

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4293734号
(P4293734)

(45) 発行日 平成21年7月8日(2009.7.8)

(24) 登録日 平成21年4月17日(2009.4.17)

| | | |
|---------------------|------------------|----------------|
| (51) Int. Cl. | | F 1 |
| B 6 2 D 6/00 | (2006.01) | B 6 2 D 6/00 |
| B 6 2 D 5/04 | (2006.01) | B 6 2 D 5/04 |
| B 6 2 D 101/00 | (2006.01) | B 6 2 D 101:00 |
| B 6 2 D 111/00 | (2006.01) | B 6 2 D 111:00 |
| B 6 2 D 113/00 | (2006.01) | B 6 2 D 113:00 |

請求項の数 9 (全 24 頁) 最終頁に続く

| | | | |
|-----------|-------------------------------|-----------|-------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2001-9384 (P2001-9384) | (73) 特許権者 | 000006013 |
| (22) 出願日 | 平成13年1月17日(2001.1.17) | | 三菱電機株式会社 |
| (65) 公開番号 | 特開2002-211427 (P2002-211427A) | | 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 |
| (43) 公開日 | 平成14年7月31日(2002.7.31) | (74) 代理人 | 100110423 |
| 審査請求日 | 平成17年10月18日(2005.10.18) | | 弁理士 曾我 道治 |
| | | (74) 代理人 | 100071629 |
| | | | 弁理士 池谷 豊 |
| | | (74) 代理人 | 100084010 |
| | | | 弁理士 古川 秀利 |
| | | (74) 代理人 | 100094695 |
| | | | 弁理士 鈴木 憲七 |
| | | (74) 代理人 | 100081916 |
| | | | 弁理士 長谷 正久 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電動式パワーステアリング制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

操舵ハンドルの中立位置からの回転角度を表す操舵角を検出する操舵角センサと、
操舵系の反力トルクを検出するステアリング軸反力トルクセンサと、
前記操舵角センサにより検出された操舵角にゲインを乗じて操舵ハンドルの戻し方向の
重畳反力トルクを演算する重畳反力トルク演算部と、
前記操舵系の反力トルクが大きい時には、前記重畳反力トルクを低減させ、前記操舵系
の反力トルクが小さい時には、前記重畳反力トルクを増大させるように前記ゲインを制御
する制御部と、
を備えることを特徴とする電動式パワーステアリング制御装置。

10

【請求項2】

操舵ハンドルの中立位置からの回転角度を表す操舵角を検出する操舵角センサと、
車両の走行する路面の路面反力トルクを求める路面反力トルク決定部と、
前記操舵角センサにより検出された操舵角にゲインを乗じて操舵ハンドルの戻し方向の
重畳反力トルクを演算する重畳反力トルク演算部と、
前記路面反力トルクが大きい時には、前記重畳反力トルクを低減させ、前記路面反力ト
ルクが小さい時には、前記重畳反力トルクを増大させるように前記ゲインを制御する制御
部と、
を備えることを特徴とする電動式パワーステアリング制御装置。

【請求項3】

20

操舵系の反力トルクを検出するステアリング軸反力トルクセンサと、
 ステアリング軸反力トルクから摩擦項を減算した状態量である車両の走行する路面の路面反力トルクを求める路面反力トルク決定部と、
 前記路面反力トルク決定部で求められた路面反力トルクにゲインを乗じて操舵ハンドルの戻し方向の重畳反力トルクを演算する重畳反力トルク演算部と、
 前記操舵系の反力トルクが大きい時には、前記重畳反力トルクを低減させ、前記操舵系の反力トルクが小さい時には、前記重畳反力トルクを増大させるように前記ゲインを制御する制御部と、
 を備えることを特徴とする電動式パワーステアリング制御装置。

【請求項 4】

10

車両の走行する路面の路面反力トルクを求める路面反力トルク決定部と、
 前記路面反力トルク決定部により求められた路面反力トルクにゲインを乗じて操舵ハンドルの戻し方向の重畳反力トルクを演算する重畳反力トルク演算部と、
 ステアリング軸反力トルクから摩擦項を減算した状態量である前記路面反力トルクが大きい時、すなわちステアリング軸反力トルクが大きい時には、前記重畳反力トルクを低減させ、前記路面反力トルクが小さい時、すなわちステアリング軸反力トルクが小さい時には、前記重畳反力トルクを増大させるように前記ゲインを制御する制御部と、
 を備えることを特徴とする電動式パワーステアリング制御装置。

【請求項 5】

20

操舵系の反力トルクを検出するステアリング軸反力トルクセンサと、
 車両のヨーレート、横加速度、横滑り角のうちの何れかの状態量を検出する状態量センサと、
 前記状態量センサにより検出された車両のヨーレート、横加速度、横滑り角のうちの何れかの状態量にゲインを乗じて操舵ハンドルの戻し方向の重畳反力トルクを演算する重畳反力トルク演算部と、
 前記操舵系の反力トルクが大きい時には、前記重畳反力トルクを低減させ、前記操舵系の反力トルクが小さい時には、前記重畳反力トルクを増大させるように前記ゲインを制御する制御部と、
 を備えることを特徴とする電動式パワーステアリング制御装置。

【請求項 6】

30

車両のヨーレート、横加速度、横滑り角のうちの何れかの状態量を検出する状態量センサと、
 車両の走行する路面の路面反力トルクを決定する路面反力トルク決定部と、
 前記状態量センサにより検出された車両のヨーレート、横加速度、横滑り角のうちの何れかの状態量にゲインを乗じて操舵ハンドルの戻し方向の重畳反力トルクを演算する重畳反力トルク演算部と、
 前記路面反力トルクが大きい時には、前記重畳反力トルクを低減させ、前記路面反力トルクが小さい時には、前記重畳反力トルクを増大させるように前記ゲインを制御する制御部と、
 を備えることを特徴とする電動式パワーステアリング制御装置。

【請求項 7】

40

操舵ハンドルの中立位置からの回転角度を表す操舵角を検出する操舵角センサと、
 操舵系に接続された動力操舵用の電動機に供給されるモータ電流を検出するモータ電流検出器と、
 自動車の運転者が操舵する際のトルクを検出する操舵トルクセンサと、
 前記モータ電流検出器により検出されたモータ電流と前記操舵トルクセンサにより検出された操舵トルクとから操舵系の反力トルクを推定するステアリング軸反力トルク演算部と、
 前記操舵角センサにより検出された操舵角にゲインを乗じて操舵ハンドルの戻し方向の重畳反力トルクを演算する重畳反力トルク演算部と、

50

前記操舵系の反カトルクが大きい時には、前記重畳反カトルクを低減させ、前記操舵系の反カトルクが小さい時には、前記重畳反カトルクを増大させるように前記ゲインを制御する制御部と、

を備えることを特徴とする電動式パワーステアリング制御装置。

【請求項 8】

前記操舵系の反カトルク T_{tran} は、下記の式、

$$T_{tran} = T_{hdl} + T_{assist} - J \cdot dw / dt$$

ここで、 T_{hdl} は操舵トルク、 T_{assist} はモータによるアシストトルク、 $J \cdot dw / dt$ はモータの慣性トルク、

により求めることを特徴とする請求項 7 記載の電動式パワーステアリング制御装置。

10

【請求項 9】

前記路面反カトルクは、前記操舵系の反カトルクから前記操舵系の摩擦トルクを減算して求めることを特徴とする請求項 2 乃至 4 または 6 の何れかに記載の電動式パワーステアリング制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、操舵系に接続された電動機により、運転者による操舵動作をアシストする電動式パワーステアリング装置の制御装置に関し、特に、操舵系の操舵角に応じて反カトルクを付与する電動式パワーステアリング装置において、反カトルクを操舵系の反力に基づいて補正することにより、車両が摩擦係数の低い路面を走行中における操舵制御性能の改善に関わるものである。

20

【0002】

【従来の技術】

従来、運転者により操舵ハンドルに与えられる操舵角を車輪の転舵角に変換する操舵系に電動機を接続し、この電動機の駆動力を操舵系に付加することによって運転者の操舵力を軽減するようにした電動パワーステアリング装置が知られている。このような電動パワーステアリング装置の代表的な一例を図 24 に示す。

【0003】

図 24 に示す電動パワーステアリング装置は、操舵ハンドル 1 に一体的に結合されたステアリングシャフト 2 に、自在継手 3a、3b を有する連結軸 3 を介して連結されたピニオン 4 と、そのピニオン 4 に噛合して車幅方向に往復動し得ると共に、タイロッド 5、5 を介して左右の前輪 6、6 のナックルアーム 7、7 (図 24 では一方のみ図示) にその両端が連結されたラック軸 8 で構成されたラック・アンド・ピニオン機構からなる手動操舵力発生機構 9 と、この手動操舵力発生機構 9 により発生される操舵力を軽減するための補助操舵力を発生するように、ラック軸 8 と同軸的に配設され、且つ接続された電動機 10 と、ピニオン 4 に作用する運転者の手動操舵力を検出するための操舵力検出手段 11 と、操舵ハンドル 1 の回転角を検出するための舵角検出手段 12 と、これらの操舵力検出手段 11 の検出値 TP 及び舵角検出手段 12 の検出値に基づいて電動機 10 の出力を制御するための制御手段 13 とを備えている。

