた場合に、SATがある一方向にかかるため、この影響により一時的に舵角が目標操舵角に対してずれを発生してしまう。これらの課題を解決するための手段として、フィードバック制御電流指令値からSAT補償電流指令値を減算することで、より追従性の良い舵角制御を可能にしている。

[0034] 図6（A）は舵角応答波形の一例を示し、図6（B）はSAT推定値波形の一例を示している。図6（A）及び（B）は、時間（秒）0から1秒後に、図6（C）に示すようなSAT外乱ステップが入力された場合の各応答波形を示している。本発明では、外乱の高周波成分をカットするLPF（ローパスフィルタ）を、外乱成分を抽出して打ち消す機能があるSAT推定値の補償経路に使用しており、LPFのカットオフ周波数 F_c の大きさによって、舵角応答波形及びSAT推定値波形が変化する。図6（C）に示すようなSAT外乱ステップが入力されると、図6（B）に示すSAT推定値波形では、LPFのカットオフ周波数 F_c が大きくなるに従って、矢印Bに示すように立ち上がりが大きくなり、高速に外乱を打ち消すことができる。これに

より舵角は図6(A)に示すようにSAT推定無しから矢印Aのように変動し、カットオフ周波数 F_c を大きくするに従って舵角応答性を改善することができる。それ故、ハンドルが急に回転することを抑制することができる。

[0035] また、自動操舵モードと手動操舵モードを有する車両にあっても、タイヤを通して操舵系に伝わる路面反力(SAT)は車速によって異なってくる。そのため、自動操舵モード時に、操舵を算出された目標操舵角に自動制御する際、車速により操舵角の応答が異なることになる。そこで本発明では、車速に応じて自動制御のモータ電流指令値を調整するようにし、タイヤが路面から受ける路面反力の影響を軽減するようにしている。更に、本発明では、目標操舵角にレートリミッタによる円滑化処理を施すようにしており、目標操舵角の急変時においてもハンドル操舵角の応答を和らげる効果を得ている。車速に関係なく、目標操舵角に対して正確に車両を移動させることができ、運転者に対してより安全である。

[0036] 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。

[0037] 図7は本発明の構成例を示しており、モータ150にはモータ回転角 θ_s を検出するためのレゾルバ等の回転センサ151が接続されており、モータ150は車両側のECU130及びEPS(電動パワーステアリング装置)側のECU140を介して駆動制御される。

[0038] 車両側のECU130は、運転者の意思を示すボタン、スイッチ等に基づいて、自動操舵モード又は手動操舵モードの切換指令SWを出力する切換指令部131と、カメラ(画像)や距離センサなどの信号に基づいて目標操舵角 θ_t を生成する目標操舵角生成部132とを具備している。また、コラム軸に設けられた舵角センサ152で検出された実操舵角 θ_r 及び車速センサ153からの車速 V_e は、ECU130を経てEPS側のECU140内の舵角制御部200に入力される。舵角センサ152はコラム軸(インターミディエイト、ピニオン軸を含む)、ラックアンドピニオンのラックの変位、車輪速度による舵角推定値であっても良い。また、車速 V_e はCAN等から受信することも可能である。

[0039] 切換指令部131は、自動操舵モードに入ることを識別する信号、例えば運転者の意思をダッシュボードやハンドル周辺に設けたボタンやスイッチ、或いはシフトに設けた駐車モードなどによる車両状態の信号を基に切換指令SWを出力し、切換指令SWをEPS側のECU140内の切換部142に入力する。また、目標操舵角生成部132は、カメラ（画像）、距離センサなどのデータを基に公知の手法で目標操舵角 θ_t を生成し、生成された目標操舵角 θ_t をEPS側のECU140内の舵角制御部200に入力する。

[0040] EPS側のECU140は、操舵トルク T_h 及び車速 $V_e l$ に基づいて前述のように演算されたモータ電流指令値 $I_{t r e f}$ を出力するトルク制御部141と、目標操舵角 θ_t 、実操舵角 θ_r 、車速 $V_e l$ 、トルクセンサ154からの操舵トルク T_h 、モータ角速度 ω 、モータ角加速度 α に基づいて舵角自動制御のためのモータ電流指令値 $I_{m r e f}$ を演算して出力する舵角制御部200と、切換指令SWによってモータ電流指令値 $I_{t r e f}$ 及び $I_{m r e f}$ を切り換える切換部142と、切換部142からのモータ電流指令値（ $I_{t r e f}$ 又は $I_{m r e f}$ ）に基づいてモータ150を駆動制御する電流制御／駆動部143と、回転センサ151からのモータ回転角 θ_s に基づいてモータ角速度 ω を演算するモータ角速度演算部144と、モータ角速度 ω に基づいてモータ角加速度 α を演算するモータ角加速度演算部145とを具備している。切換部142は、ECU130の切換指令部131からの切換指令SWに基づいて、トルク制御部141によるトルク制御モード（手動操舵モード）と、舵角制御部200による自動操舵モードとを切り換え、トルク制御モードではモータ電流指令値 $I_{t r e f}$ を出力し、自動操舵モードではモータ電流指令値 $I_{m r e f}$ を出力する。また、電流制御／駆動部143は、PI電流制御部、PWM制御部、インバータ等で構成されている。

[0041] 舵角制御部200の構成は図8に示すような構成となっており、目標操舵角 θ_t 、実操舵角 θ_r 、モータ角速度 ω 及び操舵トルク T_h を入力してフィードバック制御電流指令値 $I_{f r e f}$ を演算して出力するフィードバック制御部210と、モータ角速度 ω 、操舵トルク T_h 、モータ角加速度 α 及び前

回電流指令値 I_{ref} (Z^{-1}) を入力して SAT 補償電流指令値 I_{sref} を演算して出力する SAT 補償部 230 と、フィードバック制御電流指令値 I_{fref} に SAT 補償電流指令値 I_{sref} を加算してモータ電流指令値 I_{mo} を出力する加算部 201 と、モータ電流指令値 I_{mo} を電流指令値と加算してモータ電流指令値 I_{mref} を出力する加算部 202 とで構成されている。

[0042] フィードバック制御部 210 は、トーションバーとステアリング慣性により発生する振り振動を抑制する機能を有する。また、加算部 201 及び加算部 202 で出力部を構成している。

[0043] フィードバック制御部 210 は図 9 のような構成となっており、速度制御ループ系をマイナーループとする位置制御系となっており、目標操舵角 θ_t が急激に変化した場合の平滑化、つまり所定時間変化率の範囲内で円滑に変化するようにするレートリミッタ 211 に目標操舵角 θ_t が入力され、高周波の外乱を除去する LPF 212 を経た目標操舵角 θ_{ta} が減算部 213A に加算入力される。実操舵角 θ_r は減算部 213A に減算入力され、平滑化された目標操舵角 θ_{ta} との角度偏差が比例ゲイン (K_{pp}) 部 214 でゲイン K_{pp} 倍され、誤差速度 ω_e として減算部 213B に加算入力される。減算部 213B にはモータ角速度演算部 144 からモータ角速度 ω が減算入力され、演算された速度偏差 D_f が積分部 216A を経て積分ゲイン (K_{vi}) 部 216B でゲイン K_{vi} 倍されて減算部 213C に加算入力されると共に、速度偏差 D_f は比例ゲイン (K_{vp}) 部 216C でゲイン K_{vp} 倍されて減算部 213C に減算入力される。減算部 213C での減算結果は、加算部 213D に入力される。

[0044] トルクセンサ 154 からの操舵トルク T_h は微分部 215A を経て微分ゲイン (K_c) 部 215B でゲイン K_c 倍されて加算部 213D に入力され、加算部 213D での加算結果がリミッタ 217 で上下限値を制限され、フィードバック制御電流指令値 I_{fref} として出力される。減算部 213C、加算部 213D 及びリミッタ 217 で出力部を構成している。

[0045] レートリミッタ211は、目標操舵角 θ_t が急激に変化した場合に円滑化して出力するものであり、例えば図10に示すような構成となっている。即ち、目標操舵角 θ_t は減算部211-1に加算入力され、過去値との減算結果である操舵角 θ_{t-1} が変化分設定部211-2で変化分 θ_{t-2} の設定をされる。変化分設定部211-2は、保持部(Z^{-1})211-4からの過去値と入力(θ_t)の差分 θ_{t-1} を設定し、加算部211-3での変化分 θ_{t-2} と過去値との加算結果を新たな目標操舵角 θ_{t-3} として出力する。変化分設定部211-2は、変化分が設定された上限及び下限を超えないようにするものであり、その特性は演算周期T毎に入力(目標操舵角) θ_t との差分を求め、変化分設定部211-2の上限及び下限の範囲外の場合には、差分を過去値に加算することを繰返し行うことにより、図11に示すような階段状に出力 θ_{t-3} を変化させて、最終的に出力 θ_{t-3} を目標操舵角 θ_t に一致させる。また、入力(目標操舵角) θ_t との差分が変化分設定部211-2の上限及び下限の範囲内の場合には、変化分 $\theta_{t-2} = \text{差分}\theta_{t-1}$ を出力し、過去値に加算するので、その結果出力 θ_{t-3} と入力(目標操舵角) θ_t は一致する。これらの結果、目標操舵角 θ_t が急激に変化しても、急激に変化する目標操舵角 θ_t を滑らかに変化させることができ、急激な電流変化(=急激な操舵)を防止し、運転者に自動運転の不安感を減少させる機能を果たしている。

[0046] SAT補償部230は、コラム軸回りの運動方程式からSATトルク(コラム軸換算)を求め、そのSATトルクに相当するモータ電流であるSAT推定電流値 I_{SAT} を求める。そして、角度応答周波数よりも高いカットオフ周波数に設定されたLPFにSAT推定電流値 I_{SAT} を通し、更に車速で設定された車速感応ゲインで乗算してSAT補償電流指令値 I_{sref} を得ている。

[0047] コラム軸回りの運動方程式からSATトルク(コラム軸換算)を求め、そのSATトルクに相当するSAT推定電流値 I_{SAT} を求めると、下記数3のようになる。

[0048] [数3]

$$I_c \dot{\omega}_c = T_{sat} + K_t i + T_h - c \omega_c - T_{Frc} \cdot \text{sign}(\omega_c)$$

$$T_{sat} = I_c \dot{\omega}_c - K_t i - T_h + c \omega_c + T_{Frc} \cdot \text{sign}(\omega_c)$$

$$I_{sat} = \frac{T_{sat}}{K_t} = -i + \frac{1}{K_t} (-T_h + I_c \dot{\omega}_c + c \omega_c + T_{Frc} \cdot \text{sign}(\omega_c))$$

ただし、 I_c はコラム軸に換算したコラム、ピニオンラック機構、タイヤの全慣性モーメント、 ω_c はコラム軸角速度、 T_h は操舵トルク（トーションバーの振りトルク）、 T_{Frc} はコラム軸に作用するクーロン摩擦、 c はコラム軸粘性摩擦係数、 K_t は電流値からコラム軸のトルクに変換する係数（モータトルク定数×減速比）である。

