

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第4741525号
(P4741525)

(45) 発行日 平成23年8月3日 (2011.8.3)

(24) 登録日 平成23年5月13日 (2011.5.13)

(51) Int.Cl.

F I

B 6 0 T 13/74 (2006.01)

B 6 0 T 13/74 Z

F 1 6 D 65/18 (2006.01)

F 1 6 D 65/18 A

請求項の数 1 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2007-19180 (P2007-19180)	(73) 特許権者	509186579
(22) 出願日	平成19年1月30日 (2007.1.30)		日立オートモティブシステムズ株式会社
(65) 公開番号	特開2008-184023 (P2008-184023A)		茨城県ひたちなか市高場2520番地
(43) 公開日	平成20年8月14日 (2008.8.14)	(74) 代理人	100064908
審査請求日	平成21年9月17日 (2009.9.17)		弁理士 志賀 正武
		(72) 発明者	武田 宏樹
			神奈川県川崎市川崎区富士見1丁目6番3号 株式会社日立製作所 オートモティブシステムグループ内
		(72) 発明者	山口 東馬
			神奈川県川崎市川崎区富士見1丁目6番3号 株式会社日立製作所 オートモティブシステムグループ内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電動ブレーキ装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電動モータを備え、ディスクロータにブレーキパッドを押圧する押圧部材が前記電動モータにより推進されるキャリパと、前記押圧部材による前記ブレーキパッドの押圧力指令値を前記キャリパに送られる推力指令値に応じて算出し該押圧力指令値に基づいて前記電動モータを制御する制御手段と、からなり、前記制御手段は、前記電動モータの実電流値から前記押圧部材の推力値を推定する電動ブレーキ装置において、

前記制御手段は、

前記押圧部材が前記ブレーキパッドを押圧したときの推定推力に応じて前記キャリパの剛性を推定して前記電動モータの回転位置と前記押圧部材による前記ブレーキパッドを押

10

、
該キャリパ剛性推定手段は、

1 回の前記押圧部材による前記ブレーキパッドの押圧ごとに、前記モータの回転位置と前記押圧部材による前記ブレーキパッドを押圧したときの推力値との関係から前記剛性モデルを変更した変更モデルを作成し、

前回の前記押圧部材による前記ブレーキパッドの押圧時から次の前記押圧部材による前記ブレーキパッドの押圧時までの時間が所定時間以下の場合に、次の前記押圧部材による前記ブレーキパッドの押圧時に前記変更モデルに基づいて、前記推力指令値に対する前記ブレーキパッドへの押圧力指令値を変更し、

20

前回の前記押圧部材による前記ブレーキパッドの押圧時から次の前記押圧部材による前記ブレーキパッドの押圧時までの時間が所定時間を上回る場合に、次の前記押圧部材による前記ブレーキパッドの押圧時に前記剛性モデルの初期値である基本モデルに基づいて、前記推力指令値に対する前記ブレーキパッドの押圧力指令値を変更

することを特徴とする電動ブレーキ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電動ブレーキ装置に関する。

【背景技術】

【0002】

車両等に用いられる制動用の電動ブレーキ装置には、キャリパに電動モータおよびピストンを備え、電動モータによってピストンを推進してディスクロータにブレーキパッドを押圧するものがある。このような電動ブレーキ装置は、ブレーキペダルの操作に応じた推力をピストンに発生させるものであるが、ピストンの押圧力を制御するために、モータの回転位置により押圧力を推定して制御を行うもの（例えば特許文献1参照）と、ピストンに押圧力センサを設けてこのセンサの検出値に基づいて押圧力を制御するもの（例えば特許文献2参照）とがある。

【特許文献1】特開2003-106355号公報

【特許文献2】特開2005-106153号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

キャリパは鋳鉄やアルミニウム等の金属を主体に構成されるものであり、制動時の発熱によりキャリパ剛性が変化してしまう。特許文献2のものでは、キャリパ剛性の変化があっても押圧力を押圧力センサにより直接検出できるため、この変化を補完することができるが、特許文献1のものでは、キャリパ剛性の変化を検出するセンサがないため、高温時に剛性が低下することによって制動力が低下してしまうという問題があった。

【0004】

本発明は、電動モータの実電流値から押圧部材の推力を推定する電動ブレーキ装置においてキャリパ剛性が変化しても所望の制動力を発生し得る電動ブレーキ装置を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0005】

上記目的を達成するために、請求項1に係る発明は、電動モータを備え、ディスクロータにブレーキパッドを押圧する押圧部材が前記電動モータにより推進されるキャリパと、前記押圧部材による前記ブレーキパッドの押圧力指令値を前記キャリパに送られる推力指令値に応じて算出し該押圧力指令値に基づいて前記電動モータを制御する制御手段と、からなり、前記制御手段は、前記電動モータの実電流値から前記押圧部材の推力値を推定する電動ブレーキ装置において、前記制御手段は、前記押圧部材が前記ブレーキパッドを押圧したときの推定推力に応じて前記キャリパの剛性を推定して前記電動モータの回転位置と前記押圧部材による前記ブレーキパッドを押圧したときの推力値との関係からなる剛性モデルを作成するキャリパ剛性推定手段を有し、該キャリパ剛性推定手段は、1回の前記押圧部材による前記ブレーキパッドの押圧ごとに、前記モータの回転位置と前記押圧部材による前記ブレーキパッドを押圧したときの推力値との関係から前記剛性モデルを変更した変更モデルを作成し、前回の前記押圧部材による前記ブレーキパッドの押圧時から次の前記押圧部材による前記ブレーキパッドの押圧時までの時間が所定時間以下の場合に、次の前記押圧部材による前記ブレーキパッドの押圧時に前記変更モデルに基づいて、前記推力指令値に対する前記ブレーキパッドへの押圧力指令値を変更し、前回の前記押圧部材による前記ブレーキパッドの押圧時から次の前記押圧部材による前記ブレーキパッド

