(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
2016 年 11 月 17 日(17.11.2016)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2016/181898 A1

(51) 国際特許分類:
H02P 29/64 (2016.01) *H02K 7/102* (2006.01)
G01K 7/00 (2006.01) *H02K 11/25* (2016.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2016/063649

(22) 国際出願日: 2016 年 5 月 6 日(06.05.2016)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2015-098813 2015 年 5 月 14 日(14.05.2015) JP

(71) 出願人: ＮＴＮ株式会社(NTN CORPORATION) [JP/JP]; 〒5500003 大阪府大阪市西区京町堀１丁目３番１７号 Osaka (JP).

(72) 発明者: 増田　唯(MASUDA, Yui); 〒4388510 静岡県磐田市東貝塚１５７８番地　ＮＴＮ株式会社内 Shizuoka (JP).

(74) 代理人: 杉本　修司, 外(SUGIMOTO, Shuji et al.); 〒5500002 大阪府大阪市西区江戸堀１丁目１０番２号　肥後橋ニッタイビル Osaka (JP).

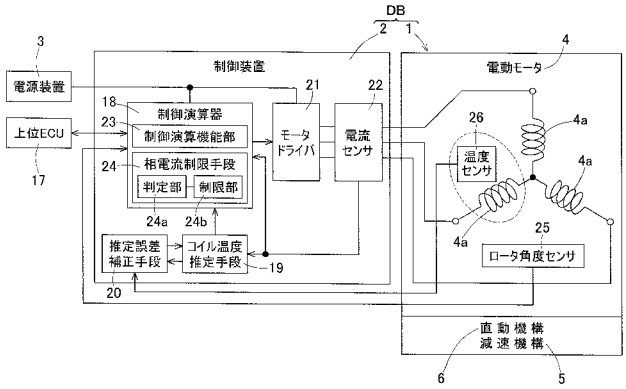
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

(54) **Title**: ELECTRIC MOTOR DEVICE AND ELECTRIC LINEAR MOTION ACTUATOR

(54) 発明の名称 : 電動モータ装置および電動式直動アクチュエータ



2 Control device
3 Power source device
4 Electric motor
5 Deceleration mechanism
6 Linear motion mechanism
17 Upper ECU
18 Control calculator
19 Coil temperature estimating means
20 Estimation error correcting means
21 Motor driver
22 Current sensor
23 Control calculation function unit
24 Phase current restriction means
24a Determination unit
24b Restriction unit
25 Rotor angle sensor
26 Temperature sensor

(57) **Abstract**: Provided are an electric motor device and electric linear motion actuator that make it possible to reduce costs and reduce workload, and to precisely find all motor coil temperatures from some motor coil temperatures or the like. A temperature sensor (26) is provided to at least one of a plurality of excitation coils (4a). A control device (2) has a current sensor (22), a coil temperature estimating means (19), and an estimation error correcting means (20). The coil temperature estimating means (19) calculates an estimated temperature of a plurality of excitation coils (4a) from a coil current found by the current sensor (22) and from information including the heat generation and heat dissipation characteristics of the excitation coils (4a). The estimation error correcting means (20) corrects the estimated temperature of all of the excitation coils (4a) estimated by the coil temperature estimating means (19) on the basis of a result of comparison between the coil temperature detected by the temperature sensor (26) for the excitation coil(s) (4a) to which the temperature sensor (26) is provided and the estimated temperature.

(57) 要約: コスト低減および工数低減を図ると共に、一部のモータコイル温度等から全てのモータコイル温度を精度良く求めることができる電動モータ装置および電動式直動アクチュエータを提供する。複数の励磁コイル(4a)のうち少なくともいずれか一つに温度センサ(26)を設ける。制御装置(2)は、電流センサ(22)と、コイル温度推定手段(19)と、推定誤差補正手段(20)とを有する。コイル温度推定手段(19)は、電流センサ(22)で求められるコイル電流と、励磁コイル(4a)の発熱および放熱特性を含む情報から、複数の励磁コイル(4a)の推定温度を算出する。推定誤差補正手段(20)は、温度センサ(26)が設けられた励磁コイル(4a)について、温度センサ(26)で検出されるコイル温度と、推定温度との比較結果に基づいて、コイル温度推定手段(19)で推定される全ての励磁コイル(4a)の推定温度を補正する。

WO 2016/181898 A1

明　細　書

発明の名称 ： 電動モータ装置および電動式直動アクチュエータ

関連出願

[0001] 本出願は、２０１５年５月１４日出願の特願２０１５－０９８８１３の優先権を主張するものであり、その全体を参照により本願の一部をなすものとして引用する。

技術分野

[0002] この発明は、電動モータ装置および電動式直動アクチュエータに関し、一部のコイルに温度センサを設け、この温度センサの検出結果等から他のコイルの温度推定結果を補正する技術に関する。

背景技術

[0003] 電動モータを用いた電動アクチュエータとして、以下の技術が提案されている。

１．ブレーキペダルを踏み込むことで、直動機構を介して電動モータの回転運動を直線運動に変換して、ブレーキパッドをブレーキディスクに押圧接触させて制動力を付加する電動アクチュエータ（特許文献１）。

２．遊星ローラねじ機構を使用した電動式直動アクチュエータ（特許文献２）。

３．電動モータにおける各相コイルの中性点ターミナルにサーミスタを設け、このサーミスタにより、各相コイルの平均温度を測定する技術（特許文献３）。

４．電動モータが停止状態にある際の、電圧と電流および銅抵抗の温度特性から、コイル温度を推定する技術（特許文献４）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開平６－３２７１９０号公報

特許文献2：特開２００６－１９４３５６号公報

特許文献3：特開平１１－２３４９６４号公報

特許文献4：特開２００４－２０８４５３号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 特許文献１，２のような電動アクチュエータにおいて、発熱等により、電動モータのコイルに異常が発生するとブレーキ機能が低下する等の恐れがある。この電動モータの車両に対する搭載スペースが非常に限られており、また電動モータのサイズが増加することによる車両のバネ下重量の増加が、乗員の乗り心地の悪化を招く問題がある。このため、コイルの線径を太くするなどしてモータコイルの銅損を下げて発熱量を下げる設計は困難となる場合がある。

[0006] 上記の事態を回避するために、モータコイルの温度管理が求められ、そのためにモータコイル温度を精度良く推定する必要がある。例えば、特許文献４に示されるような、銅の抵抗値の温度依存特性を用いてモータコイル温度を推定する手法がある。しかしながら、上記の場合において、抵抗値はコイルだけでなく接点抵抗やＦＥＴ等の制御素子を含むため、温度依存性の厳密なモデル化は困難な場合がある。また、例えば、電動ブレーキのように、任意の入力に対しての追従動作が求められるとき、インダクタンス等の過渡応答に影響を受けない静的な条件を確実に設けられる保証が困難な場合がある。

