

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-297906

(P2005-297906A)

(43) 公開日 平成17年10月27日(2005.10.27)

(51) Int.CI.⁷

B62D 6/00
B62D 1/20
B62D 5/04
// B62D 101:00
B62D 119:00

F 1

B 6 2 D 6/00
B 6 2 D 1/20
B 6 2 D 5/04
B 6 2 D 101:00
B 6 2 D 119:00

テーマコード(参考)

3 D 0 3 0
3 D 0 3 2
3 D 0 3 3
3 D 2 3 2
3 D 2 3 3

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号
(22) 出願日

特願2004-120407 (P2004-120407)
平成16年4月15日 (2004.4.15)

(71) 出願人 302066630
株式会社ファーベス
愛知県岡崎市真福寺町字深山1番地18
(71) 出願人 000003470
豊田工機株式会社
愛知県刈谷市朝日町1丁目1番地
(71) 出願人 000001247
光洋精工株式会社
大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号
(74) 代理人 100095795
弁理士 田下 明人
(74) 代理人 100098567
弁理士 加藤 壮祐

最終頁に続く

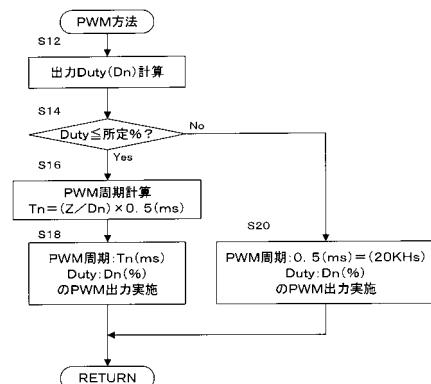
(54) 【発明の名称】電気式動力舵取装置

(57) 【要約】

【課題】 スイッチング素子をスロースタートさせながら、低デューティ比でも不感帯の生じることがない電気式動力舵取装置を提供する。

【解決手段】 PWM制御のデューティ比が予め設定された値を越える際に(S14:No)、スイッチング周期を所定値(一定値)にする(S20)。デューティ比が予め設定された値以下になった時に(S14:Yes)、スイッチング周期を所定値より長くする(S16)。FETをスロースタートさせてノイズの発生を防ぎながら、低デューティ比でもスイッチング周期を長くすることで、確実にモータへ通電し、不感帯の発生を防げる。

【選択図】 図7



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

操舵状態を検出して操舵状態に応じた操舵補助指令値を演算する演算部と、操舵補助力を発生するモータと、スイッチング素子をスロースタートさせて前記モータへの通電を制御する通電制御回路と、演算された操舵補助指令値に基づき前記通電制御回路を介して前記モータを PWM 制御するモータ制御部とを備える電気式動力舵取装置において、

前記 PWM 制御のデューティ比が予め設定された値を越える際に、スイッチング周期を所定値にし、デューティ比が前記予め設定された値以下になった時に、前記スイッチング周期を前記所定値より長くするスイッチング周期調整手段を備えることを特徴とする電気式動力舵取装置。

10

【請求項 2】

前記予め設定された値は、前記一定のスイッチング周期で、前記スイッチング素子をオンできなくなるデューティ比であることを特徴とする請求項 1 の電気式動力舵取装置。

【請求項 3】

前記長くするスイッチング周期 (T_n) は、前記スイッチング素子のスロースタート時間を T_d 、当該スイッチングのバラツキを無くすための余裕時間を P_m 、デューティ比 (%) を D_n とした際に次式で表されることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 の電気式動力舵取装置。

$$T_n = (T_d + P_m) \times 100 / D_n$$

【請求項 4】

前記電気式動力舵取装置は、ステアリングホイールと操舵輪とを連結する操舵伝達系の途中に前記電動モータの駆動により伝達比を可変する伝達比可変手段を備えることを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 3 のいずれか 1 の電気式動力舵取装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、モータにより操舵をアシストする電気式動力舵取装置に関し、特に、モータを PWM 制御する電気式動力舵取装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

電気式動力舵取装置として、ステアリングホイールが固定された入力軸に、操舵トルクを検出するトルクセンサを取り付け、トルクセンサで検出した操舵トルクに応じたアシストトルクを電動モータにより発生させ操舵力を軽減するものが一般的に知られている。係る電気式動力舵取装置では、電動モータの印加電圧の調整を、一般的に PWM (パルス幅変調) 制御でデューティ比を変えることで行っている。

30

【0003】

図 11 (A) は、スイッチングによりモータへの印加電圧の調整を行う FET 回路を示している。FET のゲート側には、FET をスロースイッチングさせるための抵抗 R1 が接続され、スロースイッチングすることで、矩形波状のパルスが生成されることによるノイズの発生を防いでいる。

40

【0004】

図 11 (B) 中で a は FET 回路の制御信号、b は FET のゲートへの印加電圧、c は FET のオンオフを示している。FET 回路の制御信号 a がハイレベルに切り替わってから (タイミング t1) 、時定数回路による遅延があって FET のゲートへの印加電圧 b がハイレベルに達し (タイミング t2) 、これに伴い FET がオンする。同様に、FET 回路の制御信号 a がロウレベルに切り替わってから (タイミング t3) 、時定数回路による遅延があって FET のゲートへの印加電圧 b がロウレベルに達し (タイミング t4) 、これに伴い FET がオフする。

ここで、特許文献 1 には、低デューティ比での不感帯を無くすため、低デューティ比時に電圧ディザ信号をモータへ印加する技術が開示されている。

50

【特許文献 1】特開 2003-11834 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、図 11(A) に示すスロースイッチング FET 回路では、低デューティ比時には、FET がオン出来ないという課題が発生する。即ち、図 11(C) に示すよう低デューティ比時には、FET 回路の制御信号 a がハイレベルに切り替わってから(タイミング t_1)、時定数回路による遅延があって FET のゲートへの印加電圧 b がハイレベルに達する前に、FET 回路の制御信号 a がロウレベルに切り替わって(タイミング t_3)、FET がオンできなくなる。図 12(A) は、従来技術でのデューティ比と電流との関係を示すグラフである。デューティ比が零近辺では、電流が流れない状態、即ち、不感帯が発生している。係る不感帯を無くす方法としては、低デューティ比時にデューティ比の嵩上げを行うこともできるが、この方法では、FET のバラツキにより動作がばらつくため、FET のバラツキを無くす素子毎の単体調整(素子毎のマップ作成)を行わない限り、不感帯を完全に無くすことはできない。

