

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-51202

(P2014-51202A)

(43) 公開日 平成26年3月20日(2014.3.20)

(51) Int.Cl.
B60T 8/00 (2006.01)F1
B60T 8/00テーマコード (参考)
3D246

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2012-197278 (P2012-197278)
(22) 出願日 平成24年9月7日(2012.9.7)(71) 出願人 301065892
株式会社アドヴィックス
愛知県刈谷市昭和町2丁目1番地
(74) 代理人 110000213
特許業務法人プロスペック特許事務所
(72) 発明者 安井 由行
愛知県刈谷市昭和町2丁目1番地 株式会
社アドヴィックス内
Fターム(参考) 3D246 BA02 BA08 DA01 GA21 GB01
GB02 GB04 HA03A HA04A HA13A
HA43A HA81A HA94A HA95A HC01
JB02

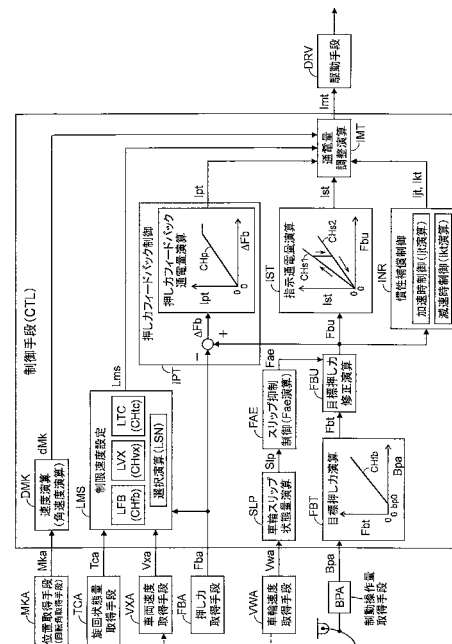
(54) 【発明の名称】 車両の制動制御装置

(57) 【要約】

【課題】車両の後輪に対して電気モータによって制動トルクを発生する車両の制動制御装置であって、後輪に対するスリップ抑制制御の実行開始時に、電気モータの慣性等の影響によって車両の方向安定性が維持され難くなる事態の発生を抑制すること。

【解決手段】この装置では、後輪のスリップ状態に基づいて、後輪の制動トルクを保持又は減少する「制動力配分制御」を実行するために電気モータの目標通電量 I_{mt} が演算され、この目標通電量 I_{mt} に基づいて、後輪について電気モータが制御される。後輪に固定された回転部材(ディスクロータ)に対する摩擦部材(ブレーキパッド)の押し力に相当する値(押し力の実際値 F_{ba} 等)に基づいて、電気モータの制限速度 L_{ms} が設定される。電気モータの速度がこの制限速度 L_{ms} を超えないように、目標通電量 I_{mt} が調整される。

【選択図】図5



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

車両の後輪に固定された回転部材に電気モータを介して摩擦部材を押し付けることによって、前記後輪に対する制動トルクを発生させる電動制動手段と、

前記車両の 4 つの車輪の速度を取得する車輪速度取得手段と、

前記 4 つの車輪の速度に基づいて、前記後輪のスリップ度合を表すスリップ状態量を演算するスリップ状態量演算手段と、

前記後輪のスリップ状態量に基づいて、前記後輪のスリップを抑制するスリップ抑制制御を実行するために前記電気モータの目標通電量を演算し、前記目標通電量に基づいて前記後輪について前記電気モータを制御する制御手段と、

を備えた車両の制動制御装置であって、

前記制御手段は、

予め設定された特性に基づいて、前記回転部材に対する前記摩擦部材の押し力に相当する押し力相当値の制限速度を設定し、前記押し力相当値の変化速度が前記制限速度を超えないように前記目標通電量を調整するよう構成された、車両の制動制御装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の車両の制動制御装置において、

前記予め設定された特性として、

前記押し力相当値が大きいほど、前記制限速度をより小さい値に設定する特性が使用される、車両の制動制御装置。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の車両の制動制御装置において、

前記予め設定された特性として、

前記車両の運転者による制動操作部材の操作の開始からの経過時間に対する前記押し力相当値の推移の上限ラインが使用される、車両の制動制御装置。

【請求項 4】

請求項 1 乃至請求項 3 の何れか一項に記載の車両の制動制御装置であって、

前記車両が走行する路面の摩擦係数を取得する摩擦係数取得手段を備え、

前記制御手段は、

前記摩擦係数が小さいほど、前記制限速度をより小さい値に設定するように構成された、車両の制動制御装置。

【請求項 5】

請求項 1 乃至請求項 4 の何れか一項に記載の車両の制動制御装置において、

前記制御手段は、

前記電気モータから前記摩擦部材までの動力伝達経路内にある可動部材の位置又は力を表す状態量のうちで少なくとも 1 つに基づいて、前記押し力相当値を演算する、車両の制動制御装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、車両の制動制御装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

特許文献 1 には、「制動時において後輪の回転速度が前輪の回転速度より小さくなると、アクチュエータを減圧または保持圧作動させ、後輪の制動液圧が減少または保持される。一方、制動時において後輪の回転速度が前輪の回転速度より大きくなると、アクチュエータを復圧作動させ、後輪の制動液圧が増大される。」ことが記載されている。この効果として、「制動時における前後輪の回転速度がほぼ等しくなり、後輪の先行ロック傾向が的確に防止されるとともに、ブレーキペダル踏力の増加に対して車両減速度の増加が十分に得られて制動性能が向上する。」旨が記載されている。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 3 】

また、特許文献 2 には、ブレーキペダルの踏み込み状態に応じて、制動力を発生させるためのアクチュエータ（電気モータ）への通電量を変化させ、電氣的にブレーキ動作を行う車両用ブレーキ装置において、「ブレーキペダルへの踏み込み状態に応じた指示電流を算出し、指示電流の立ち上がり時には指示電流に正符号の補償電流を加算し、指示電流の立ち下がり時から定常状態に移行するまでの間には負符号の補償電流を加算し、補償電流が加算された指示電流に基づいて、ブレーキ駆動用アクチュエータを駆動する。」ことが記載されている。この効果として、「ブレーキ駆動用アクチュエータの慣性モーメント、減衰損、摩擦損に起因する制動トルクの時間遅れをなくすることができ、これらに起因するオーバシュートも低減することが可能となる。」旨が記載されている。

10

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 4 】

【 特許文献 1 】 特開平 5 - 2 7 8 5 8 5 号公報

【 特許文献 2 】 特開 2 0 0 2 - 2 2 5 6 9 0 号公報

【 発明の概要 】

【 0 0 0 5 】

特許文献 1 に記載される制動制御は、制動力配分制御（E B D 制御ともいう）とも呼ばれる。制動力配分制御によれば、後輪の過剰な車輪スリップが抑制される。そのため、後輪の横力が確保されることによって、車両の方向安定性が維持され得る。

20

【 0 0 0 6 】

特許文献 1 に記載されるような、制動流体（ブレーキフルイド）を用いた液圧式の制動装置では、流体の慣性が無視し得るほどに小さい。従って、制動液圧の保持又は減少指示（制動トルクの保持又は減少指示）がなされると、制動トルクが直ちに保持又は減少させられ得る。これに対し、特許文献 2 に記載されるような電気モータを利用して制動トルクを制御する電気・機械式の制動装置（所謂、電動ブレーキ。E M B（Electro-Mechanical Brake）と称呼される）においては、電気モータ等の慣性に起因して、制動トルクの保持又は減少指示に対して制動トルクを直ちに保持又は減少させることが困難となる。

【 0 0 0 7 】

以下、この点について、図 1 4 を参照しながら詳細に説明する。図 1 4 の上図では、運転者による制動操作部材（ブレーキペダル）の操作量 $B p a$ 、並びに、後輪の摩擦部材（ブレーキパッド）の押し力の目標値 $F b u$ と実際値 $F b a$ の時系列変化の一例が示されている。図 1 4 の下図では、この例における電気モータへの通電量の目標値 $I m t$ が示されている。

30

【 0 0 0 8 】

この例では、時点 $t 0$ にて、運転者によって制動操作部材の急操作が開始された。このとき、電気モータの慣性等の影響を補償するため、時点 $t 1 \sim t 2$ の間に亘って、通電量の目標値 $I m t$ が「踏み込みに応じた値に対して正符号の補償電流が加算された値」に演算される慣性補償制御が実行される。この慣性補償制御によって、押し力の目標値 $F b u$ に追従して、実際値 $F b a$ が急速に増加される。そして、時点 $t 3$ にて、後輪スリップが増加して、スリップ抑制制御（制動力配分制御）が開始された。即ち、時点 $t 3$ 以降、過大な車輪スリップを抑制するため、押し力目標値 $F b u$ （即ち、目標通電量 $I m t$ ）が直ちに保持される。しかしながら、時点 $t 3$ までは電気モータは押し力を急増するために高速で運動（回転）している。従って、時点 $t 3$ 以降、電気モータの慣性の影響によって、実際の押し力 $F b a$ はオーバシュートし、時点 $t 3$ から遅れて目標値 $F b u$ に到達する。このように、実際の押し力 $F b a$ がオーバシュートしている間に亘って、後輪の横力の低下が一時的に生じ得る。この結果、車両の方向安定性が維持され難い事態が発生するという問題が生じ得る。

40

【 0 0 0 9 】

本発明は、上記問題に対処するためになされたものであり、その目的は、車両の後輪に

50

対して電気モータによって制動トルクを発生する車両の制動制御装置であって、後輪に対する制動力配分制御等のスリップ抑制制御の実行開始時において、電気モータの慣性（慣性モーメント、慣性質量）等の影響によって車両の方向安定性が維持され難くなる事態の発生が抑制され得るものを提供することにある。

【0010】

本発明に係る車両の制動制御装置は、車両の後輪（ $WH[r^*]$ ）に固定された回転部材（ KTB ）に電気モータ（ MTR ）を介して摩擦部材（ MSB ）を押し付けることによって、前記後輪（ $WH[r^*]$ ）に対する制動トルクを発生させる電動制動手段（ BRK ）と、前記車両の4つの車輪（ $WH[**]$ ）の速度（ $Vwa[**]$ ）を取得する車輪速度取得手段（ VWA ）と、前記4つの車輪の速度（ $Vwa[**]$ ）に基づいて、前記後輪のスリップ度合を表すスリップ状態量（ $Slp[r^*]$ ）を演算するスリップ状態量演算手段（ SLP ）と、前記後輪のスリップ状態量（ $Slp[r^*]$ ）に基づいて、前記後輪のスリップを抑制するスリップ抑制制御を実行するために前記電気モータ（ MTR ）の目標通電量（ Imt ）を演算し、前記目標通電量（ Imt ）に基づいて前記後輪について前記電気モータ（ MTR ）を制御する（電動制動車輪の制動トルク（押し力）を保持又は減少する）制御手段（ CTL ）と、を備える。

10

【0011】

本発明の特徴は、前記制御手段（ CTL ）が、予め設定された特性（ $CHfb$ 、 $CHup$ ）に基づいて、前記回転部材（ KTB ）に対する前記摩擦部材（ MSB ）の押し力に相当する押し力相当値の制限速度（ Lms 、 Lfb ）を設定し、前記押し力相当値の変化速度（ dFs ）が前記制限速度（ Lms 、 Lfb ）を超えないように前記目標通電量（ Imt ）を調整するよう構成されたことにある。

20

【0012】

前記予め設定された特性（ $CHfb$ ）として、前記押し力相当値（ Fbs ）が大きいほど、前記制限速度（ Lms 、 Lfb ）をより小さい値に設定する特性を使用する。これは、押し力相当値が大きいほど、後輪スリップが過大になる蓋然性が高いことに基づく。

【0013】

また、前記予め設定された特性（ $CHup$ ）として、前記車両の運転者による制動操作部材の操作の開始からの経過時間に対する前記押し力相当値（ Fbs ）の推移の上限ラインを予め設定することができる。時間経過に対する推移は、変化速度に対応することになる。前記制動操作部材の操作の開始からの前記押し力相当値（ Fbs ）の推移が前記上限ライン（ $CHup$ ）を超えないように前記目標通電量（ Imt ）が調整される。

30

【0014】

さらに、車両が走行する路面の摩擦係数（ μm ）が小さいほど、前記制限速度（ Lms 、 Lfb ）をより小さい値に設定するように構成されることが好適である。これは、摩擦係数が小さいほど、後輪のスリップ抑制制御が開始された直後における車両の方向安定性が要求される程度が高いことに基づく。

【0015】

前記制御手段（ CTL ）は、前記電気モータ（ MTR ）から前記摩擦部材（ MSB ）までの動力伝達経路内にある可動部材の位置又は力を表す状態量（ Mka 、 Mkt 、 Fba 、 Fbu 等）のうちで少なくとも1つに基づいて、前記押し力相当値（ Fbs ）を演算する。なお、前記制御手段（ CTL ）は、通常、前記電気モータ（ MTR ）の目標通電量（ Imt ）を、前記車両の運転者による制動操作部材（ BP ）の操作量（ Bpa ）に応じた値に調整するように構成される。

