

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4573038号
(P4573038)

(45) 発行日 平成22年11月4日(2010.11.4)

(24) 登録日 平成22年8月27日(2010.8.27)

(51) Int. Cl.		F I
B 6 2 D 6/00	(2006.01)	B 6 2 D 6/00
B 6 2 D 5/04	(2006.01)	B 6 2 D 5/04
B 6 2 D 101/00	(2006.01)	B 6 2 D 101:00
B 6 2 D 113/00	(2006.01)	B 6 2 D 113:00
B 6 2 D 119/00	(2006.01)	B 6 2 D 119:00

請求項の数 2 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2005-119652 (P2005-119652)
 (22) 出願日 平成17年4月18日(2005.4.18)
 (65) 公開番号 特開2006-298040 (P2006-298040A)
 (43) 公開日 平成18年11月2日(2006.11.2)
 審査請求日 平成20年2月19日(2008.2.19)

(73) 特許権者 000001247
 株式会社ジェイテクト
 大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号
 (74) 代理人 100095429
 弁理士 根本 進
 (72) 発明者 玉泉 晴天
 愛知県岡崎市真福寺町字深山1番地18株
 式会社ファーブス内
 審査官 山内 康明

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電動パワーステアリング装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

操舵補助力を発生するモータと、
 操舵トルクを検出するトルクセンサと、
 操舵トルクと基本アシストトルクとの対応関係を記憶する手段と、
 前記トルクセンサによる検出操舵トルクに対応する基本アシストトルクに応じた操舵補助力が発生するように、前記モータを制御する手段と、
 前記トルクセンサの出力信号の位相制御要素と、
 ステアリングホイールが直進操舵位置に向かい操舵される戻し操舵状態か、直進操舵位置から離れる方向に向かい操舵される切り込み操舵状態かを判断する操舵状態判断要素とを備え、
 前記トルクセンサの入力に対する出力の周波数応答特性において、戻し操舵状態では切り込み操舵状態に比べて高周波数帯域でゲインを小さくすることができるように、前記操舵状態判断要素による判断結果に応じて前記位相制御要素の位相制御特性が変更される電動パワーステアリング装置。

【請求項2】

操舵トルクに対する基本アシストトルクの変化率であるアシスト勾配が検出操舵トルクの変化に応じて変化するように、操舵トルクと基本アシストトルクとの対応関係が設定され、
 検出操舵トルクに対応するアシスト勾配を求める手段が設けられ、

前記トルクセンサの入力に対する出力の周波数応答特性において、少なくとも切り込み操舵状態では、アシスト勾配が増加すると増加前に比べて高周波数帯域でゲインを小さくすることができるように、アシスト勾配に応じて前記位相制御要素の位相制御特性が変更される請求項1に記載の電動パワーステアリング装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、操舵補助力をモータによって付与する電動パワーステアリング装置に関する。

【背景技術】

10

【0002】

電動パワーステアリング装置においては、操舵トルクと基本アシストトルクとの対応関係をアシスト特性として記憶し、トルクセンサにより検出した操舵トルクに対応する基本アシストトルクに応じた操舵補助力が発生するように、操舵補助力発生用モータを制御することが行われている。そのモータの制御において、モータ駆動電流の目標値と電流センサによる検出値との偏差を低減する際に、モータ駆動電流の検出信号が通過するローパスフィルタのカットオフ周波数を戻し操舵状態では切り込み操舵状態におけるよりも大きくすることが行われている。これにより、戻し操舵時におけるステアリングホイールからの手放し等によりモータが逆起電力を発生する状態になっても、その逆起電力の高周波成分が制御に反映されるようにし、モータ駆動電流を目標値に安定して収束させることが図ら

20

【特許文献1】特開平8-20350号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかし、戻し操舵時のステアリングホイールからの手放し等により操舵トルクが急激に減少すると、切り込み操舵方向に作用する操舵補助力が急激に減少する。そのため、ステアリングホイールの直進位置への戻りが急激になり、ステアリングホイールの収斂性が低下するという問題がある。本発明は、そのような問題を解決することのできる電動パワーステアリング装置を提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0004】

