

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3680739号
(P3680739)

(45) 発行日 平成17年8月10日(2005.8.10)

(24) 登録日 平成17年5月27日(2005.5.27)

(51) Int. Cl.⁷

F I

F 1 6 H 61/02
F 1 6 H 15/38
// F 1 6 H 59:40
F 1 6 H 101:04

F 1 6 H 61/02
F 1 6 H 15/38
F 1 6 H 59:40
F 1 6 H 101:04

請求項の数 5 (全 49 頁)

(21) 出願番号	特願2001-29547 (P2001-29547)	(73) 特許権者	000003997 日産自動車株式会社 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
(22) 出願日	平成13年2月6日(2001.2.6)	(74) 代理人	100075513 弁理士 後藤 政喜
(65) 公開番号	特開2002-227981 (P2002-227981A)	(74) 代理人	100084537 弁理士 松田 嘉夫
(43) 公開日	平成14年8月14日(2002.8.14)	(72) 発明者	城 新一郎 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内
審査請求日	平成14年11月29日(2002.11.29)	(72) 発明者	川邊 武俊 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内
		審査官	小原 一郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 無段変速機の変速制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

変速アクチュエータの駆動に応じて変速比を連続的に変更可能なトロイダル型無段変速機と、

車両の運転状態に応じて目標変速比を演算する目標変速比演算手段と、

パワーローラの傾転角度に相当する物理量を検出する傾転角度相当物理量検出手段と、

前記目標変速比と傾転角度相当物理量に基づいて変速アクチュエータへの指令値をフィードバック制御するフィードバック制御手段とを備えた無段変速機の変速制御装置において

前記フィードバック制御手段は状態観測器を備え、

この状態観測器は、

トロイダル型無段変速機の出力側の回転数を検出する出力側回転数検出手段と、

この出力側回転数と前記傾転角度相当物理量からトラニオンの軸方向変位量を変速速度に変換する変換係数 f を演算する変換係数演算手段と、

変速比相当物理量と変速アクチュエータ指令値を入力とするフィルタを用いて、このフィルタの状態量である準推定状態量を推定する準状態量推定手段と、

この準推定状態量と変速比相当物理量を入力し、予め設定した変数変換係数であるオブザーバゲインを用いて、この準推定状態量と傾転角度相当物理量をトラニオンの軸方向変位推定値に変換する変位量変換手段と、

前記フィルタの状態量である準推定状態量の係数行列が一定値となるように、前記変換係

数 f に応じてオブザーバゲインを補正する係数補正手段と、を有することを特徴とする無段変速機の変速制御装置。

【請求項 2】

前記状態観測器は、変速アクチュエータ指令値として変速アクチュエータの位置を用いることを特徴とする請求項 1 に記載の無段変速機の変速制御装置。

【請求項 3】

前記状態観測器は、変速アクチュエータ指令値として変速アクチュエータの速度を用いることを特徴とする請求項 1 に記載の無段変速機の変速制御装置。

【請求項 4】

前記準状態量推定手段は、前記のフィルタの係数をオブザーバゲインの時間微分値で補正する第 2 補正手段を有することを特徴とする請求項 1 ないし請求項 3 のいずれかひとつに記載の無段変速機の変速制御装置。

10

【請求項 5】

前記第 2 補正手段は、前記係数補正手段の出力値を入力とするローパスフィルタを有し、前記オブザーバゲインはこのローパスフィルタの出力とし、前記オブザーバゲインの時間微分値は、このローパスフィルタの中間変数であるローパスフィルタの出力値の時間微分値であることを特徴とする請求項 4 に記載の無段変速機の変速制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

20

本発明は、無段変速機の変速制御に関し、特に、状態観測器を備えて状態フィードバック制御を行う無段変速機の変速制御装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

状態観測器を用いてトロイダル型無段変速機のトラニオンの軸方向変位を推定し、変速制御を行うものとしては、特開平 8 - 270772 号公報がある。

【0003】

これは、図 23 に示すように、トロイダル型無段変速機 70 を制御する変速制御コントローラ 80 は、車速 VSP とアクセル踏み込み量 APS から到達入力軸回転数 $\dot{\theta}_r$ を求める変速マップ 81 と、到達入力軸回転数 $\dot{\theta}_r$ と車速 VSP から到達変速比 $\dot{\theta}_r$ 及びフィードフォワード制御分の指令値 u_{FF} (ステップモータステップ数) を求める到達傾転角演算部 82、到達変速比 $\dot{\theta}_r$ とパワーローラの傾転角 θ_{PL} から PI 制御分の指令値 u_{PI} (ステップモータステップ数) を求める PI 制御部 83、パワーローラの傾転角度 θ_{PL} と変速指令値 u に応じて微分分の指令値 u_D (ステップモータステップ数) を求める傾転角速度演算部 84 とを有し、フィードフォワード制御分の指令値 u_{FF} と PI 制御分の指令値 u_{PI} の和から微分分の指令値 u_D を差し引いて指令値 u を出力し、ステップモータを駆動する。

30

【0004】

図 23 のトロイダル型無段変速機 70 は、動特性を示すブロック図であり、指令値 u に応じてステップモータが変速制御弁 (以下、油圧制御バルブ) のスプールを変位させると、このスプールの変位量 x に応じてトラニオンに軸方向変位 y が生じ、パワーローラが傾転して変速が行われる。なお、トロイダル型無段変速機 70 には、図示しないプリセカムなどにより、トラニオンの軸方向変位 y とパワーローラの傾転角 θ_{PL} に基づくメカニカルフィードバック系が構成されている。

40

【0005】

ここで、油圧制御バルブのスプール変位 x は、次の (1) 式のように、ステップモータステップ数 u と傾転角度 θ_{PL} とトラニオンの軸方向変位 y とから、

【0006】

【数 1】

$$x = -a_1\phi - a_2(y + \Delta y) + bu \quad \dots\dots\dots(1)$$

【 0 0 0 7 】

として表される。

【 0 0 0 8 】

ここで、 y は、パワーローラとトラニオン間のガタや、トラニオンの曲げ伸縮によって生じる設計値からのずれ量であり、制御系の設計においては外乱とみなすことができ、傾転角度は y の影響を受けるため、傾転角度を検出し、目標傾転角度 ϕ^* との偏差をフィードバックする制御系が必要となる。

10

【 0 0 0 9 】

トラニオンの軸方向変位 y は、スプール変位 x の積分量となるから、

【 0 0 1 0 】

【数 2】

$$dy = x \quad \dots\dots\dots(2)$$

20

【 0 0 1 1 】

トラニオンの軸方向変位 y と傾転角速度 d には、次の (3) 式の関係がある。

【 0 0 1 2 】

【数 3】

$$d\phi = fy \quad \dots\dots\dots(3)$$

【 0 0 1 3 】

ここで、 f は傾転角度 ϕ と出力ディスク回転数 ω_o に依存しており、次の (4) 式で表すことができる。

30

【 0 0 1 4 】

【数 4】

$$f = \frac{\cos(c_{g1} - \phi) \{c_{g0} - \cos(2c_{g1} - \phi)\}}{c_f} \omega_o \quad \dots(4)$$

40

【 0 0 1 5 】

ただし、上記 (4) 式中の C_{g0} 、 C_{g1} 、 C_f はトロイダル型無段変速機 7 0 の構造で決まる定数であり、また、傾転角度 ϕ は傾転角速度 d の積分量である。

【 0 0 1 6 】

ここで、上記 (1) 式、(2) 式、(3) 式をまとめると、トロイダル型無段変速機 7 0 は、次の (5) 式で示す動特性で表現できる。

【 0 0 1 7 】

【数 5】

$$\left. \begin{aligned} dx_A &= A_A x_A + B_A u \\ \phi &= C_0 x \\ x_A &= \begin{bmatrix} \phi \\ y \end{bmatrix}, A_A = \begin{bmatrix} 0 & f \\ -a_1 & -a_2 \end{bmatrix}, B_A = \begin{bmatrix} 0 \\ b \end{bmatrix}, C_0 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \end{aligned} \right\} \dots(5)$$

【 0 0 1 8 】

変速制御コントローラ 80 は、センサ等で計測する実際の傾転角度 ϕ あるいは実変速比 ic などの実傾転角度 ϕ に相当する物理量と、アクセル踏み込み量 APS と、車速 VSP を入力して、トロイダル型無段変速機 70 の変速比あるいは傾転角度 ϕ が、アクセル踏み込み量 APS と、車速 VSP から予測する運転者の意図に合ったものになるように、ステップモータステップ数指令値 u を出力してトロイダル型無段変速機 70 の変速比 ic あるいは傾転角度 ϕ を制御する。

【 0 0 1 9 】

上記図 23 に示した変速マップ 81 は、アクセル踏み込み量 APS と、車速 VSP を入力し、予め設定した変速マップを用いて到達エンジン回転数 ω_e^* を出力する。

【 0 0 2 0 】

到達傾転角演算部 82 は、次の (6) 式を使い、到達エンジン回転数 ω_e^* とトロイダル型無段変速機 70 の出力軸回転数 ω_o から到達変速比 ic^* を求める。

【 0 0 2 1 】

【 数 6 】

$$ic^* = \omega_e^* / \omega_o \quad \dots\dots\dots(6)$$

【 0 0 2 2 】

そして、図 24 に示す変速比と傾転角度の関係マップを使って、到達変速比 ic^* から到達傾転角度 ϕ^* を求める。

【 0 0 2 3 】

図 24 に示すように、変速比に対して傾転角度は一意に決まる。出力軸回転数 ω_o と車速 VSP には比例関係があり、TCVT 出力軸回転数 ω_o は、車速 VSP に車両の構造で決まる定数を掛けて求める。

【 0 0 2 4 】

また、図 25 に示す設計値における傾転角度とステップモータステップ数の関係を使い、到達傾転角度 ϕ^* からフィードフォワードステップ数 u_{FF} を求める。

【 0 0 2 5 】

PI 制御部 83 は、到達傾転角度 ϕ^* と実傾転角度 ϕ を入力し、到達傾転角度 ϕ^* と実傾転角度 ϕ の偏差 e をゼロとするようなフィードバックステップ数出力 u_{PI} を出力する。

【 0 0 2 6 】

偏差 e とフィードバックステップ数出力 u_{PI} とが、次の (7) 式を満足するように PI 制御部 83 を構成する。

【 0 0 2 7 】

【 数 7 】

$$u_{PI} = K_P e + \frac{K_I}{s} e \quad \dots\dots\dots(7)$$

【 0 0 2 8 】

10

20

30

40

50

ここで、 K_p 、 K_i は、それぞれ設計者が決めるPI制御部83の比例ゲインと積分ゲインである。すなわち、PI制御によるフィードバックを行うことで、ガタやトラニオンの曲げ伸縮による傾転角度のずれを補償し、ガタやトラニオンの曲げ伸縮があっても傾転角度を到達傾転角度 ϕ^* に一致させることができる。

【0029】

また、トロイダル型無段変速機70において、リンク比から決まるプリセスカムによるフィードバックゲイン a_1 、 a_2 を大きくすると、ガタやトラニオンの曲げ伸縮による誤差の影響を受けて、ハンチングや傾転角度のずれが大きくなる可能性があるので、 a_1 、 a_2 はフェールセーフを考慮した必要最小限の大きさになるようにリンクを構成する。そして、傾転角度のずれを十分速く補償するために、PI制御のゲイン K_p 、 K_i を十分大きくする。

10

【0030】

傾転角速度演算部84は、後述する状態観測器を用いてトラニオンの軸方向変位の推定値 y_m を推定し、ダンピングステップ数 u_D を求める。PI制御のゲイン K_p 、 K_i を大きくすることで発生するハンチングは、トラニオンの軸方向変位の推定値 y_m を電氣的にフィードバックすることによるダンピング効果で抑制することができる。

【0031】

傾転角速度演算部84における状態観測器は、次の(8)式のように構成され、実傾転角度 ϕ とステップモータステップ数指令値 u を入力して、トラニオンの軸方向変位の推定値 y_m と傾転角度の推定値 ϕ_m を求める。

20

【0032】

【数8】

$$\left. \begin{aligned} dx_{Ae} &= A_A x_{Ae} + B_A u + (\phi - \phi_e) \\ &= (A_A - K_A C_0) x_{Ae} + B_A u + K \phi \\ &= A_{ob0} x_{Ae} + B_A u + K \phi \\ x_{Ae} &= \begin{bmatrix} \phi_m \\ y_m \end{bmatrix}, K = \begin{bmatrix} k_1 \\ y_2 \end{bmatrix} \\ A_{ob0} &= A_A - K C_0 = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \\ a_{11} &= -k_1 \\ a_{12} &= f \\ a_{21} &= -(k_2 + a_1) \\ a_{22} &= -a_2 \\ k_1 &= 2\omega - a_2 \\ k_2 &= (\omega^2 - k_1 a_2) / f - a_1 \end{aligned} \right\} \dots(8)$$

30

40

【0033】

ここで、 ϕ_m は状態観測器の極であり、次の(9)式に示すトラニオンの軸方向変位と傾転角度からなるトロイダル型無段変速機70の状態量の推定値 x_{Ae} と実際値 x_A の偏差 e_{obA} が、ゼロに収束する速さを決める定数である。

【0034】

【数9】

$$e_{obA} = x_A - x_{Ae} \quad \dots\dots\dots(9)$$

【 0 0 3 5 】

そして、状態観測器を用いて推定したトラニオンの軸方向変位の推定値 y_m に、 f に比例して決まる制御ゲイン（微分ゲイン） K_D をかけて、ダンピングステップ数 u_D を出力する。

【 0 0 3 6 】

傾転角度にダンピングを与えるためには、傾転角速度 d をステップモータステップ数へフィードバックする。しかし、傾転角速度 d は直接計測することができないため、代わりに傾転角速度の推定値 d_m を用いて、ダンピングステップ数 u_D を次の（ 1 0 ）式より得る。

【 0 0 3 7 】

【 数 1 0 】

$$u_D = cd\phi_m \quad \dots\dots\dots(10)$$

【 0 0 3 8 】

ここで、 c はダンピングの強さを決める定数である。傾転角速度 d とトラニオンの軸方向変位 y には上記（ 3 ）式の関係があるので、上記（ 1 0 ）式は次の（ 1 1 ）式のように表せる。

【 0 0 3 9 】

【 数 1 1 】

$$u_D = cfy_m \quad \dots\dots\dots(11)$$

【 0 0 4 0 】

ここで、 K_D を（ 1 2 ）式のように設定する。

【 0 0 4 1 】

【 数 1 2 】

$$K_D = cf \quad \dots\dots\dots(12)$$

【 0 0 4 2 】

よって、ダンピングステップ数 u_D とトラニオンの軸方向変位の推定値 y_m は、制御ゲイン K_D を用いて、次の（ 1 3 ）式で表される。

【 0 0 4 3 】

【 数 1 3 】

$$u_D = K_D y_m \quad \dots\dots\dots(13)$$

【 0 0 4 4 】

このように、ダンピングステップ数 u_D により傾転角度の微分値が電氣的にステップモータステップ数へフィードバックされるので傾転角度はダンピングされる。

【 0 0 4 5 】

ステップモータステップ数指令値 u と、フィードフォワードステップ数 u_{FF} とフィードバックステップ数 u_{PI} とダンピングステップ数 u_D は、次の（ 1 4 ）式の関係となる。