上記数3に基づくSAT補償部230は図12のような構成となっており、モータ角速度 ω は粘性摩擦係数（ c ）部231に入力され、粘性摩擦係数 c を乗算されて加減算部232Aに加算入力されると共に、符号（ sign ）部233で符号化され、クーロン摩擦（ T_{Frc} ）部234でクーロン摩擦 T_{Frc} を乗算されて加減算部232Aに加算入力される。符号部233及びクーロン摩擦部234で符号化クーロン摩擦部を構成している。また、加減算部232Aには操舵トルク T_h が減算入力され、その加減算結果が加算部232Bに加算入力される。モータ角加速度 α （ここでは、モータ角加速度 α はコラム軸角加速度と等しいとしている）は全慣性モーメント（ I_c ）部235に入力され、全慣性モーメント I_c を乗算されて加算部232Bに入力され、その加算結果が係数（ $1/K_t$ ）部236に入力され、 $1/K_t$ 倍されて減算部232Cに加算入力される。減算部232Cには前回電流指令値 $I_{ref}(Z^{-1})$ が減算入力され、その差が、SATに相当するモータトルクを発生するSAT推定電流値 I_{SAT} として出力される。加算部232B、係数部236及び減算部232Cで出力係数部を構成している。

[0049] SAT推定電流値 I_{SAT} をそのまま電流指令値に加えると振動やノイズが発生し易くなるため、カットオフ周波数が舵角制御の応答周波数（例えば1H

z) よりも高い特性のLPF237でフィルタリングする。LPF237のフィルタリング出力はゲイン(G)部238でゲインG倍される。ゲインG倍された電流値指令値はリミッタ239で上下限値を制限され、リミッタ239からSAT補償電流指令値 I_{sref} が出力される。リミッタ239は必須の要素ではない。ゲイン部238は車速感応でも良く、車速感応ゲインのゲインG特性は、例えば図13に示すように車速 $V_e l$ の上昇に従ってゲインGが次第に小さくなる特性であれば良い。

[0050] このような構成において、全体の動作例を図14のフローチャートを参照して説明する。

[0051] 操舵系の動作がスタートすると、トルク制御部141によるトルク制御が実施され(ステップS1)、モータ電流指令値 I_{tref} を用いて電流制御/駆動部143によりモータ150が駆動される(ステップS2)。上記動作は切換指令部131より切換指令SWが出力されるまで繰り返される(ステップS3)。

[0052] 自動操舵モードとなり、切換指令部131より切換指令SWが出力されると、目標操舵角生成部132から目標操舵角 θ_t が入力され(ステップS4)、舵角センサ152から実操舵角 θ_r が入力され(ステップS5)、トルクセンサ154から操舵トルク T_h が入力され(ステップS6)、車速センサ153から車速 $V_e l$ が入力され(ステップS7)、モータ角速度演算部144からモータ角速度 ω が入力され(ステップS8)、更にモータ角加速度演算部145からモータ角加速度 α が入力され(ステップS9)、舵角制御部200でモータ電流指令値 I_{mref} が生成される(ステップS100)。なお、目標操舵角 θ_t 、実操舵角 θ_r 、操舵トルク T_h 、モータ角速度 ω 、モータ角加速度 α の入力の順番は任意である。

[0053] その後、切換部142が切換指令部131からの切換指令SWにより切り換えられ(ステップS10)、舵角制御部200からのモータ電流指令値 I_{mref} を用いて電流制御/駆動部143によりモータ150を駆動し(ステップS11)、上記ステップS3にリターンする。モータ電流指令値 I_m

refによる駆動制御は、切換指令部131から切換指令SWが変更されるまで繰り返される。

[0054] モータ電流指令値 I_{mref} の生成は舵角制御部200で行われ、舵角制御部200でのモータ電流指令値 I_{mref} の生成動作は図15のフローチャートのようにになっている。

[0055] 先ずフィードバック制御部210は目標操舵角 θ_t 、実操舵角 θ_r 、モータ角速度 ω 及び操舵トルク T_h を入力し（ステップS101）、フィードバック制御電流指令値 I_{fref} を生成する（ステップS102）。これと並行して、SAT補償部230はモータ角速度 ω 、操舵トルク T_h 、モータ角加速度 α 及び前回電流指令値 $I_{ref}(Z^{-1})$ を入力し（ステップS103）、SAT補償電流指令値 I_{sref} を生成する（ステップS104）。フィードバック制御電流指令値 I_{fref} を加算部201に入力すると共に、SAT補償電流指令値 I_{sref} を加算部201に入力し（ステップs105）、加算結果である電流指令値 $I_{mo}(=I_{fref}-I_{sref})$ を電流指令値と加算してモータ電流指令値 I_{mref} を出力する（ステップS106）。

[0056] 次に、フィードバック制御部210の動作を、図16のフローチャートを参照して説明する。

[0057] 目標操舵角 θ_t がレートリミッタ211に入力され（ステップS110）、レートリミッタ211で前述したようなレート制限動作が実行され（ステップS111）、LPF212を経た目標操舵角 θ_{ta} が減算部213Aに入力される。また、舵角センサ152から実操舵角 θ_r が入力され（ステップS112）、減算部213Aで“ $\theta_{ta}-\theta_r$ ”の減算が行われ（ステップS113）、減算値である角度偏差 θ_d が比例ゲイン部214でゲイン K_{pp} 倍されて減算部213Bに加算入力される（ステップS114）。モータ角速度 ω が減算部213Bに減算入力され、ゲイン K_{pp} 倍された角速度との速度偏差が求められる（ステップS115）。減算部213Bで得られた速度偏差は、積分部216A及び積分ゲイン部216Bで積分とゲイン K

v_i 倍されて減算部 213C に加算入力されると共に (ステップ S116)、比例ゲイン部 216C で比例ゲイン K_{vp} 倍されて減算部 213C に減算入力され (ステップ S117)、減算部 213C で減算される (ステップ S118)。

[0058] その後、操舵トルク T_h を入力し (ステップ S120)、操舵トルク T_h を微分部 215A で微分し、微分ゲイン部 215B で微分ゲイン K_c 倍して加算部 213C に入力する (ステップ S121)。加算部 213D において減算部 213C からの減算値と加算され (ステップ S122)、リミッタ 217 で上下限値を制限され (ステップ S123)、フィードバック制御電流指令値 I_{ref} として出力される (ステップ S124)。

[0059] 次に、SAT 補償部 230 の動作を、図 17 のフローチャートを参照して説明する。

[0060] モータ角速度 ω 及び操舵トルク T_h を入力し (ステップ S130)、粘性摩擦係数部 231 でモータ角速度 ω に粘性摩擦係数 c を乗算し (ステップ S131)、符号部 233 で符号化し、クーロン摩擦部 234 でクーロン摩擦 T_{Frc} を乗算し (ステップ S132)、粘性摩擦係数部 231 の出力及びクーロン摩擦部 234 の出力を加算すると共に、操舵トルク T_h を加減算部 232A で加減算する (ステップ S133)。

[0061] 次に、全慣性モーメント部 235 はモータ角加速度 α を入力して全慣性モーメント I_c を乗算し (ステップ S132)、加算部 232B で加算する (ステップ S135)。加算部 232B での加算結果は係数部 236 で $1/K_t$ 倍して減算部 232C に加算入力し、別途入力 (記憶) されている前回電流指令値 $I_{ref}(Z^{-1})$ を減算部 232C で減算する (ステップ S137)。減算部 232C からは SAT に相当するモータトルクを発生する SAT 推定電流値 I_{SAT} として出力され、SAT 推定電流値 I_{SAT} を LPF 237 でフィルタリングし (ステップ S140)、車速 V_{el} を入力してゲイン (G) 部 238 でゲイン G 倍し (ステップ S141)、更にリミッタ 239 で上下限値を制限し (ステップ S122)、リミッタ 239 から SAT 補償電流

指令値 I_{sref} を出力する（ステップ S143）。

[0062] 図12のSAT補償部230は数3に基づいて構成したものであるが、図4で説明したSAT推定についても同様に構成することができる。図18はその構成例を示しており、SAT推定電流値 $\ast SAT (= I_{SAT})$ を前述と同様な特性のLPF230-1、車速感応型のゲイン(G)部230-2及びリミッタ230-3によって、SAT補償電流指令値 I_{sref} を得ることができる。

符号の説明

[0063] 1	ハンドル
2	コラム軸（ステアリングシャフト）
10、154	トルクセンサ
12、153	車速センサ
13	バッテリー
20、150	モータ
21	モータ駆動部
100	コントロールユニット（ECU）
110	トルク系制御部
120	モータ系制御部
151	回転センサ
152	舵角センサ
130	車両側のECU
131	切換指令部
132	目標操舵角生成部
140	EPS側のECU
141	トルク制御部
142	切換部
143	電流制御／駆動部
144	モータ角速度演算部

145	モータ角加速度演算部
200	舵角制御部
210	フィードバック制御部
211	レートリミッタ
211-2	変化分設定部
211-4	保持部
212、230-1、237	LPF
214	比例ゲイン部
215A	微分部
215B	微分ゲイン (K_c) 部
216A	積分部
216B	積分ゲイン (K_{vi}) 部
216C	比例ゲイン (K_{vp}) 部
217、239、230-3	リミッタ
230	SAT補償部
231	粘性摩擦係数部
233	符号部
234	クーロン摩擦部
238	(車速感応) ゲイン部

請求の範囲

[請求項1] 操舵トルク及び車速に基づいてモータ電流指令値1を演算し、前記モータ電流指令値1に基づいてモータを駆動して操舵系をアシスト制御すると共に、自動操舵モードと手動操舵モードとを切り換える機能を有する電動パワーステアリング装置において、

目標操舵角、実操舵角、前記モータのモータ角速度及びモータ角加速度、前記操舵トルク、前回電流指令値に基づいてモータ電流指令値2を算出する舵角制御部と、前記モータ電流指令値1及びモータ電流指令値2を入力して切り換える切換部とを具備し、

前記舵角制御部が、前記目標操舵角、前記実操舵角、前記モータ角速度及び前記操舵トルクに基づいてフィードバック制御電流指令値を生成するフィードバック制御部と、前記モータ角速度、前記モータ角加速度、前記操舵トルク及び前記前回電流指令値に基づいてSAT補償電流指令値を生成するSAT補償部と、前記フィードバック制御電流指令値及び前記SAT補償電流指令値から前記モータ電流指令値2を生成する出力部とで構成され、

前記自動操舵モード及び手動操舵モードの切換指令に応じて前記切換部が切り換えられ、前記自動操舵モード時に前記モータ電流指令値2に基づいて前記モータを駆動制御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] 前記フィードバック制御部が、

前記目標操舵角を円滑化するレートリミッタと、前記レートリミッタの出力に接続されたLPFと、前記LPFの出力と前記実操舵角との角度偏差を比例ゲイン倍する第1比例ゲイン部と、前記第1比例ゲイン部からの誤差速度と前記モータ角速度との速度偏差を積分して積分ゲイン倍する積分ゲイン部と、前記速度偏差を比例ゲイン倍する第2比例ゲイン部と、前記操舵トルクを微分して微分ゲイン倍する微分ゲイン部と、前記積分ゲイン部の出力と前記第2比例ゲイン部の出力と