[0007] 上記の過渡応答に影響を受けない手法として、例えば、特許文献３に示すような、モータコイルにサーミスタ等の感温素子を配置する対策が一般的に用いられる。しかしながら、例えば、ブレーキに用いる電動式アクチュエータのようなシステムのサーボモータにおいては、電流が所定のコイルに集中して発熱に偏りが生じる場合がある。このとき、特許文献３のように各コイルの平均温度を測定する対策では、未だ熱負荷に余裕のある状態でシステムが停止してしまう可能性がある。前記の対策として、全てのコイルにそれぞれサーミスタを設けることは、コスト、配線や組立の工数、および実装スペ

ースの面で問題が発生する可能性がある。

[0008] この発明の目的は、コスト低減および工数低減を図ると共に、一部のモータコイル温度等から全てのモータコイル温度を精度良く求めることができる電動モータ装置および電動式直動アクチュエータを提供することである。

課題を解決するための手段

[0009] 以下、この発明について、理解を容易にするために、便宜上実施形態の符号を参照して説明する。

[0010] この発明の電動モータ装置は、複数の励磁コイル４ａを有する電動モータ４と、この電動モータ４を制御する制御装置２とを備える電動モータ装置ＤＢであって、

前記電動モータ４における複数の励磁コイル４ａのうち少なくとも一つの励磁コイル４ａに、この励磁コイル４ａの温度を検出する温度検出素子２６を設け、

前記制御装置２は、

前記複数の励磁コイル４ａに流す電流をそれぞれ求める電流検出手段２２と、

この電流検出手段２２で求められる前記励磁コイル４ａの電流と、この励磁コイル４ａにおける発熱および放熱特性を含む情報とから、前記複数の励磁コイル４ａの推定温度を算出するコイル温度推定手段１９と、

前記温度検出素子２６が設けられた前記励磁コイル４ａについて、前記温度検出素子２６で検出される励磁コイル４ａの温度と、前記コイル温度推定手段１９で推定された前記推定温度との比較結果に基づいて、前記コイル温度推定手段１９で推定される全ての励磁コイル４ａの推定温度を補正する推定誤差補正手段２０とを有する。

前記励磁コイル４ａは、電動モータ４において回転のための磁極を構成するコイルである。

[0011] この構成によると、電流検出手段２２は、複数の励磁コイル４ａに流す電流をそれぞれ求める。この場合に電流検出手段２２は、三相電流を検出する

上で、例えば、二相のみ電流を検出し、残り一相は、三相電流の総和が零となることから零から引算して求めても良い。コイル温度推定手段１９は、求められる励磁コイル４ａの電流と、この励磁コイル４ａにおける発熱および放熱特性を含む情報とから、複数の励磁コイル４ａの推定温度を算出する。

[0012] 推定誤差補正手段２０は、温度検出素子２６が設けられた励磁コイル４ａについて、温度検出素子２６で検出される励磁コイル４ａの温度と、コイル温度推定手段１９で推定された前記推定温度とを比較する。推定誤差補正手段２０は、この比較結果に基づいて、コイル温度推定手段１９で推定される全ての励磁コイル４ａの推定温度を補正する。温度検出素子２６で検出されない励磁コイル４ａの推定温度についても、前記比較結果に基づく補正を行うことで、従来技術よりもコイル温度を精度良く求めることができる。

[0013] このように各コイルの温度を直接測定しなくても、他点のコイル温度と電流等から間接的にコイル温度を精度良く求め得る。また、例えば全てのコイルに温度検出素子を設けた従来技術に対し、この構成は温度検出素子２６を少なくとも一つの励磁コイル４ａに設ければ足りるため、電動モータ自体のコスト低減および組立工数の低減を図ることができるうえ、温度検出素子２６の電動モータ４への実装スペースの面で問題が発生することを回避することができる。また全ての励磁コイル４ａの温度を推定することで、所定の励磁コイル４ａに負荷が集中した際の温度検出精度を向上することができる。

[0014] 前記コイル温度推定手段１９は、前記電流検出手段２２で求められる前記励磁コイル４ａの電流の二乗に比例する値を操作量とし、状態量及び観測量を各相の励磁コイル４ａの推定温度とし、状態遷移行列２７を各相の励磁コイル４ａの熱容量および熱伝導率とし、前記推定誤差補正手段２０は、前記温度検出素子２６で検出された励磁コイル４ａの温度と前記観測量との偏差に定められたゲインＬを乗じた値のフィードバックを有し、前記制御装置２は、これらコイル温度推定手段１９および推定誤差補正手段２０を含む状態推定オブザーバを含むものとしても良い。前記定められたゲインＬは、例えば、試験やシミュレーション等の結果により定められる。このゲインＬは、

固定の値としても良く可変の値としても良い。

[0015] 前記状態推定オブザーバは、前記操作量における変化に対して定められた相関をもって前記フィードバックの前記ゲインが変化する機能を有するものとしても良い。前記定められた相関は、例えば、試験やシミュレーション等の結果により定められる。一般にゲインＬが大きい方が収束速度に優れるため、例えば、コイル温度が急峻に変化しやすい大電流印加時にゲインＬを大きくするような処理を行っても良い。このようにゲインＬを変化させることで、励磁コイル４ａの推定温度を木目細かく早期に補正することができる。

[0016] 前記制御装置２は、前記推定誤差補正手段２０で補正された全ての励磁コイル４ａの推定温度の最大値、および、前記全ての励磁コイル４ａの推定温度の微分値のうち少なくとも一つ以上を用いた値に対し、この値が定められた値以上となったとき、前記推定温度の最大値が推定された励磁コイル４ａの相電流を制限する相電流制限手段２４を有するものとしても良い。前記定められた値は、例えば、試験やシミュレーション等の結果により定められる。

[0017] この構成によると、相電流制限手段２４は、前記推定温度の最大値、および、前記推定温度の微分値のうち少なくとも一つ以上を用いた値が、定められた値以上となったか否かを判定する。定められた値以上となったとの判定で、相電流制限手段２４は、推定温度の最大値が推定された励磁コイル４ａの相電流を制限する。したがって、所定の励磁コイル４ａに負荷が集中した際にこの励磁コイル４ａの相電流を制限することで、励磁コイル４ａの熱劣化を確実に防止することができる。

[0018] この発明の電動式直動アクチュエータ１は、この発明のいずれかの電動モータ装置ＤＢと、電動モータ装置ＤＢの電動モータ４の回転運動を直進運動に変換する直動機構６とを備え、前記制御装置２が、前記直動機構６の軸力を制御する軸力制御機能を有する。制御装置２が、直動機構６の軸力を例えば一定に保持するように制御するとき、モータ相電流は常に一定に印加され続ける。このため各励磁コイル４ａの損失がばらつき、各励磁コイル４ａは