【 0 0 4 6 】

【 数 1 4 】

10

20

30

40

50

$$u = u_{FF} + u_{PI} - u_D \quad \dots\dots(14)$$

【 0 0 4 7 】

【 発明が解決しようとする課題 】

上記従来例において、上記 (5) 式から (8) 式を引いて、次の (1 5) 式を得る。

【 0 0 4 8 】

【 数 1 5 】

$$\left. \begin{aligned} dx_A - dx_{Ae} &= A_A(x_A - x_{Ae}) - K(\phi - \phi_e) \\ dx_A - dx_{Ae} &= (A_A - KC_0)(x_A - x_{Ae}) \\ de_{obA} &= A_{ob0}e_{obA} \end{aligned} \right\} \dots(15)$$

10

【 0 0 4 9 】

この (1 5) 式から、状態量の推定値 x_{Ae} と状態量の実値 x_A との偏差 e_{obA} は、 A_{ob0} に応じた動特性で減少する。

20

【 0 0 5 0 】

上記 (8) 式で示すように、 A_{ob0} は f を含んでおり、 f は (4) 式に示したように、傾転角度 と T C V T の出力軸回転数 ω に依存しているため、変速の過渡状態や、エンジン回転数の過渡状態において値が変化する時変なパラメータである。さらに、(8) 式の状態観測器は f の時間変化の項を考慮してしていない。 A_{ob0} が時変であり、状態観測器は f の時間変化の項を考慮していないため、状態量の実値と推定値の偏差 e_{obA} は一定の時定数の線形応答で減衰しない。さらに過渡状態において、推定値が実際の値へ安定に収束することも理論的に明快には保証されていない。

【 0 0 5 1 】

上記図 2 3 に示す目標傾転角度 ϕ^* から実傾転角度への閉ループ系の動特性は、(8) 式で示す状態観測器の減衰特性と、P I 制御部 8 3 が与える過渡特性で決まる。通常は、状態観測器の減衰特性と P I 制御部 8 3 の制御定数を関連づけて、目標傾転角度 ϕ^* から実傾転角度 ϕ への閉ループ系を設計する。

30

【 0 0 5 2 】

しかし上記従来技術の状態観測器は、トラニオンの軸方向変位推定値 y_m と実際の軸方向変位 y との偏差 e_{obA} が一定の時定数の線形応答で減衰しないことにより、状態観測器によるトラニオンの軸方向変位推定値 y_m が与える減衰特性を予測し難く、理想的な閉ループ系の動特性を設計する際に、計算機シミュレーションや実験を十分に行う必要があり、長い開発時間とコストを要する。

【 0 0 5 3 】

さらにこの状態観測器において、過渡状態で推定値が実際の値へ安定に発散することなく収束することが理論的に明快には保証されていないので、外乱の影響が大きい状況によっては、実傾転角度 ϕ の目標傾転角度 ϕ^* への追従が遅くなる恐れがある。

40

【 0 0 5 4 】

さらに、ステップモータが脱調して指令値どおりに動作しない場合、ステップ数指令値と実際のステップ数のずれが定常的に残る。ステップ数指令値を入力とする状態観測器において、図 1 3 (a) のように、ステップモータの脱調による外乱 u がステップ数に入る場合を考える。

【 0 0 5 5 】

このときの実際のステップ数 u_p とステップ数指令値 u と外乱 u とは (1 6) 式の関係

50

とする。

【 0 0 5 6 】

【 数 1 6 】

$$u_p = u + \Delta u \quad \dots\dots\dots(16)$$

【 0 0 5 7 】

トロイダル型無段変速機 70 に入力するステップ数は u_p であるとして、上記 (5) 式を書き直すと (1 7) 式を得る。

10

【 0 0 5 8 】

【 数 1 7 】

$$\begin{aligned} dx_A &= A_A x_A + B_A u_p \\ &= A_A x_A + B_A u + B_A \Delta u \quad \dots\dots\dots(17) \end{aligned}$$

【 0 0 5 9 】

なお、状態観測器は上記 (8) 式と同様に表される。

20

【 0 0 6 0 】

状態量の推定値 x_{Ae} と状態量の実際値 x_A と偏差 e_{obA} との関係を (9) 式で表し、上記 (1 7) 式から (8) 式を引くと、(1 8) 式を得る。

【 0 0 6 1 】

【 数 1 8 】

$$de_{obA} = A_{ob0} e_{obA} + B_A \Delta u \quad \dots\dots\dots(18)$$

30

【 0 0 6 2 】

定常的な偏差 e_{obA} を求めるために、上記 (1 8) 式において $de_{obA} = 0$ とすると、次の (1 9) 式を得る。

【 0 0 6 3 】

【 数 1 9 】

$$\left. \begin{aligned} A_{ob0} e_{obA} + B_A \Delta u &= 0 \\ \left[\begin{array}{cc} -k_1 & f \\ -a_1 - k_2 & -a_2 \end{array} \right] e_{obA} &= - \begin{bmatrix} 0 \\ b \end{bmatrix} \Delta u \\ e_{obA} &= - \frac{1}{a_2 k_1 + f(a_1 + k_2)} \begin{bmatrix} k_1 & -a_1 - k_2 \\ f & a_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ b \Delta u \end{bmatrix} \\ &= - \frac{1}{a_2 k_1 + f(a_1 + k_2)} \begin{bmatrix} b \Delta u (a_1 + k_2) \\ a_2 b \Delta u \end{bmatrix} \end{aligned} \right\} \dots\dots(19)$$

40

50

【0064】

このように、定常的な外乱 u により、偏差 $e_{o,bA}$ は定常的にゼロとならずに偏差が残ることが問題である。ステップモータのステップ数を定常的に指令値と一致させるには、センサ等を用いてステップモータが出力する変位を検出し、この変位からステップ数を推定する等を行って実際のステップ数が検出可能であるか、あるいは随時ステップモータを基準位置へ移動して初期化を行う等の操作を行う必要があるが、コストの増加を招いたり、走行中に初期化を行うことが必要になるという問題がある。

【0065】

そこで、本発明は上記問題点に鑑みてなされたもので、コストの増大を抑制しながらも、理想的な閉ループ系の動特性を実現することを目的とする。

10

【0066】

【課題を解決するための手段】

第1の発明は、変速アクチュエータの駆動に応じて変速比を連続的に変更可能なトロイダル型無段変速機と、車両の運転状態に応じて目標変速比を演算する目標変速比演算手段と、パワーローラの傾転角度に相当する物理量を検出する傾転角度相当物理量検出手段と、前記目標変速比と傾転角度相当物理量に基づいて変速アクチュエータへの指令値をフィードバック制御するフィードバック制御手段とを備えた無段変速機の変速制御装置において

前記フィードバック制御手段は状態観測器を備え、この状態観測器は、

トロイダル型無段変速機の出力側の回転数を検出する出力側回転数検出手段と、この出力側回転数と前記傾転角度相当物理量からトラニオンの軸方向変位量を変速速度（または傾転角速度）に変換する変換係数 f を演算する変換係数演算手段と、変速比相当物理量と変速アクチュエータ指令値を入力とするフィルタを用いて、このフィルタの状態量である準推定状態量を推定する準状態量推定手段と、この準推定状態量と変速比相当物理量を入力し、予め設定した変数変換係数であるオブザーバゲインを用いて、この準推定状態量と傾転角度相当物理量をトラニオンの軸方向変位推定値に変換する変位量変換手段と、前記フィルタの状態量である準推定状態量の係数行列が一定値となるように、前記変換係数 f に応じてオブザーバゲインを補正する係数補正手段と、を有する。

20

【0067】

なお、トロイダル型無段変速機は、入出力ディスク間に挟持されたパワーローラを支持するトラニオンと、このトラニオンに連結された油圧アクチュエータと、この油圧アクチュエータへ油圧を供給する油圧制御弁と、この油圧制御弁を動作させる変速アクチュエータと、トラニオンの軸方向変位及び傾転角度を伝達するプリセスカムと、プリセスカムからのフィードバック量と変速アクチュエータの位置から油圧制御弁を制御するリンク機構とを有する。

30

【0068】

また、第2の発明は、前記第1の発明において、前記状態観測器は、変速アクチュエータ指令値として変速アクチュエータの位置を用いる。

【0069】

また、第3の発明は、前記第1の発明において、前記状態観測器は、変速アクチュエータ指令値として変速アクチュエータの速度を用いる。

40

【0070】

また、第4の発明は、前記第1ないし第3の発明のいずれかひとつにおいて、前記準状態量推定手段は、前記のフィルタの係数をオブザーバゲインの時間微分値で補正する第2補正手段を有する。

【0071】

また、第5の発明は、前記第4の発明において、前記第2補正手段は、前記係数補正手段の出力値を入力とするローパスフィルタを有し、前記オブザーバゲインはこのローパスフィルタの出力とし、前記オブザーバゲインの時間微分値は、このローパスフィルタの中間変数であるローパスフィルタの出力値の時間微分値である。

50

【0072】

【発明の効果】

したがって、第1の発明は、図22に示すように、状態観測器は変換係数算出手段と準状態量推定手段と変換手段と係数補正手段とからなり、変換係数算出手段は、傾転角度に相当する物理量とトロイダル型無段変速機の出力側回転数とから変換係数 f を算出する。また、準状態量推定手段は、傾転角度に相当する物理量と変速アクチュエータ指令値を入力とするフィルタを用いて、該フィルタの状態量である準推定状態量を推定する。

【0073】

変換手段は、該準推定状態量と傾転角度に相当する物理量を入力し、所定の変数変換係数であるオブザーバゲインを用いて、該準推定状態量と傾転角度に相当する物理量をパワーローラ軸方向変位推定値に変換する。係数補正手段は、該フィルタの時定数を定める遷移行列 A_{ob} が一定値となるように、 f に応じてオブザーバゲインを補正する。

10

【0074】

以上のような構成により、トラニオンの軸方向変位の推定値が、一定の時定数のもとに線形時不変の応答で安定に実際値へ収束することが理論的に保証されるため、目標傾転角度 θ^* （目標変速比）から実傾転角度（実変速比）への閉ループ系（状態フィードバック系）の動特性を設計する際に行う計算機シミュレーションや実験が減り、開発時間とコストを削減できるのである。

【0075】

また、第2の発明によれば、状態観測器の変速アクチュエータ指令値は、変速アクチュエータの位置としたので、パワーローラ軸方向変位の推定値をダンピング効果として用いることができ、目標変速比と実変速比の偏差に応じて変速アクチュエータ位置を指令値として出力する従来技術の制御則の一部をそのまま使用しながら、パワーローラ軸方向変位の推定値が、一定の時定数のもとに線形時不変の応答で安定に実際値へ収束することが保証できる。

20

【0076】

また、第3の発明によれば、状態観測器の変速アクチュエータ指令値は、変速アクチュエータの速度とし、この速度に基づいてステップ数を推定する構成としたので、変速アクチュエータとしてステップモータを用いた場合、ステップモータの脱調の影響によるトラニオンの軸方向変位推定値の定常的なずれは状態観測器で自動的に補正することができ、変速制御の精度を確保することができる。

30

【0077】

第4の発明によれば、状態観測器において、準状態量推定手段のフィルタの係数をオブザーバゲインの時間微分値で補正する第2補正手段を有する構成としたので、変速の過渡状態における状態観測器の推定精度が向上する。

【0078】

第5の発明によれば、状態観測器の第2補正手段において、係数補正手段の出力値を入力とするローパスフィルタを有し、オブザーバゲインはこのローパスフィルタの出力であり、オブザーバゲインの時間微分値はこのローパスフィルタの中間変数であるローパスフィルタの出力値の時間微分値である構成としたので、オブザーバゲインの微分値を求める際の微分演算は行わず、オブザーバゲインの微分値へのノイズの混入が防止され、推定値へのノイズの影響が減るので、推定精度が向上する。

40

【0079】

なお、係数補正手段において、オブザーバゲインは f に応じて補正され、変換係数算出手段において、 f は傾転角度に相当する物理量とトロイダル型無段変速機の回転数から算出する。そのため、傾転角度に相当する物理量あるいは回転数をセンサで検出した場合は、検出値にノイズが混入する場合は、 f やオブザーバゲインにもノイズが混入する。そのため、状態観測器の第2補正手段において、オブザーバゲインの時間微分値の算出に微分器を用いた場合、ノイズが増幅されて、オブザーバゲインの時間微分値が振動的になり、本来のオブザーバゲインの時間微分値の信号がノイズに埋もれてしまうからである。

50

【 0 0 8 0 】

【 発明の実施の形態 】

以下、本発明の一実施形態を添付図面に基づいて説明する。

【 0 0 8 1 】

図 1 はトロイダル型無段変速機 7 0 (以下、TCVT) の概略構成図であり、図 2 は、その断面、および、変速制御系の構成を示したものであり、図 3 は T C V T の変速比に対し一意に決まる傾転角度を目標値に従い制御するような変速指令値を決定するコントローラを含めた構成図であり、図 2 1 はパワーローラ軸方向変位を推定する状態観測器の構成図である。

【 0 0 8 2 】

図 1 に示すトロイダル型無段変速装置 7 0 は、図中上方で連結される動力源としてのエンジン (図示せず) の回転が、トルクコンバータ 1 2 を介してトロイダル型無段変速機 7 0 に入力されるようになっている。

【 0 0 8 3 】

上記トルクコンバータ 1 2 は一般に良く知られているように、ポンプインペラ 1 2 a、タービンランナ 1 2 b およびステータ 1 2 c を備え、特に該トルクコンバータ 1 2 ではロックアップクラッチ 1 2 d が設けられている。

【 0 0 8 4 】

そして、上記トロイダル型無段変速機 7 0 は、トルクコンバータ 1 2 の出力回転軸 1 4 と同軸上に配置されるトルク伝達軸 1 6 が設けられ、該トルク伝達軸 1 6 に第一トロイダル変速部 1 8 と第二トロイダル変速部 2 0 とがタンデム配置されている。

【 0 0 8 5 】

上記トルク伝達軸 1 6 は中空に形成されると共に、ハウジング 2 2 に対し軸方向に若干の移動が可能に取付けられている。上記第一、第二トロイダル変速部 1 8、2 0 は、それぞれの対抗面がトロイダル曲面に形成される一对の第一入力ディスク 1 8 a、第一出力ディスク 1 8 b および第二入力ディスク 2 0 a、第二出力ディスク 2 0 b と、それぞれの対抗面間に摩擦接触されるパワーローラ 1 8 c、1 8 d、および 2 0 c、2 0 d とによって構成される。

