

(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.Cl.⁷

F I

テーマコード (参考)

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

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

3 D O 3 O
 3 D O 3 2
 3 D O 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 特願2004-120407 (P2004-120407)

(22) 出願日 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 1 8

(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 壯祐

最終頁に続く

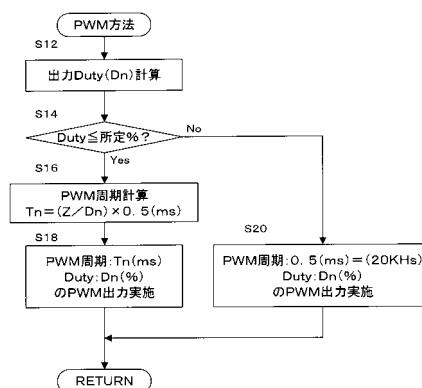
(54) 【発明の名称】 電気式動力舵取装置

(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 (S 1 4 : N o)、スイッチング周期を所定値 (一定値) にする (S 2 0)。デューティ比が予め設定された値以下になった時に (S 1 4 : Y e s)、スイッチング周期を所定値より長くする (S 1 6)。F E T 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 P W M 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 P W M 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パ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 P W M 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 P W M (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 1 1 (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 F E T 回路を示している。F E T のゲート側には、F E T をスロースイッチングさせるための抵抗 R_1 が接続され、スロースイッチングさせることで、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 1 1 (B) 中で a は F E T 回路の制御信号、b は F E T のゲートへの印加電圧、c は F E T のオンオフを示している。F E T 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 F E T 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 t_2)、これに伴い F E T がオンする。同様に、F E T 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 t_3)、時定数回路による遅延があって F E T 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 t_4)、これに伴い F E T 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ｔ３）、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（素子毎のマッパ作成）を行わない限り、不感帯を完全に無くすことはできない。

10

【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。

20

【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、

30

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が防ごうことができる。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可能である。

40

【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が防ごうことができる。

50

【 0 0 1 1 】

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るための余裕時間を 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るための余裕時間 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。

【 0 0 1 2 】

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ることができる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 3 】

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。

【 0 0 1 4 】

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。

【 0 0 1 5 】

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 / F 40 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、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。

【 0 0 1 6 】

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 よりも小さいときは、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。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 7 】

車速センサ 2 4 からの車速値は、車速ゲインマップ 6 4 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 0 k m / h の際には “ 1 ” を出力し、1 0 0 k m / 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 6 4 からの車速重み付け値が乗算ノード 6 8 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。

【 0 0 1 8 】

図 2 に示すように、アシスト制御 6 0 からの指令トルク値は、加算ノード 4 8 を介して電流指令リミッタ 5 0 に加えられる。電流指令リミッタ 5 0 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。

【 0 0 1 9 】

電流指令リミッタ 5 0 からの指令トルク値は、減算ノード 5 2 を介して P I 制御 1 0 0 に加えられる。P I 制御 1 0 0 の内容を図 6 に示す。P I 制御 1 0 0 では、指令トルク値に G p ゲインが乗算され、加算ノード 1 0 2 に印加され、また、指令トルク値が微分され G i ゲインが乗算され、加算ノード 1 0 2 へ印加される。一方、上記減算ノード 5 2 へは、ローパスフィルタ 1 1 2 及び A / D 変換 1 1 4 を介してモータ M の電流が印加される。P I 制御 1 0 0 では、A / D 変換 1 1 4 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 P I フィードバック制御が行われる。

【 0 0 2 0 】

P I 制御 1 0 0 からの指令トルク値は、周期制御 1 1 0 を介してモータ駆動回路 2 6 へ印加される。図 3 は、モータ駆動回路 2 6 の回路構成を示している。モータ駆動回路 2 6 は、4 個の F E T 1、F E T 2、F E T 3、F E T 4 のブリッジと、F E T 1、F E T 2、F E T 3、F E T 4 のゲートに電圧を印加し、周期制御 1 1 0 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 P W M 制御を行う P W M 演算 2 7 とを備える。各 F E T 1、F E T 2、F E T 3、F E T 4 のゲート側には、図 1 1 (A) を参照して上述した従来技術と同様に、スロースwitchingさせるための抵抗 R 1 が接続され、スロースwitchingさせることで、ノイズの発生を防いでいる。

