

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

対象物の動作位置を変化させる油圧アクチュエータの制御弁に駆動信号を出力して位置制御を行う位置制御装置であって、

前記油圧アクチュエータの油温に関する情報を取得する油温取得器と、

前記対象物の動作位置の実値を取得する位置取得器と、

前記対象物の動作位置の目標値と前記実値との偏差を減らすように閉ループ制御により前記制御弁に対する動作指令値を算出する位置制御器と、

前記油温が低くなるにつれて、前記閉ループ制御の少なくとも一つのゲインを前記閉ループ制御の感度が上がる傾向に変化させるゲイン設定器と、を備える、位置制御装置。 10

【請求項 2】

前記少なくとも一つのゲインは、前記偏差から前記動作指令値を求めるのに用いられる第 1 ゲインを含み、

前記ゲイン設定器は、前記油温が低くなるにつれて前記第 1 ゲインを増加させる、請求項 1 に記載の位置制御装置。

【請求項 3】

前記第 1 ゲインは、前記位置制御器の算出ゲインである、請求項 2 に記載の位置制御装置。

【請求項 4】

前記偏差を求める位置減算器を更に備え、 20

前記少なくとも一つのゲインは、前記位置減算器に入力される前記実値を求めるのに用いられる第 2 ゲインを含み、

前記ゲイン設定器は、前記油温が低くなるにつれて前記第 2 ゲインを減少させる、請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の位置制御装置。

【請求項 5】

前記位置取得器は、前記対象物の動作位置の実値を推定する位置推定器であり、

前記第 2 ゲインは、前記位置推定器の内部モデルの感度を含む、請求項 4 に記載の位置制御装置。

【請求項 6】

前記対象物は、その位置変化により無段変速機の変速比を変化させる変速要素である、請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の位置制御装置。 30

【請求項 7】

無段変速機の変速比を変化させるように変速要素の動作位置を変化させる油圧アクチュエータの制御弁に駆動信号を出力して位置制御を行う位置制御装置であって、

前記油圧アクチュエータの油温の情報を取得する油温取得器と、

前記変速比の実値を取得する実変速比取得器と、

前記変速要素の動作位置の実値を取得する位置取得器と、

前記変速比の指令値と前記変速比の前記実値との偏差を減らすように第 1 閉ループ制御により前記変速要素の動作位置の目標値を算出する目標位置演算器と、

前記変速要素の動作位置の前記目標値と前記変速要素の動作位置の前記実値との偏差を減らすように第 2 閉ループ制御により前記制御弁に対する動作指令値を算出する位置制御器と、 40

前記油温が低くなるにつれて、前記第 1 閉ループ制御のゲインを前記第 1 閉ループ制御の感度が下がる傾向に変化させるゲイン設定器と、を備える、位置制御装置。

【請求項 8】

前記無段変速機は、パワーローラの傾転角に応じて前記変速比を変化させるトロイダル無段変速機であり、前記変速要素は、前記パワーローラである、請求項 6 又は 7 に記載の位置制御装置。

【請求項 9】

前記無段変速機から出力される動力は、発電機に入力され、かつ、前記発電機は、前記 50

閉ループ制御の開始から遅れて発電動作を開始し、

前記ゲイン調整は、少なくとも前記閉ループ制御の開始後かつ前記発電機の発電動作の開始前の期間に行われる、請求項 7 又は 8 に記載の位置制御装置。

【請求項 10】

前記ゲイン設定器は、前記制御弁の開度が第 1 開度領域にあるときに比べ、前記制御弁の開度が前記第 1 開度領域よりも小さい第 2 開度領域にあるときには、前記油温の変化に対する前記ゲインの変化率を絶対値が増加するように補正する、請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の位置制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、油圧アクチュエータの制御弁に駆動信号を出力して位置制御を行う位置制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