30

40

【0004】

制御手段 13 は、図 25 に示すように、電動機 10 の発生するべき目標トルクを設定し、且つその目標トルク値を出力する出力目標値発生手段 14 と、この出力目標値発生手段 14 により出力される目標トルク値に基づいて電動機 10 を駆動制御する電動機駆動手段 15 とを備え、操舵力検出手段 11 の出力 TP に基づいて電動機 10 に発生させる補助操舵力を制御するようになっている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、上記従来形式の電動式パワーステアリング装置に於いては、積雪路等の摩擦係数の低い路面で操舵する場合、路面反力が小さいために補助操舵力が過剰傾向となり、運

50

転者に違和感を与える、という問題点があった。

【0006】

このような不都合、すなわち、滑り易い路面で操舵ハンドル1を切りすぎてしまう傾向となることを改善するものとして、特開昭64-74168号公報には、所定の走行条件下で操舵ハンドルに回転抵抗を付与し得るように構成されたパワーステアリング装置が開示されている。

【0007】

しかるに、この技術は、例えば路面摩擦係数に応じて操舵系に加える回転抵抗を制御するものであるため、操舵ハンドルの戻し操作に対しても抵抗が加わるという不都合があった。

10

【0008】

さらに、特開平9-58506号公報には、運転者により手動操舵系に加えられる操舵力値と、路面の摩擦係数に基づいて設定された手動操舵系の最大許容舵角値とに基づいて、手動操舵系に付加する動力を発生する電動機の出力を制御するようにした操舵装置の電動規制装置が開示されている。

【0009】

しかしながら、この技術は、手動操舵系の操舵角が限界舵角(最大許容舵角値)に近づくとつれて、電動機によるアシストを低減して操舵反力が大きくなるように電動機の出カトルクを制御するため、運転者は滑り易い路面の感触を得ることが難しく、さらに、ハンドルを切りすぎてしまう傾向があるという問題点があった。さらに、この技術では、路面の摩擦係数を検出する必要があるが、路面の摩擦係数は、路肩側にのみ雪が残っている場合等のように、左右車輪で異なることも多く、また刻一刻と変化するため路面摩擦係数を精度良く検出することが難しいという問題点があった。

20

【0010】

そこで、本発明は、上述したような問題点を解決しようとするもので、走行条件に応じて操舵ハンドルに適切な操舵反力を与えることができる操舵装置の電動機制御装置を提供することを目的とするものである。

【0011】

【課題を解決するための手段】

この目的を達成するため、本発明に係る電動式パワーステアリング制御装置は、操舵系の反カトルクを検出するステアリング軸反カトルクセンサと、前記操舵角センサにより検出された操舵角にゲインを乗じて操舵ハンドルの戻し方向の重畳反カトルクを演算する重畳反カトルク演算部と、前記操舵系の反カトルクが大きい時には、前記重畳反カトルクを低減させ、前記操舵系の反カトルクが小さい時には、前記重畳反カトルクを増大させるように前記ゲインを制御する制御部と、を備えることを特徴とするものである。

30

【0012】

また、本発明に係る電動式パワーステアリング制御装置は、操舵ハンドルの中立位置からの回転角度を表す操舵角を検出する操舵角センサと、車両の走行する路面の路面反カトルクを求める路面反カトルク決定部と、前記操舵角センサにより検出された操舵角にゲインを乗じて操舵ハンドルの戻し方向の重畳反カトルクを演算する重畳反カトルク演算部と、前記路面反カトルクが大きい時には、前記重畳反カトルクを低減させ、前記路面反カトルクが小さい時には、前記重畳反カトルクを増大させるように前記ゲインを制御する制御部と、を備えることを特徴とするものである。

40

【0013】

さらに、本発明に係る電動式パワーステアリング制御装置は、操舵系の反カトルクを検出するステアリング軸反カトルクセンサと、ステアリング軸反カトルクから摩擦項を減算した状態量である車両の走行する路面の路面反カトルクを求める路面反カトルク決定部と、前記路面反カトルク決定部にて求められた路面反カトルクにゲインを乗じて操舵ハンドルの戻し方向の重畳反カトルクを演算する重畳反カトルク演算部と、前記操舵系の反カトルクが大きい時には、前記重畳反カトルクを低減させ、前記操舵系の反カトルクが小さい

50

時には、前記重畳反力トルクを増大させるように前記ゲインを制御する制御部と、を備えることを特徴とするものである。

【0014】

さらにまた、本発明に係る電動式パワーステアリング制御装置は、車両の走行する路面の路面反力トルクを求める路面反力トルク決定部と、前記路面反力トルク決定部により求められた路面反力トルクにゲインを乗じて操舵ハンドルの戻し方向の重畳反力トルクを演算する重畳反力トルク演算部と、ステアリング軸反力トルクから摩擦項を減算した状態量である前記路面反力トルクが大きい時、すなわちステアリング軸反力トルクが大きい時には、前記重畳反力トルクを低減させ、前記路面反力トルクが小さい時、すなわちステアリング軸反力トルクが小さい時には、前記重畳反力トルクを増大させるように前記ゲインを制御する制御部と、を備えることを特徴とするものである。

10

【0015】

また、本発明に係る電動式パワーステアリング制御装置は、操舵系の反力トルクを検出するステアリング軸反力トルクセンサと、車両のヨーレート、横加速度、横滑り角のうちの何れかの状態量を検出する状態量センサと、前記状態量センサにより検出された車両のヨーレート、横加速度、横滑り角のうちの何れかの状態量にゲインを乗じて操舵ハンドルの戻し方向の重畳反力トルクを演算する重畳反力トルク演算部と、前記操舵系の反力トルクが大きい時には、前記重畳反力トルクを低減させ、前記操舵系の反力トルクが小さい時には、前記重畳反力トルクを増大させるように前記ゲインを制御する制御部と、を備えることを特徴とするものである。

20

【0016】

さらに、本発明に係る電動式パワーステアリング制御装置は、車両のヨーレート、横加速度、横滑り角のうちの何れかの状態量を検出する状態量センサと、車両の走行する路面の路面反力トルクを決定する路面反力トルク決定部と、前記状態量センサにより検出された車両のヨーレート、横加速度、横滑り角のうちの何れかの状態量にゲインを乗じて操舵ハンドルの戻し方向の重畳反力トルクを演算する重畳反力トルク演算部と、前記路面反力トルクが大きい時には、前記重畳反力トルクを低減させ、前記路面反力トルクが小さい時には、前記重畳反力トルクを増大させるように前記ゲインを制御する制御部と、を備えることを特徴とするものである。

【0017】

さらにまた、本発明に係る電動式パワーステアリング制御装置は、操舵ハンドルの中立位置からの回転角度を表す操舵角を検出する操舵角センサと、操舵系に接続された動力操舵用の電動機に供給されるモータ電流を検出するモータ電流検出器と、自動車の運転者が操舵する際のトルクを検出する操舵トルクセンサと、前記モータ電流検出器により検出されたモータ電流と前記操舵トルクセンサにより検出された操舵トルクとから操舵系の反力トルクを推定するステアリング軸反力トルク演算部と、前記操舵角センサにより検出された操舵角にゲインを乗じて操舵ハンドルの戻し方向の重畳反力トルクを演算する重畳反力トルク演算部と、前記操舵系の反力トルクが大きい時には、前記重畳反力トルクを低減させ、前記操舵系の反力トルクが小さい時には、前記重畳反力トルクを増大させるように前記ゲインを制御する制御部と、を備えることを特徴とするものである。

30

40

【0018】

また、前記操舵系の反力トルク T_{tran} は、下記の式、

$$T_{tran} = T_{hdl} + T_{assist} - J \cdot dw / dt$$

ここで、 T_{hdl} は操舵トルク、 T_{assist} はモータによるアシストトルク、 $J \cdot dw / dt$ はモータの慣性トルク、

により求めることを特徴とするものである。

【0019】

さらに、前記路面反力トルクは、前記操舵系の反力トルクから前記操舵系の摩擦トルクを減算して求めることを特徴とするものである。

【0020】

50

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について添付図面を参照して説明する。

【0021】

実施の形態1.

