

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2012 年 9 月 20 日(20.09.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/124098 A1

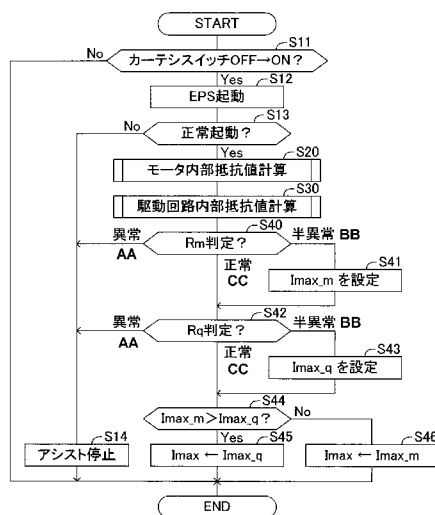
- (51) 国際特許分類:
B62D 6/00 (2006.01) *B62D 119/00* (2006.01)
B62D 5/04 (2006.01) *B62D 137/00* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/056342
- (22) 国際出願日: 2011 年 3 月 17 日(17.03.2011)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): トヨタ自動車株式会社 (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 梁井 康平 (YANAI Kohhei) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人プロスペック特許事務所 (PROSPEC PATENT FIRM); 〒4530801 愛知県名古屋市中村区太閤三丁目 1 番 1 8 号 名古屋 K S ビル 1 2 階 Aichi (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR,

[続葉有]

(54) Title: ELECTRIC POWER STEERING DEVICE

(54) 発明の名称: 電動パワーステアリング装置

[図6]



S11 Courtesy switch OFF→ON?
S12 Start EPS
S13 Normally started?
S20 Calculate motor internal resistance value
S30 Calculate drive circuit internal resistance value
AA Abnormal
S40 Rm determination?
BB Semi-abnormal
CC Normal
S41 Set I_{max_m}
S42 Rq determination?
S43 Set I_{max_q}
S44 Stop assist

(57) Abstract: In this electric power steering device, a microcomputer calculates (S20) an internal resistance value (R_m) of a motor, then, calculates (S30) an internal resistance value (R_q) of a switching element of a motor drive circuit. When the internal resistance value (R_m) of the motor is a semi-abnormal value, the microcomputer sets (S41) an upper limit current (I_{max_m}), and when the internal resistance value (R_q) of the motor drive circuit is a semi-abnormal value, the microcomputer sets (S43) an upper limit current (I_{max_q}). The microcomputer sets (S44-S46) the smaller value out of the upper limit current (I_{max_m}) and the upper limit current (I_{max_q}) as an upper limit current (I_{max}) of the motor. Consequently, deterioration progress of the motor and the motor drive circuit can be suppressed.

(57) 要約: マイコンは、モータの内部抵抗値 R_m を計算し (S20)、続いて、モータ駆動回路のスイッチング素子の内部抵抗値 R_q を計算する (S30)。マイコンは、モータの内部抵抗値 R_m が半異常値である場合には、上限電流 I_{max_m} を設定し (S41)、モータ駆動回路の内部抵抗値 R_q が半異常値である場合には、上限電流 I_{max_q} を設定する (S43)。マイコンは、上限電流 I_{max_m} と上限電流 I_{max_q} のうち小さい方の値をモータの上限電流 I_{max} に設定する (S44~S46)。これにより、モータとモータ駆動回路の劣化進行を抑制することができる。

WO 2012/124098 A1



GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT,
NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI
(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR,
NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称 ： 電動パワーステアリング装置

技術分野

[0001] 本発明は、運転者の操舵操作に基づいてモータを駆動して操舵アシストトルクを発生する電動パワーステアリング装置に関する。

背景技術

[0002] 電動パワーステアリング装置は、操舵ハンドルの操舵操作を補助する操舵アシストトルクを発生するモータと、このモータの通電を制御する電子制御ユニット（ＥＣＵと呼ぶ）とを備える。ＥＣＵは、スイッチング素子で構成したモータ駆動回路と、操舵トルクに応じた目標アシストトルクが発生するようにモータの制御量を演算するマイコンと、マイコンにより演算された制御量にしたがってモータ駆動回路のスイッチング素子にPWM制御によるゲート信号を出力するスイッチ駆動回路とを備える。

[0003] このような電動パワーステアリング装置においては、モータおよびモータ駆動回路が発熱して損傷してしまうことを防止するために、それらの温度を検出し、検出温度が過熱防止用に設定された閾値を上回る場合にモータに流す電流を制限するようにしている。また、特許文献１に提案された電動パワーステアリング装置においては、スイッチ駆動回路の温度も検出し、モータ駆動回路とスイッチ駆動回路とにおいて検出される温度の何れかが、それぞれの回路に設定された閾値を超えた場合にモータに流す電流を制限するようにしている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献１：特開２００９－５６８４９号公報

発明の概要

[0005] しかしながら、従来の電動パワーステアリング装置においては、モータおよびモータ駆動回路の発熱状態は検出できるものの、その発熱の原因が、そ

れらの内部抵抗の増加によるものであるか否かについては分からず、単に、温度上昇という現象を捉えてモータに流す電流を制限するものに過ぎない。例えば、モータのブラシ部の接触抵抗あるいはモータ駆動回路のスイッチング素子の内部抵抗が増加した場合には発熱量が増加するが、そうした発熱であっても、内部抵抗が正常である場合での発熱と区別されない。

[0006] このため、モータあるいはモータ駆動回路の内部抵抗の増加が進んで、異常（例えば、スイッチング素子の破損等）が発生したときになって、突然、操舵アシストが停止してしまう。これは、従来の電動パワーステアリング装置では、モータおよびモータ駆動回路の内部抵抗が正常状態から異常状態に進行していく中間過程である半異常状態における制御が考慮されていないからである。

[0007] 本発明の目的は、上記問題に対処するためになされたもので、モータおよびモータ駆動回路の半異常状態を検出して、それに応じた操舵アシスト制御を行うことにある。

[0008] 上記目的を達成するために、本発明の特徴は、操舵ハンドルから入力された操舵トルクを検出する操舵トルク検出手段（21）と、操舵機構に設けられるモータ（20）と、前記モータの通電を制御するためのスイッチング素子を備えたモータ駆動回路（40）と、前記操舵トルク検出手段により検出された操舵トルクに基づいて前記モータの制御量を演算する制御量演算手段（60）と、前記制御量演算手段により演算された制御量に従って前記モータ駆動回路のスイッチング素子を制御して、前記モータから操舵アシストトルクを発生させるスイッチ制御手段（80）とを備えた電動パワーステアリング装置において、

前記モータ駆動回路を介して前記モータに電流が流れる通電路の内部抵抗値が、正常範囲を超え、かつ、前記モータを停止すべき異常範囲に入らない状態となる半異常状態を検出する半異常状態検出手段（S40、S42）と、前記半異常状態が検出された場合には、前記内部抵抗値が正常範囲内に入る場合に比べて、前記モータの通電が制限されるように前記モータの制御量

を制限する半異常時制御量制限手段と（S 4 1～S 4 6）を備えたことにある。

[0009] 本発明においては、操舵トルク検出手段が操舵ハンドルから入力された操舵トルクを検出する。制御量演算手段は、操舵トルクに基づいてモータの制御量を演算する。例えば、操舵トルクに基づいて目標電流を演算し、この目標電流がモータに流れるようにモータに印加する電圧制御値を演算する。スイッチ制御手段は、制御量演算手段により演算された制御量に従ってモータ駆動回路のスイッチング素子を制御する。例えば、PWM制御信号をモータ駆動回路のスイッチング素子に出力してスイッチング素子を駆動する。これにより、モータに電流が流れてモータから操舵アシストトルクが発生する。

[0010] モータあるいはモータ駆動回路の内部抵抗（電気抵抗）が増加した場合には、発熱量が増加し、部品破損に至る可能性がある。部品が破損した場合には、その時点からモータで操舵アシストトルクを発生できなくなる。そこで、本発明においては、半異常状態検出手段と半異常時制御量制限手段とを備えている。

[0011] 半異常状態検出手段は、モータ駆動回路を介してモータに電流が流れる通電路の内部抵抗値が、正常範囲を超え、かつ、モータを停止すべき異常範囲に入らない状態となる半異常状態を検出する。この通電路は、モータ駆動回路とモータとを含めた電流の流れる回路を意味する。半異常時制御量制限手段は、半異常状態が検出された場合には、内部抵抗値が正常範囲に入っている場合に比べてモータの通電が制限されるようにモータの制御量を制限する。従って、モータおよびモータ駆動回路の発熱が抑制される。これにより、モータおよびモータ駆動回路の劣化進行を抑制することができ、電動パワーステアリング装置の延命を図ることができる。また、モータあるいはモータ駆動回路に故障が発生したとしても、それ以前から、モータの通電が制限されているため、突然、操舵アシストが停止して操舵力が急変するという不具合を抑制できる。

[0012] 本発明の他の特徴は、前記モータの内部抵抗値と前記モータ駆動回路の内

部抵抗値とを測定する内部抵抗値測定手段（S 2 0， S 3 0）を備え、前記半異常状態検出手段（S 4 0， S 4 2）は、前記内部抵抗値測定手段により測定された前記モータの内部抵抗値と前記モータ駆動回路の内部抵抗値の少なくとも一方が前記正常範囲を超え、かつ、前記異常範囲に入らない半異常値となる状態を検出することにある。

[0013] 本発明においては、内部抵抗値測定手段は、モータの内部抵抗値とモータ駆動回路の内部抵抗値とを測定する。半異常状態検出手段は、内部抵抗値測定手段により測定されたモータの内部抵抗値とモータ駆動回路の内部抵抗値の少なくとも一方が正常範囲を超え、かつ、異常範囲に入らない半異常値となる状態を半異常状態として検出する。例えば、半異常状態検出手段は、内部抵抗値の正常範囲の最大値を設定した第 1 閾値と、内部抵抗値の異常範囲の最小値を設定した第 2 閾値とを記憶し、測定された内部抵抗値が第 1 閾値と第 2 閾値との間の半異常値となる場合に半異常状態であると判定する。従って、モータおよびモータ駆動回路の部品が損傷する前に半異常状態を検出することができる。

[0014] 本発明の他の特徴は、前記モータの内部抵抗値が前記半異常値となる場合と、前記モータ駆動回路の内部抵抗値が前記半異常値となる場合とで、それぞれ独立した前記モータの通電の制限度合を設定する制限度合独立設定手段（S 4 1， S 4 3， S 8 4， S 8 5， S 8 8， S 8 9， S 9 1， S 9 3）を備えたことにある。

[0015] モータの半異常状態が検出された場合におけるモータの適切な通電制限度合と、モータ駆動回路の半異常状態が検出された場合のモータの適切な通電制限度合とは、必ずしも一致しない。本発明においては、モータの内部抵抗値とモータ駆動回路の内部抵抗値とに基づいて、モータの内部抵抗値が半異常値となる場合と、モータ駆動回路の内部抵抗値が半異常値となる場合とを区別することができる。そこで、制限度合独立設定手段が、モータの内部抵抗値が半異常値となる場合と、モータ駆動回路の内部抵抗値が半異常値となる場合とで、それぞれ独立したモータの通電の制限度合を設定する。これに

より、半異常部位に応じた適切なモータの通電制限を行うことができる。

[0016] 本発明の他の特徴は、前記モータは、ブラシ付直流モータであり、前記モータ駆動回路は、前記モータを正回転方向に駆動するときに電流が流れる正回転用通電路と、前記モータを逆回転方向に駆動するときに電流が流れる逆回転用通電路とを有するHブリッジ回路であり、前記内部抵抗値測定手段は、前記正回転用通電路に設けられた正回転用スイッチング素子（Q 1， Q 4）の内部抵抗値と、前記逆回転用通電路に設けられた逆回転用スイッチング素子（Q 2， Q 3）の内部抵抗値と、前記モータの内部抵抗値とを測定することにある。

[0017] 本発明においては、ブラシ付直流モータをHブリッジ回路にて駆動して操舵アシストトルクを発生させる。ブラシ付直流モータの場合には、ブラシと整流子片との接触状態が悪いと接触抵抗が増加して、その部分で発熱量が増加し劣化が進行する。そこで、本発明においては、内部抵抗値測定手段が、Hブリッジ回路の正回転用スイッチング素子の内部抵抗値と、逆回転用スイッチング素子の内部抵抗値と、モータの内部抵抗値とを測定する。これにより、モータのブラシ部およびモータ駆動回路のスイッチング素子の劣化を適正に検出することができる。

[0018] 本発明の他の特徴は、前記内部抵抗値測定手段（S 3 0）は、前記正回転用スイッチング素子と前記逆回転用スイッチング素子とを交互にオンし、前記正回転用スイッチング素子をオンしているときに前記正回転用スイッチング素子の内部抵抗値を測定し、前記逆回転用スイッチング素子をオンしているときに前記逆回転用スイッチング素子の内部抵抗値を測定することにある。

[0019] 正回転用スイッチング素子をオンするとモータが正回転方向に駆動され、逆回転用スイッチング素子をオンするとモータが逆回転方向に駆動される。内部抵抗値を測定するためには、モータに通電する必要があるが、モータが回転すると操舵ハンドルも回転してしまう。そこで、本発明においては、内部抵抗値測定手段は、正回転用スイッチング素子と逆回転用スイッチング素

子とを交互にオンし、正回転用スイッチング素子をオンしているときに正回転用スイッチング素子の内部抵抗値を測定し、逆回転用スイッチング素子をオンしているときに逆回転用スイッチング素子の内部抵抗値を測定する。これにより、操舵ハンドルを回転しないようにすることができる。尚、正回転用スイッチング素子と逆回転用スイッチング素子とを交互にオンする周期は、操舵ハンドルが回転しない程度の短時間に設定される。

[0020] 本発明の他の特徴は、前記半異常時制御量制限手段（S 4 1, S 4 3）は、前記内部抵抗値測定手段により測定された内部抵抗値が大きくなるにしたがってモータに流す電流の上限値を小さく設定することにある。

[0021] 本発明によれば、モータあるいはモータ駆動回路の内部抵抗値が大きくなるにしたがってモータに流す電流の上限値が小さく設定されるため、半異常部位の発熱を適切に抑制して劣化進行を抑えることができる。

[0022] 本発明の他の特徴は、前記半異常時制御量制限手段（S 9 1, S 9 3）は、前記内部抵抗値測定手段により測定された内部抵抗値が大きくなるにしたがってモータに印加する電圧の上限値を小さく設定することにある。

[0023] 本発明によれば、モータあるいはモータ駆動回路の内部抵抗値が大きくなるにしたがってモータに印加する電圧の上限値が小さく設定されるため、半異常部位の発熱を適切に抑制して劣化進行を抑えることができる。

[0024] 本発明の他の特徴は、前記半異常時制御量制限手段（S 6 3, S 8 4, S 8 8）は、前記半異常状態検出手段により半異常状態が検出された場合、前記モータに流す電流の上限値を時間の経過とともに漸減するように設定することにある。

[0025] 本発明によれば、モータあるいはモータ駆動回路の半異常状態が検出された場合、モータに流す電流の上限値が時間の経過とともに徐々に減少するように設定されるため、半異常部位の発熱を適切に抑制して劣化進行を抑えることができる。

[0026] 本発明の他の特徴は、前記半異常時制御量制限手段は、前記半異常状態検出手段により半異常状態が検出された場合、前記モータに印加する電圧の上

限値を時間の経過とともに漸減するように設定することにある。

[0027] 本発明によれば、モータあるいはモータ駆動回路の半異常状態が検出された場合、モータに印加する電圧の上限値が時間の経過とともに徐々に減少するように設定されるため、半異常部位の発熱を適切に抑制して劣化進行を抑えることができる。

[0028] 本発明の他の特徴は、前記半異常状態検出手段により半異常状態が検出されてからの経過時間が予め設定された停止時間に到達したとき前記モータの通電を禁止する時間制限手段（S 6 4， S 6 5）を備えたことにある。

[0029] 本発明によれば、モータあるいはモータ駆動回路の半異常状態が検出された場合、半異常状態が検出されてからの経過時間が予め設定された停止時間に到達したときモータの通電が禁止される。従って、モータあるいはモータ駆動回路の劣化が進行しても、適切に操舵アシストを停止させることができる。

[0030] 本発明の他の特徴は、前記モータの内部抵抗値が前記半異常値となる場合と、前記モータ駆動回路の内部抵抗値が前記半異常値となる場合とで、前記停止時間を独立して設定する停止時間設定手段（S 8 5， S 8 9）を備えたことにある。

[0031] モータの半異常状態が検出されてから異常状態へ至るまでの残存寿命と、モータ駆動回路の半異常状態が検出されてから異常状態へ至るまでの残存寿命とは必ずしも一致しない。そこで、本発明においては、停止時間設定手段が、モータの内部抵抗値が半異常値となる場合と、モータ駆動回路の内部抵抗値が半異常値となる場合とで、停止時間を独立して設定する。従って、モータが半異常状態となった場合でも、モータ駆動回路が半異常状態となった場合でも、それらの残存寿命に応じた適切な停止時間を設定することができる。これにより、電動パワーステアリング装置を適切に延命させることができる。

[0032] 本発明の他の特徴は、前記内部抵抗値測定手段は、車両のドアの開閉状態を表すドア開閉信号、あるいは、運転者の運転座席への着座状態を表す着座

信号に基づいて、前記内部抵抗値の測定を開始する（S 1 1）ことにある。

[0033] モータあるいはモータ駆動回路の内部抵抗値を測定する場合には、モータに通電する必要があるが、そうしたモータの作動を運転者に気付かれることは好ましくない。そこで、本発明においては、車両のドアの開閉状態を表すドア開閉信号、あるいは、運転者の運転座席への着座状態を表す着座信号に基づいて、内部抵抗値の測定を開始する。例えば、車両のドアが開いた直後、あるいは、運転席に運転者が座った直後に、内部抵抗値の測定を行う。これにより、運転者は、内部抵抗値の測定にかかるモータの作動に気がつかない。

[0034] 本発明の他の特徴は、前記内部抵抗値測定手段（S 3 0）は、前記モータ駆動回路に印加される電源電圧と、前記モータに流れるモータ電流と、前記モータの各端子電圧あるいは端子間電圧とに基づいて、前記スイッチング素子の内部抵抗値を計算により求めることにある。

[0035] 本発明においては、モータ駆動回路に印加される電源電圧と、モータ電流と、モータの各端子電圧あるいは端子間電圧とに基づいて、計算によりスイッチング素子の内部抵抗値を求める。例えば、電源電圧、モータ電流、モータの各端子電圧あるいは端子間電圧を検出し、この検出値を用いてスイッチング素子の内部抵抗値を計算する。この場合、電源電圧が既知であれば、その既知の値を用いるようにしてもよい。従って、簡単にスイッチング素子の内部抵抗値を測定することができる。

[0036] 本発明の他の特徴は、前記内部抵抗値測定手段（S 2 0）は、前記モータに流れるモータ電流と、前記モータの端子間電圧とに基づいて、前記モータの内部抵抗値を計算により求めることにある。

[0037] 本発明においては、モータ電流と、モータの端子間電圧とに基づいて、計算によりモータの内部抵抗値を求める。例えば、モータ電流、モータの端子間電圧を検出し、この検出値を用いてモータの内部抵抗値を計算する。この場合、モータの端子間電圧の検出は、モータの各端子の電圧をそれぞれ検出して、その電圧差から求めるようにしてもよいし、直接、モータの端子間の電

圧を検出するようにしてもよい。従って、簡単にモータの内部抵抗値を測定することができる。

[0038] 尚、上記説明においては、発明の理解を助けるために、実施形態に対応する発明の構成に対して、実施形態で用いた符号を括弧書きで添えているが、発明の各構成要件は、前記符号によって規定される実施形態に限定されるものではない。

図面の簡単な説明

[0039] [図1]本発明の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図である。

[図2]アシストECUの概略構成図である。

[図3]操舵アシスト制御ルーチンを表すフローチャートである。

[図4]アシストマップを表すグラフである。

[図5]内部抵抗値の測定方法を説明する説明図である。

[図6]モータ制限値設定ルーチンを表すフローチャートである。

[図7]モータ内部抵抗値計算ルーチン（サブルーチン）を表すフローチャートである。

[図8]駆動回路内部抵抗値計算ルーチン（サブルーチン）を表すフローチャートである。

[図9]モータ抵抗用上限電流マップを表すグラフである。

[図10]回路抵抗用上限電流マップを表すグラフである。

[図11]内部抵抗値の推移を表すグラフである。

[図12]変形例2-1にかかる上限電流マップを表すグラフである。

[図13]変形例2-1にかかる内部抵抗値判定ルーチンを表すフローチャートである。

[図14]変形例2-1にかかるモータ制限値設定ルーチンを表すフローチャートである。

[図15]変形例2-2にかかる内部抵抗値判定ルーチンを表すフローチャートである。

[図16] 変形例 2-2 にかかるモータ制限値設定ルーチンを表すフローチャートである。

[図17] 変形例 2-2 にかかる上限電流マップを表すグラフである。

[図18] 変形例 2-3 にかかるモータ制限値設定ルーチンを表すフローチャートである。

[図19] 変形例 2-3 にかかるモータ抵抗用上限指令電圧マップを表すグラフである。

[図20] 変形例 2-3 にかかる回路抵抗用上限指令電圧マップを表すグラフである。

[図21] 変形例 2-3 にかかる操舵アシスト制御ルーチンを表すフローチャートである。

[図22] 変形例 2-4 にかかる上限指令電圧マップを表すグラフである。

[図23] 変形例 2-5 にかかる上限指令電圧マップを表すグラフである。

[図24] 変形例 2-7 にかかるモータ制限値設定ルーチンを表すフローチャートである。

[図25] 変形例 2-7 にかかるモータ温度用上限電流マップと基板温度用上限電流マップとを表すグラフである。

[図26] 変形例 2-8 にかかるモータ温度ゲインマップと基板温度ゲインマップとを表すグラフである。

[図27] 変形例 3-3 にかかるモータ制限値設定ルーチンを表すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0040] 以下、本発明の一実施形態に係る電動パワーステアリング装置について図面を用いて説明する。図 1 は、同実施形態に係る車両の電動パワーステアリング装置 1 の概略構成を表している。

[0041] この電動パワーステアリング装置 1 は、操舵ハンドル 11 の操舵操作により転舵輪を転舵するステアリング機構 10 と、ステアリング機構 10 に組み付けられ操舵アシストトルクを発生するモータ 20 と、操舵ハンドル 11 の

操作状態に応じてモータ 20 の作動を制御する電子制御ユニット 100 とを主要部として備えている。以下、電子制御ユニット 100 をアシスト ECU 100 と呼ぶ。

[0042] ステアリング機構 10 は、操舵ハンドル 11 の回転操作により左右前輪 FW1, FW2 を転舵するための機構で、操舵ハンドル 11 を上端に一体回転するように接続したステアリングシャフト 12 を備える。このステアリングシャフト 12 の下端には、ピニオンギヤ 13 が一体回転するように接続されている。ピニオンギヤ 13 は、ラックバー 14 に形成されたギヤ部 14a と噛み合っており、ラックバー 14 とともにラックアンドピニオン機構を構成する。

