(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第5367683号
(P5367683)

(45)発行日　平成25年12月11日(2013.12.11)　(24)登録日　平成25年9月20日(2013.9.20)

(51)Int.Cl.		F I		
B60T 8/17	(2006.01)	B60T	8/17	B
B60T 13/66	(2006.01)	B60T	13/66	Z
H02P 6/24	(2006.01)	H02P	6/02	351L

請求項の数 5　(全 14 頁)

(21)出願番号　特願2010-283802 (P2010-283802)
(22)出願日　平成22年12月20日 (2010.12.20)
(65)公開番号　特開2012-131293 (P2012-131293A)
(43)公開日　平成24年7月12日 (2012.7.12)
審査請求日　平成24年11月28日 (2012.11.28)

(73)特許権者　000005326
本田技研工業株式会社
東京都港区南青山二丁目１番１号
(74)代理人　110001379
特許業務法人　大島特許事務所
(74)代理人　100089266
弁理士　大島　陽一
(72)発明者　松下　悟史
埼玉県和光市中央１丁目４番１号　株式会社　本田技術研究所内
(72)発明者　波多野　邦道
埼玉県和光市中央１丁目４番１号　株式会社　本田技術研究所内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】車両用ブレーキ装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

与えられた入力量に応じてブレーキ液圧を発生する電動アクチュエータと、

車輪の回転を制動すべく、前記電動アクチュエータより供給されるブレーキ液圧によって駆動される摩擦制動手段と、

前記電動アクチュエータの実作動量を検出する作動量検出手段と、

前記入力量に対応した制御入力を前記電動アクチュエータに与える制御手段とを有する車両用ブレーキ装置であって、

前記制御手段が、前記入力量に対応して前記電動アクチュエータを作動させる目標作動量を設定する目標作動量設定手段と、前記目標作動量と前記実作動量との偏差に基づいて前記電動アクチュエータに対して弱め界磁制御を行う弱め界磁制御手段とを有することを特徴とする車両用ブレーキ装置。

【請求項２】

前記制御手段は、前記偏差が所定以上の場合に前記弱め界磁制御を行うことを特徴とする請求項１に記載の車両用ブレーキ装置。

【請求項３】

前記制御手段は、前記偏差の大きさに応じて前記弱め界磁制御の制御量を増大させることを特徴とする請求項１または請求項２に記載の車両用ブレーキ装置。

【請求項４】

前記電動アクチュエータの作動速度を検出する作動速度検出手段を有し、

前記制御手段は、前記作動速度が所定以上になってから前記弱め界磁制御を行うことを特徴とする請求項１乃至請求項３のいずれかに記載の車両用ブレーキ装置。
【請求項５】
前記ブレーキ操作量とは別個に前記摩擦制動手段にブレーキ液圧を供給する第２のブレーキ液圧発生手段を有し、
前記制御手段は、前記第２のブレーキ液圧発生手段が作動した場合に前記弱め界磁制御の制御量を抑制することを特徴とする請求項１乃至請求項４のいずれかに記載の車両用ブレーキ装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、車両用ブレーキ装置に関し、特に電動アクチュエータによりブレーキ力を発生させる車両用ブレーキ装置に関するものである。
【背景技術】
【０００２】
従来、例えば電動モータを駆動源とする電動アクチュエータを用いたシリンダによりブレーキ圧を発生させるようにした、いわゆるブレーキ・バイ・ワイヤによる車両用ブレーキ装置がある（例えば特許文献１参照）。
【０００３】
上記電動アクチュエータを、電動モータを駆動源として、電動モータのモータトルクを減速機を介してボールねじ機構に伝達し、ボールねじ機構によってラジアル／スラスト変換を行い、シリンダのピストンを直線運動させてブレーキ液圧を発生させるようにしたモータ駆動シリンダがある。
【０００４】
一方、電動モータの単体特性は設計時に決定され、定格回転数を高く設定すると定格トルクが小さくなり、定格トルクを大きくすると定格回転数が低くなることが知れれており、定格トルクを優先して設計すると、応答性が犠牲になるという問題がある。
【０００５】
それに対して、車両用ブレーキ装置ではブレーキ特性として高い応答性が望ましく、上記したような電動アクチュエータの応答性を高めるために、運転者のブレーキ操作量に応じて目標ブレーキ力を設定し、目標ブレーキ力の変化率に応じて電動モータの界磁弱め制御を実行するようにしたものがある（例えば特許文献２参照）。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００６】
【特許文献１】特開２００５－３４３３６６号公報
【特許文献２】特開２００８－１８４０５７号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００７】
上記特許文献２における電動アクチュエータには永久磁石同期電動機（ブラシレスＤＣモータやＡＣサーボモータ）が用いられ、その永久磁石同期電動機の制御手法には公知のベクトル制御が用いられている。また、マスターシリンダで発生するブレーキ液圧を液圧センサで検出し、その検出値に応じてモータ駆動シリンダにより発生させる目標ブレーキ液圧を算出し、かつ目標ブレーキ液圧の変化率を算出して、目標ブレーキ液圧の変化率が大きいときには、ｄ軸成分の励磁電流指令値を負方向に増加させて弱め界磁量を増加させることにより電動モータの回転数を増加させて応答性を向上している。
【０００８】
しかしながら、弱め界磁制御による応答性を高めることができるものの、目標ブレーキ液圧の変化率に応じて行っており、より一層応答性を高めるためにはブレーキ液圧の変動

レンジを拡げる必要があるが、そのためには高分解能化することが考えられ、その場合にはセンサ等が高騰化するという問題が生じる。また、ブレーキ液圧自体が負荷剛性の変動の影響を受けるため、制御の最適化が難しく、制御回路等が高騰化するという問題があった。

