

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6160860号  
(P6160860)

(45) 発行日 平成29年7月12日(2017.7.12)

(24) 登録日 平成29年6月23日(2017.6.23)

(51) Int. Cl.	F I
<b>B 6 2 D 6/00</b> (2006.01)	B 6 2 D 6/00 Z Y W
<b>B 6 2 D 5/04</b> (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 113/00 (2006.01)	B 6 2 D 113:00
B 6 2 D 119/00 (2006.01)	B 6 2 D 119:00

請求項の数 9 (全 22 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2013-122842 (P2013-122842)  
 (22) 出願日 平成25年6月11日(2013.6.11)  
 (65) 公開番号 特開2014-240221 (P2014-240221A)  
 (43) 公開日 平成26年12月25日(2014.12.25)  
 審査請求日 平成28年5月20日(2016.5.20)

(73) 特許権者 000001247  
 株式会社ジェイテクト  
 大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号  
 (74) 代理人 100087701  
 弁理士 稲岡 耕作  
 (74) 代理人 100101328  
 弁理士 川崎 実夫  
 (74) 代理人 100086391  
 弁理士 香山 秀幸  
 (72) 発明者 狩集 裕二  
 大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号  
 株式会社ジェイテクト内  
 (72) 発明者 河内 達磨  
 大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号  
 株式会社ジェイテクト内  
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電動パワーステアリング装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

転舵輪に操舵力を伝達するための車両の転舵機構に、電動モータから操舵補助力を与える電動パワーステアリング装置であって、

前記電動モータの回転速度を検出する回転速度検出手段と、

操舵トルクを検出するための操舵トルク検出手段と、

前記操舵トルク検出手段によって検出される操舵トルク検出値を用いて、前記電動モータに対する基本電流目標値を設定する基本電流目標値設定手段と、

前記操舵トルク検出値に基づいて、振動を抑制するための振動補償量を生成する振動補償量生成手段と、

前記基本電流指令値設定手段によって設定される基本電流目標値と、前記振動補償量生成手段によって生成される振動補償量とに基づいて、電流目標値を演算する電流目標値演算手段と、

前記電流目標値演算手段によって演算される電流目標値に基づいて、前記電動モータを制御する制御手段とを含み、

前記振動補償量生成手段は、

前記操舵トルク検出値に対してローパスフィルタ処理を行うローパスフィルタと、

前記操舵トルク検出値と前記ローパスフィルタ処理後の操舵トルク検出値との偏差に基づいて、前記操舵トルク検出値を前記ローパスフィルタ処理後の操舵トルク検出値に導くための振動補償量を生成する手段と、

前記回転速度検出手段によって検出される回転速度検出値に基づいて、前記ローパスフィルタのカットオフ周波数を変更するカットオフ周波数変更手段とを含む、電動パワーステアリング装置。

【請求項 2】

前記カットオフ周波数変更手段は、前記回転速度検出値の絶対値が第 1 所定値以下の値であるときには、前記カットオフ周波数を所定の最大値に設定し、前記回転速度検出値の絶対値が前記所定値よりも大きな第 2 所定値以上の値であるときには、前記カットオフ周波数を所定の最低値に設定し、前記回転速度検出値の絶対値が前記第 1 所定値から前記第 2 所定値までの範囲の値であるときには、前記回転速度検出値の絶対値の増加に伴って、前記最大値から前記最小値まで減少するように、前記カットオフ周波数を設定するように構成されている、請求項 1 に記載の電動パワーステアリング装置。

10

【請求項 3】

転舵輪に操舵力を伝達するための車両の転舵機構に、電動モータから操舵補助力を与える電動パワーステアリング装置であって、

操舵角を検出するための操舵角検出手段と、

車速を検出するための車速検出手段と、

ヨーレイトを検出するためのヨーレイト検出手段と、

操舵トルクを検出するための操舵トルク検出手段と、

前記操舵トルク検出手段によって検出される操舵トルク検出値を用いて、前記電動モータに対する基本電流目標値を設定する基本電流目標値設定手段と、

20

前記操舵トルク検出値に基づいて、振動を抑制するための振動補償量を生成する振動補償量生成手段と、

前記基本電流指令値設定手段によって設定される基本電流目標値と、前記振動補償量生成手段によって生成される振動補償量とに基づいて、電流目標値を演算する電流目標値演算手段と、

前記電流目標値演算手段によって演算される電流目標値に基づいて、前記電動モータを制御する制御手段とを含み、

前記振動補償量生成手段は、

前記操舵トルク検出値に対してローパスフィルタ処理を行うローパスフィルタと、

前記操舵トルク検出値と前記ローパスフィルタ処理後の操舵トルク検出値との偏差に基づいて、前記操舵トルク検出値を前記ローパスフィルタ処理後の操舵トルク検出値に導くための振動補償量を生成する手段と、

30

前記操舵角検出手段によって検出される操舵角検出値と前記車速検出手段によって検出される車速検出値とに基づいて求められるヨーレイト推定値と、前記ヨーレイト検出手段によって検出されるヨーレイト検出値との差の絶対値に基づいて、前記ローパスフィルタのカットオフ周波数を変更するカットオフ周波数変更手段とを含む、電動パワーステアリング装置。

【請求項 4】

前記カットオフ周波数変更手段は、前記ヨーレイト推定値と前記ヨーレイト検出値との差の絶対値が第 1 所定値以下の値であるときには、前記カットオフ周波数を所定の最大値に設定し、前記差の絶対値が前記第 1 所定値よりも大きな第 2 所定値以上の値であるときには、前記カットオフ周波数を所定の最低値に設定し、前記差の絶対値が前記第 1 所定値から前記第 2 所定値までの範囲の値であるときには、前記差の絶対値の増加に伴って、前記最大値から前記最小値まで減少するように、前記カットオフ周波数を設定するように構成されている、請求項 3 に記載の電動パワーステアリング装置。

40

【請求項 5】

転舵輪に操舵力を伝達するための車両の転舵機構に、電動モータから操舵補助力を与える電動パワーステアリング装置であって、

車速を検出するための車速検出手段と、

操舵トルクを検出するための操舵トルク検出手段と、

50

前記操舵トルク検出手段によって検出される操舵トルク検出値を用いて、前記電動モータに対する基本電流目標値を設定する基本電流目標値設定手段と、

前記操舵トルク検出値に基づいて、振動を抑制するための振動補償量を生成する振動補償量生成手段と、

前記基本電流指令値設定手段によって設定される基本電流目標値と、前記振動補償量生成手段によって生成される振動補償量とに基づいて、電流目標値を演算する電流目標値演算手段と、

前記電流目標値演算手段によって演算される電流目標値に基づいて、前記電動モータを制御する制御手段とを含み、

前記振動補償量生成手段は、

前記操舵トルク検出値に対してローパスフィルタ処理を行うローパスフィルタと、

前記操舵トルク検出値と前記ローパスフィルタ処理後の操舵トルク検出値との偏差に基づいて、前記操舵トルク検出値を前記ローパスフィルタ処理後の操舵トルク検出値に導くための振動補償量を生成する手段と、

前記車速検出手段によって検出される車速検出値に基づいて、前記ローパスフィルタのカットオフ周波数を変更するカットオフ周波数変更手段とを含む、電動パワーステアリング装置。

【請求項6】

前記カットオフ周波数変更手段は、前記車速検出値が所定値であるときには、前記カットオフ周波数を所定の最小値に設定し、前記車速検出値が前記所定値から零までの範囲の値であるときには、前記車速検出値の減少に伴って、前記最小値から所定の最大値まで増加するように、前記カットオフ周波数を設定し、前記車速検出値が前記所定値より大きな範囲にあるときには、前記車速検出値の増加に伴って、前記最大値まで増加するように、前記カットオフ周波数を設定するように構成されている、請求項5に記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項7】

転舵輪に操舵力を伝達するための車両の転舵機構に、電動モータから操舵補助力を与える電動パワーステアリング装置であって、

各タイヤの空気圧を個別に検出するための複数の空気圧検出手段と、

操舵トルクを検出するための操舵トルク検出手段と、

前記操舵トルク検出手段によって検出される操舵トルク検出値を用いて、前記電動モータに対する基本電流目標値を設定する基本電流目標値設定手段と、

前記操舵トルク検出値に基づいて、振動を抑制するための振動補償量を生成する振動補償量生成手段と、

前記基本電流指令値設定手段によって設定される基本電流目標値と、前記振動補償量生成手段によって生成される振動補償量とに基づいて、電流目標値を演算する電流目標値演算手段と、

前記電流目標値演算手段によって演算される電流目標値に基づいて、前記電動モータを制御する制御手段とを含み、

前記振動補償量生成手段は、

前記操舵トルク検出値に対してローパスフィルタ処理を行うローパスフィルタと、

前記操舵トルク検出値と前記ローパスフィルタ処理後の操舵トルク検出値との偏差に基づいて、前記操舵トルク検出値を前記ローパスフィルタ処理後の操舵トルク検出値に導くための振動補償量を生成する手段と、

前記各空気圧検出手段によって検出される空気圧検出値に基づいて、前記ローパスフィルタのカットオフ周波数を変更するカットオフ周波数変更手段とを含む、電動パワーステアリング装置。

【請求項8】

前記カットオフ周波数変更手段は、

複数の空気圧検出手段によって検出される空気圧検出値それぞれに対応したカットオフ

10

20

30

40

50

周波数を設定するカットオフ周波数設定手段と、

前記カットオフ周波数設定手段によって設定された空気圧検出値毎のカットオフ周波数に基づいて、最終的なカットオフ周波数を決定する最終カットオフ周波数決定手段とを含み、

前記カットオフ周波数設定手段は、対応する空気圧検出値が所定値以上であるときには、対応するカットオフ周波数を所定の最大値に設定し、当該空気圧検出値が前記所定値から零までの範囲にあるときには、当該空気圧検出値の減少に伴って、前記最大値から所定の最小値まで減少するように、前記カットオフ周波数を設定するように構成されている、請求項7に記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項9】