トロイダル無段変速機では、変速比の変更のために油圧機構によりパワーローラを変位させるが、寒冷地での起動時には油の流動性の低下によりパワーローラの動作に応答遅れが生じるため、低温起動時には暖機運転が必要となる。暖機運転の一例として、特許文献 1 では、低温起動時の暖機運転において、変速機が減速状態に維持される範囲で油圧機構の制御弁のスプールを往復動させてピストンを振動させることで、油を流動させて暖機を促進する低温制御が行われる。そして、油温が基準温度に到達すると、閉ループ制御により変速比を指令値に近づくように制御弁を制御する通常制御が開始される。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特許第 4 4 9 5 1 1 7 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、近年は変速機の早期起動のために暖機運転の更なる短縮化が望まれるが、暖機運転から通常運転に切り替わる基準温度を下げて通常制御を早く開始させると、油の流動性が不十分であるために、通常制御の初期段階において閉ループ制御が暫く不安定になることがある。そのため、暖機運転の短縮化には限界があるのが現状である。

30

【0005】

そこで本発明は、低温起動時において、暖機運転の短縮化を図りながらも、暖機運転から通常運転に切り替わった後の閉ループ制御の不安定化を防止することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の一態様に係る位置制御装置は、対象物の動作位置を変化させる油圧アクチュエータの制御弁に駆動信号を出力して位置制御を行う位置制御装置であって、前記油圧アクチュエータの油温に関する情報を取得する油温取得器と、前記対象物の動作位置の実値を取得する位置取得器と、前記対象物の動作位置の目標値と前記実値との偏差を減らすように閉ループ制御により前記制御弁に対する動作指令値を算出する位置制御器と、前記油温が低くなるにつれて前記閉ループ制御の少なくとも 1 つのゲインを前記閉ループ制御の感度が上がる傾向に変化させるゲイン設定器と、を備える。なお、前記対象物は、その位置変化により無段変速機の変速比を変化させる変速要素であってもよい。

40

【0007】

前記構成によれば、対象物の動作位置の目標値と実値との偏差を減らすように制御弁に対する動作指令値を算出する閉ループ制御のゲインが、油温の低下に伴って閉ループ制御の感度が上がる傾向に変化するように調整されるため、低温時における油の流動性低下に

50

よる応答遅れを補うことができる。よって、低温起動時において、暖機運転の短縮化を図りながらも、暖機運転から通常運転に切り替わった後の閉ループ制御の不安定化を防止できる。

【0008】

前記少なくとも1つのゲインは、前記偏差から前記動作指令値を求めるのに用いられる第1ゲインを含み、前記ゲイン設定器は、前記油温が低くなるにつれて前記第1ゲインを増加させてもよい。例えば、前記第1ゲインは、前記位置制御器の算出ゲインであってもよい。

【0009】

前記構成によれば、油温の低下に伴って、目標値と実値との偏差に対する動作指令値の応答性が高まるため、低温時における油の流動性低下による応答遅れを好適に補うことができる。

10

【0010】

前記偏差を求める位置減算器を更に備え、前記少なくとも1つのゲインは、前記位置減算器に入力される前記実値を求めるのに用いられる第2ゲインを含み、前記ゲイン設定器は、前記油温が低くなるにつれて前記第2ゲインを減少させてもよい。例えば、前記位置取得器は、前記対象物の動作位置の実値を推定する位置推定器であり、前記第2ゲインは、前記位置推定器の内部モデルの感度を含んでもよい。

【0011】

前記構成によれば、油温の低下に伴って、位置減算器に入力される実値が偏差の増加側に調整されることで、閉ループ制御の感度が上がる傾向となるため、低温時における油の流動性低下による応答遅れを補うことができる。

20

【0012】

前記対象物は、その位置変化により無段変速機の変速比を変化させる変速要素であってもよい。

【0013】

前記構成によれば、変速機の低温起動時において油圧アクチュエータを用いた変速比の閉ループ制御を安定かつ早期に開始できる。

【0014】

本発明の他の態様に係る位置制御装置は、無段変速機の変速比を変化させるように変速要素の動作位置を変化させる油圧アクチュエータの制御弁に駆動信号を出力して位置制御を行う位置制御装置であって、前記油圧アクチュエータの油温の情報を取得する油温取得器と、前記変速比の実値を取得する実変速比取得器と、前記変速要素の動作位置の実値を取得する位置取得器と、前記変速比の指令値と前記変速比の前記実値との偏差を減らすように第1閉ループ制御により前記変速要素の動作位置の目標値を算出する目標位置演算器と、前記変速要素の動作位置の前記目標値と前記変速要素の動作位置の前記実値との偏差を減らすように第2閉ループ制御により前記制御弁に対する動作指令値を算出する位置制御器と、前記油温が低くなるにつれて、前記第1閉ループ制御のゲインを前記第1閉ループ制御の感度が下がる傾向に変化させるゲイン設定器と、を備える。

