

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6752668号
(P6752668)

(45) 発行日 令和2年9月9日(2020.9.9)

(24) 登録日 令和2年8月21日(2020.8.21)

(51) Int.Cl.		F I			
B60T	8/17	(2006.01)	B60T	8/17	B
B60T	13/74	(2006.01)	B60T	13/74	G
B60T	8/171	(2006.01)	B60T	8/171	Z

請求項の数 7 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2016-189174 (P2016-189174)	(73) 特許権者	000102692 NTN株式会社
(22) 出願日	平成28年9月28日(2016.9.28)		大阪府大阪市西区京町堀1丁目3番17号
(65) 公開番号	特開2018-52251 (P2018-52251A)	(74) 代理人	100086793 弁理士 野田 雅士
(43) 公開日	平成30年4月5日(2018.4.5)	(74) 代理人	100087941 弁理士 杉本 修司
審査請求日	令和1年8月27日(2019.8.27)	(72) 発明者	増田 唯 静岡県磐田市東貝塚1578番地 NTN 株式会社内
		審査官	竹村 秀康

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】

電動ブレーキアクチュエータと電動ブレーキ制御装置とを備え、前記電動ブレーキアクチュエータは、ブレーキロータと、このブレーキロータと接触させる摩擦材と、電動モータと、この電動モータにより前記摩擦材を前記ブレーキロータと接触させる摩擦材操作手段と、この摩擦材操作手段により前記摩擦材とブレーキロータとの接触面に発生する押圧力に相当する値を検出する荷重センサとを有し、前記電動ブレーキ制御装置は、ブレーキ操作手段から与えられる指令値に従い前記摩擦材とブレーキロータとの接触面の押圧力を追従制御する主制御手段を有する電動ブレーキ装置において、

前記電動ブレーキ制御装置が、前記荷重センサの出力を用いて前記押圧力を推定する直接荷重推定手段と、前記荷重センサの出力を用いずに前記押圧力を推定する間接荷重推定手段と、ヒステリシス補間手段とを有し、

前記直接荷重推定手段が、前記押圧力の増圧量と前記荷重センサの出力変化との相関である第一の推定相関に基づいて前記押圧力の推定を行う第一の推定相関利用推定部と、前記押圧力の減圧量と前記荷重センサの出力変化との相関である第二の推定相関に基づいて前記押圧力の推定を行う第二の推定相関利用推定部とを有し、

前記ヒステリシス補間手段が増減圧切替判断部と制御切替部とを有し、

前記増減圧切替判断部は、前記押圧力の増圧動作が減圧動作に切り替わる判断と、減圧動作が増圧動作に切り替わる判断とを行い、

前記制御切替部は、前記直接荷重推定手段が出力する前記第一または第二の推定相関利

10

20

用推定部が推定した前記押圧力に基づく荷重追従制御を前記主制御手段が実行する時に、前記増減圧切替判断部の判断結果による前記増圧動作と減圧動作の切り替わり後、前記電動ブレーキアクチュエータの駆動量が所定量に達するまでの状態においては前記間接荷重推定手段に基づく追従制御を前記主制御手段に実行させ、前記電動ブレーキアクチュエータの駆動量が前記所定量を超過した後の状態においては前記増圧動作と減圧動作の切り替わる前の相関とは別の前記第一または第二の推定相関利用推定部が推定した前記押圧力に基づく荷重追従制御を前記主制御手段に実行させる、

ことを特徴とする電動ブレーキ装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の電動ブレーキ装置において、前記電動モータの角度を推定する角度推定手段を備え、前記間接荷重推定手段が、前記角度推定手段で推定される前記電動モータの角度と前記押圧力との相関に基づき前記押圧力を推定する電動ブレーキ装置。

10

【請求項 3】

請求項 1 に記載の電動ブレーキ装置において、前記電動モータの電流を推定する電流推定手段を備え、前記間接荷重推定手段が、前記電動モータの電流と前記押圧力との相関に基づき前記押圧力を推定する電動ブレーキ装置。

【請求項 4】

請求項 1 ないし請求項 3 の何れか 1 項に記載の電動ブレーキ装置において、前記電動モータの角度を推定する角度推定手段を備え、前記増減圧切替判断部が、前記角度推定手段で推定された角度を用いて、前記電動モータの角度の変化方向が反転する状況において、増圧動作と減圧動作の切り替わりを判断する電動ブレーキ装置。