本発明の特徴は、操舵補助力を発生するモータと、操舵トルクを検出するトルクセンサと、操舵トルクと基本アシストトルクとの対応関係を記憶する手段と、前記トルクセンサによる検出操舵トルクに対応する基本アシストトルクに応じた操舵補助力が発生するように、前記モータを制御する手段と、前記トルクセンサの出力信号の位相制御要素と、ステアリングホイールが直進操舵位置に向かい操舵される戻し操舵状態か、直進操舵位置から離れる方向に向かい操舵される切り込み操舵状態かを判断する操舵状態判断要素とを備え、前記トルクセンサの入力に対する出力の周波数応答特性において、戻し操舵状態では切り込み操舵状態に比べて高周波数帯域でゲインを小さくすることができるように、前記操舵状態判断要素による判断結果に応じて前記位相制御要素の位相制御特性が変更される点にある。

40

本発明によれば、トルクセンサの出力信号の位相を位相制御要素により変化させることで、トルクセンサの入力に対する出力の周波数応答特性において、戻し操舵状態においては切り込み操舵状態に比べて高周波数帯域でゲインが小さくなる。これにより、戻し操舵時に切り込み方向への操舵トルクが急激に減少しても、トルクセンサによる検出操舵トルクに対応する基本アシストトルクの急激な減少を抑制できる。よって、戻し操舵時に切り込み操舵方向に作用する操舵補助力が急激に変化することはなく、ステアリングホイールの収斂性を向上できる。

【0005】

50

操舵トルクに対する基本アシストトルクの変化率であるアシスト勾配が検出操舵トルクの変化に応じて変化するように、操舵トルクと基本アシストトルクとの対応関係が設定され、検出操舵トルクに対応するアシスト勾配を求める手段が設けられ、前記トルクセンサの入力に対する出力の周波数応答特性において、少なくとも切り込み操舵状態では、アシスト勾配が増加すると増加前に比べて高周波数帯域でゲインを小さくすることができるように、アシスト勾配に応じて前記位相制御要素の位相制御特性が変更されるのが好ましい。

これにより、切り込み操舵状態においてアシスト勾配が増加すると、トルクセンサの入力に対する出力のオープンループ特性における位相余裕を増加させ、制御の安定性を向上することができる。

【発明の効果】

【0006】

本発明の電動パワーステアリング装置によれば、戻し操舵時におけるステアリングホイールの収斂性を向上し、切り込み操舵時においても制御の安定性を向上できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0007】

図1に示す第1実施形態の車両用電動パワーステアリング装置1は、操舵によるステアリングホイール2の回転を舵角が変化するように車輪3に伝達する機構を備える。本実施形態では、ステアリングホイール2の回転がステアリングシャフト4を介してピニオン5に伝達されることで、ピニオン5に噛み合うラック6が移動し、そのラック6の動きがタイロッド7やナックルアーム8を介して車輪3に伝達されることで舵角が変化する。

【0008】

ステアリングホイール2の回転を車輪3に伝達する経路に作用する操舵補助力を発生するモータ10が設けられている。本実施形態では、モータ10の出力シャフトの回転を減速ギヤ機構11を介してステアリングシャフト4に伝達することで操舵補助力を付与する。

【0009】

モータ10は駆動回路21を介してコンピュータにより構成される制御装置20に接続される。制御装置20に、ステアリングホイール2の操舵トルク T を検出するトルクセンサ22、ステアリングホイール2の回転角度に対応する操舵角度 θ_n を検出する舵角センサ23、車速 V を検出する車速センサ24、モータ10の駆動電流 i を検出する電流センサ26が接続される。