互いに温度差が生じる。このように各励磁コイル４ａに温度差が生じる場合であっても、全ての励磁コイル４ａの温度検出精度を向上していることで、励磁コイル４ａの熱劣化を確実に防止する対策を講じることができる。

[0019] 前記電動式直動アクチュエータ１は、ブレーキロータ８と、このブレーキロータ８に接触させる摩擦部材９と、この摩擦部材９を前記ブレーキロータ８に接触させる前記直動機構６と、この直動機構６を駆動する前記電動モータ４とを備え、前記制御装置２は、前記電動モータ４を制御することにより前記直動機構６の軸力であるブレーキ力を制御するものであっても良い。この場合、従来技術の電動ブレーキ用アクチュエータよりも冗長性の向上を図れると共にコスト低減を図ることができる。

[0020] 請求の範囲および／または明細書および／または図面に開示された少なくとも２つの構成のどのような組合せも、この発明に含まれる。特に、請求の範囲の各請求項の２つ以上のどのような組合せも、この発明に含まれる。

図面の簡単な説明

[0021] この発明は、添付の図面を参考にした以下の好適な実施形態の説明から、より明瞭に理解されるであろう。しかしながら、実施形態および図面は単なる図示および説明のためのものであり、この発明の範囲を定めるために利用されるべきものではない。この発明の範囲は添付の請求の範囲によって定まる。添付図面において、複数の図面における同一の符号は、同一または相当する部分を示す。

[0022] [図1]この発明の実施形態に係る電動サーボシステムの制御系のブロック図である。

[図2]同電動サーボシステムの電動ブレーキ装置を概略示す図である。

[図3]同電動モータ装置におけるコイル温度推定手段及び推定誤差補正手段の実装例を示す図である。

[図4]同電動モータ装置の動作例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0023] この発明の実施形態に係る電動サーボシステムの電動ブレーキ装置を図１

ないし図４と共に説明する。この実施形態では、電動モータ装置を、車両用の電動ブレーキシステムである電動サーボシステムに適用し、各車輪に配した例を示すが、この例に限定されるものではない。

[0024] 図１に示すように、この電動サーボシステムは、複数の電動モータ装置ＤＢと（図１中には一つのみ示す）、電源装置３と、上位ＥＣＵ１７とを有する。各電動モータ装置ＤＢは、電動アクチュエータ（電動式直動アクチュエータ）１と、制御装置２とを有する。先ず、電動アクチュエータ１について説明する。

[0025] 図２に示すように、電動ブレーキ装置に適用可能な電動アクチュエータ１は、電動モータ４と、この電動モータ４の回転を減速する減速機構５と、直動機構６と、駐車ブレーキであるパーキングブレーキ機構７と、ブレーキロータ８と、摩擦部材９とを有する。電動モータ４、減速機構５、および直動機構６は、例えば、図示外のハウジング等に組み込まれる。電動モータ４は３相の同期モータ等からなる。

[0026] 減速機構５は、電動モータ４の回転を、直動機構６の回転軸１０に減速して伝える機構であり、電動モータ４のロータ軸４ａに取り付けられた１次歯車１２、中間歯車（２次歯車）１３、および回転軸１０の端部に固定された３次歯車１１を含む。この例では、減速機構５は、１次歯車１２の回転を、中間歯車１３により減速して、３次歯車１１に伝達可能としている。

[0027] 直動機構６は、減速機構５から出力される回転運動を送りねじ機構により直動部１４の直線運動に変換して、ブレーキロータ８に対して摩擦部材９を当接離隔させる機構である。直動部１４は、回り止めされ且つ矢符Ａ１にて表記する軸方向に移動自在に支持されている。直動部１４のアウトボード側端に摩擦部材９が設けられる。減速機構５を介して電動モータ４の回転を直動機構６に伝達することで、回転運動が直線運動に変換され、それが摩擦部材９の押圧力に変換されることにより、直動機構６の軸力であるブレーキ力を発生させる。なお複数の電動モータ装置ＤＢ（図１）を車両の各車輪に搭載した状態で、車両の外側をアウトボード側といい、車両の中央側をインボ

ード側という。

[0028] パーキングブレーキ機構７のアクチュエータ１６として、例えば、リニアソレノイドが適用される。パーキングブレーキ機構７は、ロック部材（ソレノイドピン）１５を、アクチュエータ１６により進出させて、中間歯車１３に形成された係止孔（図示せず）に嵌まり込ませることで係止し、中間歯車１３の回転を禁止することで、パーキングロック状態にする。パーキングブレーキ機構７は、ロック部材１５を前記係止孔から離脱させることで中間歯車１３の回転を許容し、アンロック状態にする。

[0029] 図１に示すように、各電動モータ装置ＤＢの制御装置２に、電源装置３と、各制御装置２の上位制御手段である上位ＥＣＵ１７とが接続されている。なお図１では、一つの電動モータ装置ＤＢにおける制御装置２および電動アクチュエータ１のみ示し、その他の電動ブレーキ装置については図示を省略している。上位ＥＣＵ１７として、例えば、車両全般を制御する電気制御ユニットが適用される。また上位ＥＣＵ１７は、各電動モータ装置ＤＢの統合制御機能を有する。上位ＥＣＵ１７から例えばモータ角速度、モータ角度、その他所定負荷、等の目標値指令が、制御装置２の制御演算器１８に入力される。

[0030] 電源装置３は、各電動モータ装置ＤＢにおける電動モータ４および制御装置２にそれぞれ電力を供給する。制御装置２は、制御演算器１８、コイル温度推定手段１９、推定誤差補正手段２０、モータドライバ２１、および、電流検出手段である電流センサ２２等を有する。制御演算器１８、コイル温度推定手段１９、推定誤差補正手段２０は、例えば、マイクロコンピュータ等のプロセッサ、またはＡＳＩＣ，ＦＰＧＡ，ＤＳＰ等のハードウェアモジュールで実装しても良い。

[0031] 制御演算器１８は、制御演算機能部２３と、相電流制限手段２４とを有する。制御演算機能部２３は、各種センサの値から、上位ＥＣＵ１７からの制御目標を達成するよう、ソフトウエアやハードウエアで実現されたＬＵＴ（Look Up Table）、またはソフトウエアのライブラリ（Library）に収められた

所定の変換関数やそれに等価のハードウエア等（以下、「具現化モデル」という。）を用いて、モータドライバ２１の制御信号を生成する。このとき、相電流制限手段２４は、コイル温度推定手段１９の推定結果を参照し、この推定結果に応じて励磁コイル４ａを発熱から保護する処理を実行する（後述する）。