20

【請求項 5】

請求項 1 ないし請求項 4 の何れか 1 項に記載の電動ブレーキ装置において、前記電動モータの角度を推定する角度推定手段を備え、前記制御切替部は、前記間接荷重推定手段から直接荷重推定手段に切り替えるときの前記電動ブレーキアクチュエータの駆動量について、前記電動モータ角度の変化量に基づき判断する電動ブレーキ装置。

【請求項 6】

請求項 1 ないし請求項 4 の何れか 1 項に記載の電動ブレーキ装置において、前記制御切替部は、前記間接荷重推定手段から直接荷重推定手段に切り替えるときの前記電動ブレーキアクチュエータの駆動量について、前記荷重センサ出力の変化量に基づき判断する電動ブレーキ装置。

30

【請求項 7】

請求項 1 ないし請求項 6 の何れか 1 項に記載の電動ブレーキ装置において、前記電動ブレーキアクチュエータは、自動車の車輪の制動を行う電動ブレーキ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、自動車、産業機械、工作機械、運搬機械等に用いられる電動ブレーキ装置に関する。

【背景技術】

40

【0002】

従来、電動モータ、直動機構、減速機を使用した電動ブレーキ用アクチュエータ（特許文献 1）や、遊星ローラ機構、電動モータを使用した電動アクチュエータ（特許文献 2）が提案されている。また、歪みゲージで押圧力を検出する電動ブレーキが提案されている（特許文献 3）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開平 06 - 327190 号公報

【特許文献 2】特開 2006 - 194356 号公報

50

【特許文献3】特開2001-507779号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

例えば特許文献1～3のような、電動アクチュエータを用いた電動ブレーキ装置において、特許文献3のような摩擦材の押圧力を検出する1軸荷重センサを設け、押圧力を制御する手法とすると、安価で高精度な制御が実現できると考えられる。

このとき、前記荷重センサとして、例えば押圧動作に伴って変形を生じる部材に対して変位センサや歪センサを適用し、前記変位や歪等を予め取得しておいた相関に基づいて押圧力に変換する手法を用いると、安価で省スペースな押圧力センサが構成できる。

10

【0005】

しかしながら、前記押圧動作に伴う変形は、センサの耐環境性やアクチュエータ部品製造上の都合から、複数部品の接触部を介して伝達される力による場合が多い。この時、前記の接触部における摩擦力等に起因して、実際の押圧力とセンサ出力との相関にヒステリシスが生じ、検出精度が低下する場合がある。

【0006】

上記の対策として、例えば摩擦材或いはその近傍に直接センサ等を設ける場合、ブレーキロータと摩擦材との摩擦熱に耐え得るセンサでなければならぬため、実現は極めて困難である。また、その他の対策として、ヒステリシスの原因となる摩擦接触部を無くす場合、構成部品を接触部が無い単一の部材として構成するのは、部品製造や組立工程の観点から極めて困難である。

20

【0007】

この発明の目的は、上記課題を解消し、荷重センサのヒステリシスが適切に補償されることで、制動の制御精度が向上し、また荷重センサにヒステリシスが許容されることで設計が容易になり、低コストや省スペース設計が可能となる電動ブレーキ装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

この発明の電動ブレーキ装置は、電動ブレーキアクチュエータ1と電動ブレーキ制御装置2とを備える。前記電動ブレーキアクチュエータ1は、ブレーキロータ7と、このブレーキロータ7と接触させる摩擦材8と、電動モータ3と、この電動モータ3により前記摩擦材8を前記ブレーキロータ7と接触させる摩擦材操作手段9と、この摩擦材操作手段9により前記摩擦材8とブレーキロータ7との接触面に発生する押圧力に相当する値を検出する荷重センサ6とを有し、電動ブレーキ制御装置2はブレーキ操作手段9から与えられる指令値に従い前記摩擦材8とブレーキロータ7との接触面の押圧力を追従制御する主制御手段11を有する。

30

この構成の電動ブレーキ装置において、

前記電動ブレーキ制御装置2が、前記荷重センサ6の出力を用いて前記押圧力を推定する直接荷重推定手段17と、前記荷重センサ6の出力を用いずに前記押圧力を推定する間接荷重推定手段18と、ヒステリシス補間手段19とを有し、

