

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5931025号
(P5931025)

(45) 発行日 平成28年6月8日(2016.6.8)

(24) 登録日 平成28年5月13日(2016.5.13)

(51) Int.Cl. F 1
B 6 2 M 6/45 (2010.01) B 6 2 M 6/45

請求項の数 10 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2013-173539 (P2013-173539)	(73) 特許権者	000112978
(22) 出願日	平成25年8月23日 (2013. 8. 23)		ブリヂストンサイクル株式会社
(65) 公開番号	特開2015-40015 (P2015-40015A)		埼玉県上尾市中妻3丁目1番地の1
(43) 公開日	平成27年3月2日 (2015. 3. 2)	(74) 代理人	100079049
審査請求日	平成27年10月19日 (2015. 10. 19)		弁理士 中島 淳
		(74) 代理人	100084995
			弁理士 加藤 和詳
		(74) 代理人	100099025
			弁理士 福田 浩志
		(72) 発明者	田上 勝
			埼玉県上尾市中妻3-1-1 ブリヂストンサイクル株式会社内
		(72) 発明者	金谷 拓樹
			埼玉県上尾市中妻3-1-1 ブリヂストンサイクル株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電動機付自転車

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

補助駆動力を発生させるモータと、
 制動力を発生させる際に操作される第1の操作部および第2の操作部と、
 前記モータから回生電流を回収して前記回生電流の電流値に応じた大きさの制動力を発生させる回生手段と、
 前記回生電流の目標値 I_T を前記モータの回転数に追従して導出する導出手段と、
 前記第1の操作部および前記第2の操作部の少なくとも一方に対する操作に応じて前記回生手段が前記モータから回収する回生電流の電流値 I を前記目標値 I_T に向けて継続的に変化させるとともに、前記電流値 I が前記目標値 I_T に達する前に、前記第1の操作部および前記第2の操作部のいずれか一方が操作されている状態から前記第1の操作部および前記第2の操作部の双方が操作されている状態に変化した場合および前記第1の操作部および前記第2の操作部の双方が操作されている状態から前記第1の操作部および前記第2の操作部のいずれか一方が操作されている状態に変化した場合に、前記電流値 I と前記目標値 I_T との比の時間変化率が変化するように前記電流値 I を制御し、且つ前記電流値 I が前記目標値 I_T に達した後は、前記第1の操作部および前記第2の操作部の双方が操作されている状態から前記第1の操作部および前記第2の操作部のいずれか一方に対する操作が解除された場合を含む前記第1の操作部および前記第2の操作部の少なくとも一方に対する操作が継続している場合に前記電流値 I を前記目標値 I_T に維持する制御手段と

10

20

を含む電動機付自転車。

【請求項 2】

補助駆動力を発生させるモータと、

制動力を発生させる際に操作される第 1 の操作部および第 2 の操作部と、

前記モータから回生電流を回収して前記回生電流の電流値に応じた大きさの制動力を発生させる回生手段と、

前記回生電流の目標値 I_T を前記モータの回転数に追従して導出する導出手段と、

前記第 1 の操作部および前記第 2 の操作部の少なくとも一方に対する操作に応じて前記回生手段が前記モータから回収する回生電流の電流値 I を前記目標値 I_T に向けて継続的に変化させるとともに、前記電流値 I が前記目標値 I_T に達する前に、前記第 1 の操作部および前記第 2 の操作部のいずれか一方が操作されている状態から前記第 1 の操作部および前記第 2 の操作部の双方が操作されている状態に変化した場合および前記第 1 の操作部および前記第 2 の操作部の双方が操作されている状態から前記第 1 の操作部および前記第 2 の操作部のいずれか一方が操作されている状態に変化した場合に、前記電流値 I と前記目標値 I_T との比 I / I_T の時間変化率が変化するように前記電流値 I を制御し、且つ前記第 1 の操作部および前記第 2 の操作部の少なくとも一方に対する操作が継続している場合には前記比 I / I_T の値を増加する方向にのみ変化させる制御手段と、

を含む電動機付自転車。

【請求項 3】

前記制御手段は、前記第 1 の操作部および前記第 2 の操作部のいずれか一方が操作されているときの前記電流値 I と前記目標値 I_T との比 I / I_T の時間変化率を、前記第 1 の操作部および前記第 2 の操作部の双方が操作されているときの前記比 I / I_T の時間変化率よりも小とする請求項 1 または 2 に記載の電動機付自転車。

【請求項 4】

前記制御手段は、前記第 1 の操作部および前記第 2 の操作部のいずれか一方が操作されている状態のときに前記比 I / I_T 値を徐々に 1 に向けて変化させ、前記第 1 の操作部および前記第 2 の操作部の双方が操作されている状態となったときに前記比 I / I_T の値を直ちに 1 に変化させる請求項 3 に記載の電動機付自転車。

【請求項 5】

前記制御手段は、前記比 I / I_T が 1 に達する前に、前記第 1 の操作部および前記第 2 の操作部の双方が操作されている第 1 の状態から前記第 1 の操作部および前記第 2 の操作部のいずれか一方が操作されている第 2 の状態に変化した場合に、前記第 1 の操作部および前記第 2 の操作部の少なくとも一方に対する操作が開始されてから前記比 I / I_T が 1 に達するまでの期間の長さが所定の長さとなるように、前記第 2 の状態における前記比 I / I_T の時間変化率を調整する請求項 3 に記載の電動機付自転車。

【請求項 6】

前記制御手段は、前記第 1 の操作部および前記第 2 の操作部の双方が操作されている第 1 の状態から前記第 1 の操作部および前記第 2 の操作部のいずれか一方が操作されている第 2 の状態に変化したときに、前記電流値 I と前記目標値 I_T との比 I / I_T の値を、前記第 1 の操作部および前記第 2 の操作部の少なくとも一方に対する操作が開始されてから前記比 I / I_T の値が 1 に達するまでの全期間に亘り前記第 2 の状態が継続した場合の当該時点における前記比 I / I_T の値にまで減少させ、その後前記比 I / I_T の値を 1 に向けて変化させる請求項 1 に記載の電動機付自転車。

【請求項 7】

前記制御手段は、前記第 1 の操作部および前記第 2 の操作部の双方が操作されている第 1 の状態から前記第 1 の操作部および前記第 2 の操作部のいずれか一方が操作されている第 2 の状態に変化したときに、前記第 2 の状態に変化した時点から前記比 I / I_T が 1 に達するまでの期間の長さが所定の長さとなるように、前記第 2 の状態における前記比 I / I_T の時間変化率を調整する請求項 3 に記載の電動機付自転車。

【請求項 8】

10

20

30

40

50

前記制御手段は、前記第 1 の操作部および前記第 2 の操作部の双方に対する操作が解除された場合に、前記電流値 I をゼロとする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の電動機付自転車。

【請求項 9】

前記目標値 I_T は、当該回転数において前記モータから回収可能な回生電流の最大値に相当する請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の電動機付自転車。

【請求項 10】

前記モータに電力を供給するバッテリーと、
前記回生電流によって前記バッテリーを充電する充電手段と、
を更に含む請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の電動機付自転車。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、補助駆動力を発生するモータを備えた電動機付自転車に関する。

【背景技術】

【0002】

所謂電動アシスト自転車等の電動機付自転車は、補助駆動力を発生させるモータと、モータに電力を供給するためのバッテリーを備えている。かかる電動機付自転車においては、モータを発電機として動作させ、走行時における運動エネルギーを電気エネルギーに変換して回生電流として回収することにより制動力を得る回生ブレーキシステムを搭載したものが知られている。

20

【0003】

特許文献 1 には、人力トルクの出力に基づいて制御手段によりモータの回生電流をゆるやかに制御するとともに、モータで発生する発電電力をバッテリーに充電する電動機付自転車が記載されている。

【0004】

特許文献 2 には、制動時にモータから発生した電気をバッテリーに充電する回生充電機能を備えた電動自転車において、いずれか片方のブレーキレバーが操作されたときの回生デューティを、両方のブレーキレバーが共に操作されたときの回生デューティよりも小さくすることにより、回生充電の開始時におけるショックを低減することが記載されている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2000 - 6878 号公報

【特許文献 2】特開 2010 - 35376 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

特許文献 1 に記載の電動機付自転車においては、回生電流の大きさすなわち制動力の大きさがブレーキ操作と連動していないので、ユーザが意図した感覚とは異なるブレーキ感覚となる可能性が高い。一方、特許文献 2 に記載の電動機付自転車によれば、両方のブレーキレバーが操作されたときの回生デューティよりも片方のブレーキレバーが操作されたときの回生デューティを小さくしているため、ユーザが意図した感覚に近いブレーキ感覚が得られるものと考えられる。しかしながら、特許文献 2 に記載の電動機付自転車によれば、片方のブレーキのみが操作された場合の回生デューティは、両方のブレーキレバーが操作された場合の回生デューティよりも小さい値に制限されるため、片方のブレーキレバーが操作された場合に十分な制動力が得られない場合がある。

40

【0007】

本発明は上記した点に鑑みてなされたものであり、回生制動時におけるフィーリングを改善するとともに、ブレーキの操作数にかかわらず回生制動による制動力を最大限に作用

50

させることができる電動機付自転車を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の第1の観点によれば、補助駆動力を発生させるモータと、制動力を発生させる際に操作される第1の操作部および第2の操作部と、前記モータから回生電流を回収して前記回生電流の電流値に応じた大きさの制動力を発生させる回生手段と、前記回生電流の目標値 I_T を前記モータの回転数に追従して導出する導出手段と、前記第1の操作部および前記第2の操作部の少なくとも一方に対する操作に応じて前記回生手段が前記モータから回収する回生電流の電流値 I を前記目標値 I_T に向けて継時的に変化させるとともに、前記電流値 I が前記目標値 I_T に達する前に、前記第1の操作部および前記第2の操作部のいずれか一方が操作されている状態から前記第1の操作部および前記第2の操作部の双方が操作されている状態に変化した場合および前記第1の操作部および前記第2の操作部の双方が操作されている状態から前記第1の操作部および前記第2の操作部のいずれか一方が操作されている状態に変化した場合に、前記電流値 I と前記目標値 I_T との比の時間変化率が変化するように前記電流値 I を制御し、且つ前記電流値 I が前記目標値 I_T に達した後は、前記第1の操作部および前記第2の操作部の双方が操作されている状態から前記第1の操作部および前記第2の操作部のいずれか一方に対する操作が解除された場合を含む前記第1の操作部および前記第2の操作部の少なくとも一方に対する操作が継続している場合に前記電流値 I を前記目標値 I_T に維持する制御手段と、を含む電動機付自転車が提供される。