【課題を解決するための手段】

【０００９】

このような課題を解決して、電動アクチュエータによりブレーキ力を発生させる車両用ブレーキ装置において、簡単な構成で制動応答性をより一層高めることを実現するために、本発明に於いては、与えられた入力量に応じてブレーキ液圧を発生する電動アクチュエータ（１３）と、車輪（２・３）の回転を制動すべく、前記電動アクチュエータより供給されるブレーキ液圧によって駆動される摩擦制動手段（２ａ・２ｂ・３ａ・３ｂ）と、前記電動アクチュエータの実作動量を検出する作動量検出手段（１２ａ）と、前記入力量に対応した制御入力を前記電動アクチュエータに与える制御手段（６）とを有する車両用ブレーキ装置であって、前記制御手段が、前記入力量に対応して前記電動アクチュエータを作動させる目標作動量を設定する目標作動量設定手段（３１・３２・３３・３７・３８）と、前記目標作動量と前記実作動量との偏差に基づいて前記電動アクチュエータに対して弱め界磁制御を行う弱め界磁制御手段（４３・４３ａ・４４）とを有するものとした。

【００１０】

これによれば、運転者が操作するブレーキ操作量（例えばブレーキペダルストローク）に応じて電動アクチュエータの目標作動量を設定すると共に、電動アクチュエータの実作動量を検出し、目標作動量と実作動量との偏差に基づいて弱め界磁制御を行うことから、電動アクチュエータの作動量として例えばモータ角（回転量）を用いることができ、その場合にはモータ角の偏差に基づいて弱め界磁制御を行うことから、公知の簡単かつ安価な回転センサ等で高精度な検出が可能であり、モータ角の変動レンジが広くなり、制動応答性を容易に高めることができる。また、ブレーキ液圧の場合のように負荷剛性の変動による影響を受けることが無いため、弱め界磁制御の開始直後の過渡状態においてモータ角の偏差は生じており、弱め界磁制御を継続して実行することができることから、モータの応答（加速）特性の変動が低減され、安定した応答特性が得られる。

【００１１】

特に、前記制御手段は、前記偏差が所定以上の場合に前記弱め界磁制御を行うと良い。偏差が小さい場合には弱め界磁の実施により電動アクチュエータのトルクが不安定になる虞があるのに対して、そのような不安定になる虞となる領域を越えることになる所定以上の偏差が生じた場合に弱め界磁制御を実行することにより、反力等によって過渡に電動アクチュエータの作動位置が変動するようになることを防止し得る。

【００１２】

また、前記制御手段は、前記偏差の大きさに応じて前記弱め界磁制御の制御量を増大させると良い。これによれば、偏差が大きいほど弱め界磁が増加することから、電動アクチュエータを速やかに加速状態に移行させることができると共に、目標作動位置への停止時には偏差が小さくなる程弱め界磁が減少することから、オーバーシュート等が生じないように収束し得る。

【００１３】

また、前記電動アクチュエータの作動速度を検出する作動速度検出手段（１２ａ・４６）を有し、前記制御手段は、前記作動速度が所定以上になってから前記弱め界磁制御を行うと良い。これによれば、作動速度の低い時から弱め界磁制御を実行してしまうことにより、ある程度の初速が生じる前にトルクが減少して所望の回転速度に達するのが遅れてしまうことを防止して、電動アクチュエータを確実に加速状態にすることができる。

【００１４】

また、前記ブレーキ操作量とは別個に前記摩擦制動手段にブレーキ液圧を供給する第２のブレーキ液圧発生手段（２６）を有し、前記制御手段は、前記第２のブレーキ液圧発生手段が作動した場合に前記弱め界磁制御の制御量を抑制すると良い。これによれば、第２

のブレーキ液圧発生手段によりブレーキ液圧が発生した場合には、電動アクチュエータが影響を受けるため、電動アクチュエータの作動量に対する応答性を高めることになる弱め界磁制御を実行してしまうとブレーキ液圧が不用意に変動する要因となり得るのに対して、その場合には弱め界磁制御を抑制（禁止も含む）することにより、第２のブレーキ液圧発生手段によるブレーキ液圧の発生による影響を低減し得る。

【発明の効果】

【００１５】

このように本発明によれば、電動アクチュエータの目標作動量と実作動量との偏差に基づいて弱め界磁制御を行うことから、電動アクチュエータの作動量として例えばモータ角（回転量）を用いることができ、その場合には公知の簡単かつ安価な回転センサ等で高精度な検出が可能であり、モータ角の変動レンジが広くなり、制動応答性を容易に高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【００１６】

【図１】本発明が適用された自動車のブレーキ系の要部系統図である。

【図２】本発明が適用された自動車のブレーキ装置を模式的に示す油圧回路図である。

【図３】本発明の制御要領を示す要部回路ブロック図である。

【図４】本発明の制御要領を示すフロー図である。

【図５】弱め界磁制御のマップを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【００１７】

以下、本発明の実施の形態を、図面を参照しながら説明する。図１は本発明が適用された電気自動車またはハイブリッド自動車のブレーキ系の要部系統図である。

【００１８】

図１に示される自動車は、車両１の前側に配設された左右一対の前輪２と、車両１の後側に配設された左右一対の後輪３とを有する。左右の前輪２に連結された前輪車軸４にはモータ・ジェネレータ５がトルク伝達関係で連結されている。なお、前輪車軸４に設けられる差動機構は図示省略する。

【００１９】

モータ・ジェネレータ５は、車両走行用の電動機と回生用の発電機とを兼ねたものであり、二次電池であるバッテリ７を電源としてインバータ１０によってバッテリ７よりの電力供給とバッテリ７に対する電力供給（充電）とを制御され、減速時には減速エネルギを電力に変換回生して回生制動力を発生する回生制動手段をなす。

【００２０】

また、ＣＰＵを用いた制御回路を備えることにより車両の各種制御を行うと共に制動力配分手段としての制御ユニット（ＥＣＵ）６が設けられている。制御ユニット６には、上記インバータ１０が電気的に接続されている。なお、電気自動車の場合にはこの構成のまま、または後輪３を駆動するモータ・ジェネレータを設けても良いが、ハイブリッド自動車の場合には前輪車軸４には図の二点鎖線で示されるエンジン（内燃機関）Ｅの出力軸が連結される。図のエンジンＥの場合には前輪駆動の例であるが、四輪駆動とすることもできる。