40

【0016】

上記本発明の特徴によれば、高速走行中、或いは、旋回中等において運転者により制動操作部材の急操作がなされる場合であっても、電気モータの速度、又は、押し力相当値の変化速度が前記制限速度に制限される。従って、その直後に後輪のスリップ抑制制御が開始される場合において、上述した「電気モータの慣性の影響による実際の押し力のオーバーシュート」の発生が抑制され得る。この結果、後輪のスリップ抑制制御が開始された直後

50

において、車両の方向安定性が確実に維持され得る。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本発明の実施形態に係る制動制御装置を搭載した車両の概略構成図である。

【図2】図1に示した車輪の制動手段（ブレーキアクチュエータ）の構成を説明するための図である。

【図3】図2に示した電気モータ（ブラシ付きモータ）の駆動手段の一例を示した駆動回路図である。

【図4】図2に示した電気モータ（ブラシレスモータ）の駆動手段の一例を示した駆動回路図である。

10

【図5】図1に示した制御手段の機能ブロック図である。

【図6】図5に示した慣性補償制御ブロックの実施形態を説明するための機能ブロック図である。

【図7】図5に示したスリップ抑制制御ブロックの実施形態を説明するための機能ブロック図である。

【図8】図5に示した制限速度設定ブロックの実施形態を説明するための機能ブロック図である。

【図9】押し力相当値によりモータ速度に制限を加えることによる作用・効果を説明するためのタイムチャートである。

【図10】車両速度によりモータ速度に制限を加えることによる作用・効果を説明するためのタイムチャートである。

20

【図11】旋回状態量によりモータ速度に制限を加えることによる作用・効果を説明するためのタイムチャートである。

【図12】押し力相当値の変化速度に制限を加えることによる作用・効果を説明するためのタイムチャートである。

【図13】予め設定された「制動操作開始からの時間に対する押し力相当値の上限ライン」によって押し力相当値の変化速度に制限を加えることによる作用・効果を説明するためのタイムチャートである。

【図14】従来の制動制御装置の問題点を説明するためのタイムチャートである。

【発明を実施するための形態】

30

【0018】

以下、本発明に係る車両の制動制御装置の実施形態について図面を参照しつつ説明する。なお、各種記号等の末尾に付された添字[*]は、各種記号等が4輪のうちの何れかに関するものであることを示し、[fl]は左前輪、[fr]は右前輪、[rl]は左後輪、[rr]は右後輪を示す。添字[f*]は前輪のうちの何れかに関するもの、添字[r*]は後輪のうちの何れかに関するものであることを示す。添字[*i]は旋回内側車輪のうちのいずれかに関するもの、添字[*o]は旋回外側車輪のうちのいずれかに関するものであることを示す。例えば、添字[ri]は旋回内側後輪に関するもの、添字[ro]は旋回外側後輪に関するものであることを表す。また、4輪に関する各種記号であって、添字が[*]である場合は（[*]が省略されて、添字がない場合も含めて）4輪の総称を示す。例えば、VWA[*]、及びVWAは、4輪

40

【0019】

<本発明に係る車両の制動制御装置の実施形態を搭載した車両全体の構成>

図1に示すように、この車両には、運転者が車両を減速するために操作する制動操作部材（例えば、ブレーキペダル）BP、BPの操作に応じて制動液圧を発生させるマスタシリンダMC（後述の液圧制動手段BRHの一部）、マスタシリンダMCの発生液圧（マスタシリンダ圧）に応じて、車両前方の車輪（前輪）WH[f*]の制動液圧を調整して、前輪に制動力を発生させる前輪用の液圧制動手段（前輪用の液圧ブレーキアクチュエータ）BRH、前輪の制動液圧をマスタシリンダ圧とは独立に調整する液圧ユニットHU（液圧制

50

動手段 B R H の一部)、車両後方の車輪(後輪) W H [r*] の制動トルクを調整して、後輪に制動力を発生させる後輪用の電動制動手段(後輪用の電動ブレーキアクチュエータ) B R K、H U 及び B R H を制御する電子制御ユニット E C U、及び、H U、B R K、E C U 等に電力を供給する電源としての蓄電池 B A T が搭載されている。

【0020】

また、この車両には、B P の操作量 B p a を検出する制動操作量取得手段(例えば、ストロークセンサ、踏力センサ、マスタシリンダ圧センサ) B P A、運転者によるステアリングホイール S W の操作角 S a a を検出する操舵角検出手段 S A A、車両のヨーレート Y r a を検出するヨーレート検出手段 Y R A、車両の前後加速度 G x a を検出する前後加速度検出手段 G X A、車両の横加速度 G y a を検出する横加速度検出手段 G Y A、及び、各車輪 W H [**] の回転速度(車輪速度) V w a を検出する車輪速度検出手段 V W A が備えられている。各検出値は、他のシステム(他の電子制御ユニット)から通信バスを介して取得され得る。

10

【0021】

前輪用の液圧制動手段 B R H [f*] には、公知のブレーキキャリパ C P R、ホイールシリンダ W C R、及び、摩擦部材(例えば、ブレーキパッド) M S B が備えられる。M S B が公知の回転部材(例えば、ブレーキロータ) K T B に、制動液圧によって押し付けられることによって摩擦力が発生し、前輪 W H [f*] に制動トルクが生じ、制動力が発生される。

【0022】

後輪用の電動制動手段 B R K [r*] には、電気モータ M T R [r*] (図示せず) が備えられ、M T R によって車輪 W H [r*] の制動トルクが制御される。また、B R K には、摩擦部材 M S B が回転部材 K T B を押す力 F b a [r*] を検出する押し力取得手段(例えば、軸力センサ) F B A、M T R の通電量(例えば、電流値) I m a [r*] を検出する通電量取得手段(例えば、電流センサ) I M A、M T R の位置(例えば、回転角) M k a [r*] を検出する位置取得手段(例えば、回転角センサ) M K A が備えられている。

20

【0023】

上述した種々の検出手段の検出信号(B p a 等)は、ノイズ除去(低減)フィルタ(例えば、ローパスフィルタ)の処理がなされて、E C U に供給される。E C U では、本発明に係わる制動制御の演算処理が実行される。即ち、後述する制御手段 C T L が E C U 内にプログラムされ、B p a 等に基づいて電気モータ M T R を制御するための目標通電量(例えば、目標電流値、目標デューティ比) I m t [r*] が演算される。また、E C U では、V w a [**]、Y r a 等に基づいて、アンチスキッド制御(A B S)、トラクション制御(T C S)、車両安定化制御(E S C)等の演算処理が実行される。

30

【0024】

液圧ユニット H U (液圧制動手段 B R H の一部)は、図示しないソレノイドバルブ、液圧ポンプ、及び、電気モータで構成されている。そして、E C U にて演算されるアンチスキッド制御、トラクション制御、車両安定化制御等の指示信号(ソレノイドバルブ、及び電気モータの駆動信号) S v t [r*] に基づいて、前輪用の液圧制動手段 B R H のホイールシリンダ圧(M S B を押す圧力)が制御される。

【0025】

40

図1に示す車両では、前輪用の液圧制動手段 B R H [r*] が備えられ、前輪の制動トルクが制動液圧によって調整されるが、B R H に代えて、前輪にも電動制動手段 B R K [f*] が備えられてもよい。

【0026】

< 電動制動手段(ブレーキアクチュエータ)の構成 >

本発明に係る制動制御装置では、車両後方の車輪(後輪) W H [r*] の制動トルクの発生、及び調整が、電気モータ M T R によって行われる。

【0027】

図2に示すように、電動制動手段 B R K は、ブレーキキャリパ C P R、回転部材 K T B、摩擦部材 M S B、電気モータ M T R、駆動手段(M T R を駆動するための電気回路) D

50

R V、減速機 G S K、回転・直動変換機構 H N K、押し力取得手段 F B A、位置検出手段 M K A、及び、通電量取得手段 I M A にて構成されている。

【 0 0 2 8 】

後輪用の電動ブレーキアクチュエータ B R K には、公知の制動装置と同様に、公知のブレーキキャリパ C P R、及び、摩擦部材（例えば、ブレーキパッド）M S B が備えられる。M S B が公知の回転部材（例えば、ブレーキロータ）K T B に押し付けられることによって摩擦力が発生し、後輪 W H [r*] に制動トルクが生じ、制動力が発生される。

【 0 0 2 9 】

駆動手段（電気モータ M T R の駆動回路）D R V にて、目標通電量（目標値）I m t に基づき電気モータ M T R への通電量（最終的には電流値）が制御される。具体的には、駆動手段 D R V には、スイッチング素子（パワートランジスタであって、例えば、M O S - F E T）が用いられたブリッジ回路が構成され、目標通電量 I m t に基づいてスイッチング素子が駆動され、電気モータ M T R の出力が制御される。

10

【 0 0 3 0 】

電気モータ M T R の出力（出力トルク）は、減速機（例えば、歯車）G S K を介して回転・直動変換機構 H N K に伝達される。そして、H N K によって、回転運動が直線運動に変換されてピストン P S N が回転部材（ブレーキディスク）K T B に向かって前進される。そして、ピストン P S N が摩擦部材（ブレーキパッド）M S B を K T B に向かって押すため、摩擦部材 M S B が回転部材 K T B に押し付けられる。K T B は車輪 W H [r*] に固定されており、M S B と K T B との摩擦によって、車輪 W H [r*] に制動トルクが発生し、調整される。

20

【 0 0 3 1 】

回転・直動変換機構 H N K として、「滑り」によって動力伝達（滑り伝達）を行う滑りネジ（例えば、台形ネジ）が用いられる。ネジ H N が回転し、それと螺合されるナット H N T が K T B に対して、直線運動として前進又は後退される。H N K として、「転がり」によって動力伝達（転がり伝達）を行うボールネジが用いられ得る。

【 0 0 3 2 】

モータ駆動回路 D R V には、実際の通電量（例えば、実際に電気モータに流れる電流）I m a を検出する通電量取得手段（例えば、電流センサ）I M A が備えられる。また、電気モータ M T R にはロータの位置（例えば、回転角）M k a を検出する位置取得手段（例えば、角度センサ）M K A が備えられる。さらに、摩擦部材 M S B が回転部材 K T B を実際に押す力（実押し力）F b a を検出するために、押し力取得手段（例えば、押圧力センサ）F B A が備えられる。

30

【 0 0 3 3 】

図 2 では、電動制動手段 B R K として、所謂、ディスク型制動装置（ディスクブレーキ）の構成が例示されているが、制動手段 B R K は、ドラム型制動装置（ドラムブレーキ）であってもよい。ドラムブレーキの場合、摩擦部材 M S B はブレーキシューであり、回転部材 K T B はブレーキドラムである。同様に、電気モータ M T R によってブレーキシューがブレーキドラムを押す力（押し力）が制御される。電気モータ M T R として回転運動にてトルクを発生させるものが示されるが、直線運動にて力を発生させるリニアモータでもあってもよい。

40

【 0 0 3 4 】

< 駆動手段 D R V の構成（ブラシ付モータ）>

図 3 は、電気モータ M T R がブラシ付モータ（単に、ブラシモータともいう）である場合の駆動手段（駆動回路）D R V の一例である。D R V は、M T R を駆動する電気回路であって、スイッチング素子 S 1 乃至 S 4、I m t に基づいてパルス幅変調（P W M, P u l s e W i d t h M o d u l a t i o n）を行うパルス幅変調ブロック P W M、及び、P W M が決定するデューティ比に基づいて、S 1 乃至 S 4 の通電状態 / 非通電状態を制御するスイッチング制御ブロック S W T にて構成される。

【 0 0 3 5 】

50

スイッチング素子 S_1 乃至 S_4 は、電気回路の一部を ON / OFF できる素子であって、例えば、MOS - FET が用いられ得る。 S_1 乃至 S_4 によって、MTR の正転方向（MSB を KTB に近づかせる方向であって制動トルクを増加させる回転方向）、及び逆転方向（MSB を KTB から引き離す方向であって制動トルクを減少させる回転方向）のブリッジ回路が構成される。スイッチング制御ブロック SWT によって、正転方向では、 S_1 及び S_4 が通電状態（ON 状態）、且つ、 S_2 及び S_3 が非通電状態（OFF 状態）に制御される。また、逆転方向では、 S_1 及び S_4 が非通電状態（OFF 状態）、且つ、 S_2 及び S_3 が通電状態（ON 状態）に制御される。

【0036】

PWM では、 I_{mt} の大きさに基づいて、パルス幅のデューティ比（ON / OFF の時間の割合）が決定され、 I_{mt} の符号（正符号、或いは、負符号）に基づいて MTR の回転方向が決定される。例えば、MTR の回転方向は、正転方向が正（プラス）の値、逆転方向が負（マイナス）の値として設定され得る。入力電圧（BAT の電圧）、及び、デューティ比によって最終的な出力電圧が決まるため、DRV によって、MTR の回転方向と出力トルクが制御される。