図1は、本発明に係る電動式パワーステアリング制御装置の概略構成を示す図である。この図1の電動式パワーステアリング制御装置は、運転者が操舵ハンドル101を切った時に操舵系に加わる操舵トルク T_{hd1} をトルクセンサ103で測定し、その操舵トルクに応じてアシストトルク T_{assist} を電動機105により発生させることを主な機能とするものである。また、より良い操舵フィーリングや操縦安定性を実現するため、操舵ハンドル101の回転角（ハンドル角）を検出するハンドル角センサ107、電動機105の回転角（モータ角）或いは回転速度（モータ角速度）（これを微分してモータ角加速度を得る場合も有る）を検出する回転センサ（図示せず）を設け、これらの出力を電子制御ユニット（ECU）111に入力するようにしてもよい。また、電動機105に流れる電流（電流検出信号）及びモータ端子間にかかる電圧（電圧検出信号）もECU111に取り込む。

10

【0022】

力学的には、操舵トルク T_{hd1} とアシストトルク T_{assist} との和が、操舵系の反力（以後、ステアリング軸反力トルクと称す） T_{tran} に抗して操舵系を回転させる。また、操舵ハンドル101を回転させる時には、電動機105の慣性力 $J \cdot dw/dt$ も作用し、結局、次式の関係が成立する。

20

$$T_{tran} = T_{hd1} + T_{assist} - J \cdot dw/dt$$

【0023】

電動機105によるアシストトルク T_{assist} は、次式の関係が成立する。

$$T_{assist} = G_{gear} \cdot K_t \cdot I_{mtr}$$

ここで、 G_{gear} は電動機105からステアリング軸101へアシストトルクを伝達する減速ギアのギア比、 K_t はトルク定数、 I_{mtr} は電動機105を流れる電流（モータ電流）である。

【0024】

また、ステアリング軸反力トルク T_{tran} は、車両が走行する路面からの反力を表す路面反力トルク T_{align} と操舵機構内の摩擦トルク T_{fric} との和である。

30

【0025】

ECU111は、上述の各種センサ信号から、電動機105へ供給する電流の目標値（モータ電流目標値）を演算し、このモータ電流目標値に対して、電動機105を流れる実電流が一致するように電流制御を行なう。これにより、電動機105は、電流値 I_{mtr} にトルク定数 K_t とギア比 G_{gear} とを乗じた所定のトルクを発生し、運転者の操舵により発生するトルクをアシストする。

【0026】

図2は、本発明の実施の形態1に係るECU111の機能構成を示すブロック図である。この図において、一点鎖線で囲まれた部分が、電動機105に印加する電流の目標値を演算する部分である。

40

【0027】

図2に示すように、ECU111は、操舵トルク制御器121、戻しトルク補償器123、ダンピング補償器125、慣性補償器127、図示しない車速センサ等から車速信号を入力して車速を検出する車速検出器129、トルクセンサ103からの操舵トルク信号を入力する操舵トルク検出器131、ステアリング軸反力トルク信号を入力するステアリング軸反力トルク検出器133、ハンドル角センサ107からハンドル角（ハンドル中立位置からの回転角）を入力するハンドル角検出器135、電動機105から電圧検出信号及び電流検出信号を入力して電動機105の回転速度を検出するモータ速度検出器137、モータ速度検出器137の出力から電動機105の回転加速度を求めるモータ加速度検出器139を備えている。これらの制御器や補償器には、車速検出信号が入力され、入力さ

50

れた車速検出信号に基づいて制御パラメータが変更される。また、操舵トルク制御器 121 の出力は加算器 141 に入力され、ここで、操舵トルク制御器 121 の出力に、戻しトルク補償器 121 の出力、ダンピング補償器 125 の出力、慣性補償器 127 の出力が加算されて電流目標値が演算される。この電流目標値は減算器 143 に入力され、ここで、電流目標値から、電動機 105 を流れる電流を検出するモータ電流検出器 147 の出力 (モータ電流値) が減算されてモータ駆動器 145 へ入力される。モータ駆動器 145 は、減算器 143 からの出力信号に基づいて電動機 105 への供給電流を制御する。ここで、本発明において新規な要素は戻しトルク補償器 123 であるので、この戻しトルク補償器 123 について以下に詳述する。

【0028】

以下、戻しトルク補償器 123 の動作について、図 3 のフローチャートに基づいて説明する。まず、検出された操舵トルク T_{hd1} を読み込んでメモリに記憶し (ステップ S1)、モータ速度信号を読み込んでメモリに記憶し (ステップ S2)、さらにステアリング軸反力トルクを読み込んでメモリに記憶し (ステップ S3)、操舵角 $hd1$ を読み込んでメモリに記憶する (ステップ S4)。次いで、モータ速度信号を微分してモータ加速度信号を演算し (ステップ S5)、操舵トルク T_{hd1} に基づいて基本目標電流 I_{base} を演算し (ステップ S6)、ダンピング電流 I_{damp} を演算し (ステップ S7)、慣性補償電流 I_{iner} を演算する (ステップ S8)。次に、ステアリング軸反力トルクから、図 4 に示すようなマップ図 (ステアリング軸反力とゲインとの関係図) に従って操舵角 F/B ゲインを決定する (ステップ S9)。ハンドルを切り込む時には、操舵角 F/B ゲインが小さく、一方、ハンドルを戻す時には、操舵角 F/B ゲインが大きくなる。操舵角 $hd1$ に、ステアリング軸反力トルクによる操舵角 F/B ゲインを乗じてハンドル戻し電流 I_{tire} を求める (ステップ S10)。基本目標電流 I_{base} にハンドル戻し電流 I_{tire} を加えて目標電流 I_{ref} を計算する (ステップ S11)。ハンドル戻し電流 I_{tire} が重畳反力トルクとして作用する。

【0029】

本実施の形態 1 によれば、重畳反力トルクを演算するゲインを可変とすることにより、ステアリング軸反力トルクが大きい時には、重畳反力トルクを低減させ、ステアリング軸反力が小さい時には重畳反力トルク増大させることが可能となるので、図 5 (a) に示すように、重畳反力トルクを加えた補償後のステアリング軸反力は、ゲイン一定の場合 (図 5 (b)) に比べて、必要以上に補償後のステアリング軸反力を大きくすることなしに、ハンドルの戻り量の向上が可能となる。また、滑りやすい路面では、ゲイン一定の場合、ハンドルを切り込んでいった場合の路面反力の低下が判りににくくなるが (図 6 (b))、ハンドル戻し方向のトルクを演算するゲインを可変とすることにより、滑りやすい感触を運転者が判り易くなるので (図 6 (a))、運転者が滑りやすい路面でハンドルを切り過ぎることを防止することができる。

【0030】

実施の形態 2 .

図 7 は、本発明の実施の形態 2 の機能構成を示すブロック図である。この図において、一点鎖線で囲まれた部分が、電動機 105 に印加する電流の目標値を演算する部分である。

【0031】

戻しトルク補償器 123 では、ハンドル角検出器 135 で検出されたハンドル角にゲインを乗じて重畳反力トルクを演算し、各制御器 / 補償器の出力の和を演算する加算器 141 に出力される。この時のゲインを、上記実施の形態 1 ではステアリング軸反力トルク検出器 133 の出力に応じて変更したが、本実施の形態 2 では、路面反力トルク検出器 149 の出力に基づいて変更する。これ以外は、上記実施の形態 1 と全く同様である。

【0032】

この実施の形態 2 の動作を図 8 のフローチャートに基づいて説明する。上記実施の形態 1 では、図 3 のフローチャートのステップ S3 において、ステアリング軸反力トルクを読み込んでメモリに記憶し、ステップ S9 において、操舵角 F/B ゲインをステアリング軸反

10

20

30

40

50

カトルク検出器 133 の出力に応じて変更したが、本実施の形態 2 では、図 8 に示すように、ステップ S 2 でモータ速度信号を読み込んでメモリに記憶した後、ステップ S 1 2 において、路面反カトルクを読み込んでメモリに記憶し、ステップ S 8 の後のステップ S 9 A において、操舵角 F / B ゲインを、路面反カトルク検出器 149 の出力に基づいて変更し、ステップ S 10 において、操舵角 $h d l$ に、路面反カトルクによる操舵角 F / B ゲインを乗じてハンドル戻し電流 $I t i r e$ を求めるようにしたものである。本実施の形態 2 のこれら以外のステップは、上記実施の形態 1 と全く同様である。

【0033】

本実施の形態 2 では、上記実施の形態 1 で説明したと同様の効果が期待できる上、ラック・アンド・ピニオン機構のラックにロードセルを設ける等により、路面反カトルクを直接測定する場合には、本実施の形態 2 のように、ステアリング軸反カトルクではなく、路面反カトルクに基づいてゲインを変更する構成とすれば良い。

10

【0034】

実施の形態 3 .

図 9 は、本発明の実施の形態 3 の機能構成を示すブロック図である。この図において、一点鎖線で囲まれた部分が、電動機 105 に印加する電流の目標値を演算する部分である。本実施の形態 3 は、上記実施の形態 1 のハンドル角検出器 135 の代わりに、路面反カトルクを検出する路面反カトルク検出器 149 を設けたものである。

【0035】

上記実施の形態 1 では、ハンドル角にゲインを乗じて重畳反カトルクを演算したが、本実施の形態 3 では、路面反カトルクにゲインを乗じて重畳反カトルクを演算するものである。すなわち、ステップ S 2 の後、ステップ S 1 2 において、路面反カトルクを読み込んでメモリに記憶し、次いでステップ S 1 3 でステアリング軸反カトルクを読み込んでメモリに記憶し、ステップ S 9 において、ステアリング軸反カトルクから、図 4 に示すようなマップ図に従って操舵角 F / B ゲインを決定した後、ステップ S 10 B において、路面反カトルク検出器 149 からの路面反カトルクにゲインを乗じて重畳反カトルクを演算し、この重畳反カトルクが各制御器 / 補償器の出力の和を演算する加算器 141 に出力される。本実施の形態 3 は、これ以外においては上記実施の形態 1 と全く同様であり、ゲインをステアリング軸反カトルク検出器 133 の出力に応じて変更するようにしたものである。ハンドルを切り込む時には路面反カトルク F / B ゲインが小さく、ハンドルを戻す時には路面反カトルク F / B ゲインが大きくなる。

20

30

【0036】

本実施の形態 3 によれば、ハンドル角を検出しなくしても、ステアリング軸反力が小さい場合には、ハンドルの切り込み角度にほぼ比例した重畳反カトルクを発生させ、ステアリング軸反力が大きい場合には、重畳反カトルクを小さくすることができる。

【0037】

実施の形態 4 .