【００２１】

前輪２及び後輪３の各車輪には、摩擦制動を行う摩擦制動手段として、車輪（前輪２・後輪３）と一体のディスク２ａ・３ａ及びホイールシリンダ２ｂ・３ｂを備えるキャリパにより構成される公知のディスクブレーキが設けられている。ホイールシリンダ２ｂ・３ｂには、公知のブレーキ配管を介してブレーキ液圧発生装置８が接続されている。ブレーキ液圧発生装置８は、後で詳述するが、各車輪別にブレーキ圧を増減させて配分可能な油圧回路で構成されている。

【００２２】

また、前輪２及び後輪３の各車輪に対応して車輪速を検出する車輪速検出手段としての

各車輪速センサ９が設けられており、運転者が操作するブレーキペダル１１にはその踏み込み量であるブレーキ操作量を検出する変位センサ１１ａが設けられている。各車輪速センサ９と変位センサ１１ａとの各検出信号は制御ユニット６に入力する。

【００２３】

制御ユニット６は、ブレーキペダル１１の変位センサ１１ａの出力信号が０より大きい場合に制動の指令が発生したと判断し、制動時の制御を行う。本図示例では、制動を回生制動を行いかつ油圧制動も行う回生協調制御により行うことから、ブレーキ・バイ・ワイヤによるものとする。

【００２４】

次に、図２を参照してブレーキ装置１について説明する。本実施形態の制動システムは、制動操作部材としてのブレーキペダル１１の操作を機械的にブレーキ液圧発生シリンダに伝達してブレーキ液圧を発生させるのではなく、ブレーキペダル１１の操作量（ペダル変位量）を操作量センサとしてのストロークセンサ１１ａにより検出し、その操作量検出値に基づいて電動サーボモータ１２により駆動されるブレーキ液圧発生シリンダとしてのモータ駆動シリンダ１３によりブレーキ液圧を発生させる、いわゆるブレーキ・バイ・ワイヤにより構成されている。

【００２５】

図１に示されるように、車体に回動自在に支持されたブレーキペダル１１にはその円弧運動を略直線運動に変換するロッド１４の一端が連結されており、ロッド１４の他端は、直列的に配設されたマスターシリンダ１５の第１ピストン１５ａを押し込むように係合している。マスターシリンダ１５には第１ピストン１５ａに対してロッド１４とは相反する側に直列的に第２ピストン１５ｂが配設されており、各ピストン１５ａ・１５ｂはそれぞれロッド１４側にばね付勢されている。なお、ブレーキペダル１１は、ばね付勢され、ブレーキ操作がされていない場合には図示されないストッパにより止められて図１の状態である初期位置に位置している。

【００２６】

また、マスターシリンダ１５には、各ピストン１５ａ・１５ｂの変位に応じてブレーキ液をやり取りするためのリザーバタンク１６が設けられている。なお、各ピストン１５ａ・１５ｂには、リザーバタンク１６と連通する各油路１６ａ・１６ｂとの間をシールするための公知構造のシール部材が各適所に設けられている。そして、マスターシリンダ１５の筒内には、第１ピストン１５ａと第２ピストン１５ｂとの間に第１液室１７ａが形成され、第２ピストン１５ｂの第１ピストン１５ａとは相反する側に第２液室１７ｂが形成されている。

【００２７】

一方、上記したモータ駆動シリンダ１３には、上記電動サーボモータ１２と、電動サーボモータ１２に連結されたギアボックス１８と、ギアボックス１８にボールねじ機構を介してトルク伝達されることにより軸線方向変位するねじ溝付きロッド１９と、ねじ溝付きロッド１９と同軸かつ互いに直列的に配設された第１ピストン２１ａ及び第２ピストン２１ｂとが設けられている。

【００２８】

なお、第２ピストン２１ｂには第１ピストン２１ａ側に延出する連結部材２７の一端部が固設されており、連結部材２０の他端部は第１ピストン２１ａに対して相対的に軸線方向に所定量変位可能に支持されている。これにより、第１ピストン２１ａの前進（第２ピストン２１ｂ側変位）時は第２ピストン２１ｂとは別個に変位可能であるが、第１ピストン２１ａの前進状態から図２の初期状態に戻る後退時には、連結部材２０を介して第２ピストン２１ｂも初期位置まで引き戻されるようになっている。なお、各ピストン２１ａ・２１ｂは、それぞれに対応して設けられた各戻しばね２７ａ・２７ｂによりロッド１９側にばね付勢されている。

【００２９】

また、モータ駆動シリンダ１３には、上記リザーバタンク１６に連通路２２を介してそ

れぞれ連通する各油路２２ａ・２２ｂが設けられており、各ピストン２１ａ・２１ｂには、各油路２２ａ・２２ｂとの間をシールするための公知構造のシール部材が各適所に設けられている。モータ駆動シリンダ１３の筒内には、第１ピストン２１ａと第２ピストン２１ｂとの間に第１液圧発生室２３ａが形成され、第２ピストン２１ｂの第１ピストン２１ａとは相反する側に第２液圧発生室２３ｂが形成されている。

【００３０】

そして、マスターシリンダ１５の第１液室１７ａが、常時開型の電磁弁２４ａを介してモータ駆動シリンダ１３の第１液圧発生室２３ａと連通し、第２液室１７ｂが、常時開型の電磁弁２４ｂを介してモータ駆動シリンダ１３の第２液圧発生室２３ｂと連通し得るようにそれぞれ配管されている。なお、第１液室１７ａと電磁弁２４ａとの間にはマスターシリンダ側のブレーキ圧センサ２５ａが接続され、電磁弁２４ｂと第２液圧発生室２３ｂとの間にはモータ駆動シリンダ側のブレーキ圧センサ２５ｂが接続されている。