の偏差値に前記微分ゲイン部の出力を加算して上下限値を制限して前記フィードバック制御電流指令値を出力する出力部とで構成されている請求項1に記載の電動パワーテアリング装置。

[請求項3]

前記S A T補償部が、

前記操舵トルク、前記モータ角速度、前記モータ角加速度及び前回電流指令値に基づいてS A T推定電流値を算出するS A T推定部と、前記S A T推定電流値を入力すると共に、角度応答周波数よりも高いカットオフ周波数特性を有するL P Fと、前記L P Fの出力を車速可変ゲインで乗算して前記S A T補償電流指令値を出力する車速感応ゲイン部とで構成されている請求項1又は2に記載の電動パワーステアリング装置。

[請求項4]

前記S A T推定部が、

前記モータ角速度に粘性摩擦係数を乗算する粘性摩擦係数部と、前記モータ角速度を符号化してクーロン摩擦を乗算する符号化クーロン摩擦部と、前記モータ角加速度に全慣性モーメントを乗算する全慣性モーメント部と、前記粘性摩擦係数部の出力及び前記符号化クーロン摩擦部の出力の加算値から前記操舵トルクを減算し、前記全慣性モーメント部の出力を加算して係数を乗算する出力係数部とで構成されている請求項3に記載の電動パワーステアリング装置。

[請求項5]

前記車速感応ゲイン部の後段に、上下限値を制限するリミッタが接続されている請求項3又は4に記載の電動パワーステアリング装置。

[請求項6]

前記S A T推定部が、

アシストトルクに相当する電流指令値及び前記操舵トルクを加算する加算部と、前記モータ角加速度に慣性を乗算した値を、前記加算部の加算結果から減算する第1減算部と、前記モータ角速度を符号化して摩擦を乗算した値を、前記第1減算部の減算結果から減算して前記S A T推定電流値を出力する第2減算部とで構成されている請求項3に記載の電動パワーステアリング装置。

[請求項7] 前記車速感応ゲイン部の後段に、上下限値を制限するリミッタが接続されている請求項6に記載の電動パワーステアリング装置。

補正された請求の範囲
[2014年5月13日(13.05.2014)国際事務局受理]

[請求項1]

(補正後)

操舵トルク及び車速に基づいてモータ電流指令値1を演算し、前記モータ電流指令値1に基づいてモータを駆動して操舵系をアシスト制御すると共に、自動操舵モードと手動操舵モードとを切り換える機能を有する電動パワーステアリング装置において、

目標操舵角、実操舵角、前記モータのモータ角速度及びモータ角加速度、前記操舵トルク、前回電流指令値に基づいてモータ電流指令値2を算出する舵角制御部と、前記モータ電流指令値1及びモータ電流指令値2を入力して切り換える切換部とを具備し、

前記舵角制御部が、

前記目標操舵角、前記実操舵角、前記モータ角速度及び前記操舵トルクに基づいてフィードバック制御電流指令値を生成するフィードバック制御部と、前記モータ角速度、前記モータ角加速度、前記操舵トルク及び前記前回電流指令値に基づいてSAT補償電流指令値を生成するSAT補償部と、前記フィードバック制御電流指令値及び前記SAT補償電流指令値から前記モータ電流指令値2を生成する出力部とで構成され、

前記フィードバック制御部が、

前記目標操舵角を円滑化するレートリミッタと、前記レートリミッタの出力に接続されたLPFと、前記LPFの出力と前記実操舵角との角度偏差を比例ゲイン倍する第1比例ゲイン部と、前記第1比例ゲイン部からの誤差速度と前記モータ角速度との速度偏差を積分して積分ゲイン倍する積分ゲイン部と、前記速度偏差を比例ゲイン倍する第2比例ゲイン部と、前記操舵トルクを微分して微分ゲイン倍する微分ゲイン部と、前記積分ゲイン部の出力と前記第2比例ゲイン部の出力との偏差値に前記微分ゲイン部の出力を加算して上下限値を制限して前記フィードバック制御電流指令値を出力する出力部とで構成され、

前記自動操舵モード及び手動操舵モードの切換指令に応じて前記切換部が切り換えられ、前記自動操舵モード時に前記モータ電流指令値2に基づいて前記モータを駆動制御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] (削除)

[請求項3] (補正後)

前記S A T補償部が、
前記操舵トルク、前記モータ角速度、前記モータ角加速度及び前回電流指令値に基づいてS A T推定電流値を算出するS A T推定部と、前記S A T推定電流値を入力すると共に、角度応答周波数よりも高いカットオフ周波数特性を有するL P Fと、前記L P Fの出力を車速可変ゲインで乗算して前記S A T補償電流指令値を出力する車速感応ゲイン部とで構成されている請求項1に記載の電動パワーステアリング装置。

[請求項4] 前記S A T推定部が、
前記モータ角速度に粘性摩擦係数を乗算する粘性摩擦係数部と、前記モータ角速度を符号化してクーロン摩擦を乗算する符号化クーロン摩擦部と、前記モータ角加速度に全慣性モーメントを乗算する全慣性モーメント部と、前記粘性摩擦係数部の出力及び前記符号化クーロン摩擦部の出力の加算値から前記操舵トルクを減算し、前記全慣性モーメント部の出力を加算して係数を乗算する出力係数部とで構成されている請求項3に記載の電動パワーステアリング装置。

[請求項5] 前記車速感応ゲイン部の後段に、上下限値を制限するリミッタが接続されている請求項3又は4に記載の電動パワーステアリング装置。

[請求項6] 前記S A T推定部が、
アシストトルクに相当する電流指令値及び前記操舵トルクを加算する加算部と、前記モータ角加速度に慣性を乗算した値を、前記加算部の加算結果から減算する第1減算部と、前記モータ角速度を符号化して

摩擦を乗算した値を、前記第1減算部の減算結果から減算して前記S A T推定電流値を出力する第2減算部とで構成されている請求項3に記載の電動パワーステアリング装置。

[請求項7] 前記車速感応ゲイン部の後段に、上下限値を制限するリミッタが接続されている請求項6に記載の電動パワーステアリング装置。

[請求項8] (追加)
操舵トルク及び車速に基づいてモータ電流指令値1を演算し、前記モータ電流指令値1に基づいてモータを駆動して操舵系をアシスト制御すると共に、自動操舵モードと手動操舵モードとを切り換える機能を有する電動パワーステアリング装置において、
目標操舵角、実操舵角、前記モータのモータ角速度及びモータ角加速度、前記操舵トルク、前回電流指令値に基づいてモータ電流指令値2を算出する舵角制御部と、前記モータ電流指令値1及びモータ電流指令値2を入力して切り換える切換部とを具備し、
前記舵角制御部が、
前記目標操舵角、前記実操舵角、前記モータ角速度及び前記操舵トルクに基づいてフィードバック制御電流指令値を生成するフィードバック制御部と、前記モータ角速度、前記モータ角加速度、前記操舵トルク及び前記前回電流指令値に基づいてS A T補償電流指令値を生成するS A T補償部と、前記フィードバック制御電流指令値及び前記S A T補償電流指令値から前記モータ電流指令値2を生成する出力部とで構成され、
前記S A T補償部が、
前記操舵トルク、前記モータ角速度、前記モータ角加速度及び前回電流指令値に基づいてS A T推定電流値を算出するS A T推定部と、前記S A T推定電流値を入力すると共に、角度応答周波数よりも高いカットオフ周波数特性を有するL P Fと、前記L P Fの出力を車速可変ゲインで乗算して前記S A T補償電流指令値を出力する車速感応ゲイ

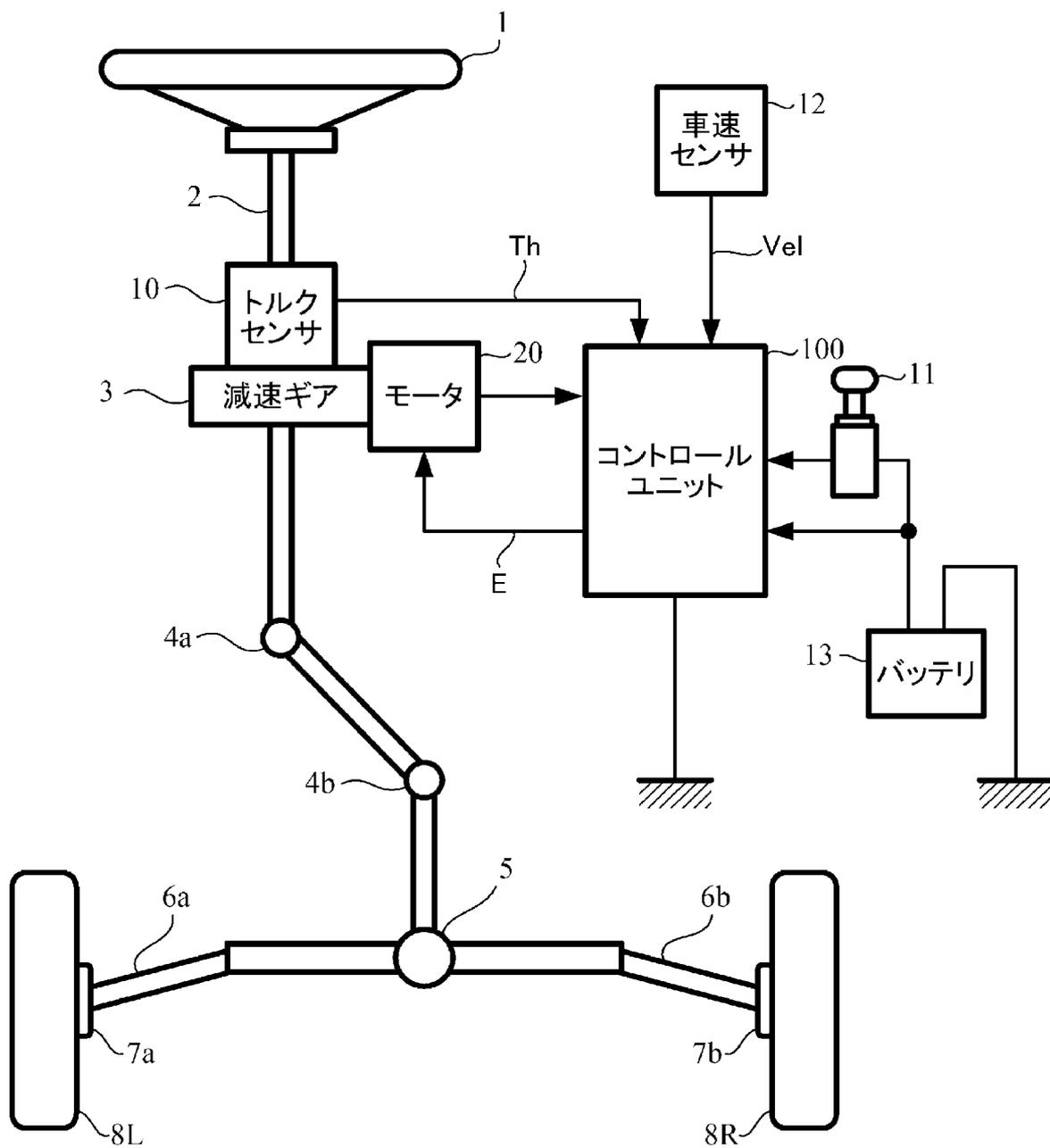
ン部とで構成され、
前記SAT推定部が、
前記モータ角速度に粘性摩擦係数を乗算する粘性摩擦係数部と、前記モータ角速度を符号化してクーロン摩擦を乗算する符号化クーロン摩擦部と、前記モータ角加速度に全慣性モーメントを乗算する全慣性モーメント部と、前記粘性摩擦係数部の出力及び前記符号化クーロン摩擦部の出力の加算値から前記操舵トルクを減算し、前記全慣性モーメント部の出力を加算して係数を乗算する出力係数部とで構成され、
前記自動操舵モード及び手動操舵モードの切換指令に応じて前記切換部が切り換えられ、前記自動操舵モード時に前記モータ電流指令値2に基づいて前記モータを駆動制御することを特徴とする電動パワーステアリング装置。