【 0 0 2 1 】

モータ U 相の電位は、ローパスフィルタ 1 2 2 及び A / D 変換 1 2 4 を介して差動アンプ 1 3 6 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 1 3 2 及び A / D 変換 1 3 4 を介して差動アンプ 1 3 6 の反転入力に加えられる。差動アンプ 1 3 6 からモータ端子間電圧が出力され、減算ノード 5 4 へ印加される。上述した A / D 変換 1 1 4 を介して入力されたモータ電流が、 $(L S + R)$ 1 3 8 で乗算されてモータ起電力として減算ノード 5 4 へ印加され、減算ノード 5 4 からモータの逆起電力が出力される。ここで、乗算される $(L S + R)$ 中の L S 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。

【 0 0 2 2 】

減算ノード 5 4 からの逆起電力は、アンプ 5 6 にて逆起電力定数 K e が除算され、モータの角速度が求められ、更に、アンプ 5 8 にて減速機 1 6 の減速比 G i 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 8 0 及びダンパ補償制御 9 0 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。

【 0 0 2 3 】

ハンドル戻し補償制御 8 0 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 1 6 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 8 0 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 8 2 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

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にする「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 0 km/h の際には“1”を出力し、40 km/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 10
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を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 20
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にする「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 0 km/h の際には“0”を出力し、40 km/h の際には“0.6”を出力する。これにより、高速 30
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 40
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 0 km/h の際には“0.7”を出力し、40 km/h の際には“1.0”を出力し、70 km/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 50

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 T_d) 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 ($0.03 \text{ ms} + 0.05 \text{ ms}$) 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 (D_n) 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 T_n 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 D_n 、20 KHz 時の周期 (0.5 ms) としたとき、スイッチング周期 T_n は次式で求められる。

【数 1】

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

【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を 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】

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

【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（0.5 ms：PWM 周波数 20 KHz）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 （0.03 ms）、マージン（余裕）時間 P_m （0.05 ms）を加えた時間と等しくなり、これよりも短いと確実に FET をオンすることができなくなる。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。

【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 80 ms 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ることができる。

【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可能である。

【0044】

[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るように構成される。

【0047】

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増幅回路（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】

10

20

30

40

50

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制御してる。

【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ることができる。

【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。

【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。

【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。

【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、ダンバ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。