40

前記直接荷重推定手段17が、前記押圧力の増圧量と前記荷重センサ6の出力変化との相関である第一の推定相関に基づいて前記押圧力の推定を行う第一の推定相関利用推定部17aと、前記押圧力の減圧量と前記荷重センサ6の出力変化との相関である第二の推定相関に基づいて前記押圧力の推定を行う第二の推定相関利用推定部17bとを有し、

前記ヒステリシス補間手段19が増減圧切替判断部19aと制御切替部19bとを有し、

前記増減圧切替判断部19aは、前記押圧力の増圧動作が減圧動作に切り替わる判断と、減圧動作が増圧動作に切り替わる判断とを行い、

前記制御切替部19bは、前記直接荷重推定手段17が出力する前記第一または第二の推定相関利用推定部17a、17bが推定した前記押圧力に基づく荷重追従制御を前記主

50

制御手段 11 が実行する時に、前記増減圧切替判断部 19 a の判断結果による前記増圧動作と減圧動作の切り替わり後、前記電動ブレーキアクチュエータ 1 の駆動量が所定量に達するまでの状態においては前記間接荷重推定手段 18 に基づく追従制御を前記主制御手段 11 に実行させ、前記電動ブレーキアクチュエータ 1 の駆動量が前記所定量を超過した後の状態においては前記増圧動作と減圧動作の切り替わる前の相関とは別の前記第一または第二の推定相関利用推定部 17 a, 17 b が推定した前記押圧力に基づく荷重追従制御を前記主制御手段 11 に実行させる、

ことを特徴とする。

【0009】

この構成によると、荷重センサ 6 を用いて摩擦材 8 とブレーキロータ 7 との接触荷重を制御する電動ブレーキ装置において、荷重センサ 6 にヒステリシスを生じる増圧と減圧とが切り替わる際に、切り替わり後の所定範囲において荷重センサ 6 を用いずに制御を行う。前記所定の範囲では、電動ブレーキ装置の剛性に依存した荷重と角度との相関等に基づいて間接荷重推定手段 18 が推定した荷重を用いて制御を行う。

このため、荷重センサ 6 のヒステリシスが適切に補償されることで、電動ブレーキ装置の制御精度が向上する。また、荷重センサ 6 にヒステリシスが許容されることで設計が容易になり、低コストや省スペース設計が可能となる。

【0010】

この発明において、前記電動モータ 3 の角度を推定する角度推定手段を備え、前記間接荷重推定手段 18 が、前記角度推定手段で推定される前記電動モータ 3 の角度と前記押圧力との相関に基づき前記押圧力を推定するようにしても良い。

電動ブレーキ装置の剛性に依存して、ブレーキ荷重とモータ角度とに相関が生じる。そのため、モータ角度によるフィードバック制御が可能となる。間接荷重推定手段 18 による荷重推定は、高精度を得ることが難しいが、限られた範囲で用いるのであれば、ある程度精度の良い押圧力の推定が行える。

【0011】

この発明において、前記電動モータ 3 の電流を推定する電流推定手段を備え、前記間接荷重推定手段 18 が、前記電動モータ 3 の電流と前記押圧力との相関に基づき前記押圧力を推定するようにしても良い。

モータ電流とブレーキ荷重との相関は、電動ブレーキアクチュエータの効率やモータ特性等に依存する。そのため、モータ電流によるフィードバック制御が可能となる。間接荷重推定手段 18 による荷重推定は、高精度を得ることが難しいが、限られた範囲で用いるのであれば、ある程度精度の良い押圧力の推定が行える。

【0012】

この発明の電動ブレーキ装置において、前記電動モータ 3 の角度を推定する角度推定手段を備え、前記増減圧切替判断部 19 a が、前記角度推定手段で推定された角度を用いて、前記電動モータ 3 の角度の変化方向が反転する状況において、増圧動作と減圧動作の切り替わりを判断するようにしても良い。

例えば前記荷重センサ 6 のヒステリシスが比較的大きい場合などにおいて、増圧動作と減圧動作の切り替わりの判断を荷重センサ 6 で行うことは困難となりうるが、そのような場合においてもモータの角度により容易に判断することができる。