[請求項9]

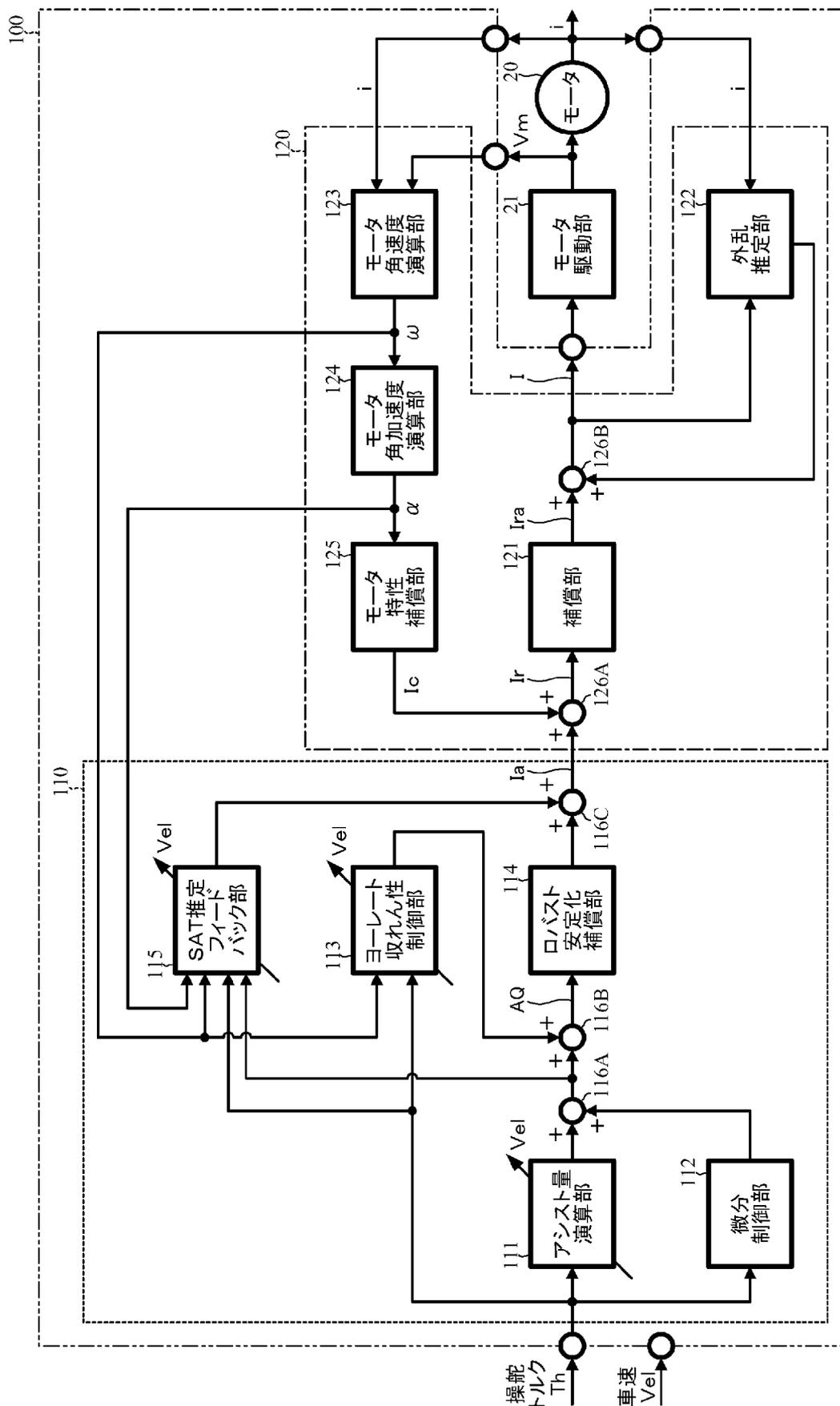
(追加)

前記車速感応ゲイン部の後段に、上下限値を制限するリミッタが接続されている請求項8に記載の電動パワーステアリング装置。

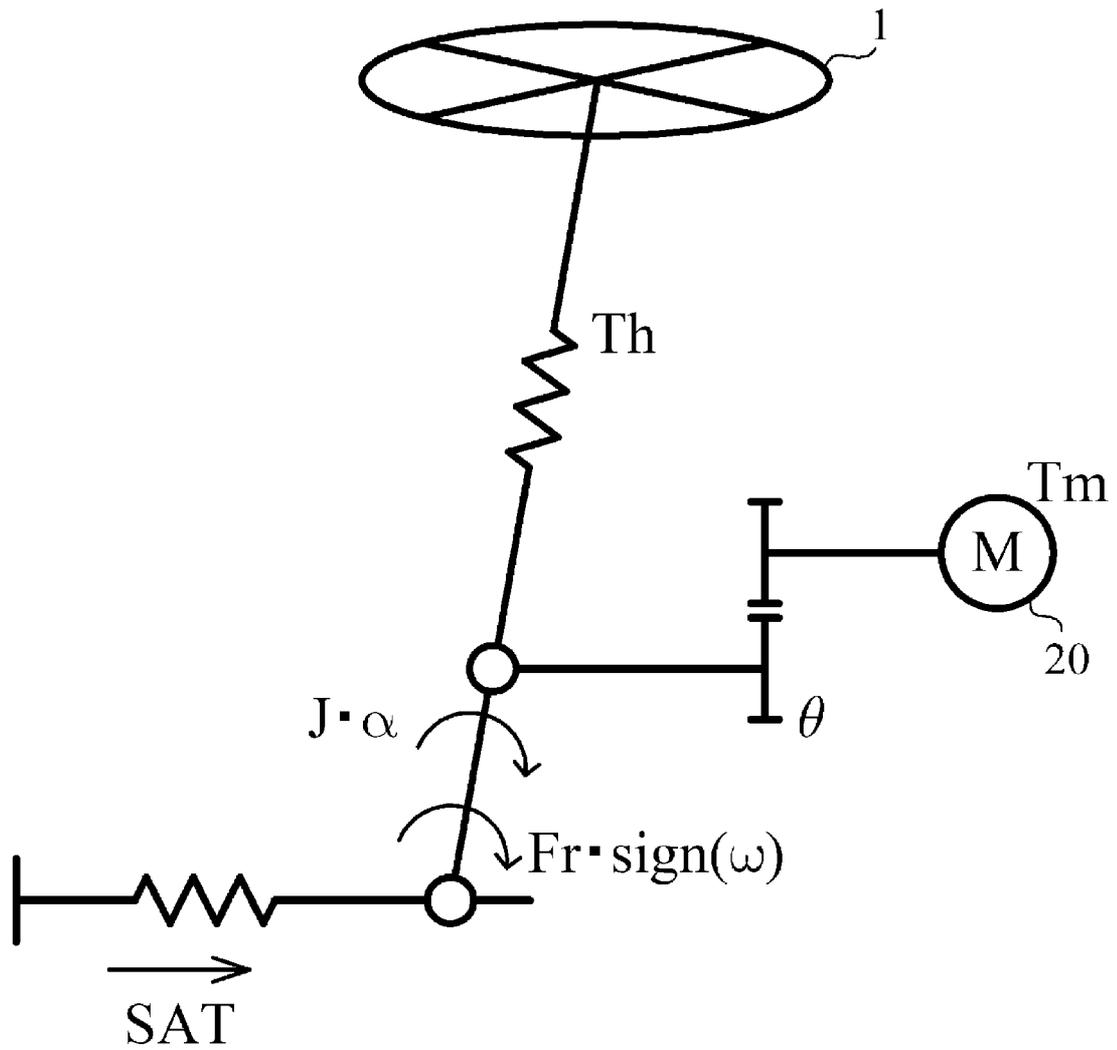
[図1]



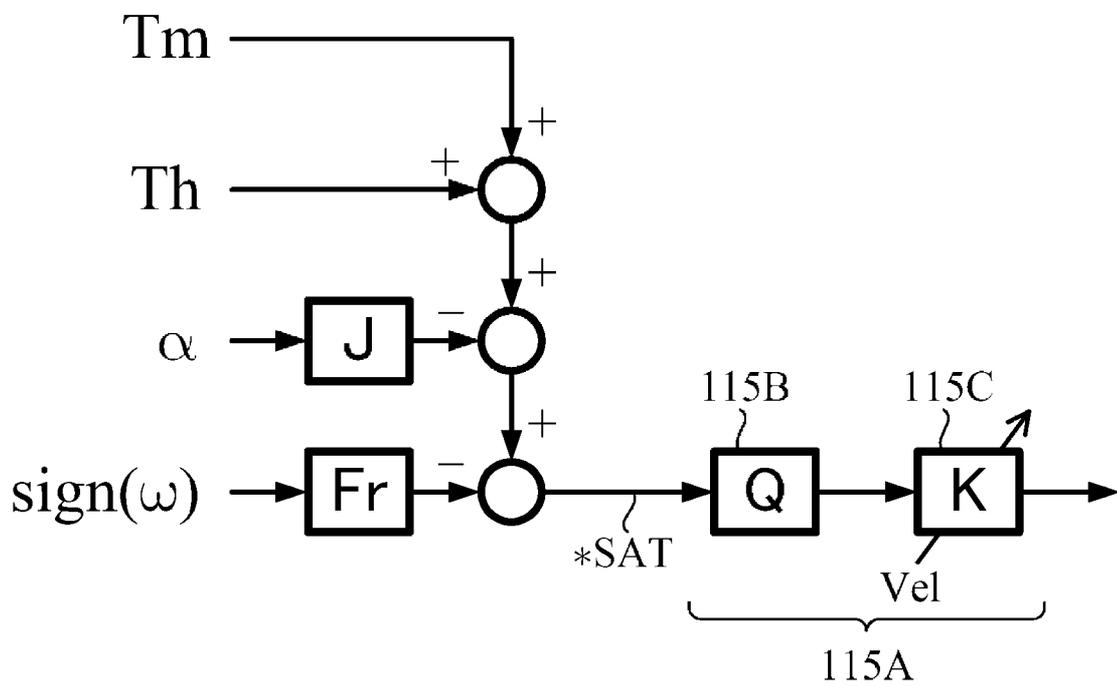
[図2]