10

20

【0009】

本発明の第2の観点によれば、補助駆動力を発生させるモータと、制動力を発生させる際に操作される第1の操作部および第2の操作部と、前記モータから回生電流を回収して前記回生電流の電流値に応じた大きさの制動力を発生させる回生手段と、前記回生電流の目標値 I_T を前記モータの回転数に追従して導出する導出手段と、前記第1の操作部および前記第2の操作部の少なくとも一方に対する操作に応じて前記回生手段が前記モータから回収する回生電流の電流値 I を前記目標値 I_T に向けて継時的に変化させるとともに、前記電流値 I が前記目標値 I_T に達する前に、前記第1の操作部および前記第2の操作部のいずれか一方が操作されている状態から前記第1の操作部および前記第2の操作部の双方が操作されている状態に変化した場合および前記第1の操作部および前記第2の操作部の双方が操作されている状態から前記第1の操作部および前記第2の操作部のいずれか一方が操作されている状態に変化した場合に、前記電流値 I と前記目標値 I_T との比 I / I_T の時間変化率が変化するように前記電流値 I を制御し、且つ前記第1の操作部および前記第2の操作部の少なくとも一方に対する操作が継続している場合には前記比 I / I_T の値を増加する方向にのみ変化させる制御手段と、を含む電動機付自転車が提供される。

30

【0010】

本発明の第3の観点によれば、前記制御手段は、前記第1の操作部および前記第2の操作部のいずれか一方が操作されているときの前記電流値 I と前記目標値 I_T との比 I / I_T の時間変化率を、前記第1の操作部および前記第2の操作部の双方が操作されているときの前記比 I / I_T の時間変化率よりも小とする第1または第2の観点による電動機付自転車が提供される。

40

【0011】

本発明の第4の観点によれば、前記制御手段は、前記第1の操作部および前記第2の操作部のいずれか一方が操作されている状態のときに前記比 I / I_T 値を徐々に1に向けて変化させ、前記第1の操作部および前記第2の操作部の双方が操作されている状態となったときに前記比 I / I_T の値を直ちに1に変化させる第3の観点による電動機付自転車が提供される。

【0012】

本発明の第5の観点によれば、前記制御手段は、前記比 I / I_T が1に達する前に、前記第1の操作部および前記第2の操作部の双方が操作されている第1の状態から前記第1

50

の操作部および前記第 2 の操作部のいずれか一方が操作されている第 2 の状態に変化した場合に、前記第 1 の操作部および前記第 2 の操作部の少なくとも一方に対する操作が開始されてから前記比 I / I_T が 1 に達するまでの期間の長さが所定の長さとなるように、前記第 2 の状態における前記比 I / I_T の時間変化率を調整する第 3 の観点による電動機付自転車を提供される。

【 0 0 1 3 】

本発明の第 6 の観点によれば、前記制御手段は、前記第 1 の操作部および前記第 2 の操作部の双方が操作されている第 1 の状態から前記第 1 の操作部および前記第 2 の操作部のいずれか一方が操作されている第 2 の状態に変化したときに、前記電流値 I と前記目標値 I_T との比 I / I_T の値を、前記第 1 の操作部および前記第 2 の操作部の少なくとも一方に対する操作が開始されてから前記比 I / I_T の値が 1 に達するまでの全期間に亘り前記第 2 の状態が継続した場合の当該時点における前記比 I / I_T の値にまで減少させ、その後前記比 I / I_T の値を 1 に向けて変化させる第 1 の観点による電動機付自転車を提供される。

10

【 0 0 1 4 】

本発明の第 7 の観点によれば、前記制御手段は、前記第 1 の操作部および前記第 2 の操作部の双方が操作されている第 1 の状態から前記第 1 の操作部および前記第 2 の操作部のいずれか一方が操作されている第 2 の状態に変化したときに、前記第 2 の状態に変化した時点から前記比 I / I_T が 1 に達するまでの期間の長さが所定の長さとなるように、前記第 2 の状態における前記比 I / I_T の時間変化率を調整する第 3 の観点による電動機付自転車を提供される。

20

【 0 0 1 5 】

本発明の第 8 の観点によれば、前記制御手段は、前記第 1 の操作部および前記第 2 の操作部の双方に対する操作が解除された場合に、前記電流値 I をゼロとする第 1 乃至第 7 のいずれかの観点による電動機付自転車を提供される。

【 0 0 1 6 】

本発明の第 9 の観点によれば、前記目標値 I_T は、当該回転数において前記モータから回収可能な回生電流の最大値に相当する第 1 乃至第 8 のいずれかの観点による電動機付自転車を提供される。

【 0 0 1 7 】

本発明の第 10 の観点によれば、前記モータに電力を供給するバッテリーと、前記回生電流によって前記バッテリーを充電する充電手段と、を更に含む第 1 乃至第 9 のいずれかの観点による電動機付自転車を提供される。

30

【 発明の効果 】

【 0 0 1 8 】

本発明によれば、回生制動時におけるフィーリングを改善するとともに、ブレーキの操作数にかかわらず回生制動による制動力を最大限に作用させることができる電動機付自転車を提供することが可能となる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 9 】

【 図 1 】 本発明の実施形態に係る電動機付自転車の構成を示す側面図である。

【 図 2 】 本発明の実施形態に係る電動機付自転車のハンドル付近の構成を示す図である。

【 図 3 】 本発明の実施形態に係る電動機付自転車の電気系統の構成を示すブロック図である。

【 図 4 】 本発明の実施形態に係るバッテリー、モータ駆動回路およびモータの接続関係を詳細に示す図である。

【 図 5 】 本発明の実施形態に係る演算処理装置 100 の機能的な構成を示す機能ブロック図である。

【 図 6 】 図 6 (a) は、本発明の実施形態に係るモータ駆動回路において行われる PWM 制御におけるトランジスタのオンデューティと回生電流との関係の一例を示す図である。

40

50

図 6 (b) は、本発明の実施形態に係るモータの回転数と回生電流の最大値との関係の一例を示す図である。

【図 7】本発明の実施形態に係る係数 の時間変化の一例を示す図である。

【図 8】図 8 (a) および図 8 (b) は、本発明の実施形態に係る係数 の時間変化の一例を示す図である。

【図 9】本発明の実施形態に係る係数 の時間変化の一例を示す図である。

【図 10】本発明の実施形態に係る回生電流制御プログラムにおける処理の流れを示すフローチャートである。

【図 11】図 11 (a) および図 11 (b) は、本発明の他の実施形態に係る係数 の時間変化の一例を示す図である。

10

【図 12】図 12 (a) および図 12 (b) は、本発明の他の実施形態に係る係数 の時間変化の一例を示す図である。

【図 13】本発明の他の実施形態に係る係数 の時間変化の一例を示す図である。

【図 14】本発明の他の実施形態に係る係数 の時間変化の一例を示す図である。

【図 15】本発明の他の実施形態に係る係数 の時間変化の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

以下、本発明の実施形態について図面を参照しつつ説明する。なお、各図面において同一または等価な構成要素および部分には同一の参照符号を付与している。

【0021】

20

図 1 は、本発明の実施形態に係る電動機付自転車 1 の構成を示す側面図である。電動機付自転車 1 は、フロントフォーク 11、ヘッドパイプ 12、ダウンチューブ 13、シートチューブ 14、シートステー 15、チェーンステー 16 からなるフレームを有している。前輪 21 はフロントフォーク 11 に回動自在に取り付けられ、後輪 22 はシートステー 15 とチェーンステー 16 との交点に回動自在に取り付けられている。

【0022】

ヘッドパイプ 12 には、ハンドルステム 23 が回動自在に挿通され、ハンドルステム 23 の上端にはハンドル 24 が取り付けられている。一方、シートチューブ 14 には、シートポスト 25 が嵌合されており、シートポスト 25 の上端にはサドル 26 が取り付けられている。

30

【0023】

ペダル 27 は、クランク 28 を介してスプロケット (図示せず) に接続されている。ユーザがペダル 27 に踏力を加えることによりスプロケットが回転し、スプロケットが回転することによってチェーン 29 を介して後輪 22 に駆動力が伝達されるようになっている。

【0024】

モータ 160 は、前輪 21 の車軸に装着され、前輪 21 を回転させる駆動力を生成する。モータ 160 の回転は、減速機構 (図示せず) によって減速され、前輪 21 に伝達されるように構成されている。なお、本実施形態では、車輪にモータを組み込むハブモータ式の電動機付自転車を例示しているが所謂センターマウント方式の電動機付自転車に本発明を適用することも可能である。

40

【0025】

モータ 160 を駆動するための電力は、シートチューブ 14 に沿って着脱可能に設けられたバッテリー 110 から供給される。バッテリー 110 は、例えばリチウムイオン二次電池により構成され、充電を行うことによって繰り返し使用することが可能となっている。

【0026】

フロントフォーク 11 の先端部には、カゴ 30 を支持するためのステー 31 が接続されている。ライト 170 は、ステー 31 の上部をカゴ 30 の下面に取り付けるための締結金具 (図示) に取り付けられている。ライト 170 は、自車両の前方に向けて光を出射する灯具である。ライト 170 は、バッテリー 110 から電力の供給を受けて発光する LED や

50

白熱電球等の光源を含んで構成されている。なお、ライト170は、投光方向が自車両の前方に向くようにハンドル24やフロントフォーク11の適当な位置に設けられていてもよい。

【0027】

ハンドル24には、操作・表示部180が設けられている。操作・表示部180は、踏力に対する補助駆動力の比率（以下、アシスト比率ともいう）の設定（以下、アシストモードともいう）を選択するための入力操作を受け付けるモード選択ボタン（図示せず）、ライト170を点灯および消灯させるための入力操作を受け付けるライトボタン（図示せず）や自車両の状態を表示する表示部（図示せず）を有する。

【0028】

図2は、電動機付自転車1のハンドル24付近の構成を示す図である。なお、図2において、操作・表示部180が省略されている。ハンドル24を構成する右側グリップ51の近傍には、リムブレーキやハブブレーキ等の機械式のブレーキ機構を有する前輪ブレーキ（図示せず）を作動させるための第1のブレーキレバー61と、第1のブレーキレバー61が操作されたことを検出する第1のブレーキセンサ220が設けられている。同様に、ハンドル24を構成する左側グリップ52の近傍には、リムブレーキやハブブレーキ等の機械式のブレーキ機構を有する後輪ブレーキ（図示せず）を作動させるための第2のブレーキレバー62と、第2のブレーキレバー62が操作されたことを検出する第2のブレーキセンサ230が設けられている。