図 11 は、本発明の実施の形態 4 の機能構成を示すブロック図である。この図において、一点鎖線で囲まれた部分が、電動機 105 に印加する電流の目標値を演算する部分である。

40

【0038】

上記実施の形態 1 では、ハンドル角にゲインを乗じて重畳反カトルクを演算したが、本実施の形態 4 では、ヨーレートにゲインを乗じて重畳反カトルクを演算し、各制御器 / 補償器の出力の和を演算する加算器 141 に出力される。これ以外は、上記実施の形態 1 と全く同様であり、ゲインをステアリング軸反カトルク検出器 133 の出力に応じて変更するようにしたものである。

【0039】

この実施の形態 4 の動作を図 12 のフローチャートに基づいて説明する。上記実施の形態 1 では、ハンドル角にゲインを乗じて重畳反カトルクを演算したが、本実施の形態 4 では、ステップ S 2 の後、ステップ S 14 においてヨーレートを読み込んでメモリに記憶し

50

、ステップS10Cにおいて、ヨーレートにゲインを乗じて重畳反力トルクを演算する。これ以外は上記実施の形態1と全く同様であり、ゲインはステアリング軸反力トルク検出器133の出力に応じて変更する。ハンドルを切り込む時にはヨーレートF/Bゲインは小さく、ハンドルを戻す時にはヨーレートF/Bゲインは大きくなる。また、ヨーレートに代えて、これ以外の車両状態量である横加速度、或いは、横滑り角にゲインを乗ずるような構成としても良い。

【0040】

本実施の形態4の場合には、重畳反力トルクをヨーレートとゲインとの積とすることにより、車両挙動に応じた重畳反力トルクを発生させることができるようになり、車両がスピンしかけている場合等で、ハンドル角が小さいにもかかわらず、ヨーレートが大きく出ているような場合に、大きな重畳反力トルクを与えることができるので、運転者がスピン防止のためのカウンタステア動作を行い易くなる。

10

【0041】

実施の形態5

図13は、本発明の実施の形態5の機能構成を示すブロック図である。この図において、一点鎖線で囲まれた部分が、電動機105に印加する電流の目標値を演算する部分である。

【0042】

本実施の形態5では、上記実施の形態4において検出されたヨーレートを位相補償したものにゲインを乗じて重畳反力トルクを演算し、各制御器/補償器の出力の和を演算する加算器141に出力する。これ以外は、上記実施の形態4と全く同様であり、ゲインをステアリング軸反力トルク検出器133の出力に応じて変更するものである。

20

【0043】

この実施の形態5の動作を図14のフローチャートに基づいて説明する。本実施の形態5は、ステップS8の後のステップS15において、上記実施の形態4において検出されたヨーレートに後述するように位相補償を施し、ステップS9の後のステップS10Dにおいて、上記実施の形態4において検出されたヨーレートを位相補償したものに、ゲインを乗じて重畳反力トルクを求めたものである。これ以外は上記実施の形態4と全く同様であり、ゲインはステアリング軸反力トルク検出器133の出力に応じて変更される。ハンドルを切り込む時にはヨーレートF/Bゲインが小さく、戻す時はヨーレートF/Bゲインが大きくなる。また、ヨーレートの代わりに、これ以外の車両状態量である横加速度、或いは、横滑り角にゲインを乗ずるような構成としても良い。

30

【0044】

位相補償は次のような演算で行なう。(参考文献：カバヤ工業株式会社：自動車の操縦性と操安性、山海堂、p175(1996))

【0045】

ヨーレートの位相補償の場合：

ハンドル角からヨーレートへの伝達関数は次式により表される。

【数1】

$$G_0^y(s) = \frac{1}{D(s)} \frac{1}{n} \left(mK_f l_f s + \frac{K_f K_r l}{V} \right)$$

40

但し、D(s)は次式で表される。

【数2】

$$D(s) = Ims^2 + \frac{1}{V} \left\{ (K_f + K_r)I + (K_f l_f^2 + K_r l_r^2) m \right\} s + \frac{K_f K_r l^2}{V^2} (1 + AV^2)$$

ここで、

50

m : 車両重量
 I : 車両重心を通る z 軸回りの慣性モーメント
 L : ホイールベース ($l = l_f + l_r$)
 l_f 、 l_r : 前、後車軸から重心までの水平距離
 F_f 、 F_r : 前、後輪タイヤのコーナリングフォース
 K_f 、 K_r : 前、後輪タイヤのコーナリングパワー
 n : ステアリングギア比
 V : 車速
 : ハンドル操舵角
 : ヨーレート
 s : ラプラス演算子
 A : スタビリティファクタ
 であり、 A は次式により表される。
 【数 3】

$$A = -\frac{m K_f l_f - K_r l_r}{l^2 K_f K_r}$$

上記ハンドル角からヨーレートへの伝達関数は、簡易的に、次のような形で表すことができる。 20
 【数 4】

$$G_{\theta}^y(s) = \frac{a_1 s + a_0}{b_2 s^2 + b_1 s + b_0}$$

上記伝達関数よりヨーレートからハンドル角への伝達関数は次のような形で表すことができる。 30
 【数 5】

$$G_Y^{\theta}(s) = \frac{b_2 s^2 + b_1 s + b_0}{a_1 s + a_0}$$

このままでは実現不可能なので、この伝達関数に次のような位相補償の L P F を加える。 40
 【数 6】

$$F(s) = \frac{d_0}{c_1 s + c_0}$$

最終的に、ヨーレートからハンドル角への伝達関数に上記位相補償 L P F を加えて、次のような伝達関数で実現することができる。 50
 【数 7】

$$G(s) = F(s)G_Y^{\theta}(s) = \frac{f_2 s^2 + f_1 s + f_0}{e_2 s^2 + e_1 s + e_0}$$

これをよく知られた手法にて離散化することにより、次のような形にしてマイコンで実現

する。

【数 8】

$$G(z) = \frac{q_2 z^2 + q_1 z + q_0}{p_2 z^2 + p_1 z + p_0}$$

【0046】

横加速度の位相補償の場合：

10

ハンドル角から横 G への伝達関数は次式により表される。

【数 9】

$$G_b^g(s) = \frac{1}{D(s)} \frac{1}{n} \left(IK_f s^2 + \frac{K_f K_r l_r}{V} s + K_f K_r l \right)$$

上記伝達関数よりヨーレートからハンドル角への伝達関数は次のような形で表すことができる。

【数 10】

20

$$G_g^g(s) = \frac{b_2 s^2 + b_1 s + b_0}{a_2 s^2 + a_1 s + a_0}$$

これをよく知られた手法にて離散化することにより、ヨーレートのとときと同様の形をとる。

【0047】

横滑り角の位相補償の場合：

ハンドル角から横滑り角への伝達関数は次式のように表すことができ、伝達関数としては、ヨーレートのとときと同様の形をとる。

30

【数 11】

$$G_b^g(s) = \frac{1}{D(s)} \frac{1}{n} \left(\frac{IK_f}{V} s + \frac{K_f K_r l_r}{V^2} - m K_f l_r \right)$$

【0048】

本実施の形態 5 の場合には、ヨーレートは、ハンドル角に対して時定数が 1 Hz 強の位相遅れの特性を有するので、速く操舵した場合には、重畳反力トルクの位相がハンドルの角度に対して若干遅れるため、運転者が違和感を感じる場合がある。これを防止するために、ハンドル角に対するヨーレートの伝達関数の逆関数に相当する位相補償器に通して位相を進めたヨーレートに対してゲインを乗ずるようになっておけば、車両挙動が安定している場合には、ハンドル角にゲインを乗じた場合と同様の操舵フィーリングが得られる。また、例えば低 μ 路において、図 15 に示すようなハンドル操作で、図 16 のように車両がスピンした場合には、高 μ 路等で通常走行した場合よりもヨーレートは大きくでる。その結果、ヨーレート F / B した方が、操舵角 F / B した場合よりも、ハンドル戻し電流 $I_{t i r e}$ が大きく、即ち、重畳反力トルクも大きくなるので（図 17 参照）、スピンし始めた場合のカウンタステアも容易にできる。

40

【0049】

実施の形態 6 .