【0013】

この発明において、前記電動モータ 3 の角度を推定する角度推定手段を備え、前記制御切替部 19 b は、前記間接荷重推定手段 18 から直接荷重推定手段 17 に切り替えるときの前記電動ブレーキアクチュエータ 1 の駆動量について、前記電動モータ角度の変化量に基づき判断するようにしても良い。

増圧動作と減圧動作の切り替わりの判断を荷重センサ 6 で行うことは困難であるが、電動ブレーキアクチュエータ 1 の駆動量により判断することができる。

【0014】

この発明において、前記制御切替部 19 b は、前記間接荷重推定手段 18 から直接荷重

10

20

30

40

50

推定手段 17 に切り替えるときの前記電動ブレーキアクチュエータ 1 の駆動量について、前記荷重センサ 6 の出力の変化量に基づき判断するようにしても良い。

例えば前記荷重センサ 6 のヒステリシスが比較的小さい場合は、荷重センサの出力を用いて荷重追従制御に切り替えるか否かの判断が適切に行える。

【 0 0 1 5 】

この発明において、前記電動ブレーキアクチュエータ 1 は、自動車の車輪の制動を行うものであっても良い。

自動車のブレーキに適用した場合、この発明における、荷重センサ 6 のヒステリシスが適切に補償されることで、制動の制御精度が向上するという効果が、走行の安全性および運転フィーリングの向上の上で効果的に得られ、またヒステリシスが許容されることで設計が容易になり、省スペース設計が可能となることによる車室空間の増大等の効果が期待できる。

【発明の効果】

【 0 0 1 6 】

この発明の電動ブレーキ装置は、電動ブレーキアクチュエータと電動ブレーキ制御装置とを備え、前記電動ブレーキアクチュエータは、ブレーキロータと、このブレーキロータと接触させる摩擦材と、電動モータと、この電動モータにより前記摩擦材を前記ブレーキロータと接触させる摩擦材操作手段と、この摩擦材操作手段により前記摩擦材とブレーキロータとの接触面に発生する押圧力に相当する値を検出する荷重センサとを有し、前記電動ブレーキ制御装置は、ブレーキ操作手段から与えられる指令値に従い前記摩擦材とブレーキロータとの接触面の押圧力を追従制御する主制御手段を有する電動ブレーキ装置において、前記電動ブレーキ制御装置が、前記荷重センサの出力を用いて前記押圧力を推定する直接荷重推定手段と、前記荷重センサの出力を用いずに前記押圧力を推定する間接荷重推定手段と、ヒステリシス補間手段とを有し、前記直接荷重推定手段が、前記押圧力の増圧量と前記荷重センサの出力変化との相関である第一の推定相関に基づいて前記押圧力の推定を行う第一の推定相関利用推定部と、前記押圧力の減圧量と前記荷重センサの出力変化との相関である第二の推定相関に基づいて前記押圧力の推定を行う第二の推定相関利用推定部とを有し、前記ヒステリシス補間手段が増減圧切替判断部と制御切替部とを有し、前記増減圧切替判断部は、前記押圧力の増圧動作が減圧動作に切り替わる判断と、減圧動作が増圧動作に切り替わる判断とを行い、前記制御切替部は、前記直接荷重推定手段が出力する前記第一または第二の推定相関利用推定部が推定した前記押圧力に基づく荷重追従制御を前記主制御手段が実行する時に、前記増減圧切替判断部の判断結果による前記増圧動作と減圧動作の切り替わり後、前記電動ブレーキアクチュエータの駆動量が所定量に達するまでの状態においては前記間接荷重推定手段に基づく追従制御を前記主制御手段に実行させ、前記電動ブレーキアクチュエータの駆動量が前記所定量を超過した後の状態においては前記増圧動作と減圧動作の切り替わる前の相関とは別の前記第一または第二の推定相関利用推定部が推定した前記押圧力に基づく荷重追従制御を前記主制御手段に実行させるため、荷重センサのヒステリシスが適切に補償されることで、制動の制御精度が向上し、また荷重センサにヒステリシスが許容されることで設計が容易になり、低コストや省スペース設計が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 7 】