【0037】

< 駆動手段 DRV の構成（3 相ブラシレスモータ）>

図 4 は、電気モータ MTR がブラシレスモータである場合の駆動手段（駆動回路）DRV の一例である。DRV は、MTR を駆動する電気回路であって、スイッチング素子 Z_1 乃至 Z_6 、 I_{mt} に基づいてパルス幅変調を行うパルス幅変調ブロック PWM、及び、PWM が決定するデューティ比に基づいて、 Z_1 乃至 Z_6 の通電状態 / 非通電状態を制御するスイッチング制御ブロック SWT にて構成される。

【0038】

ブラシレスモータでは、位置取得手段 MKA によって、MTR のロータ位置（回転角） Mka が取得される。そして、 Mka に基づいて、SWT によって制御される Z_1 乃至 Z_6 によって、U 相、V 相、及び W 相のコイル通電量の方向（即ち、励磁方向）が順次切り替えられて、MTR が駆動される。ブラシレスモータの回転方向（正転、或いは、逆転方向）は、ロータと励磁する位置との関係によって決定される。

【0039】

ブラシレスモータにおいても、ブラシモータと同様に、PWM にて、 I_{mt} の大きさに基づいて、パルス幅のデューティ比が決定され、 I_{mt} の符号（値の正負）に基づいて MTR の回転方向が決定される。そして、目標通電量 I_{mt} に基づいて、スイッチング素子 Z_1 乃至 Z_6 が SWT からの信号によって制御されることによって、MTR の回転方向と出力トルクが制御される。

【0040】

< 制御手段の全体構成 >

図 5 に示すように、制御手段 CTL は、目標押し力演算ブロック FBT、目標押し力修正演算ブロック FBV、慣性補償制御ブロック INR、車輪スリップ状態量演算ブロック SLP、スリップ抑制制御ブロック FAE、指示通電量演算ブロック IST、押し力フィードバック制御ブロック IPT、モータ速度演算ブロック DMK、モータ制限速度設定ブロック LMS、及び、通電量調整演算ブロック IMT にて構成されている。制御手段 CTL は、電子制御ユニット ECU 内にプログラムされている。

【0041】

制動操作部材 BP（例えば、ブレーキペダル）の操作量 Bpa が制動操作量取得手段 BPA によって取得される。制動操作部材の操作量（制動操作量） Bpa は、マスタシリンダ MC の圧力（マスタシリンダ圧）に基づいて演算される。また、運転者による制動操作部材の操作力（例えば、ブレーキ踏力）、及び、変位量（例えば、ブレーキペダルストローク）のうちの少なくとも何れかに基づいて演算され得る。 Bpa にはローパスフィルタ等の演算処理がなされ、ノイズ成分が除去（低減）されている。

【0042】

10

20

30

40

50

目標押し力演算ブロック F B T にて、予め設定された目標押し力演算特性（演算マップ）C H f b を用いて、操作量 B p a に基づき、各後輪の目標押し力 F b t が演算される。「押し力」は、電動制動手段（ブレーキアクチュエータ）B R K において、摩擦部材（例えば、ブレーキパッド）M S B が回転部材（例えば、ブレーキディスク）K T B を押す力（押圧力）である。目標押し力 F b t は、その押し力の目標値である。

【 0 0 4 3 】

演算マップ C H f b では、前後輪の制動力配分が、所謂「理想制動力配分」に対して、前輪の垂直荷重（垂直力、路面から受ける鉛直方向の力）に対する制動力の度合が、後輪の垂直荷重に対する制動力の度合よりも大きくなる特性に設定される。車両の制動時には、後輪から前輪への垂直荷重（接地荷重ともいう）の移動が生じる。即ち、後輪の垂直荷重が減少し、前輪の垂直荷重が増加する。「理想制動力配分」は、この垂直荷重移動を考慮し、前輪垂直荷重に対する前輪制動力の割合（前輪制動負荷という）と、後輪垂直荷重に対する後輪制動力の割合（後輪制動負荷という）とが等しくなる特性をいう。C H f b では、前輪制動負荷が後輪制動負荷よりも大きくなるように設定される。例えば、C H f b は、B p a の増加にしたがって、F b t が「上に凸」で増加されるように設定され得る。

10

【 0 0 4 4 】

目標押し力修正演算ブロック F B U にて、後述するスリップ抑制制御ブロック F A E の演算結果（F a e 等）に基づいて、目標押し力 F b t が修正される。F A E では、制動力配分制御等のスリップ抑制制御が実行される。そして、修正押し力 F a e に基づいて、運転者のブレーキペダル B P の操作に基づいて演算された目標押し力 F b t が遮断され、過剰な車輪スリップ（車輪のロック傾向）を抑制するために修正された目標押し力（目標値）F b u が演算される。

20

【 0 0 4 5 】

指示通電量演算ブロック I S T にて、予め設定された演算マップ C H s 1 , C H s 2 を用いて、F a e によって修正された目標押し力 F b u に基づき指示通電量 I s t が演算される。指示通電量 I s t は、後輪の制動手段 B R K の電気モータ M T R を駆動し、修正目標押し力 F b u を達成するための、電気モータ M T R への通電量の目標値である。演算マップ（指示通電量の演算特性）は、ブレーキアクチュエータのヒステリシスを考慮して、2つの特性 C H s 1 , C H s 2 で構成される。特性（第1の指示通電量演算特性）C H s 1 は押し力を増加する場合に対応し、特性（第2の指示通電量演算特性）C H s 2 は押し力を減少する場合に対応する。そのため、特性 C H s 2 に比較して、特性 C H s 1 は相対的に大きい指示通電量 I s t を出力するように設定されている。

30

【 0 0 4 6 】

ここで、通電量とは、電気モータ M T R の出力トルクを制御するための状態量（変数）である。電気モータ M T R は電流に概ね比例するトルクを出力するため、通電量の目標値として電気モータの電流目標値が用いられ得る。また、電気モータ M T R への供給電圧を増加すれば、結果として電流が増加されるため、目標通電量として供給電圧値が用いられ得る。さらに、パルス幅変調（P W M , pulse width modulation）におけるデューティ比によって供給電圧値が調整され得るため、このデューティ比が通電量として用いられ得る。

40

【 0 0 4 7 】

押し力フィードバック制御ブロック I P T にて、目標押し力（目標値）F b u 、及び、実押し力（実際値）F b a に基づき押し力フィードバック通電量 I p t が演算される。指示通電量 I s t は目標押し力 F b u に相当する値として演算されるが、ブレーキアクチュエータの効率変動により目標押し力 F b u と実際の押し力（実押し力）F b a との間に誤差（定常的な誤差）が生じる場合がある。押し力フィードバック通電量 I p t は、目標押し力 F b u と実押し力 F b a との偏差（押し力偏差） $\Delta F b$ 、及び、演算特性（演算マップ）C H p に基づいて演算され、上記の誤差（定常的な誤差）を減少するように決定される。なお、F b a は押し力取得手段 F B A によって取得される。

50

【 0 0 4 8 】

慣性補償制御ブロック I N R にて、B R K（特に、電気モータ M T R）の慣性の影響が補償される。慣性補償制御ブロック I N R では、B R K の慣性（慣性モーメント、或いは、慣性質量）の影響を補償するための通電量の目標値 I_{jt} 、 I_{kt} が演算される。電気モータが停止、或いは、低速で運動している状態から運動（回転運動）が加速される場合に、押し力発生の応答性を向上させることが必要である。この場合に対応する加速時慣性補償通電量 I_{jt} が演算される。 I_{jt} は、慣性補償制御における加速時制御の通電量の目標値である。

【 0 0 4 9 】

また、電気モータが運動（回転運動）している状態から減速して停止していく場合に、押し力のオーバシュートを抑制し、収束性を向上することも必要である。この場合に対応する減速時慣性補償通電量 I_{kt} が演算される。 I_{kt} は、慣性補償制御における減速時制御の通電量の目標値である。ここで、 I_{jt} は電気モータの通電量を増加させる値（ I_{st} に加算される正符号の値）であり、 I_{kt} は電気モータの通電量を減少させる値（ I_{st} に加算される負符号の値）である。

【 0 0 5 0 】

車輪スリップ状態量演算ブロック S L P にて、車輪速度取得手段 V W A [**] によって取得される各車輪の車輪速度 V_{wa} [**] に基づいて、各車輪のスリップ状態量 S_{lp} [**] が演算される。 S_{lp} は、各車輪のスリップ度合を表す状態量である。例えば、 S_{lp} として、車輪速度 V_{wa} と車両速度（車体速度） V_{xa} との差が車輪スリップ速度 V_{sl} として演算される。また、 V_{wa} の時間変化量である車輪加速度 dV_{w} が、 S_{lp} として演算され得る。

【 0 0 5 1 】

スリップ抑制制御ブロック F A E にて、各車輪のスリップ状態量 S_{lp} [**] に基づいて、後輪に対するスリップ抑制制御が実行される。スリップ抑制制御は、車輪の過大なスリップを抑制する制御であり、アンチスキッド制御（A B S 制御）、或いは、制動力配分制御（E B D 制御）である。スリップ抑制制御ブロック F A E では、 B_{pa} に基づいて決定された目標押し力 F_{bt} を修正するための修正押し力（修正値） F_{ae} が演算される。修正押し力 F_{ae} は、車輪スリップが増加する場合（車輪がロック傾向に向かう場合）には、 F_{bt} の影響を遮断し（目標押し力の演算において運転者の制動操作とは独立して）、修正後の目標押し力（目標値） F_{bu} を減少させように演算される。また、 F_{bu} の減少によって車輪スリップが減少する場合（車輪のグリップが回復した場合）には、 F_{bu} を増加させるように演算される。

【 0 0 5 2 】

モータ速度演算ブロック D M K にて、電気モータの位置（回転角） M_{ka} に基づいて、電気モータの速度（回転角速度） dM_k が演算される。具体的には、電気モータの位置 M_{ka} が時間微分されて、速度 dM_k が演算される。

【 0 0 5 3 】

モータ制限速度設定ブロック L M S にて、電気モータの速度における制限値（制限速度） L_{ms} が演算される。制限速度 L_{ms} は、電気モータの実際の速度（ dM_k ）が、この値を超えて増加しないようにするための上限値である。電気モータの制限速度 L_{ms} には、押し力相当値 F_{bs} （例えば、 F_{ba} ）に基づいて設定される制限速度（第 1 の制限速度） L_{fb} 、車両速度 V_{xa} に基づいて設定される制限速度（第 2 の制限速度） L_{vx} 、及び、旋回状態量 T_{ca} に基づいて設定される制限速度（第 3 の制限速度） L_{tc} がある。 L_{fb} 、 L_{vx} 、及び、 L_{tc} が個別に演算されて、L M S 内の選択演算ブロック L S N にて、 L_{fb} 、 L_{vx} 、及び、 L_{tc} のうちで最も小さい制限速度が、最終的な制限速度 L_{ms} として出力される。

【 0 0 5 4 】

通電量調整演算ブロック I M T にて、M T R の最終的な目標値である目標通電量 I_{mt} が演算される。指示通電量 I_{st} が、押し力フィードバック通電量 I_{pt} 、及び、慣性補

10

20

30

40

50

償通電量 I_{jt} (加速時)、 I_{kt} (減速時) に基づいて、目標通電量 I_{mu} が演算される。具体的には、指示通電量 I_{st} に対してフィードバック通電量 I_{pt} が加えられ、さらに、慣性補償通電量 I_{jt} 、 I_{kt} が加算されて、その総和が目標通電量 I_{mu} として演算される。

【0055】

通電量調整演算ブロック IMT では、さらに、 dMk が Lms 以下になるように、 I_{mu} が調整されて最終的な目標通電量 I_{mt} が演算される。具体的には、 dMk が Lms を超過した場合には、 I_{mu} が減少されて、 I_{mt} が演算される。目標通電量 I_{mt} は、電気モータ MTR の出力を制御するための最終的な通電量の目標値である。 I_{mt} の符号(値の正負)に基づいて MTR の回転方向が制御され、 I_{mt} の大きさに基づいて MTR の出力が制御される。

10

【0056】

以上、回転部材 KTB に対する摩擦部材 MSB の押圧力である「押し力」が、制御変数(制御対象となる状態量)として用いられる実施態様について説明した。 BRK の諸元(CPR の剛性、 GSK のギア比、 HNK のリード等)は既知である。このため、制御変数として、押し力(目標値 Fbu 、実際値 Fba)に代えて、摩擦部材 MSB が回転部材 KTB を押す力(押圧力)に相当する値である「押し力相当値 Fbs (目標値 Fst 、実際値 Fsa)」が用いられ得る。