30

【0015】

前記構成によれば、変速比の指令値と実値との偏差を減らすように変速要素の動作位置の目標値を算出する第1閉ループ制御（メジャー閉ループ制御）とともに、変速要素の動作位置の目標値と実値との偏差を減らすように制御弁に対する動作指令値を算出する第2閉ループ制御（マイナー閉ループ制御）が実行される構成において、第1閉ループ制御のゲインが、油温の低下に伴って閉ループ制御の感度が下がる傾向に変化するように調整される。そのため、油の流動性低下によるマイナー閉ループ制御の応答性の低下に合わせて、メジャー閉ループ制御の応答性が低下し、変速比の継続的な振動を防止できる。よって、低温起動時において、暖機運転の短縮化を図りながらも、暖機運転から通常運転に切り替わった後の閉ループ制御の不安定化を防止できる。

40

【0016】

50

前記無段変速機は、パワーローラの傾転角に応じて前記変速比を変化させるトロイダル無段変速機であり、前記変速要素は、前記パワーローラであってもよい。

【0017】

前記構成によれば、トロイダル無段変速機の低温起動時において変速比の閉ループ制御を安定かつ早期に開始できる。

【0018】

前記無段変速機から出力される動力は、発電機に入力され、かつ、前記発電機は、前記閉ループ制御の開始から遅れて発電動作を開始してもよく、前記ゲイン調整は、少なくとも前記閉ループ制御の開始後かつ前記発電機の発電動作の開始前の期間に行われてもよい。

10

【0019】

前記構成によれば、閉ループ制御が開始してから早期に発電動作を安定的に開始できる。

【0020】

前記ゲイン調整では、前記制御弁の開度が第1開度領域にある場合に比べ、前記制御弁の開度が前記第1開度領域よりも小さい第2開度領域にあるときは、前記油温の変化に対する前記ゲインの変化率を絶対値が増加するように補正してもよい。

【0021】

前記構成によれば、制御弁の開度が小さい領域で流路の粘性抵抗が相対的に大きくなっても、制御弁の開度が小さい領域においてゲイン変化率の絶対値が増加することにより粘度の影響が緩和され、弁開度と油流量との間の非線形性が緩和される。よって、閉ループ制御の不安定化を更に好適に防止できる。

20

【発明の効果】

【0022】

本発明によれば、低温起動時において、暖機運転の短縮化を図りながらも、暖機運転から通常運転に切り替わった後の閉ループ制御の不安定化を防止できる。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】第1実施形態に係る駆動機構一体型発電装置のスケルトン図である。

【図2】図1に示す駆動機構一体型発電装置の油圧回路図である。

30

【図3】図2に示す制御弁の断面図である。

【図4】図1に示す駆動機構一体型発電装置の変速制御装置のブロック図である。

【図5】図4に示す位置推定器の内部モデルのブロック図である。

【図6】制御弁の指令値（駆動電流）と油流量との関係の試験結果を示すグラフである。

【図7】（A）が図4に示す位置制御器の算出ゲインと油温との関係を示すグラフ、（B）が位置制御器の算出ゲインの補正係数と制御弁の動作指令値（駆動電流）との関係を示すグラフである。

【図8】（A）が図5に示す位置推定器の内部ゲインと油温との関係を示すグラフ、（B）が位置推定器の内部ゲインの補正係数と制御弁の動作指令値（駆動電流）との関係を示すグラフである。

40

【図9】図4に示す変速制御装置による起動時の油温及びその他の経時変化の一例を示すタイミングチャートである。

【図10】第2実施形態に係る変速制御装置のブロック図である。

【図11】（A）が図9に示す目標位置演算器の算出ゲインと油温との関係を示すグラフ、（B）が目標位置演算器の算出ゲインの補正係数と制御弁の指令値（駆動電流）との関係を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0024】