【図 1】この発明の一実施形態に係る電動ブレーキ装置の概念構成を示すブロック図である。

【図 2】(A) は電動ブレーキにおける押圧力とセンサ出力の関係の単調増減とヒステリシスを示すグラフ、(B) はモータ角度と押圧力との関係を示すグラフである。

【図 3】(A) は従来のフィードバック制御を行う場合の時間と押圧力の関係を示すグラフ、(B) はこの実施形態における時間と押圧力の関係を示すグラフである。

【図 4】同電動ブレーキ装置の電動ブレーキアクチュエータの構成例を示す正面図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

この発明の一実施形態を図1ないし図4と共に説明する。図1は、電動アクチュエータ1と、電動ブレーキ制御装置2とからなる電動ブレーキ装置の構成例を示す。なお、この構成例はこの提案に必要な構成を示したものであり、例えば電源装置や、サーミスタ等のその他センサ等、実際のシステム構成に必要な構成は本図によらず適宜設けられる。この電動ブレーキ装置は、例えば、自動車(図示せず)における車輪の制動、産業機械、工作機械、運搬機械等に用いられる。

【0019】

電動アクチュエータ1は、電動モータ3と、直動機構等を有する摩擦材操作手段4と、角度センサ等からなる角度推定手段5と、押圧力センサ等からなる荷重センサ6とを備える。

図4に示すように、電動アクチュエータ1は、具体例を挙げると、ブレーキロータ7と摩擦材8とを有し、前記電動モータ3の回転により前記摩擦材操作手段4を介して前記摩擦材8をブレーキロータ7に押し付け状態に接触させることにより制動力を発生させる。ブレーキロータ7はブレーキディスクであってもブレーキドラムであっても良い。摩擦材8は、ブレーキパッド等からなる。摩擦材操作手段4は、回転運動を直線運動に変換して前記摩擦材8を進退させる直動機構4aと、電動モータ3の回転を減速して直動機構4aに伝達する減速機4bを有する構成とされる。電動モータ3は、例えば、永久磁石同期電動機により構成される。その場合、省スペースで高トルクとなり好適である。電動モータ3は、この他に、ブラシを用いたDCモータや、永久磁石を用いないリラクタンスマータ、あるいは誘導モータ等であっても良い。直動機構4aは、遊星ローラねじ、ボールねじ等の各種ねじ機構や、ボールランプ等、回転軸周方向の傾斜により回転運動を直進運動に変換する各種機構を用いることができる。

【0020】

図1の角度推定手段5は、例えばレゾルバや磁気エンコーダ等を用いることが、高精度かつ高信頼性であり好適であるが、光学式エンコーダ等の各種センサを適用することもできる。角度推定手段5は、角度センサを用いずに、電圧と電流との関係等からモータ角度を推定する角度センサレス推定を行う手段であっても良い。

荷重センサ6は、例えば変位を検出する磁気センサ、歪センサ、圧力センサ等を用いることができる。

【0021】

ブレーキ制御装置2は、ブレーキ操作手段9から与えられる指令値に従い電動ブレーキアクチュエータ1を制御する手段であり、基本的な構成として、前記摩擦材8(図4参照)とブレーキロータ7との接触面の押圧力を前記ブレーキ操作手段9の出力する指令値に追従制御する主制御手段11および荷重変換器12を有する。

【0022】

荷重変換器12は、ブレーキ操作手段9の操作を荷重指令値に変換する。この変換は所定のlookupテーブル(図示せず)等より参照するものであっても良く、数式等により適宜演算するものであっても良い。

【0023】

主制御手段11は、ブレーキ荷重制御器13、モータ電流制御器14、およびモータドライバ15を有する。

ブレーキ荷重制御器13は、押圧力の指令値に対してフィードバック押圧力を追従させるようにサーボ制御を行う。ブレーキ荷重制御器13の制御形式としては、PID制御や、状態フィードバック制御、その他非線形制御や適応制御等を適宜用いることができる。また、図1においては、ブレーキ荷重制御器13が出力する操作量としてモータ電流指令値を出力する例を示している。この電流指令値を生成する上で、トルクや回転数に応じた電流マップや電流導出式等を用いると、高性能なモータ制御が実行できる。ただし、主制御手段11を構成する制御系は、同図の構成に限定されるものではなく、例えば角速度制