【0057】

押し力相当値 Fbs は、電気モータ MTR から摩擦部材 MSB までの動力伝達経路内に位置する可動部材の作動状態を表す「力」に係わる状態量に基づいて決定され得る。例えば、電気モータの実際の出力トルク(又は、目標値)、 GSK の実際の出力トルク(又は、目標値)、 HNK における実際の推力(又は、目標値)、 PSN における実際の推力(又は、目標値)、及び、 MSB の実際の押し力 Fba (又は、目標押し力 Fbu) が、「力(トルク)」に係わる Fbs として採用され得る。

20

【0058】

ブレーキキャリパ CPR 等、 BRK 全体の剛性(ばね定数)が既知であるため、上記「力」に係わる状態量に代えて、「位置」に係わる状態量が Fbs とされ得る。例えば、電気モータの実際の位置 Mka (又は、目標位置 Mkt)、 GSK の実際の位置(又は、目標位置)、 HNK における実際の位置(又は、目標値)、 PSN における実際の位置(又は、目標値)、及び、 MSB の実際の位置(又は、目標値)が、「位置」に係わる Fbs として採用され得る。

30

【0059】

また、複数の可動部材の Fbs に基づいて、最終的な押し力相当値 Fbs が決定され得る。したがって、「押し力相当値 Fbs (目標押し力相当値 Fst 、実押し力相当値 Fsa)」は、 MTR の出力トルクから、 KTB に対する MSB の押し力に到るまでの動力伝達経路内にある可動部材の「力」又は「位置」に係わる状態量のうちの少なくとも何れか1つに基づいて決定され得る。

【0060】

< 慣性補償制御ブロックの実施形態の構成 >

40

図6を参照しながら、慣性補償制御ブロック INR の実施形態について説明する。慣性補償制御ブロック INR では、 MTR 等の慣性(MTR の慣性を含む BRK 全体の慣性)に起因する押し力の応答性、及び、収束性を向上する慣性補償制御が実行される。慣性補償制御ブロック INR は、目標位置演算ブロック MKT 、時定数演算ブロック TAU 、遅れ要素演算ブロック DLY 、目標加速度演算ブロック DDM 、及び、係数記憶ブロック SK にて構成される。

【0061】

目標位置演算ブロック MKT にて、目標押し力 Fbu 、及び、目標押し力演算特性(演算マップ) $CHmk$ に基づいて目標位置(目標回転角) Mkt が演算される。目標位置 Mkt は、電気モータ MTR の位置(回転角)の目標値である。演算マップ $CHmk$ はブレ

50

ーキキャリパ C P R、及び、摩擦部材（ブレーキパッド） M S B の剛性に相当する特性であり、「上に凸」の非線形な特性として、電子制御ユニット E C U 内に予め記憶されている。

【 0 0 6 2 】

時定数演算ブロック T A U にて、修正後の目標押し力（押し力の目標値） F b u、及び、時定数の演算特性（演算マップ） C H τ m に基づいて時定数 τ m が演算される。F b u が所定操作量（所定値） f b 1 未満の場合には、 τ m は第 1 の所定時定数（所定値） τ 1（ 0 ）に演算される。F b u が所定値 f b 1 以上、且つ、所定値 f b 2 未満の場合には、 τ m は F b u の増加に従い第 1 の所定時定数 τ 1 から第 2 の所定時定数 τ 2 まで順次増加するように演算される。F b u が所定値 f b 2 以上の場合には、 τ m は第 2 の所定時定数（所定値） τ 2（ > τ 1 ）に演算される。

10

【 0 0 6 3 】

遅れ要素演算ブロック D L Y にて、電気モータ M T R の目標位置 M k t に基づいて遅れ要素演算処理後の目標位置（目標回転角） M k f が演算される。具体的には、ブレーキアクチュエータ B R K の応答（即ち、電気モータ M T R の応答）に相当する時定数 τ m を含んだ遅れ要素の演算処理が、電気モータの目標位置 M k t に対して実行されて遅れ要素処理後の目標位置 M k f が演算される。ここで、遅れ要素演算は、 n 次遅れ要素（「 n 」は「 1 」以上の整数）の演算であり、例えば、一次遅れ演算である。遅れ要素処理が M k t になされることによって、ブレーキアクチュエータ B R K の応答（入力変化に対する出力変化の有様）が時定数を用いた伝達関数として考慮されて、その応答に対応した目標値である M k f が演算され得る。

20

【 0 0 6 4 】

目標加速度演算ブロック D D M にて、遅れ要素処理後の目標位置 M k f に基づいて、遅れ要素処理後の目標加速度 d d M k f が演算される。d d M k f は、電気モータ M T R の加速度（角加速度）の目標値である。具体的には、M k f が 2 階微分されて、d d M k f が演算される。d d M k f は、電気モータ M T R の加速時（停止状態から起動する時）には正符号の値に演算され、M T R の減速時（停止に向かう時）には負符号の値に演算される。

【 0 0 6 5 】

係数記憶ブロック K S K には、目標加速度 d d M k f を電気モータの目標通電量に変換するための係数（ゲイン） k s k が記憶されている。係数 k s k は、電気モータの慣性（定数） m t j を、電気モータのトルク定数 t q k で除算した値に相当する。そして、d d M k f、及び、k s k に基づいて慣性補償制御通電量（目標値） I j t , I k t が演算される。具体的には、d d M k f に k s k が乗算されて、I j t , I k t が演算される。

30

【 0 0 6 6 】

慣性補償制御ブロック I N R では、F b u に基づいて M k t が演算されて、I j t , I k t が最終的に決定される。F b u と M k t とは相関をもって演算（ C H m k に基づいて演算）されるため、F b u が直接的に 2 階微分されて、2 階微分値 d d F b f に基づいて、I j t , I k t が演算され得る。

【 0 0 6 7 】

< 車輪スリップ状態量演算ブロック、前輪スリップ抑制制御ブロック、及び、後輪スリップ抑制制御ブロックの実施形態の構成 >

40

図 7 を参照しながら、車輪スリップ状態量演算ブロック S L P、前輪スリップ抑制制御ブロック S V T、及び、後輪スリップ抑制制御ブロック F A E の実施形態について説明する。なお、各種記号等の末尾に付された添字 [*] 等は、各種記号等が 4 輪のうちの何れかに関するものであるかを示す。4 輪に関する各種記号であって、添字が [*] である場合は（ [*] が省略されて添字がない場合も含めて）4 輪の総称を示す。前輪に関する各種記号であって、添字が [f *] である場合は（ [f *] が省略されて、添字がない場合も含めて）前輪の総称を示す。また、後輪に関する各種記号であって、添字が [r *] である場合は（ [r *] が省略されて、添字がない場合も含めて）後輪の総称を示す。例えば、V w a [*]、及び V

50

$w a$ は、4 輪の車輪速度の総称を示し、 $S v t [f^*]$ 、及び $S v t$ は、前輪の制御指示信号の総称を示し、 $F a e [r^*]$ 、及び $F a e$ は、後輪の修正押し力の総称を示す。

【0068】

< 車輪スリップ状態量演算ブロックの実施形態 >

車輪スリップ状態量演算ブロック $S L P$ は、車両速度演算ブロック $V X A$ 、車輪スリップ速度演算ブロック $V S L$ 、及び、車輪加速度演算ブロック $D V W$ にて構成される。車輪に制動トルクが加えられると、車輪にはスリップ（路面と車輪との間の滑り）が生じ、制動力が発生する。 $S L P$ では、車輪速度 $V w a [**]$ が、車輪速度センサ $V W A [**]$ 、或いは通信バスを通して取得され、各車輪の回転方向のスリップ度合（車輪の滑り具合）を表す車輪スリップ状態量 $S l p [**]$ が演算される。

10

【0069】

車両速度演算ブロック $V X A$ では、各輪の車輪速度 $V w a [**]$ 、及び、公知の方法に基づいて、車両速度（車体速度） $V x a$ が演算される。例えば、各車輪速度 $V w a [**]$ のうちで最も速いものが選択されて、車両速度 $V x a$ として演算され得る。

【0070】

車輪スリップ速度演算 $V S L$ では、車両速度 $V x a$ 、及び、車輪速度 $V w a$ に基づいて、各車輪のスリップ速度 $V s l [**]$ が演算される。 $V s l [**]$ は、 $V w a [**]$ から $V x a$ が減算され、負符号（マイナス）の値として演算される。

【0071】

車輪加速度演算ブロック $D V W$ では、各輪の車輪速度 $V w a [**]$ 、及び、公知の方法に基づいて、車輪加速度 $d V w [**]$ が演算される。例えば、 $V w a [**]$ が時間微分されて、 $d V w [**]$ が演算され得る。車輪スリップ状態量 $S l p [**]$ は、スリップ速度 $V s l [**]$ 、及び、加速度 $d V w [**]$ の少なくとも何れか 1 つの状態量に基づく値（変数）である。

20

【0072】

< 前輪スリップ抑制制御ブロックの実施形態 >

次に、前輪のスリップ抑制制御の実施形態について説明する。なお、制動力配分制御（ $E B D$ 制御）は後輪に限った制御であるため、前輪のスリップ抑制制御は、車輪のロック傾向を防止するアンチスキッド制御である。前輪スリップ抑制制御ブロック $S V T$ にて、車輪スリップ状態量演算ブロック $S L P$ にて演算される車輪スリップ速度 $V s l [**]$ 、及び、車輪加速度 $d V w [**]$ に基づいて、前輪の液圧制動手段 $B R H$ （液圧ユニット $H U$ ）を介した前輪のアンチスキッド制御が行われる。 $S V T$ では、液圧ユニット $H U$ を構成するソレノイドバルブ、及び、液圧ポンプ / 電気モータを駆動するための指示信号 $S v t [f^*]$ が演算される。

30

【0073】

前輪のスリップ状態量 $S l p [f^*]$ （ $V s l [f^*]$ 、 $d V w [f^*]$ ）、及び、アンチスキッド制御の演算マップ $C H f a$ に基づいて、前輪制動手段 $B R H$ を介した前輪のアンチスキッド制御が実行される。具体的には、先ず、前輪のスリップ速度 $V s l [f^*]$ が、所定値 $v s b 1$ 、 $v s b 2$ と比較される。所定値 $v s b 1$ 、 $v s b 2$ は、予め設定された値であって、 $v s b 1 < v s b 2 < 0$ の関係がある。車輪スリップ速度の値が小さいほど、スリップ度合が大きい。値 $v s b 1$ は値 $v s b 2$ よりもスリップ度合が大きい。また、前輪の加速度 $d V w [f^*]$ が、所定値 $d v b 1$ 、 $d v b 2$ と比較される。所定値 $d v b 1$ 、 $d v b 2$ は予め設定された値であって、 $d v b 1$ （減速） $< 0 < d v b 2$ （加速）の関係がある。車輪スリップ速度と同様に、車輪加速度の値が小さいほど、スリップ度合が大きい。値 $d v b 1$ は値 $d v b 2$ よりもスリップ度合が大きい。

40

【0074】

そして、 $V s l [f^*]$ 、 $d V w [f^*]$ 、及び、 $C H f a$ に基づいて $A B S$ 制御の制御モードが決定される。 $A B S$ 制御の制御モードには、制動トルクが減少される減少モード、及び、制動トルクが増加される増加モードがある。減少モードは、演算マップ $C H f a$ では「減少」で表示され、制動液圧が減少される。また、増加モードは、演算マップ $C H f a$ では「増加」で表示され、制動液圧が増加される。例えば、 $V s l [f^*]$ が $v s b 1$ 未満であ

50

って、 $dVw[f^*]$ が $dvb1$ 未満である場合には、減少モードが選択され、 $Vs1[f^*]$ が $vsb1$ 以上、且つ、 $vsb2$ 未満であって、 $dVw[f^*]$ が $dvb1$ 以上、且つ、 $dvb2$ 未満である場合には、増加モードが選択される。

【0075】

減少モードでは、車輪スリップを減少させて車輪ロックを防止するため、制動液圧が減少されるように、HU内のソレノイドバルブ、及び、液圧ポンプを駆動する電気モータのための指示信号 Svt が演算される。増加モードでは、車輪スリップを増加させて制動力を回復させるため、制動液圧が増加されるように指示信号 Svt が演算される。

【0076】

< 後輪スリップ抑制制御ブロックの実施形態 >

10

スリップ抑制制御ブロックFAEでは、後輪のスリップを抑制するためのアンチスキッド制御（ABS制御）、或いは、制動力配分制御（EBD制御）に必要な修正押し力 Fae が演算される。修正押し力 Fae は、 Bpa に基づいて演算される目標押し力 Fbt を修正して、車輪スリップを抑制するための目標押し力 Fbu を演算するための目標値である。スリップ抑制制御ブロックFAEは、アンチスキッド制御の演算マップCHab、制動力配分制御の演算マップCheb、及び、選択演算ブロックSNUにて構成されている。