【００３１】

また、第２液室１７ｂと電磁弁２４ｂとの間に、常時閉型の電磁弁２４ｃを介してシリンダ型のシミュレータ２８が接続されている。シミュレータ２８には、そのシリンダ内を分断するピストン２８ａが設けられ、ピストン２８ａの電磁弁２４ｂ側に貯液室２８ｂが形成され、ピストン２８ａの貯液室２８ａ側とは相反する側には圧縮コイルばね２８ｃが受容されている。両電磁弁２４ａ・２４ｂが閉じていると共に電磁弁２４ｃが開いている状態で、ブレーキペダル１１を踏み込んで第２液室１７ｂ内のブレーキ液が貯液室２８ｂに入り込むことにより、圧縮コイルばね２８ｃの付勢力がブレーキペダル１１に伝達され、それにより公知のマスターシリンダとホイールシリンダとが直結されているブレーキ装置と同様の踏み込みに対する反力（ペダル踏力）が得られるようになっている。

【００３２】

さらに、モータ駆動シリンダ１３の第１液圧発生室２３ａと第２液圧発生室２３ｂとは、それぞれＶＳＡ装置２６が設けられた油路２２ｅ・２２ｆを介して複数（図示例では４つ）の各ホイールシリンダ２ｂ・３ｂに連通するように配管されている。なお、ＶＳＡ装置２６は、ブレーキ時の車輪ロックを防ぐＡＢＳ、加速時等の車輪空転を防ぐＴＣＳ（トラクションコントロールシステム）、旋回時のヨーモーメント制御、ブレーキアシスト機能、衝突回避・レーンキープ等のための自動ブレーキ機能等を備えた車両挙動安定化制御システムとして公知のものであって良く、その説明を省略する。なおＶＳＡ装置２６には、前輪の各ホイールシリンダ２ｂに対応する第１系統と、後輪の各ホイールシリンダ３ｂに対応する第２系統とをそれぞれ構成する各種油圧素子を用いた各ブレーキアクチュエータと、それらを制御するＶＳＡ制御ユニット２６ａとにより構成されている。

【００３３】

このようにして構成されたブレーキ液圧発生装置８は、上記制御ユニット６により総合的に制御されるようになっている。制御ユニット６には、ストロークセンサ１１ａと各ブレーキ圧センサ２５ａ・２５ｂとの各検出信号が入力し、また車両の挙動を検出するための各種センサ（図示せず）からの検出信号も入力している。制御ユニット６では、ストロークセンサ１１ａからの検出信号に基づき、かつ上記各種センサからの検出信号から判断した走行状況等に応じて、モータ駆動シリンダ１３により発生するブレーキ液圧を制御する。さらに、本実施形態の対象車両となるハイブリッド車（または電気自動車）の場合には、モータ・ジェネレータによる回生制御を行うようにしており、制御ユニット６では、回生制御を行う場合の回生の大きさに対するモータ駆動シリンダ１３によるブレーキ液圧の大きさの配分制御も行う。

【００３４】

次に、通常制動時の制御要領について説明する。図２は、運転者がブレーキペダル１１を操作していない状態である。ストロークセンサ１１ａの検出値は初期値（＝０）であり、制御ユニット６からブレーキ液圧発生信号は出力されない。この状態では、図２に示されるように、モータ駆動シリンダ１３では、ねじ溝付きロッド１９が最も後退した位置にあり、それに伴って各戻しばね２７ａ・２７ｂにより付勢されている各ピストン２１ａ・

２１ｂも後退しており、両液圧発生室２３ａ・２３ｂにブレーキ液圧は発生していない。

【００３５】

ブレーキペダル１１が踏み込まれて、ストロークセンサ１１ａの検出値が０より大きくなった場合には、ブレーキ・バイ・ワイヤによる制御を行うべく、両電磁弁２４ａ・２４ｂを閉じて、マスターシリンダ１５で発生する液圧がモータ駆動シリンダ１３へ伝達されるのを遮断すると共に電磁弁２４ｃを開いてシミュレータ２８に伝達されるようにする。そして、ストロークセンサ１１ａで検出された操作量検出値（入力）に基づいて、回生制動力等を考慮した上で目標となる液圧が設定され、この目標液圧に対応して制御ユニット６からモータ駆動指令値（操作量）が電動サーボモータ１２に出力され、その操作量に応じてねじ溝付きロッド１９すなわち第１ピストン２１ａが押し出される向きに駆動されて、入力としてのブレーキペダル１１の踏み込み量（ブレーキ操作量）に応じたブレーキ液圧が第１液圧発生室２３ａに発生する。同時に、第１液圧発生室２３ａの液圧により押圧されて第２ピストン２１ｂが戻しばね２７ｂの付勢力に抗して変位し、第２液圧発生室２３ｂにも同じくブレーキ液圧が発生する。

【００３６】

運転者がブレーキペダル１１を戻す方向に変位させた場合には、ストロークセンサ１１ａで検出された戻し方向変位に応じて、電動サーボモータ１２によりねじ溝付きロッド１９すなわち第１ピストン２１ａを戻すことにより、ブレーキペダル１１の踏み込み量に応じてブレーキ液圧を低減させることができる。また、ブレーキペダル１１が図示されない戻しばねにより初期位置に戻された場合には、制御ユニット６により各電磁弁２４ａ・２４ｂを開く。それに伴って各ホイールシリンダ２ｂ・３ｂのブレーキ液がモータ駆動シリンダ１３を介してリザーバタンク１６に戻ることができ、制動力は解除される。ストロークセンサ１１ａの検出値が初期値になることにより、第１ピストン２１ａ及び上記したように連結部材２０を介して第２ピストン２１ｂも初期位置に戻る。

【００３７】

上記モータ駆動シリンダ１３で発生したブレーキ液圧は、ＶＳＡ装置２６を介して前後輪の各ホイールシリンダ２ｂ・３ｂに供給されて、制動力が発生し、通常の制動制御が行われる。ＶＳＡ装置２６による各輪に対する制動力分配制御が行われる場合にはその制御に応じて各輪の制動力の調整が行われる。