転舵輪に操舵力を伝達するための転舵機構に、電動モータから操舵補助力を与える電動パワーステアリング装置であって、

車速を検出するための車速検出手段と、

操舵角を検出するための操舵角検出手段と、

操舵速度を検出する操舵速度検出手段と、

操舵トルクを検出するための操舵トルク検出手段と、

前記操舵角検出手段によって検出される操舵角検出値と、前記車速検出手段によって検出される車速検出値と、前記操舵速度検出手段によって検出される操舵速度検出値とに基づいて、操舵トルク目標値を設定する操舵トルク目標値設定手段と、

前記操舵トルク目標値設定手段によって設定された操舵トルク目標値と、前記操舵トルク検出手段によって検出される操舵トルク検出値とに基づいて、前記操舵トルク目標値に前記操舵トルク検出値を導くための電流目標値を演算する電流目標値演算手段と、

前記電流目標値演算手段によって演算される電流目標値に基づいて、前記電動モータを制御する制御手段とを含み、

前記操舵トルク目標値設定手段は、

前記操舵角検出値に基づいて、前記操舵角検出値に応じた操舵トルク目標値である第1目標値を設定する第1目標値設定手段と、

前記車速検出値に基づいて、車速ゲインを設定する車速ゲイン設定手段と、

前記操舵速度検出値に基づいて、前記操舵速度検出値に応じた操舵トルク目標値である第2目標値を設定する第2目標値設定手段と、

前記第1目標値設定手段によって設定される第1目標値に前記車速ゲイン設定手段によって設定される車速ゲインを乗算した値に、前記第2目標値設定手段によって設定される第2目標値を加算することにより、操舵トルク目標値を演算する演算手段とを含む、電動パワーステアリング装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、電動モータが発生する駆動力を車両の転舵機構に伝達して操舵補助を行う電動パワーステアリング装置に関する。

【背景技術】

【0002】

電動モータが発生する駆動力を車両の転舵機構に伝達し、これにより運転者のステアリング操作を補助する電動パワーステアリング装置が知られている。電動モータは、ステアリングホイールに加えられた操舵トルクおよび車速などに基づいて、電子制御ユニットにより制御される。具体的には、操舵トルクを検出する操舵トルクセンサや車速を検出する車速センサからの検出信号が電子制御ユニットに入力される。電子制御ユニットは、各センサからの入力信号に基づいて電流目標値を設定し、電流目標値に基づいて電動モータをフィードバック制御する。

【0003】

ところで、タイヤがバーストしたときには、操舵トルクが変動する。このように操舵ト

10

20

30

40

50

ルクの変動は、ステアリング操作を阻害するため、抑制することが好ましい。外乱による振動を電氣的制御によって抑制するための技術は、下記の特許文献 1 ~ 3 に開示されている。しかし、タイヤがバーストしたときの操舵トルク変動は非常に大きく、このような大きな操舵トルク変動を電氣的制御によって抑制することは困難であった。そこで、従来は、ブッシュなどの機械的な振動抑制機構が必要であった。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2003 - 2215 号公報

【特許文献 2】特開 2007 - 112189 号公報

【特許文献 1】特開 2005 - 112044 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

この発明の目的は、タイヤのバースト発生時等に操舵トルクが変動するのを、電氣的制御によって抑制することができる電動パワーステアリング装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記の目的を達成するための請求項 1 記載の発明は、転舵輪 (4) に操舵力を伝達するための車両の転舵機構 (5) に、電動モータ (21) から操舵補助力を与える電動パワーステアリング装置 (1) であって、前記電動モータの回転速度を検出する回転速度検出手段 (52) と、操舵トルクを検出するための操舵トルク検出手段 (11) と、前記操舵トルク検出手段によって検出される操舵トルク検出値を用いて、前記電動モータに対する基本電流目標値を設定する基本電流目標値設定手段 (51) と、前記操舵トルク検出値に基づいて、振動を抑制するための振動補償量を生成する振動補償量生成手段 (53) と、前記基本電流指令値設定手段によって設定される基本電流目標値と、前記振動補償量生成手段によって生成される振動補償量とに基づいて、電流目標値を演算する電流目標値演算手段 (54) と、前記電流目標値演算手段によって演算される電流目標値に基づいて、前記電動モータを制御する制御手段 (55, 56) とを含み、前記振動補償量生成手段は、前記操舵トルク検出値に対してローパスフィルタ処理を行うローパスフィルタ (61) と、前記操舵トルク検出値と前記ローパスフィルタ処理後の操舵トルク検出値との偏差に基づいて、前記操舵トルク検出値を前記ローパスフィルタ処理後の操舵トルク検出値に導くための振動補償量を生成する手段 (62, 63) と、前記回転速度検出手段によって検出される回転速度検出値に基づいて、前記ローパスフィルタのカットオフ周波数を変更するカットオフ周波数変更手段 (64) とを含む、電動パワーステアリング装置である。なお、括弧内の英数字は、後述の実施形態における対応構成要素等を表すが、むろん、この発明の範囲は当該実施形態に限定されない。以下、この項において同じ。

【0007】

この発明では、操舵トルク検出値とローパスフィルタ処理後の操舵トルク検出値との偏差に基づいて、操舵トルク検出値をローパスフィルタ処理後の操舵トルク検出値に導くための振動補償量が生成される。この振動補償量が基本電流目標値に加算されることによって、電流目標値が演算される。そして、電流目標値に基づいて、電動モータが制御される。

【0008】

例えば、タイヤのバーストが発生したときには、ローパスフィルタ処理後の操舵トルク検出値は、タイヤのバーストに基づく振動成分が操舵トルク検出値から除去された後の操舵トルク値となる。このため、タイヤのバーストが発生したときには、タイヤのバーストに基づく振動成分が除去された後の操舵トルク値に、実際の操舵トルク値が近づくように電動モータが制御される。これにより、タイヤのバーストに基づく振動が抑制されるので、タイヤのバースト発生時に操舵トルクが変動するのを抑制できる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 9 】

請求項 2 記載の発明は、前記カットオフ周波数変更手段は、前記回転速度検出値の絶対値が第 1 所定値 ( A ) 以下の値であるときには、前記カットオフ周波数を所定の最大値に設定し、前記回転速度検出値の絶対値が前記所定値よりも大きな第 2 所定値 ( B ) 以上の値であるときには、前記カットオフ周波数を所定の最低値に設定し、前記回転速度検出値の絶対値が前記第 1 所定値から前記第 2 所定値までの範囲の値であるときには、前記回転速度検出値の絶対値の増加に伴って、前記最大値から前記最小値まで減少するように、前記カットオフ周波数を設定するように構成されている、請求項 1 に記載の電動パワーステアリング装置である。

## 【 0 0 1 0 】

請求項 3 記載の発明は、転舵輪 ( 4 ) に操舵力を伝達するための車両の転舵機構 ( 5 ) に、電動モータ ( 2 1 ) から操舵補助力を与える電動パワーステアリング装置 ( 1 ) であって、操舵角を検出するための操舵角検出手段 ( 2 7 ) と、車速を検出するための車速検出手段 ( 2 6 ) と、ヨーレイトを検出するためのヨーレイト検出手段 ( 2 8 ) と、操舵トルクを検出するための操舵トルク検出手段 ( 1 1 ) と、前記操舵トルク検出手段によって検出される操舵トルク検出値を用いて、前記電動モータに対する基本電流目標値を設定する基本電流目標値設定手段 ( 5 1 ) と、前記操舵トルク検出値に基づいて、振動を抑制するための振動補償量を生成する振動補償量生成手段 ( 5 3 ) と、前記基本電流指令値設定手段によって設定される基本電流目標値と、前記振動補償量生成手段によって生成される振動補償量とに基づいて、電流目標値を演算する電流目標値演算手段 ( 5 4 ) と、前記電流目標値演算手段によって演算される電流目標値に基づいて、前記電動モータを制御する制御手段 ( 5 5 , 5 6 ) とを含み、前記振動補償量生成手段は、前記操舵トルク検出値に対してローパスフィルタ処理を行うローパスフィルタ ( 6 1 ) と、前記操舵トルク検出値と前記ローパスフィルタ処理後の操舵トルク検出値との偏差に基づいて、前記操舵トルク検出値を前記ローパスフィルタ処理後の操舵トルク検出値に導くための振動補償量を生成する手段 ( 6 2 , 6 3 ) と、前記操舵角検出手段によって検出される操舵角検出値と前記車速検出手段によって検出される車速検出値とに基づいて求められるヨーレイト推定値と、前記ヨーレイト検出手段によって検出されるヨーレイト検出値との差の絶対値に基づいて、前記ローパスフィルタのカットオフ周波数を変更するカットオフ周波数変更手段 ( 6 4 B ) とを含む、電動パワーステアリング装置である。

## 【 0 0 1 1 】

請求項 4 記載の発明は、前記カットオフ周波数変更手段は、前記ヨーレイト推定値と前記ヨーレイト検出値との差の絶対値が第 1 所定値 ( E ) 以下の値であるときには、前記カットオフ周波数を所定の最大値に設定し、前記差の絶対値が前記第 1 所定値よりも大きな第 2 所定値 ( F ) 以上の値であるときには、前記カットオフ周波数を所定の最低値に設定し、前記差の絶対値が前記第 1 所定値から前記第 2 所定値までの範囲の値であるときには、前記差の絶対値の増加に伴って、前記最大値から前記最小値まで減少するように、前記カットオフ周波数を設定するように構成されている、請求項 3 に記載の電動パワーステアリング装置である。