【 0 0 8 6 】

第一トロイダル変速部 1 8 は上記トルク伝達軸 1 6 の図中上方に配置されると共に、上記第二トロイダル変速部 2 0 は該トルク伝達軸 1 6 の図中下方に配置され、かつ、それぞれの第一入力ディスク 1 8 a および第二入力ディスク 2 0 a は互いに外側に配置されると共に、第一出力ディスク 1 8 b および第二出力ディスク 2 0 b は互いに内側に配置されている。そして、上記第一、第二入力ディスク 1 8 a、2 0 a はボールスプライン 2 4、2 6 を介して上記トルク伝達軸 1 6 に、回転方向に係止されかつ軸方向の滑らかな移動が可能に取付けられている。

【 0 0 8 7 】

一方、上記第一、第二出力ディスク 1 8 b、2 0 b は、上記トルク伝達軸 1 6 と相対回転可能に軸支された出力ギア 2 8 にスプライン結合され、該第一、第二出力ディスク 1 8 b、2 0 b に伝達された回転力は、出力ギア 2 8 と歯合する入力ギア 3 0 a を介してカウンタシャフト 3 0 に伝達され、さらに、回転力出力経路を介して図示しない出力軸に伝達される。

【 0 0 8 8 】

ところで、上記第一入力ディスク 1 8 a の外側にはローディングカム装置 3 4 が設けられ、このローディングカム装置 3 4 には、回転力入力経路を介して伝達されるエンジン回転が入力され、この入力トルクに応じた押圧力がローディングカム装置 3 4 によって発生されるようになっている。なお、上記ローディングカム装置 3 4 のローディングカム 3 4 a は、上記トルク伝達軸 1 6 と相対回転可能に係合すると共に、スラストベアリング 3 6 を介して該トルク伝達軸 1 6 に係止される。

【 0 0 8 9 】

10

20

30

40

50

また、上記第二入力ディスク 20 a と上記トルク伝達軸 16 の図中下方端部との間に皿バネ 38 が設けられている。従って、上記ローディングカム装置 34 で発生される押圧力は、第一入力ディスク 18 a に作用すると共に、上記トルク伝達軸 16 および上記皿バネ 38 を介して第二入力ディスク 20 a にも作用し、かつ、上記皿バネ 38 によって発生される予圧力は、第二入力ディスク 20 a に作用すると共に、上記トルク伝達軸 16 および上記ローディングカム装置 34 を介して第一入力ディスク 18 a にも作用するようになっている。

【0090】

ところで、上記ローディングカム装置 34 と上記トルクコンバータ 12 との間の回転力入力経路には、車両の前進時と後進時の回転方向を切り換える前後進切換装置 40 が設けら

10

【0091】

上記前後進切換装置 40 は、ダブルプラネタリー方式の遊星歯車機構 42 と、該遊星歯車機構 42 のキャリア 42 a を上記出力回転軸 14 に締結可能なフォワードクラッチ 44 と、該遊星歯車機構 42 のリングギア 42 b を上記ハウジング 22 に締結可能なリバースブレーキ 46 とによって構成される。

【0092】

そして、上記前後進切換装置 40 では、フォワードクラッチ 44 を締結すると共に、リバースブレーキ 46 を開放することにより、エンジン回転と同方向の回転が上記ローディングカム装置に入力され、かつ、フォワードクラッチ 44 を開放してリバースブレーキ 46 を締結することにより、逆方向の回転が入力されるようになっている。なお、上記遊星歯車機構 42 で、42 c はサンギア、42 d、42 e は互いに噛み合いされるプラネタリギア、42 b はリングギアである。

20

【0093】

ところで、上記第一トロイダル変速部 18 および第二トロイダル変速部 20 に設けられたパワーローラ 18 c、18 d および 20 c、20 d は、中心軸 c に対して対称に配置され、それぞれのパワーローラは変速制御装置としての変速制御弁 56 および油圧サーボシリンダ 50 を介して、車両運転条件に応じて傾斜（傾転）され、もって前記第一、第二入力ディスク 18 a、20 a の回転を無段階に変速して前記第一、第二出力ディスク 18 b、20 b に伝達するようになっている。

30

【0094】

次に、図 2 は T C V T の変速を管理する油圧系の機械的構成図である。

【0095】

パワーローラ 20 c、20 d はそれぞれトラニオン 23、23 で背面側から軸支されている。トラニオン 23 は油圧サーボシリンダ 50 のサーボピストン 51 と結合しており、油圧サーボシリンダ 50 内の油室 50 a 内の油と油室 50 b 内の油の差圧で変位する。油室 50 a、50 b は、それぞれシフトコントロールバルブ（変速制御弁）56 の Hi 側ポート 56 Hi と Low 側ポート 56 Low に繋がっており、シフトコントロールバルブ 56 はバルブ内のスプール 56 S が変位することにより、ライン圧の油を Hi 側ポート 56 Hi または Low 側ポート 56 Low に流し、他方のポートからドレーン 56 D へ油を流出

40

【0096】

スプール 56 S は、ステップモータ 52（変速アクチュエータ）と後述するプリセスカム 55 とリンク構造で連結している。プリセスカム 55 は、4 体のトラニオンのうちの 1 体に取り付けられており、パワーローラの上下方向変位とパワーローラの傾転角度をリンクの変位に変換し、スプール 56 S へ伝達する。

【0097】

スプール 56 S の変位はステップモータ 52 の変位（駆動位置）とプリセスカム 55 で伝えられる変位により決まる。T C V T の変速は、トラニオン 23 を平衡点（パワーローラの回転軸と入出力ディスクの回転軸が交差する状態で、図 2 の状態を示す）から上下に変

50

位させることにより行い、この変位によりパワーローラ 20c と両ディスク 20a の回転方向ベクトルに差違が発生してパワーローラ 20c は傾転する。

【0098】

変速の定常時には、パワーローラ 20c およびトラニオン 23 の軸方向変位 y は平衡点に戻っており、スプール 56S の変位も中立点でバルブが閉じた状態であるので、このとき傾転角度は、プリセカム比とリンク比で決まるステップモータ 52 の変位に対応した位置となる。

【0099】

プリセカム 55 は、パワーローラ 20c の傾転角度をスプール 56S の変位に負帰還して傾転角度の目標値とのずれを補償しながら、パワーローラ 20c およびトラニオン 23 の平衡点からの変位もスプール 56S の変位に負帰還して過渡状態においてダンピングの効果を与えて、変速のハンチングを抑える。

10

【0100】

すなわち、変速の到達点はステップモータ 52 の変位で決まり、一連の変速の過程を示すと、ステップモータ変位を変化させることでスプール 56S が変位してバルブが開き、サーボピストンの差圧が変化してパワーローラが平衡点から変位することで傾転し、傾転角度がステップモータ変位に対応した点でスプール 56S は中立点に戻り変速が終了する。

【0101】

図 3 は変速制御コントローラ 80 を含む TCVT 変速制御系の構成図である。TCVT 70 は、ステップモータステップ数 u に応じて傾転角度 θ が変化するトロイダル C V T の動特性をブロック図で表現したものである。

20

【0102】

前記従来技術と同様に、TCVT 70 は、前記 (5) 式で示す動特性で表現できる。変速制御コントローラ 80 は、センサ等で計測する実傾転角度 θ_{act} あるいは実変速比 i_c などの実傾転角度 θ_{act} に相当する物理量と、アクセル踏み込み量 APS と、車速 VSP を入力して、TCVT の変速比あるいは傾転角度が、アクセル踏み込み量 APS と、車速 VSP から予測する運転者の意図に合ったものになるように、ステップモータステップ数指令値 u を出力して TCVT の変速比あるいは傾転角度を制御する。

【0103】

図 3 において、変速マップ 81 は、アクセル踏み込み量 APS と、車速 VSP を入力し、予め設定した変速マップを用いて到達エンジン回転数 (目標エンジン回転数) n_{target} を出力する。到達傾転角演算部 82 は、前記従来例に示した (6) 式を使い、到達エンジン回転数 n_{target} と TCVT 出力軸回転数 n_{out} から到達変速比 (最終的な目標変速比) i_c^* を求める。

30

【0104】

そして、図 24 に示す変速比と傾転角度の関係マップを使って、到達変速比 i_c^* から到達傾転角度 (最終的な目標傾転角度) θ^* を求める。

【0105】

図 24 に示すように、変速比に対し傾転角度は一意に決まる。TCVT 出力軸回転数 n_{out} と車速 VSP には比例関係があり、TCVT 出力軸回転数 n_{out} は、車速 VSP に車両の構造で決まる定数をかけて求める。

40

【0106】

また、到達傾転角演算部 82 は、設計値における傾転角度とステップモータステップ数の関係を使い、到達傾転角度 θ^* からフィードフォワードステップ数 u_{FF} を求める。

【0107】

PI 制御部 83 は、到達傾転角度 θ^* と実傾転角度 θ_{act} とを入力し、次式に示す到達傾転角度 θ^* と実傾転角度 θ_{act} の偏差 e をゼロとするようなフィードバックステップ数 u_{PI} を出力する。

【0108】

【数 20】

50

$$e = \phi^* - \phi \quad \dots\dots\dots(20)$$

【 0 1 0 9 】

偏差 e とフィードバックステップ数出力 u_{PI} とが、前記 (7) 式の関係となるように P I 制御器を構成する。

【 0 1 1 0 】

【 数 2 1 】

$$u_{PI} = K_p e + \frac{K_I}{s} e \quad \dots\dots\dots(7)$$

10

【 0 1 1 1 】

ここで、 K_p と K_I は、それぞれ設計者が与える P I 制御部 8 3 の比例ゲインと積分ゲインである。すなわち、P I 制御によるフィードバックを行うことで、ガタやトラニオンの曲げ伸縮による傾転角度の偏差 e を補償し、ガタやトラニオンの曲げ伸縮があっても傾転角度 ϕ を到達傾転角度 ϕ^* に定常的に一致させることができる。傾転角度の偏差を十分速く補償するためには P I 制御のゲイン K_p 、 K_I を大きくする。

【 0 1 1 2 】

D 制御部 8 5 は、後述する状態観測器を用いて推定したトラニオンの軸方向変位の推定値 y_m を入力し、 f に比例して決まる制御ゲイン (微分ゲイン) K_D を y_m にかけて、ダンピングステップ数 u_D を出力する。

20

【 0 1 1 3 】

傾転角度にダンピングを与えるためには、傾転角速度 d をステップモータステップ数へフィードバックするが、しかし、傾転角速度 d は直接計測することができないため、代わりに傾転角速度の推定値 d_m を用い、ダンピングステップ数 u_D を、前記 (1 0) 式で与える。

【 0 1 1 4 】

ここで、 c はダンピングの強さを決める定数である。傾転角速度 d とトラニオンの軸方向変位 y には、前記従来例に示した (3) 式の関係があるので、上記 (1 0) 式は (1 1) 式のように表せる。

30

【 0 1 1 5 】

【 数 2 2 】

$$u_D = c f y_m \quad \dots\dots\dots(11)$$

【 0 1 1 6 】

ここで、 K_D を前記 (1 2) 式のように設定する。

【 0 1 1 7 】

40

【 数 2 3 】

$$K_D = c f \quad \dots\dots\dots(12)$$

【 0 1 1 8 】

よって、ダンピングステップ数 u_D とトラニオンの軸方向変位の推定値 y_m は、 K_D を用いて (1 3) 式で表される。

【 0 1 1 9 】

【 数 2 4 】

50

$$u_D = K_D y_m \quad \dots\dots\dots(13)$$

【 0 1 2 0 】

このように、ダンピングステップ数 u_D により傾転角度の微分値が電氣的にステップモータステップ数にフィードバックされるので傾転角度はダンピングされる。

【 0 1 2 1 】

図 3 において、状態観測器 1 0 0 は、変速アクチュエータ指令値 u と傾転角度 ϕ を入力して、トラニオンの軸方向変位の推定値 y_m を出力する。ここでは、変速アクチュエータ指令値はステップモータステップ数指令値 u である。

10

【 0 1 2 2 】

上記 (5) 式で表す T C V T の状態量を推定する状態観測器として、次の (2 1) 式を考える。

【 0 1 2 3 】

【 数 2 5 】

$$\left. \begin{aligned} dx_{Ae} &= A_A x_{Ae} + B_A u + H_A (d\phi - d\phi_m) \\ d\phi &= C_A x_e, \quad d\phi_m = C_A x_e \\ C_A &= [0 \quad f] \\ H_A &= \begin{bmatrix} h_{1A} \\ h_{2A} \end{bmatrix} \end{aligned} \right\} \dots(21)$$

20

【 0 1 2 4 】

ここで、 ϕ_m は傾転角度推定値、 h_{1A} 、 h_{2A} はオブザーバゲインである。(2 1) 式の状態観測器の入力である傾転角速度 $d\phi$ は直接検出することができないので、次の (2 2) 式に示す状態変換を行う。

【 0 1 2 5 】

【 数 2 6 】

$$\left. \begin{aligned} x_{Ae} &= q_A + H_A \phi \\ q_A &= \begin{bmatrix} q_{1A} \\ q_{2A} \end{bmatrix} \end{aligned} \right\} \dots(22)$$

30

【 0 1 2 6 】

ここで、 q_a は準推定状態量である。上記 (2 2) 式の両辺を微分して (2 1) 式を代入すると、次の (2 3) 式を得る。

40

【 0 1 2 7 】

【 数 2 7 】

$$\begin{aligned}
dq_A &= dx_{Ae} - dH_A \phi - H_A d\phi \\
&= A_A x_{Ae} + B_A u + H_A (d\phi - d\phi_m) - dH_A \phi - H_A d\phi \\
&= A_A q_A + A_A H_A \phi + B_A u + H_A d\phi - H_A C_A x_{Ae} - dH_A \phi - H_A d\phi \\
&= A_A q_A + A_A H_A \phi + B_A u - H_A C_A q_A - H_A C_A H_A \phi - dH_A \phi \\
&= (A_A - H_A C_A) q_A + B_A u + (A_A H_A - H_A C_A H_A - dH_A) \phi \quad \dots(23)
\end{aligned}$$

【 0 1 2 8 】

この(23)式をまとめると、次の(24)式を得る。

10

【 0 1 2 9 】

【 数 2 8 】

$$\left. \begin{aligned}
dq_A &= A_{obA} q_A + D_A \phi + B_A u \\
A_{obA} &= A_A - H_A C_A = \begin{bmatrix} 0 & f(1-h_{1A}) \\ -a_1 & -a_2 - h_{2A} f \end{bmatrix} \\
D_A &= A_A H_A - H_A C_A H_A - dH_A
\end{aligned} \right\} \dots(24)$$

20

【 0 1 3 0 】

したがって状態観測器は、(21)式を直接演算する代わりに、状態変換を行った(24)式を演算し、次に(22)式を用いて x_{Ae} を演算する。

【 0 1 3 1 】

図21に状態観測器の構成の一例を示す。

【 0 1 3 2 】

準状態量推定手段101は、変速アクチュエータ指令値と、傾転角度と、後述する変換係数算出手段103の出力 f と、後述する第2補正手段の出力であるオブザーバゲインとオブザーバゲインの微分値を入力し、上記(23)式の演算を行って、準推定状態量 q_A を出力する。