【００３８】

なお、回生ブレーキが同時に作動する場合には、制御ユニット６により、モータ・ジェネレータ５を発電機として制御し、ブレーキペダル１１によるブレーキ操作量に応じて回生ブレーキ量を増減する。そして、ブレーキ操作量の大きさ（運転者が要求する減速度の大きさ）に対して回生ブレーキだけでは不足する車体減速度に対応するよう、上記した電動サーボモータ１２によりモータ駆動シリンダ１３を駆動制御して、回生ブレーキと油圧ブレーキとによる回生協調制御を行う。上述の例においては、ブレーキペダル１１の踏み込み量に対応した制動力をモータ駆動シリンダ１３が発生するように構成したが、この場合には公知の方法を用いてモータ駆動シリンダ１３の作動量を決定するように構成することができる。例えばブレーキ操作量に対応して決定される総制動力から実際の回生制動力を減じた値に対応する制動力要求を入力として、目標液圧を設定したり、総制動力に対してある比率の制動力が発生するようにモータ駆動シリンダ１３の作動量を決定すれば良い。

【００３９】

なお、電磁弁２４ｃを閉じるタイミングは、圧縮コイルばね２８ｃによりピストン２８ａが図２に示される初期位置に戻ることができるまで第２液室１７ｂの液圧が低下したタイミングとすると良く、例えば両電磁弁２４ａ・２４ｂを開いてから所定時間経過後とすることができる。または、モータ駆動シリンダ側ブレーキ圧センサ２５ｂの検出値が所定値（例えば液圧が０近傍）以下になった後とすることができる。

【００４０】

次に、制御ユニット６の要部回路を示す図３を参照して、本発明の制御要領について説

明する。ストロークセンサ１１ａからの検出信号によるブレーキ操作量（変位）が制動力規範値設定回路３１に入力しており、制動力規範値設定回路３１では、例えばマップや関数を用いて、ブレーキペダル１１のブレーキ操作量（変位）に対応して目標液圧となる規範値Ｂｏを求める。

【００４１】

制動力規範値設定回路３１で求められた規範値Ｂｏは加算器３２に入力し、加算器３２の出力値が目標作動量設定手段としての目標値設定回路３３に入力する。目標値設定回路３３では、例えばマップや関数を用いて、規範値Ｂｏに対応して電動サーボモータ１２の目標作動量としての目標値Ｓｍを求める。目標値設定回路３３で求められた目標値Ｓｍはモータ角変換器３４に入力し、モータ角変換器３４では、目標値Ｓｍを目標モータ角θｔに変換する。なお、図３の回路では、目標値Ｓｍはモータ駆動シリンダ１３のストロークに対応し、目標モータ角θは電動サーボモータ１２のストロークに対応した回転角度になる。なお、ここで入力は必ずしもストロークである必要は無く、検出可能な操作量（ブレーキ圧センサ２５ａの液圧や踏力等）や、回生制動力に対して決定される要求制動力等を入力としても良い。

【００４２】

モータ角変換器３４で変換された目標モータ角θｔは減算器３５に入力する。また、電動サーボモータ１２のモータ角を作動量検出手段としての回転角度センサ（例えばロータリエンコーダ）１２ａにより検出しており、その回転角度センサ１２ａにより検出された実モータ角θｍがフィードバック値として減算器３５に入力する。したがって、モータ角フィードバック回路３６には減算器３５の出力値（θｔ－θｍ）が入力し、モータ角フィードバック回路３６では、目標モータ角θｔと実モータ角θｍとの差分（θｔ－θｍ）に応じてモータ角制御量θを求める。そのモータ角フィードバック回路３６から出力されるモータ角制御量θはトルク制御回路４１に入力し、トルク制御回路４１では、モータ角制御量θに応じてトルク制御量Ｔを求めて、モータ駆動回路４２に出力する。

【００４３】

モータ駆動回路４２では、トルク制御量Ｔに応じて電動サーボモータ１２を駆動制御する。このようにして、電動サーボモータ１２のモータ角フィードバック制御によりモータ駆動シリンダ１３のストロークが制御される。

【００４４】

一方、減算器３５から出力される偏差Δθは、弱め磁束制御量演算回路４３にも入力する。弱め磁束制御量演算回路４３では、例えばマップ４３ａにより偏差Δθに応じて弱め磁束制御量Ｗを求めて、界磁制御回路４４に出力する。界磁制御回路４４では、弱め磁束制御量Ｗに応じて弱め界磁制御量φを求めて、モータ駆動回路４２に出力する。モータ駆動回路では、後記するｑ軸ｄ軸制御のベクトル制御により弱め界磁制御を行う。このようにして弱め界磁制御手段が構成されている。

【００４５】

また、上記制動力規範値設定回路３１から出力される規範値Ｂｏは減算器３７にも入力している。その減算器３７には、モータ駆動シリンダ１３により発生するブレーキ液圧を検出するブレーキ圧センサ２５ｂからの検出信号（実液圧Ｂ）がフィードバック値として入力する。減算器３７の出力値が液圧補償回路３８に入力し、液圧補償回路３８から出力される補償値ΔＢ（＝Ｂｏ－Ｂ）が加算器３２に入力する。加算器３２では、上記したように規範値Ｂｏが入力しており、その規範値Ｂｏと補償値ΔＢとを加算した結果（Ｂｏ＋ΔＢ）を目標値設定回路３３に出力する。これにより、目標値設定回路３３で求められる目標値Ｓｍには実液圧Ｂが反映される。

【００４６】

また、図３の回路では、モータ駆動回路４２に、操作判定回路４５と回転速度判定回路４６と上記したＶＳＡ装置２６とからの各判定信号Ｓ１・Ｓ２・Ｓ３が入力するようになっているが、これらは任意に設けられるものであって良く、いずれか１つまたは２つを任意に設けたり、３つとも設けなくても良い。