50

図18は、本発明の実施の形態6の機能構成を示すブロック図である。この図において、一点鎖線で囲まれた部分が、電動機105に印加する電流の目標値を演算する部分である。

【0050】

この実施の形態6は、ステアリング軸反力トルクを操舵トルク検出器131の出力と電動機105の電流を検出するモータ電流検出器147の出力から推定して用いる点以外は、上記実施の形態1と全く同様である。

【0051】

この実施の形態6の動作を図19のフローチャートに基づいて説明する。このフローチャートは、上記実施の形態1における図3のステップS3の動作「ステアリング軸反力トルク読み込みメモリに記憶」を具体的に表したものである。

10

【0052】

先ず、ステップS31において、操舵トルクThdlを読み込んでメモリに記憶し、ステップS32で、電動機105の電流を検出するモータ電流検出器147の出力Tassistを読み込んでメモリに記憶し、次にステップS33で、ステアリング軸反力トルクTtranを、操舵トルクThdlとモータ電流検出器147の出力Tassistとから推定し、ステップS34で、このようにして推定したステアリング軸反力トルクTtranをメモリに記憶する。

【0053】

ステアリング軸反力トルクTtranは、一般的に、特に電動機105の慣性モーメントが大きい場合には、下式の関係で、操舵トルクThdl、電動機105によるアシストトルクTassistと釣り合う。

20

$$Ttran = Thdl + Tassist$$

このうち、操舵トルクThdlは、電動パワーステアリングでは、必ず測定するものであり既知である。また、電動機105によるアシストトルクTassistは、次式の関係が成立する。

$$Tassist = Ggear \cdot Kt \cdot Imtr$$

【0054】

この実施の形態6の場合には、ステアリング軸反力トルクセンサを追加する必要がなくなる。その他の効果については、上記実施の形態1と全く同様である。

30

【0055】

実施の形態7

図20は、本発明の実施の形態7の機能構成を示すブロック図である。この図において、一点鎖線で囲まれた部分が、電動機105に印加する電流の目標値を演算する部分である。

【0056】

この実施の形態7は、ステアリング軸反力トルクを、操舵トルク検出器131の出力と電動機105の電流を検出するモータ電流検出器147の出力とに加えて、電動機105の回転加速度を検出するモータ加速度検出器139の出力も用いて推定する点以外は、上記実施の形態6と全く同様である。

40

【0057】

この実施の形態7の動作を図21のフローチャートに基づいて説明する。このフローチャートは、上記実施の形態1における図3のステップS3の動作「ステアリング軸反力トルクを読み込みメモリに記憶」について具体的に表したものである。

【0058】

上記実施の形態6では、ステアリング軸反力トルクTtranを操舵トルクThdlとモータ電流検出器147の出力Tassistから推定したが、本実施の形態7では、電動機105の回転加速度も加えて推定する。その他は上記実施の形態6と全く同様である。

【0059】

すなわち、本実施の形態7では、ステップS32の後に、ステップS35において、モータ

50

タ加速度検出器 139 よりモータ加速度を読み込んでメモリに記憶し、次いでステップ S33A で、ステアリング軸反力トルク T_{tran} を、操舵トルク T_{hdl} と、モータ電流検出器 147 の出力 T_{assist} と、モータ加速度検出器 139 の出力とから推定し、ステップ S34 で、このようにして推定したステアリング軸反力トルク T_{tran} をメモリに記憶する。

【0060】

ステアリング軸反力トルク T_{tran} は、下式の関係で、操舵トルク T_{hdl} 、電動機 105 によるアシストトルク T_{assist} 、電動機 105 の慣性トルク $J \cdot d / dt$ と釣り合う。

$$T_{tran} = T_{hdl} + T_{assist} - J \cdot d / dt$$

10

このうち、操舵トルク T_{hdl} は、電動パワーステアリングでは、必ず測定するものであり既知である。また、上述したように、電動機 105 によるアシストトルク T_{assist} は、次式の関係が成立する。

$$T_{assist} = Gear \cdot K_t \cdot I_{mtr}$$

【0061】

この実施の形態 7 の作用効果は上記実施の形態 6 と同様である。

【0062】

実施の形態 8 .

図 22 は、本発明の実施の形態 8 の機能構成を示すブロック図である。この図において、一点鎖線で囲まれた部分が、電動機 105 に印加する電流の目標値を演算する部分である。

20

【0063】

この実施の形態 8 は、ステアリング軸反力トルクを操舵トルク検出器 131 の出力とモータ電流検出器 147 の出力とに加えて、モータ加速度検出器 139 の出力も用いて推定する点、路面反力トルクをステアリング軸反力トルクから推定し、ゲインをステアリング軸反力トルク検出器 133 の出力に応じて変更すること以外は、実施の形態 3 と全く同様である。

その原理並びに効果は、請求項 6 の効果の欄と全く同様である。

【0064】

この実施の形態 8 の動作を図 23 のフローチャートに基づいて説明する。このフローチャートは、上記実施の形態 3 における図 10 のステップ S3 の動作「ステアリング軸反力トルクを読み込みメモリに記憶」及びステップ S12 の動作「路面反力トルクを読み込みメモリに記憶」について具体的に表したものである。

30

【0065】

すなわち、ステップ S31 乃至ステップ S34 までのステアリング軸反力トルクを推定するまでの動作は上記実施の形態 7 と同様であり、ステップ S35 において、推定したステアリング軸反力トルクから路面反力を推定しており、これ以外は実施の形態 3 と全く同様である。

【0066】

路面反力 T_{align} は、ステアリング軸反力トルク T_{tran} から摩擦項 $T_{frp} \cdot sgn()$ を減算したものであり、次式により表される。

$$T_{align} = T_{tran} - T_{frp} \cdot sgn()$$

40

【0067】

この実施の形態 8 の場合には、ラック・アンド・ピニオン機構のラックにロードセルを配置するなどした新たなセンサを設ける必要がなくなる。その他の効果については上記実施の形態 3 と同様である。

【0068】

【発明の効果】

以上のように、本発明に係る電動式パワーステアリング制御装置は、操舵系の反力トルクを検出するステアリング軸反力トルクセンサと、前記操舵角センサにより検出された操舵

50

角にゲインを乗じて操舵ハンドルの戻し方向の重畳反力トルクを演算する重畳反力トルク演算部と、前記操舵系の反力トルクが大きい時には、前記重畳反力トルクを低減させ、前記操舵系の反力が小さい時には、前記重畳反力トルクを増大させるように前記ゲインを制御する制御部と、を備えるので、重畳反力トルクを演算するためのゲインを可変とすることにより、ステアリング軸反力トルクが大きい時には、重畳反力トルクを低減させ、ステアリング軸反力が小さい時には重畳反力トルクを増大させることが可能となるため、重畳反力トルクを加えた補償後のステアリング軸反力は、ゲイン一定の場合に比べて、必要以上に補償後のステアリング軸反力を大きくすることなしに、ハンドルの戻り量を向上させることが可能となる。また、滑りやすい路面では、ゲイン一定の場合、ハンドルを切り込んでいった場合の路面反力の低下が判りにくくなるが、ハンドル戻し方向のトルクを演算するゲインを可変とすることにより、滑りやすい感触を運転者が判り易くなるので、滑りやすい路面での運転者のハンドルの切り過ぎを防止できる。

10

【 0 0 6 9 】

また、本発明に係る電動式パワーステアリング制御装置は、操舵ハンドルの中立位置からの回転角度を表す操舵角を検出する操舵角センサと、車両の走行する路面の反力トルクを求める路面反力トルク決定部と、前記操舵角センサにより検出された操舵角にゲインを乗じて操舵ハンドルの戻し方向の重畳反力トルクを演算する重畳反力トルク演算部と、前記路面反力トルクが大きい時には、前記重畳反力トルクを低減させ、前記路面反力トルクが小さい時には、前記重畳反力トルクを増大させるように前記ゲインを制御する制御部と、を備えるので、重畳反力トルクを演算するためのゲインを可変とすることにより、ステアリング軸反力トルクが大きい時には、重畳反力トルクを低減させ、ステアリング軸反力が小さい時には重畳反力トルクを増大させることが可能となるため、重畳反力トルクを加えた補償後のステアリング軸反力は、ゲイン一定の場合に比べて、必要以上に補償後のステアリング軸反力を大きくすることなしに、ハンドルの戻り量を向上させることが可能となる。また、滑りやすい路面では、ゲイン一定の場合、ハンドルを切り込んでいった場合の路面反力の低下が判りにくくなるが、ハンドル戻し方向のトルクを演算するゲインを可変とすることにより、滑りやすい感触を運転者が判り易くなるので、滑りやすい路面での運転者のハンドルの切り過ぎを防止できる。さらに、重畳反力トルクを操舵角とゲインとの積とすることにより、ハンドル角を検出することなく、ステアリング軸反力が小さい場合には、ハンドルの切り込み角度にほぼ比例した重畳反力トルクを発生させ、ステアリング軸反力が大きい場合には、重畳反力トルクを小さくすることが実現できる。