30

【 0 1 3 3 】

変換手段102では、準推定状態量 q_A とオブザーバゲイン H_A と傾転角度を入力し、(22)式を用いてトラニオンの軸方向変位の推定値 y_m を求める。

【 0 1 3 4 】

変換係数算出手段103は、傾転角度とTCVT出力軸回転数 ω を入力して、上記(4)式を使い、 f を算出する。

【 0 1 3 5 】

係数補正手段104は、 f を入力し、準状態量推定手段101で推定する準推定状態量が線形時不変の応答で変化するように、(24)式の遷移行列 A_{obA} を一定にする補正係数 h_{1A}^* 、 h_{2A}^* を、 f に応じて次の(25)式のように求める。

40

【 0 1 3 6 】

【 数 2 9 】

$$\left. \begin{aligned}
h_{1A}^* &= 1 - \frac{k_{1A}}{f} \\
h_{2A}^* &= -\frac{k_{2A} + a_2}{f}
\end{aligned} \right\} \dots(25)$$

50

【 0 1 3 7 】

ここで、 k_{1A} 、 k_{2A} は、状態観測器の推定速度を決める定数である。準状態量推定手段の上記(24)式において、オブザーバゲイン h_{1A} 、 h_{2A} として上記補正係数 h_{1A}^* 、 h_{2A}^* を用いると、遷移行列 A_{obA} は次の(26)式に示すように一定となる。

【 0 1 3 8 】

【数30】

$$A_{obA} = \begin{bmatrix} 0 & k_{1A} \\ -a_1 & k_{2A} \end{bmatrix} \dots\dots\dots(26)$$

10

【 0 1 3 9 】

k_{1A} 、 k_{2A} と状態観測器の遷移行列 A_{obA} の固有値 ω_{ob} とは、(27)式の関係を持つ。

【 0 1 4 0 】

【数31】

$$\left. \begin{aligned} k_{1A} &= \frac{\omega_{ob}^2}{a_1} \\ k_{2A} &= -2\omega_{ob} \end{aligned} \right\} \dots(27)$$

20

【 0 1 4 1 】

上記(26)式の k_{1A} 、 k_{2A} に(27)式を用いると、遷移行列 A_{obA} の固有値は、 $-\omega_{ob}$ 、 $-\omega_{ob}$ となる。次に、上記(21)式の状態観測器で推定する状態量 x_{Ae} と実際状態量 x_A の偏差 e_{obA} は、(28)式とする。

【 0 1 4 2 】

【数32】

$$e_{obA} = x_A - x_{Ae} \dots\dots\dots(28)$$

30

【 0 1 4 3 】

上記(5)式から(21)式を引いて、(28)式の関係を用いると、次の(29)式を得る。

【 0 1 4 4 】

【数33】

$$\left. \begin{aligned} dx_A - dx_{Ae} &= A_A(x_A - x_{Ae}) - H_A C_A(x_A - x_{Ae}) \\ de_{obA} &= (A_A - H_A C_A)e_{obA} \\ de_{obA} &= A_{obA}e_{obA} \end{aligned} \right\} \dots(29)$$

40

【 0 1 4 5 】

e_{obA} の固有値は $-\omega_{ob}$ 、 $-\omega_{ob}$ なので、状態観測器で推定する状態量 x_{Ae} と実際状態量 x_A の偏差 e_{obA} は、固有値を $-\omega_{ob}$ 、 $-\omega_{ob}$ とする一定の時定数の線形応答でゼロに収束する。

【 0 1 4 6 】

次に、第2補正手段105では、係数補正手段104から(25)式で求めた補正係数 h_{1A}^* 、 h_{2A}^* を入力し、オブザーバゲイン h_{1A} 、 h_{2A} とオブザーバゲインの微分値 dh_{1A} 、

50

dh_{2A} を出力する。

【0147】

例えば、一例として、オブザーバゲイン h_{1A} 、 h_{2A} として係数補正手段104で求めた補正係数 h_{1A}^* 、 h_{2A}^* を直接使い、オブザーバゲインの微分値 dh_{1A} 、 dh_{2A} は擬似微分器等を用いて、オブザーバゲイン h_{1A} 、 h_{2A} を微分して求める。あるいは、オブザーバゲイン h_{1A} 、 h_{2A} として(25)式で求めた補正係数 h_{1A}^* 、 h_{2A}^* を直接使用せず、代わりに次の(30)式のローパスフィルタで求めたオブザーバゲイン h_{1A} 、 h_{2A} を使用する。オブザーバゲインの微分値としては(29)式で中間的に得られる dh_{1A} 、 dh_{2A} を用いる。

【0148】

【数34】

$$\left. \begin{aligned} dh_{1A} &= -a_{01}h_{1A} + a_{01}h_{1A}^* \\ dh_{2A} &= -a_{02}h_{2A} + a_{02}h_{2A}^* \end{aligned} \right\} \dots(30)$$

【0149】

これにより、オブザーバゲインの微分値を求める際に、微分演算を用いないので、ノイズの増幅を防止でき、ノイズによる推定誤差を抑制することができる。

【0150】

なお、このノイズは、オブザーバゲインは f に応じて補正され、 f は傾転角度に相当する物理量とトロイダル型無段変速機の回転数から算出する。そのため、傾転角度に相当する物理量あるいは回転数をセンサで検出した場合は、検出値にノイズが混入する場合は、 f やオブザーバゲインにもノイズが混入する。そのため、オブザーバゲインの時間微分値の算出に微分器を用いた場合、ノイズが増幅されて、オブザーバゲインの時間微分値が振動的になり、本来のオブザーバゲインの時間微分値の信号がノイズに埋もれてしまうからである。

【0151】

本実施形態では、後者のローパスフィルタを用いた方法を使用するが、オブザーバゲインは補正係数にローパスフィルタを掛けた値であるため、オブザーバゲインは補正係数と完全に一致しない。このため、 A_{obA} は完全に時不変とはならない。

【0152】

しかし、フィルタの係数 a_{01} 、 a_{02} を大きくして、 h_{1A} 、 h_{2A} が h_{1A}^* 、 h_{2A}^* に十分近づけば、 A_{obA} は事実上時不変とすることができる。

【0153】

以下において、変速制御コントローラ80で行われる変速制御を、図4～図9に示すフローチャートを参照しながら詳述する。

【0154】

この変速制御は、ある所定の制御周期、例えば10ms毎に実行される。

【0155】

図4がメインルーチンのフローチャートである。ステップS1では、図5に示す、運転状態読込サブルーチンを実行して、各運転状態を検出する。

【0156】

ステップS2では、図6に示す、到達傾転角度演算サブルーチンを実行して、到達傾転角度 θ^* を求める。

【0157】

ステップS3では、実傾転角度 θ とTCVT出力軸回転数 n から、次の(31)式を使って f を算出する。

10

20

30

40

50

【 0 1 5 8 】

【 数 3 5 】

$$f = \frac{\cos(c_{g1} - \phi) \{c_{g0} - \cos(2c_{g1} - \phi)\}}{c_f} \omega_o \dots\dots\dots(31)$$

【 0 1 5 9 】

10

ここで、 c_{g0} 、 c_{g1} 、 c_f はTCVTの構造で決まる定数である。

【 0 1 6 0 】

次にステップS4では、図25に示すステップモータステップ数と変速比の関係を使い、到達傾転角度 θ^* からフィードフォワードステップ数 u_{FF} を求める。

【 0 1 6 1 】

ステップS5では、図7に示す、PI制御部サブルーチンを実行し、フィードバックステップ数 u_{PI} を求め、ステップS6では、図8に示す、状態推定部サブルーチンを実行し、トラニオン軸方向変位の推定値 y_m を求める。

【 0 1 6 2 】

ステップS7では、図9に示す、D制御部サブルーチンを実行し、ダンピングステップ数 u_D を求める。

20

【 0 1 6 3 】

ステップS8では、フィードフォワードステップ数 u_{FF} とフィードバックステップ数 u_{PI} とダンピングステップ数 u_D から、次の(32)式の関係を用いてステップモータステップ数指令値 u を求める。

【 0 1 6 4 】

【 数 3 6 】

$$u = u_{FF} + u_{PI} - u_D \dots\dots\dots(32)$$

30

【 0 1 6 5 】

ステップS9では、次の(33)式で準推定状態量の微分値 dq_{1A} 、 dq_{2A} を求める。ここで、 dq_{1A} 、 dq_{2A} は、後のステップで計算する準推定状態量の前同値である。

【 0 1 6 6 】

【 数 3 7 】

$$\begin{bmatrix} dq_{1A} \\ dq_{2A} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & f(1-h_{1A}) \\ -a_1 & -a_2-h_{2A}f \end{bmatrix} \begin{bmatrix} q_{1A} \\ q_{2A} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} f \cdot h_{2A} - h_{1A}fh_{2A} - dh_{1A} \\ -a_1h_{1A} - a_2h_{2A} - fh_{2A}^2 - dh_{2A} \end{bmatrix} \phi + \begin{bmatrix} 0 \\ b \end{bmatrix} u \dots\dots(33)$$

40

【 0 1 6 7 】

ここで、例えば、オブザーバゲイン h_{1A} 、 h_{2A} として上記補正係数 h_{1A}^* 、 h_{2A}^* を直接使用した場合は、 A_{obA} は一定となるので、上記(33)式の代わりに次の(34)式を使用する。

【 0 1 6 8 】

【 数 3 8 】

$$\begin{bmatrix} dq_{1A} \\ dq_{2A} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & \frac{\omega_{ob}^2}{a_1} \\ -a_1 & -2\omega_{ob} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} q_{1A} \\ q_{2A} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} f \cdot h_{2A} - h_{1A} f h_{2A} - dh_{1A} \\ -a_1 h_{1A} - a_2 h_{2A} - f h_{2A}^2 - dh_{2A} \end{bmatrix} \phi + \begin{bmatrix} 0 \\ b \end{bmatrix} u \quad \dots(34)$$

【 0 1 6 9 】

図5の運転状態読込サブルーチンにおいて、ステップS10では、TCVT出力軸回転数を、図1に示す出力軸回転数センサ61から検出する。

【 0 1 7 0 】

ステップS11では、ファイナルギア比などによるTCVT出力軸からタイヤまでの総ギア比とタイヤ半径から決まる定数k_vを用いて、TCVT出力軸回転数から車速VSPを次の(35)式で求める。

10

【 0 1 7 1 】

【 数 3 9 】

$$VSP = k_v \cdot \omega_o \quad \dots\dots\dots(35)$$

【 0 1 7 2 】

ステップS12では、アクセル踏み込み量APSを、図示しないエンコーダなどのセンサを用いて検出する。

20

【 0 1 7 3 】

ステップS13では、TCVT入力軸回転数を、図1に示す入力軸回転数センサ60から検出する。

【 0 1 7 4 】

ステップS14では、TCVT出力軸回転数とTCVT入力軸回転数から、実変速比icを次の(36)式で求める。

【 0 1 7 5 】

【 数 4 0 】

$$ic = \frac{\omega_i}{\omega_o} \quad \dots\dots\dots(36)$$

30

【 0 1 7 6 】

ステップS15では、実傾転角度を、トラニオン23などに取り付けたロータリーエンコーダなどのセンサ(図示せず)を用いて直接検出するか、センサがレイアウト上取り付けられない状況のときは、実変速比icから、図24に示した傾転角度と変速比の関係に基づいて、上記実変速比icに対応する実傾転角度を求めてから、サブルーチンを抜ける。

【 0 1 7 7 】

40

図6の到達傾転角度演算サブルーチンにおいて、ステップS20では、アクセル踏み込み量APSと、車速VSPから、図10に示す変速マップを用いて到達エンジン回転数を求める。

【 0 1 7 8 】

ステップS21では、TCVT出力軸回転数と到達エンジン回転数から、到達変速比ic^{*}を次の(37)式で求める。

【 0 1 7 9 】

【 数 4 1 】

$$\left. \begin{aligned} h_{1A}^* &= 1 - \frac{\omega_{ob}^2}{a_1 \cdot f} \\ h_{2A}^* &= -\frac{2\omega_{ob} - a_2}{f} \end{aligned} \right\} \dots(41)$$

10

【0189】

ステップS41では、次の(42)式で、オブザーバゲインの微分値 dh_{1A} 、 dh_{2A} の前回値を積分してオブザーバゲイン h_{1A} 、 h_{2A} を求める。

【0190】

【数46】

$$\left. \begin{aligned} h_1 &= h_1 + T \cdot dh_1 \\ h_2 &= h_2 + T \cdot dh_2 \end{aligned} \right\} \dots(42)$$

20

【0191】

ステップS42では、補正係数 h_{1A}^* 、 h_{2A}^* から、次の(43)式でオブザーバゲインの微分値 dh_{1A} 、 dh_{2A} を求める。

【0192】

【数47】

$$\left. \begin{aligned} dh_{1A} &= -a_{01}h_{1A} + a_{01}h_{1A}^* \\ dh_{2A} &= -a_{02}h_{2A} + a_{02}h_{2A}^* \end{aligned} \right\} \dots(43)$$

30

【0193】

ステップS43では、次の(44)式で、準推定状態量の微分値 dq_{1A} 、 dq_{2A} の前回値を積分して準推定状態量 q_{1A} 、 q_{2A} を求める。

【0194】

【数48】

$$\left. \begin{aligned} q_{1A} &= q_{1A} + T \cdot dq_{1A} \\ q_{2A} &= q_{2A} + T \cdot dq_{2A} \end{aligned} \right\} \dots(44)$$

40

【0195】

ステップS44では、準推定状態量 q_{2A} と実傾転角度 とオブザーバゲイン h_{2A} から、次の(45)式でパワーローラ軸方向変位推定値 y_m を求める。

【0196】

【数49】

$$y_m = q_{2A} + h_{2A}\phi \quad \dots\dots\dots(45)$$

【 0 1 9 7 】

図 9 の D 制御部サブルーチンにおいて、ステップ S 5 0 では、f に応じて、図 1 1 (c) に示すマップを使い微分ゲイン K_D を求める。

【 0 1 9 8 】

ステップ S 5 1 では、次の (4 6) 式でダンピングステップ数 u_D を求める。

【 0 1 9 9 】

【 数 5 0 】

10

$$u_D = K_D \cdot y_m \quad \dots\dots\dots(46)$$

【 0 2 0 0 】

以上が、変速制御の説明である。また、この状態推定部は、傾転角度も推定可能であるが、実傾転角度 が検出可能なので、状態観測器をパワーローラ軸方向変位のみを推定するように低次元化して、計算量を減らすことができる。このとき、準状態量推定手段の (2 4) 式は次の (4 7) 式のようになり、変換手段の (2 2) 式は以下の (4 8) 式のようになる。

20

【 0 2 0 1 】

【 数 5 1 】

$$dq_r = (-a_2 - h_r f)q_r + (-a_1 - a_2 h_r - fh_r^2 - dh_r)\phi + bu \quad \dots\dots(47)$$