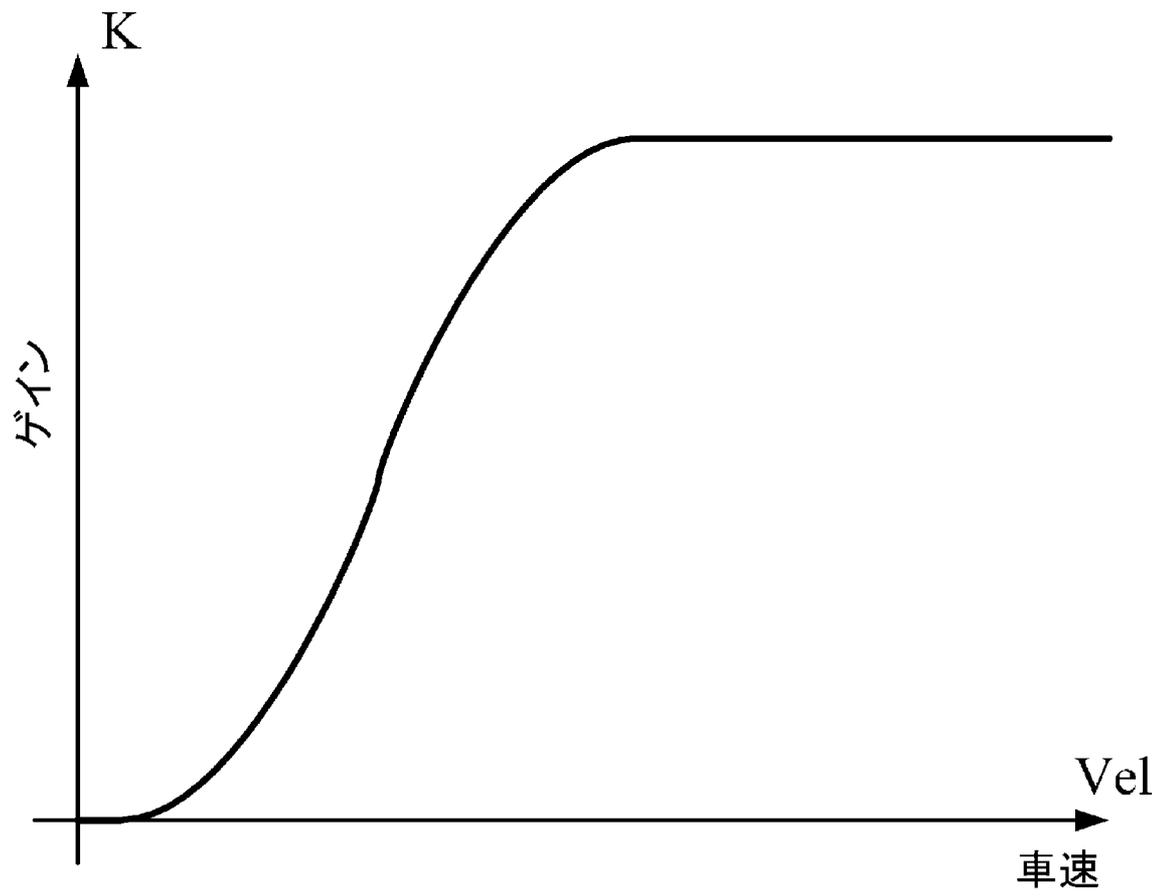
[図3]



[図4]

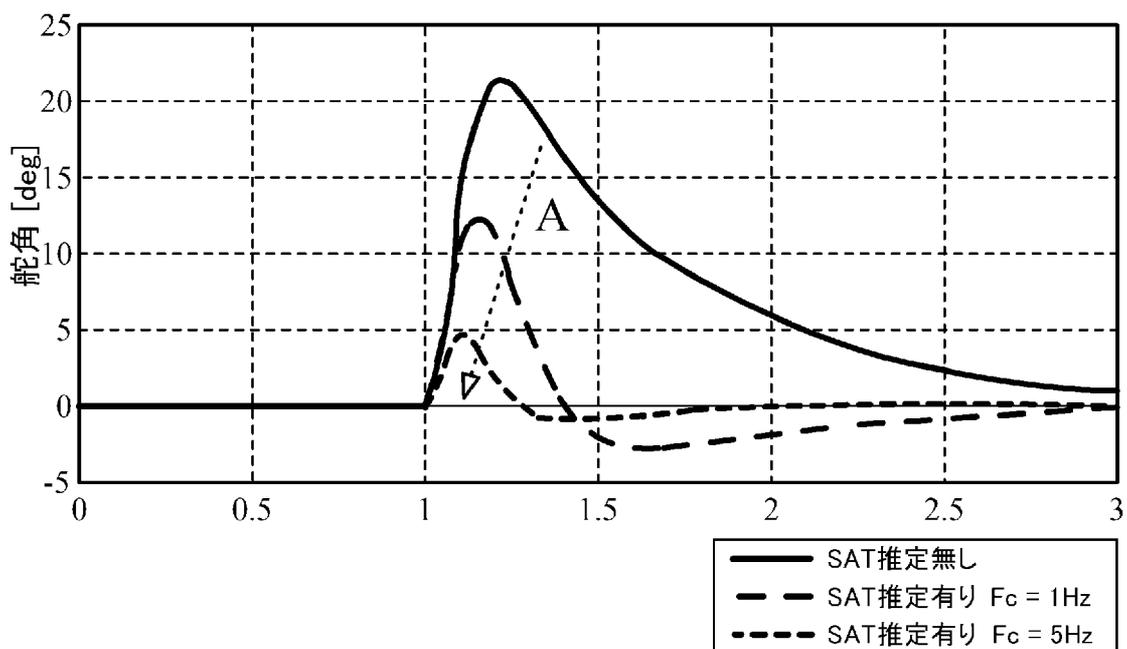


[図5]

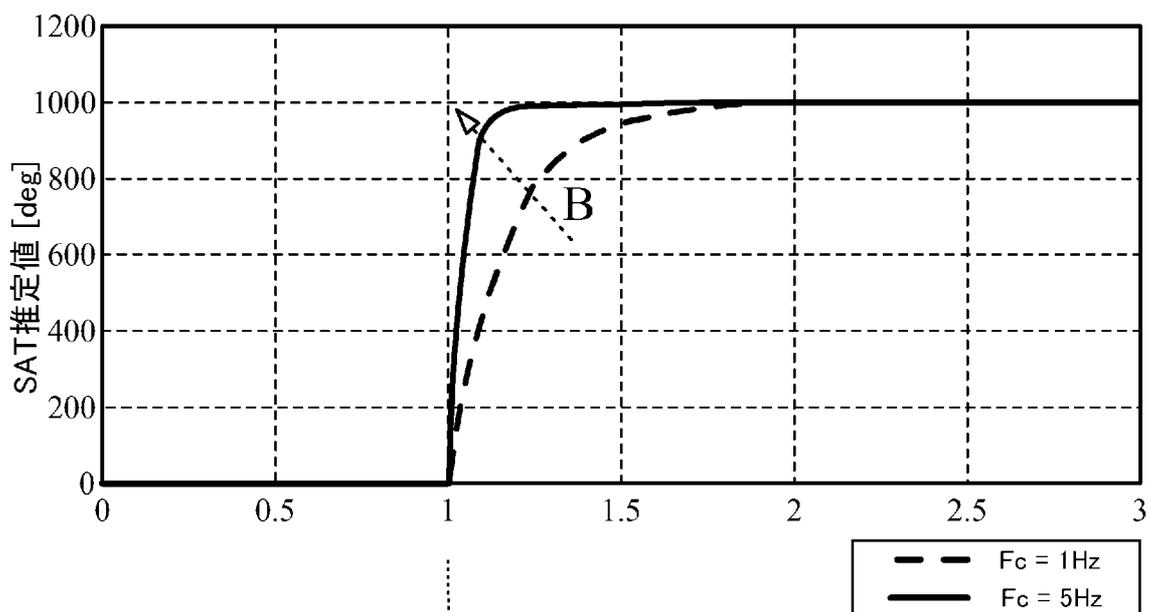


[図6]

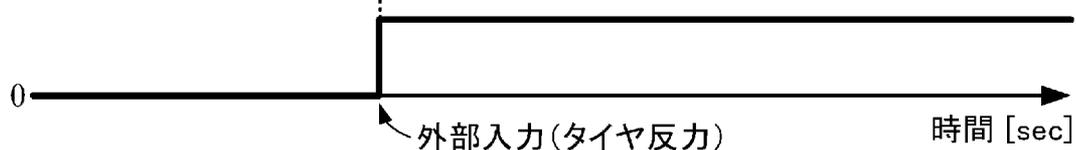
(A) (舵角応答波形)



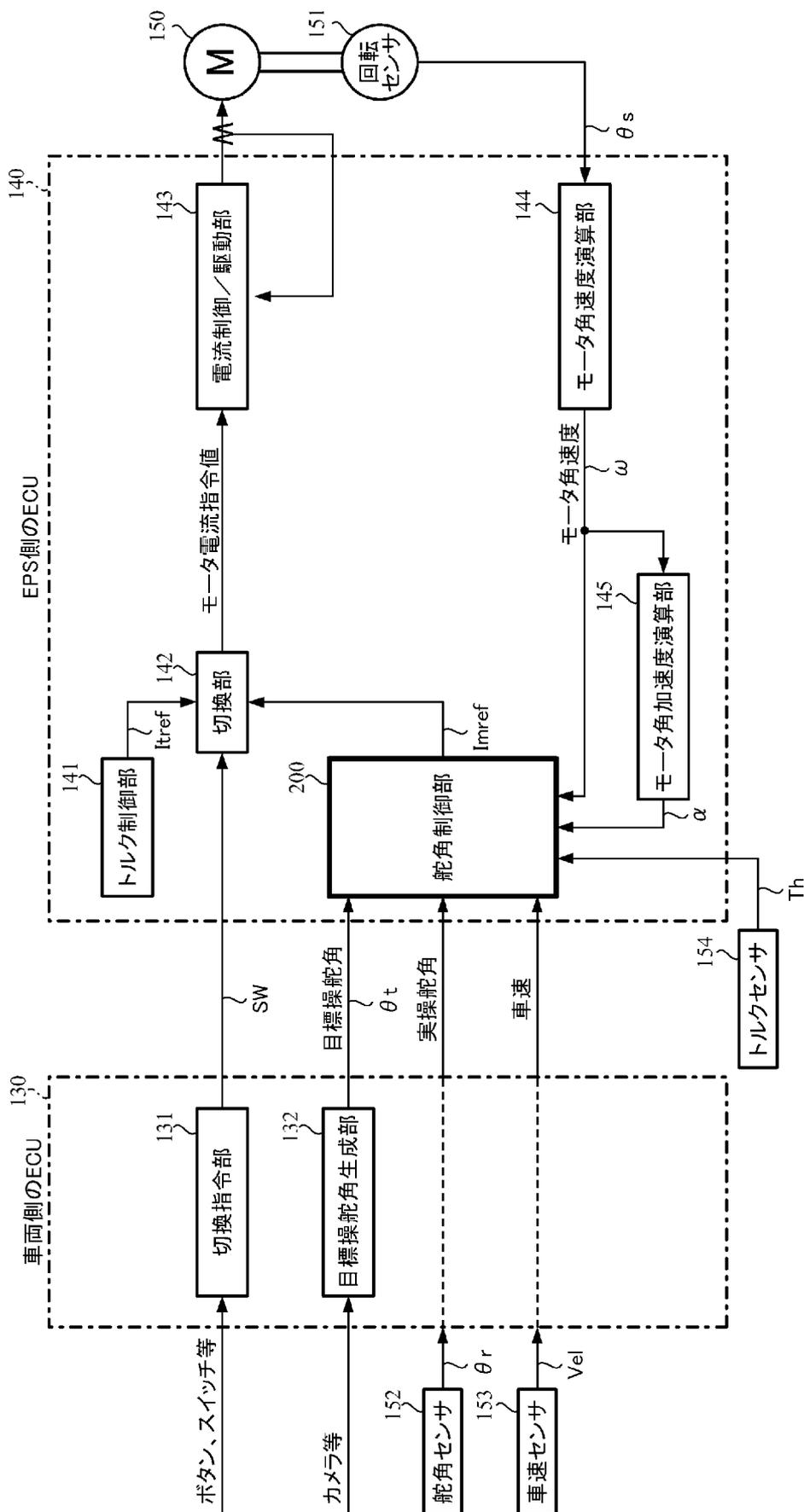
(B) (SAT推定値波形)