40

【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】

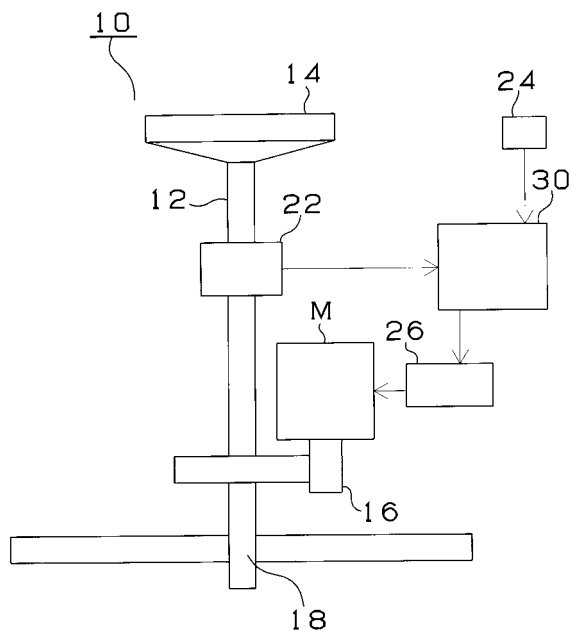
【0056】

- 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

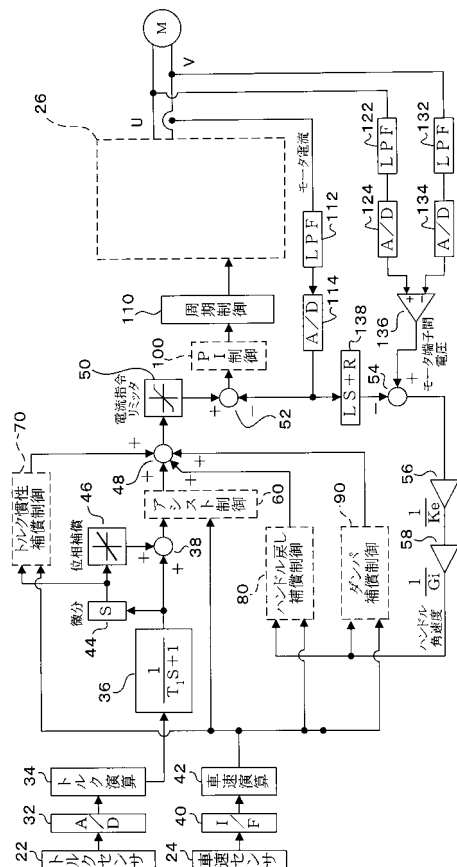
10

20

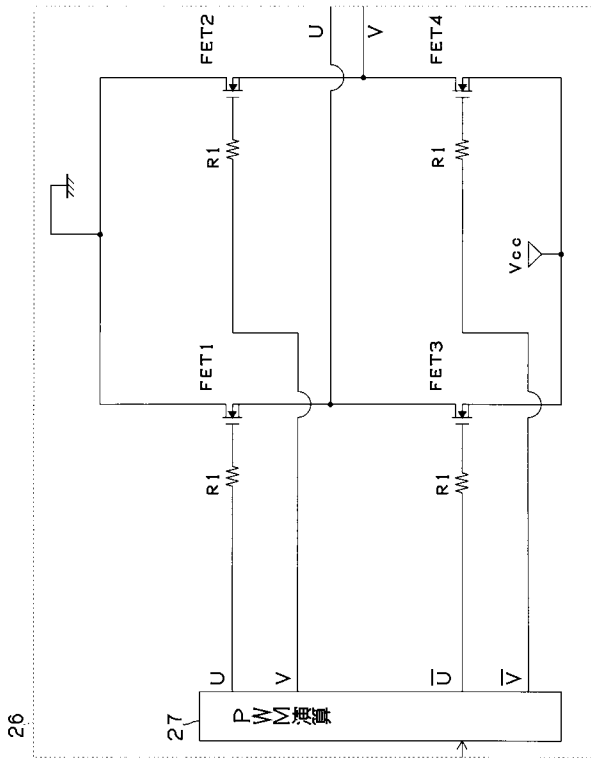
【図1】



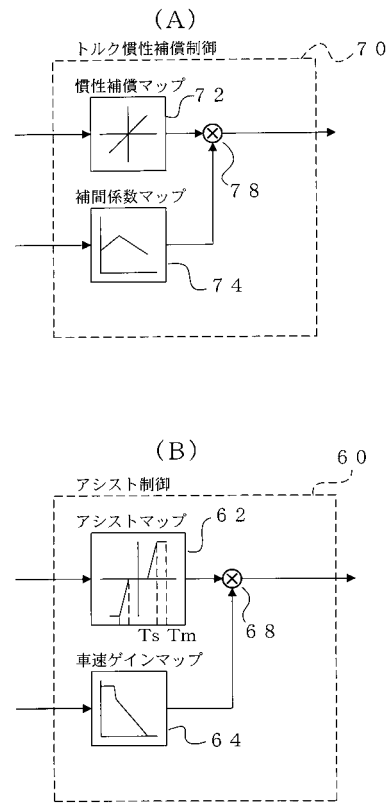