【0029】

図3は、本発明の実施形態に係る電動機付自転車1の電気系統の構成を示すブロック図である。

【0030】

トルクセンサ200は、ペダル27に加えられた入力による入力トルクの大きさを検出し、検出した入力トルクの大きさを示すトルク検出信号 S_T を生成する。トルクセンサ200によって生成されたトルク検出信号 S_T は、演算処理装置100に供給される。トルクセンサ200は、例えば、クランク軸に対して機械的な接触部分を有しない、磁歪効果を利用した公知のトルクセンサを用いることが可能である。

【0031】

回転数センサ210は、モータ160の回転数を検出し検出した回転数を示す回転数検出信号 S_V を生成する。回転数センサ210によって生成された回転数検出信号 S_V は、演算処理装置100に供給される。回転数センサ210は、例えば、モータ160を構成するロータの角度位置を検出するホール素子によって構成することが可能である。

【0032】

第1のブレーキセンサ220は、第1のブレーキレバー61が操作されたことを検出すると、ブレーキ操作検出信号 S_B を生成してこれを演算処理装置100に供給する。同様に、第2のブレーキセンサ230は、第2のブレーキレバー62が操作されたことを検出すると、ブレーキ操作検出信号 S_B を生成してこれを演算処理装置100に供給する。

【0033】

操作・表示部180は、アシスト比率の設定（アシストモード）を選択するための入力操作を受け付けるモード選択ボタン（図示せず）およびライト170を点灯および消灯させるための入力操作を受け付けるライトボタン（図示せず）を有する。操作・表示部180は、モード選択ボタンおよびライトボタンが操作されると、これらのボタンが操作されたことを演算処理装置100に通知する。また、操作・表示部180は、バッテリー残量、現在選択されているアシストモードおよびライトの点灯・消灯等を含む自車両の状態を表示するための表示部（図示せず）を有する。自車両の状態に関する情報は、演算処理装置100から供給される。

【0034】

演算処理装置100は、例えば、単一の半導体チップにCPU（演算処理装置）、メモリ、入出力回路、タイマー回路などを含むコンピュータシステムを集積したLSI（Larg

10

20

30

40

50

e Scale Integration) を含んで構成されている。

【 0 0 3 5 】

演算処理装置 1 0 0 は、バッテリー 1 1 0 から電力を取り出してこれをモータ 1 6 0 に供給してモータ 1 6 0 を駆動することにより補助駆動力を得る力行モードと、モータ 1 6 0 の運動エネルギーを電気エネルギーに変換して回生電流として回収する回生モードとの切り替えを制御する。演算処理装置 1 0 0 は、第 1 のブレーキセンサ 2 2 0 および第 2 のブレーキセンサ 2 3 0 の少なくとも一方においてブレーキ操作検出信号 S_B が出力された場合、すなわち、第 1 のブレーキレバー 6 1 および第 2 のブレーキレバーの少なくとも一方が操作された場合に回生モードに移行する。

【 0 0 3 6 】

電動機付自転車 1 は、回生モード時において、モータ 1 6 0 から回生電流を回収することでモータ 1 6 0 を減速させて制動力を発生させる。すなわち、電動機付自転車 1 は、走行中に第 1 のブレーキレバー 6 1 および第 2 のブレーキレバー 6 2 の少なくとも一方が操作されると回生モードに移行し、当該ブレーキレバーの操作に連動して作動する機械式の前輪ブレーキおよび/または後輪ブレーキ(図示せず)による制動力に加えて、回生制動による制動力によって減速する。モータ 1 6 0 から回収された回生電流は、バッテリー 1 1 0 に供給され、これによってバッテリー 1 1 0 の充電が行われるようになっている(回生充電)。なお、回生電流をバッテリー 1 1 0 に供給することなく抵抗素子に流すことによりモータ 1 6 0 の運動エネルギーを熱エネルギーとして消費してもよい。

【 0 0 3 7 】

演算処理装置 1 0 0 は、トルクセンサ 2 0 0、回転数センサ 2 1 0、第 1 のブレーキセンサ 2 2 0 および第 2 のブレーキセンサ 2 3 0 から供給される各種の検出信号に基づいて、力行モード時にはモータ駆動指令値 C_1 を生成し、回生モード時には回生電流指令値 C_2 を生成する。演算処理装置 1 0 0 は、モータ駆動指令値 C_1 または回生電流指令値 C_2 をモータ駆動回路 1 2 0 に供給することによってモータ駆動回路 1 2 0 の動作を制御する。

【 0 0 3 8 】

モータ駆動回路 1 2 0 は、力行モード時においては、演算処理装置 1 0 0 から供給されるモータ駆動指令値 C_1 によって示されるアシスト量(トルク目標値)に対応した駆動電力をバッテリー 1 1 0 から取り出してモータ 1 6 0 に供給する。一方、モータ駆動回路 1 2 0 は、回生モード時においては、演算処理装置 1 0 0 から供給される回生電流指令値 C_2 によって示される値の回生電流をモータ 1 6 0 から回収し、回収した回生電流によってバッテリー 1 1 0 を充電する。なお、演算処理装置 1 0 0、モータ駆動回路 1 2 0、モータ 1 6 0、操作・表示部 1 8 0、トルクセンサ 2 0 0、回転数センサ 2 1 0、第 1 のブレーキセンサ 2 2 0 および第 2 のブレーキセンサ 2 3 0 は、それぞれ、バッテリー 1 1 0 から供給される電力によって動作する。

【 0 0 3 9 】

図 4 は、バッテリー 1 1 0、モータ駆動回路 1 2 0 およびモータ 1 6 0 の接続関係を詳細に示す図である。モータ駆動回路 1 2 0 は、トランジスタ $T_1 \sim T_6$ を含むインバータ回路 1 2 1 と、トランジスタ $T_1 \sim T_6$ を個別にオンオフするためのゲート信号を生成するインバータ制御回路 1 2 2 と、インバータ回路 1 2 1 に接続されたトランジスタ T_7 と、を含んでいる。トランジスタ T_7 もインバータ制御回路 1 2 2 から供給されるゲート信号に応じてオンオフする。

【 0 0 4 0 】

各トランジスタ $T_1 \sim T_6$ は、ドレイン側にカソードが接続され、ソース側にアノードが接続されたダイオードを有する n チャネル MOSFET によって構成されている。トランジスタ $T_1 \sim T_6$ は、オフ状態においてもダイオードを介して逆方向に電流を流すことが可能となっている。一方、トランジスタ T_7 は、ドレイン側にアノードが接続され、ソース側にカソードが接続されたダイオードを有する p チャネル MOSFET によって構成されている。トランジスタ T_7 は、オフ状態においても、ダイオードを介して逆方向に電

10

20

30

40

50

流を流すことが可能となっている。

【 0 0 4 1 】

本実施形態において、モータ 1 6 0 は、インナーロータ型のブラシレスモータであり、永久磁石を含むロータと、モータ巻線 L を有するステータと、ロータの回転位置を検出するための 3 つのホール素子 H と、を含んでいる。なお、本実施形態において、ホール素子 H はモータ 1 6 0 の回転数を検出する回転数センサ 2 1 0 を兼ねている。

【 0 0 4 2 】

バッテリー 1 1 0 の正極側（ハイサイド側）に接続されたトランジスタ T 1、T 3、T 5 と、バッテリー 1 1 0 の負極側（ローサイド側）に接続されたトランジスタ T 2、T 4、T 6 との各接続点 u、v、w は、モータ 1 6 0 を構成する 3 つのモータ巻線 L にそれぞれ接続されている。

10

【 0 0 4 3 】

インバータ制御回路 1 2 2 は、力行モード時には 3 つのホール素子 H からそれぞれ出力される検知信号によってロータの角度位置を検出し、検出したロータの角度位置に応じてトランジスタ T 1 ~ T 6 を一定の順序でオンさせる。これにより、モータ巻線 L に流れる電流の向きが順次切り替わりロータが回転する。インバータ制御回路 1 2 2 は、力行モード時には、演算処理装置 1 0 0 から供給されるモータ駆動指令値 C_1 によって示されるアシスト量（トルク目標値）が得られるようにトランジスタ T 1 ~ T 6 のオンデューティを調整する。また、インバータ制御回路 1 2 2 は、力行モード時にはトランジスタ T 7 をオフさせることによりモータ 1 6 0 からバッテリー 1 1 0 に向かう方向の電流を遮断する。バッテリー 1 1 0 からモータ 1 6 0 に向かう方向の電流はトランジスタ T 7 に付随するダイオードを介して流れる。

20

【 0 0 4 4 】

一方、インバータ制御回路 1 2 2 は、回生モード時にはハイサイド側のトランジスタ T 1、T 3 および T 5 を全てオフ状態に維持しつつローサイド側のトランジスタ T 2、T 4 および T 6 を互いに同一のタイミングでオンオフするように PWM 制御し、且つトランジスタ T 7 をオンさせる。上記 PWM 制御において、ローサイド側のトランジスタ T 2、T 4 および T 6 がオン状態とされている期間においてはモータ巻線 L に短絡電流が流れてモータ巻線 L にエネルギーが蓄えられ、これによってモータ 1 6 0 が減速して回生制動による制動力が発生する。その後、ローサイド側のトランジスタ T 2、T 4 および T 6 がオフ状態とされるとモータ巻線 L に電圧が誘起される。かかる誘起電圧がバッテリー電圧を超えると、各トランジスタに付随するダイオードおよびトランジスタ T 7 を介してバッテリー 1 1 0 に向けて回生電流が流れ、モータ巻線 L に蓄えられたエネルギーが放出されるとともにバッテリー 1 1 0 が充電される。

30

【 0 0 4 5 】

回生制動による制動力は、回生電流の値が大きくなる程大きくなる。回生電流の値は、上記の PWM 制御におけるローサイド側のトランジスタ T 2、T 4 および T 6 のオンデューティによって制御される。インバータ制御回路 1 2 2 は、回生モード時には、演算処理装置 1 0 0 から供給される回生電流指令値 C_2 によって示される電流値 I の回生電流が得られるようにローサイド側のトランジスタ T 2、T 4 および T 6 のオンデューティを調整する。