## 【 0 0 1 2 】

請求項 5 記載の発明は、転舵輪 ( 4 ) に操舵力を伝達するための車両の転舵機構 ( 5 ) に、電動モータ ( 2 1 ) から操舵補助力を与える電動パワーステアリング装置 ( 1 ) であって、車速を検出するための車速検出手段 ( 2 6 ) と、操舵トルクを検出するための操舵トルク検出手段 ( 1 1 ) と、前記操舵トルク検出手段によって検出される操舵トルク検出値を用いて、前記電動モータに対する基本電流目標値を設定する基本電流目標値設定手段 ( 5 1 ) と、前記操舵トルク検出値に基づいて、振動を抑制するための振動補償量を生成する振動補償量生成手段 ( 5 3 ) と、前記基本電流指令値設定手段によって設定される基本電流目標値と、前記振動補償量生成手段によって生成される振動補償量とに基づいて、電流目標値を演算する電流目標値演算手段 ( 5 4 ) と、前記電流目標値演算手段によって演算される電流目標値に基づいて、前記電動モータを制御する制御手段 ( 5 5 , 5 6 ) と

10

20

30

40

50

を含み、前記振動補償量生成手段は、前記操舵トルク検出値に対してローパスフィルタ処理を行うローパスフィルタ(61)と、前記操舵トルク検出値と前記ローパスフィルタ処理後の操舵トルク検出値との偏差に基づいて、前記操舵トルク検出値を前記ローパスフィルタ処理後の操舵トルク検出値に導くための振動補償量を生成する手段(62, 63)と、前記車速検出手段によって検出される車速検出値に基づいて、前記ローパスフィルタのカットオフ周波数を変更するカットオフ周波数変更手段(64A)とを含む、電動パワーステアリング装置である。

請求項6記載の発明は、前記カットオフ周波数変更手段は、前記車速検出値が所定値(C)であるときには、前記カットオフ周波数を所定の最小値に設定し、前記車速検出値が前記所定値から零までの範囲の値であるときには、前記車速検出値の減少に伴って、前記最小値から所定の最大値まで増加するように、前記カットオフ周波数を設定し、前記車速検出値が前記所定値より大きな範囲にあるときには、前記車速検出値の増加に伴って、前記最大値まで増加するように、前記カットオフ周波数を設定するように構成されている、請求項5に記載の電動パワーステアリング装置である。

【0013】

請求項7記載の発明は、転舵輪(4)に操舵力を伝達するための車両の転舵機構(5)に、電動モータ(21)から操舵補助力を与える電動パワーステアリング装置(1)であって、各タイヤの空気圧を個別に検出するための複数の空気圧検出手段(29<sub>FL</sub>, 29<sub>FR</sub>, 29<sub>RL</sub>, 29<sub>RR</sub>)と、操舵トルクを検出するための操舵トルク検出手段(11)と、前記操舵トルク検出手段によって検出される操舵トルク検出値を用いて、前記電動モータに対する基本電流目標値を設定する基本電流目標値設定手段(51)と、前記操舵トルク検出値に基づいて、振動を抑制するための振動補償量を生成する振動補償量生成手段(53)と、前記基本電流指令値設定手段によって設定される基本電流目標値と、前記振動補償量生成手段によって生成される振動補償量とに基づいて、電流目標値を演算する電流目標値演算手段(54)と、前記電流目標値演算手段によって演算される電流目標値に基づいて、前記電動モータを制御する制御手段(55, 56)とを含む、前記振動補償量生成手段は、前記操舵トルク検出値に対してローパスフィルタ処理を行うローパスフィルタ(61)と、前記操舵トルク検出値と前記ローパスフィルタ処理後の操舵トルク検出値との偏差に基づいて、前記操舵トルク検出値を前記ローパスフィルタ処理後の操舵トルク検出値に導くための振動補償量を生成する手段(62, 63)と、前記各空気圧検出手段によって検出される空気圧検出値に基づいて、前記ローパスフィルタのカットオフ周波数を変更するカットオフ周波数変更手段(64C)とを含む、電動パワーステアリング装置である。

【0014】

請求項8記載の発明は、前記カットオフ周波数変更手段は、複数の空気圧検出手段によって検出される空気圧検出値それぞれに対応したカットオフ周波数を設定するカットオフ周波数設定手段と、前記カットオフ周波数設定手段によって設定された空気圧検出値毎のカットオフ周波数に基づいて、最終的なカットオフ周波数を決定する最終カットオフ周波数決定手段とを含む、前記カットオフ周波数設定手段は、対応する空気圧検出値が所定値(G)以上であるときには、対応するカットオフ周波数を所定の最大値に設定し、当該空気圧検出値が前記所定値から零までの範囲にあるときには、当該空気圧検出値の減少に伴って、前記最大値から所定の最小値まで減少するように、前記カットオフ周波数を設定するように構成されている、請求項7に記載の電動パワーステアリング装置である。

【0015】

請求項9記載の発明は、転舵輪(4)に操舵力を伝達するための転舵機構(5)に、電動モータ(21)から操舵補助力を与える電動パワーステアリング装置(1A)であって、車速を検出するための車速検出手段(26)と、操舵角を検出するための操舵角検出手段(27)と、操舵速度を検出する操舵速度検出手段(81)と、操舵トルクを検出するための操舵トルク検出手段(11)と、前記操舵角検出手段によって検出される操舵角検出値と、前記車速検出手段によって検出される車速検出値と、前記操舵速度検出手段によ

10

20

30

40

50

って検出される操舵速度検出値とに基づいて、操舵トルク目標値を設定する操舵トルク目標値設定手段(82)と、前記操舵トルク目標値設定手段によって設定された操舵トルク目標値と、前記操舵トルク検出手段によって検出される操舵トルク検出値とに基づいて、前記操舵トルク目標値に前記操舵トルク検出値を導くための電流目標値を演算する電流目標値演算手段(83, 84)と、前記電流目標値演算手段によって演算される電流目標値に基づいて、前記電動モータを制御する制御手段(85, 86)とを含み、前記操舵トルク目標値設定手段は、前記操舵角検出値に基づいて、前記操舵角検出値に応じた操舵トルク目標値である第1目標値を設定する第1目標値設定手段(82a)と、前記車速検出値に基づいて、車速ゲインを設定する車速ゲイン設定手段(82b)と、前記操舵速度検出値に基づいて、前記操舵速度検出値に応じた操舵トルク目標値である第2目標値を設定する第2目標値設定手段(82c)と、前記第1目標値設定手段によって設定される第1目標値に前記車速ゲイン設定手段によって設定される車速ゲインを乗算した値に、前記第2目標値設定手段によって設定される第2目標値を加算することにより、操舵トルク目標値を演算する演算手段(82d)と、を含む電動パワーステアリング装置である。

10

【0016】

この発明では、操舵トルク目標値に操舵トルク検出値を導くための電流目標値が演算される。そして、この電流目標値に基づいて電動モータが制御される。操舵トルク目標値は、タイヤ側からの力に基づく振動に影響されことなく設定された操舵トルク目標値である。したがって、タイヤのバーストが発生したときには、タイヤのバーストに基づく振動の影響を受けずに設定された操舵トルク目標値に、実際の操舵トルク値が近づくように電動モータが制御される。これにより、タイヤのバーストに基づく振動が抑制されるので、タイヤのバースト発生時に操舵トルクが変動するのを抑制できる。

20

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】図1は、この発明の第1実施形態に係る電動パワーステアリング装置の概略構成を示す模式図である。

【図2】図2は、ECUの電氣的構成を概略的に示すブロック図である。

【図3】図3は、基本目標電流値の設定例を示すグラフである。

【図4】図4は、モータ回転速度に対するローパスフィルタのカットオフ周波数の設定例を示すグラフである。

30

【図5】図5は、ECUの他の例を示すブロック図である。

【図6】図6は、車速検出値に対するローパスフィルタのカットオフ周波数の設定例を示すグラフである。

【図7】図7は、ECUのさらに他の例を示すブロック図である。

【図8】図8は、ヨーレイト推定値とヨーレイト検出値との差の絶対値に対するローパスフィルタのカットオフ周波数の設定例を示すグラフである。

【図9】図9は、ECUのさらに他の例を示すブロック図である。

【図10】図10は、空気圧検出値に対するローパスフィルタのカットオフ周波数の設定例を示すグラフである。

【図11】図11は、この発明の第2実施形態に係る電動パワーステアリング装置の概略構成を示す模式図である。

40

【図12】図12は、ECUの電氣的構成を概略的に示すブロック図である。

【図13】図13は、操舵トルク目標値設定部の構成を示すブロック図である。

【図14】図14は、操舵角検出値に対する第1目標値の設定例を示すグラフである。

【図15】図15は、車速検出値に対する車速ゲインの設定例を示すグラフである。

【図16】図16は、操舵速度検出値に対する第2目標値の設定例を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下では、この発明の実施形態を、添付図面を参照して詳細に説明する。

図1は、この発明の第1実施形態に係る電動パワーステアリング装置の概略構成を示す

50

模式図である。

電動パワーステアリング装置 1 は、操舵部材としてのステアリングホイール 2 が連結されたステアリングシャフト 3 と、ステアリングホイール 2 の回転に連動して転舵輪 4 を転舵する転舵機構 5 と、運転者の操舵を補助するための操舵補助機構 6 とを備えている。

【 0 0 2 0 】

ステアリングシャフト 3 は、第 1 の自在継手 7 を介して中間軸 8 に連結されている。中間軸 8 は、第 2 の自在継手 9 を介して転舵機構 5 ( 具体的には、後述するピニオン軸 1 2 ) に連結されている。したがって、ステアリングホイール 2 は、ステアリングシャフト 3 、第 1 の自在継手 7 、中間軸 8 および第 2 の自在継手 9 を介して、転舵機構 5 に機械的に連結されている。

【 0 0 2 1 】

ステアリングシャフト 3 は、ステアリングホイール 2 に連結された入力軸 3 a と、中間軸 8 に連結された出力軸 3 b とを含む。入力軸 3 a と出力軸 3 b とは、トーションバー 1 0 を介して同一軸線上で相対回転可能に連結されている。すなわち、ステアリングホイール 2 が回転されると、入力軸 3 a および出力軸 3 b は、互いに相対回転しつつ同一方向に回転するようになっている。