[0043] ラックバー 14 は、ギヤ部 14a がラックハウジング 16 内に収納され、その左右両端がラックハウジング 16 から露出してタイロッド 17 と連結される。このラックバー 14 のタイロッド 17 との連結部には、ストロークエンドを構成するストッパ 18 が形成され、このストッパ 18 とラックハウジング 16 の端部との当接によりラックバー 14 の左右動ストロークが機械的に規制されている。左右のタイロッド 17 の他端は、左右前輪 FW1, FW2 に設けられたナックル 19 に接続される。こうした構成により、左右前輪 FW1, FW2 は、ステアリングシャフト 12 の軸線回りの回転に伴うラックバー 14 の軸線方向の変位に応じて左右に操舵される。

[0044] ステアリングシャフト 12 には減速ギヤ 25 を介してモータ 20 が組み付けられている。モータ 20 は、その回転により減速ギヤ 25 を介してステアリングシャフト 12 をその軸中心に回転駆動して、操舵ハンドル 11 の回動操作に対してアシスト力を付与する。このモータ 20 は、ブラシ付直流モータである。

[0045] ステアリングシャフト 12 には、操舵ハンドル 11 と減速ギヤ 25 との中間位置に操舵トルクセンサ 21 が組みつけられている。操舵トルクセンサ 21 は、例えば、ステアリングシャフト 12 の中間部に介装されたトーションバー（図示略）の捩れ角度をレゾルバ等により検出し、この捩れ角に基づい

てステアリングシャフト 12 に働いた操舵トルク t_r を検出する。操舵トルク t_r は、正負の値により操舵ハンドル 11 の操作方向が識別される。例えば、操舵ハンドル 11 の左方向への操舵時における操舵トルク t_r を正の値で、操舵ハンドル 11 の右方向への操舵時における操舵トルク t_r を負の値で示す。尚、本実施形態においては、トーションバーの捩れ角度をレゾルバにより検出するが、エンコーダ等の他の回転角センサにより検出することもできる。

[0046] 次に、アシスト ECU 100 について図 2 を用いて説明する。アシスト ECU 100 は、モータ 20 の目標制御量を演算し、演算された目標制御量に応じたスイッチ駆動信号を出力する電子制御回路 50 と、電子制御回路 50 から出力されたスイッチ駆動信号にしたがってモータ 20 に通電するモータ駆動回路 40 とを含んで構成される。

[0047] 電子制御回路 50 は、CPU、ROM、RAM 等からなるマイコン 60 と、各種のセンサ信号を入力してマイコン 60 に読み取り可能な信号に変換する入力インタフェース 70 と、マイコン 60 から出力されるスイッチ制御信号を増幅してモータ駆動回路 40 に供給するスイッチ駆動回路 80 とを備える。

[0048] アシスト ECU 100 は、電源装置 200 から電力供給される。この電源装置 200 は、図示しないバッテリーと、エンジンの回転により発電するオルタネータとから構成される。この電源装置 200 の定格出力電圧は、例えば 12 V に設定されている。尚、図中においては、電源装置 200 からモータ駆動回路 40 への電源供給ラインである電源ライン 210 のみを示しているが、電子制御回路 50 の作動電源も電源装置 200 から供給される。

[0049] モータ駆動回路 40 は、電源ライン 210 とグラウンドライン 220 との間に設けられ、スイッチング素子 Q1 とスイッチング素子 Q3 とを並列接続した上アーム回路 45H と、スイッチング素子 Q2 とスイッチング素子 Q4 とを並列接続した下アーム回路 45L とを直列に接続し、この上アーム回路 45H と下アーム回路 45L との接続部 A1、A2 から、モータ 20 への電力

供給を行うための通電ライン 47a, 47b を引き出した Hブリッジ回路で構成されている。従って、モータ 20 の一方の通電端子 20a は、スイッチング素子 Q1 を介して電源ライン 210 に接続されるとともに、スイッチング素子 Q2 を介してグラウンドライン 220 に接続される。また、モータ 20 の他方の通電端子 20b は、スイッチング素子 Q3 を介して電源ライン 210 に接続されるとともに、スイッチング素子 Q4 を介してグラウンドライン 220 に接続される。

[0050] モータ駆動回路 40 に設けられるスイッチング素子 Q1, Q2, Q3, Q4 としては、MOS-FET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) が使用される。スイッチング素子 Q1, Q2, Q3, Q4 は、各ソースドレイン間に電源電圧が印加されるように上下のアーム回路 45H, 45L に設けられ、また、各ゲートが電子制御回路 50 のスイッチ駆動回路 80 に接続される。

[0051] 尚、図中に回路記号で示すように、MOS-FET には構造上、ダイオードが寄生している。このダイオードを寄生ダイオードと呼ぶ。各スイッチング素子 Q1, Q2, Q3, Q4 の寄生ダイオードは、電源ライン 210 からグラウンドライン 220 への電流の流れを遮断し、グラウンドライン 220 から電源ライン 210 へ向かう電流のみを許容する逆導通ダイオードである。また、モータ駆動回路 40 は、寄生ダイオードとは別の逆導通ダイオード（電流遮断方向は寄生ダイオードと同じであって、電源電圧方向に対して逆方向にのみ導通するダイオード）をスイッチング素子 Q1, Q2, Q3, Q4 に並列に接続した構成であってもよい。

[0052] マイコン 60 は、スイッチ駆動回路 80 を介してモータ駆動回路 40 の各スイッチング素子 Q1, Q2, Q3, Q4 のゲートに独立した駆動信号を出力する。この駆動信号により、各スイッチング素子 Q1, Q2, Q3, Q4 のオン状態とオフ状態とが切り替えられる。

[0053] モータ駆動回路 40 においては、スイッチング素子 Q2 とスイッチング素子 Q3 とがオフに維持された状態でスイッチング素子 Q1 とスイッチング素

子Q 4 とがオンすると、図中の（＋）方向に電流 I_1 が流れる。これにより、モータ 20 は、正回転方向のトルクを発生する。また、スイッチング素子 Q 1 とスイッチング素子 Q 4 とがオフに維持された状態でスイッチング素子 Q 2 とスイッチング素子 Q 3 とがオンすると、図中の（－）方向に電流 I_2 が流れる。これにより、モータ 20 は、逆回転方向のトルクを発生する。

[0054] アシストECU 100 は、モータ 20 に流れる電流を検出する電流センサ 31 を備えている。この電流センサ 31 は、下アーム回路 45 L とグラウンドとを接続するグラウンドライン 220 に設けられる。電流センサ 31 は、例えば、グラウンドライン 220 にシャント抵抗（図示略）を設け、このシャント抵抗の両端に現れる電圧をアンプ（図示略）で増幅した電圧信号、あるいは、その電圧信号をデジタル信号に変換した信号を電子制御回路 50 の入力インタフェース 70 に供給する。以下、電流センサ 31 により検出されるモータ 20 に流れる電流の値を、モータ実電流 I_m と呼ぶ。

[0055] また、アシストECU 100 は、モータ 20 の端子電圧を検出する第 1 電圧センサ 32 と第 2 電圧センサ 33 を備えている。第 1 電圧センサ 32 は、モータ 20 の一方の通電端子 20 a の電圧を表す信号を入力インタフェース 70 に供給する。第 1 電圧センサ 32 により検出される電圧の値を、第 1 モータ端子電圧 V_1 と呼ぶ。また、通電端子 20 a を第 1 モータ端子 20 a と呼ぶ。第 1 モータ端子電圧 V_1 は、スイッチング素子 Q 1 とスイッチング素子 Q 2 との接続部 A 1 のグラウンドに対する電位を表す。

[0056] 第 2 電圧センサ 33 は、モータ 20 の他方の通電端子 20 b の電圧 V_2 を表す信号を入力インタフェース 70 に供給する。第 2 電圧センサ 33 により検出される電圧の値を、第 2 モータ端子電圧 V_2 と呼ぶ。また、通電端子 20 b を第 2 モータ端子 20 b と呼ぶ。第 2 モータ端子電圧 V_2 は、スイッチング素子 Q 3 とスイッチング素子 Q 4 との接続部 A 2 のグラウンドに対する電位を表す。

[0057] また、アシストECU 100 は、モータ駆動回路 40 に供給される電源電圧、つまり、電源装置 200 の出力電圧を検出する電源電圧センサ 34 を備

えている。この電源電圧センサ 34 は、電源ライン 210 の電圧を表す信号を入力インタフェース 70 に供給する。電源電圧センサ 34 により検出される電圧の値を電源電圧 V_{cc} と呼ぶ。

[0058] また、アシスト ECU 100 は、モータ駆動回路 40 の温度を検出する基板温度センサ 35 を備えている。基板温度センサ 35 は、モータ駆動回路 40 におけるスイッチング素子 Q_1 , Q_2 , Q_3 , Q_4 が設けられる基板の温度を表す信号を入力インタフェース 70 に供給する。基板温度センサ 35 により検出される温度の値を、基板温度 T_b と呼ぶ。基板温度 T_b は、スイッチング素子 Q_1 , Q_2 , Q_3 , Q_4 の発熱状態に応じた温度を表す。

[0059] また、アシスト ECU 100 は、操舵トルクセンサ 21、車速センサ 91、カーテシスイッチ 92 を接続している。操舵トルクセンサ 21 は、操舵ハンドル 11 から入力された操舵トルク t_r を表す検出信号を入力インタフェース 70 に供給する。車速センサ 91 は、車速 v_x を表す検出信号を入力インタフェース 70 に供給する。カーテシスイッチ 92 は、車両のドアの開閉状態 S を表す検出信号を入力インタフェース 70 に供給する。カーテシスイッチ 92 は、例えば、ドアが閉まっているときにはオフ信号を、ドアが開いているときにはオン信号を出力する。

[0060] 次に、マイコン 60 の制御処理について説明する。まず、マイコン 60 の実行する操舵アシスト制御処理について説明する、図 3 は、マイコン 60 の実行する操舵アシスト制御ルーチンを表す。操舵アシスト制御ルーチンは、イグニッションスイッチがオンしている期間中において、所定の短い周期で繰り返し実行される。

[0061] 本制御ルーチンが起動すると、マイコン 60 は、ステップ S1 において、車速センサ 91 によって検出された車速 v_x と、操舵トルクセンサ 21 によって検出された操舵トルク t_r を読み込む。続いて、ステップ S2 において、図 4 に示すアシストマップを参照して、入力した車速 v_x および操舵トルク t_r に応じて設定される目標アシストトルク t_{r*} を計算する。アシストマップは、代表的な複数の車速 v_x ごとに、操舵トルク t_r と目標アシスト

トルク t_r^* との関係を設定した関係付けデータである。アシストマップは、操舵トルク t_r が大きくなるにしたがって目標アシストトルク t_r^* が増加し、車速が低くなるにしたがって目標アシストトルク t_r^* が増加する特性を有している。尚、図 4 は、左方向の操舵時におけるアシストマップであって、右方向の操舵時におけるアシストマップは、左方向のものに対して操舵トルク t_r と目標アシストトルク t_r^* の符号をそれぞれ反対（つまり負）にしたものとなる。

[0062] 続いて、マイコン 60 は、ステップ S3 において、目標アシストトルク t_r^* を発生させるために必要な必要電流 I^* を計算する。必要電流 I^* は、目標トルクアシスト t_r^* をトルク定数で除算することにより求められる。続いて、マイコン 60 は、ステップ S4 において、上限電流 I_{max} を読み込む。この上限電流 I_{max} は、モータ 20 に流す電流の上限値を表す。ステップ S4 では、後述するモータ制限値設定ルーチンにより計算された最新の上限電流 I_{max} が読み込まれる。

[0063] 続いて、マイコン 60 は、ステップ S5 において、必要電流 I^* が上限電流 I_{max} よりも大きいか否かを判断し、必要電流 I^* が上限電流 I_{max} よりも大きい場合には、ステップ S6 において、上限電流 I_{max} を目標電流 I_m^* として設定し（ $I_m^* \leftarrow I_{max}$ ）、必要電流 I^* が上限電流 I_{max} 以下となる場合には、ステップ S7 において、必要電流 I^* を目標電流 I_m^* として設定する（ $I_m^* \leftarrow I^*$ ）。尚、本明細書において、方向（符号）を有する検出値の大きさについて論じる場合には、その絶対値を用いる。従って、ここでは、電流の流す向きに関係しない絶対値の比較となる。

[0064] 続いて、マイコン 60 は、ステップ S8 において、目標電流 I_m^* から電流センサ 31 により検出されたモータ実電流 I_m を減算した偏差 ΔI を算出し、この偏差 ΔI を使った P I 制御（比例積分制御）により、モータ実電流 I_m が目標電流 I_m^* に追従するように目標指令電圧 V^* を計算する。目標指令電圧 V^* は、例えば、下記式により計算する。

$$V^* = K_p \cdot \Delta I + K_i \cdot \int \Delta I \, dt$$

ここで K_p は、P I 制御における比例項の制御ゲイン、 K_i は、P I 制御における積分項の制御ゲインである。

[0065] 続いて、マイコン60は、ステップS9において、目標指令電圧 V^* に応じたPWM (Pulse Width Modulation) 制御信号をスイッチ駆動回路80に出力する。スイッチ駆動回路80は、入力した制御信号を増幅してモータ駆動回路40に出力する。これにより、目標指令電圧 V^* に応じたデューティ比のパルス信号列がPWM制御信号としてモータ駆動回路40に出力される。このPWM制御信号により、各スイッチング素子 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 、 Q_4 のデューティ比が制御され、モータ20の駆動電圧が目標指令電圧 V^* に調整される。こうして、モータ20には、操舵操作方向に回転する向きに目標電流 I_m^* が流れる。この結果、モータ20は、運転者の操舵操作をアシストする。

[0066] マイコンは、ステップS9にて、PWM制御信号を出力すると操舵アシスト制御ルーチンを一旦終了する。そして、所定の周期で上述した処理を繰り返す。

[0067] モータ駆動回路40は、スイッチング素子 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 、 Q_4 の劣化、ハンダ付け部の劣化等により内部抵抗が増加する。また、モータ20は、ブラシ部の接触抵抗の増加などにより内部抵抗が増加する。内部抵抗（電気抵抗）が増加した場合には、発熱量が増加し、部品が破損する可能性がある。部品が破損した場合には、その時点から操舵アシストを実行できなくなる。そこで、本実施形態においては、モータ20およびモータ駆動回路40の内部抵抗値を測定（計算）し、測定した内部抵抗値が正常範囲から外れている場合には、内部抵抗値に応じてモータ20の通電を制限する。例えば、内部抵抗値の増加にしたがってモータ20の通電制限を厳しくする。

[0068] まず、モータ駆動回路40およびモータ20の内部抵抗値の測定方法から説明する。

[0069] 図5に示すように、スイッチング素子 Q_1 の内部抵抗値を R_{q1} 、スイッチング素子 Q_2 の内部抵抗値を R_{q2} 、スイッチング素子 Q_3 の内部抵抗値を R_{q3}

3、スイッチング素子Q4の内部抵抗値を R_{q4} 、モータ20の内部抵抗値を R_m 、モータのインダクタンスを L_m とする。スイッチング素子Q2、Q3をオフ、スイッチング素子Q1、Q4をオンにしてモータ20を正回転させる方向に流れる電流を I_1 とし、スイッチング素子Q1、Q4をオフ、スイッチング素子Q2、Q3をオンにしてモータ20を逆回転させる方向に流れる電流を I_2 とする。

[0070] 電流 I_1 を流したときの電圧方程式は、次式(1)にて表される。

$$\begin{aligned} V_{cc} &= R_{q1} \cdot I_1 + R_{q4} \cdot I_1 + (V_1 - V_2) \\ &= (R_{q1} + R_{q4}) \cdot I_1 + (V_1 - V_2) \quad \dots (1) \end{aligned}$$

電流 I_2 を流したときの電圧方程式は、次式(2)にて表される。

$$\begin{aligned} V_{cc} &= R_{q3} \cdot I_2 + R_{q2} \cdot I_2 + (V_2 - V_1) \\ &= (R_{q3} + R_{q2}) \cdot I_2 - (V_1 - V_2) \quad \dots (2) \end{aligned}$$

[0071] また、モータ20の回転速度を ω 、モータ20の誘起電圧定数を ϕ 、モータ20に流れる電流を I (= I_1 または I_2)とすると、モータ20の端子間電圧は、次式(3)にて表される。

$$V_1 - V_2 = R_m \cdot I + L_m \cdot dI/dt + \phi \cdot \omega \quad \dots (3)$$

[0072] 本実施形態においては、モータ20の内部抵抗値 R_m の計算に当たっては、操舵ハンドル11が回転しない程度の小さな直流電流 I_1 をモータ20に流し、そのときのモータ20の各端子電圧 V_1 、 V_2 を測定する。例えば、スイッチング素子Q2、Q3をオフに維持した状態で、スイッチング素子Q1、Q4を所定のデューティ比で作動させてモータ20に通電する。勿論、スイッチング素子Q1、Q4をオフに維持した状態で、スイッチング素子Q2、Q3を所定のデューティ比で作動させてモータ20に通電してもよい。

[0073] モータ内部抵抗値 R_m は、(3)式において、 $dI/dt = 0$ 、 $\omega = 0$ を代入して、次式(4)にて求めることができる。

$$R_m = (V_1 - V_2) / I \quad \dots (4)$$

この場合、電流センサ31により検出されるモータ電流 I が I_1 になるようにスイッチング素子Q1、Q4のデューティ比を制御し、その状態におけ

るモータ 20 の各端子電圧 V_1 、 V_2 を測定すればよい。モータ 20 に流す電流 I_1 は小さな値に設定されるため、スイッチング素子 Q_1 、 Q_4 のデューティ比も小さくなる。

[0074] 尚、本実施形態においては、モータ端子間電圧 ($V_1 - V_2$) を、第 1 電圧センサ 32 により検出される第 1 モータ端子電圧 V_1 から第 2 電圧センサ 33 により検出される第 2 モータ端子電圧 V_2 を減算して内部抵抗値を求めるが、電圧センサ 32、33 に代えて、第 1 モータ端子 20a と第 2 モータ端子 20b との間の電圧 (端子間電圧) を直接検出する電圧センサを設けた構成であってもよい。

[0075] スwitchング素子 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 、 Q_4 の内部抵抗値 R_{q1} 、 R_{q2} 、 R_{q3} 、 R_{q4} の計算に当たっては、モータ 20 を正回転させる方向に流れる電流とモータ 20 を逆回転させる方向に流れる電流とを所定の周期で交互に流す。この場合、スイッチング素子 Q_2 、 Q_3 をオフにしてスイッチング素子 Q_1 、 Q_4 を一定時間 (例えば、数ミリ秒程度) だけオンした状態でモータ電流 I_1 とモータ端子電圧 V_1 、 V_2 と電源電圧 V_{cc} を測定し、次に、スイッチング素子 Q_1 、 Q_4 をオフにしてスイッチング素子 Q_2 、 Q_3 を一定時間 (例えば、数ミリ秒程度) だけオンした状態でモータ電流 I_2 とモータ端子電圧 V_1 、 V_2 と電源電圧 V_{cc} を測定する。これにより、モータ 20 には正回転方向の電流と逆回転方向の電流とが交互に流れるため、操舵ハンドル 11 の回転が防止される。

[0076] スwitchング素子 Q_1 、 Q_4 の内部抵抗値については、上記式 (1) に基づいて次式 (5) により計算することができる。

$$(R_{q1} + R_{q4}) = \{V_{cc} - (V_1 - V_2)\} / I_1 \quad \dots (5)$$

また、スイッチング素子 Q_3 、 Q_2 の内部抵抗値については、式 (2) に基づいて次式 (6) により計算することができる。

$$(R_{q3} + R_{q2}) = \{V_{cc} + (V_1 - V_2)\} / I_2 \quad \dots (6)$$

[0077] また、スイッチング素子 Q_1 、 Q_3 、 Q_2 、 Q_4 の内部抵抗値の計算は、次式 (7)、(8)、(9)、(10) にて行うようにすることもできる。

これによれば、スイッチング素子 Q 1, Q 3, Q 2, Q 4 の個々の内部抵抗値 Rq1, Rq3, Rq2, Rq4 を計算することができる。

$$Rq1 = (V_{cc} - V_1) / I_1 \quad \dots (7)$$

$$Rq3 = (V_{cc} - V_2) / I_2 \quad \dots (8)$$

$$Rq2 = V_1 / I_2 \quad \dots (9)$$

$$Rq4 = V_2 / I_1 \quad \dots (10)$$

[0078] 次に、測定した内部抵抗値に基づいてモータ 20 の作動を制限する処理について説明する。図 6 は、マイコン 60 の実行するモータ制限値設定ルーチンを表す。モータ制限値設定ルーチンは、所定の周期で繰り返し実行される。

[0079] 本ルーチンが起動すると、マイコン 60 は、まず、ステップ S 11 において、カーテシスイッチ 92 の検出信号 S を読み込み、検出信号 S がオフ状態からオン状態に変化したか否かを判断する。つまり、車両のドアが開けられたか（閉→開）否かを判断する。マイコン 60 は、検出信号 S がオフ状態からオン状態に変化していない場合には、本ルーチンを一旦終了する。

[0080] 本実施形態においては、車両が起動していないときに、運転者に気付かせないようにモータ 20 に電流を流して、モータ 20 およびモータ駆動回路 40 の内部抵抗値を測定する。従って、ステップ S 11 は、運転者がドアを開けて車両に乗り込んだタイミング、あるいは、車両を降りるタイミングを検出するものである。尚、ステップ S 11 においては、電動パワーステアリング装置 1 のシステムがすでに起動して、操舵アシスト制御が行われている状況である場合には、「No」と判定する。また、この例では、運転者がドアを開けて車両に乗り込んだときと、運転者がドアを開けて車両を降りるときとの両方において、「Yes」と判定されるが、何れか一方のみのタイミングを検出する構成であってもよい。

[0081] マイコン 60 は、ステップ S 11 の判断を繰り返す。そして、カーテシスイッチ 92 の検出信号 S がオフ状態からオン状態に変化したことを検出すると、続くステップ S 12 において、電動パワーステアリング装置 1 のシステ

ムを起動させる。続いて、ステップS 1 3において、正常にシステムが起動したか否かを判断し、正常に起動できなかった場合には、ステップS 1 4において、操舵アシストを停止して本ルーチンを終了する。

[0082] 電動パワーステアリング装置 1 のシステムが正常に起動した場合には、マイコン 6 0 は、ステップS 2 0において、モータ 2 0 の内部抵抗値の計算処理を実行する。図 7 は、その計算処理であるモータ内部抵抗値計算ルーチン（サブルーチン）を表すフローチャートである。