[0032] モータドライバ２１は、電源装置３の直流電力を電動モータ４の駆動に用いる三相の交流電力に変換する。このモータドライバ２１は、例えば、ＭＯＳＦＥＴ（metal-oxide-semiconductor field-effect transistor）やＩＧＢＴ（insulated gate bipolar transistor）のようなスイッチ素子を用いたハーフブリッジ回路またはフルブリッジ回路等を構成しても良い。またモータドライバ２１は、前記スイッチ素子を瞬時に駆動するようなプリドライバを含んでも良い。

[0033] 電流センサ２２は、三相の各励磁コイル４ａに流す電流をそれぞれ求める電流検出手段である。電流センサ２２は、前記各種センサの一つであって、例えば、送電経路の周囲に発生する磁界を検出することで電流値を検出する電流センサを用いても良く、シャント抵抗と作動アンプを用いて電圧降下量を検出することで電流値を検出する電流センサを用いても良い。前記磁界を検出する電流センサを用いた場合、高効率・高精度で実装でき、前記電圧降下量を検出する電流センサを用いた場合、低コストで実装できる。また、三相電流を測定するうえで、例えば、三相のうちいずれか二相のみ電流を計測し、残り一相は、三相電流の総和が零となることから零から引算して求めても良い。

[0034] 電動モータ４には、複数の励磁コイル４ａ、ロータ角度センサ２５、温度センサ２６、永久磁石を有するロータ（図示せず）を備えたブラシレスＤＣモータが、高速、小型、および高精度を両立する電動サーボシステムには好適であることから採用しうる。但し、電動モータ４として、機能的にはブラシ付ＤＣモータやステッピングモータを用いることもできる。励磁コイル４ａは、一つのティースに集中して巻く集中巻でも良く、複数のティースにま

たがる分布巻でも良い。両者を比較すると、集中巻は小型化が可能で、分布巻は高効率および低トルクリプルとすることが可能である。

[0035] ロータ角度センサ２５として、例えば、レゾルバや磁気エンコーダ等のようなセンサを電動モータ４に搭載しても良く、また、ロータ角度を回転中のコイル電圧を用いていわゆるセンサレスで推定しても良い。磁気エンコーダ等のセンサを用いる場合、低速～停止状態まで高精度にロータ角度を検出することが可能であり、ロータ角度をセンサレスで推定する場合、省スペース化を図るうえで有利となる。

[0036] 温度検出素子である温度センサ２６は、励磁コイル４ａの温度を検出する。本実施形態では、電動モータ４における三相の励磁コイル４ａのうちの少なくとも一つに、またはいずれか一つの励磁コイル４ａに、この励磁コイル４ａの温度を検出する温度センサ２６を設けている。温度センサ２６としては、感温抵抗を用いたサーミスタ、および分圧回路を用いるとシンプルかつ低コストで好適である。温度センサ２６は、単一の励磁コイル４ａに接するように配置しても良く、例えば、集中巻コイルの隣り合うコイルの中間のような場合には、複数の励磁コイル４ａ，４ａに接するよう設置しても良い。

[0037] この実施形態では、特に、制御装置２に、コイル温度推定手段１９と、推定誤差補正手段２０とを設けている。また制御演算器１８に相電流制限手段２４を設けている。コイル温度推定手段１９は、電流センサ２２で求められる励磁コイル４ａの電流と、この励磁コイル４ａにおける発熱および放熱特性を含む情報とから、具体的には、上記の具現化モデル、または乗算や積分等の関数やそれに等価のハードウエアを用いて、三相の励磁コイル４ａの推定温度を算出して出力しうるハードウエア回路またはプロセッサ（不図示）上のソフトウエア関数で構成されている。ここで図３はコイル温度推定手段１９及び推定誤差補正手段２０の実装例を示す図である。制御装置２（図１）は、これらコイル温度推定手段１９及び推定誤差補正手段２０を含む線形の状態推定オブザーバを含む。同図３中の下付文字ｕ，ｖ，ｗはそれぞれ励磁コイル４ａ（図１）のｕ，ｖ，ｗ相のパラメータを示す。

[0038] コイル温度推定手段１９は、例えば、一般的な伝熱特性式として、次の発熱および放熱特性に基づいて与えられる。

［温度変化量］＝［熱量］÷［熱容量］

＝（［周辺部との温度差］×［伝熱係数］＋［発熱］）÷［熱容量］

上記式において、熱容量は物質の比熱および体積からなる。伝熱係数は、物質の熱伝導率、接触部の熱伝達率、伝熱面積、および伝熱距離からなる。発熱は基本的にコイル銅損からなる。

[0039] 以上により、図１、図３に示すように、コイル温度推定手段１９において、状態量を各相の励磁コイル４ａの推定温度＾ｘ（ｔ）とし、入力である操作量を電流の二乗に比例する発熱ｑ（ｔ）とし、状態遷移行列２７を各相の励磁コイル４ａの熱容量および伝熱係数としている。このコイル温度推定手段１９において、積分器２８を介して得られたｕ，ｖ，ｗ相のコイル推定温度＾ｘが外部に出力され、相電流制限手段２４に入力される。推定誤差補正手段２０は、温度センサ２６が設けられた励磁コイル４ａについて、温度センサ２６で検出される励磁コイル４ａの温度と、コイル温度推定手段１９で推定された推定温度との比較結果に基づいて、具体的には、上記の具現化モデル、または乗算関数やそれに等価のハードウエアを用いて、コイル温度推定手段１９で推定された全ての励磁コイル４ａの推定温度を補正して出力しうるハードウエア回路またはプロセッサ（不図示）上のソフトウエア関数で構成されている。具体的には、推定誤差補正手段２０は、温度センサ２６で検出された励磁コイル４ａの温度ｙ（＝［ｙｕ　ｙｖ　ｙｗ］^{T}。但し、温度センサ２６が存在しない相の要素は零とする）と、コイル温度推定手段１９で推定された推定温度に行列C_0を乗じた観測量列ベクトル＾ｙとの偏差に、定められたゲインＬを乗じた値のフィードバックを有する。

[0040] 行列C_0は温度センサ２６を設けたコイル相に合わせて所定のベクトル長となるよう設定する行列を示す。例えば、ｕ相の励磁コイル４ａに温度センサ２６を設ける場合はC_0＝［１　０　０］、ｖ相の励磁コイル４ａに温度セン