【0010】

図2は制御装置20によるモータ10の制御ブロック線図を示す。

トルクセンサ22の出力信号はローパスフィルタ61、位相制御要素62を介して演算部41に入力される。ローパスフィルタ61によりトルクセンサ22の出力信号から不要な高周波成分が除去される。位相制御要素62によりトルクセンサ22の出力信号の位相が制御される。操舵トルク T と基本アシスト電流 i_0 との対応関係がアシスト特性として例えばテーブルや演算式により記憶され、求めた操舵トルク T に対応する基本アシスト電流 i_0 が演算部41において演算される。操舵トルク T と基本アシスト電流 i_0 との対応関係は、例えば図2の演算部41に示すように、操舵トルク T の大きさが大きくなる程に基本アシスト電流 i_0 の大きさが大きくなるものとされる。操舵トルク T と基本アシスト電流 i_0 の正負の符号は、右操舵時と左操舵時とで逆とされる。

【0011】

車速 V と車速ゲイン G_v との対応関係が例えばテーブルや演算式により記憶され、求めた車速 V に対応する車速ゲイン G_v が演算部42において演算される。車速 V と車速ゲイン G_v との対応関係は、例えば図2の演算部42に示すように、車速 V が小さい時は大きい時よりも車速ゲイン G_v が大きくなるものとされる。

【0012】

基本アシスト電流 i_0 と基本車速ゲイン G_v の積が基本アシストトルク T_0 に対応する

10

20

30

40

50

。例えば図3に示すように、車速 V が一定であれば、操舵トルク T の大きさが大きくなる程に基本アシストトルク T_0 の大きさが大きくなり、且つ、操舵トルク T に対する基本アシストトルク T_0 の変化率 (dT_0/dT) であるアシスト勾配が大きくなるものとされている。また、基本アシストトルク T_0 は車速 V に応じて変化し、操舵トルク T が一定であれば車速 V が減少する程に基本アシストトルク T_0 が大きくなり、アシスト勾配が大きくなるものとされている。すなわち、アシスト勾配が検出操舵トルク T の変化に応じて変化するように、操舵トルク T と基本アシストトルク T_0 との対応関係が設定され、その設定された対応関係が制御装置20に記憶されている。

【0013】

制御装置20は、乗算部44において基本アシスト電流 i_0 に車速ゲイン G_v を乗じることでモータ10の目標駆動電流 i^* を求め、目標駆動電流 i^* と電流センサ26により求めた駆動電流 i との偏差を低減するようにモータ10をフィードバック制御する。すなわち、検出操舵トルク T に対応する基本アシストトルク T_0 に応じた操舵補助力が発生するようにモータ10が制御される。

10

【0014】

本実施形態の位相制御要素62は位相遅れ補償器として機能し、 s をラプラス演算子、 t を時定数、 $a (< 1)$ を係数として、その伝達関数 G_s は次式の通りとされる。

$$G_s = (1 + a t s) / (1 + t s)$$

【0015】

位相制御要素62は、スイッチ63を介して第1係数設定要素64aと第2係数設定要素64bとに選択的に接続される。スイッチ63は、ステアリングホイール2が直進操舵位置に向かい操舵される戻し操舵状態か、直進操舵位置から離れる方向に向い操舵される切り込み操舵状態かを判断する操舵状態判断要素43gに接続される。本実施形態の操舵状態判断要素43gは、右操舵状態にある時と左操舵状態にある時とで互いに逆とされる操舵トルク T の正負の符号と、ステアリングホイール2の右回転時と左回転時とで互いに逆とされる操舵角度 θ_n の変化速度の正負の符号とを比較し、両者が一致する場合は切り込み操舵状態、一致しない場合は戻し操舵状態と判断し、その判断に応じたスイッチ63の切り換え信号を出力する。