【0006】

特許文献 1 では、低デューティ比時には電圧ディザ信号をモータへ印加することで、低デューティ比での不感帯を無くしている。しかし、係る構成では、図 11(A) に示すようなスロースイッチングを行う FET 回路に適用することができず、ノイズの発生を防ぐことができなかった。

【0007】

本発明は、上述した課題を解決するためになされたものであり、その目的とするところは、スイッチング素子をスロースタートさせながら、低デューティ比でも不感帯の生じることがない電気式動力舵取装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

請求項 1 の発明は、上記目的を達成するため、操舵状態を検出して操舵状態に応じた操舵補助指令値を演算する演算部と、操舵補助力を発生するモータと、スイッチング素子をスロースタートさせて前記モータへの通電を制御する通電制御回路と、演算された操舵補助指令値に基づき前記通電制御回路を介して前記モータを PWM 制御するモータ制御部とを備える電気式動力舵取装置において、

前記 PWM 制御のデューティ比が予め設定された値を越える際に、スイッチング周期を所定値(一定値)にし、デューティ比が前記予め設定された値以下になった時に、前記スイッチング周期を前記所定値より長くするスイッチング周期調整手段を備えることを技術的特徴とする。

【発明の効果】

【0009】

請求項 1 の電気式動力舵取装置では、PWM 制御のデューティ比が予め設定された値を越える際に、スイッチング周期を所定値(一定値)にし、デューティ比が予め設定された値以下になった時に、スイッチング周期を前記所定値より長くする。このため、スイッチング素子をスロースタートさせてノイズの発生を防ぎながら、低デューティ比でもスイッチング周期を長くすることで、確実にモータへ通電し、不感帯の生じることを防ぐことができる。これにより、操舵時の応答遅れを改善し、操舵感を向上させることができる。

【0010】

請求項 2 の電気式動力舵取装置では、スイッチング周期を長くするかを判断するための予め設定された値が、一定のスイッチング周期では、スイッチング素子をオンできなくなるデューティ比である。このため、一定のスイッチング周期ではスイッチング素子をオンできなくなるデューティ比において、スイッチング周期を長くすることで、確実にモータへ通電し、不感帯の生じることを防ぐことができる。

10

20

30

40

50

【0011】

請求項3の電気式動力舵取装置では、長くするスイッチング周期(T_n)は、スイッチング素子のスロースタート時間を T_d 、当該スイッチングのバラツキを無くすための余裕時間を P_m 、デューティ比(%)を D_n とした際に、 $T_n = (T_d + P_m) \times 100 / D_n$ で表される。スロースタート時間 T_d に加えて、当該スイッチングのバラツキを無くすための余裕時間 P_m を考慮してスイッチング周期を決定するため、スイッチング素子及びスイッチング素子に接続される素子のバラツキがあっても、スイッチング素子を確実にスロースタートさせることができる。

【0012】

請求項4の電気式動力舵取装置は、ステアリングホイールと操舵輪とを連結する操舵伝達系の途中に電動モータの駆動により伝達比を可変する伝達比可変手段を備える。このため、電流フィードバックを行うことなく、ギヤ比可変システムでオープンループで制御を行っても、操舵時の応答遅れを無くすことができる。10

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

以下、本発明の実施形態に係る電気式動力舵取装置について図を参照して説明する。

[第1実施形態]

図1は第1実施態様の電気式動力舵取装置10の構成を示すブロック図である。電気式動力舵取装置10は、操舵トルクを検出するためのトルクセンサ22と、トルクセンサ22からの操舵トルク及び車速センサ24からの車速に基づきモータ指令トルク(操舵アシスト量)を演算する制御装置30と、モータ指令トルクに応じた電流指令値を求めてモータMへの通電を制御するモータ駆動回路26とを備える。20

【0014】

トルクセンサ22は、車両の操舵ステアリング14に連結された入力軸12に配設されている。モータMの出力は、減速機16により減速され、前輪を操舵するためのラック・ピニオンギア18に伝達される。

【0015】

制御装置30及びモータ駆動回路26の制御系について、図2のブロック図に示す。トルクセンサ22からの出力(操舵トルク:電圧値)は、A/D変換32を介してデジタル値に変換され、トルク演算34にてトルク値が演算される。演算されたトルク値は、ローパスフィルタ36にてノイズが除去され、加算ノード38を介してアシスト制御60へ入力される。一方、車速センサ24からの車速(パルス信号)は、I/F40を介して車速演算42に入力され、演算された車速がアシスト制御60へ入力される。一方、ローパスフィルタ36からの出力は、微分44を介して、位相補償46にて位相補償され、加算ノード38を介してアシスト制御60へ入力される。該位相補償46は、操舵トルク値を微分44にて微分することで位相を進め、操舵アシストの遅れを補償する。即ち、検出値に基づき指令値を演算すると、演算完了までに一定の時間がかかり、この一定時間が、検出値に対する指令値の遅れとなって、現在の検出値に基づいて指令値を求めるとき、操舵アシストを適正に制御し得ない。このため、該位相補償46が操舵トルクの位相を進める。30