40

【 0 0 4 6 】

図 5 は、演算処理装置 1 0 0 の機能的な構成を示す機能ブロック図である。演算処理装置 1 0 0 は、記憶部 1 0 1、駆動指令値導出部 1 0 2、目標値導出部 1 0 3、係数導出部 1 0 4、回生電流指令値導出部 1 0 5 および選択部 1 0 6 を含んで構成されている。

【 0 0 4 7 】

駆動指令値導出部 1 0 2 は、力行モード時には、トルクセンサ 2 0 0 から供給されるトルク検出信号 S_T および回転数センサ 2 1 0 から供給される回転数検出信号 S_V に基づいて、走行状況に適したアシスト量（トルク目標値）を導出し、導出したアシスト量（トルク目標値）をモータ駆動指令値 C_1 として選択部 1 0 6 に供給する。例えば、モータ

50

160の回転数が低く且つ入力トルク（踏力）が大きい場合には発進直後の状態または上り坂を走行している状態等であると推測されるので、このような場合、駆動指令値導出部102は、比較的大きなアシスト量（トルク目標値）をモータ駆動指令値 C_1 として導出する。

【0048】

なお、駆動指令値導出部102は、操作・表示部180のモード選択ボタン（図示せず）に対する入力操作によって選択されたアシストモードに応じたアシスト量（トルク目標値）を導出する。本実施形態においては、アシスト比率の大きさが互いに異なる3つのアシストモード（エコ、標準、パワー）が予め定められており、これらのいずれかを操作・表示部180のモード選択ボタンを押下することによって選択することが可能となっている。記憶部101には、アシストモード毎に入力トルクおよびモータ160の回転数と、アシスト量との関係を示すマップが記憶されている。駆動指令値導出部102は、記憶部101に記憶された上記のマップを参照することにより入力トルクおよびモータ160の回転数に応じた最適なアシスト量（トルク目標値）を導出する。

10

【0049】

目標値導出部103は、第1のブレーキセンサ220および第2のブレーキセンサ230の少なくとも一方がブレーキ操作検出信号 S_B を出力しているものと判定した場合に（すなわち回生モードに移行した場合に）、回生電流の目標値 I_T をモータ160の回転数に追従して導出する。

【0050】

ここで、図6(a)は、回生モード時にモータ駆動回路120において行われるPWM制御におけるローサイド側のトランジスタT2、T4およびT6のオンデューティと、回生電流との関係の一例を示す図である。図6(a)において、モータ160の回転数（車速）が比較的高い場合が実線で示され、モータ160の回転数（車速）が比較的低い場合が破線で示され、モータ160の回転数（車速）が中程度の場合が一点鎖線で示されている。

20

【0051】

図6(a)に示すように、回生電流は、あるオンデューティでピークを持つ。これは、回生モード時において、ローサイド側のトランジスタT2、T4およびT6のオンデューティが小さすぎるとモータ160のインダクタ（モータ巻線L）に蓄えられるエネルギーが小さくなる一方、オンデューティが大きすぎるとモータ160のインダクタ（モータ巻線）に蓄えられたエネルギーを放出する時間が不足するためである。また、回生電流の最大値はモータ160の回転数が高い程（車速が高い程）大きくなる。図6(a)においてラインAは、各回転数における回生電流のピークを結んだ線である。目標値導出部103は、回生モード時において、刻々と変化するモータ160の回転数を回転数センサセンサ210から逐次取得し、取得したモータ160の回転数においてモータ160から回収可能な回生電流の最大値を、回生電流の目標値 I_T として導出する。

30

【0052】

図6(b)は、モータ160の回転数と回収可能な回生電流の最大値との関係の一例を示す図である。図6(b)に示す特性カーブは、実測またはシミュレーション等に基づいて取得され、上記特性カーブを示す情報が記憶部101に記憶されている。目標値導出部103は、回転数センサ210から取得したモータ160の回転数に対応する回生電流の最大値を、記憶部101に記憶された上記の特性カーブを参照することによって抽出し、抽出した値を回生電流の目標値 I_T として導出する。なお、モータ160の回転数と回収可能な回生電流の最大値との関係を示す関係式を記憶部101に記憶しておき、目標値導出部103は、上記関係式に回転数センサ210から取得したモータ160の回転数を代入することによって目標値 I_T を導出してよい。

40

【0053】

係数導出部104は、第1のブレーキセンサ220および第2のブレーキセンサ230の少なくとも一方がブレーキ操作検出信号 S_B を出力しているものと判定した時点からの

50

経過時間 t の増加に伴い、徐々に 1 に近づくように変化する係数 k を所定期間毎（例えば 0.1 msec）に導出する。なお、係数 k の値は 0 から 1 の範囲内に設定される。

【0054】

また、係数導出部 104 は、第 1 のブレーキセンサ 220 および第 2 のブレーキセンサ 230 のいずれか一方からブレーキ操作検出信号 S_B が出力されているものと判定した場合（すなわち、第 1 のブレーキレバー 61 および第 2 のブレーキレバー 62 のいずれか一方が操作された場合）と、第 1 のブレーキセンサ 220 および第 2 のブレーキセンサ 230 の双方からブレーキ操作検出信号 S_B が出力されているものと判定した場合（すなわち、第 1 のブレーキレバー 61 および第 2 のブレーキレバー 62 の双方が操作された場合）とで、異なる時間変化を有する係数 k を導出する（図 7 参照）。なお、係数 k の時間変化については後述する。

10

【0055】

記憶部 101 には、経過時間 t と係数 k との関係式が記憶されている。係数導出部 104 は、タイマー回路を含んでおり、タイマー回路によって経過時間 t を計測し、記憶部 101 に記憶された上記の関係式に計測によって取得した経過時間 t を代入することによって係数 k を導出する。

【0056】

回生電流指令値導出部 105 は、目標値導出部 103 によって導出された回生電流の目標値 I_T と係数導出部 104 によって導出された係数 k とを乗算することによって得られる回生電流の電流値 I ($I = k \times I_T$) を回生電流指令値 C_2 として導出し、これを選択部 106 に供給する。

20

【0057】

選択部 106 は、第 1 のブレーキセンサ 220 および第 2 のブレーキセンサ 230 の少なくとも一方からブレーキ操作検出信号 S_B が出力されているものと判定した場合に、回生モードに移行し、回生電流指令値導出部 105 から供給される回生電流指令値 C_2 を選択してこれをモータ駆動回路 120 に供給する。一方、選択部 106 は、第 1 のブレーキセンサ 220 および第 2 のブレーキセンサ 230 のいずれからもブレーキ操作検出信号 S_B が出力されていないものと判定した場合に、力行モードに移行し、駆動指令値導出部 102 から供給されるモータ駆動指令値 C_1 を選択してこれをモータ駆動回路 120 に供給する。このように選択部 106 がブレーキ操作検出信号 S_B の有無に基づいてモータ駆動指令値 C_1 および回生電流指令値 C_2 のいずれか一方を選択することにより、力行モードと回生モードとの切り替えがなされる。

30

【0058】

モータ駆動回路 120 は、選択部 106 からモータ駆動指令値 C_1 が供給された場合には、当該モータ駆動指令値 C_1 によって示されるアシスト量の補助駆動力が得られるようにモータ 160 を駆動する。一方、モータ駆動回路 120 は、選択部 106 から回生電流指令値 C_2 が供給された場合には、当該回生電流指令値 C_2 によって示される電流値 I の回生電流をモータ 160 から回収する。

【0059】

記憶部 101 は、力行モード時に駆動指令値導出部 102 において参照される入力トルクおよびモータ 160 の回転数とアシスト量との関係を示すマップ、図 6 (b) に示す特性カーブを示す情報、経過時間 t と係数 k との関係式および後述する回生電流制御プログラム等を記憶した不揮発性の記憶領域である。

40

【0060】

上記したように、回生電流指令値 C_2 として出力される、モータ 160 から回収すべき回生電流の電流値 I は、目標値導出部 103 によって導出された回生電流の目標値 I_T と係数導出部 104 によって導出された係数 k とを乗算した値である ($I = k \times I_T$)。換言すれば、係数導出部 104 によって導出される係数 k は、回生電流の目標値 I_T とモータ 160 から回収すべき回生電流の電流値 I との比 I / I_T に相当する ($k = I / I_T$)。

50

【 0 0 6 1 】

ここで、図 7 は、係数導出部 1 0 4 として機能する演算処理装置 1 0 0 によって導出される係数 α の時間変化の一例を示す図である。図 7 において実線は第 1 のブレーキセンサ 2 2 0 および第 2 のブレーキセンサ 2 3 0 の双方からブレーキ操作検出信号 S_B が出力された場合（すなわち、第 1 のブレーキレバー 6 1 および第 2 のブレーキレバー 6 2 の双方が操作された場合）に対応し、破線は、第 1 のブレーキセンサ 2 2 0 および第 2 のブレーキセンサ 2 3 0 のいずれか一方からブレーキ操作検出信号 S_B が出力された場合（すなわち、第 1 のブレーキレバー 6 1 および第 2 のブレーキレバー 6 2 のいずれか一方が操作された場合）に対応する。

【 0 0 6 2 】

演算処理装置 1 0 0 は、第 1 のブレーキセンサ 2 2 0 および第 2 のブレーキセンサ 2 3 0 の少なくとも一方からブレーキ操作検出信号 S_B が出力された時点からの経過時間 t に応じて係数 $\alpha = I / I_T$ を 1 に向けて徐々に増大させる。図 7 に示す例では、係数 α が、経過時間 t に対して一定の時間変化率（傾き）で増加している場合が示されている。係数 α の値が 1 に達したとき、モータ 1 6 0 から回収される回生電流の電流値 I は、目標値 I_T （すなわちその時点における最大値）に一致することになり、回生制動による制動力が最大となる。係数 α を徐々に 1 に近づけることで、第 1 のブレーキレバー 6 1 および / または第 2 のブレーキレバー 6 2 の操作開始時点から回生制動による制動力が徐々に最大値に近づくことになる。従って、第 1 のブレーキレバー 6 1 および / または第 2 のブレーキレバー 6 2 の操作開始直後に最大の制動力が作用することが回避され、ブレーキ作動時におけるショックを緩和することができる。