20

【0016】

切り込み操舵状態であるとの判断によりスイッチ63が切り換えられることで、位相制御要素62は第1係数設定要素64aに接続され、伝達関数 G_s における係数 a は予め設定された値とされる。戻し操舵状態であるとの判断によりスイッチ63が切り換えられることで、位相制御要素62は第2係数設定要素64bに接続され、伝達関数 G_s における係数 a は予め設定された値とされる。本実施形態の係数 a は一定で $1 > a > 0$ とされる。すなわち、戻し操舵状態では切り込み操舵状態に比べ係数 a は小さくされる。

30

【0017】

図4は、第1実施形態におけるトルクセンサ22の入力に対する出力の周波数応答特性を表し、横軸がトルクセンサ22の出力信号の周波数、縦軸がトルクセンサ22の入力に対する出力の振幅比を示す。図4において、位相制御要素62により信号の位相を遅らせない場合の特性を実線、係数 a が a_1 に設定される切り込み操舵状態における特性を破線、係数 a が a_2 に設定される戻し操舵状態における特性を一点鎖線で示し、 $\omega_1 = 1 / (2 t)$ 、 $\omega_2 = 1 / (2 t)$ 、 $\omega_3 = 1 / (2 t)$ 、 ω_c はローパスフィルタ61のカットオフ周波数である。すなわち、操舵状態判断要素43gによる判断結果に応じて位相制御要素62の位相制御特性が変更される。これにより、トルクセンサ22の出力信号の位相を位相制御要素62によって変化させることで、トルクセンサ22の入力に対する出力の周波数応答特性において、戻し操舵状態では切り込み操舵状態に比べて高周波数帯域でゲインを小さくできる。

40

【0018】

上記第1実施形態によれば、戻し操舵状態での折れ点周波数 ω_3 が切り込み操舵状態での折れ点周波数 ω_2 よりも大きくなるように位相制御要素62により設定されるので、そ

50

の設定周波数よりも周波数が大きな高周波数帯域では、トルクセンサ 22 の入力に対する出力のゲインを戻し操舵状態では切り込み操舵状態よりも低下させることができる。これにより、戻し操舵時に切り込み方向への操舵トルク T が急激に減少しても、トルクセンサ 22 による検出操舵トルク T に対応する基本アシストトルク T_0 の急激な減少を抑制できる。よって、戻し操舵時に切り込み操舵方向に作用する操舵補助力が急激に変化することはなく、ステアリングホイール 2 の収斂性を向上できる。

【0019】

図 5 ~ 図 7 は第 2 実施形態に係り、第 1 実施形態と同様部分は同一符号で示して以下相違点を説明する。本実施形態の位相制御要素 162 は位相進み遅れ補償器として機能し、 s をラプラス演算子、 t_1 、 t_2 を時定数、 a_1 、 a_2 を係数、 $t_1 > t_2$ 、 $a_1 > 1$ 、 $a_2 > 1$ として、その伝達関数 G_s は次式の通りとされる。

$$G_s = \{ (1 + a_1 t_1 s) (1 + a_2 t_2 s) \} / \{ (1 + t_1 s) (1 + t_2 s) \}$$

【0020】

切り込み操舵状態において位相制御要素 162 がスイッチ 63 を介して第 1 係数設定要素 164 a に接続されると、伝達関数 G_s における係数 a_1 は a_1 とされ、戻し操舵状態において位相制御要素 162 がスイッチ 63 を介して第 2 係数設定要素 164 b に接続されると、伝達関数 G_s における係数 a_1 は a_2 とされる。図 6 に示すように、本実施形態の係数 a_1 は操舵トルク T に対する基本アシストトルク T_0 の変化率であるアシスト勾配 $R = dT_0 / dT$ の関数とされ、切り込み操舵状態における係数 a_1 ($= a_1$) はアシスト勾配 R が増加すると減少し、戻し操舵状態における係数 a_1 ($= a_2$) はアシスト勾配 R が変化しても変化することのない一定値とされ、 a_1 とされる。すなわち、係数設定要素 164 a、164 b によりアシスト勾配 R が求められ、アシスト勾配 R に応じて位相制御要素 162 の位相制御特性が変更される。これにより、トルクセンサ 22 の入力に対する出力の周波数応答特性において、切り込み操舵状態では、アシスト勾配 R が増加すると増加前に比べて高周波数帯域でゲインを小さくすることができる。他の構成は第 1 実施形態と同様とされている。