【図2】



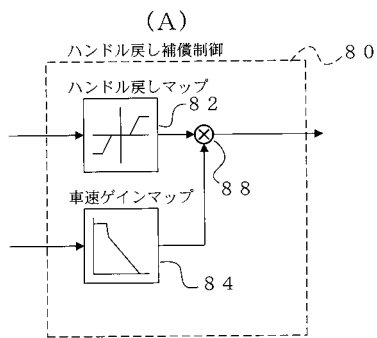
【図 3】



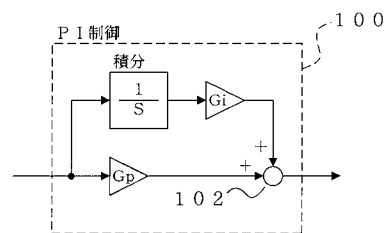
【図 4】



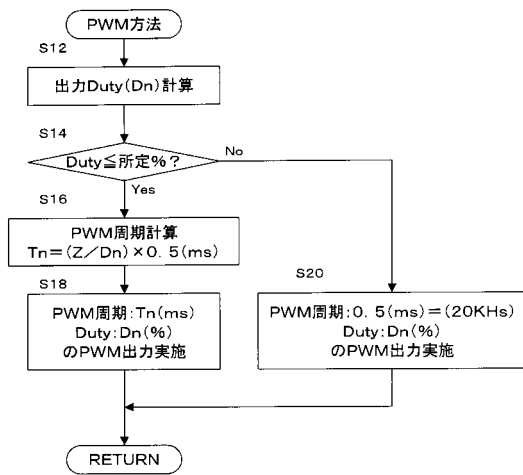
【図 5】



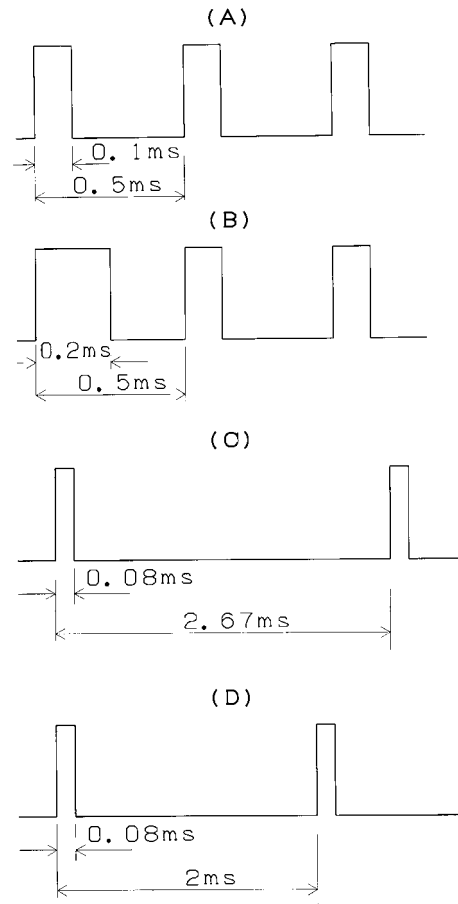
【図 6】



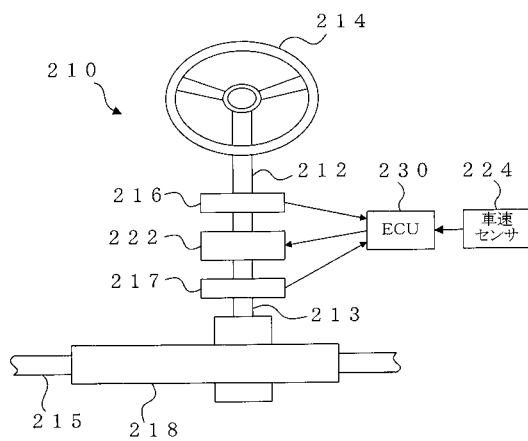
【図 7】