サ２６を設ける場合はC_0＝［０　１　０］、ｕ，ｖ相の励磁コイル４ａの中間に温度センサ２６を設ける場合はC_0＝［０．５　０．５　０］とすることができる。

[0041] このとき、上記のうち単一のコイル温度を温度センサ２６にて検出している場合、温度センサ２６を設けた相のコイル４ａの温度は前記温度センサ２６で直接検出しているため、コイル温度を推定する必要がない。しかしながら、温度センサ２６は、例えば、感温抵抗と分圧回路からなる簡素な測定系を構築する場合など、ノイズの影響を受けやすい場合がある。その際にコイル温度推定手段１９がフィルタの役割を果たすため、温度センサ２６が設けられていない他の励磁コイル４ａと同様に、温度センサ２６が設けられている励磁コイル４ａでもコイル温度を推定することが好ましい。

[0042] オブザーバゲインＬについて、固定の値としても良く、前記操作量ｑ（ｔ）における変化に対して定められた相関をもって変化する可変の値としても良い。一般にゲインが大きい方が収束速度に優れるため、例えば、コイル温度が急峻に変化しやすい大電流印加時にゲインＬを大きくするような処理を行っても良い。このようにゲインＬを変化させることで、励磁コイル４ａの推定温度を木目細かく早期に補正し得る。以上のように、温度センサ２６で検出された励磁コイル４ａの温度と、観測量列ベクトル（すなわち推定温度）との偏差を使用することで、各励磁コイル４ａの推定温度を補正しうる。

[0043] 相電流制限手段２４は、判定部２４ａと、制限部２４ｂとを有する。判定部２４ａは、推定誤差補正手段２０で補正された全ての励磁コイル４ａの推定温度の最大値、および、前記全ての励磁コイル４ａの推定温度の微分値のうち少なくとも一つ以上を用いた値に対し、具体的には、上記の具現化モデル、または比較関数やそれに等価のハードウエアを用いて、この値が定められた値以上となったか否かを判定して出力しうるハードウエア回路またはプロセッサ（不図示）上のソフトウエア関数で構成されている。制限部２４ｂは、判定部２４ａで定められた値以上となったと判定されると、当該判定結果の入力を受けて、具体的には、上記の具現化モデル、または比較関数やそ

れに等価のハードウエアを用いて、推定温度の最大値が推定された励磁コイル４ａの相電流を制限する指令を出力しうるハードウエア回路またはプロセッサ（不図示）上のソフトウエア関数で構成されている。

[0044] この場合において、制限部２４ｂは、例えば、推定された相電流の数％～数十％を低減するように制限しても良いし、モータ回転速度およびコイル推定温度のいずれか一方または両方に応じて、定められた相電流となるように制限しても良い。前記定められた相電流は、例えば、試験やシミュレーション等の結果により定められる。したがって、所定の励磁コイル４ａに負荷が集中した際に前記相電流制限手段２４により前記励磁コイル４ａの相電流を制限することで、励磁コイル４ａの熱劣化を確実に防止し得る。

[0045] 図４は、この電動モータ装置の動作例を示す図である。この動作例として、電動ブレーキに代表される、アクチュエータ軸力（ブレーキ力）を制御する電動サーボモータシステムの動作例を示す。図４（ａ）はアクチュエータ軸力、図４（ｂ）は、そのアクチュエータ軸力を与えたときのモータ相電流を示す。アクチュエータ軸力を図４（ａ）の期間ｔ１において一定値に保持する場合、モータ相電流は図４（ｂ）のように常に一定に印加され続ける。このため、各励磁コイルの損失がばらつき、各励磁コイルに温度差が生じる。そこで図１に示すように、本実施形態では、制御装置２に、コイル温度推定手段１９と、推定誤差補正手段２０とを設けている。また制御演算器１８に相電流制限手段２４を設けている。

[0046] 以上説明した電動モータ装置ＤＢによると、コイル温度推定手段１９は、求められる励磁コイル４ａの電流と、この励磁コイル４ａにおける発熱および放熱特性を含む情報とから、三相の励磁コイル４ａの推定温度を算出する。推定誤差補正手段２０は、温度センサ２６が設けられた励磁コイル４ａについて、温度センサ２６で検出される励磁コイル４ａの温度と、コイル温度推定手段１９で推定された推定温度とを比較する。推定誤差補正手段２０は、この比較結果に基づいて、コイル温度推定手段１９で推定される全ての励磁コイル４ａの推定温度を補正する。温度センサ２６で検出されない励磁コ

イル４ａの推定温度についても、前記比較結果に基づく補正を行うことで、従来技術よりもコイル温度を精度良く求めることができる。

[0047] このように全コイルの温度を直接測定しなくても、他点のコイル温度と電流等から間接的にコイル温度を精度良く求め得る。また、例えば全ての励磁コイルに温度センサを設けた従来技術に対し、この構成は温度センサ２６を少なくとも一つの励磁コイル４ａに設ければ足りるため、電動モータ自体のコスト低減および組立工数の低減を図ることができるうえ、温度センサ２６の電動モータ４への実装スペースの面で問題が発生することを回避することができる。また全ての励磁コイル４ａの温度を推定することで、所定の励磁コイル４ａに負荷が集中した際の温度検出精度を向上することができる。

[0048] 制御装置２が、直動機構６の軸力を例えば一定に保持するように制御するとき、モータ相電流は常に一定に印加され続ける。このため各励磁コイル４ａの損失がばらつき、各励磁コイル４ａは互いに温度差が生じる。このように各励磁コイル４ａに温度差が生じる場合であっても、全ての励磁コイル４ａの温度検出精度を向上していることで、励磁コイル４ａの熱劣化を確実に防止する対策を講じることができる。すなわち、本実施形態では、相電流制限手段２４を設けてモータ相電流を制限する。

[0049] 相電流制限手段２４は、励磁コイル４ａの推定温度に応じて電流上限値を制限する処理としても良く、また推定温度が所定値を超えたら動作を停止する処理としても良い。前記電流上限値を制限する処理は、制御演算器１８が演算処理を実行する必要があるが電動モータ４が不所望に駆動停止することを回避できる。前記動作を停止する処理は、この処理を簡潔かつ確実に行うことができる。なお前記電流上限値を制限する処理と、前記動作を停止する処理とを併用しても良い。

[0050] 図３では簡潔な線形オブザーバの構成を示したが、例えば、ＶＳＳオブザーバに代表される非線形オブザーバを用いても良い。このような非線形オブザーバを用いることで、誤差要因の除去精度が高まる。

[0051] 本実施形態の電動ブレーキ装置を電動プレスに適用しても良い。この電動

プレスの押圧力を一定値に保持する場合、モータ相電流は一定に印加され続けるため、各励磁コイルに温度差が生じるが、制御装置に、少なくともコイル温度推定手段と推定誤差補正手段とを設けることで、各励磁コイルのコイル温度を精度良く求めることが可能となる。