10

20

30

40

50

の押圧時までの時間が所定時間を上回る場合に、次回の前記押圧部材による前記ブレーキパッドの押圧時に前記剛性モデルの初期値である基本モデルに基づいて、前記推力指令値に対する前記ブレーキパッドの押圧力指令値を変更することを特徴としている。

【発明の効果】

【0009】

請求項1に係る発明によれば、押圧部材がブレーキパッドを押圧したときの推定推力に応じてキャリパの剛性を推定することに着目し、制御手段のキャリパ剛性推定手段によって、押圧部材がブレーキパッドを押圧したときの推定推力に応じてキャリパの剛性を推定するキャリパ剛性推定手段を有し、このキャリパ剛性推定手段の剛性の推定結果に応じて制動指示信号に対するブレーキパッドへの押圧力を変更することで、電動モータの実電流値から押圧部材の推力を推定する電動ブレーキ装置においてキャリパ剛性が変化しても所望の制動力を発生することが可能となる。

10

【0010】

また、制御手段のキャリパ剛性推定手段が、電動モータの回転位置と押圧部材によるブレーキパッドの押圧力指令値との関係からなる剛性モデルを変更するため、変更制御が容易となる。

【0011】

また、制御手段のキャリパ剛性推定手段が、1回の押圧部材によるブレーキパッドの押圧ごとに、モータの回転位置と押圧部材によるブレーキパッドの押圧力指令値との関係から剛性モデルを変更した変更モデルを作成し、次回の押圧部材によるブレーキパッドの押圧時に該変更モデルに基づき、押圧部材によるブレーキパッドの押圧力指令値を決定するため、変更制御を詳細に行うことができる。

20

【0012】

また、制御手段のキャリパ剛性推定手段が、前回の押圧部材によるブレーキパッドの押圧時から次回（前回に対する次回）の押圧部材によるブレーキパッドの押圧時までの時間が所定時間以下の場合、つまり押圧部材がブレーキパッドを押圧する頻度が高く剛性が初期値から変化していると推定できる場合に、次回の押圧部材によるブレーキパッドの押圧時に前記変更モデルに基づいて押圧部材によるブレーキパッドの押圧力指令値を決定し、前回の押圧部材によるブレーキパッドの押圧時から次回の押圧部材によるブレーキパッドの押圧時までの時間が所定時間を上回る場合、つまり押圧部材がブレーキパッドを押圧する頻度が低く剛性が初期値に戻る方向に変化していると推定できる場合に、次回の押圧部材によるブレーキパッドの押圧時に剛性モデルの初期値である基本モデルに基づいて押圧部材によるブレーキパッドの押圧力指令値を決定することができる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

本発明の第1実施形態の電動ブレーキ装置を図1～図6を参照しつつ以下に説明する。

【0014】

図1に示すように、第1実施形態の電動ブレーキ装置1は、キャリパ浮動型の電動ディスクブレーキ装置であって、図示略の車輪とともに回転するディスクロータ11と、図示略のナックル等の車体の非回転部に固定されるキャリア12と、ディスクロータ11の両側に配置されてキャリア12によって支持される一対のブレーキパッド13、14と、ディスクロータ11を跨ぐように配置されて一対の図示略のスライドピンによってキャリア12に対してディスクロータ11の軸線方向に沿って摺動可能に支持された、電動モータ15を有するキャリパ16とを備えている。そして、キャリパ16は、鋳鉄やアルミニウム等の金属を主体に構成されるもので、キャリパ本体17と、ピストンユニット18と、モータ/制御装置ユニット19とで構成されている。

40

【0015】

キャリパ本体17は、鋳鉄やアルミニウム等の金属からなるもので、一端がディスクロータ11の一側に対向して開口する円筒状のシリンダ部21と、シリンダ部21からディスクロータ11を跨いで反対側へ延びる爪部22とを有している。

50

【 0 0 1 6 】

ピストンユニット 1 8 は、有底円筒状のピストン（押圧部材） 2 4 と、ピストン 2 4 の内部に収容された、電動モータ 1 5 の回転を減速する差動減速機構 2 5 および差動減速機構 2 5 で減速した回転を直動に変換する回転 - 直動変換機構としてのボールランプ機構 2 6 と、ブレーキパッド 1 3 , 1 4 の摩耗にピストンユニット 1 8 の位置を追従させるパッド摩耗追従機構 2 7 とを一体化したものである。

【 0 0 1 7 】

モータ / 制御装置ユニット 1 9 は、上記した電動モータ 1 5 と、電動モータ 1 5 の回転位置を検出する回転位置検出手段としてのレゾルバ 3 0 と、電動モータ 1 5 の回転位置を固定するための駐車ブレーキ機構 3 1 と、電動モータ 1 5 の駆動を制御するためのキャリパ ECU（制御手段） 3 2 とを有している。このキャリパ ECU 3 2 は、キャリパ 1 6 とは別に設けられたメイン ECU 3 3 に通信可能に接続されている。

10

【 0 0 1 8 】

制動時には、キャリパ 1 6 において、上記した電動モータ 1 5 が正回転させられることになる。すると、その回転は、差動減速機構 2 5 で所定の減速比で減速され、ボールランプ機構 2 6 によって直線運動に変換されて、ピストン 2 4 を前進させる。このピストン 2 4 の前進によって、一方のブレーキパッド 1 4 がディスクロータ 1 1 に押圧され、その反力によってキャリパ本体 1 7 がキャリア 3 に対し図示略のスライドピンの案内で移動して、爪部 2 2 が他方のブレーキパッド 1 3 をディスクロータ 1 1 に押圧する。言い換えれば、キャリパ 1 6 は、ディスクロータ 1 1 にブレーキパッド 1 3 , 1 4 を押圧するピストン 2 4 および爪部 2 2 を電動モータ 1 5 により推進する。また、制動解除時には、電動モータ 1 5 を逆回転させることによってピストン 2 4 を後退させて、ブレーキパッド 1 3 , 1 4 をディスクロータ 2 から離間させる。