【 0 2 0 2 】

【 数 5 2 】

$$y_m = q_r + h_r\phi \quad \dots\dots\dots(48)$$

30

【 0 2 0 3 】

このように、状態観測器の次数は 2 次から 1 次に低次元化することができる。

【 0 2 0 4 】

ここで、状態観測器の固有値を ω_{ob} とし、補正係数 h^* を次の (4 9) 式で求める。

【 0 2 0 5 】

【 数 5 3 】

$$h^* = \frac{\omega_{ob} - a_2}{f} \quad \dots\dots\dots(49)$$

40

【 0 2 0 6 】

補正係数 h^* をオブザーバゲインとして用いると、上記 (4 7) 式は次の (5 0) 式となる。

【 0 2 0 7 】

【 数 5 4 】

$$dq = -\omega_{ob}q + (-a_1 - a_2 h^* - fh^{*2} - dh^*)\phi + bu \quad \dots\dots(50)$$

【 0 2 0 8 】

50

この低次元化した状態観測器において、固有値が $-\omega_{ob}$ なので、トラニオン軸方向変位の
実際値と推定値の偏差 e は、次の (51) 式の動特性でゼロに収束する。

【0209】

【数55】

$$de + \omega_{ob}e = 0 \quad \dots\dots(51)$$

【0210】

この低次元化状態観測器を用いるときの、上記フローチャートの変更点を示す。

【0211】

10

ステップS9における準推定状態量の微分値を求める(33)式を、(47)式に変更する。
補正係数を求める(41)式を(49)式に変更する。(42)式を以下の(52)式に、
(43)式を以下の(53)式に、(44)式を以下の(54)式に、(45)式を(48)式に変更すればよい。

【0212】

【数56】

$$h_r = h_r + T \cdot dh_r \quad \dots\dots(52)$$

【0213】

20

【数57】

$$h_r^* = -ah_r + ah_r^* \quad \dots\dots(53)$$

【0214】

【数58】

$$q_r = q_r + T \cdot dq_r \quad \dots\dots(54)$$

【0215】

30

図12は、第2の実施形態を示し、TCVTの変速比に対して一意に決まる傾転角度を目標値に
従い制御するような変速指令値を決定する変速制御コントローラ90を含めた構成図である。
TCVT71は、ステップモータステップ速度指令値 v に応じて傾転角度 θ が変化するもので、
トロイダルCVTの動特性をブロック図で表現したものである。前記第1実施形態との違いは、
ステップモータの動特性を制御に利用する点である。

【0216】

図12において、ステップモータ52は、ステップモータステップ速度 v を積分してステップ数 u にする作用があり、ステップ数に比例して変位する。

【0217】

すなわち、ステップモータ速度 v とステップモータステップ数 u には、

40

【0218】

【数59】

$$du = v \quad \dots\dots(55)$$

【0219】

の関係がある。なお、 du はステップモータステップ数 u の微分値である。

【0220】

ステップモータステップ数 u に応じて傾転角度 θ が変化する動特性は、従来技術の(5)式と同じである。
よって、TCVT71は、この(55)式と(5)式とを合わせて、次

50

の(56)式で示す動特性で表現できる。

【0221】

【数60】

$$\begin{aligned}
 dx_B &= A_B x + B_B v \\
 \phi &= C_B x \\
 x_B &= \begin{bmatrix} \phi \\ y \\ u \end{bmatrix}, A_B = \begin{bmatrix} 0 & f & 0 \\ -a_1 & -a_2 & b \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, B_B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}, A_B = [1 \ 0 \ 0]
 \end{aligned}
 \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} dx_B \\ \phi \\ x_B \end{aligned}} \right\} \dots(56)$$

10

【0222】

変速制御コントローラ90は、センサ等で計測する実傾転角度 あるいは実変速比 i c などの実傾転角度 に相当する物理量と、アクセル踏み込み量 A P S と、車速 V S P を入力して、T C V T の変速比あるいは傾転角度が、アクセル踏み込み量 A P S と、車速 V S P から予測する運転者の意図に合ったものになるように。ステップモータステップ速度指令値 v を出力して T C V T 7 1 の変速比あるいは傾転角度を制御する。

【0223】

変速マップ91は、アクセル踏み込み量 A P S と、車速 V S P を入力し、予め設計した変速マップを用いて到達エンジン回転数 * を出力する。到達傾転角演算部92は、上記(6)式を使い、到達エンジン回転数 * と T C V T 出力軸回転数 。から到達変速比 i c * を求める。

20

【0224】

そして、図24に示す変速比と傾転角度の関係マップを使って、到達変速比 i c * から到達傾転角度 * を求める。図24に示すように、変速比に対し傾転角度は一意に決まる。T C V T 出力軸回転数 。と車速 V S P には比例関係があり、T C V T 出力軸回転数 。は、車速 V S P に車両の構造で決まる定数をかけて求める。状態観測器100は、変速アクチュエータ指令値と傾転角度 を入力して、トラニオン軸方向変位の推定値 y m を出力する。ここでは、変速アクチュエータ指令値はステップモータステップ速度指令値 v であり、実傾転角度 が検出可能なので、状態観測器はトラニオン軸方向変位とステップモータステップ数を推定する低次元化状態観測器とする。

30

【0225】

低次元化状態観測器を求めるために、上記(56)式のT C V T の動特性を、トラニオンの軸方向変位とステップ数を状態量とし、ステップ速度と傾転角度を入力とすると、次の(57)式のように表すことができる。

【0226】

【数61】

$$\begin{aligned}
 dw &= A_{22} w + B_2 v + A_{21} \phi \\
 w &= \begin{bmatrix} y \\ u \end{bmatrix} \\
 A_B &= \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix}, A_{11} = 0, A_{12} = [f \ 0], A_{21} = \begin{bmatrix} -a_1 \\ 0 \end{bmatrix}, A_{22} = \begin{bmatrix} -a_2 & b \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \\
 B_B &= \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \end{bmatrix}, B_1 = 0, B_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}
 \end{aligned}
 \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} dw \\ w \\ A_B \\ B_B \end{aligned}} \right\} \dots(57)$$

40

【0227】

(57)式で表すT C V T の状態量 w を推定する状態観測器は、次の(58)式のように

50

設計する。

【 0 2 2 8 】

【 数 6 2 】

$$\left. \begin{aligned} dw_e &= A_{22}w_e + B_2u + A_{21}\phi + H_B(d\phi - d\phi_m) \\ w &= \begin{bmatrix} y_m \\ u_m \end{bmatrix} \\ d\phi &= A_{12}w, d\phi_m = A_{12}w_e \\ H_B &= \begin{bmatrix} h_{1B} \\ h_{2B} \end{bmatrix} \end{aligned} \right\} \dots(58)$$

10

【 0 2 2 9 】

ここで、 y_m はトラニオン軸方向変位推定値、 u_m はステップモータステップ数推定値、 h_{1B} 、 h_{2B} はオブザーバゲインである。

【 0 2 3 0 】

上記(58)式の状態観測器の入力である傾転角速度 d は直接検出することができないので、次の(59)式で状態変換を行う。

【 0 2 3 1 】

【 数 6 3 】

$$\left. \begin{aligned} dw &= q_B + H_B\phi \\ q_B &= \begin{bmatrix} q_{1B} \\ q_{2B} \end{bmatrix} \end{aligned} \right\} \dots(59)$$

20

【 0 2 3 2 】

ここで、 q_B は準推定状態量である。この(59)式の両辺を微分して(58)式を代入すると、次の(60)式を得る。

30

【 0 2 3 3 】

【 数 6 4 】

$$\begin{aligned} dq_B &= dw_e - dH_B\phi - H_Bd\phi \\ &= A_{22}w_e + B_2v + A_{21}\phi + H_B(d\phi - d\phi_m) - dH_B\phi - H_Bd\phi \\ &= A_{22}q_B + A_{22}H_B\phi + B_2v + A_{21}\phi + H_Bd\phi - H_BA_{12}w_e - dH_B\phi - H_Bd\phi \\ &= A_{22}q_B + A_{22}H_B\phi + B_2v + A_{21}\phi - H_BA_{12}q - H_BA_{12}H_B\phi - dH_B\phi \\ &= (A_{22} - H_BA_{12})q + B_2v + (A_{22}H_B - H_BA_{12}H_B - dH_B)\phi \end{aligned} \dots(60)$$

40

【 0 2 3 4 】

この(60)式をまとめると、次の(61)式を得る。

【 0 2 3 5 】

【 数 6 5 】

$$\left. \begin{aligned} dq_B &= A_{obB}q_B + D_B\phi + B_2v \\ A_{obB} &= A_{22} - H_B A_{12} = \begin{bmatrix} -a_2 - h_{1B}f & b \\ -h_{2B}f & 0 \end{bmatrix} \\ D_B &= A_{21} + A_{22}H_B - H_B A_{12}H_B - dH_B \end{aligned} \right\} \dots(61)$$

【 0 2 3 6 】

10

状態観測器は、(5 8) 式を直接演算する代わりに、状態変換を行った (6 1) 式を演算し、(6 1) 式を用いて q_B から w を復元する。

【 0 2 3 7 】

次に、微分同相写像部 9 5 は、実傾転角度 ϕ と、トラニオン軸方向推定値 y_m と、ステップ数推定値 u_m を入力し、次の (6 2) 式を使って、傾転角速度推定値 $d\phi_m$ と傾転角加速度推定値 $\alpha\phi_m$ を求める。

【 0 2 3 8 】

【 数 6 6 】

$$\left. \begin{aligned} d\phi_m &= f \cdot y_m \\ \alpha\phi_m &= df \cdot y_m + f(bu_m - a_1\phi - a_2y_m) \end{aligned} \right\} \dots(62)$$

20

【 0 2 3 9 】

ここで、 df は f の微分値であり、例えば f を擬似微分器などで微分して求めるか、あるいは、次の (6 3) 式を使って求める。

【 0 2 4 0 】

【 数 6 7 】

$$\begin{aligned} df &= \left[\sin(c_{g1} - \phi) \{ c_{g0} - \cos(2c_{g1} - \phi) \} - \sin(2c_{g1} - \phi) \cos(c_{g1} - \phi) \right] \frac{fy\omega_0}{c_f} \\ &+ \frac{\cos(c_{g1} - \phi) \{ c_{g0} - \cos(2c_{g1} - \phi) \}}{c_f} d\omega_0 \end{aligned} \dots(63)$$

30

【 0 2 4 1 】

ここで、TCVT出力軸回転数の微分値 $d\phi_m$ は、例えば、TCVT出力軸回転数 ϕ_m を擬似微分器等で微分して求める。ただし、TCVTの出力が車両の出力軸に直結している場合等では、車両の慣性によりTCVT出力軸回転数 ϕ_m の変化が小さいため、(6 3) 式の第 2 項は第 1 項に比べ十分に小さくなるので、 $d\phi_m \approx 0$ として (6 3) 式は (6 4) 式に近似できる。

40

【 0 2 4 2 】

【 数 6 8 】

$$df = \left[\sin(c_{g1} - \phi) \left\{ c_{g0} - \cos(2c_{g1} - \phi) \right\} - \sin(2c_{g1} - \phi) \cos(c_{g1} - \phi) \right] \frac{fy\omega_0}{c_f}$$

...(64)

【 0 2 4 3 】

10

スライディングモードコントローラ部 9 6 は、実傾転角度 と、傾転角速度推定値 d_m と、傾転角加速度推定値 a_m とを入力し、次の (6 5) 式を使って、ステップモータステップ速度指令値 v を求める。

【 0 2 4 4 】

【 数 6 9 】

$$\left. \begin{aligned} \sigma &= \alpha\phi_m + 2\zeta\omega_n d\phi_m + \omega_n^2(\phi - \phi^*) \\ v &= -K \frac{\sigma}{|\sigma|} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(65)$$

20

【 0 2 4 5 】

ここで、スイッチングゲイン K を十分に大きくすれば、 v はゼロに収束する。 $\sigma = 0$ のときは (6 5) 式から次の (6 6) 式を得る。

【 0 2 4 6 】

【 数 7 0 】

$$\alpha\phi_m = -2\zeta\omega_n d\phi_m - \omega_n^2\phi + \omega_n^2\phi^* \dots\dots\dots(66)$$

30

【 0 2 4 7 】

このように、傾転角度 ϕ は到達傾転角度 ϕ^* に対し、減衰係数 ζ 、自然周波数 ω_n の 2 次遅れで応答する。

【 0 2 4 8 】

ここで、図 2 1 に示した状態観測器の構成図に基づいて、本実施形態の説明を行う。準状態量推定手段 1 0 1 は、変速アクチュエータ指令値と、傾転角度 ϕ と、後述する変換係数算出手段 1 0 3 の出力 f と、後述する第 2 補正手段の出力であるオブザーバゲインとオブザーバゲインの微分値を入力し、(6 1) 式の演算を行って、準推定状態量 q_B を出力する。

【 0 2 4 9 】

40

変換手段 1 0 2 では、準推定状態量 q_B とオブザーバゲイン H_B と傾転角度 ϕ を入力し、(5 9) 式を用いてトラニオンの軸方向変位の推定値 y_m を求める。

【 0 2 5 0 】

変換係数算出手段 1 0 3 は、傾転角度 ϕ と T C V T 出力軸回転数 ω を入力して、上記 (4) 式を使い、 f を算出する。

【 0 2 5 1 】

係数補正手段 1 0 4 は、 f を入力し、準状態量推定手段 1 0 1 で推定する準推定状態量が指数関数的に減少するように、(6 1) 式の遷移行列 A_{o_bB} を一定にする補正係数 h^*_{1B} 、 h^*_{2B} を、 f に応じて次の (6 7) 式のように求める。

【 0 2 5 2 】

50

【数71】

$$\left. \begin{aligned} h_{1B}^* &= \frac{-a_2 - k_{1B}}{f} \\ h_{2B}^* &= -\frac{k_{2B}}{f} \end{aligned} \right\} \dots(67)$$

【0253】

ここで、 k_{1B} 、 k_{2B} は、状態観測器の推定速度を決める定数である。準状態量推定手段の (61) 式において、オブザーバゲイン h_{1B} 、 h_{2B} として上記補正係数 h_{1B}^* 、 h_{2B}^* を用いると、 A_{obB} は次の (68) 式に示すように一定となる。

【0254】

【数72】

$$A_{obB} = \begin{bmatrix} k_{1B} & b \\ k_{2B} & 0 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(68)$$

【0255】

k_{1B} 、 k_{2B} は状態観測器の固有値 ω_{ob} から次の (69) 式のように設定する。

【0256】

【数73】

$$\left. \begin{aligned} k_{1B} &= -2\omega_{ob} \\ k_{2B} &= -\frac{\omega_{ob}^2}{b} \end{aligned} \right\} \dots(69)$$

【0257】

(68) 式に (69) 式を用いると、 A_{obB} の固有値は $-\omega_{ob}$ 、 $-\omega_{ob}$ となる。(58) 式の状態観測器で推定する状態量 w_e と実際の状態量 w との偏差 e_{obB} は次の (70) 式で表す。