[0083] マイコン 6 0 は、モータ内部抵抗値計算ルーチンを開始すると、ステップS 2 1において、カウンタ値 i をゼロクリアする。続いて、ステップS 2 2において、カウンタ値 i を値 1 だけインクリメントする。続いて、ステップS 2 3において、モータ 2 0 に電流 I_1 を流す。この場合、スイッチング素子 Q_2 、 Q_3 をオフに維持した状態で、スイッチング素子 Q_1 、 Q_4 のデューティ比を制御することにより、モータ 2 0 に電流 I_1 を流す。続いて、マイコン 6 0 は、ステップS 2 4において、この通電状態におけるモータ端子電圧 V_1 、第 2 モータ端子電圧 V_2 、モータ電流 I （モータ実電流 I_m ）を測定して、式（4）を使って、モータ内部抵抗値 R_{mi} を計算する。このモータ内部抵抗値 R_{mi} は、RAM 等のメモリに一時的に記憶される。

[0084] 続いて、マイコン 6 0 は、ステップS 2 5において、カウンタ値 i が所定値 N （例えば、 $N = 10$ ）以上であるか否かを判断し、カウンタ値 i が所定値 N 未満である場合には、その処理をステップS 2 2に戻して同様の処理を行う。マイコン 6 0 は、モータ 2 0 への通電とモータ内部抵抗値 R_{mi} の計算を N 回繰り返すと（S 2 5 : Y e s）、ステップS 2 6において、 N 回計算したモータ内部抵抗値 R_{mi} の平均値を計算する。マイコン 6 0 は、モータ内部抵抗値 R_{mi} の平均値を最終的な計算結果であるモータ内部抵抗値 R_m として設定する。マイコン 6 0 は、モータ内部抵抗値 R_m を計算すると、モータ内部抵抗値計算ルーチンを終了して、図 6 のメインルーチンのステップS 3 0からの処理を開始する。

[0085] モータ内部抵抗値は、ブラシと整流子片との接触位置によってばらつく。

従って、内部抵抗値計算ルーチンにおいては、モータ内部抵抗値 R_{mi} の移動平均を使って、最終的なモータ内部抵抗値 R_m を計算する。これにより、ブラシと整流子片との接触位置の影響がモータ内部抵抗値 R_m の計算値に現れなくなる。

[0086] マイコン 60 は、モータ内部抵抗値 R_m を計算すると、続いて、メインルーチン（図 6）のステップ S 30 において、モータ駆動回路 40 内部抵抗値の計算処理を実行する。図 8 は、その計算処理である駆動回路内部抵抗値計算ルーチン（サブルーチン）を表すフローチャートである。

[0087] マイコン 60 は、駆動回路内部抵抗値計算ルーチンを開始すると、ステップ S 31 において、カウンタ値 j をゼロクリアする。続いて、ステップ S 32 において、カウンタ値 j を値 1 だけインクリメントする。続いて、ステップ S 33 において、スイッチング素子 Q_2 , Q_3 をオフに維持した状態で、スイッチング素子 Q_1 , Q_4 を所定時間（例えば、数ミリ秒）だけオンにする。そして、ステップ S 34 において、この通電状態における第 1 モータ端子電圧 V_1 、第 2 モータ端子電圧 V_2 、電源電圧 V_{cc} 、モータ電流 I （モータ実電流 I_m ）を測定して、式（7）、（10）を使って、スイッチング素子 Q_1 , Q_4 の内部抵抗値 R_{q1j} , R_{q4j} を計算する。この内部抵抗値 R_{q1j} , R_{q4j} は、RAM 等のメモリに一時的に記憶される。

[0088] 続いて、マイコン 60 は、ステップ S 35 において、スイッチング素子 Q_1 , Q_4 をオフに維持した状態で、スイッチング素子 Q_2 , Q_3 を所定時間（例えば、数ミリ秒）だけオンにする。そして、ステップ S 36 において、この通電状態における第 1 モータ端子電圧 V_1 、第 2 モータ端子電圧 V_2 、電源電圧 V_{cc} を測定して、式（8）、（9）を使って、スイッチング素子 Q_2 , Q_3 の内部抵抗値 R_{q2j} , R_{q3j} を計算する。この内部抵抗値 R_{q2j} , R_{q3j} は、RAM 等のメモリに一時的に記憶される。

[0089] 続いて、マイコン 60 は、ステップ S 37 において、カウンタ値 j が所定値 N （例えば、 $N = 10$ ）以上であるか否かを判断し、カウンタ値 j が所定値 N 未満である場合には、その処理をステップ S 32 に戻して同様の処理を

行う。こうして正回転用のスイッチング素子 Q_1 、 Q_4 と逆回転用のスイッチング素子 Q_2 、 Q_3 とが所定の周期で交互にオンされる。この周期は、操舵ハンドル11が回転しない程度の短時間に設定されている。

[0090] マイコン60は、モータ20への通電と内部抵抗値 R_{q1j} 、 R_{q2j} 、 R_{q3j} 、 R_{q4j} の計算をN回繰り返すと（S37：Yes）、ステップS38において、N回計算した内部抵抗値 R_{q1j} 、 R_{q2j} 、 R_{q3j} 、 R_{q4j} のそれぞれの平均値を計算する。マイコン60は、内部抵抗値 R_{q1j} 、 R_{q2j} 、 R_{q3j} 、 R_{q4j} のそれぞれの平均値を最終的な計算結果である内部抵抗値 R_{q1} 、 R_{q2} 、 R_{q3} 、 R_{q4} として設定する。マイコン60は、内部抵抗値 R_{q1} 、 R_{q2} 、 R_{q3} 、 R_{q4} を計算すると、駆動回路内部抵抗値計算ルーチンを終了して、図6のメインルーチンのステップS40からの処理を開始する。

[0091] マイコン60は、ステップS40において、モータ内部抵抗値 R_m に基づいて、モータ20の内部抵抗に関する正常、異常、半異常を判定する。例えば、マイコン60は、予め、モータ内部抵抗値 R_m の正常範囲と異常範囲と半異常範囲とを区別する閾値として、第1閾値 R_{ref_m1} と第2閾値 R_{ref_m2} （ $>R_{ref_m1}$ ）とを記憶している。第1閾値 R_{ref_m1} は、正常範囲の最大抵抗値を表し、第2閾値 R_{ref_m2} は異常範囲の最小抵抗値を表す。マイコン60は、モータ内部抵抗値 R_m が第1 R_{ref_m1} より小さい場合には正常である判定し、モータ内部抵抗値 R_m が第2 R_{ref_m1} より大きい場合には異常である判定し、モータ内部抵抗値 R_m が第1閾値 R_{ref_m1} と第2閾値 R_{ref_m2} との間に入る場合（ $R_{ref_m1} \leq R_m \leq R_{ref_m2}$ ）には半異常である判定する。尚、正常範囲に下限値を設定して短絡異常を検出するようにしてもよい。

[0092] マイコン60は、ステップS40において、モータ20が異常であると判定した場合には、その処理をステップS14に進めて、操舵アシストを停止して本ルーチンを終了する。一方、モータ20が半異常であると判定した場合には、ステップS41において、モータ抵抗用上限電流 I_{max_m} を設定する。マイコン60は、例えば、図9に示すようなモータ抵抗用上限電流マップを記憶しており、このマップを参照してモータ抵抗用上限電流 I_{max_m} を設定

する。モータ抵抗用上限電流マップは、モータ内部抵抗値 R_m が大きくなるにしたがってモータ抵抗用上限電流 I_{max_m} を小さくする特性を有する。

[0093] マイコン 60 は、ステップ S 40 においてモータ 20 が正常であると判定すると、あるいは、モータ 20 が半異常であると判定してモータ抵抗用上限電流 I_{max_m} を設定すると、続くステップ S 42 において、スイッチング素子 Q1, Q2, Q3, Q4 の内部抵抗値 R_{q1} , R_{q2} , R_{q3} , R_{q4} に基づいて、モータ駆動回路 40 の内部抵抗に関する正常、異常、半異常を判定する。

[0094] マイコン 60 は、例えば、内部抵抗値 R_{q1} , R_{q2} , R_{q3} , R_{q4} のうちで最も大きな内部抵抗値 R_q を抽出し、その内部抵抗値 R_q を使って正常、異常、半異常を判定する。以下、内部抵抗値 R_{q1} , R_{q2} , R_{q3} , R_{q4} の最大値を回路内部抵抗値 R_q と呼ぶ。

[0095] マイコンは、予め、回路内部抵抗値 R_q の正常範囲と異常範囲と半異常範囲とを区別する閾値として、第 1 閾値 R_{ref_q1} と第 2 閾値 R_{ref_q2} ($> R_{ref_q1}$) とを記憶している。第 1 閾値 R_{ref_q1} は、正常範囲の最大抵抗値を表し、第 2 閾値 R_{ref_q2} は異常範囲の最小抵抗値を表す。マイコン 60 は、回路内部抵抗値 R_q が第 1 R_{ref_q1} より小さい場合には正常である判定し、回路内部抵抗値 R_q が第 2 R_{ref_q1} より大きい場合には異常である判定し、回路内部抵抗値 R_q が第 1 閾値 R_{ref_q1} と第 2 閾値 R_{ref_q2} との間に入る場合 ($R_{ref_q1} \leq R_q \leq R_{ref_q2}$) には半異常である判定する。尚、正常範囲に下限値を設定して短絡異常を検出するようにしてもよい。

[0096] マイコン 60 は、ステップ S 42 において、モータ駆動回路 40 が異常であると判定した場合には、その処理をステップ S 14 に進めて、操舵アシストを停止して本ルーチンを終了する。一方、モータ駆動回路 40 が半異常であると判定した場合には、ステップ S 43 において、回路抵抗用上限電流 I_{max_q} を設定する。マイコン 60 は、例えば、図 10 に示すような回路抵抗用上限電流マップを記憶しており、このマップを参照して回路抵抗用上限電流 I_{max_q} を設定する。回路抵抗用上限電流マップは、回路内部抵抗値 R_q が大きくなるにしたがって回路抵抗用上限電流 I_{max_q} を小さくする特性を有する

- 。
- [0097] モータ抵抗用上限電流マップと回路抵抗用上限電流マップとは、それぞれ独立して設定されている。従って、モータ20が半異常状態となっている場合に適した上限電流値（モータ抵抗用上限電流 I_{max_m} ）と、モータ駆動回路40が半異常状態となっている場合に適した上限電流値（回路抵抗用上限電流 I_{max_q} ）とを別々に設定することができる。
- [0098] マイコン60は、ステップS42においてモータ駆動回路40が正常であると判定すると、あるいは、モータ駆動回路40が半異常であると判定して回路抵抗用上限電流 I_{max_q} を設定すると、続くステップS44において、モータ抵抗用上限電流 I_{max_m} が回路抵抗用上限電流 I_{max_q} よりも大きいかなかを判定する。
- [0099] マイコン60は、モータ抵抗用上限電流 I_{max_m} が回路抵抗用上限電流 I_{max_q} よりも大きい場合には（S44：Yes）、ステップS45において、上述した操舵アシスト制御ルーチンで使用する上限電流 I_{max} として回路抵抗用上限電流 I_{max_q} を設定する（ $I_{max} \leftarrow I_{max_q}$ ）。逆に、モータ抵抗用上限電流 I_{max_m} が回路抵抗用上限電流 I_{max_q} 以下となる場合には（S44：No）、ステップS46において、モータ抵抗用上限電流 I_{max_m} を上限電流 I_{max} として設定する（ $I_{max} \leftarrow I_{max_m}$ ）。これにより、上限電流 I_{max} は、モータ抵抗用上限電流 I_{max_m} と回路抵抗用上限電流 I_{max_q} のうち、小さい方の値が設定される。尚、ステップS40、42のどちらにおいても正常と判定された場合には、上限電流 I_{max} は、正常時用の値に設定される。正常時における上限電流 I_{max} は、予め設定した固定値でもよいし、後述する変形例のように、モータ推定温度 T_m と基板温度 T_b に応じて設定される変動値であってもよい。
- [0100] マイコン60は、上限電流 I_{max} を設定すると、モータ制限値設定ルーチンを一旦終了する。
- [0101] 以上説明した本実施形態の電動パワーステアリング装置1によれば、以下の作用効果を奏する。

1. モータ 20 およびモータ駆動回路 40 の内部抵抗値を測定するため、それらの半異常状態を確実に検出することができる。例えば、スイッチング素子 Q1, Q2, Q3, Q4 の内部抵抗の増加、ハンダ付け部の劣化、モータ 20 のブラシの接触抵抗の増加などにより、モータ通電路の内部抵抗が増加すると、発熱量が増加してモータ通電路に損傷が発生する可能性があるが、本実施形態においては、こうした損傷に至る前の半異常状態を検出することができる。

[0102] 2. 半異常状態を検出した場合には、モータ 20 の上限電流 I_{max} を正常時に比べて低く設定するため、モータ 20 およびモータ駆動回路 40 の発熱を抑えることができる。これにより、それらの劣化進行を抑制することができる。また、モータ 20 あるいはモータ駆動回路 40 の内部抵抗値が大きいほどモータ 20 の上限電流 I_{max} を小さく設定するため、半異常の程度に応じた適切な上限電流 I_{max} を設定することができる。これにより、適切に電動パワーステアリング装置 1 の延命を図ることができる。

[0103] 3. モータ 20 あるいはモータ駆動回路 40 に故障が発生したとしても、それ以前から、内部抵抗値の増加に基づいてモータ 20 の作動が制限されているため、突然、操舵アシストが停止して操舵力が急変することがない。このため、運転者の負担を軽減することができる。

[0104] 4. モータ 20 およびモータ駆動回路 40 の内部抵抗値の測定は、カーテシスイッチ 92 がオンしたタイミングで行うようにしているため、運転者が気付かないようにすることができる。

[0105] 5. モータ 20 およびモータ駆動回路 40 の内部抵抗は、徐々に変化していくが、予め設定されたタイミングが到来する度に抵抗値測定を行うため、内部抵抗増加の進行を確実に検出することができる。

[0106] 6. モータ駆動回路 40 の内部抵抗値の測定時においては、正回転方向の通電と逆回転方向の通電とを交互に行うようにしているため、操舵ハンドル 11 を回らないようにすることができる。また、モータ 20 の内部抵抗値の測定時においては、モータ 20 に流す電流を小さくしているため、操舵ハン

ドル 11 を回らないようにすることができる。

[0107] 7. 内部抵抗値の測定は、複数回行った移動平均値を用いているため、ブラシと整流子片との接触位置の影響が計算値に現れなくなり、精度の高いものとなる。

[0108] 8. モータ 20 の内部抵抗値 R_m から設定されるモータ抵抗用上限電流 I_{max_m} と、モータ駆動回路 40 の内部抵抗値 R_q から設定される回路抵抗用上限電流 I_{max_q} との両方を計算し、両者のうちの小さい方の値を上限電流 I_{max} に設定するため、モータ 20 とモータ駆動回路 40 との両方を適正に保護することができる。

[0109] 次に、本実施形態の変形例について説明する。

<変形例 1：内部抵抗値の測定タイミング>

上記実施形態においては、カーテシスイッチ 92 の検出信号 S を使って内部抵抗値の測定を開始するようにしているが（S 11 参照）、内部抵抗値の測定を行うタイミングは、種々設定することができる。例えば、カーテシスイッチ 92 に代えて、着座センサ 93（図 1 に破線にて示す）の検出信号 S を使って、内部抵抗値の測定を行うタイミングを設定しても良い。着座センサ 93 は、運転者の運転座席への着座状態を表す検出信号 S を出力する。従って、着座センサ 93 により運転者が運転席に座ったことを検出したタイミング、あるいは、着座センサ 93 により運転者が運転席から降りたことを検出したタイミングで内部抵抗値の測定を行うようにするとよい。

[0110] また、内部抵抗値の測定は、夜間に行うようにしてもよい。この場合、例えば、マイコン 60 に設けられた時計機能を使って、予め設定された夜の所定時刻において、内部抵抗値の測定を行うようにすればよい。

[0111] また、予め設定した所定時間間隔で内部抵抗値の測定を行うようにしてもよい。

[0112] <変形例 2：モータの作動制限>

上記実施形態においては、モータ 20 あるいはモータ駆動回路 40 の半異常状態を検出したときに、内部抵抗値 R_m 、 R_q に応じた上限電流 I_{max} を設

定してモータ 20 の作動を制限しているが、モータ 20 の作動制限についても、種々の手法を採用することができる。

＜変形例 2-1：経過時間に応じた電流制限＞

例えば、上限電流 $I_{\max}$ を時間の経過とともに徐々に低減させる構成を採用することができる。モータ 20 あるいはモータ駆動回路 40 の内部抵抗値 R は、図 11 に示すように、時間 t の経過とともに徐々に増加していく。そこで、この変形例においては、図 12 に示すように、半異常状態を最初に検出してから経過時間 t を測定し、上限電流 $I_{\max}$ を、正常時における上限電流 $I_{\max 0}$ を初期値として、時間経過 t とともに初期値 $I_{\max 0}$ から徐々に低減させる。この場合、経過時間 t は、電動パワーステアリング装置 1 のシステムが作動している時間の累積値、つまり、操舵アシスト制御が行われている時間の累積値とすればよい。この例では、経過時間 t が停止設定時間 t_1 に達したときに、操舵アシストを停止する。従って、停止設定時間 t_1 は、半異常状態が検出されてからの操舵アシスト実行可能期間となる。

[0113] 図 13、図 14 は、この変形例 2-1 におけるマイコン 60 の処理を表す。この処理は、実施形態のモータ制限値設定ルーチン（図 6）に代えるものである。図 13 が内部抵抗値判定ルーチンを表し、図 14 がモータ制限値設定ルーチンを表す。以下、実施形態のモータ制限値設定ルーチン（図 6）と同じ処理については、図面に実施形態と同一のステップ番号を付して説明を省略する。内部抵抗値判定ルーチン、モータ制限値設定ルーチンは、並行して所定の周期で実行される。

[0114] 内部抵抗値判定ルーチン（図 13）が起動すると、マイコン 60 は、まず、ステップ S51 において、半異常判定フラグ F が「0」であるか否かを判断する。この半異常判定フラグ F は、「1」によりモータ 20 あるいはモータ駆動回路 40 の半異常状態が検出されたことを表し、「0」により上記半異常状態が検出されていないことを表す。半異常判定フラグ F の初期値は「0」に設定されている。マイコン 60 は、半異常判定フラグ F が「0」（ $F=0$ ）であれば、ステップ S11 からの処理を行う。

- [0115] マイコン60は、ステップS40において、モータ20の半異常状態を検出した場合、あるいは、ステップS42において、モータ駆動回路40の半異常状態を検出した場合には、ステップS52において、半異常判定フラグFを「1」に設定して内部抵抗値判定ルーチンを一旦終了する。
- [0116] また、マイコン60は、ステップS40、S42において、モータ20とモータ駆動回路40とが正常であると判定した場合には、そのまま内部抵抗値判定ルーチンを一旦終了する。この場合は、上限電流 I_{max} は、正常時用の値に設定される。
- [0117] 内部抵抗値判定ルーチンは所定の周期で繰り返されるが、一旦、半異常判定フラグFが「1」に設定された後は、ステップS51の判断が「No」となる。この場合、モータ20およびモータ駆動回路40の内部抵抗値の検出が行われなくなり、代わりに、図14に示すモータ制限値設定ルーチンによる上限電流 I_{max} の計算が行われるようになる。
- [0118] マイコン60は、モータ制限値設定ルーチン（図14）のステップS61において、半異常判定フラグFが「1」に設定されているか否かについて判断する。マイコン60は、半異常判定フラグFが「1」に設定されるまでこの判断を繰り返すが、半異常判定フラグFが「1」に設定されるまでの期間においては、上述した内部抵抗値判定ルーチンで内部抵抗値による異常判定（S40、S42）を行う。
- [0119] 半異常判定フラグFが「1」に設定されると（S61：Yes）、マイコン60は、ステップS62において、タイマ値 t を値1だけインクリメントする。このタイマ値 t は、半異常判定フラグFが「1」に設定されてからの経過時間、つまり、モータ20あるいはモータ駆動回路40の半異常状態が検出されてからの経過時間を表す。タイマ値 t の初期値は、ゼロに設定されている。
- [0120] 続いて、マイコン60は、ステップS63において、タイマ値 t に応じた上限電流 I_{max} を計算する。マイコンは、図12に示すような上限電流マップを記憶しており、この上限電流マップを参照して、タイマ値 t （経過時間）

に応じた上限電流 $I_{\max}$ を設定する。上限電流マップは、上限電流 $I_{\max}$ を時間経過とともに初期値 $I_{\max 0}$ から徐々に低減させる特性を有する。上限電流 $I_{\max}$ は、操舵アシスト制御ルーチンのステップS 4において使用されるモータ20の電流制限値である。続いて、マイコン60は、ステップS 64において、タイマ値 t が予め設定された停止設定時間 t_1 に達したか否かを判断する。タイマ値 t が停止設定時間 t_1 に到達していない場合には、モータ制限値設定ルーチンを一旦終了する。

[0121] マイコン60は、こうした処理を所定の周期で繰り返す。これにより、経過時間 t が増加していくにしたがって徐々に減少する上限電流 $I_{\max}$ が設定されることになる。従って、時間経過とともにモータ20の作動制限が大きく（厳しく）なっていく。そして、経過時間 t が停止設定時間 t_1 に到達すると（S 64 : Yes）、マイコン60は、ステップS 65において、操舵アシストを停止し、それ以降の操舵アシスト制御を禁止する。また、内部抵抗値判定ルーチンおよびモータ制限値設定ルーチンを終了する。

[0122] 尚、上限電流マップは、予め想定されるモータ20あるいはモータ駆動回路40の内部抵抗値の変化（図11参照）に基づいて設定されている。従って、停止設定時間 t_1 は、非常に長い時間を想定したものである。このため、マイコン60は、イグニッションスイッチがオフになってもタイマ値 t を記憶保持できるように、モータ制限値設定ルーチンを終了する都度、図示しない不揮発性メモリにタイマ値 t を記憶する。そして、モータ制限値設定ルーチンを再開させる都度、不揮発性メモリに記憶したタイマ値 t を読み込んで、このタイマ値 t をインクリメントしていくことで累積時間をカウントする。

[0123] この変形例2-1によれば、モータ20あるいはモータ駆動回路40の半異常状態が検出された場合、その時点から、内部抵抗値の経時変化に応じた上限電流 $I_{\max}$ を設定するため、モータ20の作動制限を適切に行うことができる。

[0124] <変形例2-2：半異常発生部位に応じた電流制限>

モータ 20 の半異常状態が検出されてから異常状態へ至るまでの時間（残存寿命）と、モータ駆動回路 40 の半異常状態が検出されてから異常状態へ至るまでの時間（残存寿命）とは必ずしも一致しない。そこで、この変形例 2-2 においては、モータ 20 の半異常状態が検出された場合と、モータ駆動回路 40 の半異常状態が検出された場合とで、停止設定時間 t_1 が異なるように設定した上限電流マップを使用して上限電流 I_{max} を計算する。これにより、半異常部位の残存寿命に応じた適切な操舵アシスト実行可能期間を設定することができる。

[0125] 図 15、図 16 は、この変形例 2-2 におけるマイコン 60 の処理を表す。この処理は、実施形態のモータ制限値設定ルーチン（図 6）に代えるものである。図 15 が内部抵抗値判定ルーチンを表し、図 16 がモータ制限値設定ルーチンを表す。以下、実施形態のモータ制限値設定ルーチン（図 6）と同じ処理については、図面に実施形態と同一のステップ番号を付して説明を省略する。内部抵抗値判定ルーチン、モータ制限値設定ルーチンは、並行して所定の周期で実行される。