20

【 0 0 1 9 】

メイン ECU 3 3 には、運転者が制動意思に応じて操作を行うブレーキペダル 3 4 の操作量を検出する踏力センサあるいはストロークセンサからなるブレーキペダルセンサ 3 5 が通信可能に接続されており、メイン ECU 3 3 は、ブレーキペダルセンサ 3 5 からの操作信号に基づいてキャリパ 1 6 の制動力を制御すべく、電動モータ 1 5 に電力を供給する。つまり、メイン ECU 3 3 は、ブレーキペダルセンサ 3 5 からの操作信号に基づく操作量（操作力）から、予め実験的に求められた操作量 - ピストン推力値変換テーブルに基づいて、この操作量に対応する制動力を発生させるためのピストン推力値に変換し、このピストン推力値を推力指令値（制動指示信号）としてキャリパ ECU 3 2 に出力する。なお、メイン ECU 3 3 およびブレーキペダルセンサ 3 5 も電動ブレーキ装置 1 を構成する。

30

【 0 0 2 0 】

キャリパ ECU 3 2 は、図 2 に示すように、メイン ECU 3 3 からの推力指令値が入力され、この推力指令値を、ピストン推力を出力するための電動モータ 1 5 のモータロータの回転位置に変換して位置指令値を算出する（言い換えればモータロータの回転位置からのピストン推力を推定する）推力指令 - 位置指令変換器（キャリパ剛性推定手段） 4 0 と、この位置指令値を、これに基づいたモータロータの回転位置まで移動させる電流値に変換して電流指令値とする位置指令 - 電流指令変換器 4 1 と、この電流指令値に基づいて、三相 DC ブラシレスモータを駆動するための PWM 信号を生成して電動モータ 1 5 へ出力する PWM 変換器 4 2 と、推力指令 - 位置指令変換器 4 0 によって位置指令値を算出する際に参照される剛性テーブル（剛性モデル）の基本となる基本テーブル（基本モデル）を有する基本剛性テーブルメモリ 4 3 と、同様に参照される剛性テーブルの変更後の変更剛性テーブル（変更モデル）を有する変更剛性テーブル演算器（キャリパ剛性推定手段） 4 4 とを有している。推力指令 - 位置指令変換器 4 0 は、参照した基本剛性テーブルメモリ 4 3 あるいは変更剛性テーブル演算器 4 4 の剛性テーブルからキャリパ剛性に対応して入力された位置指令値に到達させるための位置指令値を算出する。なお、電動ブレーキ 1 においてキャリパ ECU 3 2 が上記のように推力指令 - 位置指令変換器 4 0 によって電動モータ 1 5 の回転位置からピストン 2 4 の推力を推定することになり、押圧力を直接的に検

40

50

出する押圧力センサは設けられていない。

【 0 0 2 1 】

ここで、電動モータ 1 5 の駆動時には、レゾルバ 3 0 から電動モータ 1 5 の回転位置を示す位置信号が出力され位置フィードバックが位置指令 - 電流指令変換器 4 1 に入力されることになり、位置指令 - 電流指令変換器 4 1 ではロータ回転位置に応じて電流指令値を出力するようになっている。また、キャリパ E C U 3 2 は、上記のように駆動した電動モータ 1 5 の実電流値を推力推定値に変換する電流 - 推力変換器 4 5 を有しており、この電流 - 推力変換器 4 5 で変換された推力推定値を変更剛性テーブル演算器 4 4 に入力して変更剛性テーブルの作成がなされる。

【 0 0 2 2 】

また、レゾルバ 3 0 からの位置フィードバックは、変更剛性テーブル演算器 4 4 にも入力され、この変更剛性テーブル演算器 4 4 において、電動モータ 1 5 の回転位置に対する変更前の剛性テーブルでの推力値と上記推力推定値とを比較して剛性テーブルを変更するようになっている。

【 0 0 2 3 】

すなわち、変更剛性テーブル演算器 4 4 は、ピストン 2 4 がブレーキパッド 1 3 , 1 4 を押圧する頻度に応じてキャリパ 1 6 の剛性を推定しこの剛性の推定結果に応じて剛性テーブルを変更することになる。よって、推力指令 - 位置指令変換器 4 0 は、この剛性テーブルを参照することから、推力指令値により算出されるブレーキパッド 1 3 , 1 4 の押圧力指令値である位置指令値を、キャリパ 1 6 の剛性の推定結果に応じて変更する。

【 0 0 2 4 】

つまり、剛性テーブルは、図 3 に示すように、電動モータ 1 5 の回転位置とピストン 2 4 によるブレーキパッド 1 3 , 1 4 を押圧したときの電動モータ 1 5 からの推力推定値との関係からなるもので、電動モータ 1 5 の回転位置が大となる（つまりピストン 2 4 の前進量が大きくなる）ほど推力推定値が大きくなり、しかも、電動モータ 1 5 の回転位置が大となるほど、単位回転量当たりの推力推定値の増大量が大きくなる関係となっている。そして、変更剛性テーブル演算器 4 4 では、ピストン 2 4 がブレーキパッド 1 3 , 1 4 を押圧する頻度に応じて、剛性の変化を推定して、この剛性テーブルを変更することになり、推力指令 - 位置指令変換器 4 0 は、この剛性テーブルを参照して電動モータ 1 5 への電流指令値を変更する。

【 0 0 2 5 】

具体的に、変更剛性テーブル演算器 4 4 は、例えば、電動モータ 1 5 への電流指令値の出力状況から、ピストン 2 4 によるブレーキパッド 1 3 , 1 4 の押圧および押圧解除を監視しており、押圧開始から次に押圧が解除されるまでの押圧動作とすると、一回の一連の制動動作でのピストン 2 4 によるブレーキパッド 1 3 , 1 4 の押圧動作ごとに、電動モータ 1 5 の回転位置と推力推定値と変更前の剛性テーブルにおける位置 - 推力の関係とから、例えば、変更前の剛性テーブルにおける位置に対する推力と推力推定値との乖離量から温度上昇等に起因した剛性低下を推定し、推力値を推力推定値に置き換える等して剛性テーブルを変更した変更剛性テーブルを作成する。例えば図 3 に示す剛性テーブル A を、一連の制動動作が終了した際に、剛性テーブル B に変更して切り替える。推力指令 - 位置指令変換器 4 0 は、次回（前回に対する次回）のピストン 2 4 によるブレーキパッド 1 3 , 1 4 の押圧動作時には、この変更剛性テーブル B に基づき、推力指令値に対する電動モータ 1 5 の回転位置である位置指令値を決定する。