20

30

【 0 0 7 0 】

さらに、本発明に係る電動式パワーステアリング制御装置は、操舵系の反力トルクを検出するステアリング軸反力トルクセンサと、車両の走行する路面の反力トルクを求める路面反力トルク決定部と、前記路面反力トルク決定部にて求められた路面反力にゲインを乗じて操舵ハンドルの戻し方向の重畳反力トルクを演算する重畳反力トルク演算部と、前記操舵系の反力トルクが大きい時には、前記重畳反力トルクを低減させ、前記操舵系の反力が小さい時には、前記重畳反力トルクを増大させるように前記ゲインを制御する制御部と、を備えるので、重畳反力トルクを演算するためのゲインを可変とすることにより、ステアリング軸反力トルクが大きい時には、重畳反力トルクを低減させ、ステアリング軸反力が小さい時には重畳反力トルクを増大させることが可能となるため、重畳反力トルクを加えた補償後のステアリング軸反力は、ゲイン一定の場合に比べて、必要以上に補償後のステアリング軸反力を大きくすることなしに、ハンドルの戻り量を向上させることが可能となる。また、滑りやすい路面では、ゲイン一定の場合、ハンドルを切り込んでいった場合の路面反力の低下が判りにくくなるが、ハンドル戻し方向のトルクを演算するゲインを可変とすることにより、滑りやすい感触を運転者が判り易くなるので、滑りやすい路面での運転者のハンドルの切り過ぎを防止できる。さらに、ラック・アンド・ピニオン機構のラックにロードセルを設けること等により、路面反力トルクを直接測定する場合には、ステアリング軸反力トルクでなく、路面反力トルクに基づいてゲインを変更する。

40

【 0 0 7 1 】

50

さらにまた、本発明に係る電動式パワーステアリング制御装置は、車両の走行する路面の反力トルクを求める路面反力トルク決定部と、前記路面反力トルク決定部により求められた路面反力トルクにゲインを乗じて操舵ハンドルの戻し方向の重畳反力トルクを演算する重畳反力トルク演算部と、前記路面反力トルクが大きい時には、前記重畳反力トルクを低減させ、前記路面反力トルクが小さい時には、前記重畳反力トルクを増大させるように前記ゲインを制御する制御部と、を備えるので、重畳反力トルクを演算するためのゲインを可変とすることにより、ステアリング軸反力トルクが大きい時には、重畳反力トルクを低減させ、ステアリング軸反力が小さい時には重畳反力トルクを増大させることが可能となるため、重畳反力トルクを加えた補償後のステアリング軸反力は、ゲイン一定の場合に比べて、必要以上に補償後のステアリング軸反力を大きくすることなしに、ハンドルの戻り量を向上させることが可能となる。また、滑りやすい路面では、ゲイン一定の場合、ハンドルを切り込んでいった場合の路面反力の低下が判りにくくなるが、ハンドル戻し方向のトルクを演算するゲインを可変とすることにより、滑りやすい感触を運転者が判り易くなるので、滑りやすい路面での運転者のハンドルの切り過ぎを防止できる。さらに、ラック・アンド・ピニオン機構のラックにロードセルを設けること等により、路面反力トルクを直接測定する場合には、ステアリング軸反力トルクでなく、路面反力トルクに基づいてゲインを変更することができる。

10

【0072】

また、本発明に係る電動式パワーステアリング制御装置は、操舵系の反力トルクを検出するステアリング軸反力トルクセンサと、車両のヨーレート、横加速度、横滑り角のうちの何れかの状態量を検出する状態量センサと、前記状態量センサにより検出された車両のヨーレート、横加速度、横滑り角のうちの何れかの状態量にゲインを乗じて操舵ハンドルの戻し方向の重畳反力トルクを演算する重畳反力トルク演算部と、前記操舵系の反力トルクが大きい時には、前記重畳反力トルクを低減させ、前記操舵系の反力が小さい時には、前記重畳反力トルクを増大させるように前記ゲインを制御する制御部と、を備えるので、重畳反力トルクをヨーレート、横加速度、横滑り角の内の何れかの状態量とゲインとの積とすることにより、車両挙動に応じた重畳反力トルクを発生させることができるようになり、車両状態が不安定な場合等で、ハンドル角と車両挙動の関係が通常走行時と異なる場合にも、適切な重畳反力トルクを与えることができる。

20

【0073】

さらに、本発明に係る電動式パワーステアリング制御装置は、車両のヨーレート、横加速度、横滑り角のうちの何れかの状態量を検出する状態量センサと、車両の走行する路面の反力トルクを決定する路面反力トルク決定部と、前記状態量センサにより検出された車両のヨーレート、横加速度、横滑り角のうちの何れかの状態量にゲインを乗じて操舵ハンドルの戻し方向の重畳反力トルクを演算する重畳反力トルク演算部と、前記路面反力トルクが大きい時には、前記重畳反力トルクを低減させ、前記路面反力トルクが小さい時には、前記重畳反力トルクを増大させるように前記ゲインを制御する制御部と、を備えるので、重畳反力トルクをヨーレート、横加速度、横滑り角の内の何れかの状態量とゲインとの積とすることにより、車両挙動に応じた重畳反力トルクを発生させることができるようになり、車両状態が不安定な場合等で、ハンドル角と車両挙動の関係が通常走行時と異なる場合にも、適切な重畳反力トルクを与えることができる。

30

40

【0074】

さらにまた、本発明に係る電動式パワーステアリング制御装置は、操舵ハンドルの中立位置からの回転角度を表す操舵角を検出する操舵角センサと、操舵系に接続された動力操舵用の電動機に供給されるモータ電流を検出するモータ電流検出器と、自動車の運転者が操舵する際のトルクを検出する操舵トルクセンサと、前記モータ電流検出器により検出されたモータ電流と前記操舵トルクセンサにより検出された操舵トルクとから操舵系の反力トルクを推定するステアリング軸反力トルク演算部と、前記操舵角センサにより検出された操舵角にゲインを乗じて操舵ハンドルの戻し方向の重畳反力トルクを演算する重畳反力トルク演算部と、前記操舵系の反力トルクが大きい時には、前記重畳反力トルクを低減させ

50

、前記操舵系の反力が小さい時には、前記重畳反力トルクを増大させるように前記ゲインを制御する制御部と、を備えるので、重畳反力トルクを演算するためのゲインを可変とすることにより、ステアリング軸反力トルクが大きい時には、重畳反力トルクを低減させ、ステアリング軸反力が小さい時には重畳反力トルクを増大させることが可能となるため、重畳反力トルクを加えた補償後のステアリング軸反力は、ゲイン一定の場合に比べて、必要以上に補償後のステアリング軸反力を大きくすることなしに、ハンドルの戻り量を向上させることが可能となる。また、滑りやすい路面では、ゲイン一定の場合、ハンドルを切り込んでいった場合の路面反力の低下が判りにくくなるが、ハンドル戻し方向のトルクを演算するゲインを可変とすることにより、滑りやすい感触を運転者が判り易くなるので、滑りやすい路面での運転者のハンドルの切り過ぎを防止できる。さらに、重畳反力トルクを操舵角とゲインとの積とすることにより、ハンドル角を検出することなく、ステアリング軸反力が小さい場合には、ハンドルの切り込み角度にほぼ比例した重畳反力トルクを発生させ、ステアリング軸反力が大きい場合には、重畳反力トルクを小さくすることが実現できる。

10

【0075】

また、前記操舵系の反力トルク T_{tran} は、下記の式、

$$T_{tran} = T_{hdl} + T_{assist} - J \cdot dw / dt$$

ここで、 T_{hdl} は操舵トルク、 T_{assist} はモータによるアシストトルク、 $J \cdot dw / dt$ はモータの慣性トルク、

により求めるので、一般的に、特に摩擦の大きさ T_{frp} は既知であるため、電動機の回転方向さえ判れば補償可能であり、電動機の回転方向は、電動機や、逆起電圧の推定値から判るので補償を行うことができる。また、この場合にも、ラック・アンド・ピニオン機構のラックにロードセルを配置するなどした新たなセンサを設ける必要が無くなる。

20

【0076】

さらに、前記路面反力トルクは、前記操舵系の反力トルクから前記操舵系の摩擦トルクを減算して求めるので、路面反力トルクを実測する必要が無く、従って路面反力トルクセンサを設ける必要が無くなる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る電動式パワーステアリング制御装置の概略構成を示す図である。

【図2】 本発明の実施の形態1によるECUの機能構成を示すブロック図である。

30

【図3】 本発明の実施の形態1による戻しトルク補償部の動作を表すフローチャートである。

【図4】 本発明の実施の形態1におけるステアリング軸反力とゲインとの関係を示すマップ図である。

【図5】 本発明の実施の形態1におけるハンドル角とステアリング軸反力トルクとの関係を示す図で、(a)は本発明の場合、(b)は従来例の場合をそれぞれ表している。

【図6】 本発明の実施の形態1における滑りやすい路面でのハンドル角とステアリング軸反力トルクとの関係を示す図で、(a)は本発明の場合、(b)は従来例の場合をそれぞれ表している。

【図7】 本発明の実施の形態2によるECUの機能構成を示すブロック図である。

40

【図8】 本発明の実施の形態2の戻しトルク補償部の動作を表すフローチャートである。

【図9】 本発明の実施の形態3によるECUの機能構成を示すブロック図である。

【図10】 本発明の実施の形態3の戻しトルク補償部の動作を表すフローチャートである。

【図11】 本発明の実施の形態4によるECUの機能構成を示すブロック図である。

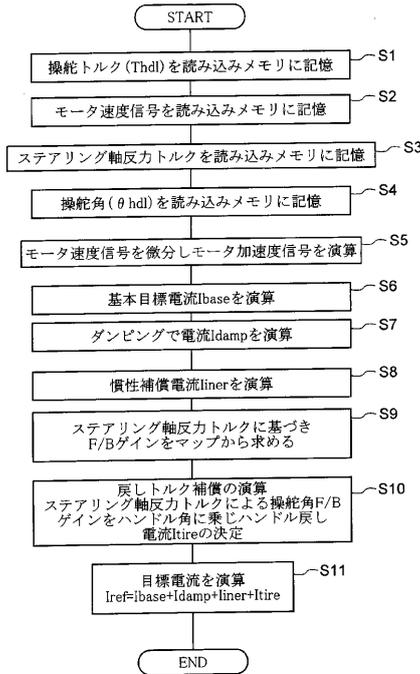
【図12】 本発明の実施の形態4の戻しトルク補償部の動作を表すフローチャートである。