[0052] 以上、図面を参照しながら実施形態に基づいてこの発明を実施するための好適な形態を説明したが、今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではない。この発明の範囲は上記した説明ではなくて請求の範囲によって示される。当業者であれば、本件明細書を見て、自明な範囲内で種々の変更および修正を容易に想定するであろう。したがって、そのような変更および修正は、請求の範囲から定まる発明の範囲内またはこれと均等の範囲内のものと解釈される。

符号の説明

[0053] １…電動アクチュエータ（電動式直動アクチュエータ）

２…制御装置

４…電動モータ

４ａ…励磁コイル

６…直動機構

８…ブレーキロータ

９…摩擦部材

１９…コイル温度推定手段

２０…推定誤差補正手段

２２…電流センサ（電流検出手段）

２４…相電流制限手段

２６…温度センサ（温度検出素子）

請求の範囲

[請求項1] 複数の励磁コイルを有する電動モータと、この電動モータを制御する制御装置とを備える電動モータ装置であって、

前記電動モータにおける複数の励磁コイルのうち少なくとも一つの励磁コイルに、この励磁コイルの温度を検出する温度検出素子を設け、

前記制御装置は、

前記複数の励磁コイルに流す電流をそれぞれ求める電流検出手段と、

この電流検出手段で求められる前記励磁コイルの電流と、この励磁コイルにおける発熱および放熱特性を含む情報とから、前記複数の励磁コイルの推定温度を算出するコイル温度推定手段と、

前記温度検出素子が設けられた前記励磁コイルについて、前記温度検出素子で検出される励磁コイルの温度と、前記コイル温度推定手段で推定された前記推定温度との比較結果に基づいて、前記コイル温度推定手段で推定される全ての励磁コイルの推定温度を補正する推定誤差補正手段と、

を有する電動モータ装置。

[請求項2] 請求項１に記載の電動モータ装置において、前記コイル温度推定手段は、前記電流検出手段で求められる前記励磁コイルの電流の二乗に比例する値を操作量とし、状態量及び観測量を各相の励磁コイルの推定温度とし、状態遷移行列を各相の励磁コイルの熱容量および熱伝導率とし、前記推定誤差補正手段は、前記温度検出素子で検出された励磁コイルの温度と前記観測量との偏差に定められたゲインを乗じた値のフィードバックを有し、前記制御装置は、これらコイル温度推定手段および推定誤差補正手段を含む状態推定オブザーバを含む電動モータ装置。

[請求項3] 請求項２に記載の電動モータ装置において、前記状態推定オブザー

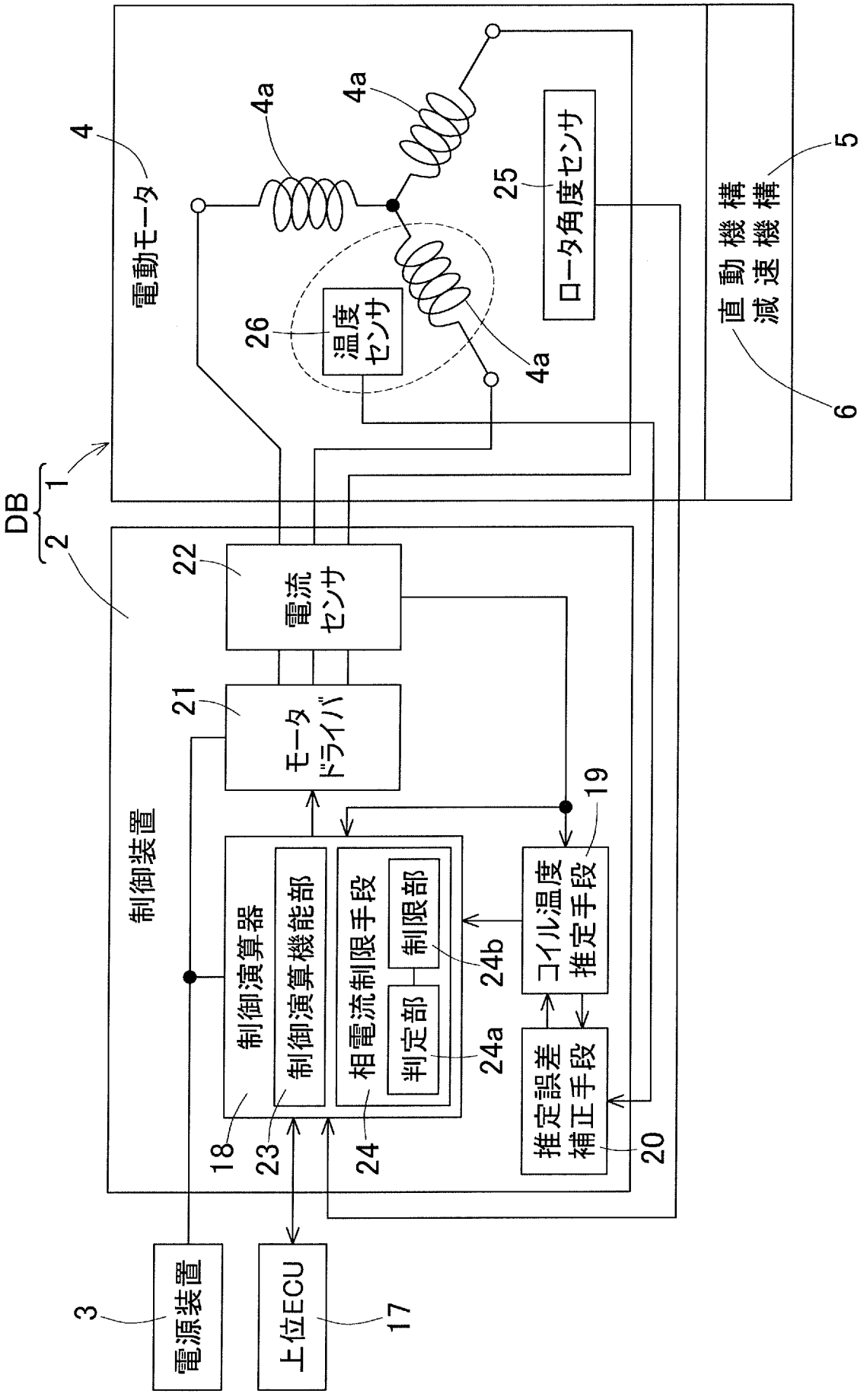
バは、前記操作量における変化に対して定められた相関をもって前記フィードバックの前記ゲインが変化する機能を有する電動モータ装置。

[請求項4] 請求項１ないし請求項３のいずれか１項に記載の電動モータ装置において、前記制御装置は、前記推定誤差補正手段で補正された全ての励磁コイルの推定温度の最大値、および、前記全ての励磁コイルの推定温度の微分値のうち少なくとも一つ以上を用いた値に対し、この値が定められた値以上となったとき、前記推定温度の最大値が推定された励磁コイルの相電流を制限する相電流制限手段をさらに有する電動モータ装置。