【 0 0 2 6 】

ただし、推力指令 - 位置指令変換器 4 0 は、ピストン 2 4 がブレーキパッド 1 3 , 1 4 を押圧する頻度に応じて、キャリパ 1 6 の剛性の変化を推定し、この剛性の変化の推定結果に応じて、変更剛性テーブルを使用したり、基本テーブルを使用したりする。

【 0 0 2 7 】

具体的な制御内容を図 4 に示すフローチャートに沿って説明する。

図示せぬイグニッションスイッチがオンになると、キャリパ E C U 3 2 は、メイン E C

10

20

30

40

50

U 3 3 との通信情報に基づいてブレーキシステムがオンであるか否かを判断し（ステップ S 1 ）、ブレーキシステムがオンである場合には、制動動作が行われたか否かを例えばブレーキペダルセンサ 3 5 の検出値に基づいて判定する（ステップ S 2 ）。

【 0 0 2 8 】

ステップ S 2 において、制動動作が行われたと判定した場合、キャリア E C U 3 2 は、現在時刻（ t_c ）を計測し（ステップ S 3 ）、一回前の前回制動時刻（ t_0 ）が計測済みか否かの判定を行う（ステップ S 4 ）。前回制動時刻（ t_0 ）が計測済みである場合、現在時刻（ t_c ）から前回制動時刻（ t_0 ）を減算した値つまり前回制動時からの経過時間（ $t_c - t_0$ ）を算出し、経過時間（ $t_c - t_0$ ）が所定時間（ t_n ）を越えているか否かを判定する（ステップ S 5 ）。経過時間（ $t_c - t_0$ ）が所定時間（ t_n ）を越えている場合には、車速が 0 であるか否かを判定する（ステップ S 6 ）。ここで、車速が 0 である場合には、推力指令 - 位置指令変換器 4 0 が、基本剛性テーブルメモリ 4 3 に記憶された基本テーブルを使用して（ステップ S 7 ）、推力指令値に対するブレーキパッド 1 3 , 1 4 の押圧力指令値である位置指令値を求めて、この位置指令値を位置指令 - 電流指令変換器 4 1 に出力し、位置指令 - 電流指令変換器 4 1 から位置指令値に基づいた電流指令値を P W M 変換器 4 2 に出力する。すると、P W M 変換器 4 2 は、この電流指令値に基づいて、三相 D C ブラシレスモータを駆動するための P W M 信号を生成して電動モータ 1 5 へ出力し、この P W M 信号で電動モータ 1 5 を駆動する。なお、所定時間（ t_n ）は、上記のように次回制動時に用いる剛性テーブルに基本テーブルを適用するか否かのしきい値である。

【 0 0 2 9 】

このとき、変更剛性テーブル演算器 4 4 は、このときの電動モータ 1 5 の位置に対する現在参照している基本テーブルの推力値と、電流 - 推力変換器 4 5 によって算出される推力推定値とを比較して剛性テーブルを変更し、変更後の剛性テーブルに剛性テーブルを更新する（ステップ S 8 ）。これを前回作成テーブル（変更剛性テーブル）として保存し（ステップ S 9 ）、さらに基本テーブルとして保存する（ステップ S 1 0 ）。

【 0 0 3 0 】

上記したステップ S 1 でブレーキシステムがオフであると判定された時は、エンジンがオフか否かを判定し（ステップ S 1 1 ）、エンジンがオフでない場合は、ステップ S 1 に戻る。ステップ S 1 1 でエンジンがオフである場合には制御を終了する。

【 0 0 3 1 】

また、上記したステップ S 2 で、制動動作が行われていないと判定された場合、前回制動時刻（ t_0 ）が計測済みか否かの判定を行う（ステップ S 1 2 ）。前回制動時刻（ t_0 ）が計測済みでない場合、ステップ S 1 に戻り、前回制動時刻（ t_0 ）が計測済みである場合、現在時刻（ t_c ）を計測し（ステップ S 1 3 ）、現在時刻（ t_c ）から前回制動時刻（ t_0 ）を減算した値つまり前回制動時からの経過時間（ $t_c - t_0$ ）を算出する。この経過時間（ $t_c - t_0$ ）が所定時間（ t_n ）を越えているか否かを判定し（ステップ S 1 4 ）、経過時間（ $t_c - t_0$ ）が所定時間（ t_n ）を越えていなければステップ S 1 に戻り、経過時間（ $t_c - t_0$ ）が所定時間（ t_n ）を越えている場合には、キャリア E C U 3 2 は、経過時間（ $t_c - t_0$ ）に応じて剛性テーブルを変更し、変更後の剛性テーブルに剛性テーブルを更新する（ステップ S 1 5 ）。これを基本テーブルとして基本剛性テーブルメモリ 4 3 に保存して（ステップ S 1 6 ）、ステップ S 1 に戻る。

【 0 0 3 2 】

また、上記したステップ S 4 で、前回制動時刻（ t_0 ）が計測済みでない場合、現在時刻（ t_c ）を前回制動時刻（ t_0 ）として保存し（ステップ S 1 7 ）、位置指令 - 電流指令変換器 4 1 が、基本剛性テーブルメモリ 4 3 に記憶された出荷時剛性テーブルを使用して（ステップ S 1 8 ）、推力指令値に対するブレーキパッド 1 3 , 1 4 の押圧力指令値である位置指令値を求めて、この位置指令値を位置指令 - 電流指令変換器 4 1 に出力し、位置指令 - 電流指令変換器 4 1 から位置指令値に基づいた電流指令値を P W M 変換器 4 2 に出力する。すると、P W M 変換器 4 2 は、この電流指令値に基づいて、三相 D C ブラシレ