【0077】

〔アンチスキッド制御による目標押し力の修正値（修正押し力） Fab の演算〕

20

先ず、アンチスキッド制御（ABS制御）について説明する。スリップ抑制制御ブロックFAEでは、後輪のスリップ状態量 $Slp[r^*]$ 、及び、アンチスキッド制御の演算マップCHabに基づいて、後輪制動手段BRK $[r^*]$ を介したアンチスキッド制御が実行される。スリップ抑制制御ブロックFAE内に示すABS制御用演算マップCHabが参照され、 $Vs1[r^*]$ 、及び、 $dVw[r^*]$ の大小関係に基づいて制御モードが選択され、修正押し力 $Fab[r^*]$ が決定される。

【0078】

具体的には、先ず、後輪のスリップ速度 $Vs1[r^*]$ が、所定値 $vs a1$ 、 $vs a2$ と比較される。所定値 $vs a1$ 、 $vs a2$ は、予め設定された値であって、 $vs a1 < vs a2 < 0$ の関係がある。車輪スリップ速度は、値が小さいほど、スリップ度合が大きい。したがって、値 $vs a1$ は値 $vs a2$ よりもスリップ度合が大きい。また、後輪の加速度 $dVw[r^*]$ が、所定値 $dv a1$ 、 $dv a2$ と比較される。所定値 $dv a1$ 、 $dv a2$ は予め設定された値であって、 $dv a1$ （減速） $< 0 < dv a2$ （加速）の関係がある。車輪スリップ速度と同様に、車輪加速度は、値が小さいほど、スリップ度合が大きい。したがって、値 $dv a1$ は値 $dv a2$ よりもスリップ度合が大きい。

30

【0079】

$Vs1[r^*]$ 、 $dVw[r^*]$ 、及び、CHabに基づいてABS制御の制御モードが決定される。ABS制御の制御モードには、制動トルクが減少される減少モード、及び、制動トルクが増加される増加モードがある。減少モードは、演算マップCHabでは「減少」で表示され、押し力が減少される。また、増加モードは、演算マップCHabでは「増加」で表示され、押し力が増加される。例えば、 $Vs1[r^*]$ が $vs a1$ 未満であって、 $dVw[r^*]$ が $dv a1$ 未満である場合には、減少モードが選択され、 $Vs1[r^*]$ が $vs a1$ 以上、且つ、 $vs a2$ 未満であって、 $dVw[r^*]$ が $dv a1$ 以上、且つ、 $dv a2$ 未満である場合には、増加モードが選択される。

40

【0080】

減少モードでは、車輪スリップを減少させて車輪ロックを防止するため、目標押し力 Fbu が減少されるように、ABS制御による修正押し力 Fab が演算される。増加モードでは、車輪スリップを増加させて制動力を回復させるため、目標押し力 Fbu が増加されるように、修正押し力（修正値） Fab が演算される。

【0081】

〔制動力配分制御による目標押し力の修正値（修正押し力） Feb の演算〕

50

次に、制動力配分制御（EBD制御）について説明する。制動力配分制御では、後輪の制動トルクが調整されることによって、前輪に生じる制動力と後輪に生じる制動力との比率が調整される。スリップ抑制制御ブロックFAEでは、後輪のスリップ状態量 $Slp[r^*]$ 、及び、制動力配分制御の演算マップCHEbに基づいて、後輪の電動制動手段BRKを介した制動力配分制御が実行される。スリップ抑制制御ブロックFAE内に示すEBD制御用演算マップCHEbが参照され、 $Vsl[r^*]$ 、及び、 $dVw[r^*]$ の大小関係に基づいて制御モードが選択され、修正押し力 $Feb[r^*]$ が決定される。

【0082】

具体的には、まず、後輪のスリップ速度 $Vsl[r^*]$ が、所定値 $vse1$ 、 $vse2$ と比較される。 $vse1$ 、 $vse2$ は、予め設定された値であって、 $vse1 < vse2$ の関係がある。値 $vse1$ は、値 $vse2$ よりもスリップ度合が大きい。また、車輪加速度 $dVw[r^*]$ が、所定値 $dve1$ 、 $dve2$ と比較される。 $dve1$ 、 $dve2$ は予め設定された値であって、 $dve1 < dve2$ の関係がある。スリップ速度と同様に、値 $dve1$ は、値 $dve2$ よりもスリップ度合が大きい。

【0083】

$Vsl[r^*]$ 、 $dVw[r^*]$ 、及び、CHEbに基づいてEBD制御の制御モードが決定される。EBD制御の制御モードには、制動トルクが減少される減少モード、制動トルクが保持される保持モード、及び、制動トルクが増加される増加モードがある。減少モードは、演算マップCHEbでは「減少」で表示され、押し力が減少され、保持モードは、演算マップCHEbでは「保持」で表示され、押し力が保持される。また、増加モードは、演算マップCHEbでは「増加」で表示され、押し力が増加される。例えば、 $Vsl[r^*]$ が $vse1$ 未満であって、 $dVw[r^*]$ が $dve1$ 未満である場合には、減少モードが選択され、 $Vsl[r^*]$ が $vse1$ 以上、且つ、 $vse2$ 未満であって、 $dVw[r^*]$ が $dve1$ 以上、且つ、 $dve2$ 未満である場合には、保持モードが選択され、 $Vsl[r^*]$ が $vse2$ 以上であって、 $dVw[r^*]$ が $dve2$ 以上である場合には、増加モードが選択される。

【0084】

減少モードでは、車輪スリップを減少させて横力を確保するため、目標押し力 Fbu が減少されるように、EBD制御による修正押し力 Feb が演算される。保持モードでは、目標押し力 Fbu が維持されるように、修正押し力 Feb が演算される。増加モードでは、車輪スリップを増加させて制動力を増加させるため、目標押し力 Fbu が増加されるように、修正値 Feb が演算される。

【0085】

〔ABS制御とEBD制御との優先順位〕

選択演算ブロックSNUにて、ABS制御とEBD制御との干渉を防止するため、最終的な押し力の修正値（修正押し力）として出力される $Fae[r^*]$ が選択される。ABS制御、及び、EBD制御が共に非実行の場合には、SNUからは修正押し力 Fae が「0（目標押し力 Fbt の修正が行われない）」として出力される。ABS制御が実行され、EBD制御が非実行である場合には、SNUから Fab が出力される。逆に、ABS制御が非実行であり、EBD制御が実行される場合には、SNUから Feb が出力される。ABS制御に基づく Fab と、EBD制御に基づく Feb とが干渉する（同時に演算される）場合には、 Fab が最終修正押し力 Fae として優先的に選択演算ブロックSNUから出力される。

【0086】

<制限速度設定ブロックの実施形態>

次に、図8を参照しながら、車両の走行状態等に応じて電気モータの速度を制限するための第1の実施形態について説明する。

【0087】

制限速度設定ブロックLMSにて、電気モータの制限速度（上限値） Lms が設定される。制限速度（時間変化量の制限値） Lms は、電気モータの実際の速度（位置の時間変化量） dMk の上限値である。 dMk が Lms を超過しようとする場合には、 dMk が L

m s を維持するように電気モータの通電量が制御される。

【 0 0 8 8 】

制限速度設定ブロック L M S は、押し力相当値 F b s (例えば、F b a) による制限速度演算ブロック (第 1 の制限速度演算ブロック) L F B、車両速度 V x a による制限速度演算ブロック (第 2 の制限速度演算ブロック) L V X、旋回状態量 T c a による制限速度演算ブロック (第 3 の制限速度演算ブロック) L T C、及び、選択演算ブロック L S N にて構成されている。L M S では、L F B、L V X、及び、L T C のうちの少なくとも 1 つが省略され得る。

【 0 0 8 9 】

(押し力相当値による制限速度演算ブロック (第 1 の制限速度演算ブロック))

10

押し力相当値による制限速度演算ブロック (第 1 の制限速度演算ブロック) L F B では、押し力相当値 F b s に基づいて、制限速度 (第 1 の制限速度) L f b が演算される。「押し力相当値 F b s」は、摩擦部材 M S B が回転部材 K T B を押す力に相当する値である。ここで、目標値に該当する F b s を「目標押し力相当値 F s t」と称呼し、実際値に該当する F b s を「実押し力相当値 F s a」と称呼する。B R K の諸元 (C P R の剛性、G S K のギア比、H N K のリード等) は既知であるため、「押し力相当値 F b s (F s t、F s a)」は、電気モータ M T R から摩擦部材 M S B までの動力伝達経路内に位置する可動部材に作用する「力」を表す状態量に基づいて決定され得る。

【 0 0 9 0 】

例えば、電気モータの実際の出力トルク (又は、目標トルク)、G S B における実際のトルク (又は、目標トルク)、H N K における実際の推力 (又は、目標推力)、P S N における実際の推力 (又は、目標推力)、及び、M S B の実際の押し力 F b a (又は、目標押し力 F b u) のうちの少なくとも 1 つが、「力 (トルク)」に係わる F b s として採用され得る。

20

【 0 0 9 1 】

ブレーキキャリパ C P R 等 B R K 全体の剛性 (ばね定数) が既知であるため、「押し力相当値 F b s (目標値 F s t、実際値 F s a)」は、電気モータ M T R から摩擦部材 M S B までの動力伝達経路内にある可動部材の「位置」を表す状態量に基づいて決定され得る。例えば、電気モータの実際の位置 M k a (又は、目標位置 M k t)、G S K の実際の位置 M k a (又は、目標位置 M k t)、H N K における実際の位置 (又は、目標位置)、P S N における実際の位置 (又は、目標位置)、及び、M S B の実際の位置 (又は、目標位置) のうちで少なくとも 1 つが、「位置」に係わる F b s として採用され得る。

30

【 0 0 9 2 】

また、複数の F b s に基づいて最終的な押し力相当値 F b s が演算され得る。このため、「押し力相当値 F b s (目標値 F s t、実際値 F s a)」は、電気モータ M T R から摩擦部材 M S B までの動力伝達経路内にある可動部材の「位置」又は「力」を表す状態量のうちで少なくとも 1 つに基づいて演算され得る。

【 0 0 9 3 】

L F B では、F b s、及び、演算マップ (予め設定された特性) C H f b に基づいて、制限速度 L f b が以下のように演算される。演算マップ C H f b において、押し力相当値 F b s が「0」以上、所定値 f b s 1 未満の範囲では、制限速度が設けられない (L f b が無限大に設定される)。F b s が所定値 f b s 1 以上、所定値 f b s 2 ($> f b s 1$) の範囲では、F b s の増加にしたがって L f b が所定値 l f b 1 から所定値 l f b 2 に単調減少するように演算される。F b s が所定値 f b s 2 以上の範囲では、L f b が所定値 l f b 2 ($< l f b 1$) に演算される。

40

【 0 0 9 4 】

即ち、L B F では、予め設定された特性 (演算マップ) C H f b に基づいて、F b s が大きいほど、第 1 の制限速度 L f b は小さく設定され、F b s が小さいほど、第 1 の制限速度 L f b は大きく設定される。これは、F b s が大きいほど、過大な後輪のスリップが生じる蓋然性が高いことに因る。

50

【 0 0 9 5 】

さらに、L B Fでは、路面摩擦係数 μm に基づいて、L f bが演算され得る。 μm が小さいほど、押し力相当値による制限速度（第1の制限速度）L f bは小さく設定され、 μm が大きいほど、L f bは大きく設定される。ここで、摩擦係数取得手段M Uによって、 μm は公知の方法に基づいて取得（演算）される。

【 0 0 9 6 】

K T Bに対するM S Bの押圧力に相当する押し力相当値F b s（目標値F s t、実際値F s a）は、結果として、車両の減速状態に反映される。そのため、押し力相当値F b sに代えて、車両の減速状態を表す状態量（減速状態量）G j aに基づいて制限速度（第1の制限速度）L f bが演算され得る。例えば、車両の前後加速度G x aが、減速状態量G j aとして採用され得る。また、制動操作量B p aの結果として車両減速が発生するため、B p aに基づいて制限速度L f bが決定され得る。なお、G x aは、前後加速度取得手段G X Aによって取得される。また、V x aが時間微分されて、G x aが演算され得る。

10

【 0 0 9 7 】

〔車両速度による制限速度演算ブロック（第2の制限速度演算ブロック）〕

車両速度による制限速度演算ブロック（第2の制限速度演算ブロック）L V Xでは、車両速度V x aに基づいて、制限速度（第2の制限速度）L v xが演算される。車両速度V x aは、各車輪の速度V w a[*]に基づいて演算され得る。

【 0 0 9 8 】

L V Xでは、V x a、及び、演算マップ（予め設定された特性）C H v xに基づいて、制限速度L v xが以下のように演算される。演算マップC H v xにおいて、車両速度V x aが「0」以上、所定値v x 1未満の範囲では、制限速度は設定されない（即ち、L v xは無限大に設定される）。V x aが所定値v x 1以上、所定値v x 2（ $> v x 1$ ）の範囲では、V x aの増加にしたがってL v xが所定値l v x 1から所定値l v x 2に単調減少するように演算される。V x aが所定値v x 2以上の範囲では、L v xが所定値l v x 2（ $< l v x 1$ ）に演算される。