以下、図面を参照して実施形態を説明する。

【0025】

50

(第1実施形態)

図1は、第1実施形態に係る駆動機構一体型発電装置1のスケルトン図である。図1に示すように、駆動機構一体型発電装置1(Integrated Drive Generator, 以下「IDG」)は、航空機の交流電源として用いられる。IDG1の起動時は、航空機のエンジン回転軸の回転動力がIDG1に伝達開始されても、IDG1が安定動作できるまでは、航空機内の電装品はIDG1とは異なる補助電源(例えば、機外発電機又は補助発電機)によって駆動され、IDG1が安定動作できるようになれば、電装品の電源が補助電源からIDG1に切り換わる。IDG1は航空機の主電源として用いられるため、補助電源からIDG1への電源切換えは、離陸前に行われる。

【0026】

IDG1は、航空機のエンジンに取り付けられるケーシング2を備え、ケーシング2には、発電機3が定速駆動装置(Constant Speed Drive, 以下「CSD」)4と共に収容される。CSD4は、航空機のエンジン回転軸(図示せず)の回転動力を発電機3に伝達する動力伝達経路を形成し、トロイダル無段変速機10(以下「トロイダルCVT」)がその一部を構成する。エンジン回転軸の回転動力は、CSD4の入力経路5を介してトロイダルCVT10に入力され、トロイダルCVT10で変速され、CSD4の出力経路6を介して発電機軸7に出力される。発電機軸7が回転すると、発電機3は発電機軸7の回転速度に比例した周波数で交流電力を発生する。トロイダルCVT10の変速比SRは、エンジン回転軸の回転速度の変動に関わらず発電機軸7の回転速度を適値(航空機内の電装品が安定動作する周波数と対応する値)に保つように連続的に変更される。これにより、発電機3で発生される交流電力の周波数が適値に保たれ、航空機内の電装品が安定動作する。

【0027】

トロイダルCVT10では、CVT入力軸11及びCVT出力軸12がCVT軸線A1上で同軸状に配置される。入力ディスク13がCVT入力軸11上に一体回転可能に設けられ、出力ディスク14がCVT出力軸12上に一体回転可能に設けられる。入力ディスク13及び出力ディスク14は、互いに対向して円環状のキャピティ15を形成する。本実施形態では、トロイダルCVT10は、ダブルキャピティ型であり、同構造の2組の入力ディスク13A, 13B及び出力ディスク14A, 14Bを備え、2つのキャピティ15A, 15BがCVT軸線A1方向に並ぶ。2つのパワーローラ16(対象物)が1つのキャピティ15内に配置され、各パワーローラ16が転動軸線A3周りに回転可能にトラニオン17に支持される。トラニオン17は、パワーローラ16と一対一で対応し、傾転軸線A2の延在方向に変位可能且つ傾転軸線A2周りに回転可能にケーシング2に支持される。

【0028】

パワーローラ16は、トラクションオイルの供給を受け、且つクランプ機構18により発生されるクランプ力でディスク13, 14に押し付けられる。クランプ機構18は、カム式(ローディングカム機構と称される場合もある)でも油圧式でもよい。これにより、高粘度油膜が入力側接触部(パワーローラ16と入力ディスク13との接触界面)と出力側接触部(パワーローラ16と出力ディスク14との接触界面)とに形成される。CVT入力軸11は入力経路5から入力された回転動力で回転駆動される。CVT入力軸11が回転すると、入力ディスク13が一体回転し、パワーローラ16が入力側接触部で生じる油膜の剪断抵抗で転動軸線A3周りに回転駆動される。パワーローラ16が転動軸線A3周りに回転すると、出力ディスク14が出力側接触部で生じる油膜の剪断抵抗で回転駆動され、CVT出力軸12が一体回転する。CVT出力軸12の回転動力は出力経路6に出力される。

【0029】

変速比SRはローラ位置X(パワーローラ16の傾転軸線A2の延在方向における位置)に応じて連続的に変更される。変速比SRは、トロイダルCVT10の入力回転速度(CVT入力軸11の回転速度)N1に対する出力回転速度(CVT出力軸12の回転速度