【００４７】
操作判定回路４５は、変位センサ１１ａからの検出値（ペダルストローク）が０（非制動操作時）より大きくなったと判定したら、判定信号Ｓ１をモータ駆動回路４２に出力する。回転速度判定回路４６は、実モータ角θｍの時間変化からモータ駆動シリンダ１３の作動速度としての電動サーボモータ１２の実回転速度ωを算出して、その実回転速度ωと予め設定された閾値ωｄとを比較して、回転速度ωが閾値ωｄ以上になったら判定信号Ｓ２をモータ駆動回路４２に出力する。この回転速度判定回路４６と回転角度センサ１２ａとにより作動速度検出手段が構成されている。ＶＳＡ装置２６は、そのＶＳＡ制御ユニット２６ａにより、ＶＳＡ装置２６を作動させる場合にその判定信号Ｓ３をモータ駆動回路４２に出力する。

【００４８】
モータ駆動回路４２は、公知のｑ軸ｄ軸制御を用いた永久磁石同期電動機（ブラシレスＤＣモータ、ＡＣサーボモータ）のベクトル設御回路により構成されていて良く、モータ角フィードバック回路３６からのモータ角制御量θが、トルク制御回路４１を介してトルク指示量Ｔとして入力する。トルク指示量Ｔに対しては、ｑ軸成分の励磁電流指示値により電動サーボモータ１２を駆動制御し、弱め界磁制御を行わない場合にはｄ軸成分の励磁電流指示値は基本的に０とされる。

【００４９】
そして、例えば運転者による急制動の要求により、変位センサ１１ａから検出値が急激に上昇した場合、すなわち高い応答性が要求された場合には、減算器３５に入力する目標モータ角θｔはステップ状の入力となり、過渡状態おいては偏差Δθが大きく増大する。その偏差Δθの大きさに応じて弱め磁束制御量演算回路４３では弱め磁束制御量Ｗ（ｄ軸電流指示値、もしくはｄ軸電圧指示値）をマップ４３ａから求めて生成し、モータ駆動回路４２に出力することにより、弱め界磁制御を実行することができる。その場合には、電動サーボモータ１２の回転速度が高まり、高い応答性による制動を行うことができる。なお、モータ角フィードバック回路３６による制御が機能して偏差Δθが小さくなれば、磁束（界磁）制御量は速やかに小さくなる。

【００５０】
次に、図４のフロー図を参照して本発明の制御の一例を説明する。なお、この制御フローは、制御ユニット６のＣＰＵ（図示省略）により実行可能であり、必要なインターフェイス回路等が設けられているものとする。

【００５１】
ステップＳＴ１では、例えば変位センサ１１ａからの出力の有無によりブレーキペダル１１が操作された（制動有り）か否か、あるいは、外部からの制動要求が存在するか否かを判別し、ブレーキペダル１１が操作された（判定信号Ｓ１の入力）と判定された場合にはステップＳＴ２に進む。ステップＳＴ２では、回転速度判定回路４６により電動サーボモータ１２の回転速度ωが閾値ωｄより大きい（ω＞ωｄ）か否かを判別し、閾値より大きい（判定信号Ｓ２の入力）と判定された場合にはステップＳＴ３に進む。ステップＳＴ３では、ＶＳＡ装置２６が動作中であるか否かを判別し、動作中（判定信号Ｓ３の入力）であると判定された場合にはステップＳＴ４に進む。

【００５２】
ステップＳＴ４では、弱め磁束制御量を決定し、ステップＳＴ５に進む。ステップＳＴ５では界磁制御を実行する。この界磁制御では、上記したように偏差θに基づいてマップ４３ａにより求めた弱め磁束量Ｗを界磁制御回路４４に出力し、界磁制御回路４４から出力される弱め界磁制御量φの制御信号により、モータ駆動回路４２を制御して電動サーボモータ１２の弱め界磁制御を行う。

【００５３】
なお、ステップＳＴ１でブレーキペダル１１が操作されていないと判定された場合、あるいはステップＳＴ２で回転速度ωが閾値ωｄ以下であると判定された場合、あるいはステップＳＴ３でＶＳＡ装置２６が動作していないと判定された場合にはそれぞれステップ

ＳＴ６に進む。これらの各場合は弱め界磁制御が必要とされない場合であり、したがって、ステップＳＴ６では界磁制御を行わない。

【００５４】

次に、ステップＳＴ４で用いられるマップ４３ａの一例を図５に示す。図５の横軸は偏差Δθであり、縦軸は弱め磁束制御量Ｗである。図のマップでは、偏差Δθが負の領域から正の領域の閾値Δθｄに至るまでは弱め磁束制御量Ｗは０であり、閾値Δθｄから所定の変更点Δθ１に至るまでは弱め磁束制御量Ｗは－ａの係数で負側に比例増大し、変更点Δθ１以上では－ａより大きい－ｂの係数で比例増大するようにされている。

【００５５】

これにより、ブレーキペダル１１を踏み込んで偏差Δθが正の値となった場合でも、偏差Δθが小さい（＜θｄ）場合には弱め界磁制御が行われない。これにより、弱め界磁制御によるトルク低減の影響を受けて電動サーボモータ１２の初期加速性が低下することがなく、速やかな初速の立ち上がりが得られる。

【００５６】

偏差θが閾値Δθｄ以上の場合は、電動サーボモータ１２の回転速度はある程度以上に達し、そこからは弱め界磁制御を行ってトルクが低減しても、回転速度が増大し得る加速度が生じている領域である。したがって、トルク低減の影響を受けることなく回転速度のさらなる高速化が可能となり、制動に対する応答性が高められる。さらに、偏差θが変更点Δθ１以上の場合にはより大きな弱め磁束制御量Ｗに応じた弱め界磁制御により回転速度の高速化がより一層促進される。このように、偏差θが大きい程弱め磁束量が増大するようにされており、運転者が早い制動力の増大を望む場合、すなわちブレーキペダル１１の踏み込み速度を速くする場合、回生ブレーキを中断して全量を油圧ブレーキに持ち替えたり、急激な自動ブレーキ作動の必要性が生じる等により、電動サーボモータ１２による制動力を急速に増加させる要求が生じた場合に好適に対応し得る。なお、偏差θｔと、弱め磁束制御量Ｗとの対応関係は常に一定でなくとも良い。例えば、図５に二点鎖線で示すように、操作によらない自動ブレーキ時用等に異なる複数のマップを用意し、モータ駆動回路４２がこれらから必要な弱め磁束制御量を選択的に用いることで、弱め磁束制御量が特定のブレーキ動作により適合するように調整することもできる。