【0016】

アシスト制御60の内容を図4(B)に示す。加算ノード38からの操舵トルクに応じて、アシストマップ62により、指令トルク値が決定される。即ち、操舵トルクが大きいときには、高い指令トルク値が決定され、操舵トルクが小さいときには、低い指令トルク値が決定され、乗算ノード68側へ出力される。また、第1実施形態の電気式動力舵取装置においては、操舵トルクが所定値よりも小さいときには、該操舵トルクに応じたモータ制御を行わないようにする「不感帯」を設けてある。即ち、不感帯を設けることで、中、高速走行時のステアリング中立付近での剛性感を高め、操舵フィーリングを高めている。すなわち、操舵トルクの絶対値が T_s よりも小さなときは、指令トルクが0として出力される。また、所定の操舵トルク T_m よりも大きいときには、最大値として一定の指令トルク値(モータの最大出力)が出力される。40

【0017】

車速センサ24からの車速値は、車速ゲインマップ64により車速に応じた重み付けが行われる。車速に応じて車速ゲインマップを検索することで、例えば、車速0km/hの際には“1”を出力し、100km/hの際には“0.2”を出力する。これにより、操舵アシスト量を車速に応じて重み付けを行うことでステアリングを操作する際、低速時に操舵を軽く、反対に、高速時に操舵を重くしている。車速ゲインマップ64からの車速重み付け値が乗算ノード68側へ出力され、上述した指令トルクが車速に応じて補正される。

【0018】

図2に示すように、アシスト制御60からの指令トルク値は、加算ノード48を介して電流指令リミッタ50に加えられる。電流指令リミッタ50では、モータMの最大出力を越える指令トルク値が制限される。

【0019】

電流指令リミッタ50からの指令トルク値は、減算ノード52を介してPI制御100に加えられる。PI制御100の内容を図6に示す。PI制御100では、指令トルク値にGpゲインが乗算され、加算ノード102に印加され、また、指令トルク値が微分されGiゲインが乗算され、加算ノード102へ印加される。一方、上記減算ノード52へは、ローパスフィルタ112及びA/D変換114を介してモータMの電流が印加される。PI制御100では、A/D変換114を介して入力された実モータ電流が、指令トルク値（指令電流値）となるようにPIフィードバック制御が行われる。

【0020】

PI制御100からの指令トルク値は、周期制御110を介してモータ駆動回路26へ印加される。図3は、モータ駆動回路26の回路構成を示している。モータ駆動回路26は、4個のFET1、FET2、FET3、FET4のブリッジと、FET1、FET2、FET3、FET4のゲートに電圧を印加し、周期制御110で規定されたスイッチング周期で、指令トルク値に応じた出力をモータMに発生させるPWM制御を行うPWM演算27とを備える。各FET1、FET2、FET3、FET4のゲート側には、図11(A)を参照して上述した従来技術と同様に、スロースイッチングさせるための抵抗R1が接続され、スロースイッチングさせることで、ノイズの発生を防いでいる。

【0021】

モータU相の電位は、ローパスフィルタ122及びA/D変換124を介して差動アンプ136の非反転入力に加えられる。モータV相の電位は、ローパスフィルタ132及びA/D変換134を介して差動アンプ136の反転入力に加えられる。差動アンプ136からモータ端子間電圧が出力され、減算ノード54へ印加される。上述したA/D変換114を介して入力されたモータ電流が、(LS+R)138で乗算されてモータ起電力として減算ノード54へ印加され、減算ノード54からモータの逆起電力が出力される。ここで、乗算される(LS+R)中のLSは、モータインダクタンスの微分値を、Rは、モータの抵抗分を示している。

【0022】

減算ノード54からの逆起電力は、アンプ56にて逆起電力定数Keが除算され、モータの角速度が求められ、更に、アンプ58にて減速機16の減速比Giが除算されて、ハンドルの角速度として、ハンドル戻し補償制御80及びダンパ補償制御90へ印加される。ここでは、ハンドルの角速度を演算により推測しているが、舵角センサにより角速度を検出することも可能である。

【0023】

ハンドル戻し補償制御80は、低速において路面の反力による舵の戻りがモータMと減速機16の摩擦抵抗により遅くなる電気式動力舵取装置の特性を補償するための制御を行う。ハンドル戻し補償制御80の内容を図5(A)に示す。ハンドルの角速度に応じて、ハンドル戻しマップ82により、ハンドル戻し量が決定される。即ち、ハンドルの角速度が大きいときには、大きなハンドルの戻り量が決定され、角速度が小さいときには、小さ

10

20

30

40

50

なハンドルの戻り量が決定され、乗算ノード88側へ出力される。第1実施形態の電気式動力舵取装置のハンドル戻しマップ82においては、上述したアシストマップ62と同様に、角速度が所定値よりも小さいときには、角速度に応じたモータ制御を行わないようする「不感帯」を設けてある。また、また、所定の角速度よりも大きいときには、最大値として一定のハンドルの戻り量が出力される。

【0024】

車速センサ24からの車速値は、車速ゲインマップ84により車速に応じた重み付けが行われる。車速に応じて車速ゲインマップを検索することで、例えば、車速0km/hの際には“1”を出力し、40km/hの際には“0.2”を出力する。これにより、低速においてハンドル戻し量を大きくし、中高速では戻り量を小さくしている。車速ゲインマップ84からの車速重み付け値が乗算ノード88側へ出力され、上述したハンドルの戻り量が車速に応じて補正される。ハンドル戻し補償制御80の出力は、加算ノード48へ印加される。

なお、ハンドル戻し補償制御80は、ハンドルの角速度に代えて、モータMの角速度に応じてハンドル戻し量を決定するようにしてもよい。

【0025】

一方、図2に示すダンパ補償制御90は、中高速で路面の反力による舵の戻りが早くなるのを補償する。これは一旦舵が戻り始めると、モータMと減速機16の慣性により舵が戻りすぎるので防止するためである。ダンパ補償制御90の内容を図5(B)に示す。ハンドルの角速度に応じて、ダンパマップ92により、ダンパ量が決定される。即ち、ハンドルの角速度が大きいときには、ハンドルの回転方向とは逆方向への大きなダンパ量(小さなハンドル戻り量)が決定され、角速度が小さいときには、小さなダンパ量(大きなハンドル戻り量)が決定され、乗算ノード98側へ出力される。ダンパマップ92は、上述したアシストマップ62と同様に、角速度が所定値よりも小さいときには、角速度に応じたモータ制御を行わないようする「不感帯」を設けてある。また、また、所定の角速度よりも大きいときには、最大値として一定のダンパ量が出力される。