【 0 0 6 3 】

また、演算処理装置 1 0 0 は、実線で示される、第 1 のブレーキセンサ 2 2 0 および第 2 のブレーキセンサ 2 3 0 の双方からブレーキ操作検出信号 S_B が出力された場合における係数 α の時間変化率（傾き）が、破線で示される、第 1 のブレーキセンサ 2 2 0 および第 2 のブレーキセンサ 2 3 0 のいずれか一方からブレーキ操作検出信号 S_B が出力された場合における係数 α の時間変化率（傾き）よりも大きくなるように係数 α を導出する。これにより、ブレーキ操作開始時点から回生制動による制動力が最大値に達するまでの時間は、片方のブレーキレバーが操作された場合よりも両方のブレーキレバーが操作された場合の方が短くなる。

【 0 0 6 4 】

また、演算処理装置 1 0 0 は、実線で示される、第 1 のブレーキセンサ 2 2 0 および第 2 のブレーキセンサ 2 3 0 の双方からブレーキ操作検出信号 S_B が出力された場合と、破線で示される、第 1 のブレーキセンサ 2 2 0 および第 2 のブレーキセンサ 2 3 0 のいずれか一方からブレーキ操作検出信号が出力された場合と、の双方において係数 α を 1 まで増加させる。すなわち、回生制動による制動力は、操作されるブレーキレバーの数が 1 であるか 2 であるかにかかわらず最大値にまで達する。従って、操作されるブレーキレバーの数が 1 であるか 2 であるかにかかわらず回生制動による制動力を最大限に作用させることができる。

【 0 0 6 5 】

図 8 (a) は、係数 α の値が 1 に達する前に、一方のブレーキレバーに対する操作がなされている状態から追加のブレーキ操作が行われて両方のブレーキレバーに対する操作がなされている状態に変化した場合の係数 α の時間変化の一例を示す図である。一方、図 8 (b) は、係数 α の値が 1 に達する前に、双方のブレーキレバーに対する操作がなされている状態から一方のブレーキレバーに対する操作が解除されて片方のブレーキレバーのみが操作されている状態に変化した場合の係数 α の時間変化の一例を示す図である。

【 0 0 6 6 】

図 8 (a) および図 8 (b) において、実線は第 1 のブレーキレバー 6 1 および第 2 のブレーキレバー 6 2 の双方が操作されている状態に対応し、破線は第 1 のブレーキレバー 6 1 および第 2 のブレーキレバー 6 2 のいずれか一方が操作されている状態に対応する（

10

20

30

40

50

図9、図11～図15において同じ)。また、図8(a)および図8(b)において、一点鎖線は、ブレーキ操作が開始されてから係数の値が1に達するまでの全期間に亘り両方のブレーキレバーが操作されている状態が継続する場合の仮想線であり、二点鎖線は、ブレーキ操作が開始されてから係数の値が1に達するまでの全期間に亘り片方のブレーキレバーのみが操作されている状態が継続する場合の仮想線である(図9、図11～図15において同じ)。

【0067】

係数導出部104として機能する演算処理装置100は、図8(a)に示すように、追加のブレーキ操作が行われる時刻 t_1 から係数の値が1に達する時刻 t_2 までの期間 T_2 における係数の時間変化率(傾き)を、片方のブレーキレバーに対する操作が開始されてから時刻 t_1 までの期間 T_1 における係数の時間変化率(傾き)よりも大とする。すなわち、演算処理装置100は、追加のブレーキ操作が行われる時刻 t_1 において係数の時間変化率(傾き)を増加させる。これにより、二点鎖線で示される、追加のブレーキ操作がなされない場合と比較してブレーキ操作が開始されてから係数の値が1に達するまでの期間が短くなる。図8(a)に示す例では、期間 T_2 における係数の時間変化率(傾き)は、一点鎖線で示されるブレーキ操作の開始時点から係数の値が1に達するまでの全期間に亘り両方のブレーキレバーが操作されている状態が継続する場合における係数の時間変化率(傾き)と同一とされている。

10

【0068】

また、演算処理装置100は、図8(b)に示すように、一方のブレーキレバーに対する操作が解除される時刻 t_3 から係数の値が1に達する時刻 t_4 までの期間 T_4 における係数の時間変化率(傾き)を、両方のブレーキレバーに対する操作が開始されてから時刻 t_3 までの期間 T_3 における係数の時間変化率(傾き)よりも小とする。すなわち、演算処理装置100は、一方のブレーキレバーに対する操作が解除される時刻 t_3 において係数の時間変化率(傾き)を減少させる。これにより、一点鎖線で示される、一方のブレーキレバーに対する操作の解除がなされない場合と比較してブレーキ操作が開始されてから係数の値が1に達するまでの期間が長くなる。図8(b)に示す例では、期間 T_4 における係数の時間変化率は、二点鎖線で示される、ブレーキ操作の開始時点から係数の値が1に達するまでの全期間に亘り片方のブレーキレバーのみが操作されている状態が継続する場合における係数の時間変化率と同一とされている。

20

30

【0069】

図9は、係数の値が1に達する前に、一方のブレーキレバーに対する操作がなされている状態から追加のブレーキ操作が行われて両方のブレーキレバーに対する操作がなされている状態に変化し、その後更に、一方のブレーキレバーに対する操作が解除されて片方のブレーキレバーのみが操作されている状態に変化した場合の係数の時間変化の一例を示す図である。

【0070】

係数導出部104として機能する演算処理装置100は、追加のブレーキ操作が開始される時刻 t_5 から一方のブレーキレバーに対する操作が解除される時刻 t_6 までの期間 T_6 における係数の時間変化率(傾き)を、ブレーキ操作が開示されてから時刻 t_5 までの期間 T_5 における係数の時間変化率(傾き)よりも大とする。また、演算処理装置100は、時刻 t_6 から係数の値が1に達する時刻 t_7 までの期間 T_7 における係数の時間変化率(傾き)を期間 T_6 における係数の傾きよりも小とする。すなわち、演算処理装置100は、追加のブレーキ操作が行われる時刻 t_5 において係数の時間変化率(傾き)を増加させ、一方のブレーキレバーに対する操作が解除される時刻 t_6 において係数の時間変化率(傾き)を減少させる。また、演算処理装置100は、期間 T_7 における係数の時間変化率(傾き)を、期間 T_5 における係数の時間変化率(傾き)と同一とする。期間 T_7 および期間 T_5 における係数の時間変化率(傾き)は、二点鎖線で示される、ブレーキ操作が開始されてから係数の値が1に達するまでの全期間に亘り片方のブレーキレバーのみが操作されている状態が継続する場合における係数の時間変化率(

40

50

係数 α)と同一とされる。一方、期間 T_0 における係数 α の時間変化率(傾き)は、一点鎖線で示される、ブレーキ操作が開始されてから係数 α の値が1に達するまでの全期間に亘り両方のブレーキレバーが操作されている状態が継続する場合における係数 α の時間変化率(係数 α)と同一とされる。

【0071】

このように、本実施形態では、係数 α が1に達するまでは、一方のブレーキレバーに対する操作が行われている場合の係数 α の時間変化率は常に一定である。また、係数 α が1に達するまでは、両方のブレーキレバーに対する操作が行われている場合の係数 α の時間変化率は常に一定であり且つ一方のブレーキレバーに対する操作が行われている場合の係数 α の時間変化率よりも大である。

10

【0072】

以上のように、演算処理装置100は、係数 α ($= I / I_T$)の値が1に達する前に、追加のブレーキ操作がなされた場合およびいずれか一方のブレーキレバーに対する操作が解除された場合に係数 α の時間変化率を変化させる。これにより、回生制動による制動力の時間変化がブレーキ操作に連動するので、ユーザの意思に合致した良好なブレーキ感覚を得ることができる。

【0073】

また、本実施形態において、演算処理装置100は、一方のブレーキレバーに対する操作が解除される時刻 t_3 (図8(b)参照)および時刻 t_6 (図9参照)において、係数 α の値を減少させない。すなわち、演算処理装置100は、第1のブレーキレバー61および第2のブレーキレバー62の少なくとも一方に対する操作が開始されてから係数 α の値が1に達するまでの間に第1のブレーキレバー61および第2のブレーキレバー62の少なくとも一方に対する操作が継続している場合には、係数 α の値を増加する方向にのみ変化させる。

20

【0074】

また、演算処理装置100は、係数 α の値が1に達した後は、第1のブレーキレバー61および第2のブレーキレバー62の少なくとも一方に対する操作が継続している場合には、係数 α の値を1に維持する。すなわち、回生制動による制動力が最大値に達した後は、第1のブレーキレバー61および第2のブレーキレバー62の少なくとも一方が操作されている限り回生制動による制動力は最大値を維持する。例えば、第1のブレーキレバー61および第2のブレーキレバー62の双方が操作されている状態で係数 α の値が1に達した後、いずれか一方のブレーキレバーに対する操作が解除された場合においても係数 α の値は1に維持される。

30

【0075】

一方、演算処理装置100は、第1のブレーキレバー61および第2のブレーキレバー62の双方に対する操作が解除された場合には、係数 α の値を直ちにゼロにする。これにより、回生電流の電流値 I はゼロとなり、回生制動による制動力が作用しなくなる。なお、演算処理装置100は、第1のブレーキセンサ220および第2のブレーキセンサ230のいずれからもブレーキ操作検出信号 S_B が出力されていないものと判定した時点から係数 α をゼロに向けて緩やかに減少させてもよい。

40

【0076】

図10は、回生モード時において、演算処理装置100によって実行される回生電流制御プログラムにおける処理の流れを示すフローチャートである。なお、以下の説明では、理解を容易にするために、第1のブレーキレバー61および第2のブレーキレバー62のいずれか一方が操作されている場合に導出される係数 α を「係数 α_1 」と表記し、第1のブレーキレバー61および第2のブレーキレバー62の双方が操作されている場合に導出される係数 α を「係数 α_2 」と表記する。

【0077】

演算処理装置100は、ステップS1において、第1のブレーキセンサ220および第2のブレーキセンサ230の少なくとも一方からブレーキ操作検出信号 S_B が出力されて

50

いるか否かを判定する。演算処理装置 100 は、第 1 のブレーキセンサ 220 および第 2 のブレーキセンサ 230 の少なくとも一方からブレーキ操作検出信号 S_B が出力されているものと判定した場合には処理をステップ S2 に移行する。

【0078】

演算処理装置 100 は、ステップ S2 において、回転数センサ 210 から回転数検出信号 S_V を取得する。演算処理装置 100 は、ステップ S3 において、目標値導出部 103 として機能し、ステップ S2 において取得したモータ 160 の回転数に対応する回生電流の最大値を、記憶部 101 に記憶された図 6 (b) に示す特性カーブを参照することによって抽出し、抽出した値を回生電流の目標値 I_T として導出する。