10

20

30

40

50

) N_2 の比として定義され、半径比と等しい ($SR = N_2 / N_1 = r_{in} / r_{out}$)。半径比は、出力側接触半径 r_{out} (CVT軸線 A1 から出力側接触部までの距離) に対する入力側接触半径 r_{in} (CVT軸線 A1 から入力側接触部までの距離) の比である。ローラ位置 X が変更されると、パワーローラ 16 がサイドスリップを解消するまで傾転軸線 A2 周りに回転し、傾転角 (パワーローラ 16 の傾転軸線 A2 周りの回転角) が変更される。傾転角 が変化すると、入力側接触部及び出力側接触部が変位し、それにより入力側接触半径 r_{in} 及び出力側接触半径 r_{out} が連続的に変更される。したがって、半径比すなわち変速比 SR が連続的に変更される。

【0030】

図 2 は、図 1 に示す駆動機構一体型発電装置 1 の油圧回路図である。図 2 に示すように、ローラ位置 X は油圧アクチュエータ 20 によって変更される。油圧アクチュエータ 20 は複数の油圧シリンダ 21 を含む。油圧シリンダ 21 は、パワーローラ 16 及びトラニオン 17 と一対一に対応する。油圧シリンダ 21 は、ボディ 21a、ピストン 21b 及びロッド 21c を含む。油圧シリンダ 21 は複動式であり、ボディ 21a の内部はピストン 21b で増速室 22 と減速室 23 とに仕切られる。ロッド 21c は、傾転軸線 A2 と同軸状に配置され、ピストン 21b をトラニオン 17 に連結し、トラニオン 17 及びこれに支持されたパワーローラ 16 と共に傾転軸線 A2 の延在方向に移動する。

10

【0031】

増速室 22 に油が供給され減速室 23 から油が排出されると、ローラ位置 X が、傾転軸線 A2 の延在方向における増速側へ変更される。油がその逆に流れると、ローラ位置 X が、傾転軸線 A2 の延在方向における増速側とは反対側である減速側へ変更される。1つのキャビティ 15 内に配置された 2 つのパワーローラ 16 は、ローラ位置 X の変更時に半径比を互いに同値で保つため、傾転軸線 A2 の延在方向において互いに逆向きに変位する。

20

【0032】

ローラ位置 X が増速側へ変更されると、傾転角 が大きくなり変速比 SR が上昇する。ローラ位置 X が減速側へ変更されると、傾転角 が小さくなり変速比 SR が低下する。ローラ位置 X が上限点 X_{max} に達すると、傾転角 が最大傾転角 θ_{max} となって変速比 SR が 1 を超える最大変速比 SR_{max} となる。ローラ位置 X が下限点 X_{min} に達すると、傾転角 が最小傾転角 θ_{min} となって変速比 SR が 1 未満の最小変速比 SR_{min} となる。パワーローラ 16 の傾転許容範囲は、過傾転防止のためにトラニオン 17 に設けられたストッパ (図示せず) により機械的に定められている。ローラ位置 X が中立点 X_n であれば、傾転角 が中立角 θ_n となって変速比 SR が 1 となる。中立角 θ_n は傾転許容範囲の中央値と概略等しく、最小変速比 SR_{min} は最大変速比 SR_{max} の逆数と概略等しい。

30

【0033】

油圧アクチュエータ 20 は、制御弁 25 を更にも含む。油圧シリンダ 21 がパワーローラ 16 に一対一に対応するのに対し、制御弁 25 は例えば複数のパワーローラ 16 に対して単一である。制御弁 25 は 4 方向切換弁であり、供給ポート PS 、戻りポート PT 、増速用制御ポート CA 及び減速用制御ポート CB を有する。油タンク 26 から油を吸い出す油圧ポンプ 27 は、供給ポート PS に接続され、戻りポート PT は、油タンク 26 に接続されている。増速用制御ポート CA は、増速室 22 に接続され、減速室 23 は、減速用制御ポート CB に接続されている。制御弁 25 はスプール弁であり、ポートの接続状態がスプール 28 の位置に応じて切り換わる。制御弁 25 は 3 位置切換弁であり、スプール 28 は遮断領域 (図 2 で中央位置)、増速領域 (図 2 で左位置) 又は減速領域 (図 2 で右位置) に位置付けられる。