【0026】

車速センサ24からの車速値は、車速ゲインマップ94により車速に応じた重み付けが行われる。車速に応じて車速ゲインマップを検索することで、例えば、車速0km/hの際には“0”を出力し、40km/hの際には“0.6”を出力する。これにより、高速においてダンパ量を大きくし、低速ではダンパ量を小さくしている。車速ゲインマップ94からの車速重み付け値が乗算ノード98側へ出力され、上述したダンパ量が車速に応じて補正される。車速により補正されたダンパ量が、図2に示す加算ノード48へ印加され、アシスト制御60からの指令トルク値を補償する。

なお、ダンパ補償制御90はハンドルの角速度に代えて、モータMの角速度に応じてダンパ量を決定するようにしてもよい。

【0027】

図2に示すように、操舵トルクの微分値、車速値は、トルク慣性補償制御70に入力される。トルク慣性補償制御70は、切り始めに舵が重く、一旦切り始めると、舵がどんどん切れて行く慣性感を軽減する。トルク慣性補償制御70の内容を図4(A)に示す。微分44で微分された操舵トルクに応じて、慣性補償マップ72により慣性補償量が決定される。即ち、操舵トルク微分値が大きいときには、高い慣性補償量が決定され、操舵トルクが小さいときには、低い慣性補償量が決定され、乗算ノード78側へ出力される。

【0028】

車速センサ24からの車速値は、補間係数マップ74により車速に対応する重み付けが行われる。例えば、車速0km/hの際には“0.7”を出力し、40km/hの際には“1.0”を出力し、70km/hの際には“0.6”を出力する。これにより、慣性補償量を低速で小さく、中速で大きく、高速で小さくしている。補間係数マップ74からの重み付け値が乗算ノード78側へ出力され、上述した慣性補償量が車速に応じて補正される。車速により補正された慣性補償量が、図2に示す加算ノード48へ印加され、アシス

ト制御 60 からの指令トルク値を補償する。

【0029】

ここで、周期制御 110 による PWM 制御のスイッチング周期の切り替えについて図 7 及び図 8 を参照して説明する。

図 8 (A)、図 8 (B) は、高デューティ比時の一定周期でのスイッチングを示すタイミングチャートであり、図 8 (C)、図 8 (D) は、低デューティ比時の周期を長くした際のスイッチングを示すタイミングチャートである。

【0030】

第 1 実施形態では、デューティ比が 16% が越えている際には、FET のスイッチング周波数 (PWM 制御のスイッチング周波数) を 20 KHz (スイッチング周期 0.5 ms) で一定にし、デューティ比に応じて FET のオン時間を調整する。図 8 (A) は、デューティ比 20% の際のスイッチングを示している。ここでは、0.5 ms 周期で、0.1 ms 間 FET をオンする (実際には、遅延回路分遅れてターンオン、ターンオフする)。また、図 8 (B) は、デューティ比 40% の際のスイッチングを示している。ここでは、0.5 ms 周期で、0.2 ms 間 FET をオンする。

10

【0031】

一方、デューティ比が 16% 以下の低デューティ比の際には、FET のスイッチング周波数 (PWM 制御のスイッチング周波数) を可変にし、オン時間を一定にしてデューティ比に応じてスイッチング周期を調整する。図 8 (C) は、デューティ比 3% の際のスイッチングを示している。ここでは、2.67 ms 周期で、0.08 ms 間 FET をオンする。また、図 8 (D) は、デューティ比 4% の際のスイッチングを示している。ここでは、2 ms 周期で、0.08 ms 間 FET をオンする。

20

【0032】

図 3 を参照して上述した FET のゲート側に接続された抵抗 R1 からなる時定数回路による遅延時間は、即ち、ノイズを防ぐために必要とされる遅延時間 (スイッチ遅れ時間 Td) は 0.03 ms 程度である。一方、抵抗 R1、FET 等の素子のバラツキ、素子特性の温度変化等を考慮すると、FET を確実にオンさせるようにするマージン (余裕) 時間は 0.05 ms 程度である。このため、第 1 実施形態では、FET のオン時間、即ち、図 3 中に示す PWM 演算 27 からの U 相、V 相、インバータ U 相、インバータ V 相のオン時間は、0.08 ms (0.03 ms + 0.05 ms) に設定されており、図 8 (C)、図 8 (D) を参照して上述したようにスイッチング周期側を可変にする。これにより、FET1、FET2、FET3、FET4 を確実にオンさせる。

30

【0033】

周期制御 110 による PWM 制御のスイッチング周期決定の処理について図 7 のフローチャートを参照して説明する。

まず、出力デューティ比 (Dn) を計算する (S12)。ここで、小数点以下は四捨五入して % 単位で計算し、0.4% は、0% に、0.5% は 1% とする。次に、デューティ比が所定値 (例えば 16%) 以下かを判断する (S14)。ここで、デューティ比が所定値を越える場合には (S14: No)、PWM 周期を 0.5 ms、即ち、PWM 周波数を 20 KHz に一定とし、デューティ比に応じたオン時間、例えば、図 8 (A) を参照して上述したようにデューティ比 20% の際にはオン時間 0.1 ms を、図 8 (B) を参照して上述したようにデューティ比 40% の際にはオン時間 0.2 ms を設定する。

40

【0034】

一方、次に、デューティ比が所定値 (16%) 以下の場合には (S14: Yes)、先ず、PWM 制御のスイッチング周期 Tn を計算する (S16)。ここで、切替デューティを Z、デューティ比を Dn、20 KHz 時の周期 (0.5 ms) としたとき、スイッチング周期 Tn は次式で求められる。