【図13】 本発明の実施の形態5によるECUの機能構成を示すブロック図である。

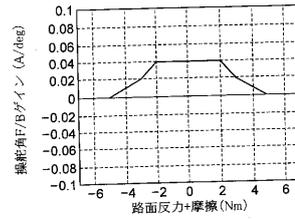
【図14】 本発明の実施の形態5の戻しトルク補償部の動作を表すフローチャートであ

50

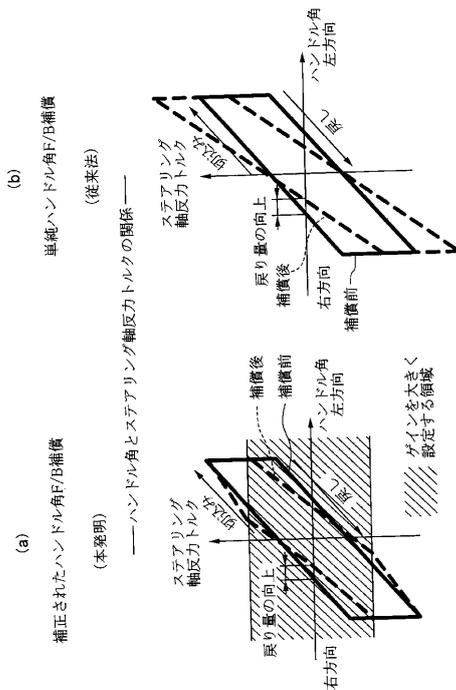
【図3】



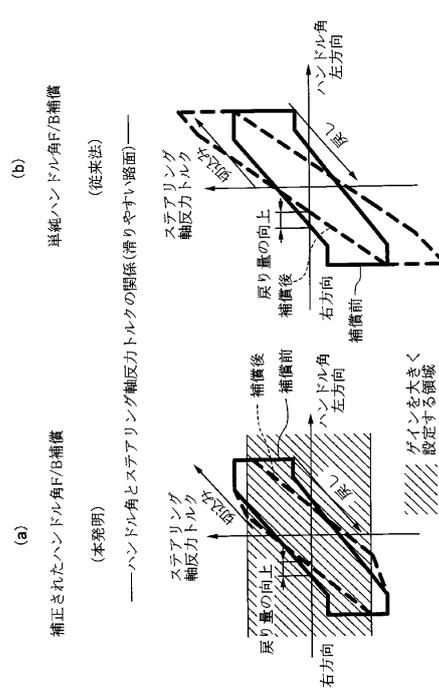
【図4】



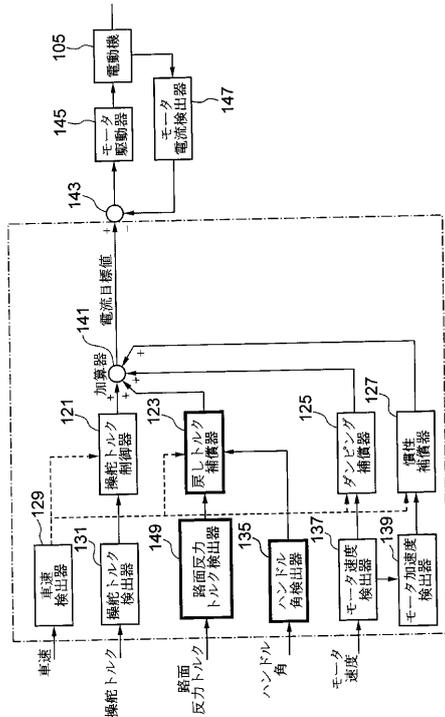
【図5】



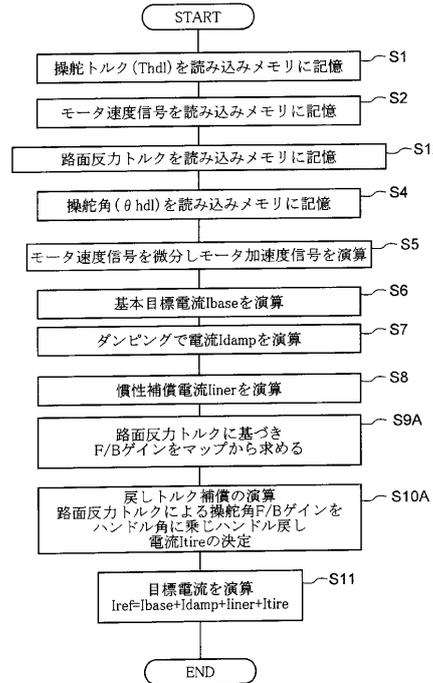
【図6】



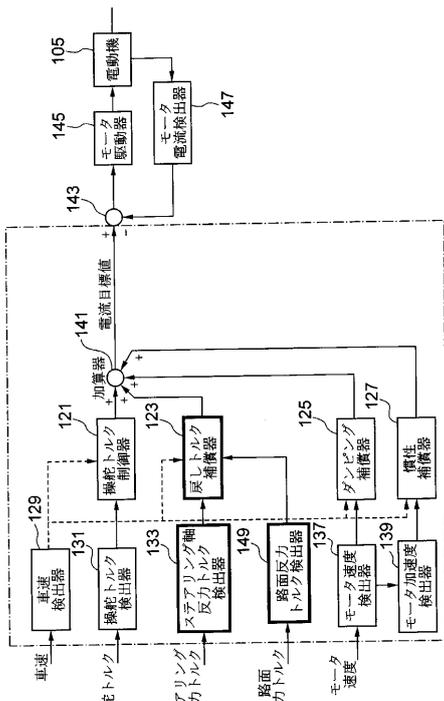
【図7】



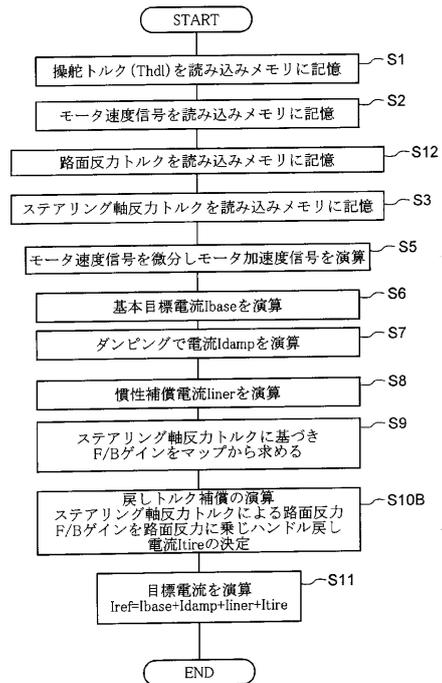
【図8】



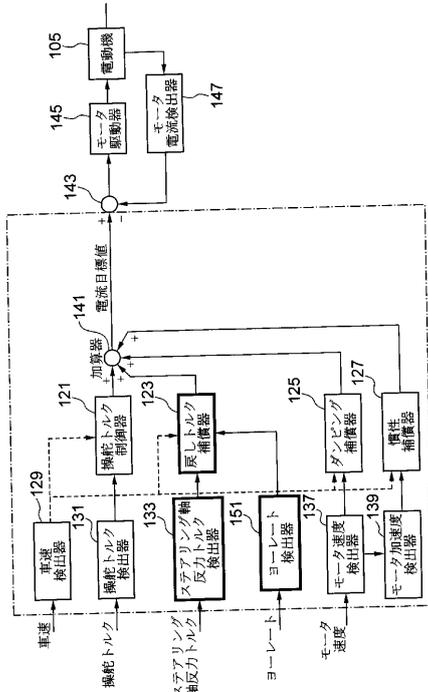
【図9】



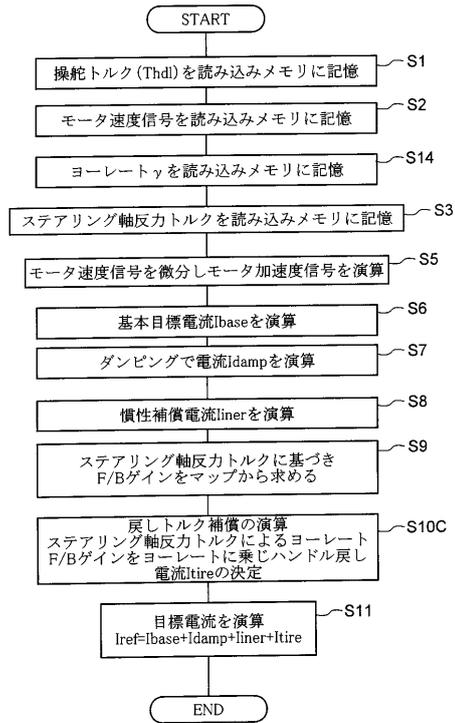
【図10】



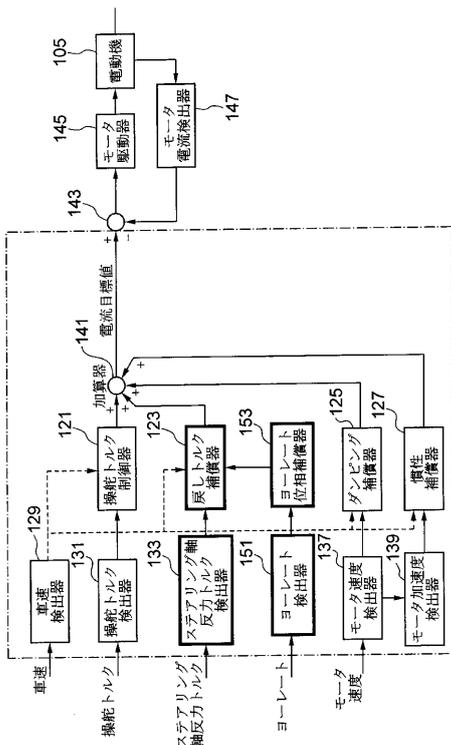
【図11】



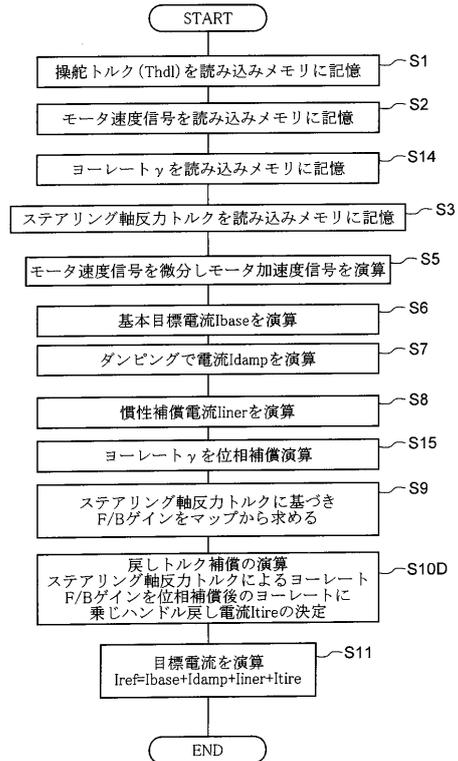
【図12】



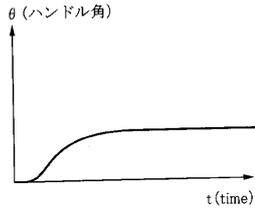
【図13】



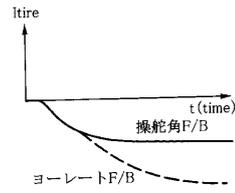
【図14】



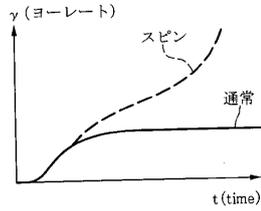
【図15】



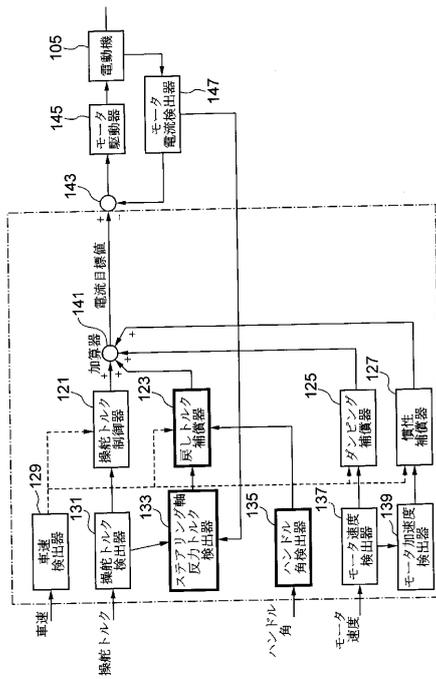
【図17】



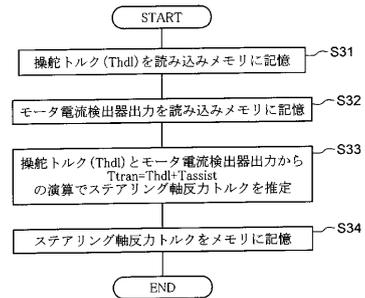
【図16】



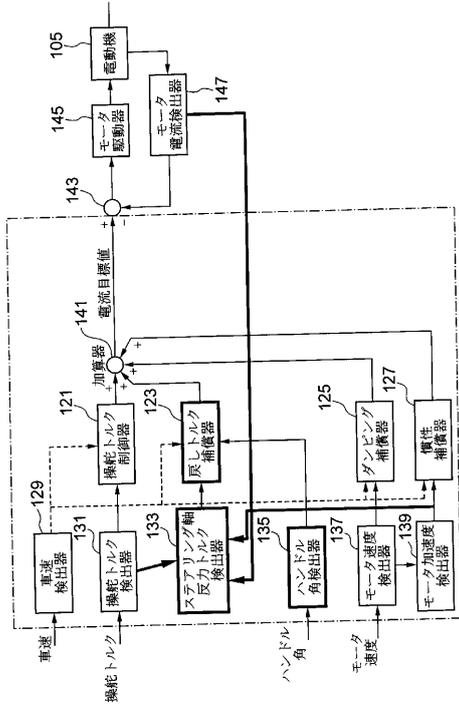
【図18】



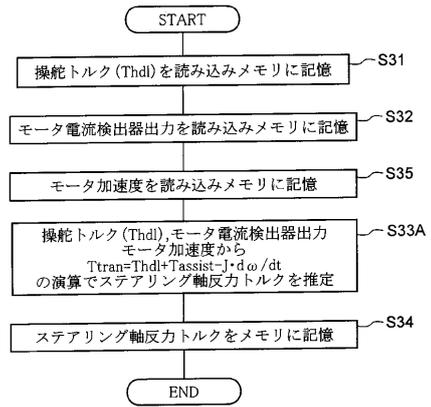