【0021】

図 7 は、第 2 実施形態におけるトルクセンサ 22 の入力に対する出力の周波数応答特性を表し、係数 a_1 が a_1 に設定される切り込み操舵状態における特性を実線、係数 a_1 が a_2 に設定される戻し操舵状態における特性を破線で示し、 $\omega_1 = 1 / (2 t_1)$ 、 $\omega_2 = 1 / (2 t_1)$ 、 $\omega_3 = 1 / (2 t_1)$ 、 $\omega_4 = 1 / (2 a_2 t_2)$ 、 $\omega_5 = 1 / (2 t_2)$ である。すなわち、操舵状態判断要素 43 g による判断結果とアシスト勾配 R に応じて位相制御要素 162 の位相制御特性が変更される。これにより、戻し操舵状態での折れ点周波数 ω_3 が切り込み操舵状態での折れ点周波数 ω_2 よりも大きくなるように位相制御要素 162 により設定されるので、トルクセンサ 22 の入力に対する出力のゲインを戻し操舵状態では切り込み操舵状態よりも高周波数帯域で低下させることができる。さらに、切り込み操舵状態においてアシスト勾配 R が増加すると、トルクセンサ 22 の入力に対する出力のオープンループ特性における位相余裕を増加させ、制御の安定性を向上することができる。なお、戻し操舵状態における係数 a_1 もアシスト勾配 R が増加すると減少するようにしてもよい。

【0022】

本発明は上記実施形態に限定されない。例えば、上記実施形態の位相制御要素は位相遅れ補償器や位相進み遅れ補償器として機能するが、これに限定されず、例えば位相進み補償器として機能するものでもよく、位相進み補償器の伝達関数 $G_s = (1 + a t s) / (1 + t s)$ における係数 $a (> 1)$ を、戻し操舵状態においては切り込み操舵状態に比べて小さくすればよい。また、ステアリングホイールの回転を舵角が変化するように車輪に伝達する機構は実施形態に限定されず、ステアリングホイールの回転をステアリングシャフトからラックピニオン以外のリンク機構を介して車輪に伝達するようなものでもよい。さらに、操舵補助力発生用モータの出力の操舵系への伝達機構は操舵補助力を付与することができれば実施形態に限定されず、例えばラックと一体のボールスクリュウにねじ合わ

10

20

30

40

50

されるボールナットをモータの出力により駆動することで操舵補助力を付与してもよい。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】本発明の第1実施形態の電動パワーステアリング装置の構成説明図