【数1】

$$T_n = (Z \times D_n) \times 0.5 \quad (\text{ms})$$

【0035】

ここで、切替デューティ Z は、上述したスイッチ遅れ時間 T_d とし、マージン（余裕）時間を P_m としたとき次式で求められる。

【数2】

$$Z = (T_d / 0.5) \times 100 + P_m \quad (\%)$$

10

【0036】

即ち、スイッチング周期 T_n は次式で求めることができる。

【数3】

$$T_n = (T_d + P_m) \times 100 / D_n \quad (\text{ms})$$

【0037】

例えれば、上述したようにスイッチ遅れ時間 T_d に0.03ms、マージン（余裕）時間 P_m に0.05msを用いると、デューティ比1%でスイッチング周期 T_n が8ms、デューティ比2%でスイッチング周期 T_n が4ms、デューティ比3%でスイッチング周期 T_n が2.67ms、デューティ比4%でスイッチング周期 T_n が2ms、デューティ比5%でスイッチング周期 T_n が1.6ms、デューティ比6%でスイッチング周期 T_n が1.3msとなる。

【0038】

そして、算出したPWM周期 T_n で、上述したようにデューティ比に対応するようにPWM出力を実行し(S18)、処理を終了する。

【0039】

第1実施形態では、スロースタート時間 T_d に加えて、当該スイッチングのバラツキを無くすための余裕時間 P_m を考慮してスイッチング周期を決定するため、FET等のスイッチング素子及びスイッチング素子に接続される素子のバラツキがあっても、スイッチング素子を確実にスロースタートさせることができる。

30

【0040】

ここで、図7中のステップS14で、スイッチング周期を長くするかを判断するための所定値(上述した例では16%)は、一定のスイッチング周期では、スイッチング素子をオンできなくなるデューティ比が設定されている。即ち、スイッチング周期(0.5ms: PWM周波数20KHz)では、16%の時に、オン周期が $0.5 \times 0.16 = 0.08$ (ms)となり、上述したスイッチ遅れ時間 T_d (0.03ms)、マージン(余裕)時間 P_m (0.05ms)を加えた時間と等しくなり、これよりも短いと確実にFETをオンできなくなる。このため、一定のスイッチング周期ではスイッチング素子をオンできなくなるデューティ比以下において、スイッチング周期を長くすることで、確実にモータへ通電し、不感帯の生じることを防ぐことができる。

40

【0041】

なお、上述したようにデューティ比は、%単位で四捨五入した。これは、例えば、デューティ比0.1%の際に通電を行うと、スイッチング周期 T_n が80msとなって、係る間欠的な周期でモータを制御するとステアリングに振動を生じさせることになるので、これを防ぐためである。

【0042】

図12(B)は、第1実施形態でのデューティ比とモータ電流との関係を示すグラフである。デューティ比が0~0.4%までは、電流が流れない状態、即ち、不感帯が発生し

50

ているが、0.5%を越えるとデューティ比に応じてモータに電流を流すことができる。即ち、不感帯は、0.4%以下であり、事実上不感帯を無くすことができる。

【0043】

第1実施形態では、PWM制御のデューティ比が予め設定された値を越える際に、スイッチング周期を一定にし、デューティ比が予め設定された値以下になった時に、スイッチング周期を長くする。このため、FET、トランジスタ等のスイッチング素子をスロースタートさせてノイズの発生を防ぎながら、低デューティ比でもスイッチング周期を長くすることで、確実にモータへ通電し、不感帯の生じることを防ぐことができる。これにより、操舵時の応答遅れを改善し、操舵感を向上させることができる。

【0044】

10
【第2実施形態】
上述した第1実施形態では、本発明の構成を電気式動力舵取装置のアシストトルク調整に用いた。これに対して、第2実施形態では、ステアリングホイールと操舵輪とを連結する操舵伝達系の途中に電動モータの駆動により伝達比を可変する伝達比可変手段を備えた電気式動力舵取装置に関するものである。

【0045】

図9に示すように、電気式動力舵取装置210は、主に、ステアリングホイール214、第1ステアリングシャフト212、第2ステアリングシャフト213、ステアリングギヤボックス218、操舵角センサ216、車速センサ224、出力角センサ217、ECU230、ギヤ比可変ユニット222から構成されている。

【0046】

即ち、ステアリングホイール214に第1ステアリングシャフト212の一端が接続され、この第1ステアリングシャフト212の他端側にはギヤ比可変ユニット222の入力側が接続される。このギヤ比可変ユニット222はモータ、減速機等から構成されており、この出力側には第2ステアリングシャフト213の一端側が接続され、第2ステアリングシャフト213の他端側にはステアリングギヤボックス218の入力側が接続される。そして、ステアリングギヤボックス218は図示しないラック・ピニオンギヤ等により、第2ステアリングシャフト213によって入力された回転運動をロッド215の軸方向運動に変換して出力し得るように構成される。また、第1ステアリングシャフト212の回転角（操舵角）は操舵角センサ216により、第2ステアリングシャフト213の回転角（出力角）は出力角センサ217により、車両速度は車速センサ224により、それぞれ検出され、操舵角信号、出力角信号、車速信号としてECU230にそれぞれ入力され得るように構成される。

【0047】

30
40
このように構成することによって、ギヤ比可変ユニット222では、モータと減速機により、入力ギヤに対する出力ギヤの比を車速に応じてリアルタイムに変更し、第1ステアリングシャフト212の操舵角に対する第2ステアリングシャフト213の出力角の比を可変する。つまり、操舵角センサ216による操舵角信号と車速センサ224による車速信号とをECU230に入力することにより、車速に対応して一義的に定められるギヤ比可変ユニット222のモータの回転角をモータ回転角マップから決定し、決定した回転角指令値に応じたモータ電圧を增幅回路（図示せず）を介してモータ駆動回路（図示せず）に供給する。