【００５７】

また、図５のマップでは、ブレーキ操作量の低減（ブレーキペダル１１の戻し操作）の場合には偏差Δθの減少に応じて弱め磁束制御量Ｗも低減するため、弱め界磁制御の影響が低減する。また偏差Δθが負の値となるようなブレーキ操作量の低減が速い場合には、マップから弱め磁束制御量Ｗは０となる。

【００５８】

ブレーキ操作量の低減は、モータ駆動シリンダ１３によるブレーキ液圧を減圧する動作であり、その減圧方向のピストン２１ａ・２１ｂの動きに対しては戻しばね２７ａ・２７ｂのばね力が作用し、またブレーキ液圧の反力も作用して、弱め界磁制御を適用しなくても、戻し変位における高い応答性が確保される。したがって、上記したようなマップによる弱め界磁制御で何等問題なく応答性の高い制動制御を行うことができる。

【００５９】

なお、ＶＳＡ装置２６が作動した場合にモータ駆動シリンダ１３の下流で、モータ駆動シリンダ１３の作動によるブレーキ液圧の発生とは別個にＶＳＡ装置２６による補助液圧（ブレーキ液圧）が発生する場合に、ＶＳＡ装置２６の作動により、常閉型のアウトバルブ（減圧弁）２６ｂを通して低圧リザーバ２６ｃ側へブレーキ液を排出する減圧時や、ポンプモータ２６ｄにより加圧されたブレーキ液を常開型のインバルブ２６ｅを通してホイールシリンダ２ｂ（３ｂ）を加圧する加圧時においては、ホイールシリンダ２ｂ（３ｂ）側のブレーキ液の移動と制御弁（レギュレータバルブ）２６ｆの作動に伴い、ブレーキ圧センサ２５ｂで検出される実液圧Ｂが変化する。すると、モータ駆動シリンダ１３のストロークに対する発生液圧が変動するため、その影響を受けて、モータ角フィードバック回路３６からのモータ角制御量θが変化することになる。ここでモータ駆動シリンダ１３が

過大にこの偏差を補償すると、ＶＳＡ装置２６による液圧制御の応答性が低下する虞がある。

【００６０】

それに対して、上記ステップＳＴ３からステップＳＴ６に進むことにより、ＶＳＡ装置２６の作動時には弱め界磁制御を行わないようにして、モータ駆動シリンダ１３のピストン変位の応答性が抑制されるため、ＶＳＡ装置２６による液圧応答性が確保される。

【００６１】

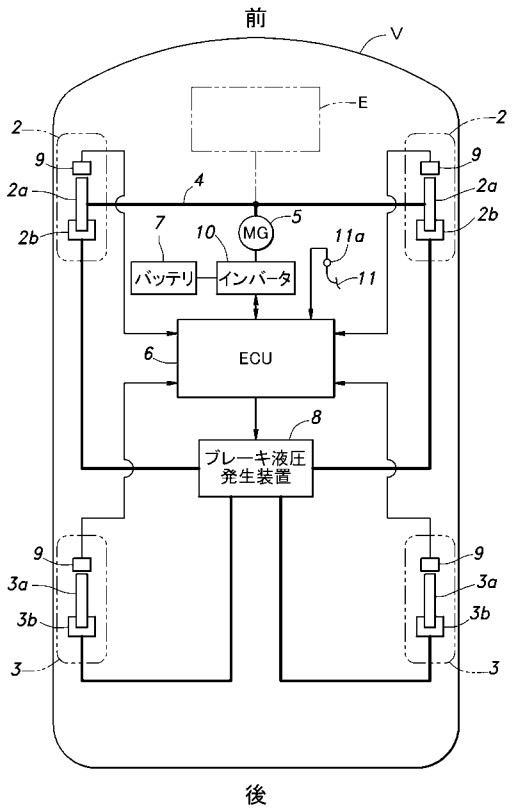
このように本発明によれば、電動アクチュエータの電動サーボモータ１２に対して、目標モータ角と実モータ角θｍとの偏差Δθに基づいて弱め界磁制御を行うことにより、液圧フィードバックの応答遅れの影響を受けることがないため、ブレーキ液圧を速やかに増大させる制御を高い応答性で実現できる。また、ブレーキ液圧を基準として弱め界磁を行う場合にはブレーキ液圧の検出値は負荷剛性の影響を受けるため、ブレーキ液圧が変動すると弱め界磁制御を安定して行うことができなくなるのに対して、モータ駆動シリンダ１３のストロークに対応する目標モータ角θｔにブレーキ液圧の変動が影響するまでに時間遅れがあり、制動開始直後の過渡状態では偏差Δθが変動することはなく、安定した応答特性が得られる。