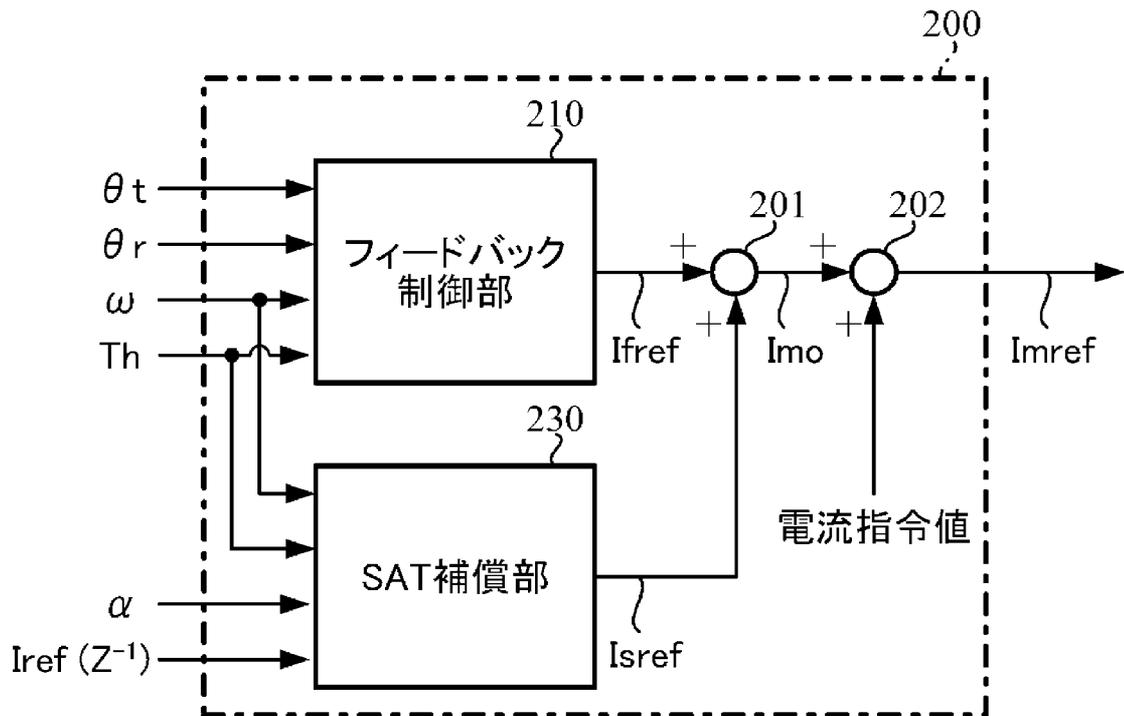
(C)



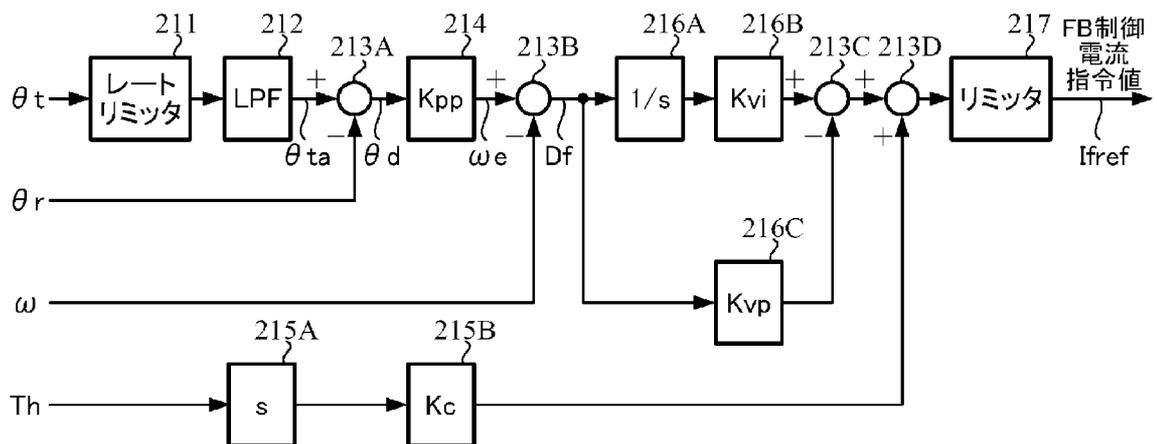
[図7]



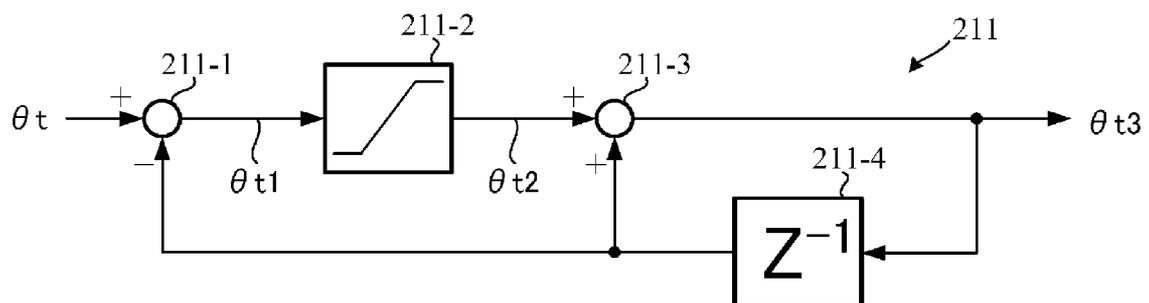
[図8]



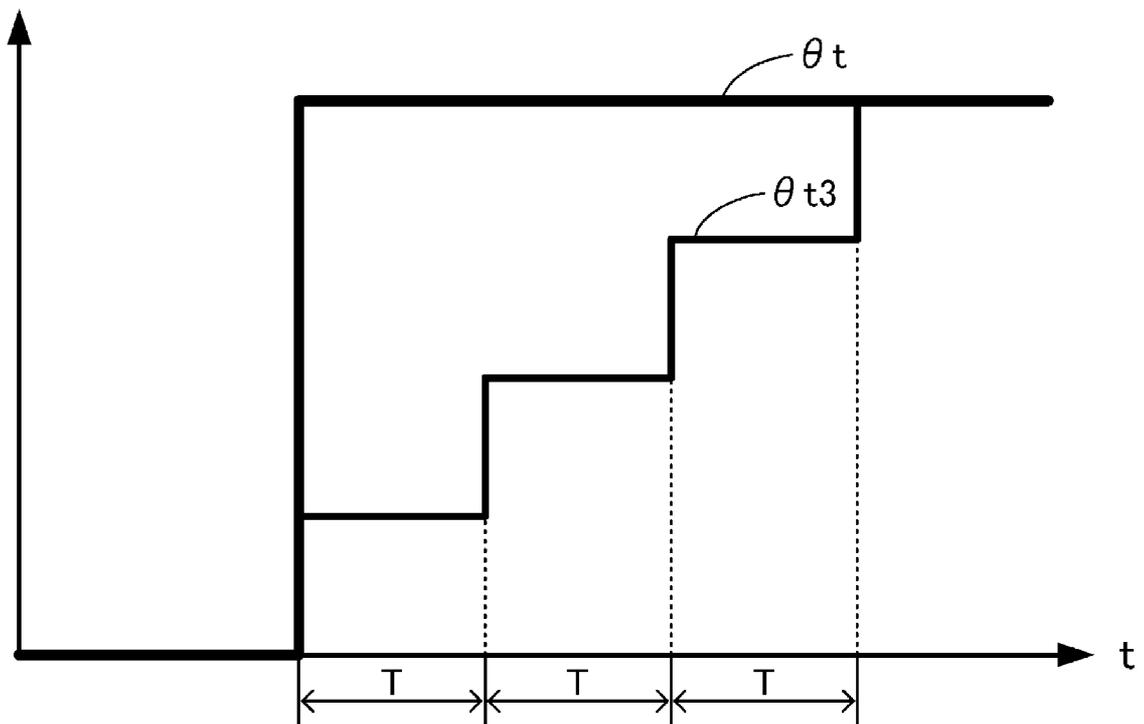
[図9]



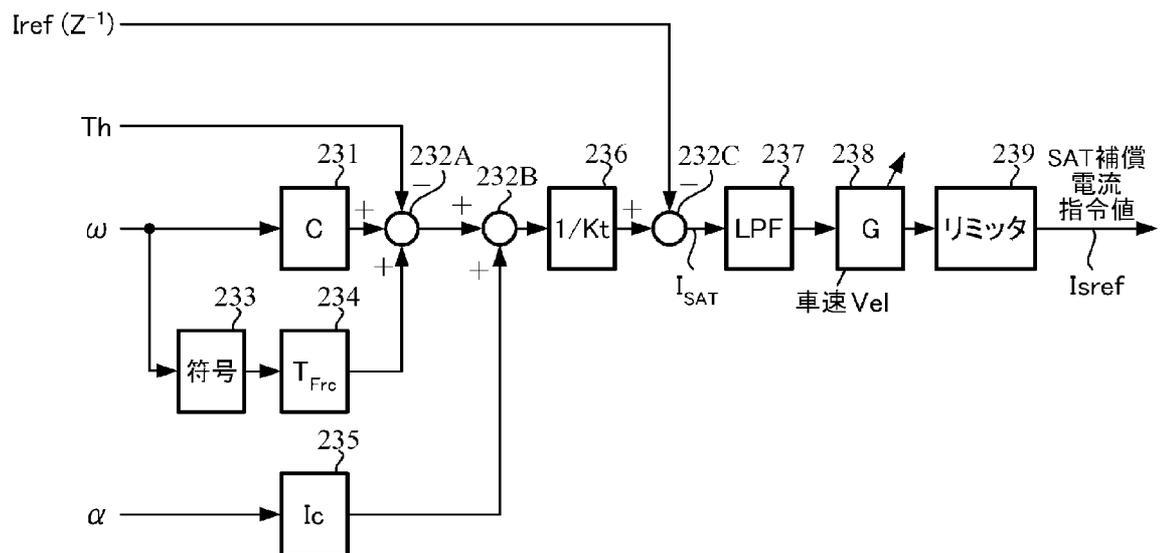
[図10]