【0048】

これにより、車速に対応したステアリングギヤ比、例えば停車時や低速走行時にはステアリングホイールの操舵角に対してギヤ比可変ユニット222の出力角が大きくなるように設定し、また高速走行時にはステアリングホイールの操舵角に対してギヤ比可変ユニット222の出力角が小さくなるように設定することができる。つまり、ギヤ比可変ユニット222は、ステアリングホイールの取り回しを改善することを主目的に構成されている。

【0049】

このＥＣＵ230は、第1実施形態と同様にギヤ比可変ユニット222のモータを、低デューティ比の際にはスイッチング周期を可変にしてPWM制御する。

【0050】

この第2実施形態では、モータの電流センサを無くし、電流フィードバックを行うことなくオープンループで制御を行っても、操舵時の応答遅れを無くすことができる。

【0051】

[第3実施形態]

上述した第1実施形態では、本発明の構成を電気式動力舵取装置のアシストトルク調整に用いた。これに対して、第3実施形態では、ステアリングホイールの操作を検出し、制御装置によってアクチュエータを駆動して操舵を行うSBW(ステアバイワイヤ)式の電気式動力舵取装置に関するものである。

10

【0052】

図10に示すように、電気式動力舵取装置310は、主に、ステアリングホイール314、ステアリングシャフト312、操舵角センサ326、トルクセンサ322、実舵角センサ374、操舵アクチュエータ328、シャフト315、車速センサ324、ECU330から構成されている。

20

【0053】

即ち、操舵角センサ326、トルクセンサ322で操舵状況を検出し、検出値に基づきECU330が舵角を決定し、操舵アクチュエータ328により操舵を行い、これを実舵角センサ374にて検出する。

20

【0054】

この第3実施形態のECU(操舵角決定手段)330は、第1実施形態と同様に操舵アクチュエータ328のモータを、低デューティ比の際にはスイッチング周期を可変にしてPWM制御している。

30

【図面の簡単な説明】

【0055】

【図1】本発明の第1実施態様に係る電気式動力舵取装置の構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の第1実施態様に係る電気式動力舵取装置の制御系を示すブロック図である。

30

【図3】図2中のモータ駆動回路の回路図である。

【図4】図4(A)は、図2中のトルク慣性補償制御のブロック図であり、図4(B)は、アシスト制御のブロック図である。

40

【図5】図5(A)は、図2中のハンドル戻し補償制御のブロック図であり、図5(B)は、ダンパ補償制御のブロック図である。

【図6】図2中のPI制御のブロック図である。

【図7】図2中の周期制御での処理を示すフローチャートである。

【図8】図8(A)、図8(B)は一定周期でのスイッチングを示すタイミングチャートであり、図8(C)、図8(D)は周期を長くした際のスイッチングを示すタイミングチャートである。

【図9】本発明の第2実施態様に係る電気式動力舵取装置の構成を示すブロック図である。

【図10】本発明の第3実施態様に係る電気式動力舵取装置の構成を示すブロック図である。

【図11】図11(A)は、従来技術に係るスイッチングによりモータへの印加電圧の調整を行うFET回路を示し、図11(B)、図11(C)は、図11(A)中でのFET回路の制御信号、FETのゲートへの印加電圧、FETのオンオフを示すタイミングチャートである。

【図12】図12(A)は、従来技術でのデューティ比とモータ電流との関係を示すグラフであり、図12(B)は、第1実施形態でのデューティ比とモータ電流との関係を示す

50

グラフである。

【符号の説明】

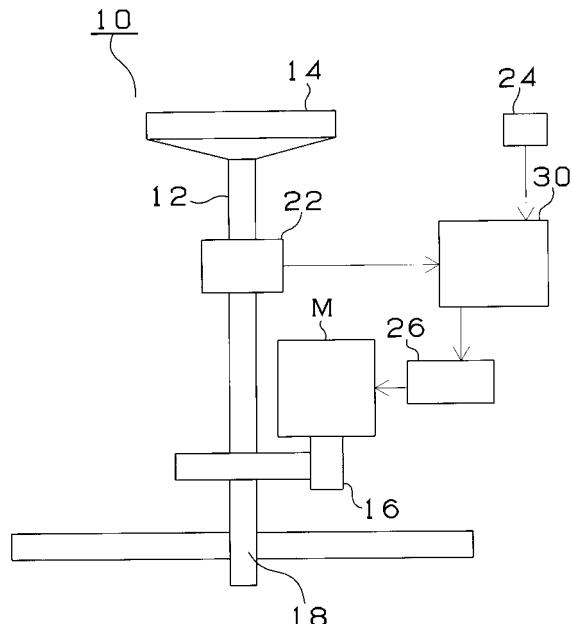
【0056】

- 10 電気式動力舵取装置
- 22 トルクセンサ
- 24 車速センサ
- 26 モータ駆動回路
- 30 ECU
- 48 加算ノード
- 60 アシスト制御
- 70 トルク慣性補償制御
- 80 ハンドル戻し補償制御
- 90 ダンパ補償制御
- 110 周期制御
- 214 ステアリングホイール
- 215 ロッド
- 216 操舵角センサ
- 222 ギヤ比可変ユニット
- 224 車速センサ
- 230 ECU