【図19】



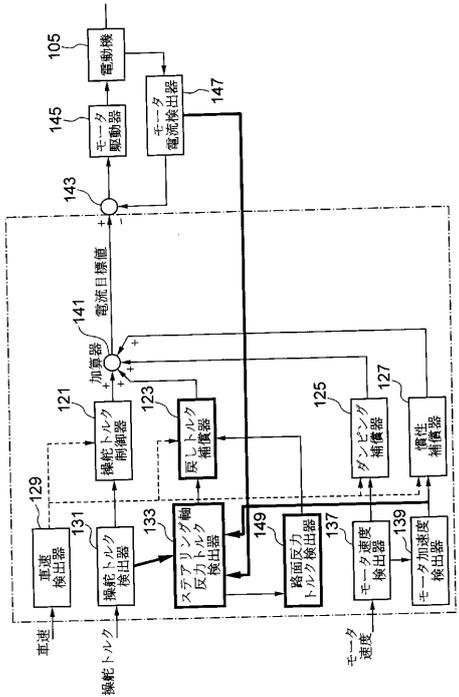
【図20】



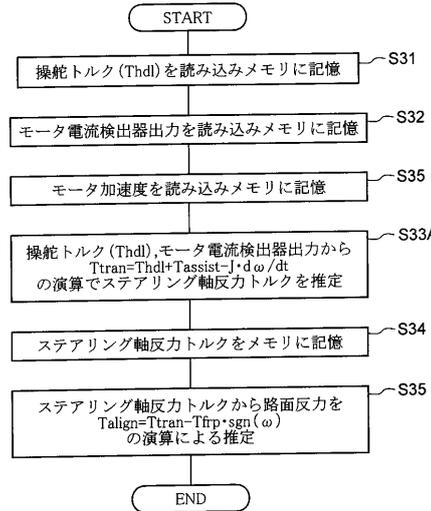
【図21】



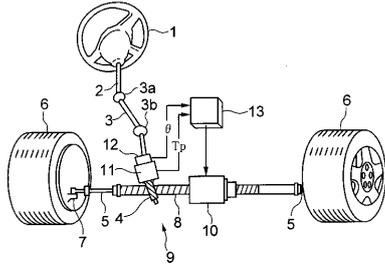
【図22】



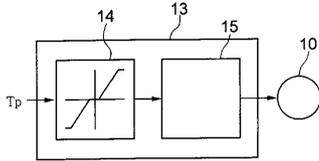
【図23】



【 図 2 4 】



【 図 2 5 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
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

(72)発明者 栗重 正彦
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内
(72)発明者 田中 英之
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内
(72)発明者 井上 知之
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内
(72)発明者 藤本 千明
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内
(72)発明者 堤 和道
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

審査官 佐々木 智洋

(56)参考文献 特開平02-102872(JP,A)
特開平02-241869(JP,A)
特開平08-067267(JP,A)
特開平09-156526(JP,A)
特開平10-310073(JP,A)
特開平11-011332(JP,A)
特開2000-118425(JP,A)
特開2000-177615(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B62D 6/00

B62D 5/04