【図2】本発明の第1実施形態の電動パワーステアリング装置の制御ブロック線図

【図3】本発明の実施形態の電動パワーステアリング装置における操舵トルクと基本アシストトルクと車速との関係を示す図

【図4】本発明の第1実施形態の電動パワーステアリング装置におけるトルクセンサの入力に対する出力の周波数応答特性を表す図

【図5】本発明の第2実施形態の電動パワーステアリング装置の制御ブロック線図

【図6】本発明の第2実施形態の電動パワーステアリング装置におけるアシスト勾配と位相制御要素における係数との関係を示す図

【図7】本発明の第2実施形態の電動パワーステアリング装置におけるトルクセンサの入力に対する出力の周波数応答特性を表す図

【符号の説明】

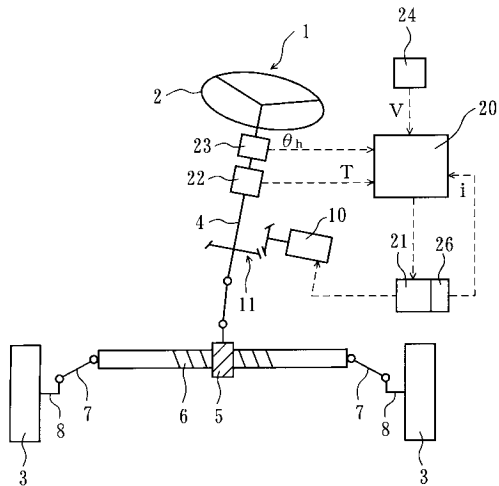
【0024】

- 1 電動パワーステアリング装置
- 2 ステアリングホイール
- 10 モータ
- 20 制御装置
- 22 トルクセンサ
- 43g 操舵状態判断要素
- 62 位相制御要素
- 162 位相制御要素