20

【 0 0 9 9 】

即ち、L V Xでは、車両速度V x aが大きいほど、第2の制限速度L v xは小さく設定され、車両速度V x aが小さいほど、第2の制限速度L v xは大きく設定される。これは、車両速度が大きいほど、後輪のスリップ抑制制御が開始された直後における方向安定性の要求度合が高いことに因る。

30

【 0 1 0 0 】

〔旋回状態量による制限速度演算ブロック（第3の制限速度演算ブロック）〕

旋回状態量による制限速度演算ブロック（第3の制限速度演算ブロック）L T Cでは、旋回状態量T c aに基づいて、制限速度（第3の制限速度）L t cが演算される。T c aは、車両の旋回状態（旋回方向と程度）を表す状態量（変数）である。具体的には、旋回状態量T c aは、横加速度G y a、ヨーレートY r a、及び、ステアリングホイールの操作角S a aのうちで少なくとも1つに基づいて決定される状態量である。

【 0 1 0 1 】

L T Cでは、T c a、旋回外側後輪の演算マップ（予め設定された特性）C H t c o、及び、旋回内側後輪の演算マップ（予め設定された特性）C H t c iに基づいて、制限速度L t cが演算される。L t cには、旋回外側後輪用のL t c o、及び、旋回内側後輪用のL t c iがあり、旋回の内外輪で個別に演算される。ここで、車両の旋回方向は、旋回状態量T c a（G y a, Y r a, S a a）に基づいて判定される。例えば、旋回状態量は、正負の符号付のデータとして取得される。そして、その符号に基づいて車両旋回方向が決定され、車輪が旋回外側に位置するか、或いは、旋回内側に位置するかが決定される。

40

【 0 1 0 2 】

演算マップC H t c o（旋回外側用）では、旋回状態量T c aが「0」以上、所定値t c 1未満の範囲では、制限車速は設けられない（即ち、L t cが無限大に設定される）。T c aが所定値t c 1以上、所定値t c 2（ $> t c 1$ ）の範囲では、T c aの増加にした

50

がって L_{tc} が所定値 L_{tco1} から所定値 L_{tco2} に単調減少するように演算される。 Tca が所定値 t_{c2} 以上の範囲では、 L_{tc} が所定値 L_{tco2} ($< L_{tco1}$) に演算される。

【0103】

同様に、演算マップ CH_{tci} (旋回内側用) では、旋回状態量 Tca が「0」以上、所定値 t_{c1} 未満の範囲では、制限車速は設けられない (即ち、 L_{tc} が無限大に設定される)。 Tca が所定値 t_{c1} 以上、所定値 t_{c2} ($> t_{c1}$) の範囲では、 Tca の増加にしたがって L_{tc} が所定値 L_{tci1} から所定値 L_{tci2} に単調減少するように演算される。 Tca が所定値 t_{c2} 以上の範囲では、 L_{tc} が所定値 L_{tci2} ($< L_{tci1}$) に演算される。

10

【0104】

即ち、 LTC では、旋回状態量 Tca が大きいほど、第3の制限速度 L_{tc} は小さく設定され、旋回状態量 Tca が小さいほど、第3の制限速度 L_{tc} 大きく設定される。これは、旋回状態量が大きいほど、後輪のスリップ抑制制御が開始された直後における方向安定性の要求度合が高いことに因る。

【0105】

加えて、旋回内輪に対する所定値 L_{tci1} , L_{tci2} は、旋回外輪に対する所定値 L_{tco1} , L_{tco2} よりも小さい値に設定されている。即ち、 L_{tci} が L_{tco} よりも小さくなるように演算される。これは、車両の旋回運動に起因する垂直荷重変動によって、旋回内輪の方が外輪よりも横力の低下が発生し易いことに因る。

20

【0106】

これに対し、旋回の内外輪で個別の最適化が必要ではなく、車両全体として後輪横力が確保されることで足りる場合には、旋回状態量による制限車速 (第3の制限車速) L_{tc} は、旋回の内外車輪を区別することなく、同一の値 ($L_{tc} = L_{tco} = L_{tci}$) として演算され得る。

【0107】

〔選択演算ブロック L_{SN} 〕

以上で説明したように、押し力相当値 Fbs が大きいほど、第1の制限速度 L_{fb} は小さく設定され、 Fbs が小さいほど、 L_{fb} は大きく設定される。車両速度 Vxa が大きいほど、第2の制限速度 L_{vx} は小さく設定され、 Vxa が小さいほど、 L_{vx} は大きく設定される。さらに、旋回状態量 Tca が大きいほど、第3の制限速度 L_{tc} が小さく設定され、 Tca が小さいほど、 L_{tc} が大きく設定される。旋回内側後輪 $WH[ri]$ に対する第3の制限速度 L_{tci} は、旋回外側後輪 $WH[ro]$ に対する第3の制限速度 L_{tco} よりも小さく設定される。

30

【0108】

そして、選択演算ブロック L_{SN} にて、 L_{fb} 、 L_{vx} 、及び、 L_{tc} のうちで最も小さい制限速度が、最終的な制限速度 L_{ms} として演算される。最終制限速度 L_{ms} は、電気モータの実際の速度 (dMk) の上限値であって、 dMk が L_{ms} を超過しないように電気モータの通電量が制御される。具体的には、後述するように、 dMk が L_{ms} よりも大きくなった時点で、目標通電量が減少されて、電気モータの速度が低下され得る。

40

【0109】

なお、旋回内外側の後輪で別個に L_{tc} が設定されている場合には、左右の後輪毎に $L_{ms}[r^*]$ が決定される。つまり、旋回外側後輪においては、 L_{fb} 、 L_{vx} 、及び、 L_{tco} のうちで最小の制限速度が、旋回内側後輪においては、 L_{fb} 、 L_{vx} 、及び、 L_{tci} のうちで最小の制限速度が、夫々、 $L_{ms}[r^*]$ として演算される。

【0110】

< 通電量調整演算ブロックの実施形態 >

通電量調整演算ブロック IMT にて、指示通電量 Ist 、押し力フィードバック通電量 Ipt 、及び、慣性補償通電量 Ijt , Ikt に基づいて、目標通電量 Imu が演算される。さらに、 L_{ms} 、及び、 dMk に基づいて、 Imu が調整されて、最終的な目標通電

50

量 I_{mt} が演算される。

【0111】

目標通電量 I_{mt} は、電気モータ MTR を制御するための目標値である。通電量調整演算ブロック IMT には、各種の調整演算処理ブロック（加算処理、及び、減算処理）、及び、速度制限通電量演算ブロック ISS にて構成されている。

【0112】

まず、電気モータの実際の速度（実回転速度） dMk と制限速度 Lms とが比較され、その比較結果が演算される。具体的には、 dMk から Lms が減算されて、速度偏差 ΔdMk が演算される。電気モータの速度偏差 ΔdMk は、制限速度 Lms に対する電気モータ速度（実際値） dMk の超過成分である。

10

【0113】

速度制限通電量演算ブロック ISS にて、偏差 ΔdMk に基づいて、速度制限通電量 I_{ss} が演算される。速度制限通電量 I_{ss} は、電気モータの速度 dMk を制限速度 Lms に制限するため、 dMk が Lms を超過して増加しないように目標通電量を調整する値（目標値）である。速度制限通電量演算ブロック ISS では、速度偏差 ΔdMk 、及び、演算マップ $CHss$ に基づいて、速度制限通電量 I_{ss} が以下のように演算される。 $CHss$ では、 ΔdMk が「0」未満では、 I_{ss} が「0」に演算される。 ΔdMk が「0」以上、所定値 $hdmk1$ 未満の範囲では、 ΔdMk の増加にしたがって I_{ss} は単調増加するように演算される。 ΔdMk が所定値 $hdmk1$ 以上では、 I_{ss} は所定値 $iss1$ に演算される。

20

【0114】

指示通電量 I_{st} 、押し力フィードバック通電量 I_{pt} 、及び、慣性補償通電量 I_{jt} （又は、 I_{kt} ）が加算されて、目標通電量 I_{mu} が演算される。そして、目標通電量 I_{mu} から速度制限通電量 I_{ss} が減算されて、最終的な目標通電量 I_{mt} が演算される。即ち、電気モータの実際の速度 dMk が制限速度 Lms を超過すると、目標通電量 I_{mu} から速度制限通電量 I_{ss} が差し引かれて、最終的な目標通電量 I_{mt} が決定される。その結果、電気モータの速度 dMk が、概ね上限値 Lms に制限され得る。

【0115】

以上で説明した実施形態では、電気モータの速度（位置の時間変化量） dMk に相当する物理量において、制限速度 Lms （ Lfb 等）が設定され、 Lms と実際の速度 dMk とが比較されることによって速度制限通電量 I_{ss} が演算される。上述の「押し力相当値 Fbs 」についての説明と同様の理由に因り、電気モータ MTR から摩擦部材 MSB に到るまでの動力伝達経路内の可動部材の作動状態には相互の関係（剛性、減速比、リード等）がある。このため、押し力相当値 Fbs に対応する状態量（ Fbs と同一物理量）において、制限速度（時間変化量の制限値） Lms が設定され、 Lms と実際の押し力相当値 Fsa の変化速度（時間変化量） dFs とが比較されることによって I_{ss} （電気モータの速度を制限するために目標通電量を減少させて調整するため通電量）が演算され得る。換言すれば、電気モータ MTR から摩擦部材 MSB までの動力伝達経路内にある可動部材の「位置」又は「力」に係わる状態量のうちで少なくとも1つの状態量（可動部材の作動状態を表す値）に対応する制限速度 Lms が設定され、 Fsa の変化速度 dFs と、 Lms との偏差 ΔdFs に基づいて I_{ss} が決定される。例えば、 Fbs として「押し力」が採用された場合、押し力の制限速度（時間変化量の制限値） Lms が設定され、実押し力 Fba の変化速度（時間変化量）と Lms とが比較されて速度制限通電量 I_{ss} が決定される。この結果、電気モータの速度が制限され、押し力のオーバシュートが抑制され、後輪の横力の過渡的な低下が抑制され得る。

30

40

【0116】

< 作用・効果 >

以下、図9～図11を参照しながら、第1の実施形態における各種の制限速度 Lfb 、 Lvx 、 Ltc の作用・効果について説明する。本実施形態では、検出手段（ MKA 等）にて取得された実押し力相当値 Fsa の変化速度 dFs と、制限速度 Lms （ Lfb 等）

50

との比較によって、電気モータの速度が制限される。ここで、 $d F s$ と $L m s$ とは同一の物理量である。一例として、電気モータの位置（回転角）が、 $F b s$ に採用される場合について説明する。

【0117】

〔押し力相当値の基づく制限速度（第1の制限速度） $L f b$ 〕

後輪のスリップ抑制制御（例えば、制動力配分制御）の作動開始は、それが開始される前に予測され得る。スリップ抑制制御は各車輪の垂直荷重変動（接地荷重変動）が原因となって必要となってくる。この垂直荷重の変動は、車両、及び、制動装置の諸元（既知の値）によって、予め推測し得るため、押し力相当値 $F b s$ に基づいて制限速度（時間変化量の制限値） $L f b$ が演算される。ここで、 $F b s$ は、電気モータ $M T R$ から摩擦部材 $M S B$ までの動力伝達経路内にある可動部材の作動状態として、「位置」又は「力」を表す状態量（ $F b a$ 、 $F b u$ 、 $M k a$ 、 $M k t$ 等）のうちで、少なくとも何れか1つに基づいて決定される状態量（変数）である。

10

【0118】

また、「押し力」によって制動トルクが発生し、車両が減速するため、 $F b s$ に代えて、車両の減速状態を表す減速状態量 $G j a$ に基づいて、制限速度 $L f b$ が演算され得る。 $G j a$ は、 $B p a$ 、及び、 $G x a$ のうちの少なくとも1つに基づいて演算され得る。

【0119】

$F b s$ （又は、 $G j a$ ）が大きいほど、電気モータの制限速度 $L f b$ が小さい値に設定される。スリップ抑制制御（例えば、制動力配分制御）の実行が開始される事前に、後輪用の電気モータの回転速度が $L f b$ に制限される。そして、車両の急制動が行われる場合には、スリップ抑制制御の実行が開始された直後における、電気モータ等の慣性に起因する制動トルクのオーバシュートが抑制され得る。その結果、後輪の横力が過渡的にも低下することなく、車両の方向安定性が確保され得る。

20

【0120】

図9は、第1の制限速度（時間変化量の制限値） $L f b$ によって制限された電気モータの回転角実際値 $M k a$ （即ち、押し力の実際値 $F b a$ ）の変化を示す時系列作動図である。電気モータの位置の時間変化量（即ち、速度）は、 $F b s$ 、及び、演算マップ $C H f b$ に基づいて設定される制限速度 $L f b$ によって制限されている。スリップ抑制制御は、車輪（タイヤ）が路面との摩擦限界に近づいた場合に実行される。したがって、押し力相当値の大きさによって、スリップ抑制制御の実行開始は、概ね予測され得る。