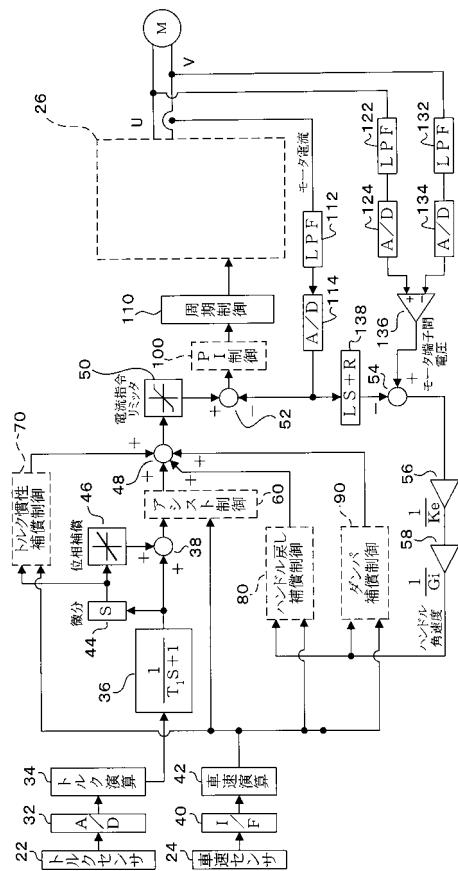
10

20

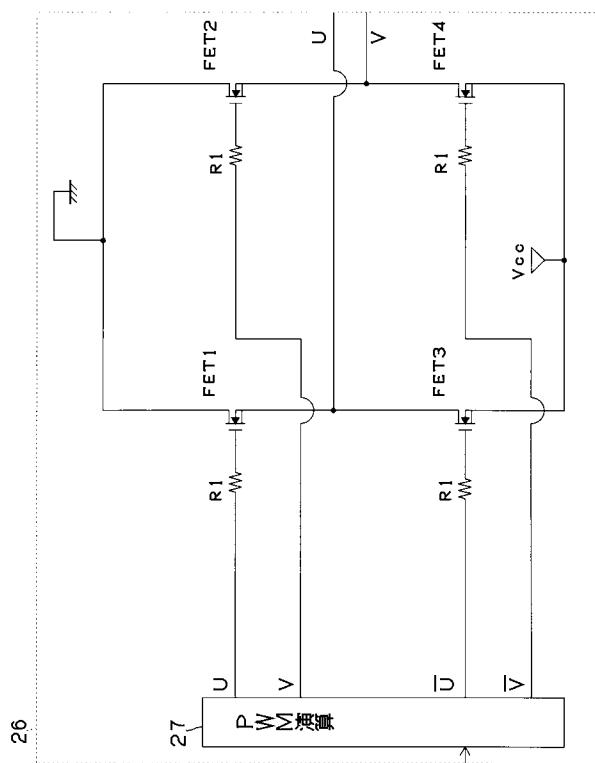
【図1】



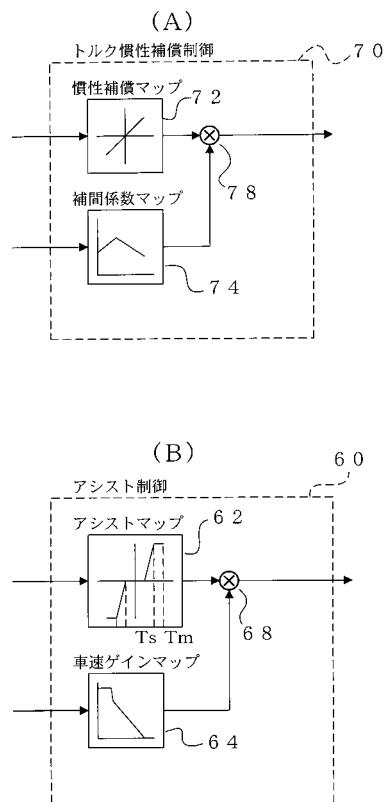
【図2】



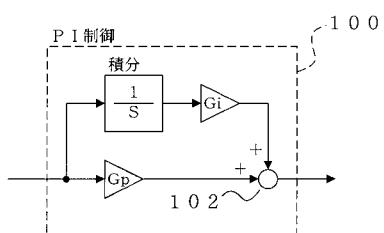
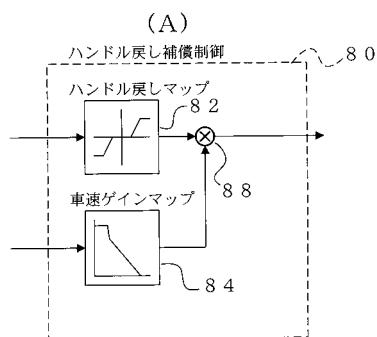
【図3】



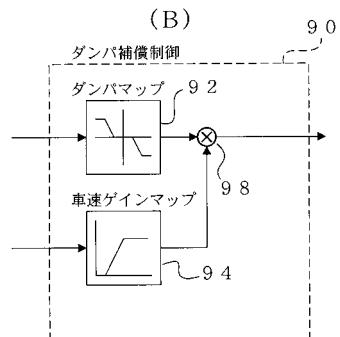
【図4】



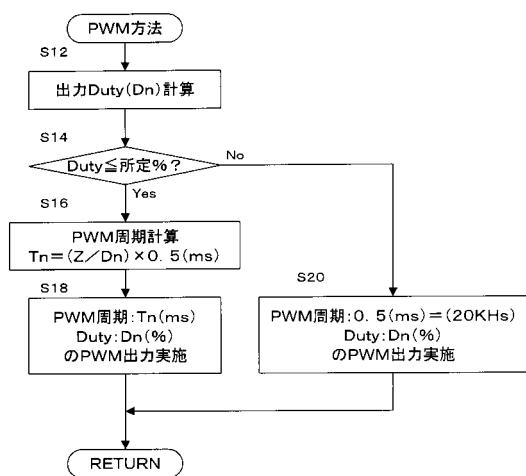
【図5】



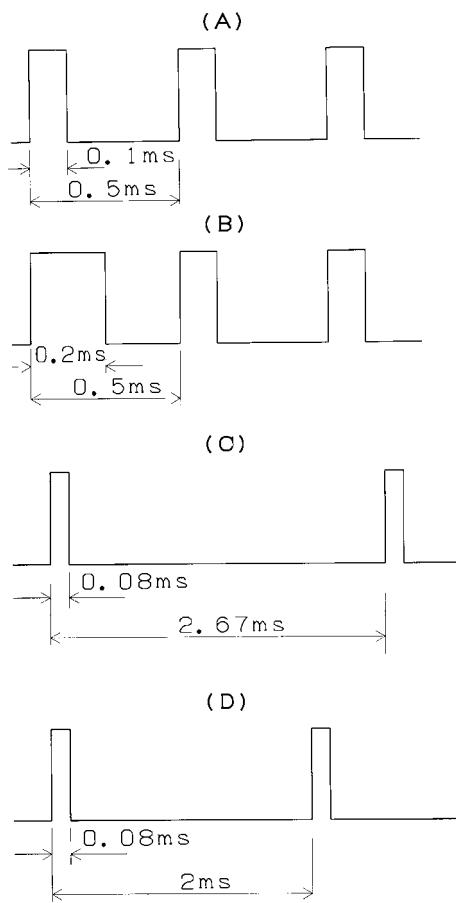
(B)