【0079】

演算処理装置 100 は、ステップ S4 において、第 1 のブレーキセンサ 220 および第 2 のブレーキセンサ 230 からのブレーキ操作検出信号 S_B の有無に基づいて、第 1 のブレーキレバー 61 および第 2 のブレーキレバー 62 のいずれか一方が操作されているのか双方が操作されているのかを判定する。演算処理装置 100 は、ステップ S4 において、片方のブレーキレバーが操作されているものと判定した場合には処理をステップ S5 に移行し、両方のブレーキレバーが操作されているものと判定した場合には処理をステップ S7 に移行する。

【0080】

演算処理装置 100 は、ステップ S5 において、係数導出部 104 として機能し、ステップ S1 においてブレーキレバーの操作を検出した時点からの経過時間、追加のブレーキ操作がなされてからの経過時間または一方のブレーキレバーに対する操作の解除がなされてからの経過時間に応じた係数 α_1 を導出する。演算処理装置 100 は、自身に内蔵するタイマー回路による計測によって各時点からの経過時間を取得し、取得した各時点からの経過時間に対応する係数 α_1 を記憶部 101 に記憶された関係式に基づいて導出する。これにより、演算処理装置 100 は、経時的に 1 に向けて増大する係数 α_1 を導出することとなる。

【0081】

演算処理装置 100 は、ステップ S6 において、回生電流指令値導出部 105 として機能し、ステップ S3 において導出した回生電流の目標値 I_T とステップ S5 において導出した係数 α_1 とを乗算し、これによって得た回生電流の電流値 I ($I = \alpha_1 \times I_T$) を回生電流指令値 C_2 として導出する。演算処理装置 100 は、導出した回生電流指令値 C_2 をモータ駆動回路 120 に供給する。

【0082】

一方、演算処理装置 100 は、ステップ S7 において、係数導出部 104 として機能し、ステップ S1 においてブレーキレバーの操作を検出した時点からの経過時間、追加のブレーキ操作がなされてからの経過時間または一方のブレーキレバーに対する操作の解除がなされてからの経過時間に応じた係数 α_2 を導出する。演算処理装置 100 は、自身に内蔵するタイマー回路による計測によって各時点からの経過時間を取得し、取得した各時点からの経過時間に対応する係数 α_2 を記憶部 101 に記憶された関係式に基づいて導出する。これにより、演算処理装置 100 は、継時的に 1 に向けて増大する係数 α_2 を導出することとなる。演算処理装置 100 は、係数 α_2 の時間変化率が、係数 α_1 の時間変化率よりも大となるように係数 α_1 および係数 α_2 を導出する。

【0083】

演算処理装置 100 は、ステップ S8 において、回生電流指令値導出部 105 として機能し、ステップ S3 において導出した回生電流の目標値 I_T とステップ S7 において導出した係数 α_2 とを乗算し、これによって得た回生電流の電流値 I ($I = \alpha_2 \times I_T$) を回生電流指令値 C_2 として導出する。演算処理装置 100 は、導出した回生電流指令値 C_2 をモータ駆動回路 120 に供給する。

【0084】

演算処理装置 100 は、ステップ S9 において、第 1 のブレーキセンサ 220 および第

10

20

30

40

50

2のブレーキセンサ230から出力されるブレーキ操作検出信号 S_B に基づいて、第1のブレーキレバー61および第2のブレーキレバー62の少なくとも一方に対する操作が継続しているか否かを判定する。演算処理装置100は、ステップS9において、第1のブレーキレバー61および第2のブレーキレバー62の少なくとも一方に対する操作が継続しているものと判定した場合には、処理をステップS2に戻し、ステップS2からステップS9までの処理を繰り返し実行する。一方、演算処理装置100は、ステップS9において、第1のブレーキレバー61および第2のブレーキレバー62の双方に対する操作が解除されたものと判定した場合には処理をステップS10に移行する。

【0085】

演算処理装置100は、ステップS10において回生電流の電流値 I をゼロに設定し、電流値 I がゼロであることを示す回生電流指令値 C_2 をモータ駆動回路120に供給して本ルーチンを終了させる。回生電流の電流値 I がゼロとなることで回生制動による制動力はゼロとなる。

10

【0086】

以上の説明から明らかなように、本実施形態に係る電動機付自転車1においては、第1のブレーキレバー61および第2のブレーキレバー62の少なくとも一方が操作された場合に、機械式のブレーキによる制動力に加えて回生制動による制動力が作用する。回生制動による制動力は、モータ160から回収される回生電流の電流値 I によって制御される。また、演算処理装置100は、モータ160から回収可能な回生電流の最大値をモータ160の回転数に追従して取得し、取得した回生電流の最大値を当該回転数における回生電流の目標値 I_T として導出する。演算処理装置100は、モータ160から回収すべき回生電流の電流値 I と目標値 I_T との比 I/I_T に相当する係数を緩やかに1に近づける。これにより、第1のブレーキレバー61および/または第2のブレーキレバー62の操作開始直後に最大の制動力が作用することが回避され、ブレーキ作動時におけるショックを緩和することができる。

20

【0087】

また、演算処理装置100は、第1のブレーキレバー61および第2のブレーキレバー62のいずれか一方が操作された場合における係数の時間変化と、第1のブレーキレバー61および第2のブレーキレバー62の双方が操作された場合における係数の時間変化を異ならせる。また、演算処理装置100は、係数の値が1に達する前に、追加のブレーキ操作がなされた場合およびいずれか一方のブレーキレバーに対する操作が解除された場合に係数の時間変化率を変化させる。これにより、回生制動の制動力の時間変化がブレーキ操作に連動するので、ユーザの意思に合致した良好なブレーキ感覚を得ることができる。

30

【0088】

また、演算処理装置100は、第1のブレーキレバー61および第2のブレーキレバー62のいずれか一方が操作された場合と、第1のブレーキレバー61および第2のブレーキレバー62の双方が操作された場合との双方において係数の値を1まで増加させる。すなわち、回生制動による制動力は、操作されるブレーキレバーの数が1であるか2であるかにかかわらず最大値にまで達する。従って、操作されるブレーキレバーの数が1であるか2であるかにかかわらず回生制動による制動力を最大限に作用させることができる。このように、本実施形態に係る電動機付自転車によれば、回生制動時におけるフィーリングを改善するとともに、片方のブレーキレバーが操作された場合および両方のブレーキレバーが操作された場合の双方において回生制動による制動力を最大限に作用させることができる。

40

【0089】

また、演算処理装置100は、係数の値が1に達した後は、第1のブレーキレバー61および第2のブレーキレバー62の少なくとも一方に対する操作が継続している場合には係数の値を1に維持する。すなわち、回生制動による制動力が最大値に達した後は、第1のブレーキレバー61および第2のブレーキレバー62の少なくとも一方に対する操

50

作が継続されている限り回生制動による制動力は最大値を維持する。回生制動による制動力は、モータ160の回転数の低下に伴って小さくなるので、係数の値が1に達して制動力が最大となった後は、いずれか一方のブレーキレバーが操作されている限り、最大の制動力が得られる状態を維持することが好ましい。

【0090】

また、演算処理装置100は、係数の値が1に達する前に、両方のブレーキレバーが操作されている状態から片方のブレーキレバーが操作されている状態に変化した場合に係数の時間変化率（傾き）を減少されるが、このとき係数の値を減少させない。すなわち、演算処理装置100は、第1のブレーキレバー61および第2のブレーキレバー62の少なくとも一方に対する操作が開始されてから係数の値が1に達するまでの間に第1のブレーキレバー61および第2のブレーキレバー62の少なくとも一方に対する操作が継続している場合には、係数の値を増加する方向にのみ変化させる。上記のように、回生制動による制動力はモータ160の回転数の低下に伴って小さくなるので、一方のブレーキレバーに対する操作が解除された場合でも係数の値を減じることなく1に向けて常に増加する方向に変化させることで、回生制動による制動力を有効に作用させることが可能となる。

【0091】

なお、上記の実施形態では、目標値導出部103として機能する演算処理装置100は、当該回転数において回収可能な回生電流の最大値を目標値 I_T として導出しているが、これに限定されるものではない。目標値導出部103として機能する演算処理装置100は、当該回転数において回収可能な回生電流の最大値よりも小さい値（例えば最大値の90%に相当する値）を回生電流の目標値として導出してもよい。また、バッテリー110への充電電流が過大となることを防止する観点から、目標値導出部103として機能する演算処理装置100は、回生電流の目標値 I_T に上限値を設定してもよい。例えば、目標値 I_T の上限値が6Aに設定された場合には、演算処理装置100は、当該回転数において回収可能な回生電流の最大値が7Aであっても、目標値 I_T として上限値である6Aを導出してもよい。

【0092】

また、上記の実施形態においては、目標値導出部103として機能する演算処理装置100は、モータ160の回転数に追従するように回生電流の目標値 I_T を導出することとしたが、電動付自転車の車速に追従するように回生電流の目標値 I_T を導出してもよい。この場合には、回転数センサ210とは別に電動機付自転車1の車速を検出する車速センサを設けてもよいし、ホール素子Hによって車速を検出してもよい。

【0093】

（変形例）

係数導出部104として機能する演算処理装置100は、ブレーキ操作が開始されてから係数の値が1に達する前に、追加のブレーキ操作がなされた場合およびいずれか一方のブレーキレバーに対する操作が解除された場合に、図11～図15に示すような態様で係数を変化させてもよい。

【0094】

図11(a)および図11(b)は、係数の値が1に達する前に、一方のブレーキレバーに対する操作がなされている状態から追加のブレーキ操作が行われて両方のブレーキレバーに対する操作がなされている状態に変化した場合の係数の時間変化の変形例を示す図である。

【0095】

係数導出部104として機能する演算処理装置100は、図11(a)に示すように、片方のブレーキレバーに対する操作が開始されてから追加のブレーキ操作が行われる時刻 t_0 までの期間においては、一定の時間変化率（傾き）で係数の値を増加させ、時刻 t_0 において追加のブレーキ操作を検出したときに係数の値を直ちに1に変化させてもよい。また、図11(b)に示すように、片方のブレーキレバーに対する操作が開始されて

10

20

30

40

50

から追加のブレーキ操作が行われる時刻 t_8 までの期間においては、係数 α の時間変化を非線形としてもよい。

【0096】

図12(a)および図12(b)は、係数 α の値が1に達する前に、両方のブレーキレバーが操作されている状態からいずれか一方のブレーキレバーに対する操作が解除されて片方のブレーキレバーのみが操作されている状態に変化した場合の係数 α の時間変化の変形例を示す図である。