【 0 0 2 2 】

ステアリングシャフト 3 の周囲には、トルクセンサ 1 1 が配置されている。トルクセンサ 1 1 は、入力軸 3 a および出力軸 3 b の相対回転変位量に基づいて、ステアリングホイール 2 に与えられた操舵トルクを検出する。以下、トルクセンサ 1 1 によって検出された操舵トルクを操舵トルク検出値 T という。トルクセンサ 1 1 の出力信号は、E C U ( 電子制御ユニット : Electronic Control Unit ) 4 0 に入力される。

【 0 0 2 3 】

転舵機構 5 は、ピニオン軸 1 2 と、転舵軸としてのラック軸 1 3 とを含む。ラック軸 1 3 は、車両の左右方向に沿って直線状に延びている。ラック軸 1 3 は、車体に固定されるラックハウジング 1 8 内に図示しない複数の軸受を介して軸方向に直線往復移動可能に支持されている。ラック軸 1 3 の各端部は、それぞれ、ラックハウジング 1 8 の対応する端部から突出している。ラック軸 1 3 の各端部は、それぞれ、ボールジョイント 1 4 を介して、タイロッド 1 5 の一方の端部と連結されている。各タイロッド 1 5 の他方の端部は、それぞれ、ナックルアーム 1 6 を介して、転舵輪 4 に連結されている。

【 0 0 2 4 】

各ボールジョイント 1 4 は、それぞれ、筒状のベローズ 1 7 内に収容されている。各ベローズ 1 7 は、それぞれ、ラックハウジング 1 8 の端部からタイロッド 1 5 まで延びている。各ベローズ 1 7 の一端部および他端部は、それぞれ、ラックハウジング 1 8 の端部およびタイロッド 1 5 に取り付けられている。

ピニオン軸 1 2 は、第 2 の自在継手 9 を介して中間軸 8 に連結されている。ピニオン軸 1 2 の先端部には、ピニオン 1 2 a が連結されている。ラック軸 1 3 の軸方向の中間部には、ピニオン 1 2 a に噛み合うラック 1 3 a が形成されている。このラック 1 3 a とピニオン 1 2 a とからなるラックアンドピニオン機構によって、ステアリングギヤが構成されている。このステアリングギヤによって、ピニオン軸 1 2 の回転がラック軸 1 3 の軸方向移動に変換される。ラック軸 1 3 を軸方向に移動させることによって、転舵輪 4 を転舵することができる。

【 0 0 2 5 】

ステアリングホイール 2 が操舵 ( 回転 ) されると、この回転が、ステアリングシャフト 3 および中間軸 8 を介して、ピニオン軸 1 2 に伝達される。そして、ピニオン軸 1 2 の回転は、ステアリングギヤ 1 2 a , 1 3 a によって、ラック軸 1 3 の軸方向移動に変換される。これにより、転舵輪 4 が転舵される。

操舵補助機構 6 は、操舵補助用の電動モータ 2 1 と、電動モータ 2 1 の出力トルクを転舵機構 5 に伝達するための減速機構 2 2 とを含む。電動モータ 2 1 の近傍には、電動モータ 2 1 のロータの回転角  $\theta$  を検出するための、例えばレゾルバからなる回転角センサ 2

10

20

30

40

50

5が配置されている。減速機構22は、ウォーム軸23と、このウォーム軸23に噛み合うウォームホイール24とを含むウォームギヤ機構からなる。ウォーム軸23は電動モータ21によって回転駆動される。また、ウォームホイール24は、出力軸3bに一体回転可能に連結されている。つまり、電動モータ21は、減速機構22を介して出力軸3bに連結されている。

【0026】

電動モータ21によってウォーム軸23が回転駆動されると、ウォームホイール24が回転駆動され、ステアリングシャフト3が回転する。そして、ステアリングシャフト3の回転は、中間軸8を介してピニオン軸12に伝達される。ピニオン軸12の回転は、ラック軸13の軸方向移動に変換される。これにより、転舵輪4が転舵される。すなわち、電動モータ21によって、ウォーム軸23を回転駆動することによって、転舵輪4が転舵される。

10

【0027】

ECU40には、車速センサ26の出力信号も入力される。ECU40は、トルクセンサ11によって検出される操舵トルク検出値 $T$ 、車速センサ26によって検出される車速検出値 $V$ 、回転角センサ25によって検出される回転角 $\theta$ 等に基づいて、電動モータ21を制御する。

図2は、ECU40の電氣的構成を概略的に示すブロック図である。

【0028】

ECU40は、電動モータ21を制御するためのマイクロコンピュータ(モータ制御用マイクロコンピュータ)41と、マイクロコンピュータ41によって制御され、電動モータ21に電力を供給する駆動回路(インバータ回路)42と、電動モータ21に流れるモータ電流 $I$ を検出する電流検出回路43とを含んでいる。

20

マイクロコンピュータ41は、CPUおよびメモリ(ROM, RAMなど)を備えており、所定のプログラムを実行することにより、複数の機能処理部として機能するようになっている。この複数の機能処理部には、基本電流目標値設定部51と、回転速度検出部52と、振動補償量生成部53と、電流目標値演算部54と、電流偏差演算部55と、PI(比例積分)制御部56と、PWM制御部57とが含まれる。

【0029】

基本目標電流値設定部51は、トルクセンサ11によって検出される操舵トルク検出値 $T$ と車速センサ26によって検出される車速検出値 $V$ とに基づいて、基本電流目標値 $I_0^*$ を設定する。操舵トルク検出値 $T$ に対する基本電流目標値 $I_0^*$ の設定例は、図3に示されている。操舵トルク検出値 $T$ は、例えば右方向への操舵のためのトルクが正の値にとられ、左方向への操舵のためのトルクが負の値にとられている。また、基本電流目標値 $I_0^*$ は、電動モータ21から右方向操舵のための操舵補助力を発生させるべきときには正の値とされ、電動モータ21から左方向操舵のための操舵補助力を発生させるべきときには負の値とされる。

30

【0030】

基本電流目標値 $I_0^*$ は、操舵トルク検出値 $T$ の正の値に対しては正をとり、操舵トルク検出値 $T$ の負の値に対しては負をとる。そして、操舵トルク検出値 $T$ の絶対値が大きくなるに従って、その絶対値が大きくなるように、基本電流目標値 $I_0^*$ が設定される。ただし、操舵トルク検出値 $T$ が $-T_1 \sim T_1$ (たとえば、 $T_1 = 0.4 \text{ N} \cdot \text{m}$ )の範囲(トルク不感帯)の微小な値のときには、基本電流目標値 $I_0^*$ は零とされる。また、基本電流目標値 $I_0^*$ は、車速センサ26によって検出される車速検出値 $V$ が大きいほど、その絶対値が小さくなるように設定されるようになっている。これにより、低速走行時には大きな操舵補助力を発生させることができ、高速走行時には操舵補助力を小さくすることができる。

40

【0031】

回転速度検出部52は、回転角センサ25によって検出される回転角 $\theta$ の時間微分値を求めることにより、電動モータ21の回転速度 $\omega$ を検出する。

50

振動補償量生成部 5 3 は、ローパスフィルタ 6 1 と、操舵トルク偏差演算部 6 2 と、P I (比例積分)制御部 6 3 と、カットオフ周波数変更部 6 4 とを含んでいる。ローパスフィルタ 6 1 は、トルクセンサ 1 1 によって検出される操舵トルク検出値 T に対してローパスフィルタ処理を行う。これにより、トルクセンサ 1 1 によって検出される操舵トルク検出値 T から、ローパスフィルタ 6 1 のカットオフ周波数以上の成分が除去される。これにより、操舵トルク検出値 T から振動成分が除去された操舵トルク値 T \* を抽出することができる。

#### 【 0 0 3 2 】

操舵トルク偏差演算部 6 2 は、ローパスフィルタ処理後の操舵トルク検出値 T \* と、トルクセンサ 1 1 によって検出される操舵トルク検出値 T との偏差 (操舵トルク偏差  $T = T^* - T$ ) を演算する。P I 制御部 6 3 は、操舵トルク偏差演算部 6 2 によって演算された操舵トルク偏差 T に対して P I 演算を行うことにより、操舵トルク (操舵トルク検出値 T) を、操舵トルク検出値 T から振動成分が除去された後の操舵トルク値 T \* (ローパスフィルタ処理後の操舵トルク検出値) に導くための振動補償量 I c を生成する。

10

#### 【 0 0 3 3 】

具体的には、P I 制御部 6 3 は、比例要素 7 1 と、積分要素 7 2 と、加算器 7 3 とを備えている。比例要素 7 1 は、操舵トルク偏差 T に比例ゲイン K p を乗ずることによって比例操作量を演算する。

積分要素 7 2 は、乗算部 7 2 a と、加算部 7 2 b と、リミッタ 7 2 c と、遅延部 7 2 d とを含む。乗算部 7 2 a は、操舵トルク偏差 T に積分ゲイン K i を乗ずる。加算部 7 2 b は、乗算部 7 2 a の出力値に、前回の積分操作量を加算する。リミッタ 7 2 c は、加算部 7 2 b の出力値を、所定の下限值以上かつ所定の上限值以下の値に制限する。リミッタ 7 2 c の出力値が今回の積分操作量となる。遅延部 7 2 d は、今回の積分操作量を 1 演算周期遅延させて出力する。遅延部 7 2 d の出力値 (前回の積分操作量) は、加算部 7 2 b に与えられる。

20

#### 【 0 0 3 4 】

比例要素 7 1 によって演算された比例操作量と、積分要素 7 2 によって演算された積分操作量とは、加算器 7 3 に与えられる。加算器 7 3 は、比例操作量と積分操作量とを加算することにより、振動補償量 I c を演算する。

基本電流目標値設定部 5 1 によって設定された基本電流目標値 I o \* と、振動補償量生成部 5 3 によって生成された振動補償量 I c とは、電流目標値演算部 5 4 に与えられる。電流目標値演算部 5 4 は、基本電流目標値 I o \* に振動補償量 I c を加算することにより、電流目標値 I \* を演算する。