[0126] 内部抵抗値判定ルーチン（図 15）が起動すると、マイコン 60 は、まず、ステップ S71 において、モータ半異常判定フラグ F_m が「0」であるか否かを判断する。このモータ半異常判定フラグ F_m は、「1」によりモータ 20 の半異常状態が検出されたことを表し、「0」により上記半異常状態が検出されていないことを表す。モータ半異常判定フラグ F_m の初期値は「0」に設定されている。マイコン 60 は、モータ半異常判定フラグ F_m が「0」（ $F_m = 0$ ）であれば、ステップ S72 において、回路半異常判定フラグ F_q が「0」であるか否かを判断する。この回路半異常判定フラグ F_q は、「1」によりモータ駆動回路 40 の半異常状態が検出されたことを表し、「0」により上記半異常状態が検出されていないことを表す。回路半異常判定フラグ F_q の初期値は「0」に設定されている。

[0127] マイコン 60 は、回路半異常判定フラグ F_q が「0」（ $F_q = 0$ ）であれば、ステップ S11 からの処理を行う。

- [0128] マイコン60は、ステップS40において、モータ20の半異常状態を検出した場合には、ステップS73において、モータ半異常判定フラグF_mを「1」に設定して内部抵抗値判定ルーチンを一旦終了する。また、ステップS42において、モータ駆動回路40の半異常状態を検出した場合には、ステップS74において、回路半異常判定フラグF_qを「1」に設定して内部抵抗値判定ルーチンを一旦終了する。
- [0129] また、マイコン60は、ステップS40、S42において、モータ20とモータ駆動回路40とが正常であると判定した場合には、そのまま内部抵抗値判定ルーチンを一旦終了する。この場合は、上限電流I_{max}は、正常時用の値に設定される。
- [0130] 内部抵抗値判定ルーチンは所定の周期で繰り返されるが、一旦、モータ半異常判定フラグF_m、あるいは、回路半異常判定フラグF_qが「1」に設定された後は、ステップS71あるいはステップS72の判断が「No」となる。この場合、モータ20およびモータ駆動回路40の内部抵抗値の検出が行われなくなり、代わりに、図16に示すモータ制限値設定ルーチンによる上限電流I_{max}の計算が行われるようになる。
- [0131] マイコン60は、モータ制限値設定ルーチン（図16）のステップS81において、モータ半異常判定フラグF_mが「1」に設定されているか否かを判断する。モータ半異常判定フラグF_mが「0」（F_m=0）であれば、マイコン60は、ステップS82において、回路半異常判定フラグF_qが「1」に設定されているか否かを判断する。マイコン60は、モータ半異常判定フラグF_mあるいは回路半異常判定フラグF_qが「1」に設定されるまでこの2つの判断を繰り返すが、モータ半異常判定フラグF_mあるいは回路半異常判定フラグF_qが「1」に設定されるまでの期間においては、上述した内部抵抗値判定ルーチンで内部抵抗値による異常判定（S40、S42）を行う。
- [0132] マイコン60は、2つの半異常判定フラグF_m、F_qの設定状態を繰り返し判断して、モータ半異常判定フラグF_mが「1」に設定された場合には（

S 8 1 : Y e s) 、ステップ S 8 3 において、タイマ値 t を値 1 だけインクリメントする。このタイマ値 t は、モータ半異常判定フラグ F_m が「1」に設定されてからの経過時間、つまり、モータ 2 0 の半異常状態が検出されてからの経過時間を表す。タイマ値 t の初期値は、ゼロに設定されている。

[0133] 続いて、マイコン 6 0 は、ステップ S 8 4 において、タイマ値 t に応じた上限電流 I_{max} を計算する。マイコンは、図 1 7 に示すような上限電流マップを記憶しており、この上限電流マップを参照して、タイマ値 t (経過時間) に応じた上限電流 I_{max} を設定する。この上限電流マップは、上限電流 I_{max} を時間経過とともに初期値 I_{max0} から徐々に低減させる特性を有するが、モータ半異常判定フラグ F_m が「1」に設定されている場合、つまり、モータ 2 0 の半異常状態が検出されている場合と、回路半異常判定フラグ F_q が「1」に設定されている場合、つまり、モータ駆動回路 4 0 の半異常状態が検出されている場合とで、その特性が異なるように設定されている。

[0134] 例えば、モータ 2 0 の半異常状態が検出されてからの残存寿命が、モータ駆動回路 4 0 の半異常状態が検出されてから残存寿命よりも短い場合には、図 1 7 のように、モータ 2 0 の半異常状態が検出された場合の停止設定時間 t_{1m} を、モータ駆動回路 4 0 の半異常状態が検出され場合の停止設定時間 t_{1q} よりも短くするとよい。尚、モータ 2 0 とモータ駆動回路 4 0 とで残存寿命の関係が逆になる場合には、この特性を逆にして、停止設定時間 t_{1m} を停止設定時間 t_{1q} よりも長く設定するとよい。

[0135] マイコン 6 0 は、ステップ S 8 4 において、上限電流マップを参照して上限電流 I_{max} を設定すると、続くステップ S 8 5 において、タイマ値 t が予め設定された停止設定時間 t_{1m} に達したか否かを判断する。タイマ値 t が停止設定時間 t_{1m} に到達していない場合には、モータ制限値設定ルーチンを一旦終了する。

[0136] マイコン 6 0 は、こうした処理を所定の周期で繰り返す。これにより、経過時間 t が増加していくにしたがって徐々に減少する上限電流 I_{max} が設定されることになる。従って、時間経過とともにモータ 2 0 の作動制限が大きく

(厳しく) になっていく。そして、経過時間 t が停止設定時間 t_{1m} に到達すると (S85: Yes)、マイコン60は、ステップS86において、操舵アシストを停止し、それ以降の操舵アシスト制御を禁止する。また、内部抵抗値判定ルーチンおよびモータ制限値設定ルーチンを終了する。

[0137] 一方、回路半異常判定フラグ F_q が「1」に設定された場合には (S82: Yes)、ステップS87において、タイマ値 t を値1だけインクリメントする。このタイマ値 t は、回路半異常判定フラグ F_q が「1」に設定されてからの経過時間、つまり、モータ駆動回路40の半異常状態が検出されてからの経過時間を表す。タイマ値 t の初期値は、ゼロに設定されている。

[0138] 続いて、マイコン60は、ステップS88において、上限電流マップ (図17) を参照してタイマ値 t に応じた上限電流 I_{max} を計算する。続いて、ステップS89において、タイマ値 t が予め設定された停止設定時間 t_{1q} に達したか否かを判断する。タイマ値 t が停止設定時間 t_{1q} に到達していない場合には、モータ制限値設定ルーチンを一旦終了する。

[0139] マイコン60は、こうした処理を所定の周期で繰り返す。これにより、経過時間 t が増加していくにしたがって徐々に減少する上限電流 I_{max} が設定されることになる。従って、時間経過とともにモータ20の作動制限が大きく (厳しく) になっていく。そして、経過時間 t が停止設定時間 t_{1q} に到達すると (S89: Yes)、マイコン60は、ステップS86において、操舵アシストを停止し、それ以降の操舵アシスト制御を禁止する。また、内部抵抗値判定ルーチンおよびモータ制限値設定ルーチンを終了する。

[0140] この変形例2-2によれば、モータ20が半異常状態になった場合と、モータ駆動回路40が半異常状態になった場合とで、それぞれ独立した上限電流 I_{max} の特性および停止設定時間 t_1 が設定される。つまり、半異常が発生した部位に応じて、上限電流 I_{max} の特性および停止設定時間 t_1 が切り替えられる。これにより、半異常部位の劣化進行度合に応じた適切な操舵アシストを実行することができる。また、半異常部位の残存寿命に応じた適切な操舵アシスト実行可能期間を設定することができる。この結果、一層適切にモ

ータ 20 の作動制限を行うことができる。

[0141] <変形例 2-3 : 最大電圧による作動制限>

モータ 20 の作動制限については、モータ 20 に印加する最大電圧を制限する構成を採用することもできる。例えば、目標指令電圧 V^* の上限値である上限指令電圧 $V_{\max}$ を内部抵抗値に応じた値に設定する。この場合、マイコン 60 は、図 19 に示すようなモータ抵抗用上限指令電圧マップ、および、図 20 に示すような回路抵抗用上限指令電圧マップを記憶している。モータ抵抗用上限指令電圧マップは、内部抵抗値 R_m が大きくなるにしたがってモータ抵抗用上限指令電圧 $V_{\max_m}$ を小さくする特性を有する。また、回路抵抗用上限指令電圧マップは、内部抵抗値 R_q が大きくなるにしたがって回路抵抗用上限指令電圧 $V_{\max_q}$ を小さくする特性を有する。

[0142] マイコン 60 は、図 18 に示すモータ制限値設定ルーチンを実行する。このモータ制限値設定ルーチンは、実施形態におけるモータ制限値設定ルーチン(図 6) を一部変更したものである。以下、実施形態と同じ処理については、図面に実施形態と同一のステップ番号を付して説明を省略する。

[0143] マイコン 60 は、ステップ S40 において、モータ 20 が半異常であると判定した場合には、ステップ S91 において、図 19 に示すモータ抵抗用上限指令電圧マップを参照して、モータ抵抗用上限指令電圧 $V_{\max_m}$ を設定する。また、ステップ S42 において、モータ駆動回路 40 が半異常であると判定した場合には、ステップ S93 において、図 20 に示す回路抵抗用上限指令電圧マップを参照して、回路抵抗用上限指令電圧 $V_{\max_q}$ を設定する。

[0144] マイコン 60 は、モータ抵抗用上限指令電圧 $V_{\max_m}$ が回路抵抗用上限指令電圧 $V_{\max_q}$ よりも大きい場合には (S94 : Yes)、ステップ S95 において、上限指令電圧 $V_{\max}$ を回路抵抗用上限指令電圧 $V_{\max_q}$ に設定する。逆に、モータ抵抗用上限指令電圧 $V_{\max_m}$ が回路抵抗用上限指令電圧 $V_{\max_q}$ 以下となる場合には (S94 : No)、ステップ S96 において、上限指令電圧 $V_{\max}$ をモータ抵抗用上限指令電圧 $V_{\max_m}$ に設定する。これにより、上限指令電圧 $V_{\max}$ は、モータ抵抗用上限指令電圧 $V_{\max_m}$ と回路抵抗用上限指令

電圧 $V_{\max_q}$ とのうち、小さい方の値が設定される。

[0145] この上限指令電圧 $V_{\max}$ は操舵アシスト制御ルーチンに使用される。図 2 1 は、変形例としての操舵アシスト制御ルーチンを表す。この操舵アシスト制御ルーチンは、実施形態における操舵アシスト制御ルーチン(図 3) を一部変更したものである。以下、実施形態と同じ処理については、図面に実施形態と同一のステップ番号を付して説明を省略する。

[0146] マイコン 6 0 は、ステップ S 3 において必要電流 I^* を計算すると、ステップ S 8 において、この必要電流 I^* を目標電流 I_{m^*} に設定して、目標電流 I_{m^*} から電流センサ 3 1 により検出されたモータ実電流 I_m を減算した偏差 ΔI を算出し、この偏差 ΔI を使った P I 制御(比例積分制御)により、モータ実電流 I_m が目標電流 I_{m^*} に追従するための目標指令電圧 V^* を計算する。

[0147] 続いて、マイコンは、ステップ S 1 0 1 において、上述したモータ制限値設定ルーチンで計算した上限指令電圧 $V_{\max}$ を読み込む。続いて、ステップ S 1 0 2 において、目標指令電圧 V^* が上限指令電圧 $V_{\max}$ よりも大きいかなかを判断し、目標指令電圧 V^* が上限指令電圧 $V_{\max}$ よりも大きい場合には、ステップ S 1 0 3 において、目標指令電圧 V^* を上限指令電圧 $V_{\max}$ に設定する。一方、目標指令電圧 V^* が上限指令電圧 $V_{\max}$ 以下であれば、ステップ S 1 0 3 の処理を飛ばす。つまり、目標指令電圧 V^* を変更しない。

[0148] この変形例 2 - 3 においては、モータ 2 0 あるいはモータ駆動回路 4 0 が半異常状態となった場合には、半異常の程度に応じた上限指令電圧 $V_{\max}$ を設定するため、実施形態と同様の作用効果を得ることができる。

[0149] <変形例 2 - 4 : 経過時間に応じた電圧制限>

上記変形例 2 - 1 においては、上限電流 $I_{\max}$ を時間の経過とともに徐々に低減させるようにしたが、この変形例 2 - 4 においては、それに代えて、図 2 2 に示すように、上限指令電圧 $V_{\max}$ を時間の経過とともに徐々に低減させる。この場合、マイコン 6 0 は、図 1 3 に示す内部抵抗値判定ルーチンと、図 1 4 に示すモータ制限値設定ルーチンと、図 2 1 に示す操舵アシスト制御

ルーチンと同様の処理を実行する。但し、マイコン60は、図22に示すような特性を有する上限指令電圧マップを記憶しており、モータ制限値設定ルーチン（図14）のステップS63においては、上限電流 I_{max} の設定に代えて、この上限指令電圧マップを参照した上限指令電圧 V_{max} の設定を行う。

[0150] 従って、マイコン60は、モータ20あるいはモータ駆動回路40の半異常状態を検出すると、半異常状態を最初に検出してから経過時間 t をカウントし、上限指令電圧 V_{max} を、正常時における上限指令電圧 V_{max0} を初期値として、時間経過とともに初期値 V_{max0} から徐々に低減させる。そして、経過時間 t が停止設定時間 t_1 に到達すると（S64：Yes）、操舵アシストを停止する。この変形例2-4においても、変形例2-1と同様に、マイコン60は、タイマ値 t を不揮発性メモリに記憶保持して累積時間をカウントする。

[0151] この変形例2-4によれば、モータ20あるいはモータ駆動回路40の半異常状態が検出された場合、その時点から、内部抵抗値の経時変化に応じた上限指令電圧 V_{max} を設定するため、モータ20の作動制限を適切に行うことができる。

[0152] <変形例2-5：半異常発生部位に応じた電圧制限>

上記変形例2-2においては、上限電流 I_{max} を時間の経過とともに徐々に低減させ、かつ、モータ20の半異常状態が検出された場合と、モータ駆動回路40の半異常状態が検出された場合とで、特性の異なる上限電流マップを使用して上限電流 I_{max} を計算したが、この変形例2-5においては、上限電流 I_{max} に代えて、上限指令電圧 V_{max} を時間の経過とともに徐々に低減させる。この場合、マイコン60は、図15に示す内部抵抗値判定ルーチンと、図16に示すモータ制限値設定ルーチンと、図21に示す操舵アシスト制御ルーチンと同様の処理を実行する。

[0153] 但し、マイコン60は、図23に示すような特性を有する上限指令電圧マップを記憶しており、モータ制限値設定ルーチン（図16）のステップS84、S88においては、この上限指令電圧マップを参照して、上限指令電圧

V_{max} を設定する。また、ステップS85, S89においては、この上限指令電圧マップで設定される停止設定時間 t_{1m} または停止設定時間 t_{1q} にて操舵アシストを停止する。

[0154] この上限指令電圧マップは、上限指令電圧 V_{max} を時間経過とともに初期値 V_{max0} から徐々に低減させる特性を有するが、モータ半異常判定フラグ F_m が「1」に設定されている場合、つまり、モータ20の半異常状態が検出されている場合と、回路半異常判定フラグ F_q が「1」に設定されている場合、つまり、モータ駆動回路40の半異常状態が検出されている場合とで、その特性が異なるように設定されている。

[0155] 図23は、モータ20の半異常状態が検出されてからの残存寿命が、モータ駆動回路40の半異常状態が検出されてから残存寿命よりも短い場合の、上限指令電圧 V_{max} の設定例を表す。この例では、モータ20の半異常状態が検出された場合には、停止設定時間 t_{1m} が設定され、モータ駆動回路40の半異常状態が検出された場合には、停止設定時間 t_{1m} よりも長い停止設定時間 t_{1q} が設定される。尚、モータ20とモータ駆動回路40とで残存寿命の関係が逆になる場合には、この特性を逆にして、停止設定時間 t_{1m} を停止設定時間 t_{1q} よりも長く設定するとよい。

[0156] この変形例2-5によれば、モータ20が半異常状態になった場合と、モータ駆動回路40が半異常状態になった場合とで、それぞれ独立した上限指令電圧 V_{max} の特性および停止設定時間 t_1 が設定される。つまり、半異常が発生した部位に応じて、上限指令電圧 V_{max} の特性および停止設定時間 t_1 が切り替えられる。これにより、半異常部位の劣化進行度合に応じた適切な操舵アシストを実行することができる。また、半異常部位の残存寿命に応じた適切な操舵アシスト実行可能期間を設定することができる。この結果、一層適切にモータ20の作動制限を行うことができる。

[0157] <変形例2-6：目標アシストトルクによる作動制限>

モータ20の作動制限については、モータ20あるいはモータ駆動回路40の半異常状態が検出されたときに、目標アシストトルク t_{r*} を正常時に

比べて小さくするようにしてもよい。例えば、操舵アシスト制御ルーチン（図3）のステップS2において、アシストマップから設定された目標アシストトルク t_{r*} に制限係数 K ($0 \leq K < 1$) を乗じ、その計算値 ($t_{r*} \times K$) を、最終的な目標アシストトルク t_{r*} に設定するような補正を行うようにしてもよい。この場合、制限係数 K は、モータ20あるいはモータ駆動回路40の内部抵抗値が大きくなるにしたがって小さな値に設定されると良い。

[0158] また、半異常状態を最初に検出してから経過時間 t を測定し、制限係数 K を、正常時における値「1」から徐々に低減させるようにして、経過時間 t が停止設定時間 t_1 に達したときに、操舵アシストを停止するようにしてもよい。

[0159] また、モータ20あるいはモータ駆動回路40の半異常状態が検出された場合には、車速 v_x に関わらず、常に、高速走行時のアシストマップの特性を使って目標アシストトルク t_{r*} を設定するようにしてもよい（図4参照）。これによれば、目標アシストトルク t_{r*} が正常時に比べて小さく設定されてモータ20の作動が制限される。

[0160] <変形例2-7：推定温度による電流制限との組み合わせ>

上記実施形態においては、モータ20の内部抵抗値 R_m とモータ駆動回路40の内部抵抗値 R_q とに基づいて上限電流 I_{max} を設定しているが、これに加えて、モータ推定温度 T_m と基板温度 T_b とを考慮して上限電流 I_{max} を設定するようにしてもよい。図24は、マイコン60により所定の周期で実行されるモータ制限値設定ルーチンを表す。このモータ制限値設定ルーチンを実行するにあたって、マイコン60は、図25（a）に示すように、モータ推定温度 T_m とモータ温度用上限電流 I_{max_Tm} との関係を設定したモータ温度用上限電流マップと、図25（b）に示すように、基板温度 T_b と基板温度用上限電流 I_{max_Tb} との関係を設定した基板温度用上限電流マップとを記憶している。モータ温度用上限電流マップは、モータ推定温度 T_m が高くなるにしたがってモータ温度用上限電流 I_{max_Tm} を小さくする特性を有し、基

板温度用上限電流マップは、基板温度 T_b が高くなるにしたがって基板温度用上限電流 $I_{\max_Tb}$ を小さくする特性を有する。

[0161] モータ制限値設定ルーチン（図 24）は、操舵アシスト制御ルーチンと並行して所定の短い周期で繰り返される。マイコン 60 は、ステップ S 111 において、電流センサ 31 により検出されるモータ実電流 I_m と基板温度センサ 35 により検出される基板温度 T_b を読み込む。続いて、ステップ S 112 において、モータ推定温度 T_m を計算する。モータ推定温度 T_m は、モータ 20 の発熱による温度上昇分を表すもので、電流センサ 31 により検出されるモータ実電流 I_m の二乗積算値を使って計算することができる。温度推定用電流二乗積算値 SUM は、次式（11）にて計算される。

$$SUM(n) = SUM(n-1) + K_{tm} \cdot (I_m^2 - SUM(n-1)) \quad \dots (11)$$

ここで、 K_{tm} は、モータ実電流 I_m の二乗値に応じてモータ 20 が温度変化する程度を表す予め定めた係数である。また、 (n) は、所定の短い周期にて繰り返し実行される上限電流 $I_{\max}$ 設定ルーチンにおける今回の処理により演算される値であることを意味する。従って、 $SUM(n)$ は、今回計算により求めようとする温度推定用電流二乗積算値であり、 $SUM(n-1)$ は、1 演算周期前に算出した温度推定用電流二乗積算値である。

マイコン 60 は、次式（12）に示すように、この温度推定用電流二乗積算値 $SUM(n)$ にモータ温度ゲイン G_m を乗算してモータ推定温度 T_m を算出する。

$$T_m = G_m \cdot SUM(n) \quad \dots (12)$$

[0162] この計算にあたっては、 $SUM(n-1)$ の初期値が必要となる。 $SUM(n-1)$ の初期値は、例えば、操舵アシスト制御ルーチンを終了したときの温度推定用電流二乗積算値 $SUM(n)$ を不揮発性メモリに記憶しておき、次の操舵アシスト制御ルーチンが開始されたときに、その記憶した温度推定用電流二乗積算値 $SUM(n)$ から、放熱による温度変化分（ ΔT ）を減算して求めるようにしてもよい。温度変化分（ ΔT ）は、例えば、基板温度 T_b の温度変化量

に基づいて算出することができる。また、モータ 20 の作動停止期間が長い場合には、SUM(n-1) の初期値をゼロに設定することができる。

[0163] 続いて、マイコン 60 は、ステップ S 113 において、モータ温度用上限電流マップを参照して、モータ推定温度 T_m からモータ温度用上限電流 I_{max_Tm} を計算する。続いて、ステップ S 114 において、基板温度用上限電流マップを参照して、基板温度 T_b から基板温度用上限電流 I_{max_Tb} を計算する。

[0164] 続いて、マイコン 60 は、ステップ S 115 において、モータ温度用上限電流 I_{max_Tm} と基板温度用上限電流 I_{max_Tb} とを比較し、ステップ S 116, S 117 において、小さい方の値を温度用上限電流 I_{max_T} に設定する。

[0165] 続いて、マイコン 60 は、ステップ S 118 において、実施形態におけるモータ制限値設定ルーチンのステップ S 45, S 46 で設定した上限電流 I_{max} が温度用上限電流 I_{max_T} より大きいかなんかを判断し、上限電流 I_{max} が温度用上限電流 I_{max_T} より大きい場合には (S 118 : Yes)、ステップ S 119 において、上限電流 I_{max} を温度用上限電流 I_{max_T} の値に変更する ($I_{max} \leftarrow I_{max_T}$)。一方、上限電流 I_{max} が温度用上限電流 I_{max_T} 以下の場合には (S 118 : No)、ステップ S 119 の処理をスキップする。