【0097】

係数導出部104として機能する演算処理装置100は、一方のブレーキレバーに対する操作が解除される時刻 t_9 から係数 α の値が1に達する時刻 t_{10} までの期間 T_{10} における係数 α の時間変化率(傾き)を、ブレーキ操作が開始されてから時刻 t_9 までの期間 T_9 における係数 α の時間変化率(傾き)よりも小とする。このとき、演算処理装置100は、図12(a)に示すように、係数 α が1に達するまでの全期間(すなわち期間 T_9 と期間 T_{10} とを合わせた期間)の長さが、期間 T_0 の長さと同じとなるように、期間 T_{10} における係数 α の時間変化率を調整する。ここで、期間 T_0 は、二点鎖線で示される、ブレーキ操作が開始されてから係数 α の値が1に達するまでの全期間に亘り片方のブレーキレバーのみが操作されている状態が継続する場合における係数 α が1に達するまでの期間である。従って、期間 T_{10} における係数 α の時間変化率(傾き)は、二点鎖線で示される係数 α の時間変化率(傾き)よりも小さくなる。このように、本実施形態において、演算処理装置100は、一方のブレーキレバーに対する操作が解除された場合には、ブレーキ操作が開始されてから係数 α が1に達するまでの期間の長さが所定の長さとなるように、一方のブレーキレバーに対する操作の解除後における係数 α の時間変化率を調整する。また、演算処理装置100は、図12(b)に示すように、ブレーキ操作が開始されてから時刻 t_9 までの期間においては、係数 α の時間変化を非線形としてもよい。

【0098】

図13は、係数 α の値が1に達する前に、一方のブレーキレバーに対する操作がなされている状態から追加のブレーキ操作が行われて両方のブレーキレバーに対する操作がなされている状態に変化し、その後、一方のブレーキレバーに対する操作が解除されて片方のブレーキレバーのみが操作されている状態に変化した場合の係数 α の時間変化の変形例を示す図である。

【0099】

係数導出部104として機能する演算処理装置100は、図13に示すように、追加のブレーキ操作が行われる時刻 t_{11} において係数 α の時間変化率(傾き)を増加させ、一方のブレーキレバーに対する操作が解除される時刻 t_{12} において係数 α の時間変化率(傾き)を減少させる。このとき演算処理装置100は、図13に示すように、係数 α が1に達するまでの全期間(すなわち、期間 T_{11} と期間 T_{12} と期間 T_{13} とを合わせた期間)の長さが、期間 T_0 の長さと同じとなるように、期間 T_{13} における係数 α の時間変化率を調整する。ここで期間 T_0 は、二点鎖線で示される、ブレーキ操作が開始されてから係数 α の値が1に達するまでの全期間に亘り片方のブレーキレバーのみが操作されている状態が継続する場合における、係数 α が1に達するまでの期間である。従って、期間 T_{13} における係数 α の時間変化率(傾き)は、二点鎖線で示される係数 α の時間変化率よりも小さくなる。このように、本実施形態において、演算処理装置100は、一方のブレーキレバーに対する操作が解除された場合には、ブレーキ操作が開始されてから係数 α が1に達するまでの期間の長さが所定の長さとなるように、一方のブレーキレバーに対する操作の解除後における係数 α の時間変化率を調整する。

【0100】

図14は、係数 α の値が1に達する前に、一方のブレーキレバーに対する操作がなされている状態から追加のブレーキ操作が行われて両方のブレーキレバーに対する操作がなされている状態に変化し、その後、一方のブレーキレバーに対する操作が解除されて片方のブレーキレバーのみが操作されている状態に変化した場合の係数 α の時間変化の変形例を

示す図である。

【0101】

係数導出部104として機能する演算処理装置100は、図14に示すように、追加のブレーキ操作が行われる時刻 t_{14} において係数の時間変化率(傾き)を増加させ、一方のブレーキレバーに対する操作が解除される時刻 t_{15} において係数の時間変化率(傾き)を減少させる。本実施形態においては、演算処理装置100は、一方のブレーキレバーに対する操作が解除される時刻 t_{15} において係数の値を減少させる。具体的には、演算処理装置100は、時刻 t_{15} における係数の値を、二点鎖線で示される、ブレーキ操作が開始されてから係数の値が1に達するまでの全期間に亘り片方のブレーキレバーのみが操作されている状態が継続する場合における時刻 t_{15} における係数の値に一致させる。演算処理装置100は、時刻 t_{15} から係数の値が1に達する時刻 t_{16} までの期間 T_{16} における係数の時間変化率を、ブレーキ操作が開始されてから時刻 t_{14} までの期間 T_{14} における係数の時間変化率と同一とする。すなわち期間 T_{14} および期間 T_{15} において、係数は、二点鎖線上の値をとる。従って、係数が1に達するまでの全期間(すなわち、期間 T_{14} と期間 T_{15} と期間 T_{16} とを合せた期間)の長さは、期間 T_0 の長さと同じである。ここで期間 T_0 は、二点鎖線で示される、ブレーキ操作が開始されてから係数の値が1に達するまでの全期間に亘り片方のブレーキレバーのみが操作されている状態が継続する場合における、係数が1に達するまでの期間である。このように、ブレーキレバーの操作解除に連動して係数の値を減じることで、ブレーキ感覚の更なる改善を図ることが可能となる。

10

20

【0102】

図15は、係数の値が1に達する前に、一方のブレーキレバーに対する操作がなされている状態から追加のブレーキ操作が行われて両方のブレーキレバーに対する操作がなされている状態に変化し、その後一方のブレーキレバーに対する操作が解除されて片方のブレーキレバーのみが操作されている状態に変化した場合の係数の時間変化の変形例を示す図である。

【0103】

係数導出部104として機能する演算処理装置100は、図15に示すように、追加のブレーキ操作が行われる時刻 t_{17} において係数の時間変化率を増加させ、一方のブレーキレバーに対する操作が解除される時刻 t_{18} において係数の時間変化率を減少させる。また、演算処理装置100は、時刻 t_{18} において係数の値を減少させる。具体的には、演算処理装置100は、時刻 t_{18} における係数の値を、二点鎖線で示される、ブレーキ操作が開始されてから係数の値が1に達するまでの全期間に亘り片方のブレーキレバーのみが操作されている状態が継続する場合における時刻 t_{18} における係数の値に一致させる。また、演算処理装置100は、時刻 t_{18} から係数が1に達する時刻 t_{19} までの期間 T_{19} の長さが期間 T_0 の長さと同じとなるように、期間 T_{19} における係数の時間変化率(傾き)を調整する。ここで期間 T_0 は、二点鎖線で示される、ブレーキ操作が開始されてから係数の値が1に達するまでの全期間に亘り片方のブレーキレバーのみが操作されている状態が継続する場合における、係数が1に達するまでの期間である。すなわち、一方のブレーキレバーに対する操作が解除された後、係数が1に達するまでの期間の長さが、常に期間 T_0 の長さと同じとなるようにブレーキ操作解除後の係数の時間変化率(傾き)が調整される。従って、期間 T_{19} における係数の時間変化率は、二点鎖線で示される係数の時間変化率よりも小さくなる。