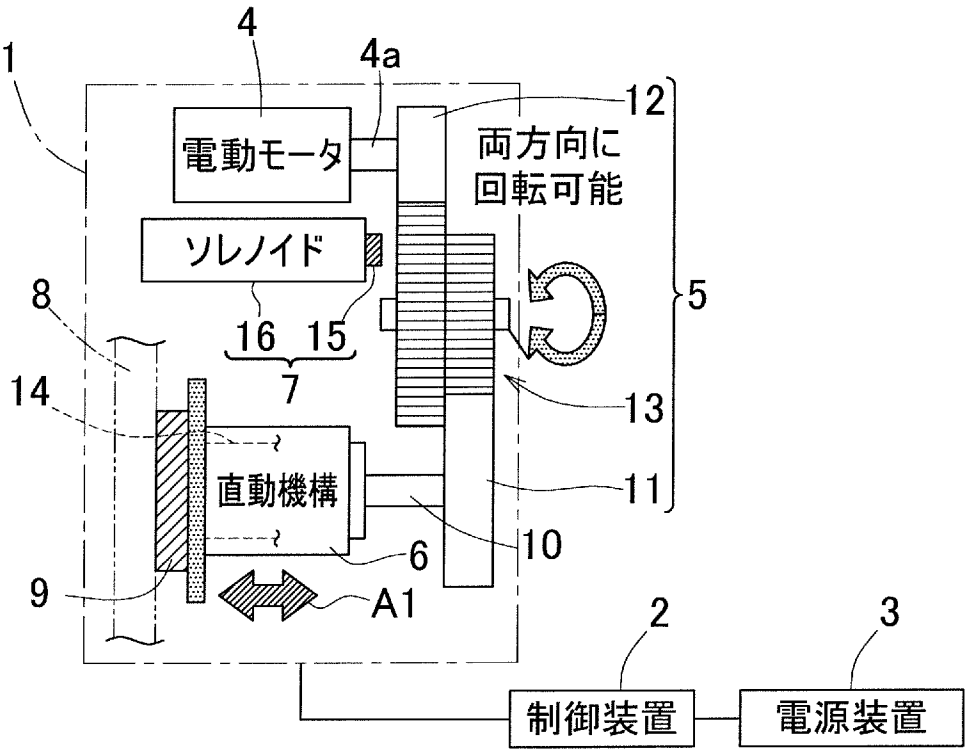
[請求項5] 請求項１ないし請求項４のいずれか１項に記載の電動モータ装置と、電動モータ装置の電動モータの回転運動を直進運動に変換する直動機構とを備え、前記制御装置が、前記直動機構の軸力を制御する軸力制御機能を有する電動式直動アクチュエータ。

[請求項6] 請求項５に記載の電動式直動アクチュエータにおいて、前記電動式直動アクチュエータは、ブレーキロータと、このブレーキロータに接触させる摩擦部材と、この摩擦部材を前記ブレーキロータに接触させる前記直動機構と、この直動機構を駆動する前記電動モータとを備え、前記制御装置は、前記電動モータを制御することにより前記直動機構の軸力であるブレーキ力を制御する電動式直動アクチュエータ。

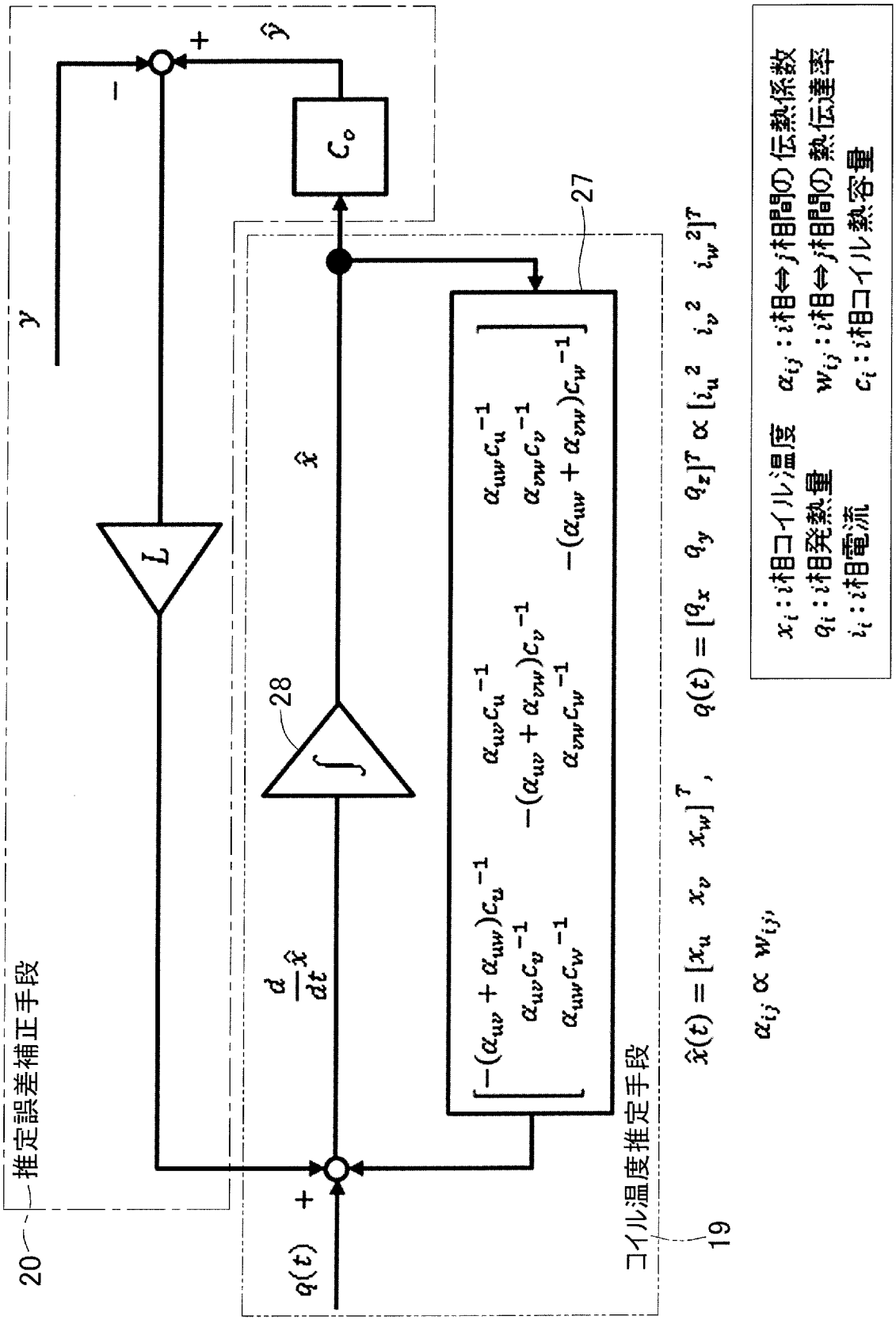
[図1]