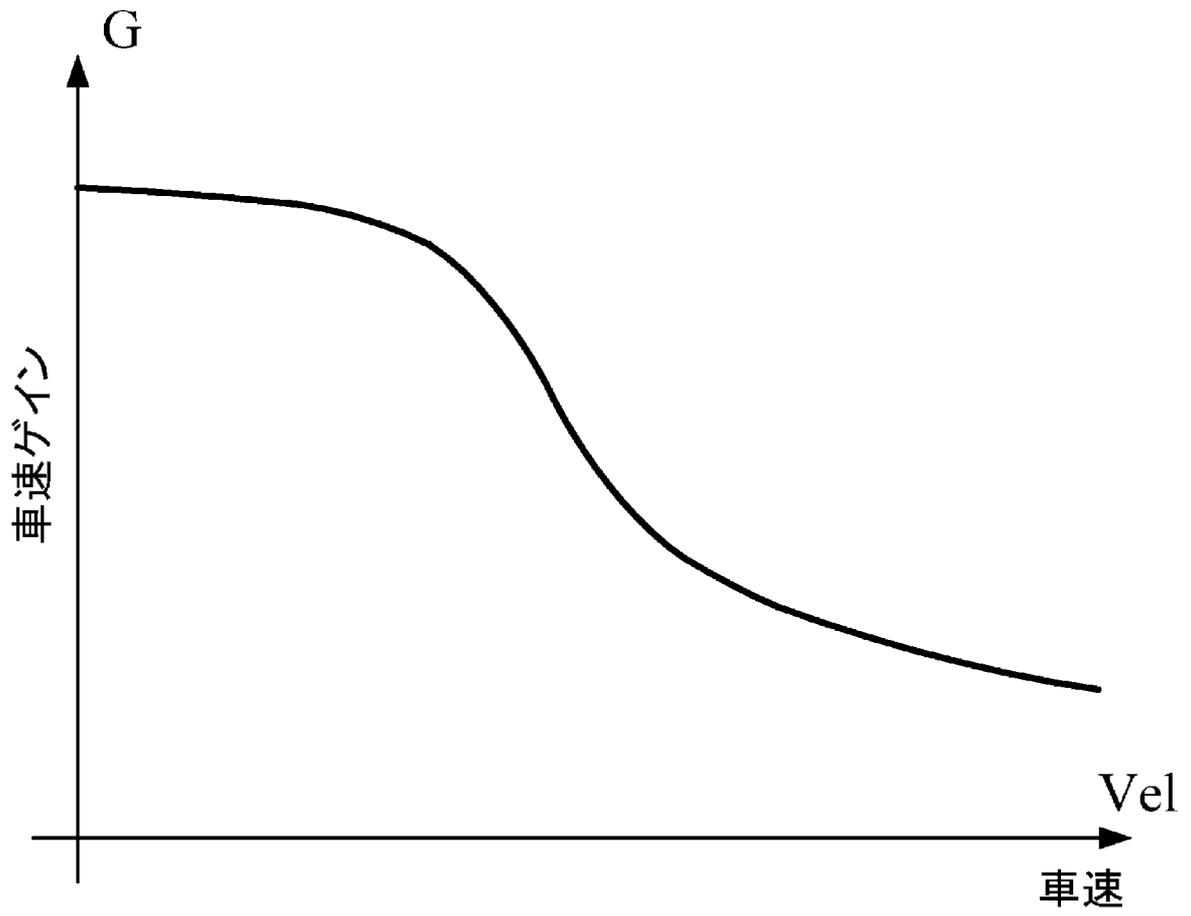
[図11]



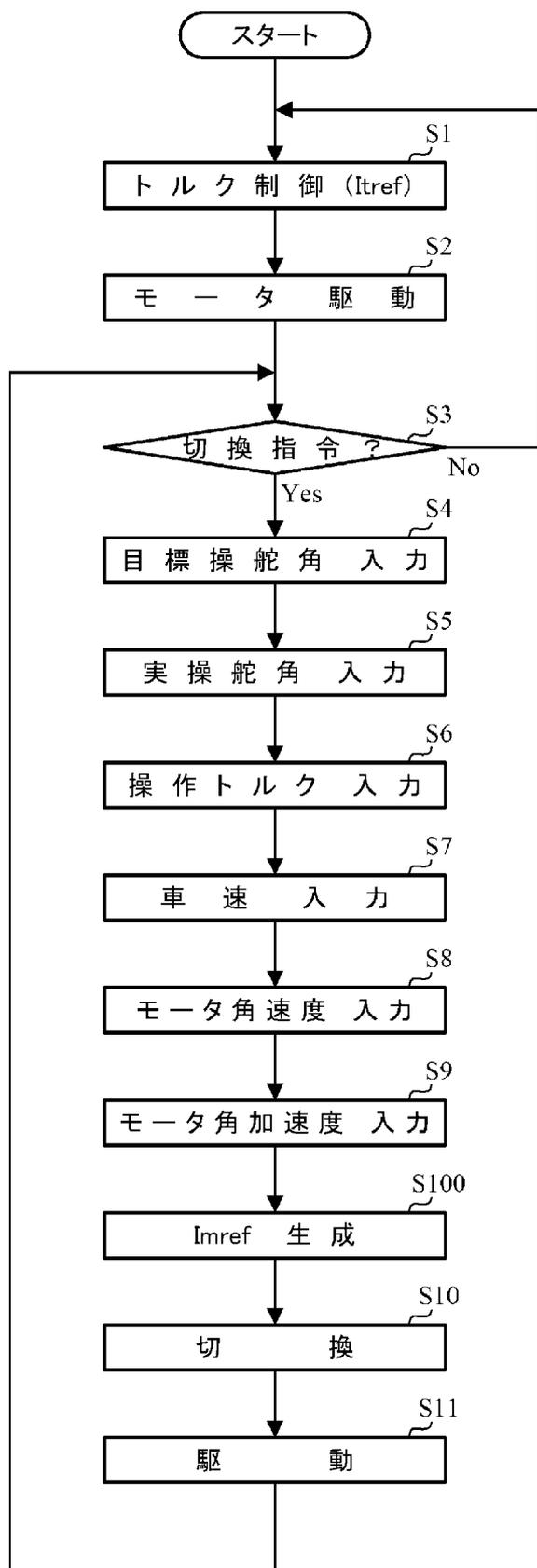
[図12]



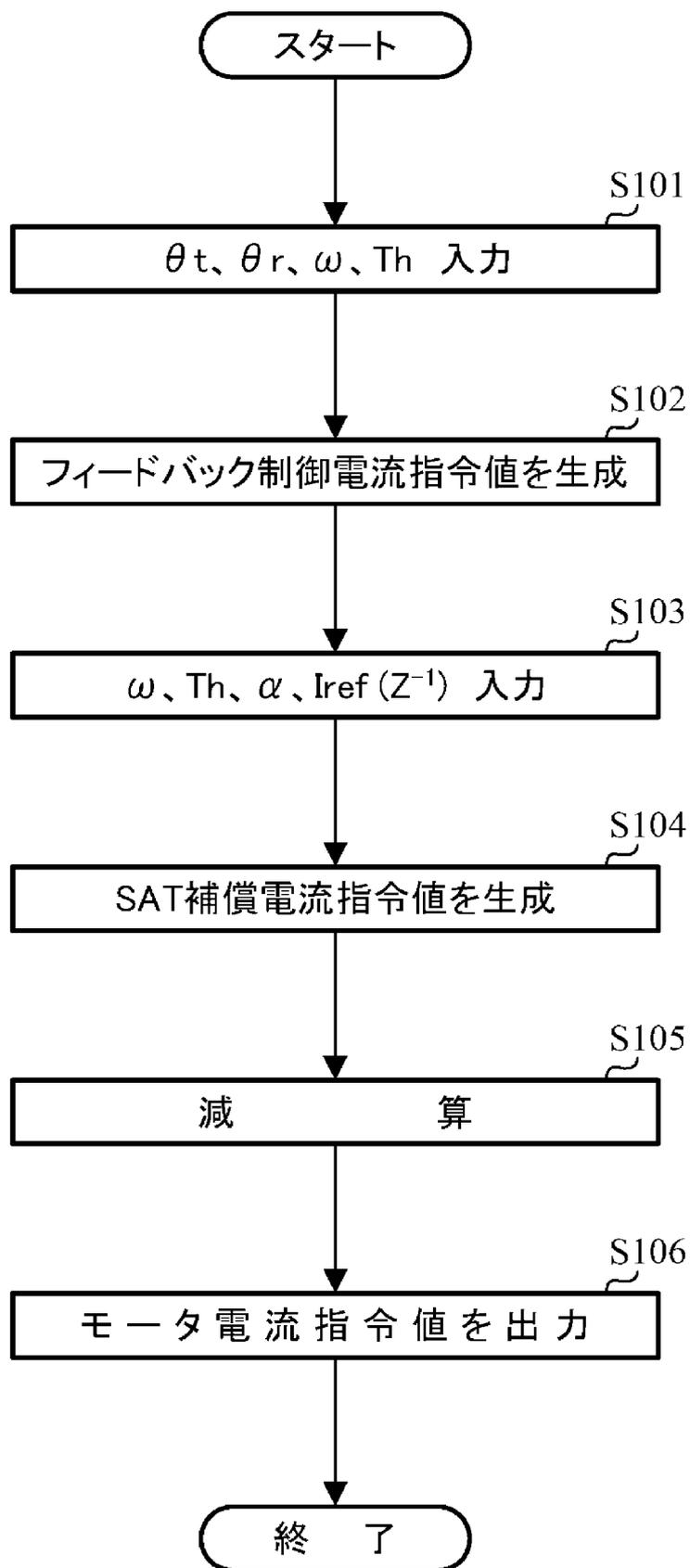
[図13]