30

40

【符号の説明】

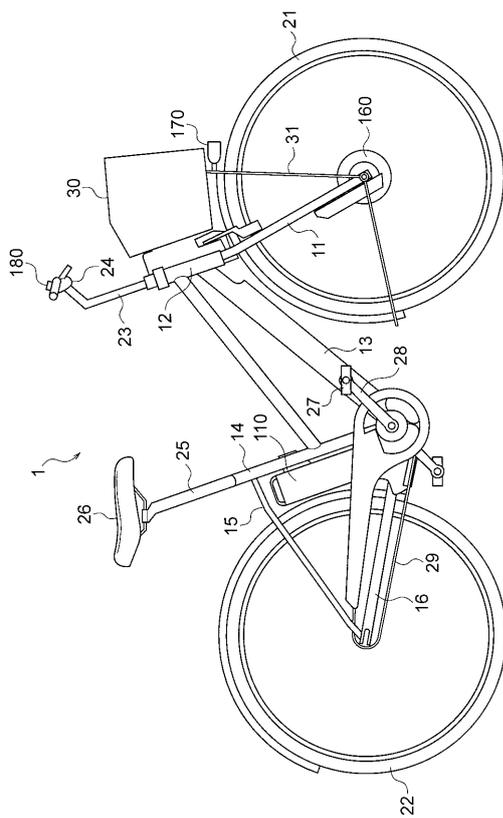
【0104】

- 1 電動機付自転車
- 100 演算処理装置
- 101 記憶部
- 103 目標値導出部
- 104 係数導出部

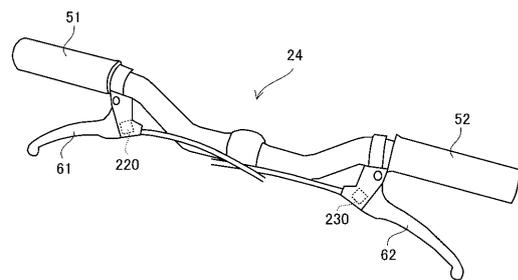
50

- 105 回生電流指令値導出部
- 110 バッテリ
- 120 モータ駆動回路
- 160 モータ

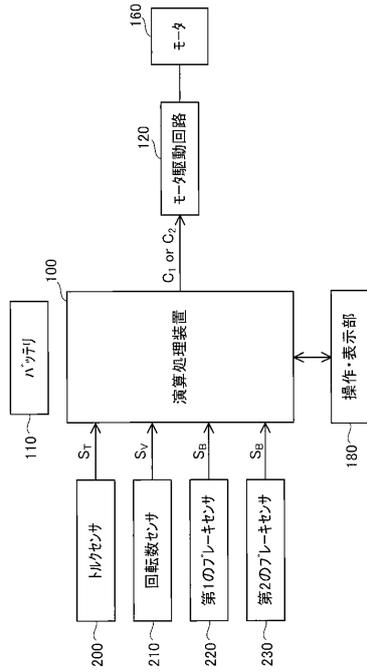
【図1】



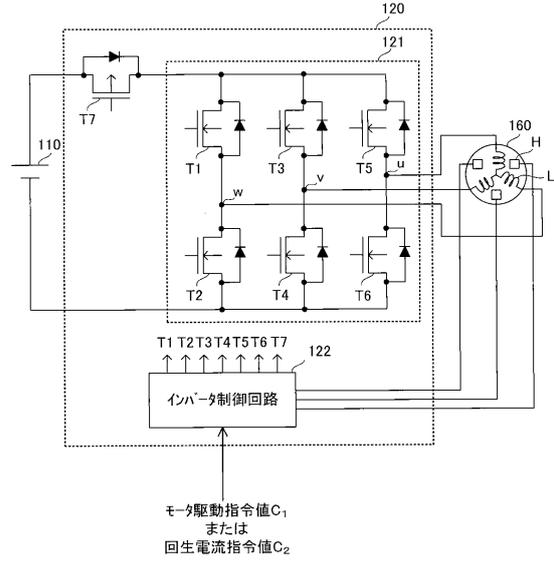
【図2】



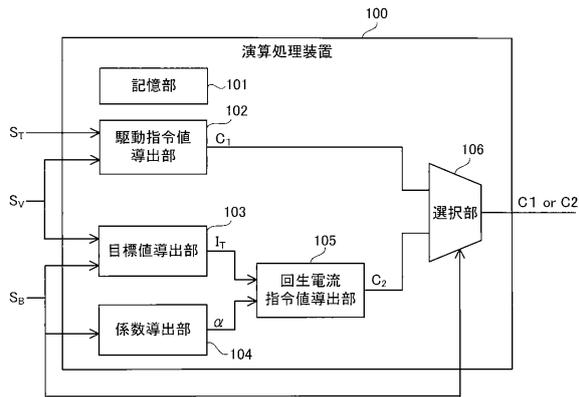
【図3】



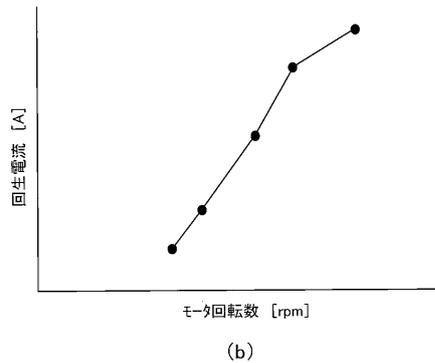
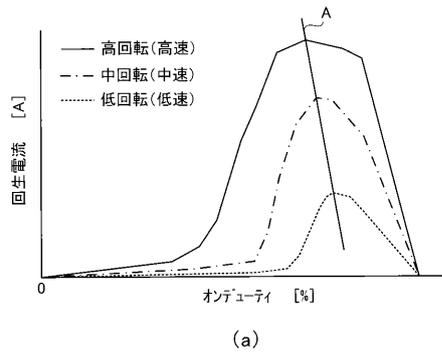
【図4】



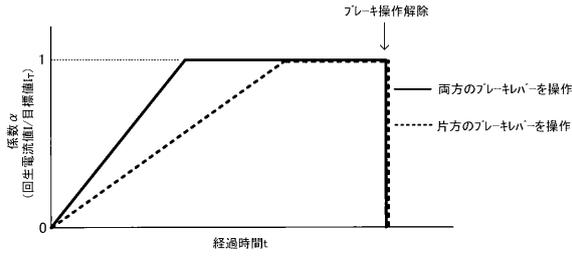
【図5】



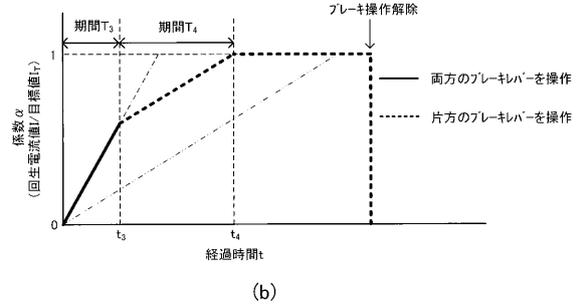
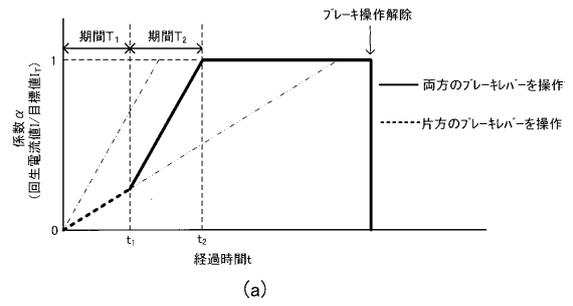
【図6】



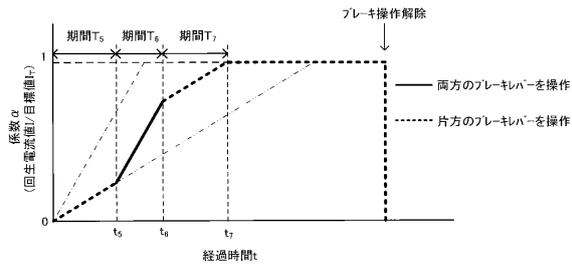
【図7】



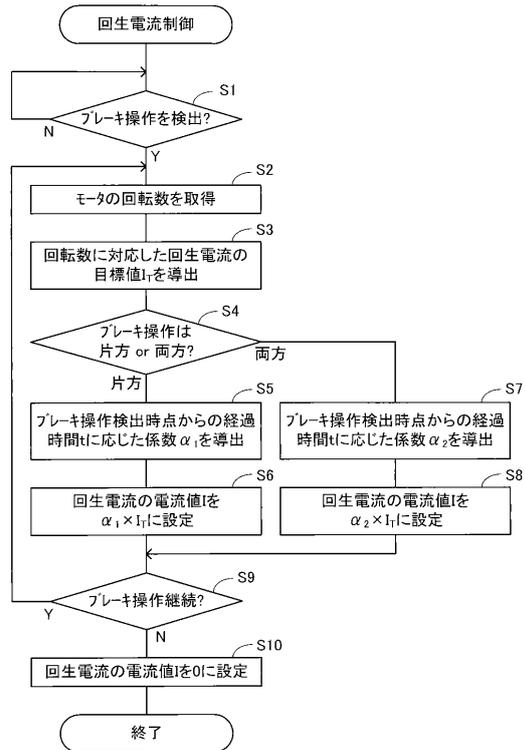
【図8】



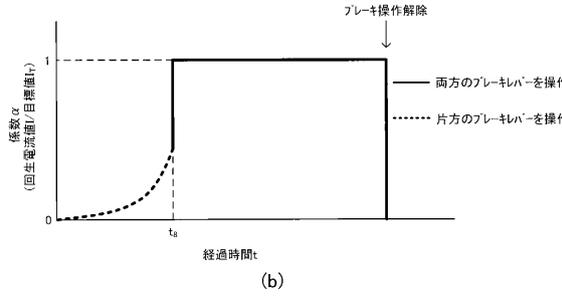
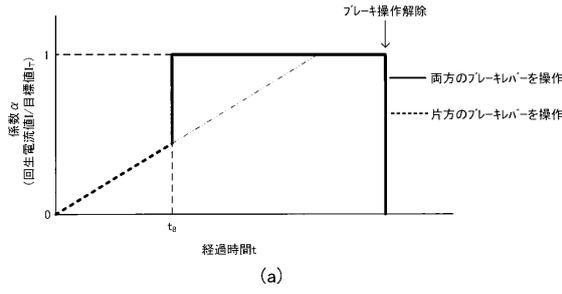
【図9】



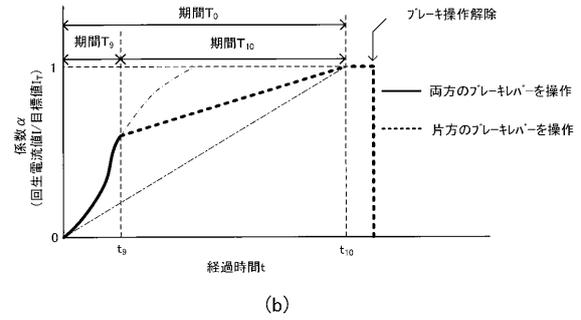
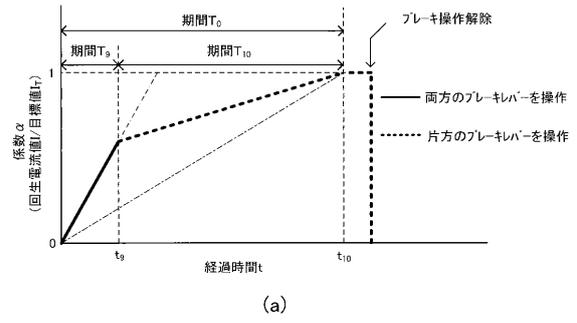
【図10】



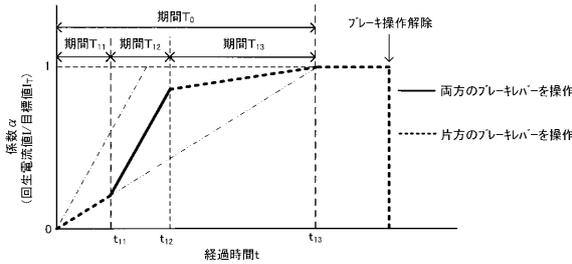
【図 1 1】



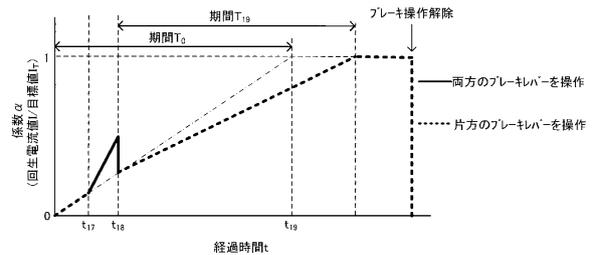
【図 1 2】



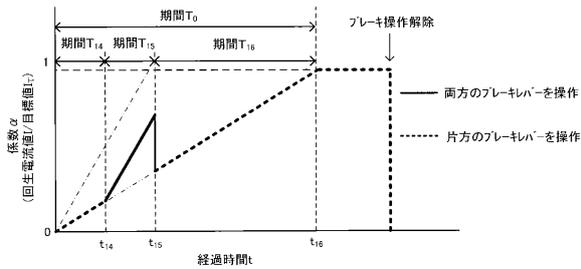
【図 1 3】



【図 1 5】



【図 1 4】



フロントページの続き

審査官 加藤 信秀

- (56)参考文献 特開2014-064423(JP,A)
特開2010-035376(JP,A)
特開2011-083081(JP,A)
特開2011-225093(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B62M 6/45