[0166] マイコン 60 は、このようにして上限電流 I_{max} を設定するとモータ制限値設定ルーチンを一旦終了する。マイコン 60 は、操舵アシスト制御ルーチンのステップ S 4 において、このモータ制限値設定ルーチンで設定された上限電流 I_{max} を読み込む。

[0167] この変形例 2-7 によれば、モータ 20 の内部抵抗値 R_m と、モータ推定温度 T_m と、モータ駆動回路 40 の内部抵抗値 R_q と、基板温度 T_b とに基づいてそれぞれ上限電流を設定し、それらの上限電流の最も小さい値を使ってモータ 20 の上限電流を設定する。従って、モータ 20 およびモータ駆動回路 40 を一層適正に保護して延命を図ることができる。

[0168] <変形例 2-8 : 温度ゲインによる作動制限>

上記実施形態においては、モータ 20 あるいはモータ駆動回路 40 の半異

常状態が検出されたときに、内部抵抗値に応じた上限電流 $I_{\max}$ を設定してモータ 20 の作動を制限しているが、この変形例 2-8 では、内部抵抗値に応じた温度ゲインを設定することにより上限電流 $I_{\max}$ を変更する。

[0169] この変形例 2-8 においては、マイコン 60 は、操舵アシスト制御ルーチンのステップ S 4 において使用する上限電流 $I_{\max}$ をモータ推定温度 T_m および基板温度 T_b に基づいて設定する。例えば、変形例 2-7 におけるステップ S 111 ~ S 117 と同様の処理を行って、温度用上限電流 $I_{\max_T}$ を計算し、この温度用上限電流 $I_{\max_T}$ を、操舵アシスト制御ルーチンで使用する上限電流 $I_{\max}$ に設定する。

[0170] この場合、マイコン 60 は、ステップ S 112 でモータ推定温度 T_m を計算するとき、モータ 20 の内部抵抗値 R_m に応じて設定されるモータ温度ゲイン G_m を使用する。モータ推定温度 T_m は、次式 (12) にて計算される。

$$T_m = G_m \cdot \text{SUM}(n) \quad \dots (12)$$

従って、この式におけるモータ温度ゲイン G_m を内部抵抗値 R_m に応じて可変することで、モータ推定温度 T_m を調整することができる。

[0171] マイコン 60 は、図 26 (a) に示す特性のモータ温度ゲインマップを記憶しており、このモータ温度ゲインマップを参照して内部抵抗値 R_m からモータ温度ゲイン G_m (≥ 1) を計算する。モータ温度ゲインマップは、モータ 20 の内部抵抗値 R_m が大きくなるにしたがってモータ温度ゲイン G_m が増加する特性を有する。従って、モータ推定温度 T_m は、モータ 20 の内部抵抗値 R_m が大きくなるにしたがって高くなる。

[0172] また、マイコン 60 は、ステップ S 114 で基板温度用上限電流 $I_{\max_Tb}$ を設定する場合、基板温度 T_b を基板温度ゲイン G_b で補正する。つまり、次式 (13) に示すように、基板温度センサ 35 にて検出される基板温度 T_b に基板温度ゲイン G_b を乗算した値を、最終的な基板温度 T_b に設定する。

$$T_b = G_b \cdot T_b \quad \dots (13)$$

従って、この式における基板温度ゲイン G_b をモータ駆動回路40の内部抵抗値 R_q に応じて可変することで、基板温度 T_b を調整することができる。

[0173] マイコン60は、図26(b)に示す特性の基板温度ゲインマップを記憶しており、この基板温度ゲインマップを参照して内部抵抗値 R_q から基板温度ゲイン G_b (≥ 1)を計算する。基板温度ゲインマップは、モータ駆動回路40の内部抵抗値 R_q が大きくなるにしたがって基板温度ゲイン G_b が増加する特性を有する。従って、基板温度 T_b は、モータ駆動回路40の内部抵抗値 R_q が大きくなるにしたがって高くなる。

[0174] この変形例2-8によれば、モータ20の内部抵抗値 R_m が増加して半異常状態となった場合には、計算上のモータ推定温度 T_m が上昇するため、これに伴って上限電流 I_{max} が低下する(図25(a)参照)。従って、モータ20に流れる電流を正常時に比べて制限することができる。また、モータ駆動回路40の内部抵抗値 R_q が増加して半異常状態となった場合には、計算上の基板温度 T_b が上昇するため、これに伴って上限電流 I_{max} が低下する(図25(b)参照)。従って、モータ20に流れる電流を正常時に比べて制限することができる。

[0175] また、モータ温度ゲインマップと基板温度ゲインマップとを独自の特性に設定することができるため、半異常状態が発生した部位に応じた適正なモータ20の作動制限を行うことができる。

[0176] <変形例3：半異常状態の判定>

上記実施形態においては、測定した内部抵抗値 R_m 、 R_q と、予め設定した判定値((R_{ref_m1} , R_{ref_m2}), (R_{ref_q1} , R_{ref_q2}))との比較により半異常状態を判定しているが(S40, S42参照)、半異常状態の判定方法については、種々の手法を採用することができる。

[0177] <変形例3-1：内部抵抗値の初期値に基づく判定>

例えば、最初に測定した内部抵抗値を初期値として設定し、この初期値からの変動に基づいて半異常状態を判定するようにしても良い。この場合、最

初に測定した内部抵抗値を初期値 R_{m0} , R_{q0} として不揮発性メモリ（図示略）に記憶しておき、その後、内部抵抗値を測定する度に、ステップ S 40 及びステップ S 42 において、測定した内部抵抗値 R_m , R_q と初期値 R_{m0} , R_{q0} とを比較するようにする。

[0178] 判定に際しては、例えば、測定した内部抵抗値の初期値に対する増加幅（ $R_m - R_{m0}$, $R_q - R_{q0}$ ）あるいは増加率（ R_m / R_{m0} , R_q / R_{q0} ）を計算し、その増加幅あるいは増加率が予め設定した第 1 基準値を超えている場合に半異常状態であると判定し、第 1 基準値より大きな第 2 基準値を超えている場合に異常状態であると判定するとよい。尚、スイッチング素子 Q 1, Q 2, Q 3, Q 4 の内部抵抗値の初期値 R_{q0} は、例えば、最初に測定した内部抵抗値 R_{q1} , R_{q2} , R_{q3} , R_{q4} の任意の値を採用しても良いし、平均値あるいは最大値あるいは最小値を採用してもよい。また、個々のスイッチング素子 Q 1, Q 2, Q 3, Q 4 の内部抵抗値 R_{q1} , R_{q2} , R_{q3} , R_{q4} の増加幅あるいは増加率を計算し、その増加幅あるいは増加率に基づいて判定するようにしてもよい。この場合、4 つの増加幅あるいは増加率の最大値を基準値と比較するようにするとよい。

[0179] <変形例 3-2：判定値の温度補正>

測定した内部抵抗値 R_m , R_q を判定するための判定値（ (R_{ref_m1}, R_{ref_m2}) , (R_{ref_q1}, R_{ref_q2}) ）が温度補正される構成であってもよい。マイコン 60 は、モータ実電流 I_m に基づいてモータ 20 の温度 T_m を推定する機能と、基板温度センサ 35 により基板温度 T_b を検出する機能を備えている。従って、モータ 20 の推定温度 T_m に基づいて、モータ 20 の半異常状態を判定する判定値（ R_{ref_m1} および R_{ref_m2} ）を補正することができる。また、基板温度 T_b に基づいて、モータ駆動回路 40 の半異常状態を判定する判定値（ R_{ref_q1} および R_{ref_q2} ）を補正することができる。

[0180] モータ 20 の推定温度 T_m と内部抵抗値 R_m との関係、および、基板温度 t_b と内部抵抗値 R_q との関係は、予め実験により求めることができる。従って、推定温度 T_m と補正係数との関係を表す補正マップ、基板温度 t_b と

補正係数との関係を表す補正マップをマイコン60に記憶しておくことができる。

- [0181] マイコン60は、ステップS40において、モータ内部抵抗値 R_m に基づいて、モータ20の正常、異常、半異常を判定するにあたって、モータ20の推定温度 T_m を読み込む。そして、補正マップを参照して推定温度 T_m に応じた補正係数を設定し、この補正係数を判定値(R_{ref_m1} , R_{ref_m2})に乘算した値を、新たな判定値(R_{ref_m1} , R_{ref_m2})とする。マイコン60は、この補正された判定値(R_{ref_m1} , R_{ref_m2})を使って、モータ20の正常、異常、半異常を判定する。尚、モータ20の推定温度 T_m は、上述の変形例2-7で説明した方法で計算することができる。
- [0182] 同様に、マイコン60は、ステップS42において、回路内部抵抗値 R_q に基づいて、モータ駆動回路40の正常、異常、半異常を判定するにあたって、基板温度センサ35により検出される基板温度 T_b を読み込む。そして、補正マップを参照して基板温度 T_b に応じた補正係数を設定し、この補正係数を判定値(R_{ref_q1} , R_{ref_q2})に乘算した値を、新たな判定値(R_{ref_q1} , R_{ref_q2})とする。マイコン60は、この補正された判定値(R_{ref_q1} , R_{ref_q2})を使って、モータ駆動回路40の正常、異常、半異常を判定する。
- [0183] この変形例3-2によれば、モータ20およびモータ駆動回路40の内部抵抗に関する状態(正常、異常、半異常)をさらに高精度に判定することができる。
- [0184] <変形例3-3: 電圧変化に基づく判定>
- 上記実施形態においては、モータ20の内部抵抗値 R_m とモータ駆動回路40の内部抵抗値 R_q とを測定したが、必ずしも内部抵抗値を測定する必要はない。例えば、モータ20の端子間電圧の経時変化に基づいて半異常状態を検出することができる。
- [0185] この変形例3-3においては、マイコン60は、図27に示すモータ制限値設定ルーチンを実行する。この変形例3-3のモータ制限値設定ルーチン

は、実施形態のモータ制限値設定ルーチン（図6）のステップS20からステップS46の処理を変更したものである。以下、実施形態と同じ処理については、図面に実施形態と同一のステップ番号を付して説明を省略する。

[0186] マイコン60は、電動パワーステアリング装置1のシステムが正常に起動した場合には（S13：Yes）、続く、ステップS120において、予め設定したデューティ比 α にてスイッチング素子Q1、Q4をオンオフ作動させる。続いて、ステップS121において、そのときの第1モータ端子間V1と第2モータ端子電圧V2と電源電圧Vccとを測定する。続いて、マイコン60は、ステップS122において、電源電圧Vccにデューティ比 α を乗算した値（ $\alpha \times V_{cc}$ ）と、モータ20の端子間電圧（ $V1 - V2$ ）との偏差 $\Delta V1$ （ $= | (\alpha \times V_{cc}) - (V1 - V2) |$ ）を計算する。

[0187] 続いて、マイコン60は、ステップS123において、デューティ比 α にてスイッチング素子Q2、Q3をオンオフ作動させる。続いて、ステップS124において、そのときの第1モータ端子間V1と第2モータ端子電圧V2と電源電圧Vccとを測定する。続いて、マイコン60は、ステップS125において、電源電圧Vccにデューティ比 α を乗算した値（ $\alpha \times V_{cc}$ ）と、モータ20の端子間電圧（ $V2 - V1$ ）との偏差 $\Delta V2$ （ $= | (\alpha \times V_{cc}) - (V2 - V1) |$ ）を計算する。

[0188] 続いて、マイコン60は、ステップS126～S128において、偏差 $\Delta V1$ と偏差 $\Delta V2$ との大きい方の値を偏差 ΔV に設定する。尚、偏差 $\Delta V1$ と偏差 $\Delta V2$ の測定は、交互に複数回行うようにして、それらの平均値を求めるようにしてもよい。

[0189] モータ20の内部抵抗値とモータ駆動回路40の内部抵抗値がともに正常であれば、偏差 ΔV は小さな値となるが、モータ20の内部抵抗値あるいはモータ駆動回路40の内部抵抗値が増加すると偏差 ΔV が増大する。このことを利用して、マイコン60は、ステップS129において、偏差 ΔV に基づいて、モータ20およびモータ駆動回路40からなるモータ通電路の正常、半異常、異常を判定する。例えば、最初に測定した偏差 ΔV を初期値 ΔV

0として不揮発性メモリ（図示略）に記憶しておき、その後は、ステップS122で計算した偏差 ΔV と初期値 ΔV_0 とを比較して判定する。

[0190] 判定に際しては、例えば、偏差 ΔV の初期値 ΔV_0 に対する増加幅（ $\Delta V - \Delta V_0$ ）あるいは増加率（ $\Delta V / \Delta V_0$ ）を計算し、その増加幅あるいは増加率が予め設定した第1基準値を超えている場合に半異常状態であると判定し、第1基準値より大きな第2基準値を超えている場合に異常状態であると判定するとよい。尚、初期値 ΔV_0 に代えて、予め設定された設定値 ΔV_0 と比較して判定してもよい。

[0191] マイコンは、ステップS129において、半異常状態を検出した場合には、ステップS130において、上限電流 I_{max} を設定する。この場合、上限電流 I_{max} は、増加幅（ $\Delta V - \Delta V_0$ ）あるいは増加率（ $\Delta V / \Delta V_0$ ）が大きくなるにしたがって小さな値に設定されるようにするとよい。

[0192] <変形例4：半異常の報知>

アシストECU100にウォーニングランプ94（図1参照）を接続して、モータ20あるいはモータ駆動回路40の半異常状態が検出された場合に、ウォーニングランプ94を点灯させる構成を採用することもできる。これによれば、運転者は、モータ20あるいはモータ駆動回路40が半異常となった段階で、その異常を知ることができる。従って、適切なタイミングで（部品故障が発生する前に）、修理の手配をすることができる。

[0193] 以上、実施形態および変形例にかかる電動パワーステアリング装置1について説明したが、本発明は上記実施形態および変形例に限定されるものではなく、本発明の目的を逸脱しない限りにおいて種々の変更が可能である。

[0194] 例えば、本実施形態においては、モータ20とモータ駆動回路40との両方の内部抵抗値を測定して、その内部抵抗値に応じてモータ20の作動を制限する構成を採用しているが、モータ20とモータ駆動回路40の何れか一方の内部抵抗値を測定して、その内部抵抗値に応じてモータ20の作動を制限する構成を採用してもよい。例えば、モータ20に比べてモータ駆動回路40の信頼性が高い場合には、モータ駆動回路40の内部抵抗値の測定、判

定、モータ作動制限（S20, S40, S41）を省略して、モータ20の内部抵抗値に応じてモータ20の作動を制限するようにしてもよく、逆に、モータ駆動回路40に比べてモータ20の信頼性が高い場合には、モータ20の内部抵抗値の測定、判定、モータ作動制限（S30, S42, S43）を省略して、モータ駆動回路40の内部抵抗値に応じてモータ20の作動を制限するようにしてもよい。

[0195] また、本実施形態においては、モータ駆動回路（Hブリッジ回路）40に使用するスイッチング素子Q1, Q2, Q3, Q4としてMOS—FETを用いているが、これに限るものではなく、他のスイッチング半導体素子を用いることも可能である。

[0196] また、本実施形態および変形例においては、各種のマップを用いて変数を導き出しているが、マップに代えて、関数等を使った計算式を用いるようにしてもよい。

[0197] また、本実施形態においては停止設定時間を設けていないが、例えば、変形例2-1, 2-2, 2-4, 2-5, 2-6のように、半異常状態を検出した場合には、その検出した時点からの経過時間が停止設定時間に到達したら、操舵アシストを停止するようにしてもよい。

[0198] また、変形例3-2においては、測定した内部抵抗値 R_m , R_q と比較する判定値（（ R_{ref_m1} , R_{ref_m2} ）, （ R_{ref_q1} , R_{ref_q2} ））の温度補正を行うようにしているが、測定した内部抵抗値 R_m , R_q を温度補正するようにしてもよい。

[0199] また、本実施形態においては、モータ20の発生するトルクをステアリングシャフト12に付与するコラムアシスト式の電動パワーステアリング装置1について説明したが、モータの発生するトルクをラックバー14に付与するラックアシスト式の電動パワーステアリング装置であってもよい。

請求の範囲

- [請求項1] 操舵ハンドルから入力された操舵トルクを検出する操舵トルク検出手段と、
- 操舵機構に設けられるモータと、
- 前記モータの通電を制御するためのスイッチング素子を備えたモータ駆動回路と、
- 前記操舵トルク検出手段により検出された操舵トルクに基づいて前記モータの制御量を演算する制御量演算手段と、
- 前記制御量演算手段により演算された制御量に従って前記モータ駆動回路のスイッチング素子を制御して、前記モータから操舵アシストトルクを発生させるスイッチ制御手段と
- を備えた電動パワーステアリング装置において、
- 前記モータ駆動回路を介して前記モータに電流が流れる通電路の内部抵抗値が、正常範囲を超え、かつ、前記モータを停止すべき異常範囲に入らない状態となる半異常状態を検出する半異常状態検出手段と、
- 前記半異常状態が検出された場合には、前記内部抵抗値が正常範囲内に入る場合に比べて、前記モータの通電が制限されるように前記モータの制御量を制限する半異常時制御量制限手段と
- を備えたことを特徴とする電動パワーステアリング装置。
- [請求項2] 前記モータの内部抵抗値と前記モータ駆動回路の内部抵抗値とを測定する内部抵抗値測定手段を備え、
- 前記半異常状態検出手段は、前記内部抵抗値測定手段により測定された前記モータの内部抵抗値と前記モータ駆動回路の内部抵抗値の少なくとも一方が前記正常範囲を超え、かつ、前記異常範囲に入らない半異常値となる状態を検出することを特徴とする請求項1記載の電動パワーステアリング装置。
- [請求項3] 前記モータの内部抵抗値が前記半異常値となる場合と、前記モータ

駆動回路の内部抵抗値が前記半異常値となる場合とで、それぞれ独立した前記モータの通電の制限度合を設定する制限度合独立設定手段を備えたことを特徴とする請求項 2 記載の電動パワーステアリング装置。

[請求項 4]

前記モータは、ブラシ付直流モータであり、

前記モータ駆動回路は、前記モータを正回転方向に駆動するときに電流が流れる正回転用通電路と、前記モータを逆回転方向に駆動するときに電流が流れる逆回転用通電路とを有する Hブリッジ回路であり、

前記内部抵抗値測定手段は、前記正回転用通電路に設けられた正回転用スイッチング素子の内部抵抗値と、前記逆回転用通電路に設けられた逆回転用スイッチング素子の内部抵抗値と、前記モータの内部抵抗値とを測定することを特徴とする請求項 2 または請求項 3 記載の電動パワーステアリング装置。

[請求項 5]

前記内部抵抗値測定手段は、前記正回転用スイッチング素子と前記逆回転用スイッチング素子とを交互にオンし、前記正回転用スイッチング素子をオンしているときに前記正回転用スイッチング素子の内部抵抗値を測定し、前記逆回転用スイッチング素子をオンしているときに前記逆回転用スイッチング素子の内部抵抗値を測定することを特徴とする請求項 4 記載の電動パワーステアリング装置。

[請求項 6]

前記半異常時制御量制限手段は、前記内部抵抗値測定手段により測定された内部抵抗値が大きくなるにしたがってモータに流す電流の上限値を小さく設定することを特徴とする請求項 2 ないし請求項 5 の何れか一項記載の電動パワーステアリング装置。

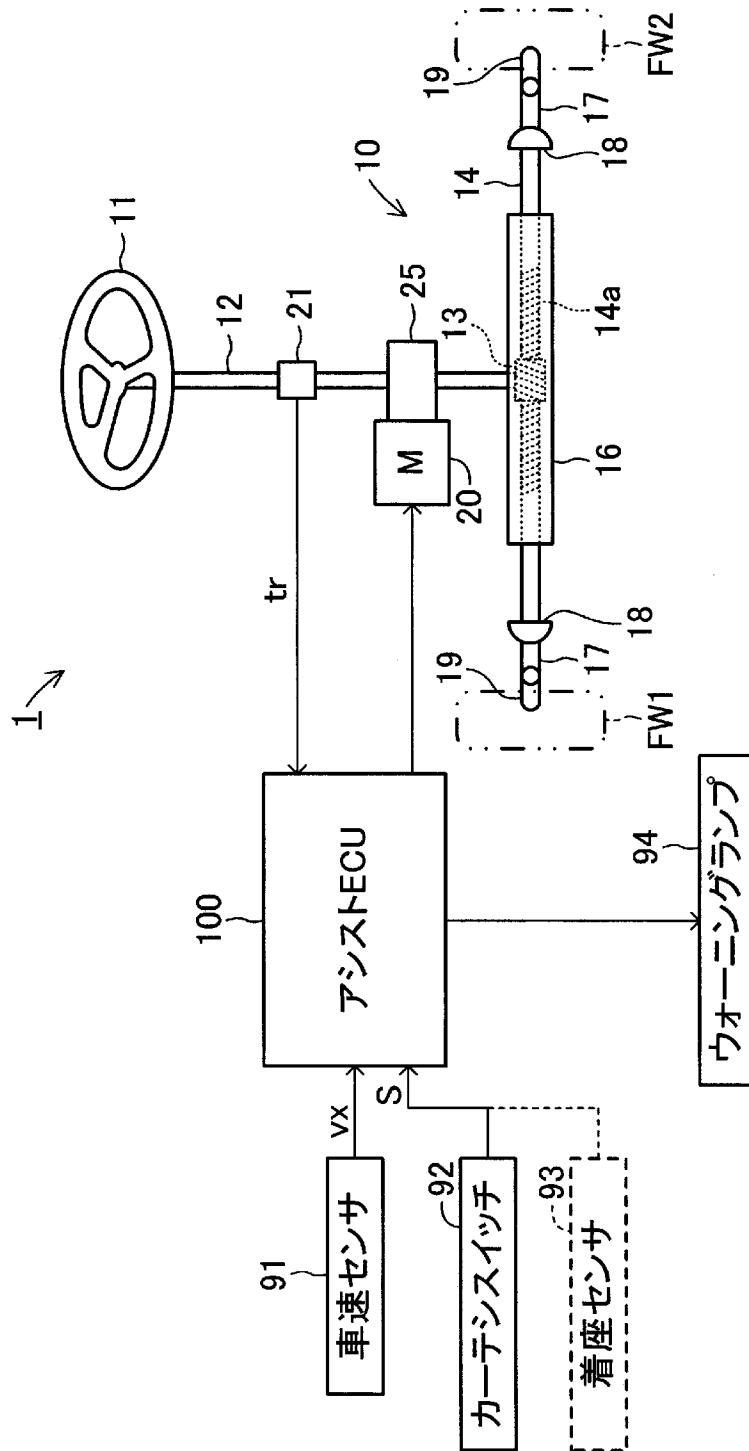
[請求項 7]

前記半異常時制御量制限手段は、前記内部抵抗値測定手段により測定された内部抵抗値が大きくなるにしたがってモータに印加する電圧の上限値を小さく設定することを特徴とする請求項 2 ないし請求項 6 の何れか一項記載の電動パワーステアリング装置。