40

【0034】

遮断領域では、制御ポート CA 、 CB が供給ポート PS 及び戻りポート PT から遮断される。このとき、増速室 22 及び減速室 23 に対する油の給排が止まり、変速比が維持される。増速領域では、増速用制御ポート CA が供給ポート PS と接続されて減速用制御ポート CB が戻りポート PT と接続される。このとき、油が増速室 22 に供給されて減速室 23 から排出され、変速比が上昇する。減速領域では、増速用制御ポート CA が戻りポ

50

トPTと接続されて減速用制御ポートCBが供給ポートPSと接続される。このとき、油が減速室23に供給されて増速室22から排出され、変速比が低下する。スプール28が増速領域又は減速領域に位置する際、供給ポートPS及び戻りポートPTの開度は当該領域内でのスプール位置に応じて可变的に設定される。

【0035】

制御弁25は、スプール28を駆動してスプール位置及び開度を制御する駆動部29を有する。駆動部29により増速室22及び減速室23に対して給排される油の流量及び圧力が調整される。制御弁25は電動弁であり、駆動部29は、変速制御装置40（位置制御装置）から駆動信号が入力され、駆動信号の出力値I（電流値）に応じてスプール位置及び開度を制御する。

10

【0036】

IDG2には、油圧アクチュエータ20の作動油の温度を検出する油温センサ35（油温取得器）が設けられている。油温センサ35は、油圧アクチュエータ20の油圧回路を流れる油の温度を検出できれば何処に配置されてもよいが、一例として、油タンク26に貯留された油の温度を検出する位置に配置される。

【0037】

図3は、図2に示す制御弁25の断面図である。図3に示すように、制御弁25はノズルフラップ型サーボ弁である。駆動部29は、駆動信号が入力されてトルクを発生するモータ部31、モータ部31により発生されるトルクに応じてスプール28を変位させるノズルフラップ部32、及びスプール28の変位に応じてモータ部31及びノズルフラップ部32を動作させるフィードバック部33を備える。

20

【0038】

モータ部31では、駆動信号がコイル31aに入力されると、上下の磁極31b、31cとアーマチャ31dとの間で働く磁気力に基づき、駆動信号の極性及び大きさに応じたトルクがアーマチャ31dに発生する。これにより、アーマチャ31dが上下の磁極31b、31cに対して傾斜する。ノズルフラップ部32では、アーマチャ31dと一体化されたフラップ32aが、アーマチャ31dの傾斜に連動して変位する。そうすると、フラップ32aと左ノズル32bとの間のオリフィス絞り量、及びフラップ32aと右ノズル32cとの間のオリフィス絞り量が変化し、ノズル背圧の均衡が破れる（フラップ32aが近づく方のノズル背圧は上昇し、遠ざかる方のノズル背圧は下降する）。スプール28の両端面は、左ノズル背圧及び右ノズル背圧をそれぞれ受圧しており、ノズル背圧の不均衡発生に伴ってスプール28が変位を開始する。フィードバック部33は、例えばスプール28とアーマチャ31dとに支持されたスプリング33aにより構成される。スプール28が変位すると、磁気力に基づくトルクと正反対のトルクがスプリング33aに発生し、フラップ32a及びアーマチャ31dはそのトルクで中立位置に戻される。それにより、ノズル背圧の均衡が得られてスプール28が停止する。以上の原理により、駆動信号の極性及び大きさに応じたスプール位置及び開度が得られる。