【0258】

【数74】

$$e_{obB} = w - w_e \dots\dots\dots(70)$$

【0259】

上記 (57) 式から (58) 式を引いて、(70) 式の関係を用いると、次の (71) 式を得る。

【0260】

【数75】

10

20

30

40

$$\left. \begin{aligned} dw - dw_e &= A_{22}(w - w_e) - H_B A_{12}(w - w_e) \\ de_{obB} &= (A_{22} - H_B A_{12})e_{obB} \\ de_{obB} &= A_{obB}e_{obB} \end{aligned} \right\} \dots(71)$$

【0261】

A_{obB} の固有値は $-\lambda_{ob}$ 、 $-\lambda_{ob}$ なので、状態観測器で推定する状態量 w_e と実際の状態量 w の偏差 e_{obB} は、固有値を $-\lambda_{ob}$ 、 $-\lambda_{ob}$ とする一定の時定数の線形応答でゼロに収束する。 10

【0262】

第2補正手段105では、係数補正手段104から(67)式で求めた補正係数 h_{1B}^* 、 h_{2B}^* を入力し、オブザーバゲイン h_{1B} 、 h_{2B} とオブザーバゲインの微分値 dh_{1B} 、 dh_{2B} を出力する。

【0263】

例えば、一例として、オブザーバゲイン h_{1B} 、 h_{2B} として係数補正手段104で求めた補正係数 h_{1B}^* 、 h_{2B}^* を直接使い、オブザーバゲインの微分値 dh_{1B} 、 dh_{2B} は擬似微分器等を用いて、オブザーバゲイン h_{1B} 、 h_{2B} を微分して求める。 20

【0264】

あるいは、オブザーバゲイン h_{1B} 、 h_{2B} として(67)式で求めた補正係数 h_{1B}^* 、 h_{2B}^* を直接使用せず、代わりに以下に示す(72)式のローパスフィルタで求めたオブザーバゲイン h_{1B} 、 h_{2B} を使用する。

【0265】

オブザーバゲインの微分値としては、(72)式で中間的に得られる dh_{1B} 、 dh_{2B} を用いる。

【0266】

これにより、オブザーバゲインの微分値を求める際に微分演算を用いないので、ノイズの増幅を防止でき、ノイズによる推定誤差が少ない。 30

【0267】

【数76】

$$\left. \begin{aligned} dh_{1B} &= -a_{01}h_{1B} + a_{01}h_{1B}^* \\ dh_{2B} &= -a_{02}h_{2B} + a_{02}h_{2B}^* \end{aligned} \right\} \dots(72)$$

【0268】

本実施形態では、後者のローパスフィルタを用いた方法を使用するが、オブザーバゲインは補正係数にローパスフィルタをかけた値であるため、オブザーバゲインは補正係数と完全に一致しない。このため、 A_{obB} は完全に時不変とはならない。しかし、フィルタの係数 a_{01} 、 a_{02} を大きくして、 h_{1B} 、 h_{2B} が h_{1B}^* 、 h_{2B}^* に十分近づけば、 A_{obB} は事実上時不変とすることができる。 40

【0269】

さて、前記第1実施形態ではTCVTへの指令値をステップモータステップ数としているのに対して、本実施形態ではTCVTへの指令値をステップモータステップ速度としている。

【0270】

これによる利点は次のとおりである。

【0271】

図13(a)に示すステップモータステップ数を入力する状態観測器は、従来技術の問題点で示したように、ステップモータの脱調が起こった後は、ステップモータのステップ数指令値と実際のステップ数に定常的なずれが生じる。よって、図14(a)に示すように、時刻T1からT2の間で脱調が起こったとすると、T2以後は、トラニオン軸方向変位推定値がずれてしまう。

【0272】

一方、ステップモータステップ速度を入力する状態観測器を考える。

【0273】

この場合、ステップモータの動特性も利用して、状態観測器でステップモータステップ数を推定する。実際のステップ数 u_p とステップ指令値 u との脱調による差を外乱と考え、
 u と表すと次の(73)式の関係となる。

10

【0274】

【数77】

$$u_p = u + \Delta u \quad \dots\dots\dots(73)$$

【0275】

ここで、図13(b)に示すように、ステップ数に外乱 u が入るときのTCVTの動特性は上記(57)式と(73)式を合わせて次の(74)式で表される。

20

【0276】

【数78】

$$\left. \begin{aligned} dw &= A_{22}w + B_2v + A_{21}\phi + B_u\Delta u \\ B_u &= \begin{bmatrix} b \\ 0 \end{bmatrix} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(74)$$

【0277】

状態観測器は上記(58)式と同じとする。状態量の推定値 w_e と状態量の実際値 w と偏差 e_{obB} との関係を上記(70)式で表し、(74)式から(58)式を引くと次の(75)式を得る。

30

【0278】

【数79】

$$de_{obB} = A_{obB}e_{obB} + B_u + \Delta u \quad \dots\dots\dots(75)$$

【0279】

定常的な偏差 e_{obB} を求めるために、(74)式において、 $de_{obB} = 0$ とすると、次の(76)式を得る。

40

【0280】

【数80】

$$\left. \begin{aligned}
 &A_{obB}e_{obB} + B_u\Delta u = 0 \\
 &\begin{bmatrix} -a_2 - h_{1B} & b \\ -h_{2B}f & 0 \end{bmatrix} e_{obB} = -\begin{bmatrix} b \\ 0 \end{bmatrix} \Delta u \\
 &e_{obB} = -\frac{1}{h_{2B}fb} \begin{bmatrix} 0 & -b \\ h_{2B}f & -a_2 - h_{1B}f \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b \\ 0 \end{bmatrix} \Delta u \\
 &= \begin{bmatrix} 0 \\ -\Delta u \end{bmatrix}
 \end{aligned} \right\} \dots(76)$$

10

【 0 2 8 1 】

上記 (7 6) 式と (7 0) 式の関係から次の (7 7) 式を得る。

【 0 2 8 2 】

【 数 8 1 】

20

$$e_{obB} = w - w_e = \begin{bmatrix} y - y_m \\ u - u_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -\Delta u \end{bmatrix} \dots\dots\dots(77)$$

【 0 2 8 3 】

ここで、(7 3) 式と (7 7) 式から、実際のステップ数 u_p とステップ数の推定値 u_m の偏差を求めると、次の (7 8) 式となる。

【 0 2 8 4 】

【 数 8 2 】

30

$$\begin{aligned}
 u_p - u_m &= (u + \Delta u) - u_m \\
 &= -\Delta u + \Delta u \dots\dots\dots(78) \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

【 0 2 8 5 】

このように、ステップモータ速度指令値を入力とした状態観測器を用いて、トラニオンの軸方向変位とステップモータステップ数を推定した場合、ステップモータの脱調による定常的な外乱 u が存在しても、実際値と推定値の偏差はない。

40

【 0 2 8 6 】

図 1 4 (b) に示すように、時刻 T 1 から T 2 の間で脱調が起ころっても、トラニオン軸方向変位推定値は T 2 以降も正しい値を推定する。また、ステップモータステップ数の推定値も、正しいステップ数を推定している。

【 0 2 8 7 】

次に、変速制御コントローラ 9 0 で行われる変速制御の一例を、図 1 5 ~ 図 2 0 に示すフローチャートに基づいて詳述する。この変速制御は、ある所定の制御周期、例えば 1 0 m

50

s 毎に実行される。

【 0 2 8 8 】

図 1 5 がメインルーチンのフローチャートである。

【 0 2 8 9 】

ステップ S 1 0 0 では、図 1 6 に示す、運転状態読込サブルーチンを実行して、各運転状態を検出する。

【 0 2 9 0 】

ステップ S 1 0 1 では、図 1 7 に示す、到達傾転角度演算サブルーチンを実行して、到達傾転角度 ϕ^* を求める。

【 0 2 9 1 】

ステップ S 1 0 2 では、実傾転角度 ϕ と T C V T 出力軸回転数 ω_o から、次の (7 9) 式を使って f を算出する。

【 0 2 9 2 】

【 数 8 3 】

$$f = \frac{\cos(c_{g1} - \phi) \{ c_{g0} - \cos(2c_{g1} - \phi) \}}{c_f} \omega_o \dots\dots\dots(79)$$

10

20

【 0 2 9 3 】

ここで c_{g0} 、 c_{g1} 、 c_f は T C V T の構造で決まる定数である。

【 0 2 9 4 】

ステップ S 1 0 3 では、図 1 8 に示す状態推定部サブルーチンを実行し、トラニオン軸方向変位の推定値 y_m とステップモータステップ数推定値 u_m を求める。

【 0 2 9 5 】

ステップ S 1 0 4 では、図 1 9 に示す微分同相写像部サブルーチンを実行し、傾転角速度推定値 d_m と、傾転角加速度推定値 a_m を求める。

30

【 0 2 9 6 】

ステップ S 1 0 5 では、図 2 0 に示す、スライディングモード制御部サブルーチンを実行し、ステップモータステップ速度指令値 v を求める。

【 0 2 9 7 】

ステップ S 1 0 6 では、次の (8 0) 式で準推定状態量の微分値 $d q_{1B}$ 、 $d q_{2B}$ を求める。

【 0 2 9 8 】

ここで、 q_{1B} 、 q_{2B} は後のステップで計算する準推定状態量の前同値である。

【 0 2 9 9 】

【 数 8 4 】

40

$$\begin{bmatrix} dq_{1B} \\ dq_{2B} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -a_2 - h_{1B}f & b \\ -h_{2B}f & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} q_{1B} \\ q_{2B} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -a_1 - a_2h_{1B} + bh_{2B} - f \cdot h_{1B}^2 - dh_{1B} \\ -f \cdot h_{1B}h_{2B} - dh_{2B} \end{bmatrix} \phi + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} v \dots\dots(80)$$

【 0 3 0 0 】

ここで例えば、オブザーバゲイン h_{1B} 、 h_{2B} として上記補正係数 h_{1B}^* 、 h_{2B}^* を直接使用した場合は、 A_{obB} は一定となるので、(8 0) 式の代わりに次の (8 1) 式を使用する。

【 0 3 0 1 】

50

【数 8 5】

$$\begin{bmatrix} dq_{1B} \\ dq_{2B} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2\omega_{ob} & b \\ -\frac{\omega_{ob}^2}{b} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} q_{1B} \\ q_{2B} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -a_1 - a_2 h_{1B} + b h_{2B} - f \cdot h_{1B}^2 - d h_{1B} \\ -f \cdot h_{1B} h_{2B} - d h_{2B} \end{bmatrix} \phi + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} v \quad \dots(81)$$

【0302】

図16の運転状態読込サブルーチンにおいて、ステップS110では、TCVT出力軸回転数 ω_{out} を、図1に示す出力軸回転数センサ61から検出する。ステップS111では、ファイナルギア比などによるTCVT出力軸からタイヤまでの総ギア比とタイヤ半径から決まる定数 k_v を用いて、TCVT出力軸回転数 ω_{out} から車速VSPを上記(35)式と同様に求める。

10

【0303】

ステップS112では、アクセル踏み込み量APSをエンコーダなどのセンサを用いて検出する。

【0304】

ステップS113では、TCVT入力軸回転数 ω_{in} を、図1に示す入力軸回転数センサ60から検出する。

【0305】

ステップS114では、TCVT出力軸回転数 ω_{out} とTCVT入力軸回転数 ω_{in} から、実変速比 i_c を上記(36)式で求める。

20

【0306】

ステップS115では、実傾転角度 θ を、トラニオンなどに取り付けたロータリーエンコーダなどのセンサを用いて直接検出するか、センサがレイアウト上取り付けられない状況のときは、実変速比 i_c から、図24に示す傾転角度と変速比の関係を使って求め、サブルーチンを抜ける。

【0307】

図17の到達傾転角度演算サブルーチンにおいて、ステップS120では、アクセル踏み込み量APSと車速VSPから、図10に示す変速マップを用いて到達エンジン回転数 ω_e^* を求める。

30

【0308】

ステップS121では、TCVT出力軸回転数 ω_{out} と到達エンジン回転数 ω_e^* から、到達変速比 i_c を上記(37)式で求める。

【0309】

ステップS122では、到達変速比 i_c^* から、図24に示す変速比と傾転角度の関係を用いて到達傾転角度 θ^* を求める。

【0310】

図18の状態観測部サブルーチンにおいて、ステップS130では、 f に応じて、次の(82)式により補正係数 h_{1B}^* 、 h_{2B}^* を求める。

40

【0311】

【数 8 6】

$$\left. \begin{aligned} h_{1B}^* &= \frac{-a_2 + 2\omega_{ob}}{f} \\ h_{2B}^* &= \frac{\omega_{ob}^2}{bf} \end{aligned} \right\} \quad \dots(82)$$

【0312】

ステップS131では、次の(83)式で、オブザーバゲインの微分値 dh_{1B} 、 dh_{2B} の

50

前回値を積分してオブザーバゲイン h_{1B} 、 h_{2B} を求める。ここで、 T は制御周期であり、ここでは制御周期が 0.01 秒なので $T = 0.01$ である。

【 0 3 1 3 】

【 数 8 7 】

$$\left. \begin{aligned} h_{1B} &= h_{1B} + T \cdot dh_{1B} \\ h_{2B} &= h_{2B} + T \cdot dh_{2B} \end{aligned} \right\} \dots (83)$$

10

【 0 3 1 4 】

ステップ S 1 3 2 では、補正係数 h_{1B}^* 、 h_{2B}^* から、次の (8 4) 式でオブザーバゲインの微分値 dh_{1B} 、 dh_{2B} を求める。

【 0 3 1 5 】

【 数 8 8 】

$$\left. \begin{aligned} dh_{1B} &= -a_{01}h_{1B} + a_{01}h_{1B}^* \\ dh_{2B} &= -a_{02}h_{2B} + a_{02}h_{2B}^* \end{aligned} \right\} \dots (84)$$

20

【 0 3 1 6 】

ステップ S 1 3 3 では、次の (8 5) 式で、準推定状態量の微分値 dq_{1B} 、 dq_{2B} の前回値を積分して準推定状態量 q_{1B} 、 q_{2B} を求める。

【 0 3 1 7 】

【 数 8 9 】

$$\left. \begin{aligned} q_{1B} &= q_{1B} + T \cdot dq_{1B} \\ q_{2B} &= q_{2B} + T \cdot dq_{2B} \end{aligned} \right\} \dots (85)$$

30

【 0 3 1 8 】

ステップ S 1 3 4 では、準推定状態量 q_{2B} と実傾転角度 ϕ とオブザーバゲイン h_{1B} 、 h_{2B} から、次の (8 6) 式でトラニオン軸方向変位推定値 y_m とステップモータステップ数推定値 u_m を求める。

【 0 3 1 9 】

【 数 9 0 】

$$\left. \begin{aligned} y_m &= q_{1B} + h_{1B}\phi \\ u_m &= q_{2B} + h_{2B}\phi \end{aligned} \right\} \dots (86)$$

40

【 0 3 2 0 】

図 1 9 の微分同相写像部サブルーチンにおいて、ステップ S 1 4 0 では、まず f を例えば擬似微分器で微分して df を求めるか、あるいは次の (8 7) 式を用いて求める。