4
電動モータ
4a
4a
4a
25
ロータ角度センサ
26
温度センサ
5
直動機構
減速機構
6
DB
1
2
22
電流センサ
21
モータドライバ
制御装置
19
制御演算器
制御演算機能部
相電流制限手段
制限部
判定部
24b
24a
コイル温度推定手段
推定誤差補正手段
18
23
24
20
3
電源装置
上位ECU
17

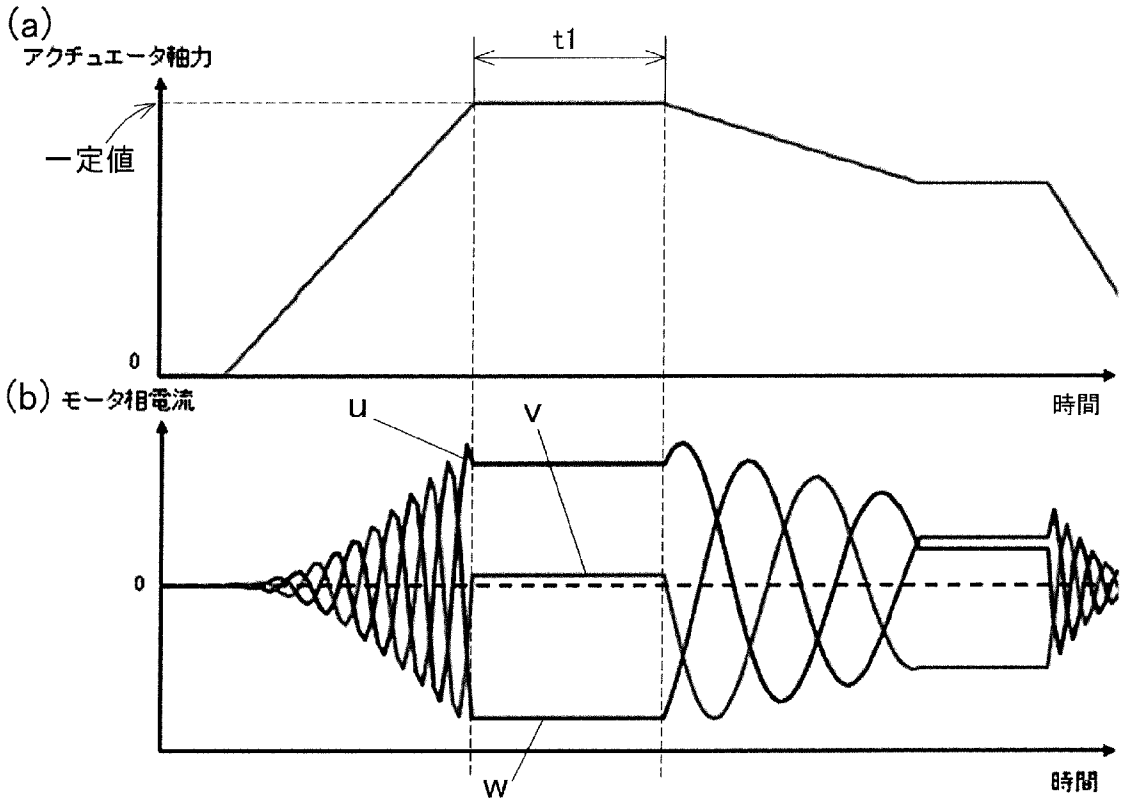
[図2]


1
4
4a
12
電動モータ
両方向に
回転可能
ソレノイド
5
8
16
15
7
14
13
直動機構
11
6
10
9
A1
2
3
制御装置
電源装置

[図3]


推定誤差補正手段
20
コイル温度推定手段
19
27
28
$\hat{y}$
y
$\hat{x}$
$q(t)$
C_o
L
$\int$
$\frac{d}{dt}\hat{x}$
$\hat{x}(t) = [x_u \quad x_v \quad x_w]^T$,
$q(t) = [q_x \quad q_y \quad q_z]^T \propto [i_u^2 \quad i_v^2 \quad i_w^2]^T$
$\alpha_{ij} \propto w_{ij}$
x_i：i相コイル温度
q_i：i相発熱量
i_i：i相電流
α_{ij}：i相⇔j相間の伝熱係数
w_{ij}：i相⇔j相間の熱伝達率
c_i：i相コイル熱容量

[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/063649

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H02P29/64(2016.01)i, *G01K7/00*(2006.01)i, *H02K7/102*(2006.01)i, *H02K11/25*(2016.01)i

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)
H02P29/64, G01K7/00, H02K7/102, H02K11/25

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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.
A	JP 2001-268989 A (Hitachi, Ltd.), 28 September 2001 (28.09.2001), entire text; all drawings (Family: none)	1-6
A	JP 2009-89531 A (NSK Ltd.), 23 April 2009 (23.04.2009), entire text; all drawings (Family: none)	1-6
A	JP 2015-33995 A (Toyota Motor Corp.), 19 February 2015 (19.02.2015), entire text; all drawings & US 2015/0042184 A1 entire text; all drawings & CN 104344910 A	1-6

☒ 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	Date of mailing of the international search report
06 July 2016 (06.07.16)	19 July 2016 (19.07.16)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Authorized officer Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (January 2015)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/063649

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2006-50746 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 16 February 2006 (16.02.2006), entire text; all drawings (Family: none)	1-6

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１６／０６３６４９

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H02P29/64(2016.01)i, G01K7/00(2006.01)i, H02K7/102(2006.01)i, H02K11/25(2016.01)i

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（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H02P29/64, G01K7/00, H02K7/102, H02K11/25

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	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１６年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１６年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１６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
A	JP 2001-268989 A (株式会社日立製作所) 2001.09.28, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 2009-89531 A (日本精工株式会社) 2009.04.23, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 2015-33995 A (トヨタ自動車株式会社) 2015.02.19, 全文、全図 & US 2015/0042184 A1, 全文、全図 & CN 104344910 A	1-6

☑　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	国際調査報告の発送日
０６．０７．２０１６	１９．０７．２０１６

国際調査機関の名称及びあて先	特許庁審査官（権限のある職員）	３Ｖ	３９２４
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 郵便番号１００－８９１５ 東京都千代田区霞が関三丁目４番３号	森山　拓哉 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３５７		

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
A	JP 2006-50746 A (日産自動車株式会社) 2006.02.16, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-6