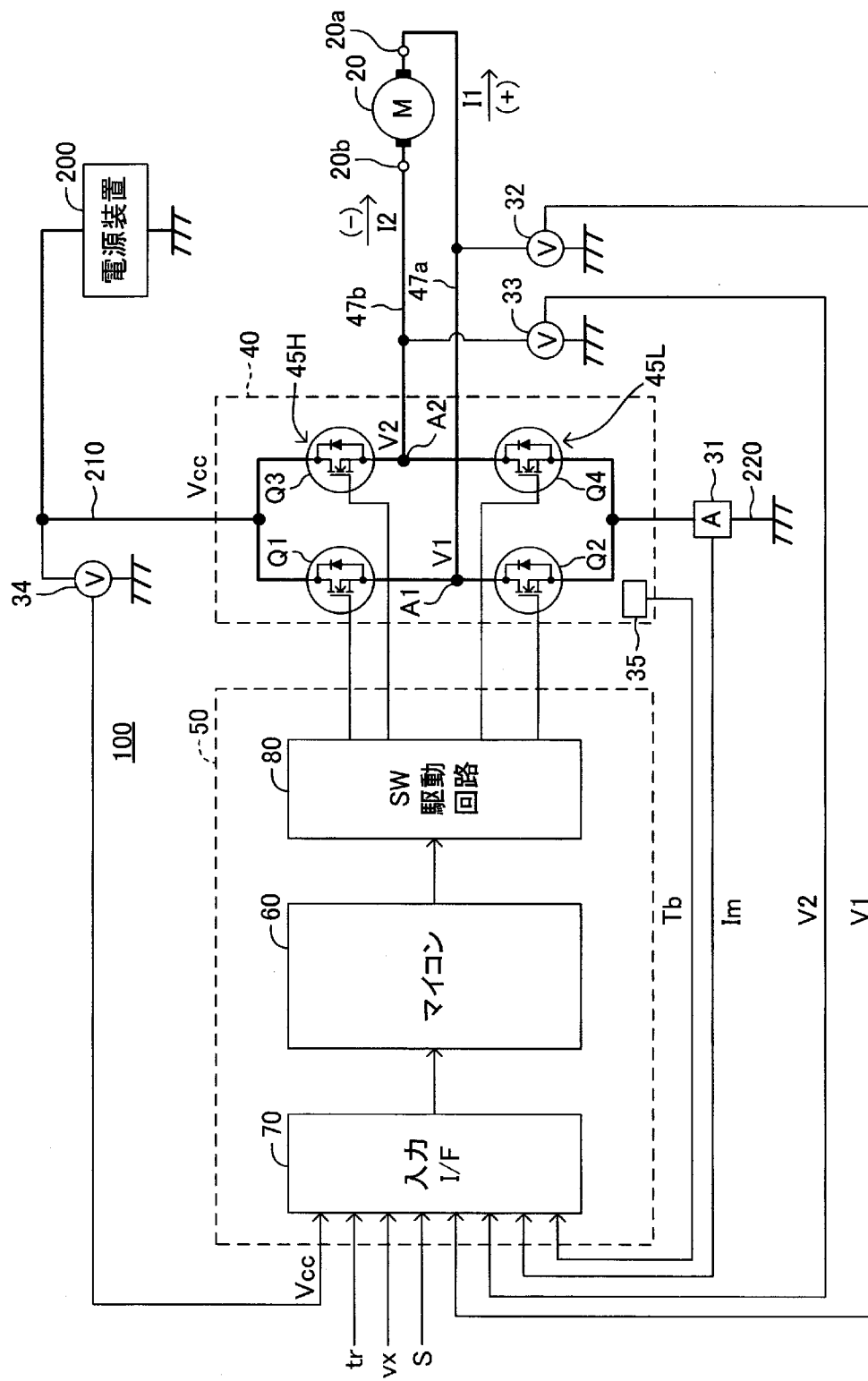
- [請求項8] 前記半異常時制御量制限手段は、前記半異常状態検出手段により半異常状態が検出された場合、前記モータに流す電流の上限値を時間の経過とともに漸減するように設定することを特徴とする請求項1ないし請求項5の何れか一項記載の電動パワーステアリング装置。
- [請求項9] 前記半異常時制御量制限手段は、前記半異常状態検出手段により半異常状態が検出された場合、前記モータに印加する電圧の上限値を時間の経過とともに漸減するように設定することを特徴とする請求項1ないし請求項5の何れか一項記載の電動パワーステアリング装置。
- [請求項10] 前記半異常状態検出手段により半異常状態が検出されてからの経過時間が予め設定された停止時間に到達したとき前記モータの通電を禁止する時間制限手段を備えたことを特徴とする請求項1ないし請求項9の何れか一項記載の電動パワーステアリング装置。
- [請求項11] 前記モータの内部抵抗値が前記半異常値となる場合と、前記モータ駆動回路の内部抵抗値が前記半異常値となる場合とで、前記停止時間を独立して設定する停止時間設定手段を備えたことを特徴とする請求項10記載の電動パワーステアリング装置。
- [請求項12] 前記内部抵抗値測定手段は、車両のドアの開閉状態を表すドア開閉信号、あるいは、運転者の運転座席への着座状態を表す着座信号に基づいて、前記内部抵抗値の測定を開始することを特徴とする請求項2ないし請求項11の何れか一項記載の電動パワーステアリング装置。
- [請求項13] 前記内部抵抗値測定手段は、前記モータ駆動回路に印加される電源電圧と、前記モータに流れるモータ電流と、前記モータの各端子電圧あるいは端子間電圧とに基づいて、前記スイッチング素子の内部抵抗値を計算により求めることを特徴とする請求項2ないし請求項12の何れか一項記載の電動パワーステアリング装置。
- [請求項14] 前記内部抵抗値測定手段は、前記モータに流れるモータ電流と、前記モータの端子間電圧とに基づいて、前記モータの内部抵抗値を計算により求めることを特徴とする請求項2ないし請求項13の何れか一

項記載の電動パワーステアリング装置。

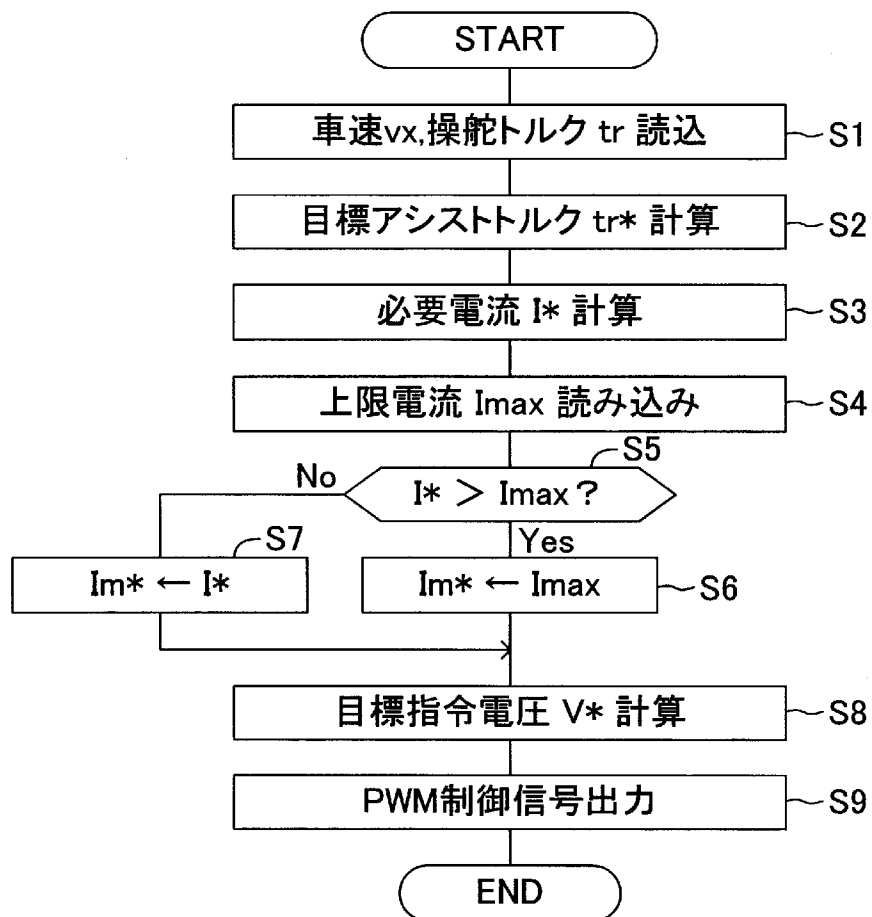
[図1]



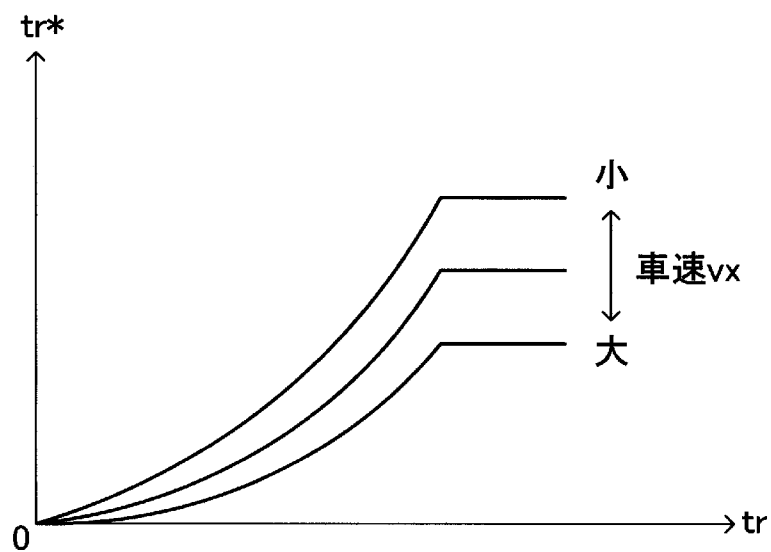
[図2]



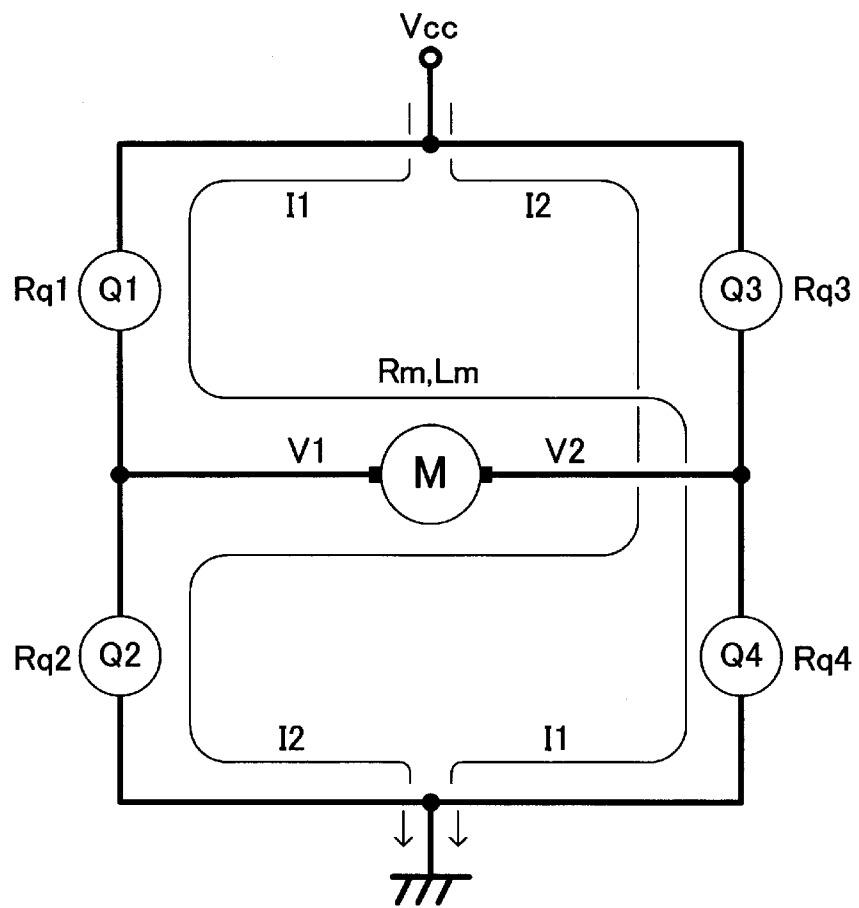
[図3]



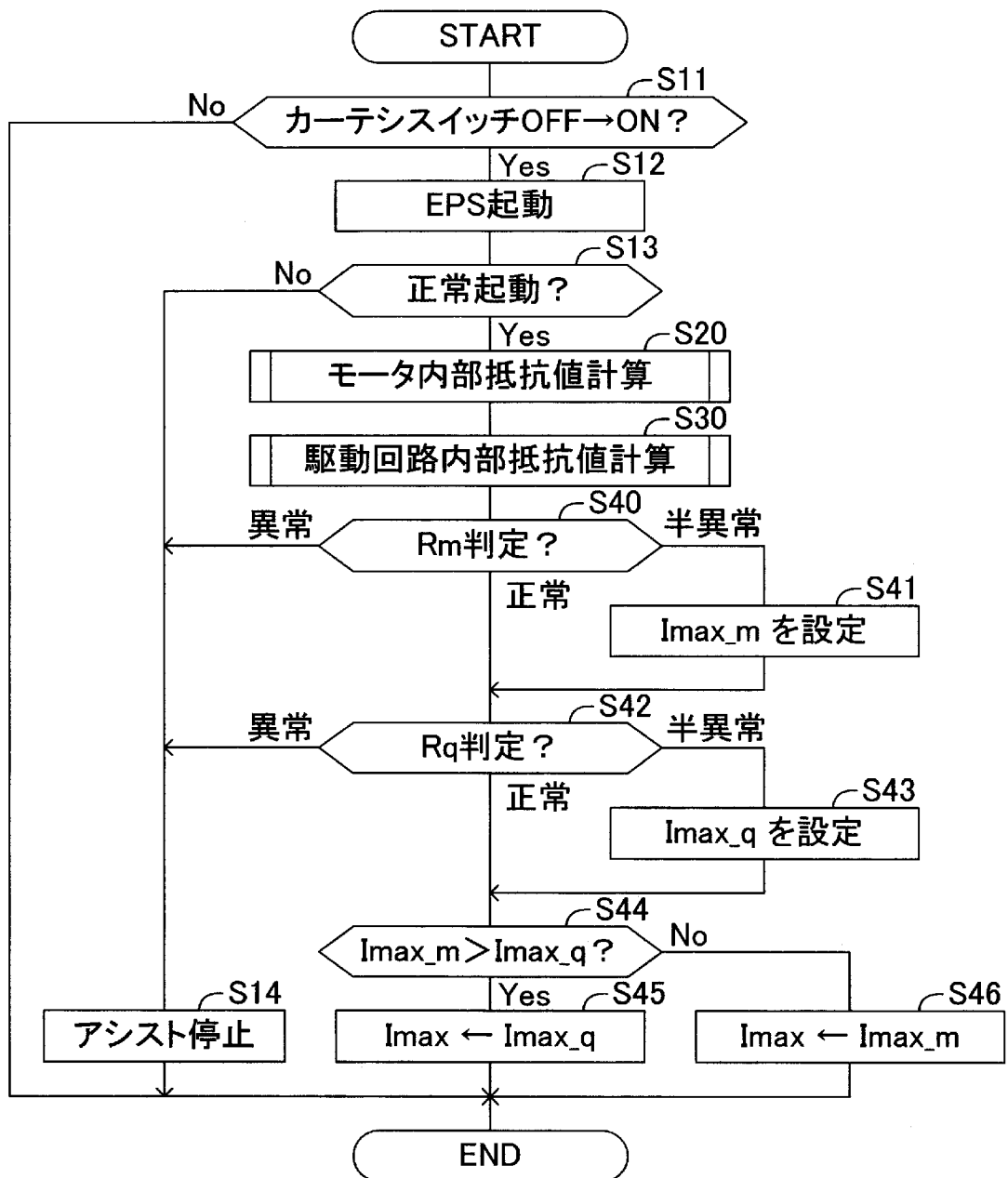
[図4]



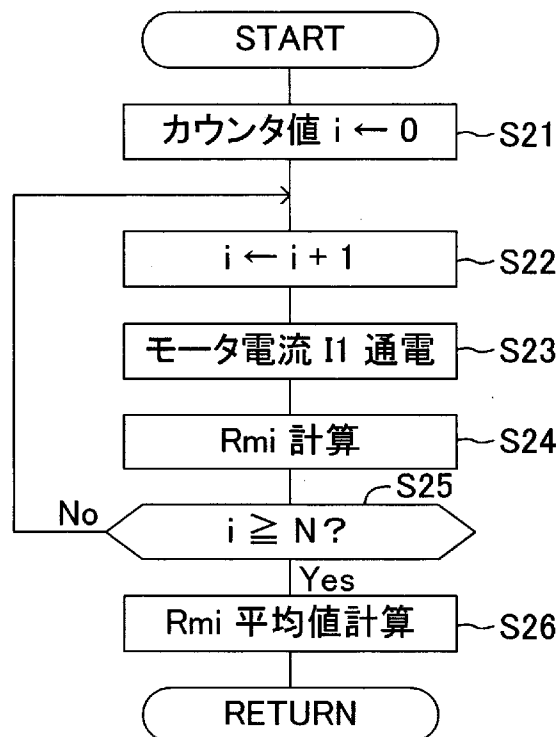
[図5]



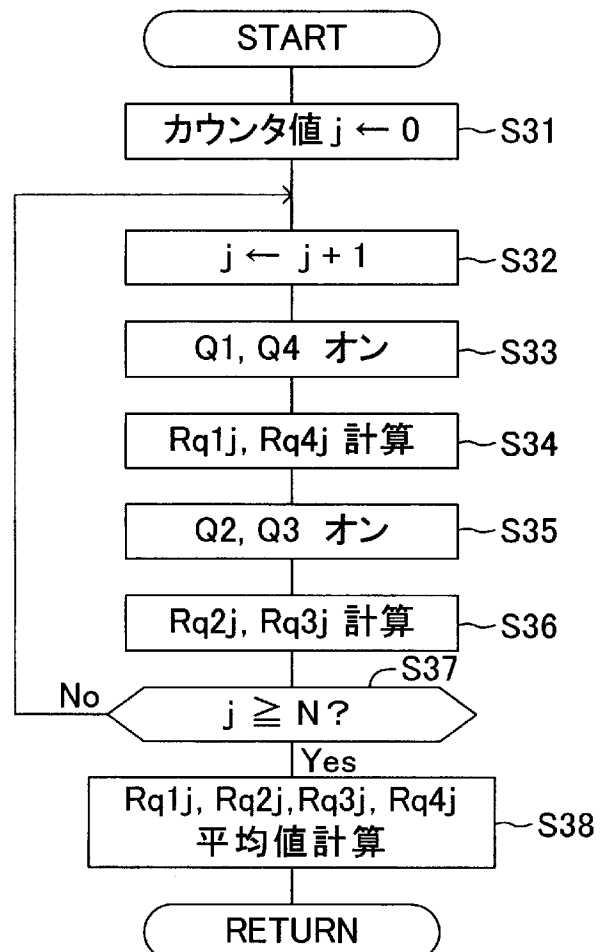
[図6]



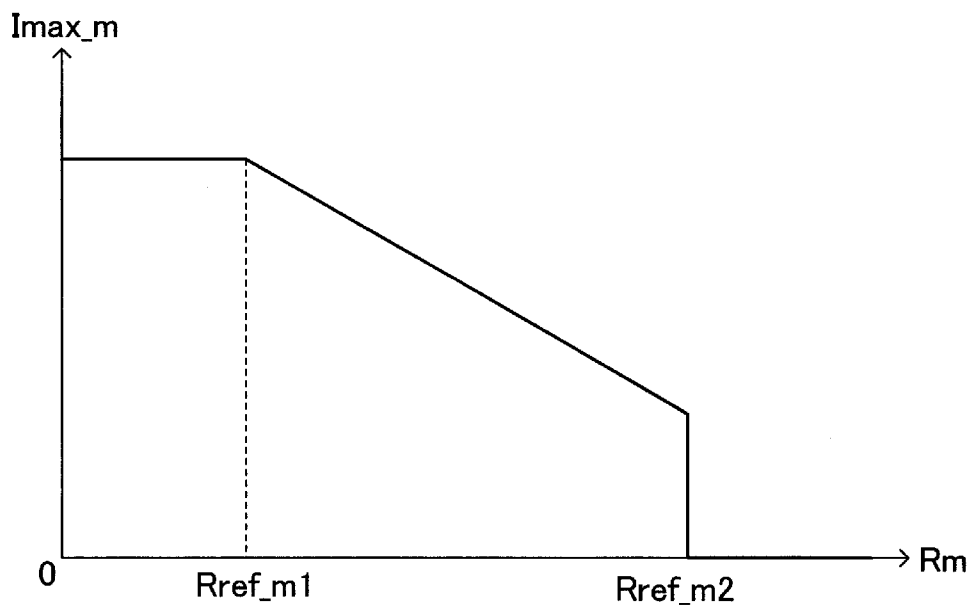
[図7]



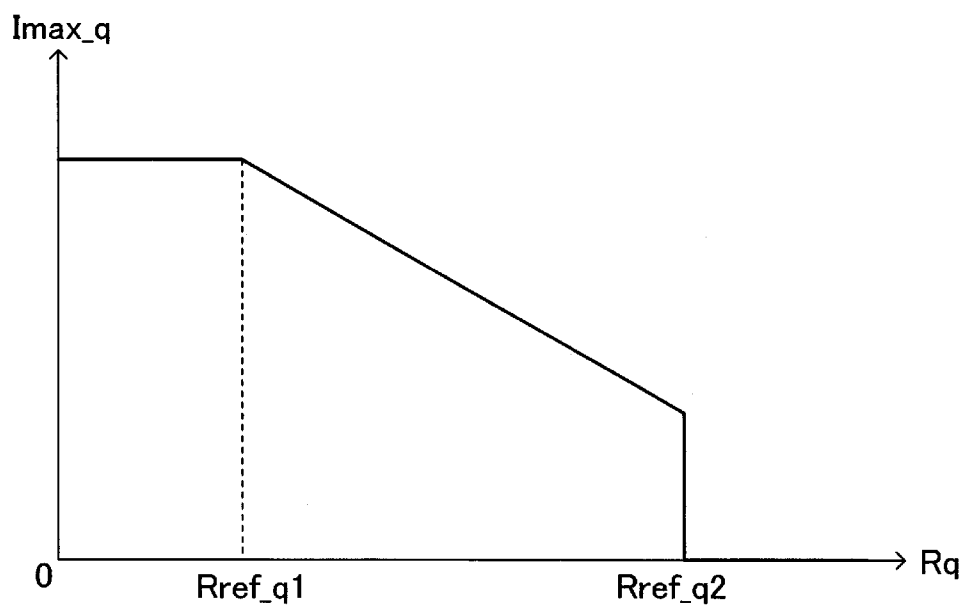
[図8]