【 0 3 2 1 】

【 数 9 1 】

$$df = \left[\sin(c_{g1} - \phi) \{c_{g0} - \cos(2c_{g1} - \phi)\} - \sin(2c_{g1} - \phi) \cos(c_{g1} - \phi) \right] \frac{fy\omega_0}{c_f} + \frac{\cos(c_{g1} - \phi) \{c_{g0} - \cos(2c_{g1} - \phi)\}}{c_f} d\omega_0 \quad \dots(87)$$

【 0 3 2 2 】

10

ここで、TCVT出力軸回転数の微分値 $d\omega_0$ は、例えば、TCVT出力軸回転数 ω_0 を疑似微分器等で微分して求める。ただし、TCVTの出力が車両の出力軸に直結している場合等では、車両の慣性によりTCVT出力軸回転数 ω_0 の変化が小さいため、(87)式の第2項は第1項に比べ十分に小さくなるので、(87)式は(88)式に近似できる。

【 0 3 2 3 】

【 数 9 2 】

$$df = \left[\sin(c_{g1} - \phi) \{c_{g0} - \cos(2c_{g1} - \phi)\} - \sin(2c_{g1} - \phi) \cos(c_{g1} - \phi) \right] \frac{fy\omega_0}{c_f} \quad \dots(88)$$

20

【 0 3 2 4 】

ステップS141では、(89)式で傾転角速度推定値 $d\phi_m$ を求める。

【 0 3 2 5 】

【 数 9 3 】

$$d\phi_m = f \cdot y_m \quad \dots\dots\dots(89)$$

30

【 0 3 2 6 】

ステップS142では、(90)式で傾転角加速度推定値 $\alpha\phi_m$ を求め、サブルーチンを抜ける。

【 0 3 2 7 】

【 数 9 4 】

$$\alpha\phi_m = df \cdot y_m + f(bu_m - a_1\phi - a_2y_m) \quad \dots\dots\dots(90)$$

40

【 0 3 2 8 】

図20のスライディングモード制御部サブルーチンにおいて、ステップS150では、次の(91)式で、制御誤差 e を求める。ここで、 α_n と β_n は、目標変速特性から決まる減衰係数と、自然周波数である。

【 0 3 2 9 】

【 数 9 5 】

$$\sigma = \alpha\phi_m + 2\zeta\omega_n d\phi_m + \omega_n^2(\phi - \phi^*) \quad \dots\dots\dots(91)$$

【 0 3 3 0 】

ステップ S 1 5 1 では、次の (9 2) 式で、ステップモータステップ速度指令値 v を求める。ここで、K はステップモータの限界駆動速度の絶対値とする。

【 0 3 3 1 】

【数 9 6 】

$$v = -K \frac{\sigma}{|\sigma|} \quad \dots\dots\dots(92)$$

10

【 0 3 3 2 】

以上のように、ステップモータ速度指令値 v を入力とした状態観測器を用いることで、トラニオン 2 3 の軸方向変位とステップモータステップ数を推定した場合、ステップモータの脱調による定常的な外乱 u が存在している場合であっても、実際値と推定値の偏差を解消することが可能となり、変速制御の精度を確保することができるのである。

【 0 3 3 3 】

上記実施形態では、変速比相当物理量としてパワーローラの傾転角度 を用いた場合を示したが、傾転角度 に代わって T C V T の変速比で制御する場合について、以下に説明する。

20

【 0 3 3 4 】

上記実施形態の変速比 i c に代わって、変速比 G とすると、変速比 G と傾転角度 の間には、次の (9 3) 式の関係が存在する。

$$G = h(\phi) = \frac{c_{g0} - \cos(2c_{g1} - \phi)}{c_{g0} - \cos(\phi)} \quad \dots\dots\dots(93)$$

30

【 0 3 3 6 】

ここで、c_{g0}、c_{g1}、c_f は、上記 (3 1) 式と同様に T C V T の構造で決まる定数である。

【 0 3 3 7 】

次に、トラニオンの軸方向変位を変速速度に変換する変換係数を f ' とすると、

【 0 3 3 8 】

【数 9 8 】

$$f' = \frac{\partial h}{\partial \phi} f = \frac{\partial h}{\partial \phi} \frac{\cos(c_{g1} - \phi) \{c_{g0} - \cos(2c_{g1} - \phi)\}}{c_f} \omega_0 \quad \dots\dots\dots(94)$$

40

【 0 3 3 9 】

となる。

【 0 3 4 0 】

次に、変速比 G とステップモータステップ数指令値 (ステップ数) u とからトラニオンの軸方向変位推定値を演算する同次元オブザーバを求めると、まず、上記 (2 1) 式と同様にして、

50

【 0 3 4 1 】

【 数 9 9 】

$$\left. \begin{aligned} dx_{Ae} &= A_A x_{Ae} + B_A u + H'_A (dG - dG_m) \\ dG &= C'_A x \quad , dG_m = C'_A x_e \\ C'_A &= [0 \quad f'] \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(95)$$

【 0 3 4 2 】

10

となる。ここで、 G_m は変速比の推定値、 dG は変速比の微分値（変速速度）を示しており、 dG は直接検出することができないので、上記（22）式と同様に、次の状態変換を行う。

【 0 3 4 3 】

【 数 1 0 0 】

$$x_{Ae} = q_A + H'_A G \quad \dots\dots\dots(96)$$

20

【 0 3 4 4 】

これより、状態変換後のオブザーバ（準状態量推定器）は、次式となる。

【 0 3 4 5 】

【 数 1 0 1 】

$$\left. \begin{aligned} dq_A &= A'_{obA} q_A + D'_A G + B_A u \\ A'_{obA} &= A_A - H'_A C'_A \\ D'_A &= A_A H'_A - H'_A C'_A H'_A - dH'_A \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(97)$$

30

【 0 3 4 6 】

そして、オブザーバゲイン H'_A は、次式となる。

【 0 3 4 7 】

【 数 1 0 2 】

$$H'_A = \begin{bmatrix} h'_{1A} \\ h'_{2A} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 - \frac{k_{1A}}{f'} \\ -\frac{k_{2A} + a_2}{f'} \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots(98)$$

40

【 0 3 4 8 】

これにより、変速比相当物理量と変速アクチュエータ指令値を入力とするフィルタを用いて、フィルタの状態量である準状態量を推定し、準推定状態量の係数行列が一定値となるようにオブザーバゲインを補正できるのである。

【 0 3 4 9 】

次に、変速比 G とステップモータステップ数指令値（ステップ数） u とからトラニオンの軸方向変位推定値を演算する低次元オブザーバを求める場合には、まず、トラニオンの軸

50

方向変位の推定値 y_m は、

【 0 3 5 0 】

【 数 1 0 3 】

$$dy_m = -a_2 y_m + bu - a_1 h^{-1}(G) + h_r (dG - dG_m) \quad \dots\dots(99)$$

【 0 3 5 1 】

となる。ただし、 $h^{-1}(G)$ は、傾転角度 と変速比 G の関係を示す上記 (9 3) 式の逆関数である。

10

【 0 3 5 2 】

次に、変速比の微分値 dG 、変速比推定値の微分値 dG_m は、

【 0 3 5 3 】

【 数 1 0 4 】

$$dG = f'y \quad , dG_m = f'y_m \quad \dots\dots(100)$$

【 0 3 5 4 】

となる。ここで、 dG は直接検出することができないので、次の状態変換を行う。

20

【 0 3 5 5 】

【 数 1 0 5 】

$$y_m = q_r + h_r G \quad \dots\dots(101)$$

【 0 3 5 6 】

そして、状態変換後のオブザーバ (準状態量推定器) は、次式で表される。

【 0 3 5 7 】

【 数 1 0 6 】

30

$$dq_r = (-a_2 - h_r f') q_r + bu + (-a_1 h^{-1}(G) - a_2 h_r G + f h_r^2 G - dh_r G) \quad \dots\dots(102)$$

【 0 3 5 8 】

したがって、オブザーバゲイン h'^* は、

【 0 3 5 9 】

【 数 1 0 7 】

$$h'^* = \frac{\omega_{ob} - a_2}{f'} \quad \dots\dots(103)$$

40

【 0 3 6 0 】

として表される。

【 0 3 6 1 】

次に、変速比 G とステップモータステップ速度指令値 v とからトラニオンの軸方向変位推定値を演算する低次元オブザーバを求める場合は、まず、TCVTの状態量 w から上記 (5 8) 式と同様に、

50

【 0 3 6 2 】

【 数 1 0 8 】

$$\left. \begin{aligned}
 dw_e &= A_{22}w_e + B_2v + A_{21}h^{-1}(G) + H_B(dG - dG_m) \\
 dG &= A'_{12}w, dG_m = A'_{12}w_e \\
 A'_{12} &= [f' \quad 0]
 \end{aligned} \right\} \dots(104)$$

10

【 0 3 6 3 】

となる。ここで、d G は直接検出することができないので、次の状態変換を行う。

【 0 3 6 4 】

【 数 1 0 9 】

$$w_e = q_B + H_B G \quad \dots\dots(105)$$

【 0 3 6 5 】

そして、状態変換後のオブザーバ（準状態量推定器）は、次式で表される。

【 0 3 6 6 】

【 数 1 1 0 】

$$\left. \begin{aligned}
 dq_B &= A'_{obB}q_B + D'_B + B_2v \\
 A'_{obB} &= A_{22} - H_B A'_{12} \\
 D'_B &= A_{22}H_B G + A_{12}h^{-1}(G) - H_B A'_{12}H_B G - dH_B G
 \end{aligned} \right\} \dots\dots(106)$$

30

【 0 3 6 7 】

したがって、オブザーバゲイン h'_{1B} は、

【 0 3 6 8 】

【 数 1 1 1 】

$$H'_B = \begin{bmatrix} h'_{1B} \\ h'_{2B} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{-a_2 - k_{1B}}{f'} \\ -\frac{k_{2B}}{f'} \end{bmatrix} \quad \dots\dots(107)$$

40

【 0 3 6 9 】

となる。

【 0 3 7 0 】

こうして、変速比 G を用いた場合でも傾転角度 を用いた場合と同様の制御を行うことが可能となる。

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 本発明の一実施形態を示すトロイダル型無段変速機の概略構成図。

50

【図2】同じくトロイダル型無段変速機の断面を示し、油圧制御装置及びメカニカルフィードバック機構の概略構成図。

【図3】変速制御コントローラ概念を示し、制御系のブロック図である。

【図4】変速制御コントローラで行われる制御の一例を示すフローチャートで、メインルーチンを示す。

【図5】同じく運転状態読み込みのサブルーチンを示すフローチャート。

【図6】同じく到達傾転角度演算のサブルーチンを示すフローチャート。

【図7】同じくPI制御部のサブルーチンを示すフローチャート。

【図8】同じく状態観測部のサブルーチンを示すフローチャート。

【図9】同じくD制御部のサブルーチンを示すフローチャート。

【図10】アクセル踏み込み量APSをパラメータとした車速VSPと到達エンジン回転数の関係を示す変速マップ。

【図11】変換係数fに応じたフィードバックゲインのマップで、(a)は比例ゲイン K_p 、(b)は積分ゲイン K_i 、(c)は微分ゲイン K_d を示す。

【図12】第2の実施形態の変速制御コントローラ概念を示し、制御系のブロック図である。

【図13】TCVTの数式モデルと状態観測器のブロック図を示し、(a)は第1実施形態の状態観測器を示し、(b)は第2実施形態の状態観測器を示す。

【図14】トラニオンの軸方向変位(パワーローラ変位)、ステップ数と時刻の関係を示すグラフで、(a)は外乱などにより脱調が起こった後に、推定値がずれる場合を示し、(b)は脱調が起こった後に、推定値が実際値と一致する場合を示す。

【図15】変速制御コントローラで行われる制御の一例を示すフローチャートで、メインルーチンを示す。

【図16】同じく運転状態読み込みのサブルーチンを示すフローチャート。

【図17】同じく到達傾転角度演算のサブルーチンを示すフローチャート。

【図18】同じく状態観測部のサブルーチンを示すフローチャート。

【図19】同じく微分同相写像部のサブルーチンを示すフローチャート。

【図20】同じくスライディングモード制御部のサブルーチンを示すフローチャート。

【図21】状態観測器のブロック図。

【図22】同じく状態観測器の概略ブロック図。

【図23】従来例を示し、制御系のブロック図。

【図24】傾転角度と変速比のマップ。

【図25】ステップモータのステップ数と傾転角度の関係を示すマップ。

【符号の説明】

18 第1トロイダル変速部

18a、20a 入力ディスク

18b、20b 出力ディスク

18c、18d、20c、20d パワーローラ

20 第2トロイダル変速部

50 油圧サーボシリンダ

50A、50B 油室

51 サーボピストン

52 ステップモータ

53 Iリンク

54 Lリンク

55 プリセスカム

56 シフトコントロールバルブ

56Hi Hi側ポート

56Low Low側ポート

56L 供給ポート

10

20

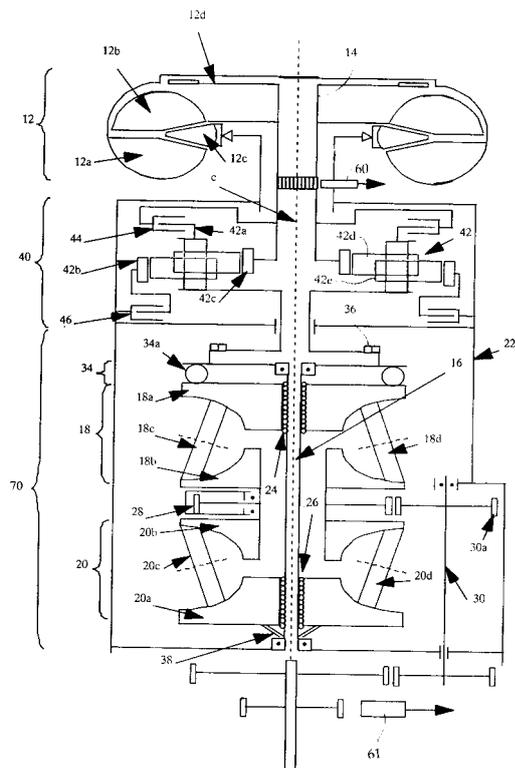
30

40

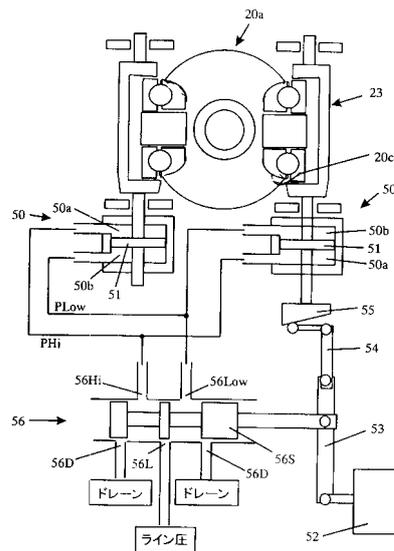
50

- 5 6 D ドレーンポート
- 6 0 入力軸回転数センサ
- 6 1 出力軸回転数センサ
- 7 0 トロイダル型無段変速機
- 8 0 変速制御コントローラ
- 8 1 変速マップ
- 8 2 到達傾転角度演算部
- 8 3 P I 制御部
- 8 5 D 制御部
- 9 0 変速制御コントローラ
- 9 1 変速マップ
- 9 2 到達傾転角度演算部
- 9 4 微分同相写像部
- 9 5 スライディングモード制御部
- 1 0 0 状態観測器