30

#### 【 0 0 3 5 】

電流偏差演算部 5 5 は、電流目標値演算部 5 4 によって演算された目標電流値 I \* と電流検出回路 4 3 によって検出された電流検出値 I との偏差 (電流偏差  $I = I^* - I$ ) を演算する。

P I 制御部 5 6 は、電流偏差演算部 5 5 によって演算された電流偏差 I に対して P I 演算を行うことにより、電動モータ 2 1 に流れる電流 I を目標電流値 I \* に導くための駆動指令値を生成する。P W M 制御部 5 7 は、前記駆動指令値に対応するデューティ比の P W M 制御信号を生成して、駆動回路 4 2 に供給する。これにより、駆動指令値に対応した電力が電動モータ 2 1 に供給されることになる。

40

#### 【 0 0 3 6 】

操舵トルク偏差演算部 6 2 および P I 制御部 6 3 は、操舵トルクフィードバック制御手段を構成している。この操舵トルクフィードバック制御手段の働きによって、操舵トルク検出値 T から振動成分が除去された後の操舵トルク値 T \* に、操舵トルク検出値 T が近づくように制御される。また、電流偏差演算部 5 5 および P I 制御部 5 6 は、電流フィードバック制御手段を構成している。この電流フィードバック制御手段の働きによって、電動モータ 2 1 に流れる電流が、電流目標値演算部 5 4 によって演算された電流目標値 I \* に近づくように制御される。

50

## 【0037】

カットオフ周波数変更部64は、回転速度検出部52によって検出されたモータ回転速度  $m$  に基づいて、ローパスフィルタ61のカットオフ周波数を変更する。図4は、モータ回転速度  $m$  に対するローパスフィルタ61のカットオフ周波数の設定例を示している。モータ回転速度  $m$  が所定値  $-A$  ( $A > 0$ ) 以上かつ所定値  $+A$  以下の範囲の値であるときには、カットオフ周波数は所定の最大値(この例では20 [Hz])に設定される。所定値  $A$  は、例えば、400 [deg/s] に設定される。

## 【0038】

また、モータ回転速度  $m$  が所定値  $-B$  ( $B > A$ ) 以下の範囲または所定値  $B$  以上の範囲の値であるときには、カットオフ周波数は所定の最小値(この例では2 [Hz])に設定される。所定値  $B$  は、例えば、1000 [deg/s] に設定される。

10

モータ回転速度  $m$  が所定値  $-A$  から所定値  $-B$  までの範囲または所定値  $A$  から所定値  $B$  までの範囲の値であるときには、モータ回転速度  $m$  の絶対値の増加に伴って、最大値から最小値まで減少するように、カットオフ周波数が設定される。モータ回転速度  $m$  に基づいて、カットオフ周波数を図4の特性に従って変更している理由については、後述する。

## 【0039】

前述の実施形態では、操舵トルク検出値  $T$  から振動成分が除去された後の操舵トルク値  $T^*$  に、操舵トルク検出値  $T$  を導くための振動補償量  $I_c$  が振動補償量生成部53によって生成される。この振動補償量  $I_c$  が基本電流目標値  $I_o^*$  に加算されることによって、電流目標値  $I^*$  が演算される。そして、電動モータ21に流れる電流が電流目標値  $I^*$  に近づくように、電動モータ21が制御される。したがって、タイヤのバーストが発生したときには、操舵トルク検出値  $T$  からタイヤのバーストに基づく振動成分が除去された後の操舵トルク値  $T^*$  に、実際の操舵トルク値が近づくように電動モータ21が制御される。これにより、タイヤのバーストに基づく振動が抑制されるので、タイヤのバースト発生時に操舵トルクが変動するのを抑制できる。

20

## 【0040】

モータ回転速度  $m$  に基づいて、カットオフ周波数を図4の特性に従って変更している理由について説明する。本実施形態は、タイヤのバースト発生時にそれに基づく振動を抑制することによって、操舵トルクが変動するのを抑制することを主要な目的としている。つまり、本実施形態は、タイヤ側からの力によってトーションバー10に擦れが発生し、これによって操舵トルクが変動するのを抑制することを主要な目的としている。また、本実施形態による制御は、操舵トルク検出値から振動成分が除去された後の操舵トルク値に実際の操舵トルクを近づける制御であるため、振動補償量を考慮せずに電流目標値を設定する場合に比べて、操舵トルクが小さくなる。

30

## 【0041】

電動モータ21は減速機構22を介して出力軸3bに連結されている。したがって、電動モータ21のモータ回転速度が小さいときに操舵トルクが発生している場合とは、タイヤ側からの力ではなく、ステアリングホイール2側からの力によってトーションバー10に擦れが発生している場合であると考えられる。このような場合には、タイヤ側の力に基づく振動は発生していないと考えられるから、振動抑制の必要性がないとともに、操舵トルクが小さくなりすぎるのを防止するためにも、振動抑制効果を低下させることが好ましい。

40

## 【0042】

一方、ローパスフィルタ61のカットオフ周波数が大きくなるほど、ローパスフィルタ61の通過帯域が広くなり、ローパスフィルタ61によって除去される振動成分の周波数帯域が狭くなる。このため、ローパスフィルタ61のカットオフ周波数が大きくなるほど、振動抑制効果は低くなる。

そこで、モータ回転速度の絶対値が所定値  $A$  より小さい値であるときには、振動抑制効果を低くするために、ローパスフィルタ61のカットオフ周波数を最低値に設定している

50

。モータ回転速度の絶対値が所定値 A から所定値 B (  $B > A$  ) までの範囲の値であるときには、モータ回転速度の絶対値が増加するほど、タイヤ側からの力によって操舵トルクが発生する可能性が高くなると考えられる。そこで、モータ回転速度の絶対値の増加に伴って、ローパスフィルタ 6 1 のカットオフ周波数を徐々に低下させることにより、振動抑制効果を徐々に高めている。モータ回転速度の絶対値が所定値 B より大きい値であるときには、振動抑制効果を高くするために、ローパスフィルタ 6 1 のカットオフ周波数を最低値に設定している。

#### 【 0 0 4 3 】

図 5 は、ECU の他の例を示すブロック図である。図 5 において、前述の図 2 の各部に対応する部分には図 2 と同じ符号を付して示す。

10

この ECU 4 0 では、カットオフ周波数変更部 6 4 A の動作が、図 2 のカットオフ周波数変更部 6 4 の動作と異なっている。このカットオフ周波数変更部 6 4 A は、車速センサ 2 6 によって検出される車速検出値 V に基づいて、ローパスフィルタ 6 1 のカットオフ周波数を変更する。図 6 は、車速検出値 V に対するローパスフィルタ 6 1 のカットオフ周波数の設定例を示している。車速検出値 V が所定値 C (  $C > 0$  ) のときには、カットオフ周波数は所定の最小値 ( この例では 2 [ Hz ] ) に設定される。所定値 C は、例えば、5 [ km / h ] に設定される。

#### 【 0 0 4 4 】

車速検出値 V が所定値 C から零までの範囲では、車速検出値 V の減少に伴って、カットオフ周波数が最小値から所定の最大値 ( この例では 2 0 [ Hz ] ) まで増加するように、カットオフ周波数が設定される。車速検出値 V が所定値 C から所定値 D (  $D > C$  ) までの範囲では、車速検出値 V の増加に伴って、カットオフ周波数が最小値から最大値まで増加するように、カットオフ周波数が設定される。所定値 D は、例えば、8 0 [ km / h ] に設定される。車速検出値 V が所定値 D 以上の範囲では、カットオフ周波数は最大値に設定される。

20

#### 【 0 0 4 5 】

ローパスフィルタ 6 1 のカットオフ周波数を低くすると、ローパスフィルタ 6 1 によって除去できる振動成分の周波数帯域が広がるが、振動成分以外の成分も除去されやすくなる。このため、ローパスフィルタ 6 1 のカットオフ周波数は、抑制しようとする振動成分を除去できるのであれば、できるだけ高い値に設定することが好ましい。タイヤのバーストが発生した場合には、それに基づく振動は周期的に起こる。この振動の周波数は、車速が大きくなるに従って高くなる。そこで、所定値 C から所定値 D までの範囲においては、車速検出値 V の増加に伴って、カットオフ周波数を最低値から最高値まで徐々に増加させている。そして、カットオフ周波数が最大値となる所定値 D 以上では、カットオフ周波数を最大値に固定している。

30

#### 【 0 0 4 6 】

一方、車速が低速であるときには、タイヤのバーストが発生したとしても、振動は発生しない。そこで、車速検出値 V が所定値 C から零までの範囲では、車速検出値 V の減少に伴って、振動抑制効果が徐々に小さくなるように、カットオフ周波数を最小値から最大値まで徐々に増加させている。

40

図 7 は、ECU 4 0 のさらに他の例を示すブロック図である。図 7 において、前述の図 2 の各部に対応する部分には図 2 と同じ符号を付して示す。

#### 【 0 0 4 7 】

この ECU 4 0 では、カットオフ周波数変更部 6 4 B の動作が、図 2 のカットオフ周波数変更部 6 4 の動作と異なっている。このカットオフ周波数変更部 6 4 B を適用する場合には、入力軸 3 a の回転角である操舵角を検出するための操舵角センサ 2 7 と、車両の旋回方向への回転角の変化速度であるヨーレイトを検出するためのヨーレイトセンサ 2 8 が設けられる。操舵角センサ 2 7 は、ステアリングホイール 2 の中立位置 ( 基準位置 ) からのステアリングホイール 2 の正逆両方向の回転量 ( 回転角 ) を検出するものであり、中立位置から右方向への回転量を正の値として出力し、中立位置から左方向への回転量を負の