10

20

30

40

50

御器や角度制御器を用いる構成としても良い。

【0024】

モータ電流制御器14は、モータ電流指令値に対して、電流センサ等からなる電流推定手段16で検出されるモータ駆動電流のフィードバック電流を追従させるようサーボ制御を行う。モータ電流制御器14は、制御形式とし、PIDや状態フィードバック、その他非線形制御や適応制御等を適宜用いることができ、非干渉制御に代表されるフィードフォワード制御を併用しても良い。また、前記ブレーキ荷重制御器13と前記モータ電流制御器14を含めた運動方程式として構成し、一つの制御演算ループとしても良い。

前記電流推定手段16には、送電線の磁界を検出する非接触式を用いても良く、送電線にシャント抵抗等を設けて両端の電圧により検出する形式を用いても良い。また、電流推定手段16は、後述するモータドライバ15を構成する回路の所定箇所の電圧等により検出する形式としても良い。

10

【0025】

モータドライバ15は、モータ電流制御部14の出力に応じて電動モータ3にモータ電流を印加する手段であり、例えばFET等のスイッチ素子を用いたハーフブリッジ回路によってバッテリーの直流電流を交流電力に変換する。モータドライバ15は、この変換された交流電流を電動モータ3に印加するにつき、所定のデューティ比によりモータ印加電圧を決定するPWM制御を行う構成とする。PWM制御に代えて、変圧回路等(図示せず)を設け、PAM制御を行う構成としても良い。

【0026】

以上の基本構成を持つ電動ブレーキ制御装置2において、この実施形態では、次の直接荷重推定手段17、間接荷重推定手段18、およびヒステリシス補間手段19を備える。直接荷重推定手段17は、荷重センサ6の出力を用いて前記押圧力を推定する手段である。間接荷重推定手段18は、荷重センサ6の出力を用いずに前記押圧力を推定する手段であり、予め求められた荷重センサ以外の状態量と荷重センサ出力との相関等に基づいて荷重推定を行う。

20

【0027】

直接荷重推定手段17は、荷重センサ6の出力変化と押圧力の増圧量との相関、すなわちブレーキ荷重を増圧するときの荷重センサ6の出力と実際のブレーキ荷重との相関である第一の推定相関に基づいて増圧時の押圧力の推定を行う第一の推定相関利用推定部17aと、前記荷重センサ6の出力変化と前記押圧力の減圧量との相関、すなわち減圧するときの荷重センサ6の出力と実際のブレーキ荷重との相関である第二の推定相関に基づいて減圧時の押圧力の推定を行う第二の推定相関利用推定部17bとを有する。

30

前記第一および第二の推定相関は、例えばセンサ出力と荷重増圧変換テーブルおよびセンサ出力と荷重減圧変換テーブル等として、前記各推定部17a, 17bに設定されている。テーブルを用いる代わりに、所定の関数による直接演算を行うようにしても良い。

【0028】

間接荷重推定手段18は、前記荷重センサ6の出力を用いずに前記押圧力を推定する手段である。

間接荷重推定手段18は、例えば電動ブレーキアクチュエータ1の剛性等に依存したモータ角度とブレーキ荷重との相関に基づき推定しても良く、電動ブレーキアクチュエータの効率やモータ特性等に依存したモータ電流とブレーキ荷重との相関に基づき推定しても良く、あるいはこれらの手法を適宜併用しても良い。モータ角度とブレーキ荷重との相関を用いる場合は、角度推定センサ5が推定したモータ角度を用いて前記荷重を推定する。モータ電流とブレーキ荷重との相関を用いる場合は、電流推定手段16が検出したモータ電流を用いて前記荷重を推定する。

40

間接荷重推定手段18による推定についても、変換テーブルを用いても良く、また所定の関数による直接演算を用いても良い。

【0029】

ヒステリシス補間手段19は、主に増圧と減圧との切替に伴い荷重センサ出力と実際の

50

荷重との相関において生じるヒステリシスの影響を低減する手段であり、増減圧切替判断部 19 a と制御切替部 19 b とを有する。

増減圧切替判断部 19 a は、電動ブレーキアクチュエータ 1 の押圧力の増圧動作が減圧動作に切り替わる判断と、減圧動作が増圧動作に切り替わる判断とを行う手段であり、具体的には、直動機構 4 a が増圧から減圧に転じた状態と、またはその逆に減圧から増圧に転じた状態とを検出する。より具体的には、例えば角度推定手段 5 の角度推定値を用い、電動モータ 3 のモータ角度の変化方向が増圧方向から減圧方向に変化した状態、およびその逆において、前記の増減圧の転じた状態として判断する。