スモータを駆動するためのPWM信号を生成して電動モータ15へ出力し、このPWM信号で電動モータ15を駆動する。

【0033】

この制動中に、変更剛性テーブル演算器44は、このときの電動モータ15の回転位置に対する現在参照している出荷時剛性テーブルの推力値と、電流-推力変換器45によって算出される推力推定値とを比較して剛性テーブルを変更し、変更後の剛性テーブルに剛性テーブルを更新する(ステップS19)。これを基本テーブルとして基本剛性テーブルメモリ43に保存して(ステップS20)、ステップS1に戻る。

【0034】

また、上記したステップS5において、経過時間($t_c - t_0$)が所定時間(t_n)を越えていない場合には、位置指令-電流指令変換器41が、変更剛性テーブル演算器44に保存された前回作成テーブルを使用して(ステップS21)、推力指令値に対するブレーキパッド13, 14の押圧力指令値である位置指令値を求めて、この位置指令値を位置指令-電流指令変換器41に出力し、位置指令-電流指令変換器41から位置指令値に基づいた電流指令値をPWM変換器42に出力する。すると、PWM変換器42は、この電流指令値に基づいて、三相DCブラシレスモータを駆動するためのPWM信号を生成して電動モータ15へ出力し、このPWM信号で電動モータ15を駆動する。

【0035】

このとき、変更剛性テーブル演算器44は、このときの電動モータ15の回転位置に対する現在参照している前回作成テーブルの推力値と、電流-推力変換器45によって算出される推力推定値とを比較して剛性テーブルを変更し、変更後の剛性テーブルに剛性テーブルを更新する(ステップS22)。これを前回作成テーブルとして保存して(ステップS23)、ステップS1に戻る。

【0036】

また、上記したステップS6において、車速が0でない場合には、推力指令-位置指令変換器40が、基本剛性テーブルメモリ43に記憶された基本テーブルを使用して(ステップS7)、推力指令値に対するブレーキパッドの押圧力指令値である位置指令値を求めて、この位置指令値を位置指令-電流指令変換器41に出力し、位置指令-電流指令変換器41から位置指令値に基づいた電流指令値をPWM変換器42に出力する。すると、PWM変換器42は、この電流指令値に基づいて、三相DCブラシレスモータを駆動するためのPWM信号を生成して電動モータ15へ出力し、このPWM信号で電動モータ15を駆動する。

【0037】

このとき、変更剛性テーブル演算器44は、このときの電動モータ15の回転位置に対する現在参照している基本テーブルの推力値と、電流-推力変換器45によって算出される推力推定値とを比較して剛性テーブルを変更し、変更後の剛性テーブルに剛性テーブルを更新する(ステップS25)。これを前回作成テーブルとして保存して(ステップS26)、ステップS1に戻る。

【0038】

以上により、変更剛性テーブル演算器44は、ステップS7, S21, S24において1回のピストン24によるブレーキパッド13, 14の押圧動作があると、ステップS8, S22, S25において、電動モータ15の回転位置と推力推定値と変更前の剛性テーブルにおける位置-推力の関係とから、例えば、変更前の剛性テーブルにおける位置に対する推力と推力推定値との乖離量から温度上昇等に起因した剛性低下を推定し、推力値を推力推定値に置き換える等して剛性テーブルを変更した変更剛性テーブルを作成する。

【0039】

そして、次回(前回に対する次回)のピストン24によるブレーキパッド13, 14の押圧動作時には、ステップS5において、前回のピストン24による押圧動作時から次回(前回に対する次回)のピストン24による押圧動作時までの時間が所定時間(t_n)以下の場合($t_c - t_0 < t_n$)には、ピストン24がブレーキパッド13, 14を押圧す

10

20

30

40

50

る頻度が高くキャリパ 16 の剛性が変化していないと推定できることから、次回のピストン 24 によるブレーキパッド 13, 14 の押圧動作時に、ステップ S 21 において変更剛性テーブル演算器 44 に記憶された、前回更新された変更剛性テーブルに基づいて、推力指令値に対する電動モータ 15 の回転位置である位置指令値を決定する。

【0040】

他方、ステップ S 5 において、前回のピストン 24 による押圧動作時から次回のピストン 24 による押圧動作時までの時間が所定時間 (t_n) を上回る場合 ($t_c - t_0 > t_n$) には、ピストン 24 がブレーキパッド 13, 14 を押圧する頻度が低く剛性が初期値に戻る方向に変化していると推定できることから、次回のピストン 24 によるブレーキパッド 13, 14 の押圧動作時に、ステップ S 7, S 24 において、出力位置指令 - 電流指令変換器 41 は、基本剛性テーブルメモリ 43 に記憶された剛性テーブルの初期値である基本テーブルに基づいて電動モータ 15 への位置指令値を決定する。

【0041】

例えば、図 5 に、制動間隔が短い場合の剛性テーブル更新処理の例を示す。この図 5 において、図中の時間軸で最初の制動時に用いる剛性テーブルを A とすると、制動時には、A に基づいて制動力を発生する。一連の制動動作の結果、剛性テーブルが B に変更されたとする。前回から次回までの制動動作の時間間隔が短い場合、剛性テーブルは直前に作成した剛性テーブルが最も現状に合っていると考えられるため、制動動作中は、最も直前に作成された剛性テーブルである B を用いる。その制動中に、最新の剛性テーブル C が作成され、制動動作終了後に剛性テーブル B は剛性テーブル C に更新される。また、その次の制動動作時に、前回から次回までの制動動作の時間間隔が短い場合、制動動作中は、最も直前に作成された剛性テーブルである C を用い、その制動中に、最新の剛性テーブル D が作成され、制動動作終了後に剛性テーブル C は剛性テーブル D に更新される。