50

値として出力する。

【0048】

カットオフ周波数変更部64Bは、車速センサ26によって検出される車速検出値 $V$ と、操舵角センサ27によって検出される操舵角検出値 $h$ と、ヨーレートセンサ28によって検出されるヨーレート検出値に基づいて、ローパスフィルタ61のカットオフ周波数を変更する。具体的には、カットオフ周波数変更部64Bは、操舵角検出値 $h$  [deg]に車速検出値 $V$  [km/h]を乗算することにより演算されるヨーレート推定値 $e$  ( $e = h \times V$ )と、ヨーレートセンサ28によって検出されるヨーレート検出値 [deg/s]との差の絶対値 $|e - \quad|$ に基づいて、ローパスフィルタ61のカットオフ周波数を変更する。

10

【0049】

図8は、ヨーレート推定値 $e$ とヨーレート検出値との差の絶対値 $|e - \quad|$ に対するローパスフィルタ61のカットオフ周波数の設定例を示している。前記差の絶対値 $|e - \quad|$ が所定値 $E$  ( $E > 0$ )以下の値であるときには、カットオフ周波数は所定の最大値(この例では20 [Hz])に設定される。所定値 $E$ は、例えば、30に設定される。

【0050】

車速検出値 $V$ が所定値 $F$  ( $F > E$ )以上の値であるときには、カットオフ周波数は所定の最小値(この例では2 [Hz])に設定される。所定値 $F$ は、例えば、100に設定される。前記差の絶対値 $|e - \quad|$ が所定値 $E$ から所定値 $F$ までの範囲の値であるときには、前記差の絶対値 $|e - \quad|$ の増加に伴って、カットオフ周波数が最大値から最小値まで減少するように、カットオフ周波数が設定される。

20

【0051】

通常走行時においては、ヨーレート推定値 $e$ とヨーレート検出値との差の絶対値 $|e - \quad|$ は小さい。一方、タイヤのバーストが発生した場合には、車両が片流れするため、運転者はそれを防ぐためにステアリング操作を行う。このため、ヨーレート推定値 $e$ とヨーレート検出値との差の絶対値 $|e - \quad|$ が大きくなる。

そこで、前記差の絶対値 $|e - \quad|$ が所定値 $E$ 以下であるときには、タイヤのバーストが発生していないと考えられるので、振動抑制効果を低くするために、カットオフ周波数を最大値に設定している。前記差の絶対値 $|e - \quad|$ が所定値 $E$ から所定値 $F$ までの範囲では、前記差の絶対値 $|e - \quad|$ が増加するほど、タイヤのバーストが発生している可能性が高くなると考えられるため、記差の絶対値 $|e - \quad|$ 増加に伴って、徐々にカットオフ周波数を低下させている。そして、前記差の絶対値 $|e - \quad|$ が所定値 $F$ 以上であるときには、タイヤのバーストが発生している可能性が高いと考えられるため、振動抑制効果を高くするために、カットオフ周波数を最小値に設定している。

30

【0052】

図9は、ECU40のさらに他の例を示すブロック図である。図9において、前述の図2の各部に対応する部分には図2と同じ符号を付して示す。

このECU40では、カットオフ周波数変更部64Cの動作が、図2のカットオフ周波数変更部64の動作と異なっている。このカットオフ周波数変更部64Cを適用する場合には、左前輪タイヤの空気圧 $P_{FL}$ を検出する空気圧センサ29<sub>FL</sub>と、右前輪タイヤの空気圧 $P_{FR}$ を検出する空気圧センサ29<sub>FR</sub>と、左後輪タイヤの空気圧 $P_{RL}$ を検出する空気圧センサ29<sub>RL</sub>と、右後輪タイヤの空気圧 $P_{RR}$ を検出する空気圧センサ29<sub>RR</sub>とが設けられる。

40

【0053】

カットオフ周波数変更部64Cは、これらの空気圧センサ29<sub>FL</sub>, 29<sub>FR</sub>, 29<sub>RL</sub>, 29<sub>RR</sub>によって検出される空気圧検出値 $P_{FL}$ ,  $P_{FR}$ ,  $P_{RL}$ ,  $P_{RR}$ に基づいて、ローパスフィルタ61のカットオフ周波数を変更する。具体的には、カットオフ周波数変更部64Cは、まず、各空気圧検出値 $P_{FL}$ ,  $P_{FR}$ ,  $P_{RL}$ ,  $P_{RR}$ に基づいて、各空気圧検出値 $P_{FL}$ ,  $P_{FR}$ ,  $P_{RL}$ ,  $P_{RR}$ に対応したカットオフ周波数を設定す

50

る（カットオフ周波数設定手段）。図10は、空気圧検出値に対するローパスフィルタ61のカットオフ周波数の設定例を示している。

【0054】

空気圧検出値が所定値 $G$  ( $G > 0$ )以上の値であるときには、カットオフ周波数は所定の最大値（この例では20 [Hz]）に設定される。所定値 $G$ は、例えば、240 [kPa]に設定される。空気圧検出値が所定値 $G$  ( $G > 0$ )から零までの範囲の値であるときには、空気圧検出値の減少に伴って、カットオフ周波数が最大値から所定の最小値（この例では2 [Hz]）まで減少するように、カットオフ周波数が設定される。

【0055】

各空気圧検出値 $P_{FL}$ 、 $P_{FR}$ 、 $P_{RL}$ 、 $P_{RR}$ に対応したカットオフ周波数が求められると、カットオフ周波数変更部64Cは、各空気圧検出値 $P_{FL}$ 、 $P_{FR}$ 、 $P_{RL}$ 、 $P_{RR}$ に対応したカットオフ周波数のうちの最低値を、ローパスフィルタ61のカットオフ周波数として設定する（最終カットオフ周波数決定手段）。

10

図11は、この発明の第2実施形態に係る電動パワーステアリング装置の概略構成を示す模式図である。図11において、前述の図1の各部に対応する部分には図2と同じ符号を付して示す。

【0056】

この電動パワーステアリング装置1Aは、トルクセンサ11および車速センサ26に加えて、入力軸3aの回転角である操舵角 $h$ を検出するための操舵角センサ27を含んでいる。操舵角センサ27は、ステアリングホイール2の中立位置（基準位置）からのステアリングホイール2の正逆両方向の回転量（回転角）を検出するものであり、中立位置から右方向への回転量を正の値として出力し、中立位置から左方向への回転量を負の値として出力する。

20

【0057】

トルクセンサ11によって検出される操舵トルク検出値 $T$ 、車速センサ26によって検出される車速検出値 $V$ および操舵角センサ27によって検出される操舵角検出値 $h$ は、ECU40Aに入力される。ECU40Aは、トルクセンサ11によって検出される操舵トルク検出値 $T$ 、車速センサ26によって検出される車速検出値 $V$ 、操舵角センサ27によって検出される操舵角検出値 $h$ 等に基づいて、電動モータ21を制御する。

【0058】

図12は、ECU40Aの電氣的構成を概略的に示すブロック図である。

30

ECU40Aは、電動モータ21を制御するためのマイクロコンピュータ（モータ制御用マイクロコンピュータ）41Aと、マイクロコンピュータ41Aによって制御され、電動モータ21に電力を供給する駆動回路（インバータ回路）42と、電動モータ21に流れるモータ電流 $I$ を検出する電流検出回路43とを含んでいる。

【0059】

マイクロコンピュータ41Aは、CPUおよびメモリ（ROM、RAMなど）を備えており、所定のプログラムを実行することにより、複数の機能処理部として機能するようになっている。この複数の機能処理部には、操舵速度検出部81と、操舵トルク目標値設定部82と、操舵トルク偏差演算部83と、PI（比例積分）制御部84と、電流偏差演算部85と、PI（比例積分）制御部86と、PWM制御部87とが含まれる。

40

【0060】

操舵速度検出部81は、操舵角センサ27によって検出される操舵角検出値 $h$ の時間微分値を求めることにより、操舵速度 $\dot{h}$ を検出する。

操舵トルク目標値設定部82は、操舵角センサ27によって検出される操舵角検出値 $h$ と、車速センサ26によって検出される車速検出値 $V$ と、操舵速度検出部81によって検出される操舵速度検出値 $\dot{h}$ とに基づいて、操舵トルク目標値 $T^*$ を設定する。

【0061】

図13は、操舵トルク目標値設定部82の構成を示すブロック図である。操舵トルク目標値設定部82は、第1目標値設定部82aと、車速ゲイン設定部82bと、第2目標値

50

設定部 8 2 c と、操舵トルク目標値演算部 8 2 d とを含んでいる。

第 1 目標値設定部 8 2 a は、操舵角検出値  $h$  に基づいて、操舵角検出値  $h$  に応じた操舵トルク目標値である第 1 目標値を設定する。図 1 4 は、操舵角検出値  $h$  に対する第 1 目標値の設定例を示している。操舵角検出値  $h$  が所定値  $-H$  ( $H > 0$ ) から  $+H$  までの範囲の値であるときには、第 1 目標値は零とされる。所定値  $H$  は、たとえば 3 [deg] に設定される。操舵角検出値  $h$  が所定値  $-H \sim +H$  の範囲外の値であるときには、第 1 目標値は、操舵角検出値  $h$  が正の値 (右方向へ操舵した状態) のときには正の値 (右方向へのトルク) に設定され、操舵角検出値  $h$  が負の値 (左方向へ操舵した状態) のときには負の値 (左方向へのトルク) に設定される。そして、操舵角検出値  $h$  が  $-H \sim +H$  の範囲外の値であるときには、操舵角検出値  $h$  の絶対値が大きくなるに従って、その絶対値が大きくなるように、第 1 目標値が設定される。

10

【 0 0 6 2 】

車速ゲイン設定部 8 2 b は、車速検出値  $V$  に基づいて車速ゲインを求める。図 1 5 は、車速検出値  $V$  に対する車速ゲインの設定例を示している。車速検出値  $V$  が所定値  $I$  ( $I > 0$ ) 以下の値であるときには、車速ゲインは 1.0 に設定される。所定値  $I$  は、例えば、5 [km/h] に設定される。車速検出値  $V$  が所定値  $I$  より大きな値であるときには、車速検出値  $V$  の増加に伴って、車速ゲインが 1.0 から徐々に小さくなるように、車速ゲインが設定される。