【0030】

制御切替部 19 b は、前記増減圧切替判断部 19 a の判断等に応じて、荷重推定機能を適切に切り替える機能を有する。具体的には、例えば電動ブレーキアクチュエータ 1 のブレーキ荷重の増圧時に、直接荷重推定手段 17 における第一の推定相関（増圧時の荷重センサ相関）を用いて制御している状態において、増圧から減圧への切替が発生すると、荷重センサ 6 の出力はヒステリシスを生じる為、荷重センサ 6 の出力を用いない間接荷重推定手段 18 を使用したブレーキ荷重制御へと切り替える。すなわち、ブレーキ荷重制御器 13 に入力される荷重の推定値を、スイッチ 20 の切替えによって間接荷重推定手段 18 に切替える。前記スイッチ 20 の切替えを前記制御切替部 19 b が行う。なお、前記スイッチ 20 は、概念上の記載であり、物理的なスイッチではなくデータフロー分岐として演算器に実装することができる。

【0031】

その後、減圧方向に電動モータ 3 が所定量より回転すると、荷重センサ 6 の出力が第二の推定相関（減圧時の荷重センサ相関）と概ね一致する為、直接荷重推定手段 17 の出力がブレーキ荷重制御器 13 に入力させるようにスイッチ 20 を切り替え、ブレーキ荷重制御器 13 は、減圧時の荷重センサ相関を用いてブレーキ荷重制御を行う。

【0032】

また、減圧から増圧に転じる場合においても、増圧から減圧に転じる場合と同様に、荷重センサ 6 の出力はヒステリシスを生じる。そのため、制御切替部 19 b は、上記の増圧と減圧を反転させた機能により、前記と同様に実行する。その他、例えば間接荷重推定手段 18 から直接荷重推定手段 17 へと切り替える場合の所定の条件については、電動モータ 3 のモータ角度ではなく荷重センサ 6 の出力が所定量より変化した条件に基づいても良い。

【0033】

なお、上記構成の電動ブレーキ制御装置 2 を構成する各機能達成手段は、例えばマイコン（マイクロコンピュータ）、FPGA、DSP 等の演算器により実装することが好ましく、これにより安価で高機能となり好適である。

【0034】

上記構成のブレーキ動作の例を説明する。図 2 (A) は、荷重センサ 6 の出力と押圧力（ブレーキ荷重）との相関を示す。この相関は、単調増圧および単調減圧する際の比較的線形な荷重センサ出力相関（単調増圧相関、単調減圧相関）と、これら単調増圧相関と単調減圧相関との中間における非線形なヒステリシスとを有する。

図 2 (B) は、電動モータ 3 のモータ角度と押圧力（ブレーキ荷重）との相関を示す。一般的に、モータ角度の増大に従って押圧力は増大するが、モータ角度の増大に従って押圧力の増大率も増大する非線形の関係曲線となる。

【0035】

図 3 は、図 1 における、電動モータ 3 のモータ角度と押圧力（ブレーキ荷重）との相関に基づく間接荷重推定手段 18 を用いる場合の、電動ブレーキ装置の動作例を示す。同図において、破線は押圧力（ブレーキ荷重）目標値を示し、実線は、押圧力（ブレーキ荷重）の実際値を示す。

同図 (A) は、図 1 における直接荷重推定手段 17 の推定値のみを用いて押圧力（ブレーキ荷重）を制御する例を示す。この場合、図 2 (A) に示すヒステリシス特性により、