【符号の説明】

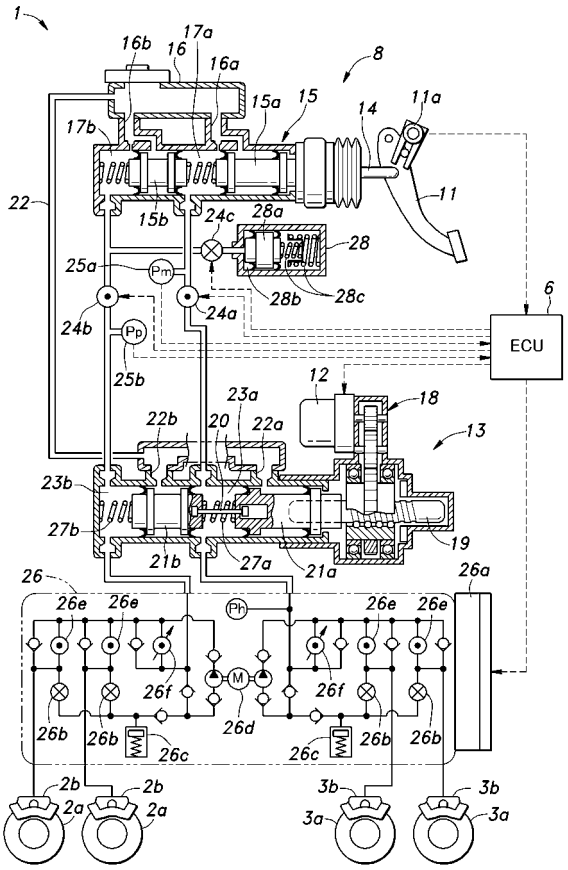
【００６２】

２　前輪（車輪）
３　後輪（車輪）
２ａ・３ａ　ディスク（摩擦制動手段）
２ｂ・３ｂ　ホイールシリンダ（摩擦制動手段）
６　制御ユニット（制御手段）
１２ａ　回転角度センサ（作動量検出手段）
１３　モータ駆動シリンダ（電動アクチュエータ）
２６　ＶＳＡ装置（第２のブレーキ液圧発生手段）
３１　制動力規範値設定回路（目標作動量設定手段）
３２　加算器（目標作動量設定手段）
３３　目標値設定回路（目標作動量設定手段）
３７　減算器（目標作動量設定手段）
３８　液圧補償回路（目標作動量設定手段）
４３　弱め磁束制御量演算回路（弱め界磁制御手段）
４３ａ　マップ（弱め界磁制御手段）
４４　界磁制御回路（弱め界磁制御手段）

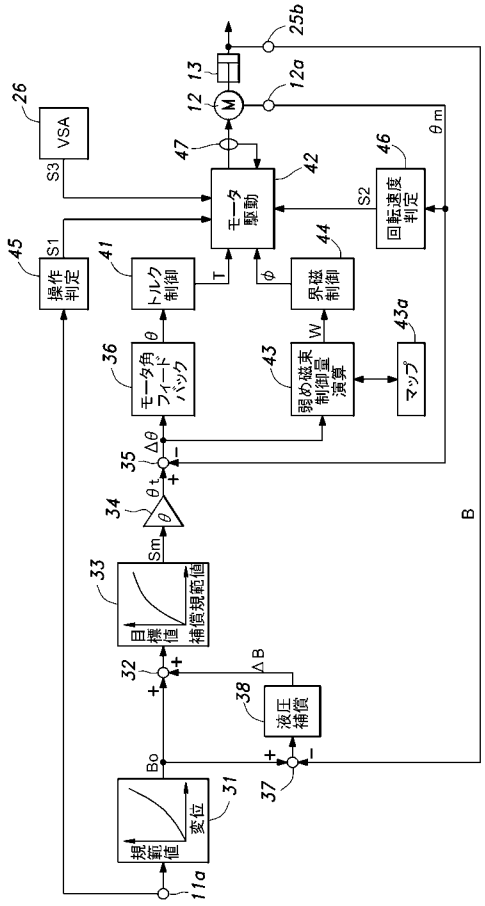
【図１】


前
後
V
E
2
2a
2b
3
3a
3b
4
5
MG
6
ECU
7
バッテリ
8
ブレーキ液圧
発生装置
9
10
11
11a
インバータ

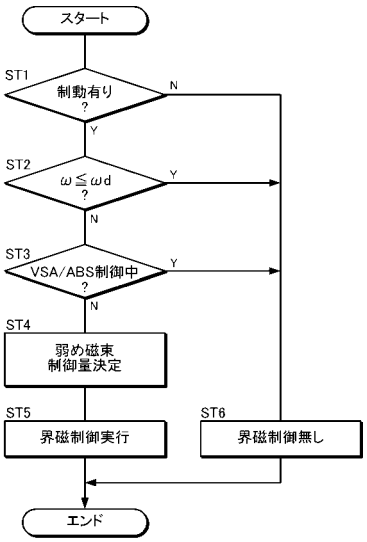
【図２】


1
2a
2b
3a
3b
6
ECU
8
11
11a
12
13
14
15
15a
15b
16
16a
16b
17a
17b
18
19
20
21a
21b
22
22a
22b
23a
23b
24a
24b
24c
25a
25b
26
26a
26b
26c
26d
26e
26f
27a
27b
28
28a
28b
28c
Pm
Pp
Ph
M
WU

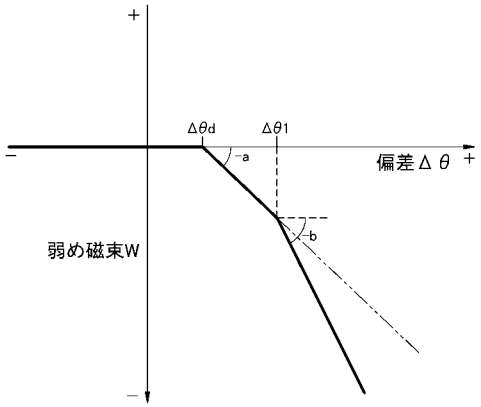
【図３】


VSA
S3
S1
S2
操作判定
トルク制御
モータ駆動
界磁制御
回転速度判定
モータ角フィードバック
弱め磁束制御量演算
マップ
目標値補償規範値
液圧補償
規範値変位
B
Bo
ΔB
Δθ
θm
θt
Sm
T
φ
W

【図４】


スタート
ST1
制動有り？
ST2
ω≦ωd？
ST3
VSA/ABS制御中？
ST4
弱め磁束制御量決定
ST5
界磁制御実行
ST6
界磁制御無し
エンド
Y
N

【図５】



フロントページの続き

(72)発明者　西岡　崇
埼玉県和光市中央１丁目４番１号　株式会社　本田技術研究所内

審査官　塚原　一久

(56)参考文献　特開２００７－２４５８２３（ＪＰ，Ａ）
特開２００９－２２７０２３（ＪＰ，Ａ）
特開２００８－１８４０５７（ＪＰ，Ａ）
特開２００５－２８７１４８（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｂ６０Ｔ　７／１２－８／１７６９、８／３２－８／９６、１３／００－１３／７４
Ｈ０２Ｐ　５／００、７／００、６／００－６／０２