30

【0121】

時点 $z 1$ にて、制動が開始されると、押し力相当値の増加にしたがって、制限速度 $L f b$ が減少されていく。 $L f b$ の減少によって、電気モータの位置の時間変化量（即ち、速度）の制限の程度が強まり、電気モータの実際の位置 $M k a$ は、 $B p a$ に基づく目標位置 $M k t$ （一点鎖線で示す）に対して緩やかに増加する。車輪に付与される制動トルクが増加するにつれて、電気モータの速度が制限されるため、スリップ抑制制御が開始される際の過渡的な横力低下が抑制され得る。

【0122】

さらに、路面摩擦係数 μm が取得され、これに基づいて $L f b$ が演算され得る。ここで、 μm は公知の方法に基づいて取得され得る。例えば、他のシステム（他の電子制御ユニット）にて演算された結果が通信バスを介して取得され得る。具体的には、 μm の減少にしたがって、 $L f b$ は小さい値に演算される。路面摩擦係数が低下すると、小さい制動トルクにて、スリップ抑制制御の実行が予測される。そのため、摩擦係数が低い路面では、電気モータの位置変化が、摩擦係数が高い場合よりも制限を受け易くされ得る。 μm に基づいて $L f b$ が決定されることで、各種路面において車両の安定性が好適に確保され得る。

40

【0123】

〔車両速度の基づく制限速度（第2の制限速度） $L v x$ 〕

図10は、押し力相当値 $F b s$ として電気モータの位置が採用された場合において、車

50

両速度 V_{xa} 、第2の制限速度 L_{vx} 、電気モータの回転角 M_{kt} （目標値）、 M_{ka} （実際値）、及び、押し力 F_{bt} （目標値）、 F_{ba} （実際値）についての時系列変化を表す作動図である。直進走行している車両において、車両速度が変化していくと、ECUでの演算周期毎に、演算マップ CH_{vx} にしたがって、制限速度（ F_{bs} の時間変化量の制限値） L_{vx} は変更されていく。そして、運転者が制動操作を行った時点 x_1 では、 L_{vx} は値 l_{vx0} に設定されている。

【0124】

運転者による制動操作量 B_{pa} に応じて電気モータの目標位置 M_{kt} （一点鎖線で示す）が演算されるが、 dM_k が L_{vx} を超過する場合には、目標通電量が減少するように調整される。電気モータの速度（位置の変化速度、 F_{bs} の時間変化量）が L_{vx} に制限されるため、実際の位置 M_{ka} は、オーバシュートすることなく、緩やかに変化する。その結果、実際の押し力 F_{ba} も、目標押し力 F_{bu} に対して緩やかに増加し、オーバシュートが抑制され、後輪の横力の過渡的な低下が抑制され得る。

10

【0125】

車両は走行速度が高いほど、方向安定性が要求される。直進制動であっても、高速からの急制動時には、車両のふらつきを抑制するために後輪の横力がある程度以上に確保される必要がある。そこで、車両速度 V_{xa} が高いほど、電気モータの制限速度 L_{vx} が小さい値に設定され、後輪用の電気モータの速度（回転速度）が L_{vx} に制限される。高速走行から急制動が行われる場合には、スリップ抑制制御（例えば、制動力配分制御）の実行が開始された直後における、電気モータ等の慣性に起因する制動トルクのオーバシュートが抑制され得る。その結果、後輪の横力が過渡的にも低下することが抑制され、車両の方向安定性が確保され得る。

20

【0126】

〔旋回状態量の基づく制限速度（第3の制限速度） L_{tc} 〕

図11は、押し力相当値 F_{bs} として電気モータの位置が採用された場合において、旋回状態量 T_{ca} （例えば、横加速度 G_{ya} ）、第3の制限速度 L_{tc} 、電気モータの回転角 M_{kt} （目標値）、 M_{ka} （実際値）、及び、押し力 F_{bt} （目標値）、 F_{ba} （実際値）についての時系列変化を表す作動図である。旋回走行している車両において、車両の旋回の程度を表す旋回状態量が変化していくと、ECUでの演算周期毎に、演算マップ CH_{tc} にしたがって、制限速度（ F_{bs} の時間変化量の制限値） L_{tc} は変更されていく。そして、運転者が制動操作を行った時点 y_1 では、 L_{tc} は値 l_{tc0} に設定されている。

30

【0127】

運転者による制動操作量 B_{pa} に応じて電気モータの目標位置 M_{kt} （一点鎖線で示す）が演算されるが、 dM_k が L_{tc} を超過する場合には、目標通電量が減少するように調整される。電気モータの速度が L_{tc} に制限されるため、実際の位置 M_{ka} は、オーバシュートすることなく、緩やかに変化する。その結果、実際の押し力 F_{ba} も、目標押し力 F_{bu} に対して緩やかに増加し、オーバシュートが抑制され、横力の過渡的な低下が抑制され得る。

【0128】

車両が旋回している途中に制動が行われると、前輪横力と後輪横力の釣り合いが崩れ、車両が旋回内側に巻き込む場合があり得る。車両の巻き込み現象を抑制するために、旋回制動時には、後輪の横力がある程度以上に確保される必要がある。車両の旋回状態量 T_{ca} （例えば、横加速度）が大きいほど、電気モータの制限速度 L_{tc} が小さい値に設定され、後輪用の電気モータの回転速度が L_{tc} に制限される。車両の旋回中に急制動が行われる場合には、スリップ抑制制御（例えば、制動力配分制御）の実行が開始された直後における、電気モータ等の慣性に起因する制動トルクのオーバシュートが抑制され得る。その結果、後輪の横力が過渡的にも低下することなく、車両の方向安定性が確保され得る。

40

【0129】

< 目標押し力相当値 F_{st} に対して制限を加える第2の実施形態 >

50

以上、実押し力相当値の変化速度 $d F s$ （例えば、電気モータの実際の速度 $d M k$ ）と、制限速度 $L m s$ （ $L f b$ 、 $L v x$ 、及び、 $L t c$ のうちの最小値）とが比較されることによって、電気モータの速度増加に制限が加えられる実施態様について説明した。これに代えて、制限速度 $L m s$ に基づいて目標押し力相当値 $F s t$ （例えば、目標押し力 $F b u$ ）の変化速度（時間変化量）に制限が与えられ得る。以下、 $F b u$ の増加速度に制限を加える第2の実施形態について、時系列作動図である図12を参照しながら説明する。

【0130】

図12に示す例では、現在の演算周期の目標押し力 $F b u(n)$ と、前回の演算周期の目標押し力 $F b u(n-1)$ に制限量 $L m h$ を加算した値 $F b u'(n)$ （ $= F b u(n-1) + L m h$ ）との大小関係が比較され、これら2つのうちの小さい方の値が、その演算周期の $F b u(n)$ として決定され得る。ここで、記号末尾のカッコ内の添字は演算周期を表し、添字「 n 」は今回値、添字「 $n-1$ 」は前回値を表す。制限量 $L m h$ は、制限速度 $L m s$ に演算間隔 Δt を乗じた値である。即ち、制限量 $L m h$ は、電気モータの速度が制限速度 $L m s$ である場合における押し力の Δt 後の変化量に相当する。

10

【0131】

演算周期（時点） $e1$ にて、制動が開始され、 $F b u(e1)$ と $F b u'(e1)$ とが比較される。ここで、カッコ内の記号は演算周期を表し、 $F b u(e1)$ は演算周期 $e1$ での $F b u$ を示す。例えば、演算周期 $e3$ では、 $F b u(e3)$ が、 $F b u'(e3)$ （ $F b u(e2)$ に $L m h$ を加算した値）よりも小さいため、 $F b u(e3)$ が最終的な $F b u(e3)$ に採用されている。なお、図中では、最終的に目標押し力 $F b u$ に採用された値を「黒丸」で、採用されなかった値を「白丸」で表す。

20

【0132】

演算周期（時点） $e7$ で、 $F b u'(e7)$ が $F b u(e7)$ よりも小さくなる。その結果、最終的な $F b u(e7)$ として、 $F b u'(e7)$ （ $= F b u(e6) + L m h$ ）が採用される。この時点で、制限速度 $L m s$ によって目標押し力 $F b u$ の増加が制限され始める。そして、演算周期 $e13$ で、 $F b u'(e13)$ が $F b u(e13)$ よりも大きくなる。その結果、 $F b u(e13)$ が、最終的な $F b u(e13)$ に採用される。この時点で、目標押し力の増加制限が解除される。

【0133】

押し力目標値 $F b u$ に代えて、制限速度 $L f b$ 、 $L v x$ 、 $L t c$ に基づいて、 $F b u$ に相当する値（目標押し力相当値 $F s t$ ）の変化に制限が加えられ、電気モータの速度上昇が制限され得る。

30

【0134】

上述の「押し力相当値 $F b s$ 」についての説明と同様の理由に因り、電気モータ $M T R$ から摩擦部材 $M S B$ までの動力伝達経路内に位置する可動部材における目標値が「目標押し力相当値 $F s t$ 」である。したがって、目標押し力相当値 $F s t$ は、回転部材 $K T B$ に対する摩擦部材 $M S B$ の「押し力」に相当する目標値であり、 $M T R$ の出力から $K T B$ に対する $M S B$ の押し力に到るまでの目標値が該当し、「力」及び「位置」のうちの少なくとも何れか1つに係わる物理量である。例えば、 $F b u$ に加え、電気モータの出力トルク目標値、 $G S K$ のトルク目標値、 $H N K$ における推力目標値、お呼び、 $P S N$ の推力目標値が、「力（トルク）」に係わる $F s t$ として採用され得る。

40

また、上記「力」に係わる目標値に代えて、「位置」に係わる目標値が $F s t$ とされ得る。例えば、電気モータの目標位置 $M k t$ 、 $G S K$ の目標位置、 $H N K$ の目標位置、 $P S N$ の目標位置、及び、 $M S B$ の目標位置が、「位置」に係わる $F s t$ として採用され得る。制限速度（時間変化量の制限値） $L m s$ に基づいて、目標押し力相当値 $F s t$ の増加速度に制限が加えられることによって電気モータの速度上昇が状況に応じて規制され得る。その結果、第1の実施態様と同様の効果が得られる。

【0135】

< 予め設定された上限ラインにて $M k t(F b u)$ に制限を加える第3の実施形態 >

制御対象（例えば、 $M k a$ ）と、それを調整するための状態量（ $V x a$ 、 $T c a$ 等）と

50

が異なる場合、その状態量に基づいて制限速度 ($L v x$, $L t c$) が演算される必要がある。しかし、電気モータの変位は、押し力相当値 $F b s$ の 1 つであり、それ自体が制御対象である。係る観点から、図 13 のように、 $L f b$ を演算することなく、電気モータの位置変化に直接制限を与える上限ライン $C H u p$ を予め設定し、電気モータの位置の目標値 (目標回転角) $M k t$ が、この上限ライン $C H u p$ を超えないように演算され得る。ここで、 $C H u p$ は、運転者による制動操作部材の操作の開始からの経過時間に対して、押し力相当値 $F b s$ が増加して推移する場合の上限を決定する許容ライン (上限ライン) である。即ち、或る時点 (演算周期) での押し力相当値 $F b s$ が $C H u p$ 以下であれば、 $F b s$ は許容される。しかし、 $F b s$ が $C H u p$ よりも大きければ、 $F b s$ は $C H u p$ に制限される ($F b s$ は $C H u p$ を超えた値には演算されない)。

10

【0136】

図 13 の上段の図では、上限ライン (電気モータの位置変化を制限するための予め設定された特性) $C H u p$ が、その勾配が単純減少する線形特性である場合を示している。時点 $z 1$ にて、運転者による制動が開始された場合、 $M k t$ が所定値 $m k z 1$ 未満である場合には、制限速度は設定されず、十分な制動トルクの応答性が確保され得る。そして、 $M k t$ が所定値 $m k z 1$ 以上となると、 $M k t$ の増加に応じて、電気モータの回転速度 (即ち、押し力相当値の増加速度) に制限が加えられる。その結果、時点 $z 4$ にて、電気モータの回転角 $M k t$ (即ち、押し力相当値 $F b s$) は、予め設定された上限ラインに沿って、制限が加えられて増加する。

【0137】

20

図 13 の下段の図では、上記の線形減少特性に代えて、複数段にて上限ライン $C H u p$ が予め設定される。具体的には、 $M k t$ が所定値 $m k z 2$ 未満の場合には速度制限は行われず、 $M k t$ が所定値 $m k z 2$ から所定値 $m k z 3$ ($> m k z 2$) までの場合には制限速度が所定値 $l d m 2$ に設定され、 $M k t$ が所定値 $m k z 3$ 以上の場合には、制限速度が所定値 $l d m 2$ よりも小さい所定値 $l d m 3$ に予め設定されている。上段図と同様に、時点 $z 1$ にて制動が開始され、電気モータ回転角 (即ち、押し力相当値) の変化が、予め規定されている上限ラインを下回る場合には、制限を受けない。そして、その変化が上限ラインを超えようとする場合 (時点 $z 5$) に、速度制限が行われ、実際の回転角変化は上限ラインに沿うように抑制されつつ増加する。