【0042】

また、例えば、図 6 に、制動間隔が長い場合の剛性テーブル更新処理の例を示す。この図 6 において、図中の時間軸で最初の制動時に用いる剛性テーブルを A とすると、制動時には、A に基づいて制動力を発生する。一連の制動動作中に、剛性テーブルが B に生成され、制動動作終了後、最新の剛性テーブルとして保存される。前回から次回までの制動動作の時間間隔が長い場合、キャリパ 16 の状態は制動直後と比較して変化していると考えられ、最新の剛性テーブルが最も現状に合っているとは言えないため、制動間隔が所定時間を超えた場合は、剛性テーブルは、最新の剛性テーブルではなく、基本テーブル A' を用いることになる。この基本テーブル A' は、エンジンのオン後に、初めて制動した際にステップ S 19 で更新された剛性テーブルまたは停車時に制動動作をした場合の剛性テーブルを用いる。そして、このときの制動には、基本テーブル A' を用いて制動力を発生し、制動中に最新の剛性テーブル C を作成する。

【0043】

以上に述べた第 1 実施形態の電動ブレーキ装置 1 によれば、ピストン 24 がブレーキパッド 13, 14 を押圧する頻度に応じてキャリパ 16 の剛性を推定することに着目し、キャリパ ECU 32 の推力指令 - 位置指令変換器 40 および変更剛性テーブル演算器 44 によって、ピストン 24 がブレーキパッド 13, 14 を押圧する頻度に応じてキャリパ 16 の剛性の変化を推定しこの剛性の変化の推定結果に応じて推力指令値により算出される電動モータ 15 への位置指令値を変更することで、電動モータ 15 の回転位置からピストン 24 の推力を推定する電動ブレーキ装置 1 においてキャリパ剛性が変化しても所望の制動力を発生することが可能となる。したがって、運転者のペダルフィーリングを向上できる。

【0044】

また、キャリパ ECU 32 の変更剛性テーブル演算器 44 が、電動モータ 15 の回転位置と電動モータ 15 の推力値との関係からなる剛性テーブルを変更することで位置指令値を変更するため、変更制御が容易となる。

【0045】

10

20

30

40

50

さらに、キャリパ ECU 32 の推力指令 - 位置指令変換器 40 および変更剛性テーブル演算器 44 が、1 回のピストン 24 によるブレーキパッド 13, 14 の押圧ごとに、電動モータ 15 の回転位置に対する現在参照している剛性テーブルの推力値と、電流 - 推力変換器 45 によって算出される推力推定値との関係から剛性テーブルを変更した変更剛性テーブルを作成し、次のピストン 24 によるブレーキパッド 13, 14 の押圧時にこの変更剛性テーブルに基づき、電動モータ 15 への位置指令値を決定するため、変更制御を詳細に行うことができる。

【0046】

加えて、キャリパ ECU 32 の推力指令 - 位置指令変換器 40 および変更剛性テーブル演算器 44 が、前回のピストン 24 によるブレーキパッド 13, 14 の押圧時から次回（前回に対する次回）のピストン 24 によるブレーキパッド 13, 14 の押圧時までの時間が所定時間以下の場合、つまりピストン 24 がブレーキパッド 13, 14 を押圧する頻度が高く剛性が変化していると推定できる場合に、次のピストン 24 によるブレーキパッド 13, 14 の押圧時に変更剛性テーブルに基づいて電動モータ 15 への位置指令値を決定し、前回のピストン 24 によるブレーキパッド 13, 14 の押圧時から次のピストン 24 によるブレーキパッド 13, 14 の押圧時までの時間が所定時間を上回る場合、つまりピストン 24 がブレーキパッド 13, 14 を押圧する頻度が低く剛性が初期値に戻る方向に変化していると推定できる場合に、次のピストン 24 によるブレーキパッド 13, 14 の押圧時に剛性テーブルの初期値である基本テーブルに基づいて電動モータ 15 への位置指令値を決定することができる。

【0047】

本発明の第 2 実施形態の電動ブレーキ装置を主に図 7 および図 8 を参照しつつ第 1 実施形態との相違部分を中心に以下に説明する。なお、第 1 実施形態と同様の部分には同一の符号を付しその説明は略す。

【0048】

第 2 実施形態の電動ブレーキ装置 1 は、第 1 実施形態に対して制御内容が相違している。

第 1 実施形態においては、前回制動時に対し、制動動作が長時間行われていないと判定できる所定時間を経過した後に剛性テーブルを基本テーブルに更新していたが、第 2 実施形態では、第 1 実施形態で用いた所定時間（ t_n ）よりも短い時間を追加のしきい値として用いることにより、図 7 中の破線 X2, X3 に示すように、剛性テーブルを前回制動時の剛性テーブル X1 から時間の経過とともに徐々に基本テーブル X0 に移行するように変更する。

【0049】

つまり、図 8 に示すように、ステップ S14 において前回制動時からの経過時間（ $t_c - t_0$ ）が所定時間（ t_n ）を超えていないと判断された場合、経過時間（ $t_c - t_0$ ）が、所定時間（ t_n ）よりも短い第 2 の所定時間（ t_2 ）を超えたか否かを判定する（ステップ S27）。前回制動時からの経過時間（ $t_c - t_0$ ）が第 2 の所定時間（ t_2 ）を超えていた場合には、図 7 に破線 X3 に示すように剛性テーブルを更新して（ステップ S28）、前回作成された剛性テーブルとして保存して（ステップ S29）、ステップ S1 に戻る。

【0050】

ステップ S27 において前回制動時からの経過時間（ $t_c - t_0$ ）が第 2 の所定時間（ t_2 ）を超えていないと判定された場合、経過時間（ $t_c - t_0$ ）が、第 2 所定時間（ t_2 ）よりも短い第 1 の所定時間（ t_1 ）を超えたか否かを判定する（ステップ S30）。前回制動時からの経過時間（ $t_c - t_0$ ）が第 1 の所定時間（ t_1 ）を超えていた場合には、図 7 に破線 X2 に示すように剛性テーブルを更新して（ステップ S31）、前回作成された剛性テーブルとして保存して（ステップ S32）、ステップ S1 に戻る。