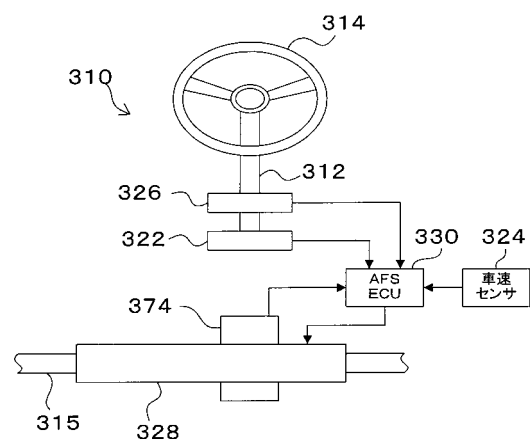
【図 8】



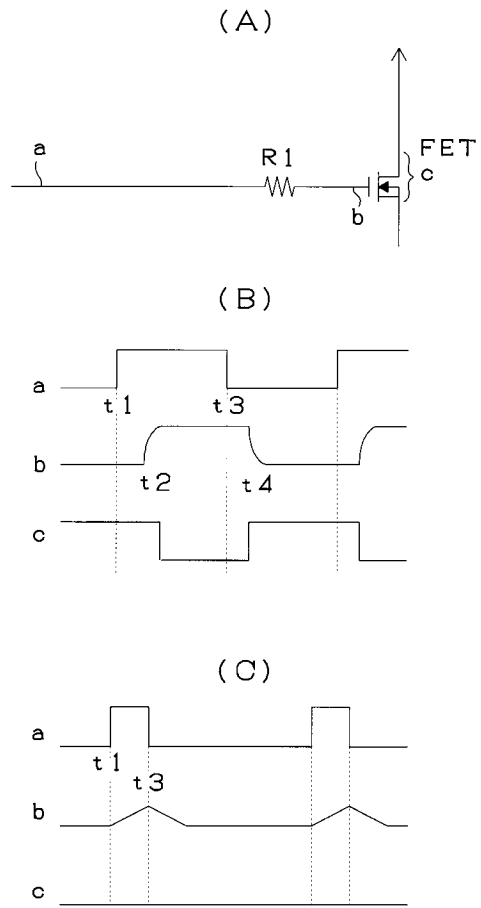
【図 9】



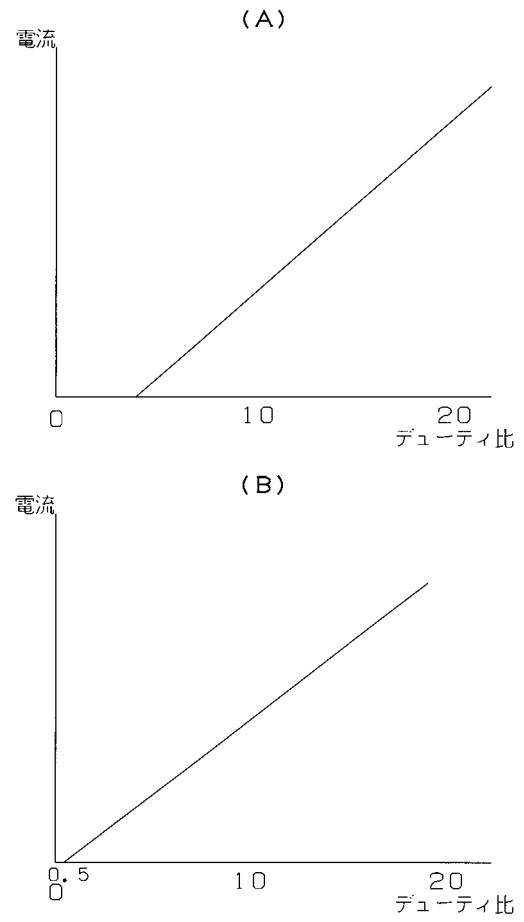
【図 10】



【図 1 1】



【図 1 2】



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 1 8 株式会社ファース内

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				