【0138】

30

さらに、上記の上限ライン $C H u p$ は、路面摩擦係数 μm に基づいて調整され得る。具体的には、路面摩擦係数 μm が小さいほど、上限ラインが小さい特性 (Y 軸方向に縮小された特性) として設定され得る。

【0139】

この第 3 の実施態様においても、第 2 の実施態様で説明した理由に因り、 $M k t$ に代えて、目標押し力相当値 $F s t$ のうちの少なくとも 1 つが採用され得る。目標押し力相当値 $F s t$ について、予め設定された上限ラインが適用されて、 $F s t$ の増加が抑制され得る。この上限ラインには、電気モータの慣性影響が考慮されている。その結果、電気モータの速度上昇が制限され、スリップ抑制制御の実行開始直後の過渡的な後輪横力の低下が抑制され得る。さらに、上限ラインは、路面摩擦係数 μm に基づいて設定され得る。各種路面において車両の安定性が好適に確保され得る。

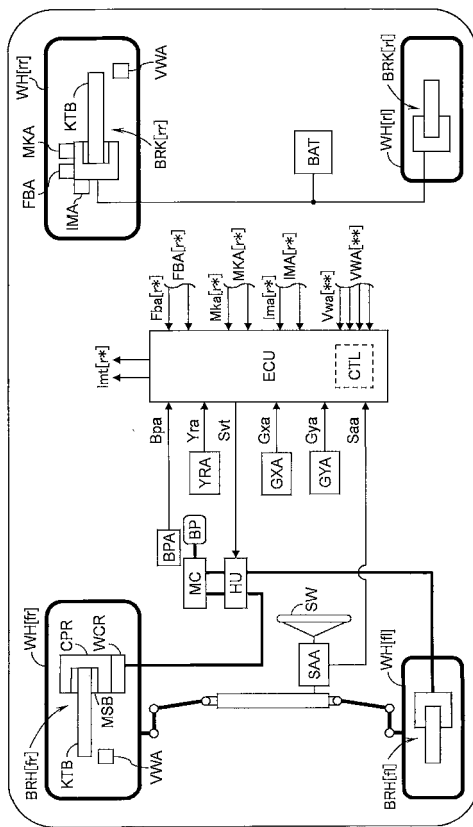
40

【符号の説明】

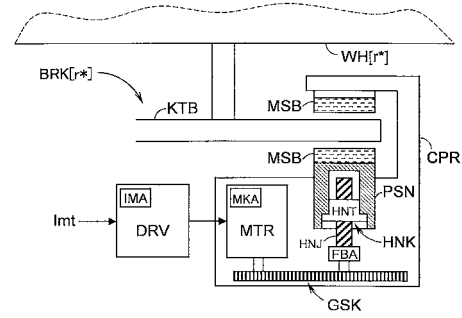
【0140】

B R K ... 電動制動手段、B R H ... 液圧制動手段、E C U ... 電子制御ユニット、M T R ... 電気モータ、V W A ... 車輪速度取得手段、S L P ... スリップ状態量演算手段、C T L ... 制御手段、F B S ... 押し力相当値取得手段、M U ... 摩擦係数取得手段

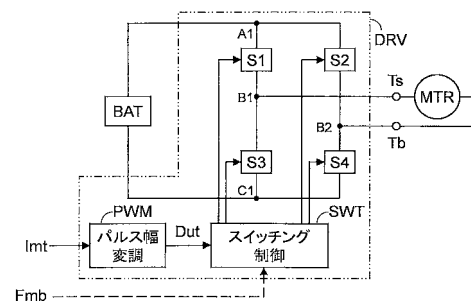
【図 1】



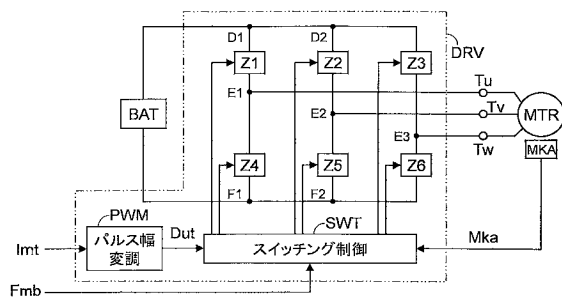
【図 2】



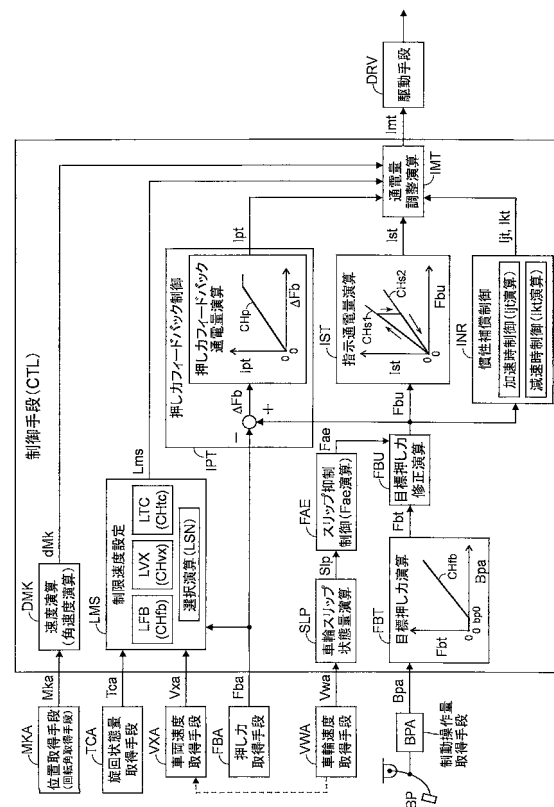
【図 3】



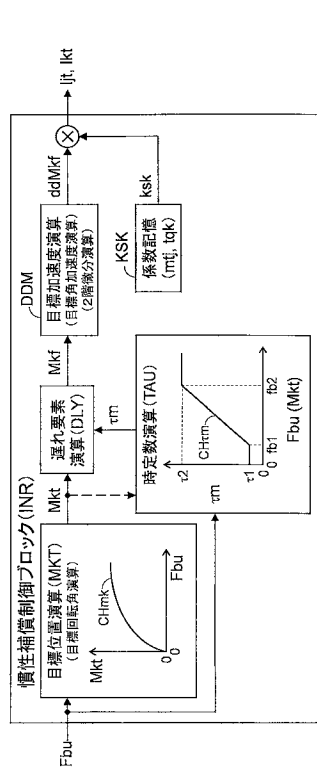
【図 4】



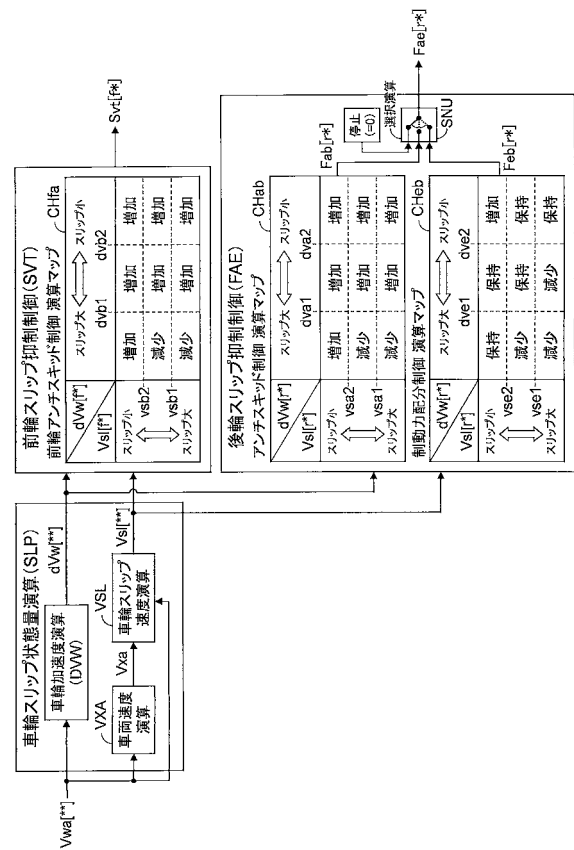
【図 5】



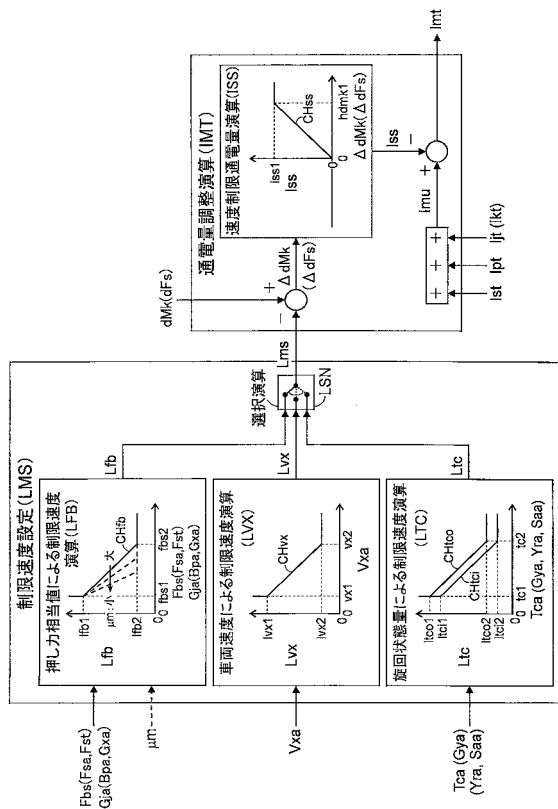
【図 6】



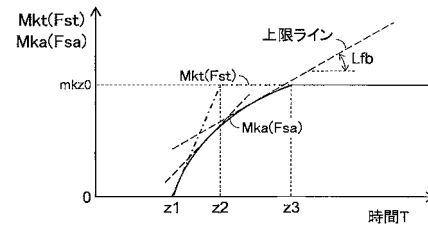
【図 7】



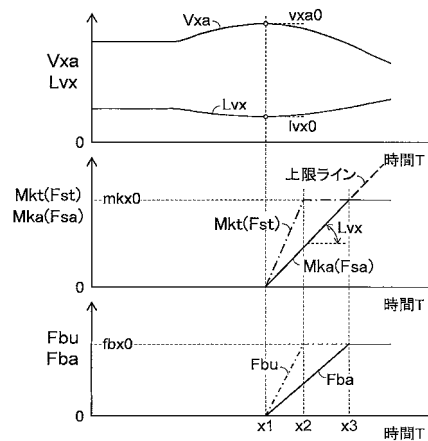
【図 8】



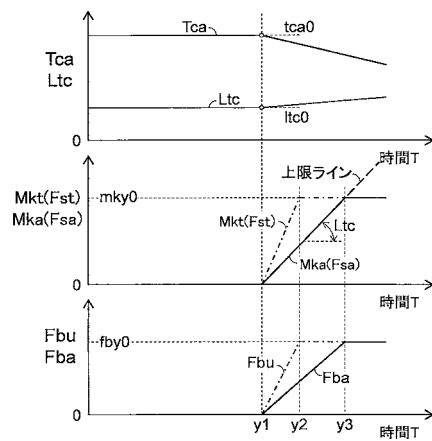
【図 9】



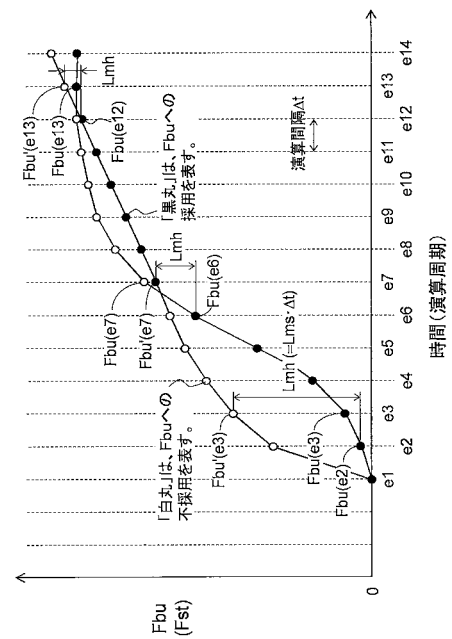
【図 10】



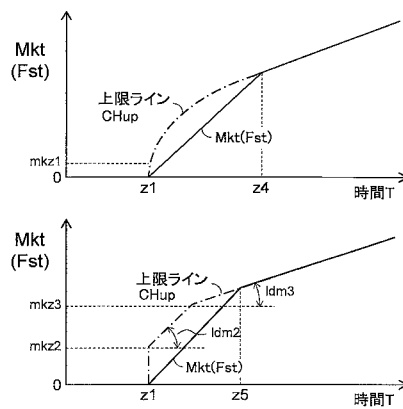
【図 1 1】



【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】