【0051】

以上に述べた第 2 実施形態によれば、前回制動時からの経過時間に応じて剛性テーブル

10

20

30

40

50

をより詳細に変更することができる。

【 0 0 5 2 】

なお、キャリパ 1 6 が持っている出荷時の剛性テーブルは、工場からの出荷当時のものであり、車両の耐用年数を考慮すると、錆などのキャリパ 1 6 が受ける環境からの影響や、制動動作の繰り返しによる金属疲労等の影響によって経年変化することが考えられる。このため、上記した第 1 実施形態および第 2 実施形態において、次のような基本テーブル更新モードを別途設けるようにしても良い。

【 0 0 5 3 】

つまり、この基本テーブル更新モードが呼び出されると、電動モータ 1 5 が予め設定された図 9 に示すような動作指令に基づいて動作し、この動作時の電動モータ 1 5 の回転位置に対する現在参照している基本テーブルの推力値と、電流 - 推力変換器 4 5 によって算出される推力推定値との関係からキャリパ 1 6 の剛性テーブルを更新する。上記動作は、具体的には、ブレーキパッド 1 3 , 1 4 のディスクロータ接触位置からクリアランス領域内の所定位置までピストン 2 4 を後退させ、その後、最大推力発生位置までピストン 2 4 を前進させて、再びクリアランス領域内の所定位置までピストン 2 4 を後退させた後、ブレーキパッド 1 3 , 1 4 のディスクロータ接触位置まで戻す。この動作で得られた剛性テーブルを新たな基本テーブルとして、基本剛性テーブルメモリ 4 3 に記憶する。

【 0 0 5 4 】

この基本テーブル更新モードは、車両が停止した状態で、車両点検時等を実施することにより、特に初回制動時の制動動作の精度向上に対して有効である。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 5 5 】

【図 1】本発明の第 1 実施形態の電動ブレーキ装置を示す断面図である。

【図 2】本発明の第 1 実施形態の電動ブレーキ装置のキャリパ E C U のブロック図である。

【図 3】本発明の第 1 実施形態の電動ブレーキ装置で用いられる剛性テーブルを示す図である。

【図 4】本発明の第 1 実施形態の電動ブレーキ装置のキャリパ E C U の制御内容を示すフローチャートである。

【図 5】本発明の第 1 実施形態の電動ブレーキ装置のテーブルの更新例を示すタイムチャートである。

【図 6】本発明の第 1 実施形態の電動ブレーキ装置のテーブルの更新例を示すタイムチャートである。

【図 7】本発明の第 2 実施形態の電動ブレーキ装置で用いられる剛性テーブルを示す図である。

【図 8】本発明の第 2 実施形態の電動ブレーキ装置のキャリパ E C U の制御内容を示すフローチャートである。

【図 9】基本テーブル更新モードで使用される動作指令を示すタイムチャートである。

【符号の説明】

【 0 0 5 6 】

- 1 電動ブレーキ装置
- 1 1 ディスクロータ
- 1 3 , 1 4 ブレーキパッド
- 1 5 電動モータ
- 1 6 キャリパ
- 2 4 ピストン（押圧部材）
- 3 2 キャリパ E C U（制御手段）
- 4 0 推力指令 - 位置指令変換器（キャリパ剛性推定手段）
- 4 4 変更剛性テーブル演算器（キャリパ剛性推定手段）