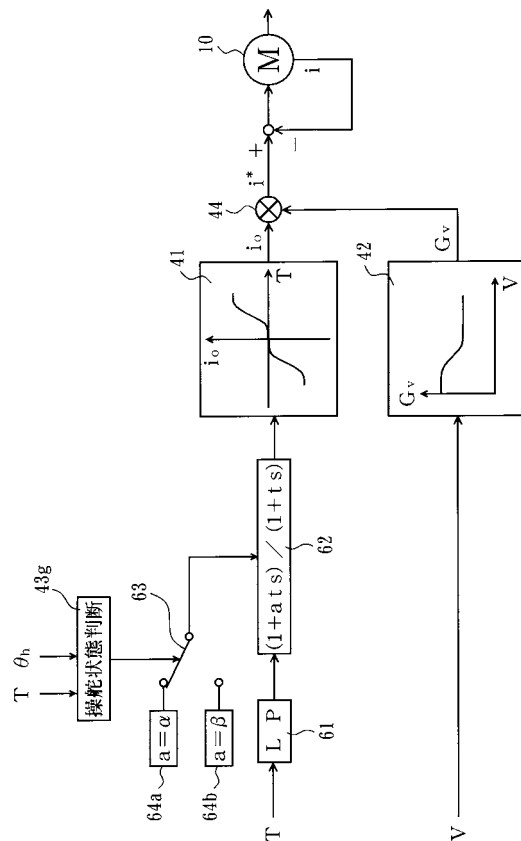
10

20

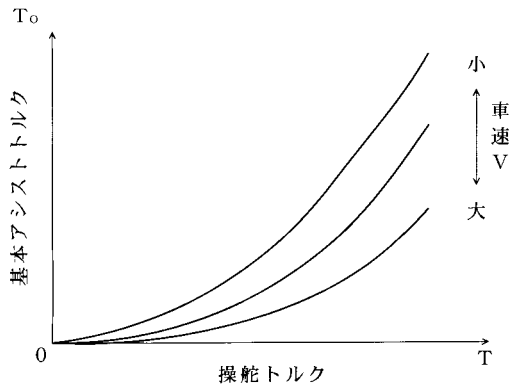
【図1】



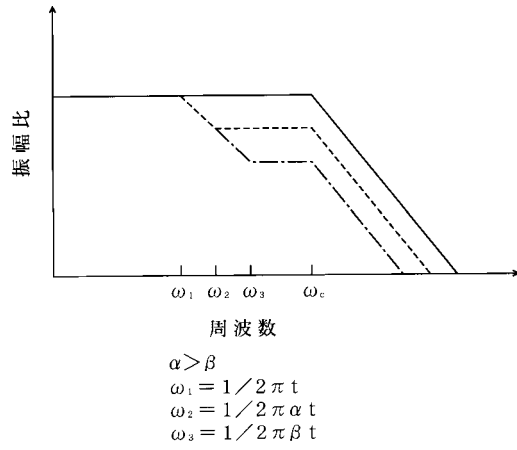
【図2】



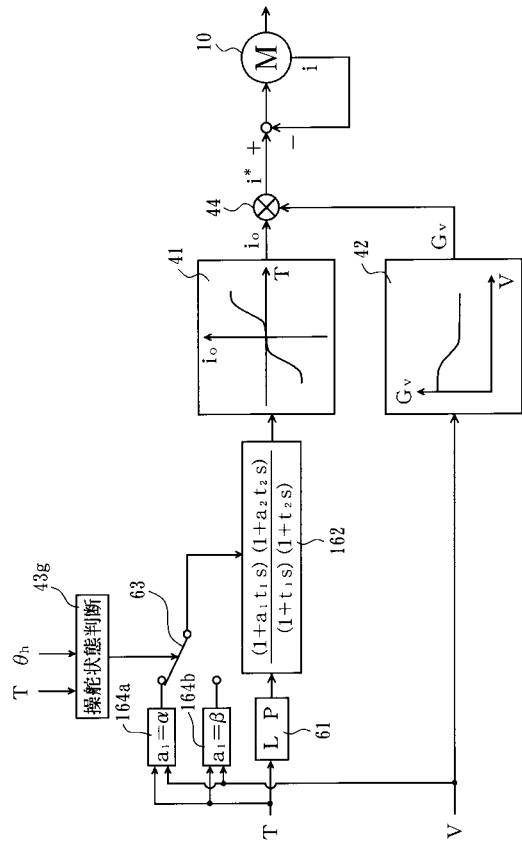
【図3】



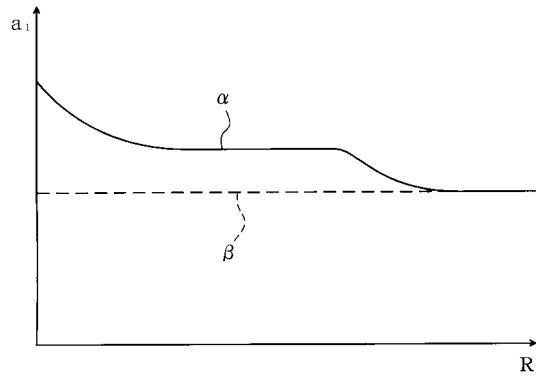
【図4】



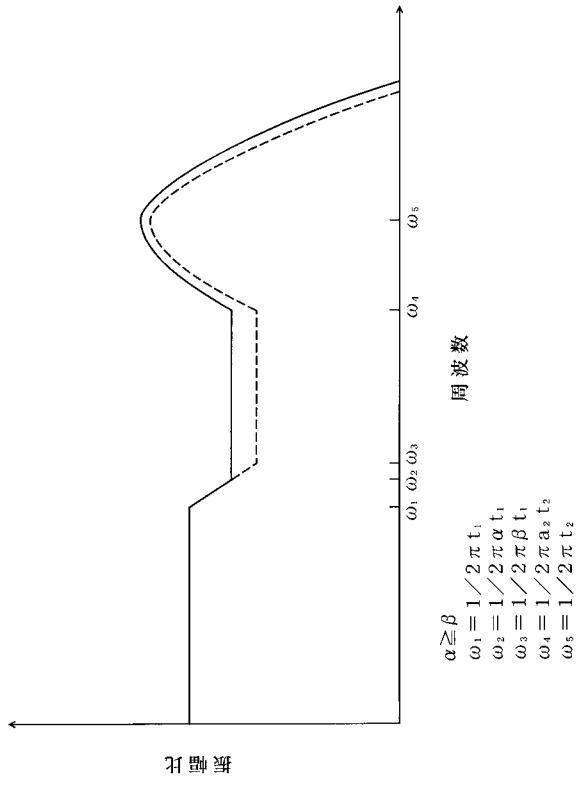
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平08 - 020350 (JP, A)
特開平08 - 091236 (JP, A)
特開2002 - 145101 (JP, A)
特開2001 - 088726 (JP, A)
特開2003 - 019974 (JP, A)
特開平08 - 282519 (JP, A)
特開2004 - 256068 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B62D 6/00
B62D 5/04