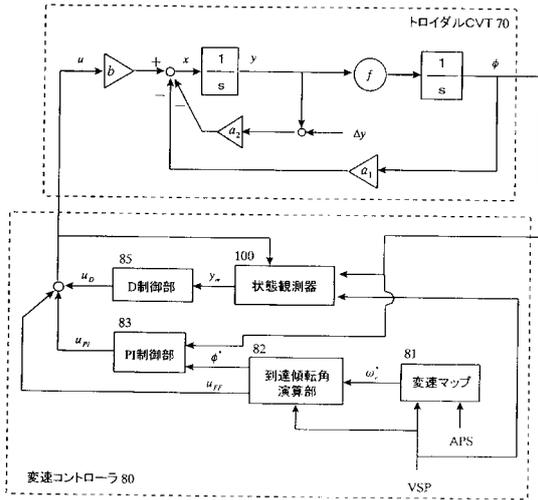
【 図 1 】



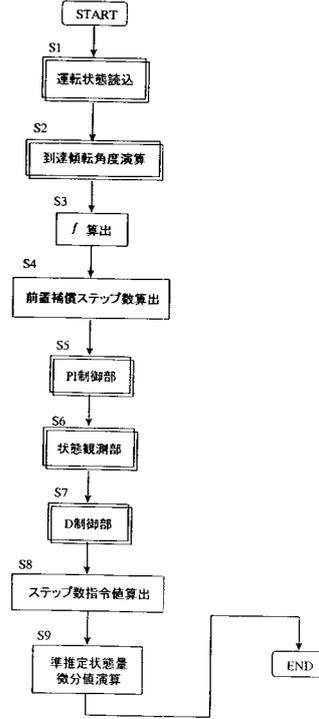
【 図 2 】



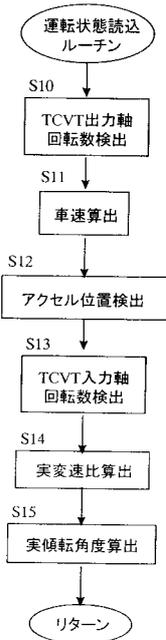
【 図 3 】



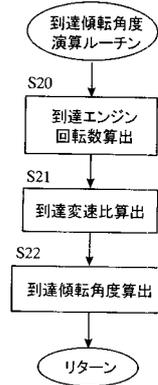
【 図 4 】



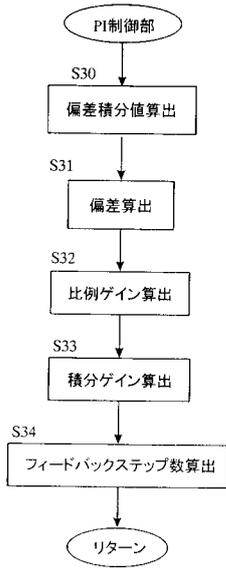
【 図 5 】



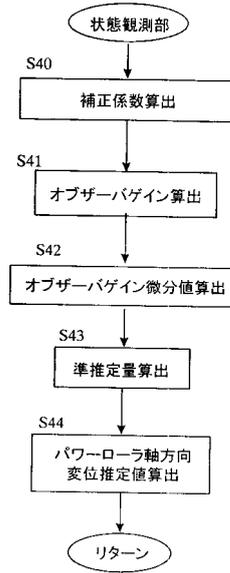
【 図 6 】



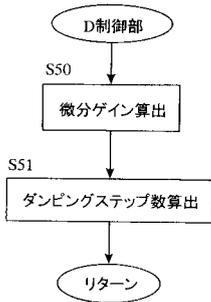
【図7】



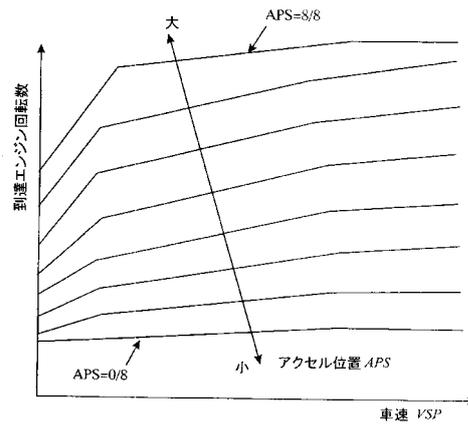
【図8】



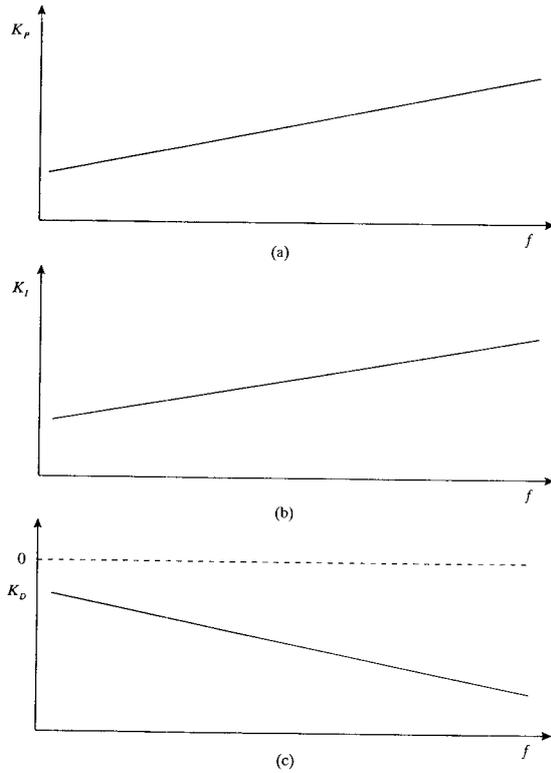
【図9】



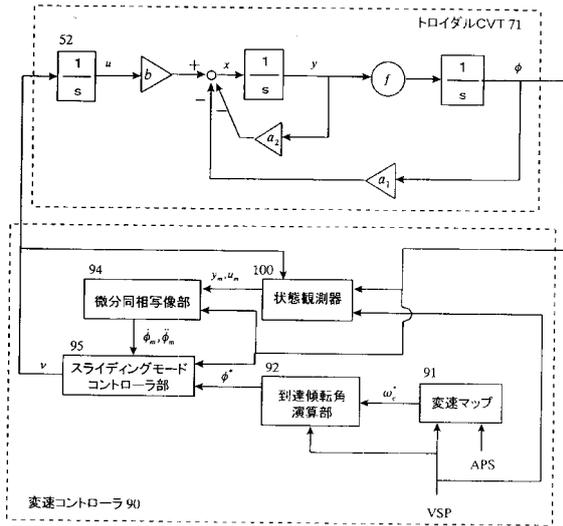
【図10】



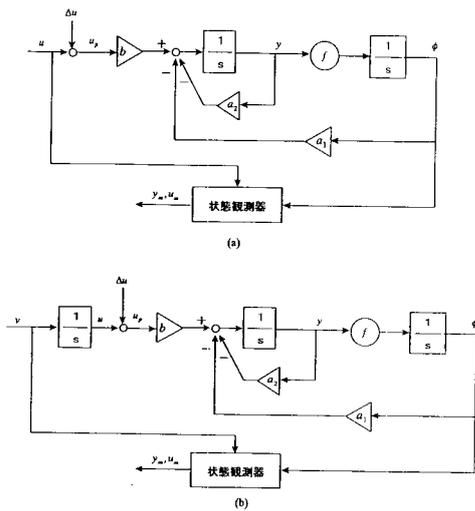
【 図 1 1 】



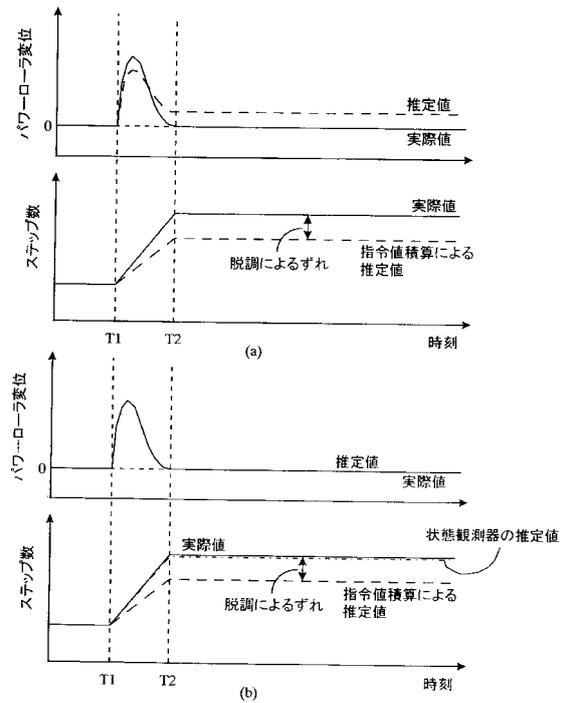
【 図 1 2 】



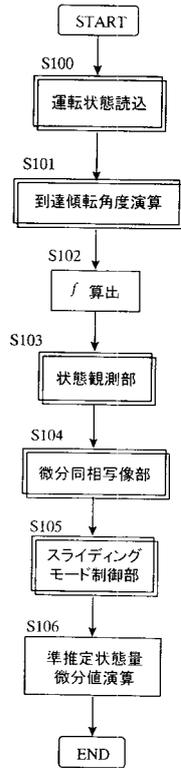
【 図 1 3 】



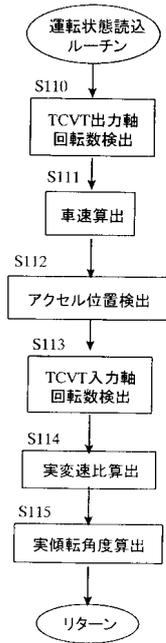
【 図 1 4 】



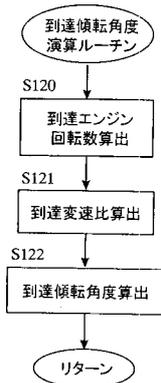
【 図 15 】



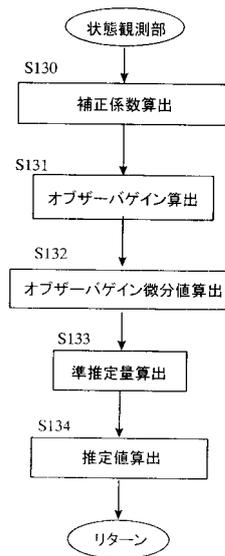
【 図 16 】



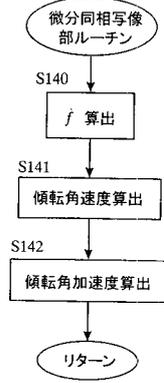
【 図 17 】



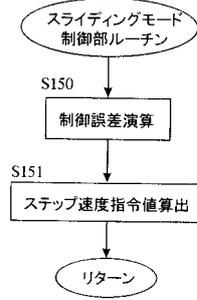
【 図 18 】



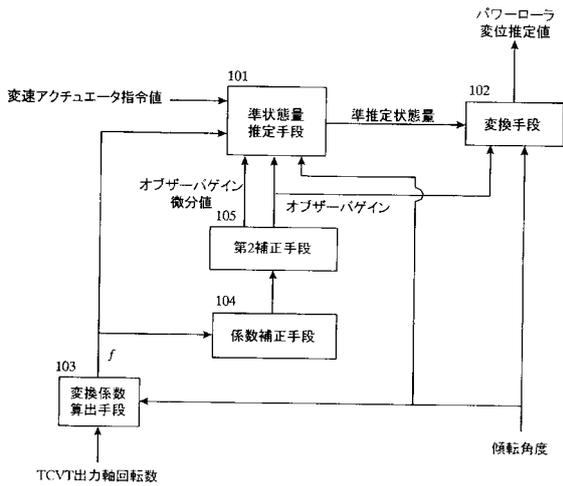
【図19】



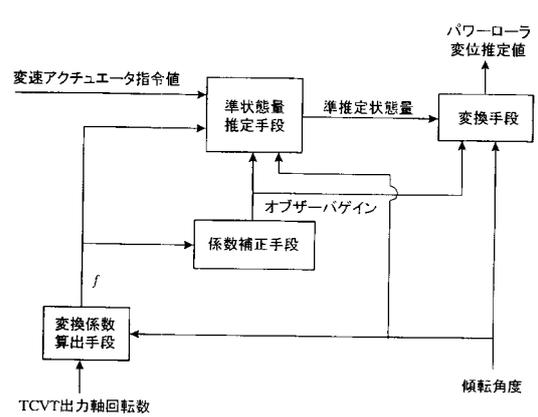
【図20】



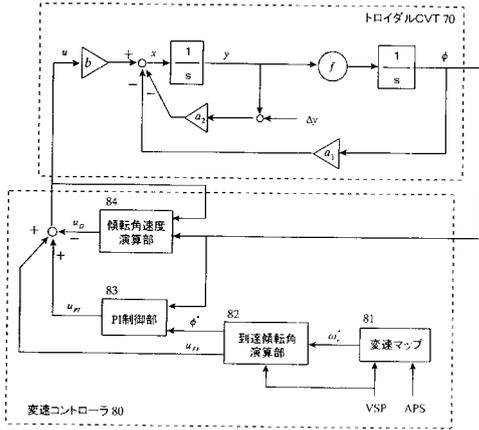
【図21】



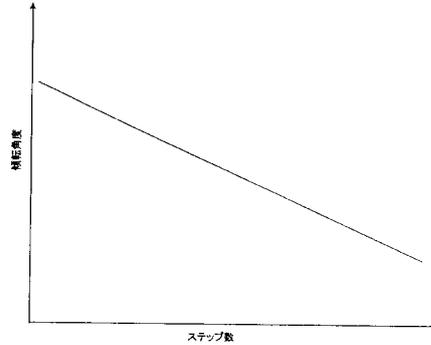
【図22】



【図 2 3】



【図 2 5】



【図 3】

【図 2 4】

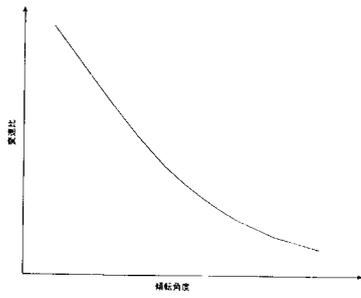


図 2 4

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平08 - 270772 (JP, A)
特開2000 - 018378 (JP, A)
特開平11 - 141670 (JP, A)
特開平09 - 242857 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

- F16H 59/00 - 61/12
F16H 61/16 - 61/24
F16H 63/40 - 63/48
F16H 13/00 - 15/56