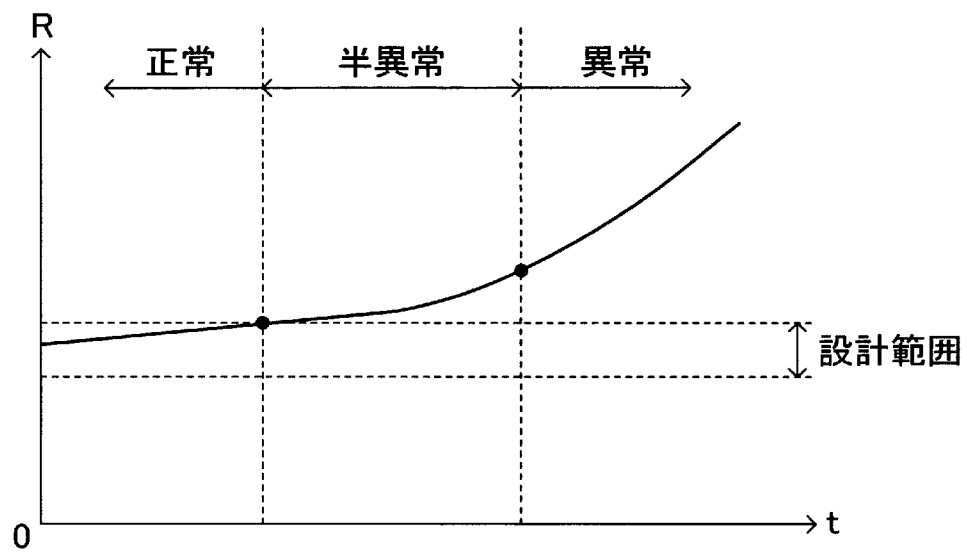
[図9]



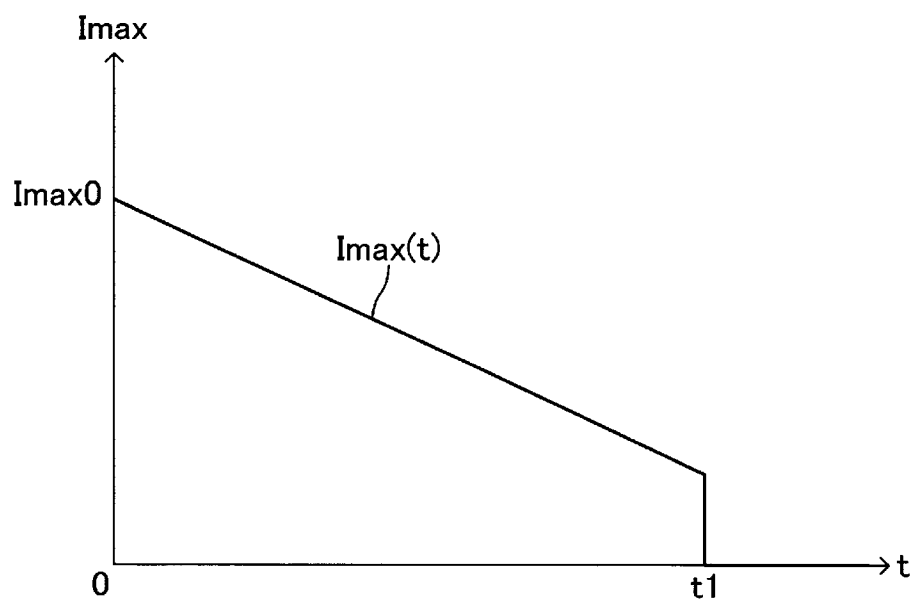
[図10]



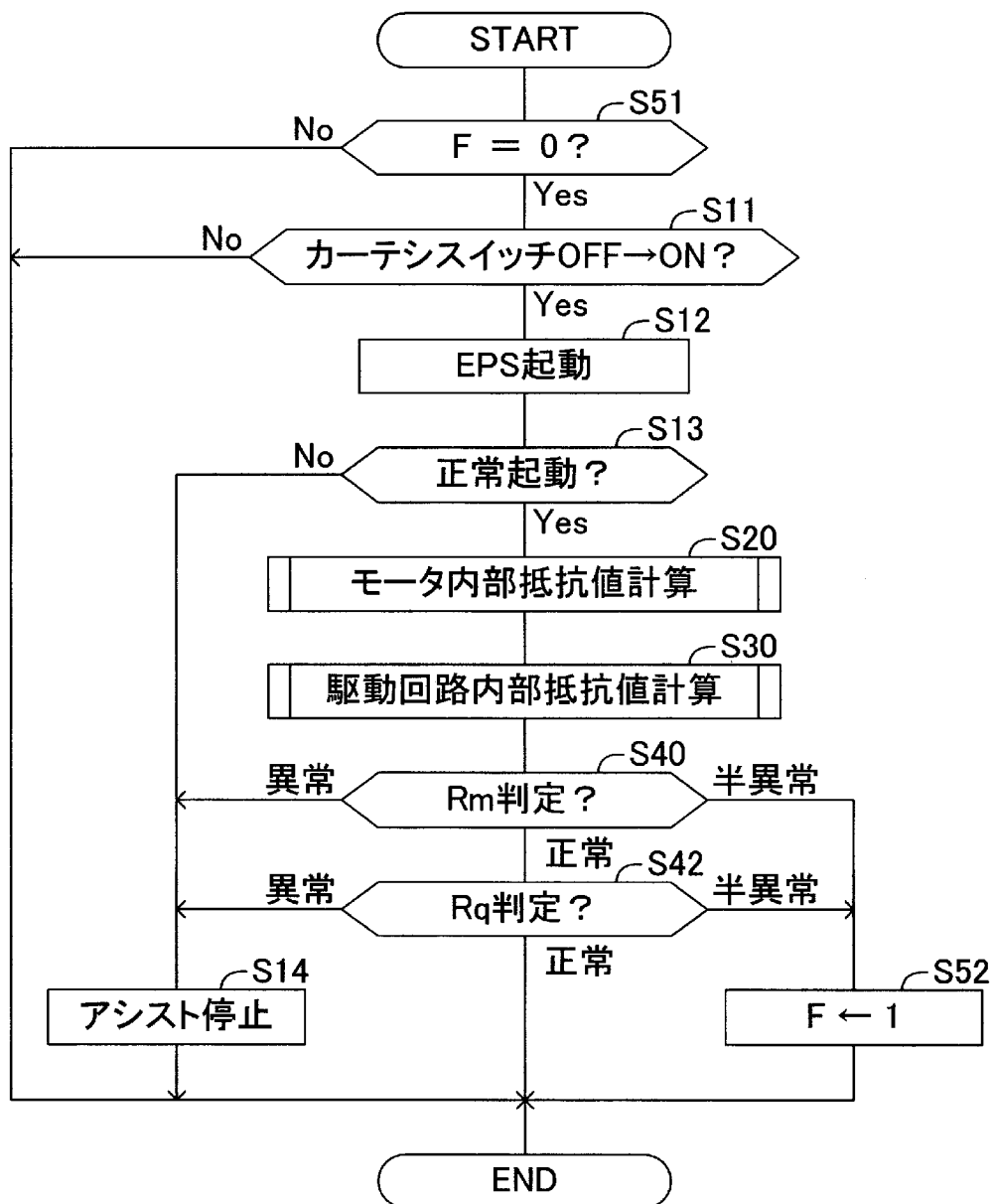
[図11]



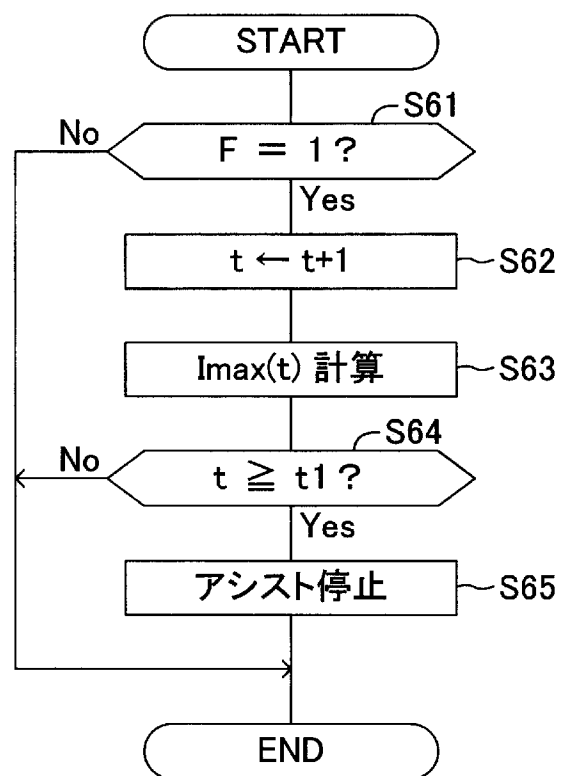
[図12]



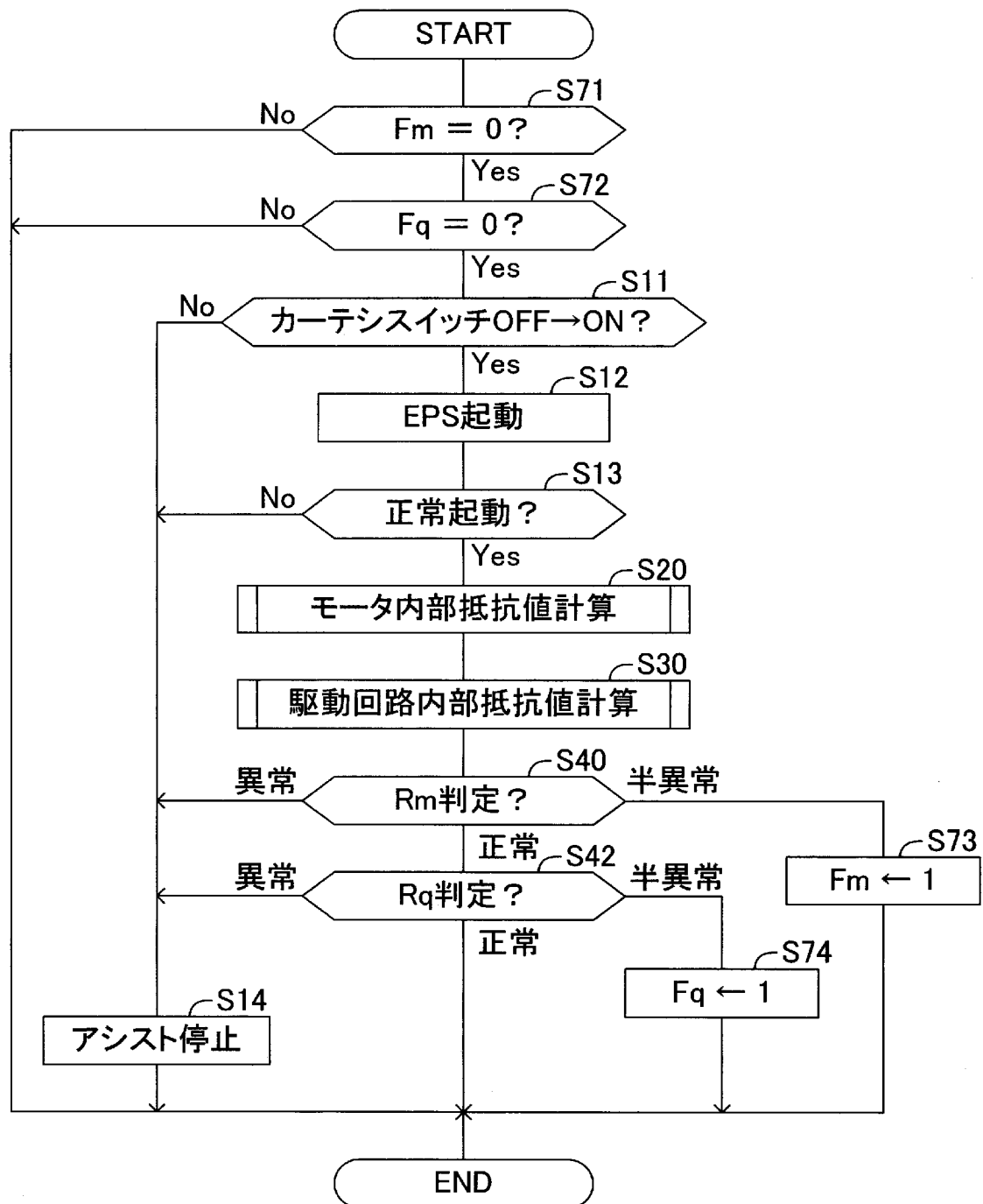
[図13]



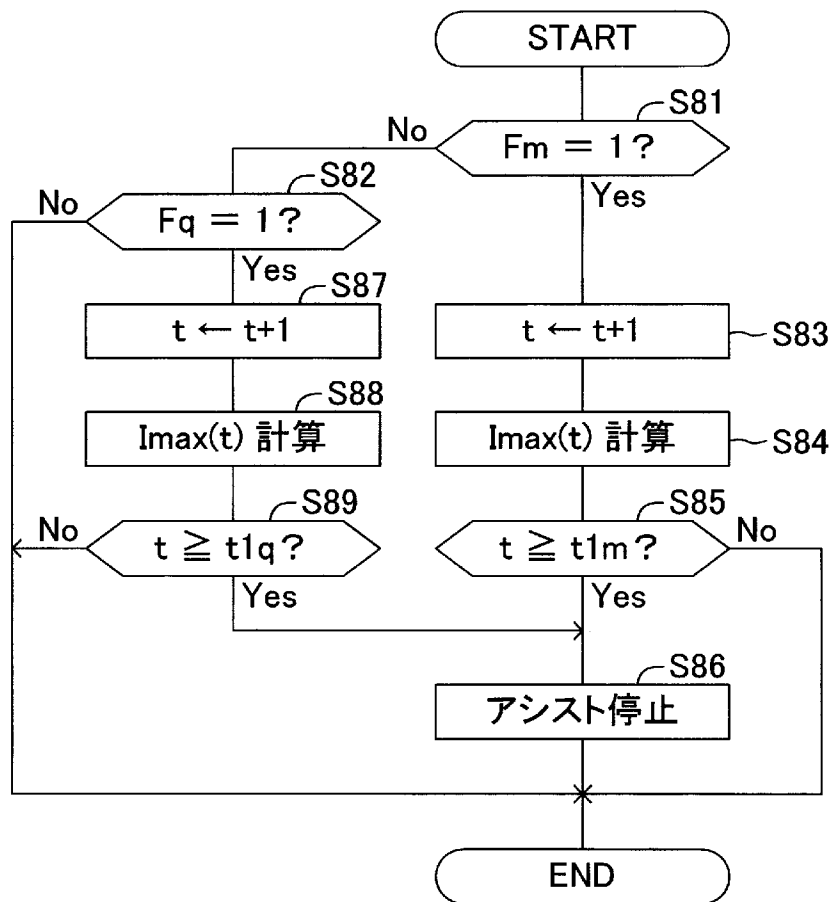
[図14]



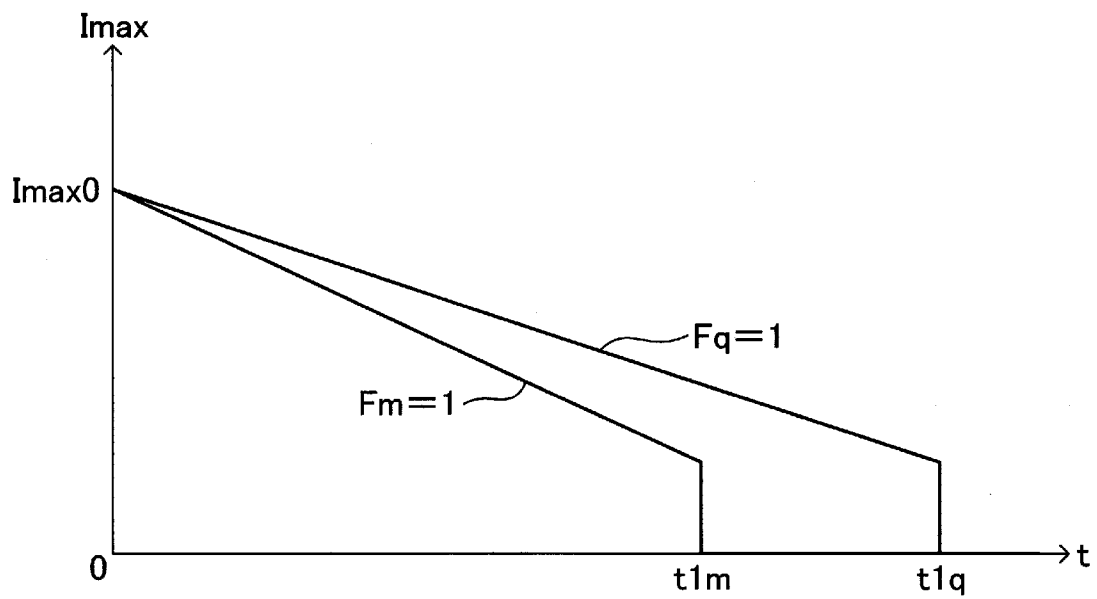
[図15]



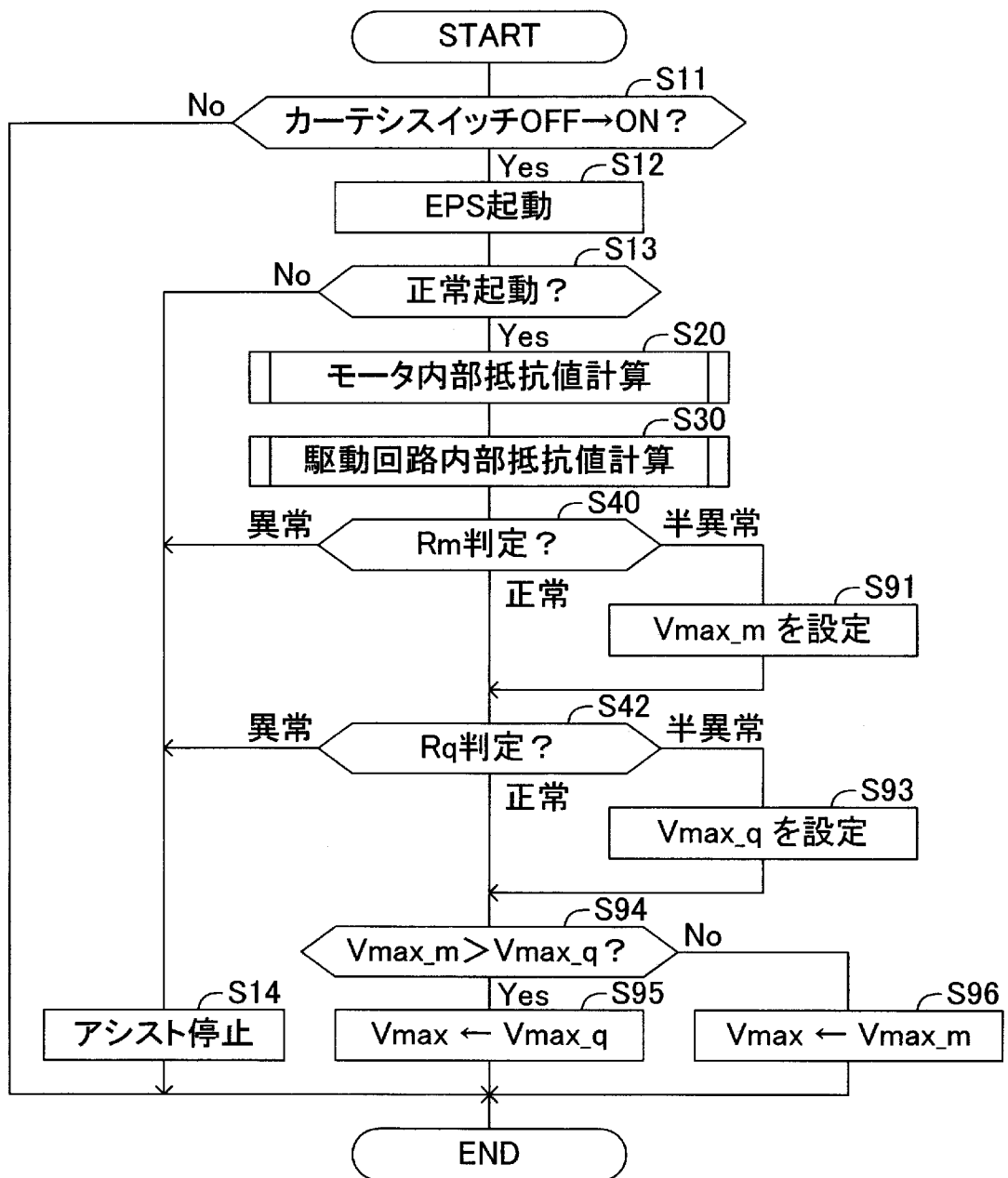
[図16]



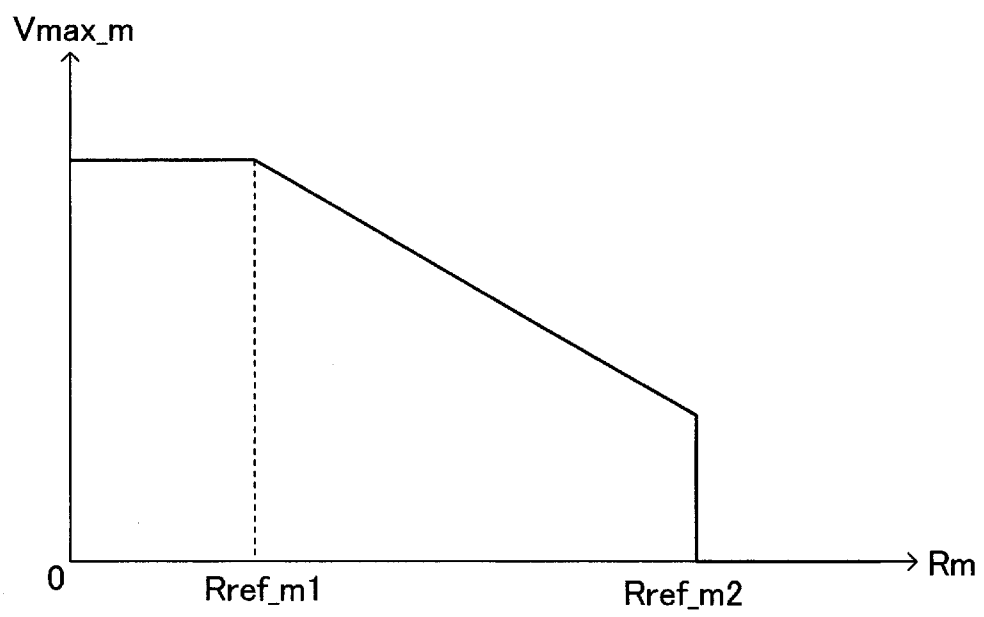
[図17]