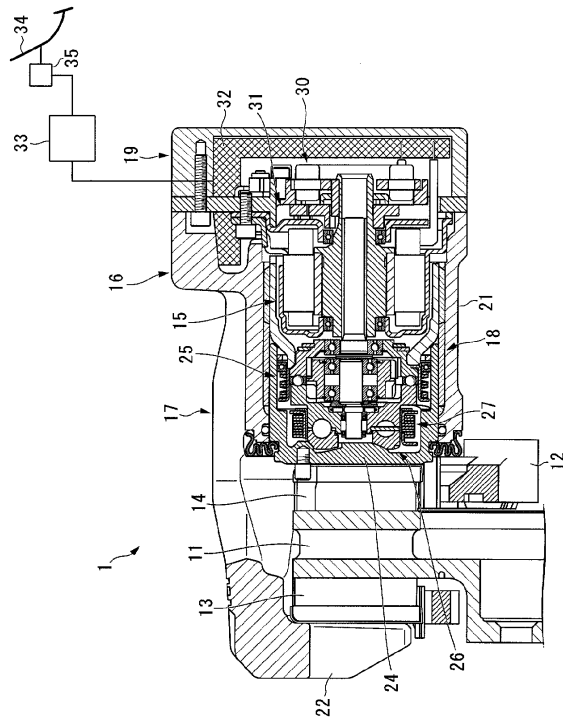
10

20

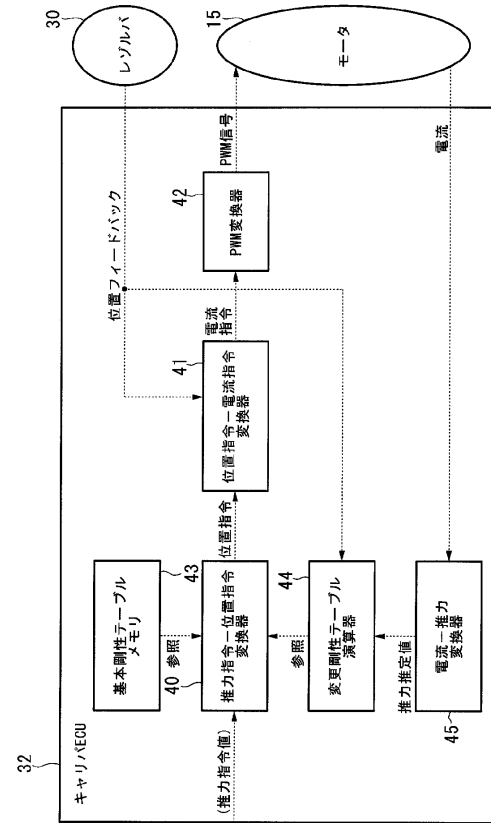
30

40

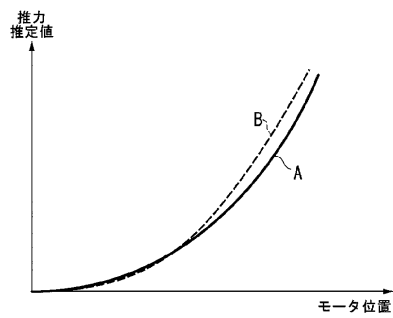
【 図 1 】



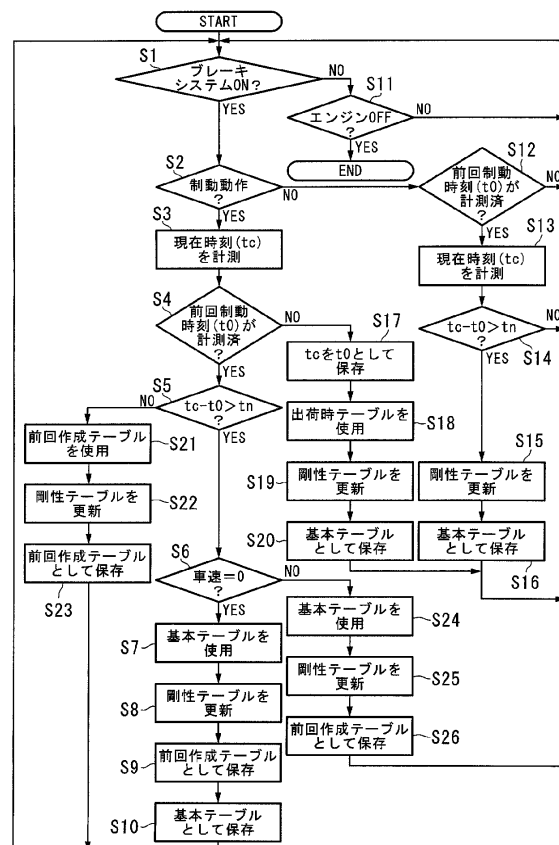
【 図 2 】



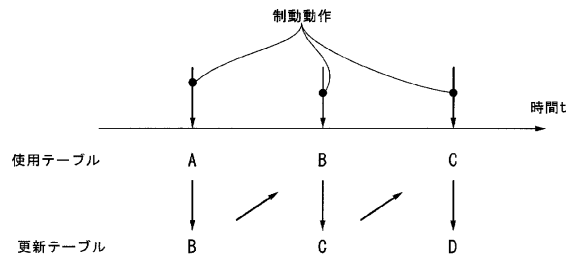
【 図 3 】



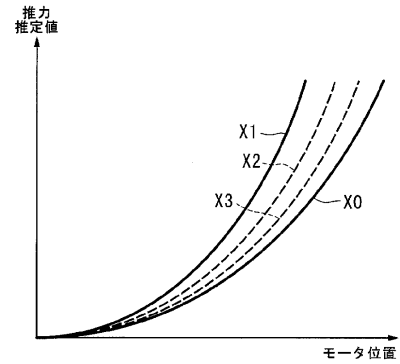
【圖 4】



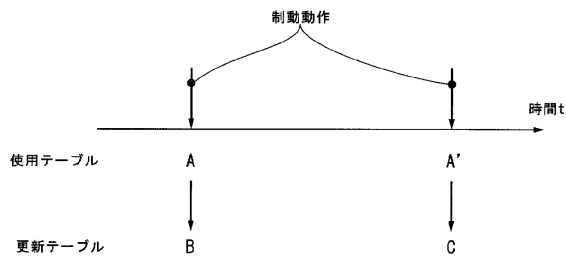
【図 5】



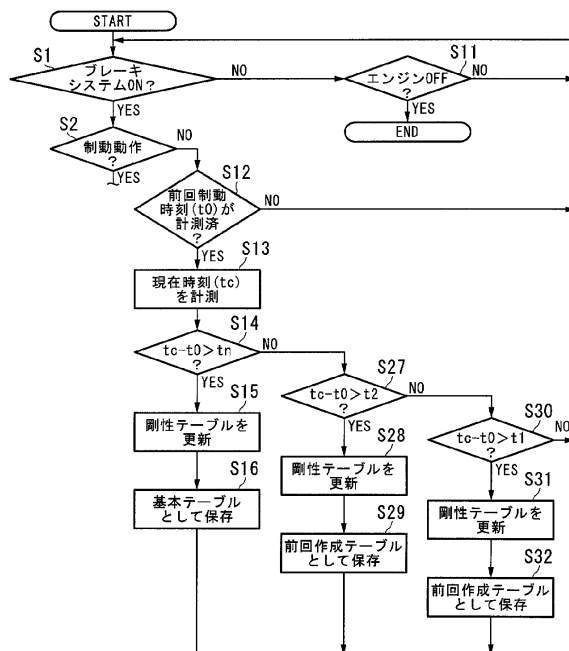
【図 7】



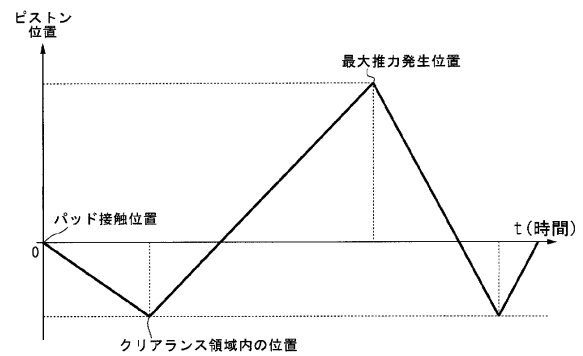
【図 6】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

(72)発明者 及川 浩隆

神奈川県川崎市川崎区富士見1丁目6番3号 株式会社日立製作所 オートモティブシステムグループ内

審査官 小野田 達志

(56)参考文献 特開2000-130482(JP,A)

特開2003-175811(JP,A)

特開2002-067932(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B60T 13/74

F16D 65/18