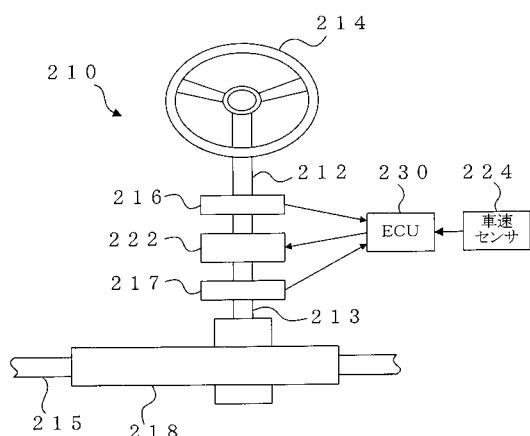
【図7】



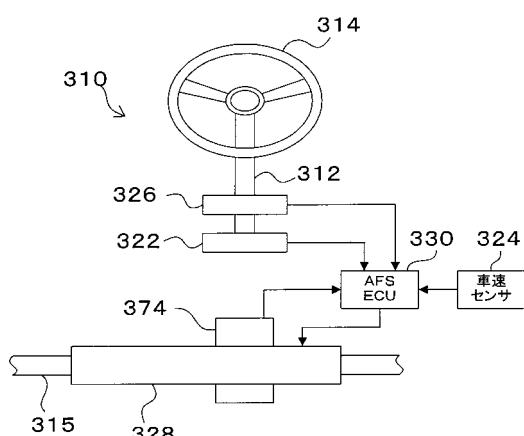
【図8】



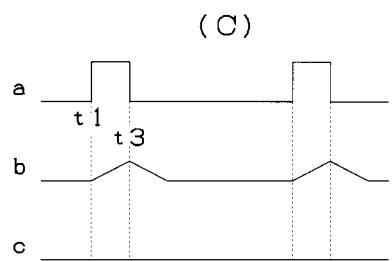
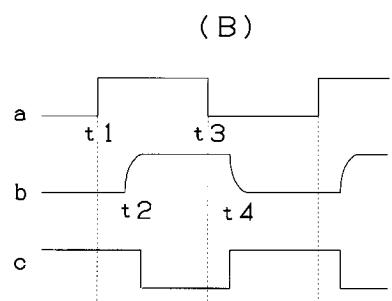
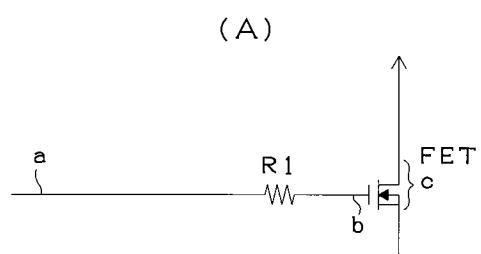
【図9】



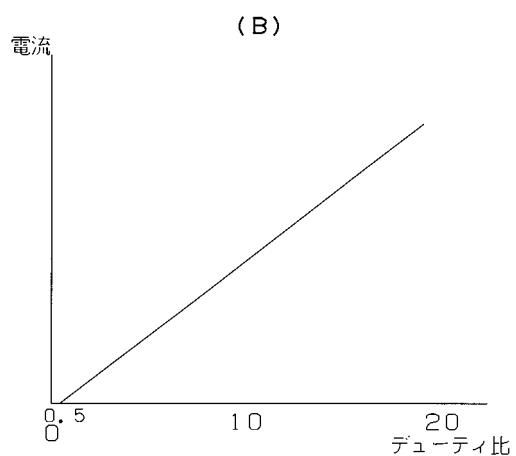
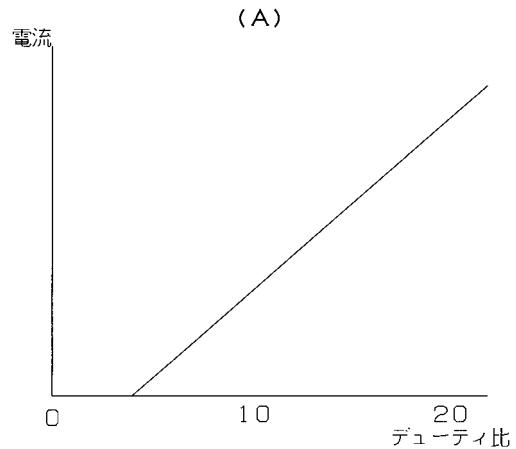
【図10】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

(72)発明者 小玉 和正

愛知県岡崎市真福寺町字深山1番地18 株式会社ファーベス内

F ターム(参考) 3D030 DC25 DC27

3D032 CC08 DA03 DA09 DA15 DA23 DA64 DA65 DC01 DC02 DC03
DC08 DC09 DC12 DC14 DC34 DD01 DD02 DD05 DD10 DD17
EC40 GG01
3D033 CA00 CA13 CA16 CA18 CA20 CA21
3D232 CC08 DA03 DA09 DA15 DA23 DA64 DA65 DC01 DC02 DC03
DC08 DC09 DC12 DC14 DC34 DD01 DD02 DD05 DD10 DD17
EC40 GG01
3D233 CA00 CA13 CA16 CA18 CA20 CA21