【 0 0 6 3 】

第 2 目標値設定部 8 2 c は、操舵速度検出値  $h$  に基づいて、操舵速度検出値  $h$  に応じた操舵トルク目標値である第 2 目標値を求める。図 1 6 は、操舵速度検出値  $h$  に対する第 2 目標値の設定例を示している。操舵速度検出値  $h$  が所定値  $-J$  ( $J > 0$ ) から所定値  $+J$  までの範囲の値であるときには、第 2 目標値は零とされる。操舵速度検出値  $h$  が所定値  $-K$  ( $K > J$ ) 以下の値であるときには、第 2 目標値は所定値  $-L$  ( $L > 0$ ) に設定される。所定値  $K$  は、例えば、500 [deg/s] に設定される。所定値  $L$  は、例えば、2 に設定される。操舵速度検出値  $h$  が所定値  $-J$  から所定値  $-K$  の範囲の値であるときには、操舵速度検出値  $h$  の減少に伴って、零から所定値  $-L$  まで減少するように第 2 目標値が設定される。

20

【 0 0 6 4 】

操舵速度検出値  $h$  が所定値  $+K$  以上の値であるときには、第 2 目標値は所定値  $L$  に設定される。操舵速度検出値  $h$  が所定値  $+J$  から所定値  $+K$  の範囲の値であるときには、操舵速度検出値  $h$  の増加に伴って、零から所定値  $L$  まで増加するように第 2 目標値が設定される。

30

操舵トルク目標値演算部 8 2 d は、次式 (1) により、操舵トルク目標値  $T^*$  を演算する。

【 0 0 6 5 】

$$\text{操舵トルク目標値 } T^* = \text{第 1 目標値} \times \text{車速ゲイン} + \text{第 2 目標値} \quad \dots (1)$$

操舵トルク目標値  $T^*$  の演算に用いられる、操舵角検出値  $h$ 、車速検出値  $V$  および操舵角速度検出値  $h$  は、タイヤ側からの力に基づく振動の影響を受けない値である。このため、操舵トルク目標値  $T^*$  は、タイヤ側からの力に基づく振動に影響されずに設定される目標値である。

40

【 0 0 6 6 】

図 1 2 に戻り、操舵トルク偏差演算部 8 3 は、操舵トルク目標値設定部 8 2 によって設定される操舵トルク目標値  $T^*$  と、トルクセンサ 1 1 によって検出された操舵トルク検出値  $T$  との偏差 (操舵トルク偏差  $T = T^* - T$ ) を演算する。

PI 制御部 8 4 は、操舵トルク偏差演算部 8 3 によって演算された操舵トルク偏差  $T$  に対して PI 演算を行うことにより、操舵トルク (操舵トルク検出値  $T$ ) を、操舵トルク目標値  $T^*$  に導くための電流目標値  $I^*$  を生成する。

【 0 0 6 7 】

具体的には、PI 制御部 8 4 は、比例要素 9 1 と、積分要素 9 2 と、加算器 9 3 とを備

50

えている。比例要素 9 1 は、操舵トルク偏差  $T$  に比例ゲイン  $K_p$  を乗ずることによって比例操作量を演算する。

積分要素 9 2 は、乗算部 9 2 a と、加算部 9 2 b と、リミッタ 9 2 c と、遅延部 9 2 d とを含む。乗算部 9 2 a は、操舵トルク偏差  $T$  に積分ゲイン  $K_i$  を乗ずる。加算部 9 2 b は、乗算部 9 2 a の出力値に、前回の積分操作量を加算する。リミッタ 9 2 c は、加算部 9 2 b の出力値を、所定の下限值以上かつ所定の上限值以下の値に制限する。リミッタ 9 2 c の出力値が今回の積分操作量となる。遅延部 9 2 d は、今回の積分操作量を 1 演算周期遅延させて出力する。遅延部 9 2 d の出力値（前回の積分操作量）は、加算部 9 2 b に与えられる。

【0068】

比例要素 9 1 によって演算された比例操作量と、積分要素 9 2 によって演算された積分操作量とは、加算器 9 3 に与えられる。加算器 9 3 は、比例操作量と積分操作量とを加算することにより、電流目標値  $I^*$  を演算する。

電流偏差演算部 8 5 は、PI 演算部 8 4 によって生成された電流目標値  $I^*$  と電流検出回路 4 3 によって検出された電流検出値  $I$  との偏差（電流偏差  $I = I^* - I$ ）を演算する。

【0069】

PI 制御部 8 6 は、電流偏差演算部 8 5 によって演算された電流偏差  $I$  に対する PI 演算を行うことにより、電動モータ 2 1 に流れる電流  $I$  を目標電流値  $I^*$  に導くための駆動指令値を生成する。PWM 制御部 8 7 は、前記駆動指令値に対応するデューティ比の PWM 制御信号を生成して、駆動回路 4 2 に供給する。これにより、駆動指令値に対応した電力が電動モータ 2 1 に供給されることになる。

【0070】

操舵トルク偏差演算部 8 3 および PI 制御部 8 4 は、操舵トルクフィードバック制御手段を構成している。この操舵トルクフィードバック制御手段の働きによって、操舵トルクが、操舵トルク目標値  $T^*$  に近づくように制御される。また、電流偏差演算部 8 5 および PI 制御部 8 6 は、電流フィードバック制御手段を構成している。この電流フィードバック制御手段の働きによって、電動モータ 2 1 に流れる電流が、PI 制御部 8 4 によって生成された電流目標値  $I^*$  に近づくように制御される。

【0071】

前述の実施形態では、操舵トルク目標値  $T^*$  に実際の操舵トルク値（操舵トルク検出値  $T$ ）を導くための電流目標値  $I^*$  が、PI 演算部 8 4 によって生成される。そして、電動モータ 2 1 に流れる電流が電流目標値  $I^*$  に近づくように、電動モータ 2 1 が制御される。前述したように、操舵トルク目標値  $T^*$  は、タイヤ側からの力に基づく振動に影響されずに設定される目標値である。したがって、タイヤのバーストが発生したときには、それに基づく振動に影響されずに設定された操舵トルク目標値  $T^*$  に、実際の操舵トルク値が近づくように電動モータ 2 1 が制御される。これにより、タイヤのバーストに基づく振動が抑制されるので、タイヤのバースト発生時に操舵トルクが変動するのを抑制できる。

【0072】

以上、この発明の第 1 および第 2 実施形態について説明したが、この発明はさらに他の形態で実施することもできる。たとえば、前述の第 1 実施形態では、振動補償量生成部 5 3（図 2，図 5，図 7，図 9 参照）は操舵トルク偏差演算部 6 2 によって演算された操舵トルク偏差  $T$  に対して PI 演算を行うことにより、振動補償量  $I_c$  を生成しているが、操舵トルク偏差  $T$  に対して、P（比例）演算または PID（比例積分微分）演算を行うことにより、振動補償量  $I_c$  を生成してもよい。

【0073】

また、第 1 実施形態のカットオフ周波数変更部 6 4（図 2 参照）、前述の第 1 変形例のカットオフ周波数変更部 6 4 A（図 5 参照）、前述の第 2 変形例のカットオフ周波数変更部 6 4 B（図 7 参照）、前述の第 3 変形例のカットオフ周波数変更部 6 4 C（図 9 参照）を、任意に組み合わせて、ローパスフィルタ 6 1 のカットオフ周波数を変更するようにし

10

20

30

40

50

てもよい。

【0074】

また、前述の第2実施形態では、PI制御部84(図12参照)は偏差演算部83によって演算された操舵トルク偏差Tに対してPI演算を行うことにより、電流目標値I\*を生成しているが、操舵トルク偏差Tに対して、P(比例)演算またはPID(比例積分微分)演算を行うことにより、電流目標値I\*を生成してもよい。

その他、特許請求の範囲に記載された事項の範囲で種々の設計変更を施すことが可能である。

【符号の説明】

【0075】

1, 1A...電動パワーステアリング装置、4...転舵輪、5...転舵機構、11...トルクセンサ、21...電動モータ、26...車速センサ、27...操舵角センサ、28...ヨーレートセンサ、29<sub>FL</sub>, 29<sub>FR</sub>, 29<sub>RL</sub>, 29<sub>RR</sub>...空気圧センサ、40, 40A...ECU、41, 41A...マイクロコンピュータ、51...基本電流目標値設定部、52...回転速度検出部、53...振動補償量生成部、54...電流目標値演算部、55...電流偏差演算部、56...PI制御部、61...ローパスフィルタ、62...操舵トルク偏差演算部、63...PI制御部、64, 64A, 64B, 64C...カットオフ周波数変更部、81...操舵速度検出部、82...操舵トルク目標値設定部、82a...第1目標値設定部、82b...車速ゲイン設定部、82c...第2目標値設定部、82d...操舵トルク目標値演算部、83...操舵トルク偏差演算部、84...PI演算部、85...電流偏差演算部、86...PI制御部