10

20

30

40

50

増圧から減圧に転じた状態において、押圧力（ブレーキ荷重）の実際値が目標値から大きく乖離しており、押圧力（ブレーキ荷重）の制御精度が低下する。

図3（B）は、同図（A）に対して、この実施形態を適用した場合を示す。この場合、押圧力（ブレーキ荷重）が単調増加する間（区間(1)）は、直接荷重推定手段17の推定値を用いる押圧力フィードバック制御を行い、前記増減圧切替判断部19aの判断結果による前記増圧動作と減圧動作の切り替わり後、前記電動ブレーキアクチュエータ1の駆動量が所定量に達するまでの状態（区間(2)）においては、モータ角度制御、すなわち前記間接荷重推定手段18に基づく追従制御を実行している。駆動量が所定量に達した押圧力（ブレーキ荷重）が単調減少する間（区間(3)）では、再度、押圧力フィードバック制御を行っている。そのため、前記区間(3)、すなわち単調増加から単調減少に変化する間のヒステリシス特性が影響せず、押圧力（ブレーキ荷重）の実際値が目標値に略一致しており、押圧力（ブレーキ荷重）の制御精度が確保されている。前記モータ角度制御の代わりに、区間(2)において、モータ電流制御を行った場合も、モータ角度制御と同様な制御を行うことができる。

10

【0036】

このように、この実施形態によると、荷重センサ6のヒステリシスが適切に補償されることで、電動ブレーキの制御精度が向上する。また、荷重センサ6にヒステリシスが許容されることで設計が容易になり、低コストや省スペース設計が可能となる。これらのため、自動車の車輪の制動に適用した場合は、安全性の向上、および運転フィーリングの向上が得られる。

20

【0037】

前記間接荷重推定手段18につき、補足説明をする。例えばモータ角度とブレーキ荷重との相関は、電動ブレーキアクチュエータ1の温度や、摩擦材8（図4参照）の摩耗状態等に応じて変化する。また、例えばモータ電流とブレーキ荷重との相関は、モータ温度や電動ブレーキアクチュエータ1の各部の摺動抵抗等に依存して変化する。即ち、間接荷重推定手段18のみで精密なブレーキ荷重制御を行うことは困難である。しかしながら、この実施形態のように限られた範囲（区間(2)）および条件における相対変化の推定であれば、比較的良好なブレーキ荷重推定が行える。

【0038】

以上、実施例に基づいて本発明を実施するための形態を説明したが、ここで開示し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。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

30

【符号の説明】

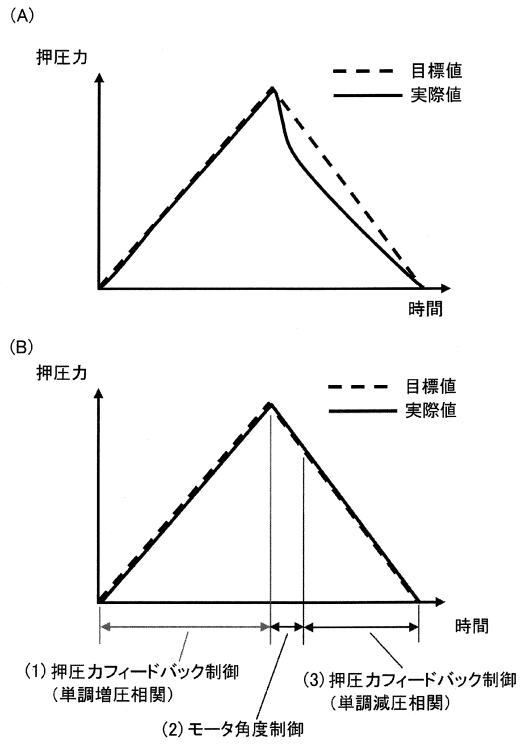
【0039】

- 1 ... 電動アクチュエータ
- 2 ... 電動ブレーキ制御装置
- 3 ... 電動モータ
- 4 ... 摩擦材操作手段
- 5 ... 角度推定手段
- 6 ... 荷重センサ
- 7 ... ブレーキロータ
- 8 ... 摩擦材
- 9 ... ブレーキ操作手段
- 11 ... 主制御手段
- 12 ... 荷重変換器
- 13 ... ブレーキ荷重制御器
- 14 ... モータ電流制御器
- 16 ... 電流推定手段
- 17 ... 直接荷重推定手段

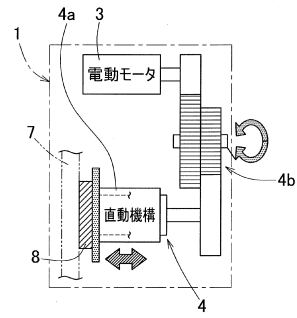
40

50

【図3】



【図4】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2008-498000(JP,A)
特開2016-064815(JP,A)
特開2015-217913(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B60T 7/12 - 8/1769
B60T 8/32 - 8/96
B60T 13/74