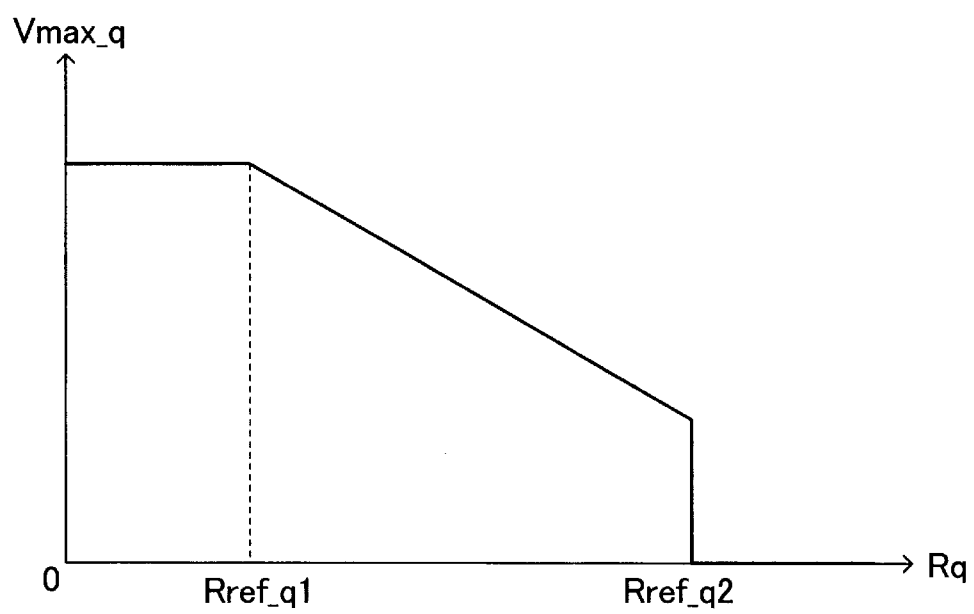
[図18]



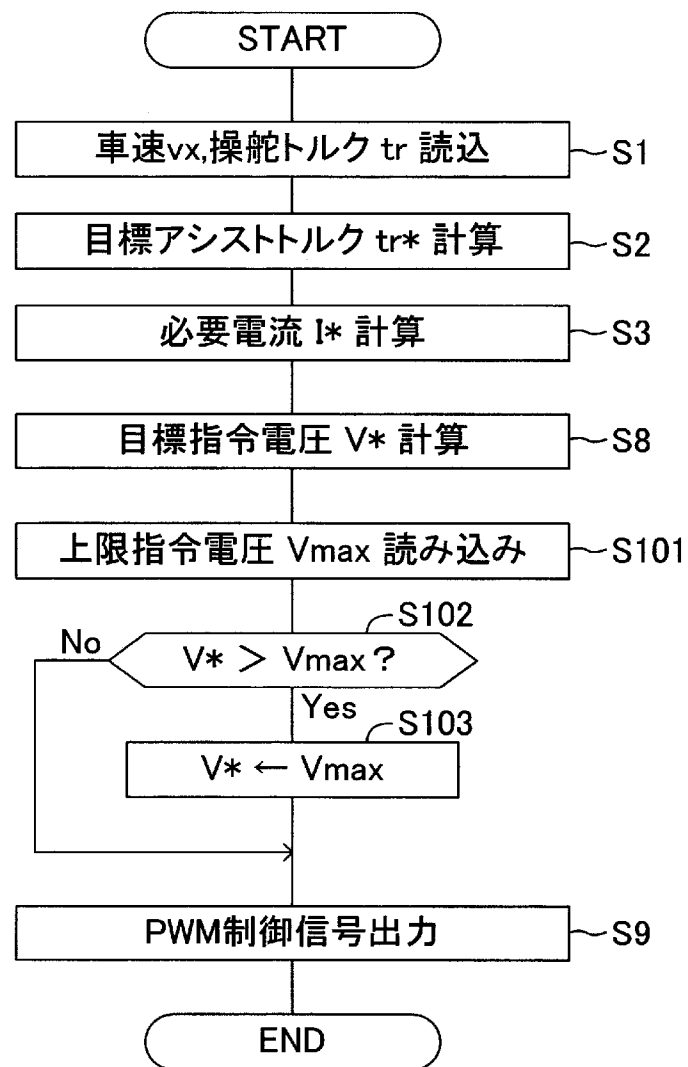
[図19]



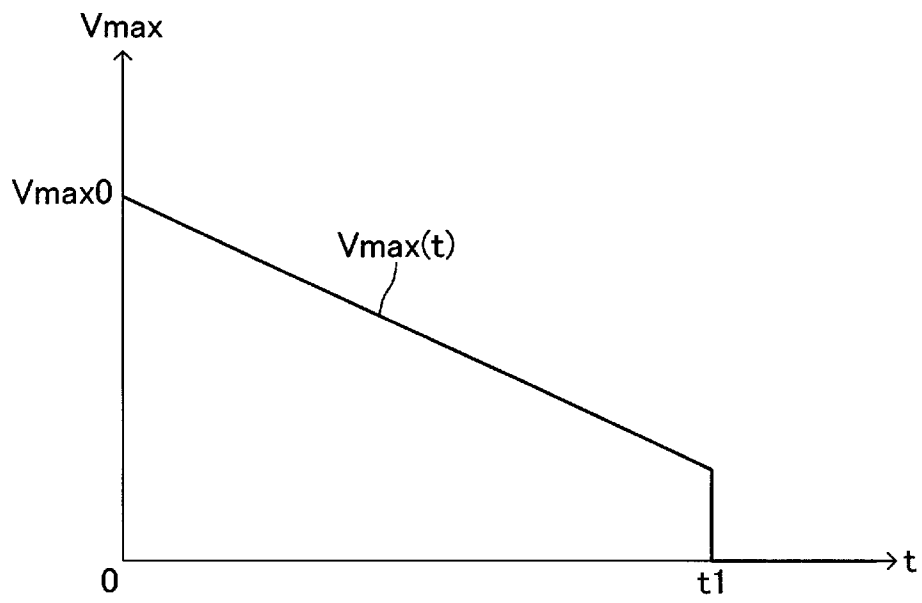
[図20]



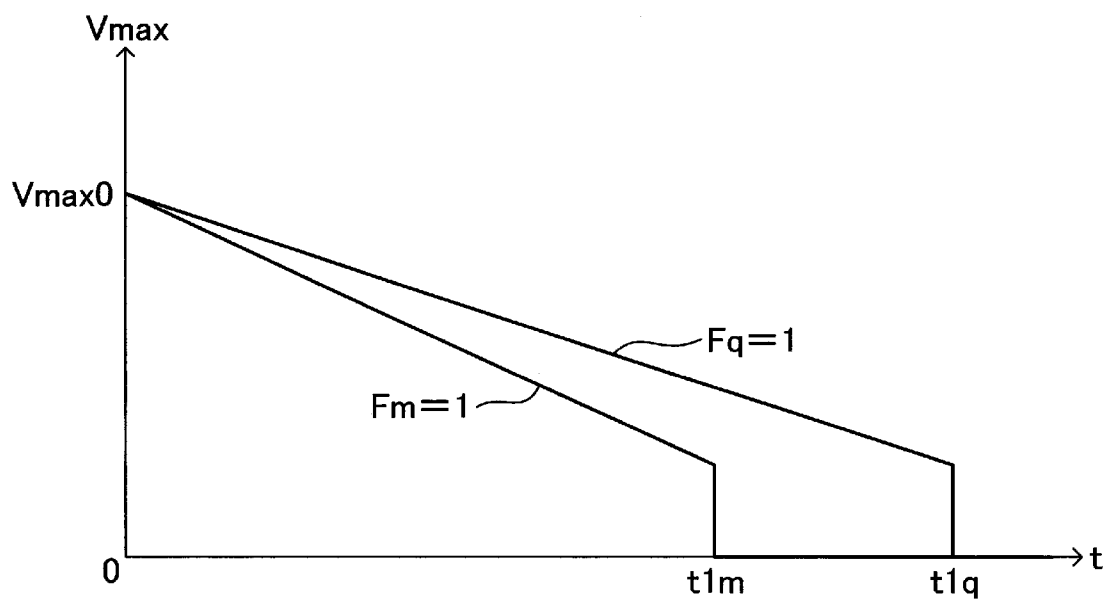
[図21]



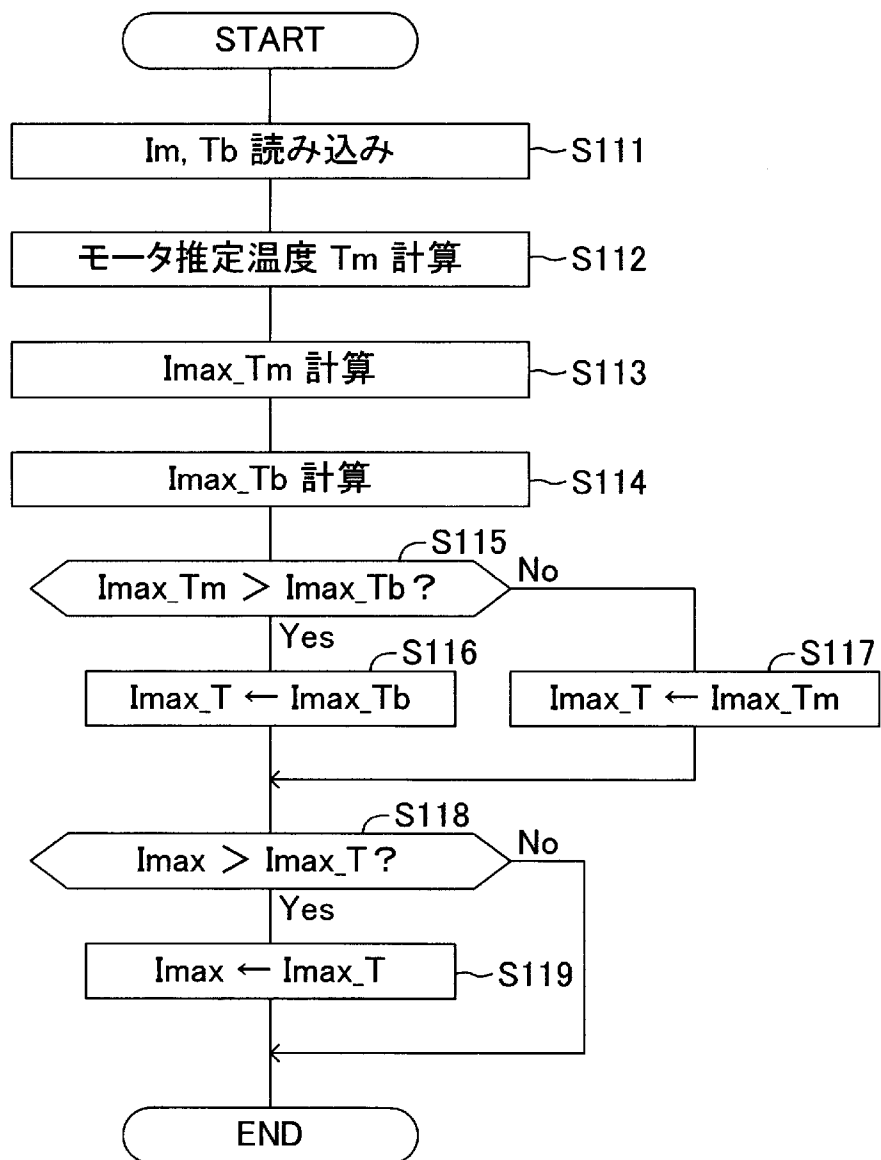
[図22]



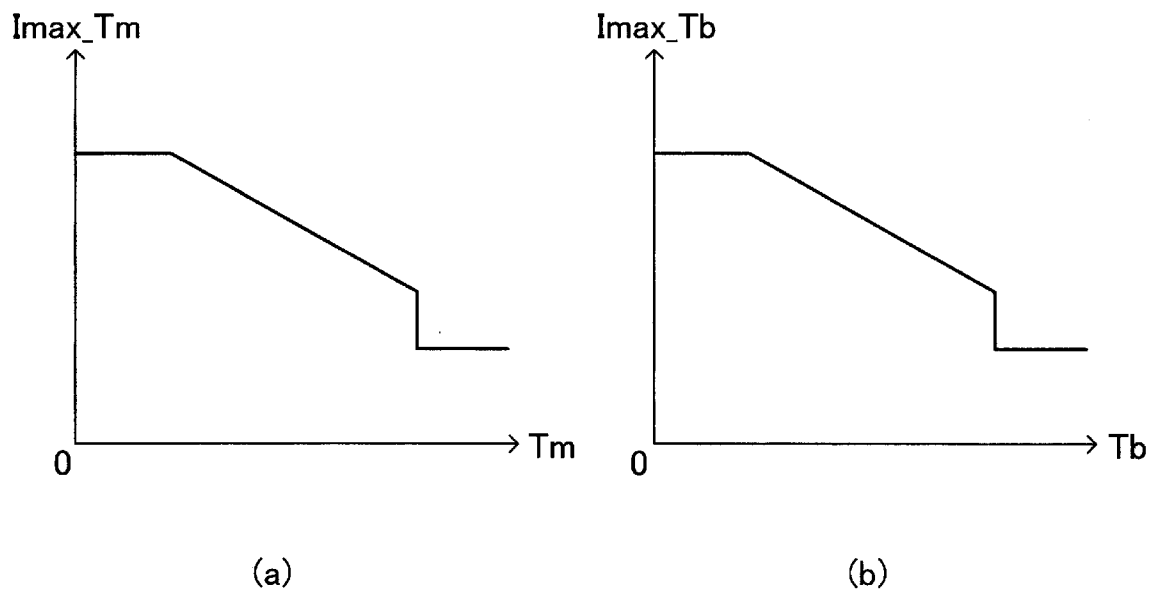
[図23]



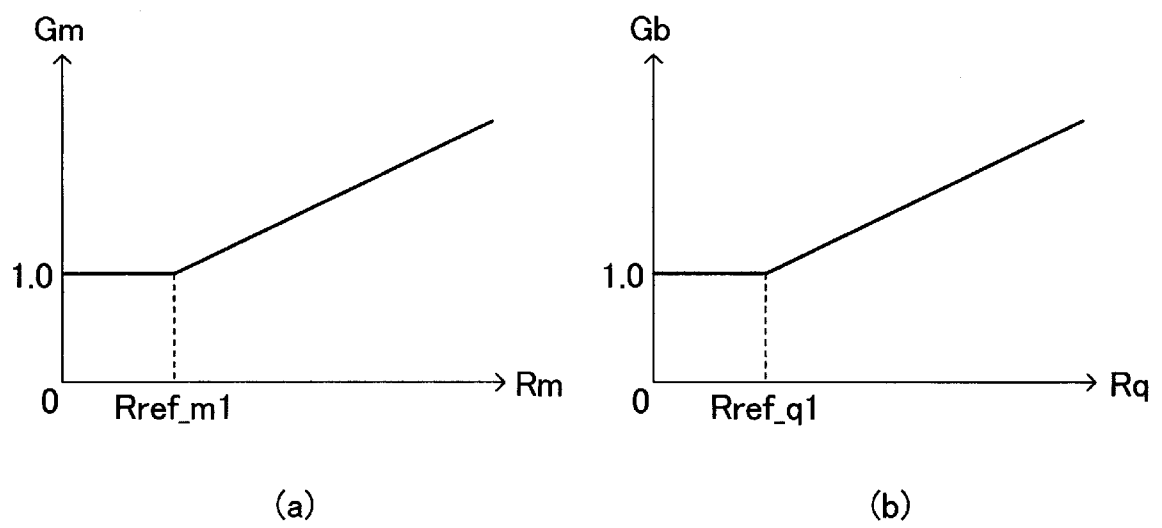
[図24]



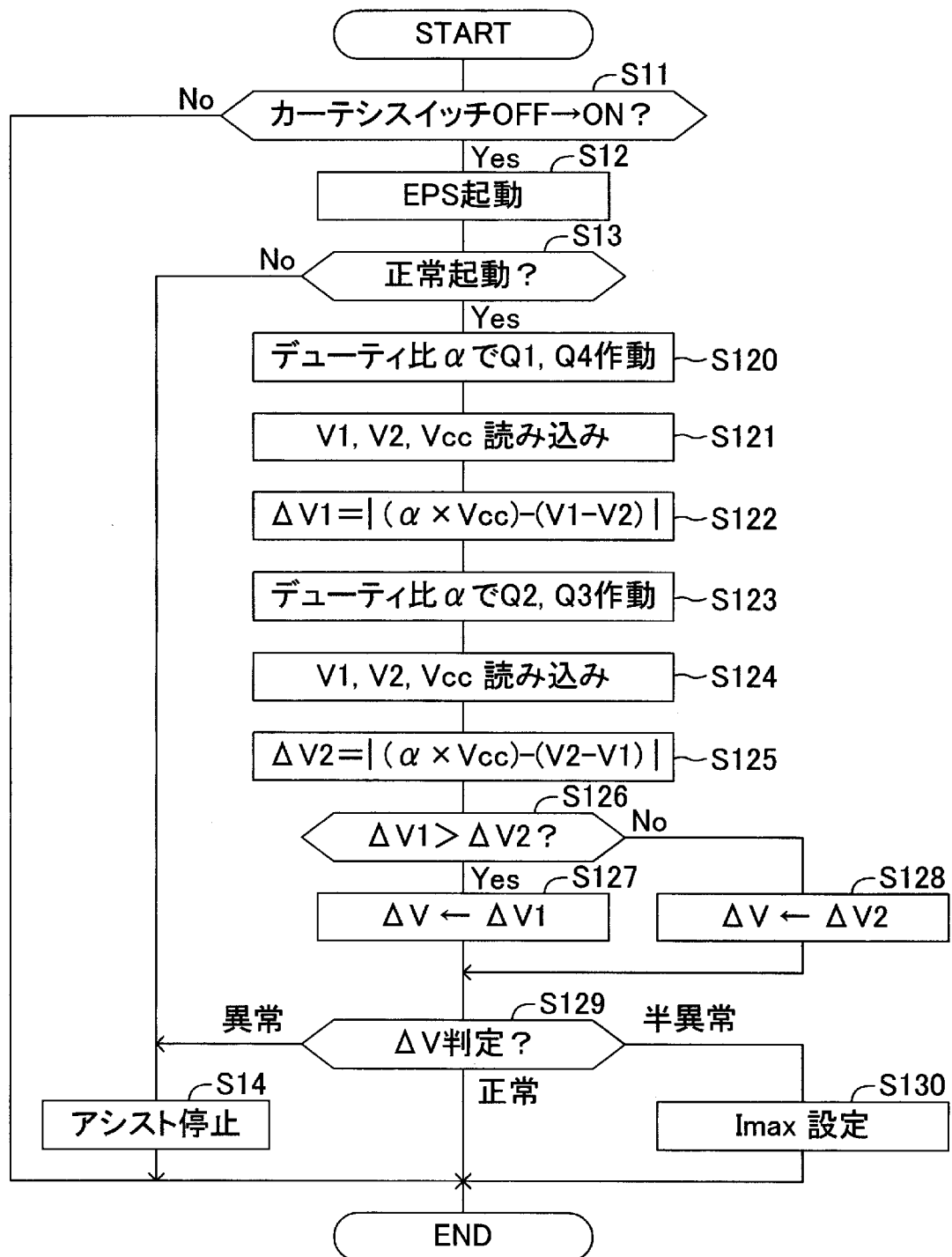
[図25]



[図26]



[図27]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/056342

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B62D6/00(2006.01)i, B62D5/04(2006.01)i, B62D119/00(2006.01)n, B62D137/00(2006.01)n

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B62D6/00-6/10, B62D5/04

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

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2011

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2011 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2011

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 11-286278 A (Omron Corp.), 19 October 1999 (19.10.1999), paragraphs [0014], [0015], [0021], [0023], [0024]; fig. 1 to 3, 5, 6, 8 (Family: none)	1 2-14
Y	JP 2000-72006 A (Denso Corp.), 07 March 2000 (07.03.2000), claim 3; paragraph [0023]; fig. 1 to 3 (Family: none)	2-7, 12-14
Y	JP 62-292576 A (Mitsubishi Electric Corp.), 19 December 1987 (19.12.1987), page 3, lower right column, lines 6 to 15; fig. 5 & US 4789040 A & EP 249506 A2	2-7, 12-14

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
16 June, 2011 (16.06.11)Date of mailing of the international search report
28 June, 2011 (28.06.11)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/056342

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2009-46006 A (NSK Ltd.), 05 March 2009 (05.03.2009), paragraphs [0026] to [0028]; fig. 1 (Family: none)	2-7, 12-14
Y	JP 2009-51255 A (NSK Ltd.), 12 March 2009 (12.03.2009), paragraphs [0021], [0022]; fig. 1 (Family: none)	2-7, 12-14
Y	JP 2009-56849 A (NSK Ltd.), 19 March 2009 (19.03.2009), paragraphs [0020], [0021]; fig. 1 (Family: none)	2-7, 12-14
Y	JP 2010-23821 A (JTEKT Corp.), 04 February 2010 (04.02.2010), paragraph [0028]; fig. 3 & WO 2009/154119 A1	8-11
A	JP 2-92781 A (Mitsubishi Electric Corp.), 03 April 1990 (03.04.1990), entire text; all drawings & US 4986379 A & EP 361725 A1	1-14
E, A	JP 2011-51576 A (AutoNetworks Technologies, Ltd.), 17 March 2011 (17.03.2011), entire text; all drawings (Family: none)	1-14

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B62D6/00(2006.01)i, B62D5/04(2006.01)i, B62D119/00(2006.01)n, B62D137/00(2006.01)n

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B62D6/00-6/10, B62D5/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 1 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 1 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 1 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y	JP 11-286278 A（オムロン株式会社）1999.10.19, 段落【0014】, 【0015】、【0021】、【0023】、【0024】、第1-3, 5, 6, 8 図（ファミリーなし）	1 2-14
Y	JP 2000-72006 A（株式会社デンソー）2000.03.07, 【請求項3】, 段落【0023】、第1-3 図（ファミリーなし）	2-7, 12-14

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 6 . 0 6 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

2 8 . 0 6 . 2 0 1 1

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

森林 宏和

3 Q

3 0 2 5

電話番号 03-3581-1101 内線 3381

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 62-292576 A (三菱電機株式会社) 1987. 12. 19, 第3頁右下欄6 行目一同頁同欄15行目、第5図 & US 4789040 A & EP 249506 A2	2-7, 12-14
Y	JP 2009-46006 A (日本精工株式会社) 2009. 03. 05, 段落【0026】 －【0028】、第1図 (ファミリーなし)	2-7, 12-14
Y	JP 2009-51255 A (日本精工株式会社) 2009. 03. 12, 段落【0021】、 【0022】、第1図 (ファミリーなし)	2-7, 12-14
Y	JP 2009-56849 A (日本精工株式会社) 2009. 03. 19, 段落【0020】、 【0021】、第1図 (ファミリーなし)	2-7, 12-14
Y	JP 2010-23821 A (株式会社ジェイテクト) 2010. 02. 04, 段落【00 28】、第3図 & WO 2009/154119 A1	8-11
A	JP 2-92781 A (三菱電機株式会社) 1990. 04. 03, 全文, 全図 & US 4986379 A & EP 361725 A1	1-14
E, A	JP 2011-51576 A (株式会社オートネットワーク技術研究所) 2011. 03. 17, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-14