10

20

【図1】

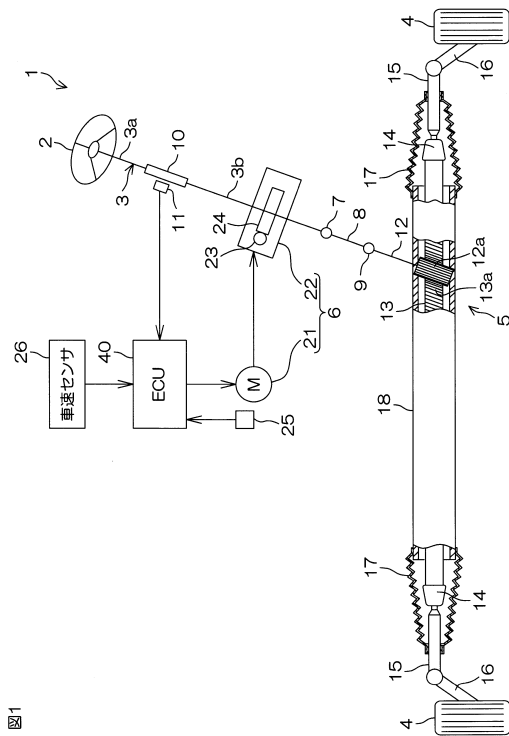


図1

【図2】

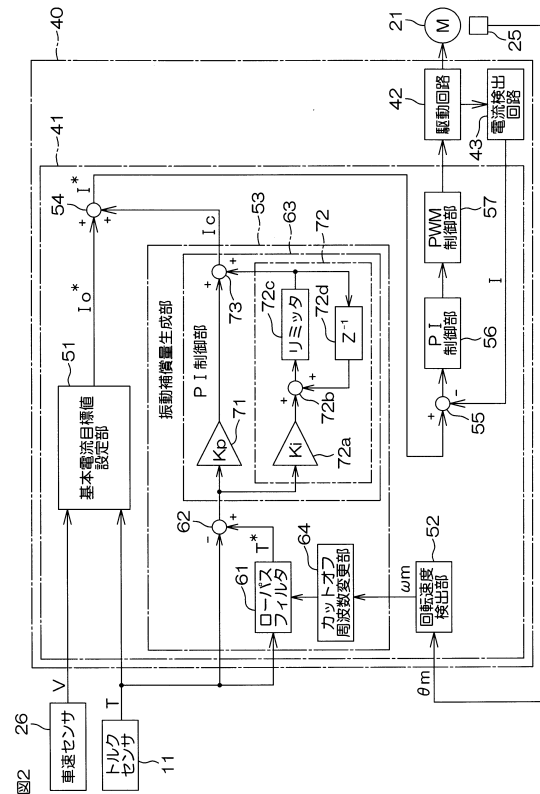
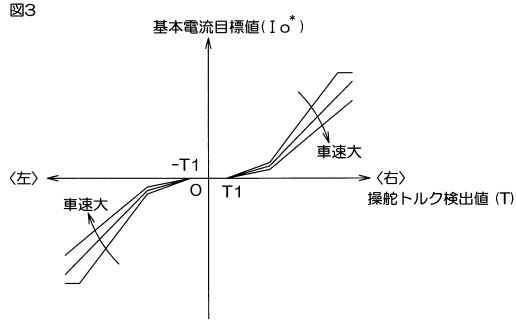
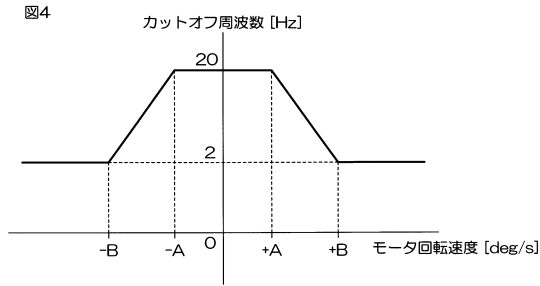


図2

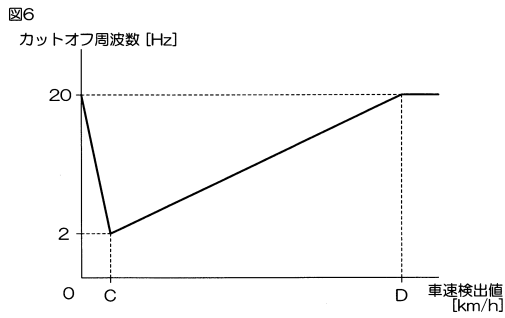
【図3】



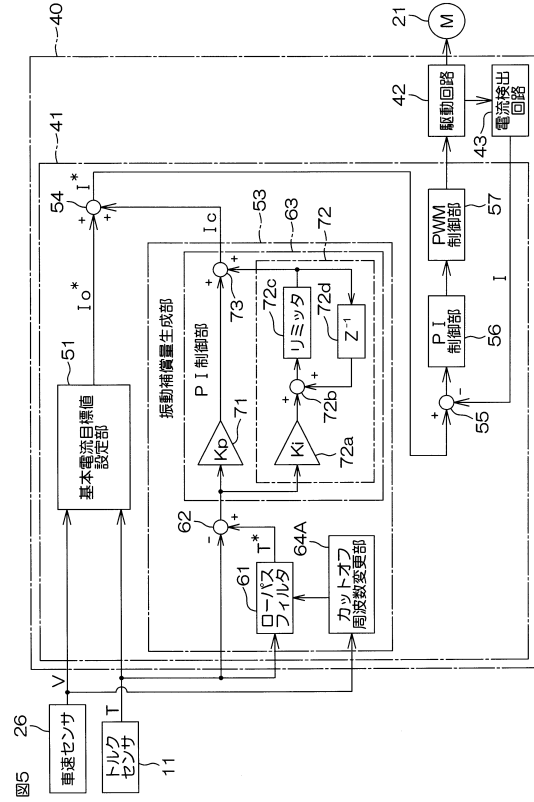
【図4】



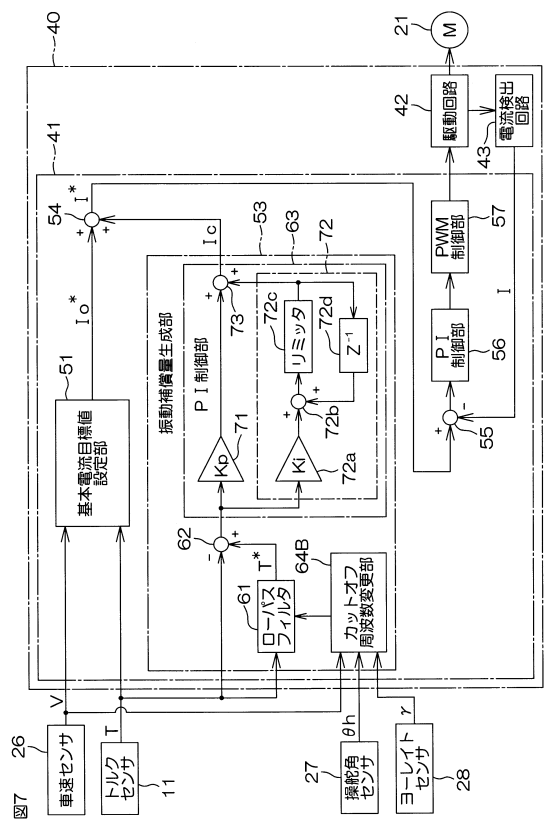
【図6】



【図5】

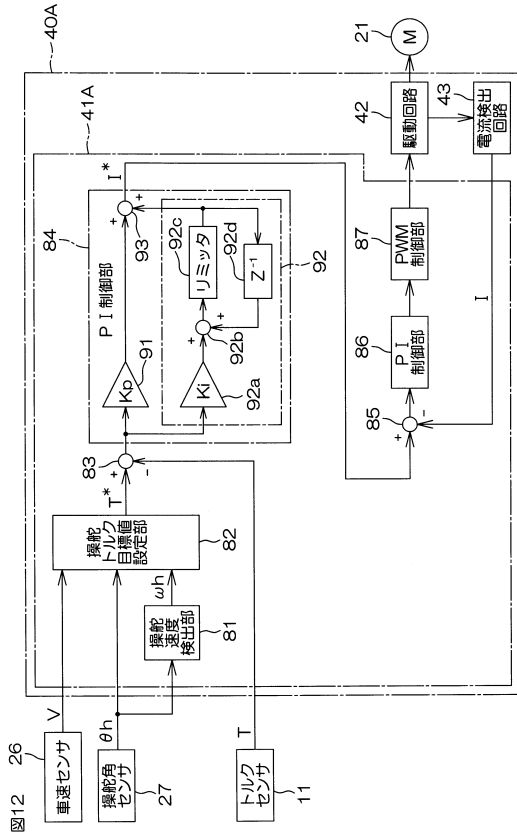


【図7】



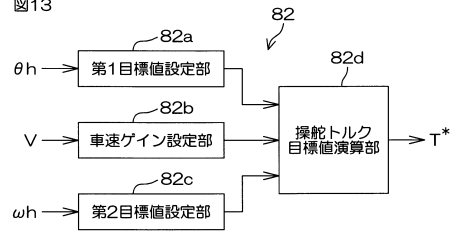


【 図 1 2 】



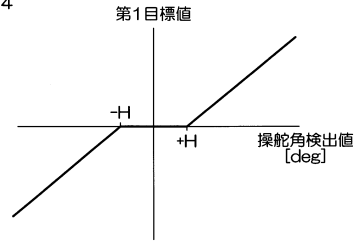
【 図 1 3 】

図13



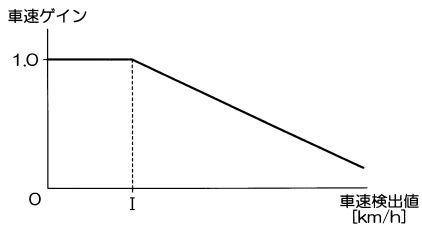
【 図 1 4 】

図14



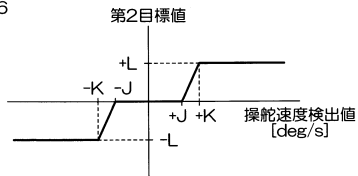
【 図 1 5 】

図15



【 図 1 6 】

図16



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
B 6 2 D 137/00 (2006.01) B 6 2 D 137:00

審査官 岡 さき 潤

(56)参考文献 仏国特許出願公開第02839037(FR, A1)  
特許第5200033(JP, B2)  
特開2007-237837(JP, A)  
特開2007-237840(JP, A)  
特開2006-256426(JP, A)  
特開2011-001005(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
B 6 2 D 6 / 0 0 - 6 / 1 0  
B 6 2 D 5 / 0 0 - 5 / 3 2  
G 0 5 B 1 1 / 3 6  
B 6 0 W 3 0 / 0 2