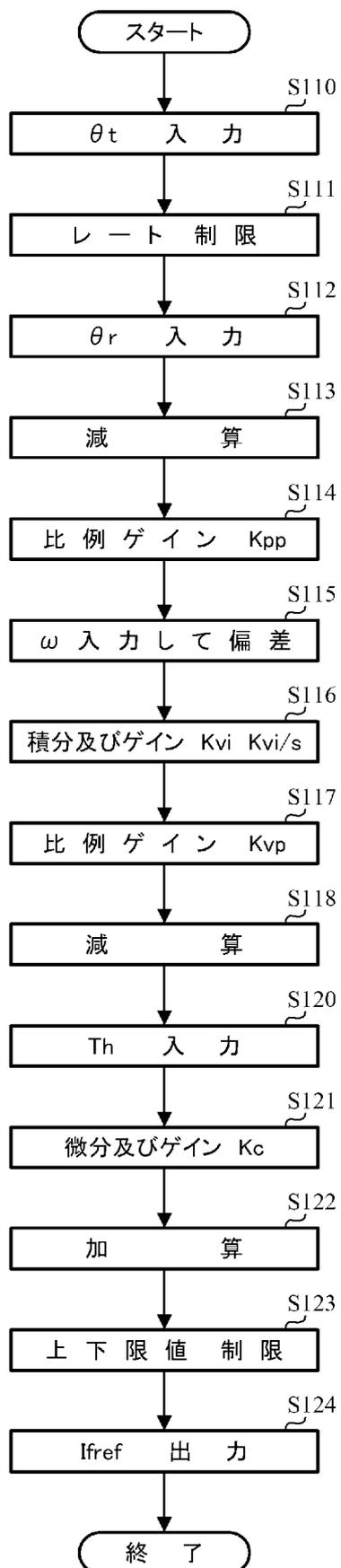
[図14]



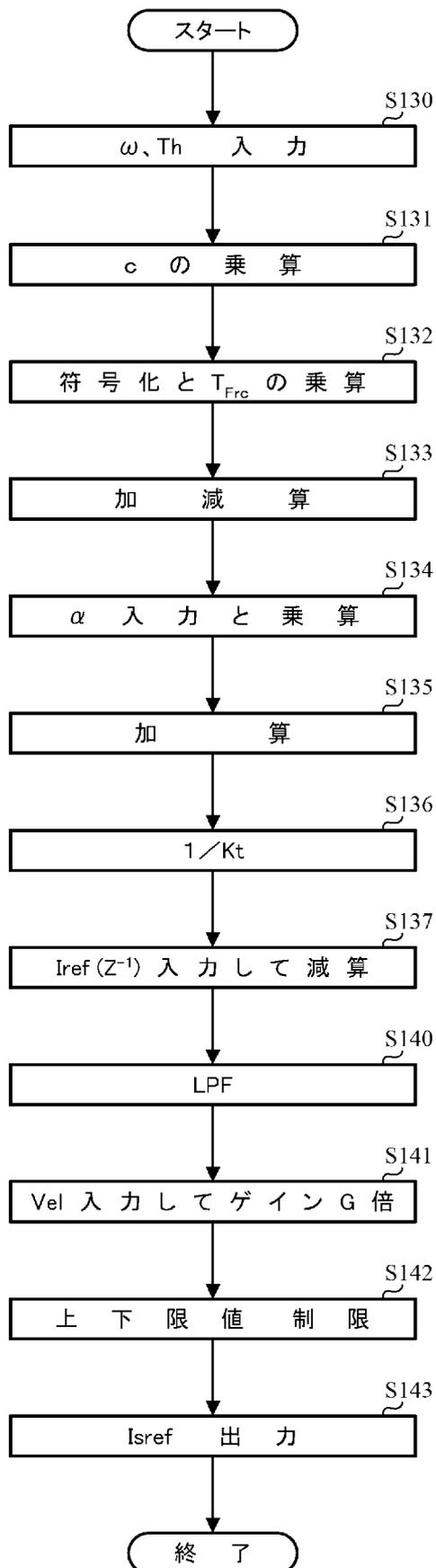
[図15]



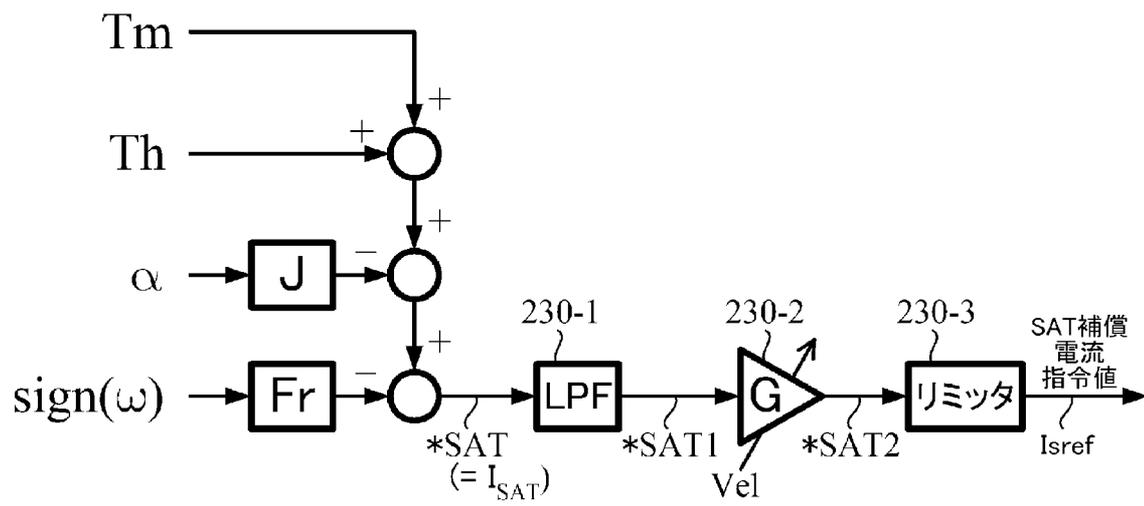
[図16]



[図17]



[図18]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/051931

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
B62D6/00(2006.01)i, B62D5/04(2006.01)i, B62D101/00(2006.01)n, B62D113/00(2006.01)n, B62D119/00(2006.01)n

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)
B62D6/00, B62D5/04, B62D101/00, B62D113/00, B62D119/00

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

<i>Jitsuyo Shinan Koho</i>	<i>1922-1996</i>	<i>Jitsuyo Shinan Toroku Koho</i>	<i>1996-2014</i>
<i>Kokai Jitsuyo Shinan Koho</i>	<i>1971-2014</i>	<i>Toroku Jitsuyo Shinan Koho</i>	<i>1994-2014</i>

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 2013-252729 A (NSK Ltd.), 19 December 2013 (19.12.2013), claims; paragraphs [0001] to [0049]; fig. 1 to 11	1, 3, 5 2, 4, 6-7
Y A	JP 2013-193490 A (NSK Ltd.), 30 September 2013 (30.09.2013), claims; paragraphs [0001] to [0039]; fig. 1 to 14	1, 3, 5 2, 4, 6-7
Y A	JP 2007-269140 A (NSK Ltd.), 18 October 2007 (18.10.2007), claims; paragraphs [0001] to [0035]; fig. 1 to 9	3, 5 2, 4, 6-7

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 10 April, 2014 (10.04.14)	Date of mailing of the international search report 22 April, 2014 (22.04.14)
--	---

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

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/051931

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 8-290778 A (NSK Ltd.), 05 November 1996 (05.11.1996), entire text; all drawings	1-7
A	JP 2002-369565 A (NSK Ltd.), 20 December 2002 (20.12.2002), entire text; all drawings	1-7
A	JP 2002-145075 A (Honda Motor Co., Ltd.), 22 May 2002 (22.05.2002), entire text; all drawings	1-7
A	JP 2002-161969 A (Honda Motor Co., Ltd.), 07 June 2002 (07.06.2002), entire text; all drawings	1-7
A	WO 2008/146372 A1 (Mitsubishi Electric Corp.), 04 December 2008 (04.12.2008), entire text; all drawings	1-7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2014/051931

JP 2013-252729 A	2013.12.19	(Family: none)	
JP 2013-193490 A	2013.09.30	(Family: none)	
JP 2007-269140 A	2007.10.18	US 2007/0227806 A1	2007.10.04
		EP 1839996 A2	2007.10.03
JP 8-290778 A	1996.11.05	US 5732373 A	1998.03.24
		DE 19615377 A1	1996.10.24
JP 2002-369565 A	2002.12.20	(Family: none)	
JP 2002-145075 A	2002.05.22	(Family: none)	
JP 2002-161969 A	2002.06.07	(Family: none)	
WO 2008/146372 A1	2008.12.04	US 2010/0125385 A1	2010.05.20
		EP 2149489 A1	2010.02.03

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））
 Int.Cl. B62D6/00(2006.01)i, B62D5/04(2006.01)i, B62D101/00(2006.01)n, B62D113/00(2006.01)n, B62D119/00(2006.01)n

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.Cl. B62D6/00, B62D5/04, B62D101/00, B62D113/00, B62D119/00

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 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2014年
 日本国実用新案登録公報 1996-2014年
 日本国登録実用新案公報 1994-2014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 請求項の番号
Y A	JP 2013-252729 A（日本精工株式会社）2013.12.19, 【特許請求の範囲】, 【0001】 - 【0049】, 【図1】 - 【図11】	1, 3, 5 2, 4, 6-7
Y A	JP 2013-193490 A（日本精工株式会社）2013.09.30, 【特許請求の範囲】, 【0001】 - 【0039】, 【図1】 - 【図14】	1, 3, 5 2, 4, 6-7
Y A	JP 2007-269140 A（日本精工株式会社）2007.10.18, 【特許請求の範囲】, 【0001】 - 【0035】, 【図1】 - 【図9】	3, 5 2, 4, 6-7

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	の日の後に公表された文献
「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	「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
「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	「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
「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）	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 10.04.2014	国際調査報告の発送日 22.04.2014
--------------------------	--------------------------

国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 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） 田々井 正吾 電話番号 03-3581-1101 内線 3381	3Q	9029
--	--	----	------

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 請求項の番号
A	JP 8-290778 A (日本精工株式会社) 1996. 11. 05, 全文, 全図	1-7
A	JP 2002-369565 A (日本精工株式会社) 2002. 12. 20, 全文, 全図	1-7
A	JP 2002-145075 A (本田技研工業株式会社) 2002. 05. 22, 全文, 全図	1-7
A	JP 2002-161969 A (本田技研工業株式会社) 2002. 06. 07, 全文, 全図	1-7
A	WO 2008/146372 A1 (三菱電機株式会社) 2008. 12. 04, 全文, 全図	1-7

JP 2013-252729 A	2013. 12. 19	ファミリーなし	
JP 2013-193490 A	2013. 09. 30	ファミリーなし	
JP 2007-269140 A	2007. 10. 18	US 2007/0227806 A1	2007. 10. 04
		EP 1839996 A2	2007. 10. 03
JP 8-290778 A	1996. 11. 05	US 5732373 A	1998. 03. 24
		DE 19615377 A1	1996. 10. 24
JP 2002-369565 A	2002. 12. 20	ファミリーなし	
JP 2002-145075 A	2002. 05. 22	ファミリーなし	
JP 2002-161969 A	2002. 06. 07	ファミリーなし	
WO 2008/146372 A1	2008. 12. 04	US 2010/0125385 A1	2010. 05. 20
		EP 2149489 A1	2010. 02. 03