30

【0039】

油圧アクチュエータ20は、駆動信号が所定条件を満たすとローラ位置Xを所定位置で強制的に保持するバイアス機構（図示せず）を備える。例えば、当該バイアス機構は、出力値Iが零値 I_z であるという条件を満たせばローラ位置Xを下限点 X_{min} に強制的に戻し、変速比SRを安全側となる最小変速比 SR_{min} で保持する。なお、出力値Iが負値であるという条件を満たしたときも、ローラ位置Xが下限点 X_{min} に強制的に戻される。バイアス機構は、アーマチャ31dにその中立位置に対して一定の初期傾斜を機械的に与えることで実現される。出力値Iが零値 I_z であれば、左右ノズル背圧間で初期傾斜に応じた差圧が生じる。それにより、スプール28は、遮断領域内の中立位置 SP_n ではなく、減速領域内のバイアス位置に位置付けられる。

40

【0040】

出力値Iが零値 I_z となりスプール28がバイアス位置で維持されれば、ローラ位置X、傾転角 θ 及び変速比SRは、それぞれ下限点 X_{min} 、最小傾転角 θ_{min} 及び最小変速比S

50

R_{min} に達し、そこで保持される。逆に、スプール28を遮断領域内の中立位置 SP_n に位置付けてローラ位置 X を維持するためには、初期傾斜の相殺に必要なトルクがアーマチャ31dに生じるように駆動信号の出力値 I を設定し、その駆動信号をコイル31aに通電させ続ける必要がある。以下、中立位置 SP_n を得るための出力値 I を「中立値 I_n 」と称す。

【0041】

図4は、図1に示す駆動機構一体型発電装置1の変速制御装置40のブロック図である。図4に示すように、変速制御装置40は、傾転角の実値を推定した値である推定値 θ_{est} を求める傾転角推定器41、ローラ位置の実値を推定した値である推定値 X_{est} を求める位置推定器42（位置取得器）、及び、ローラ位置の目標値 X_{ref} と推定値 X_{est} の偏差 X を解消するように油圧アクチュエータ20の動作指令値 I_{ref} を求める位置制御器43を備える。傾転角推定器41は、傾転角を直接的に検出するセンサに依らずに、演算によって傾転角の推定値 θ_{est} を求める。動作指令値 I_{ref} は、例えば、油圧アクチュエータ20の制御弁25に与えられる駆動信号の出力値（電流値）である。

10

【0042】

傾転角推定器41は、実変速比 SR を求める実変速比演算器44（実変速比取得器）、及び実変速比 SR を傾転角の推定値 θ_{est} に換算する換算器45を備える。実変速比演算器44は、トロイダルCVT10の入力回転速度 $N1$ （エンジンEの回転速度）とトロイダルCVT10の出力回転速度 $N2$ との比に応じて実変速比 SR を求める。なお、入力回転速度 $N1$ 及び出力回転速度 $N2$ は、それぞれ入力回転速度センサ及び出力回転速度センサにより検出される。

20

【0043】

換算器45は、傾転角 θ の実変速比 SR に対する関数の逆関数（ $\theta = f^{-1}(SR)$ ）に従い、実変速比 SR に応じて傾転角を推定した値である推定値 θ_{est} を求める。換算器45は、実際に逆関数を算術演算してもよいが、演算負荷軽減のため逆関数に従ったテーブルを予め作成してこれを変速制御装置40に記憶させておき、テーブル処理によって推定値 θ_{est} を求めてもよい。

【0044】

変速制御装置40は、変速比の指令値 SR_{ref} を求める目標変速比演算器46を備える。目標変速比演算器46は、入力回転速度センサで検出された入力回転速度 $N1$ と予め記憶されている出力回転速度の指令値 $N2_{ref}$ との比に応じて変速比の指令値 SR_{ref} を算出する。本実施形態では、出力回転速度の指令値 $N2_{ref}$ は、航空機内の電装品の作動に適した周波数と対応する一定値に設定される。例えば、目標周波数 f_{ref} を400Hz、発電機3の極数を2、出力回転速度センサの検出対象を発電機軸7の回転速度とする場合、指令値 $N2_{ref}$ は24,000rpmの一定値である。

30

【0045】

変速制御装置40は、変速比の指令値 SR_{ref} と実変速比 SR との偏差 ΔSR を求める変速比減算器47を備える（ $\Delta SR = SR_{ref} - SR$ ）。変速制御装置40は、変速比の偏差 ΔSR を減らすようにローラ位置の目標値 X_{ref} を算出する目標位置演算器48を備える。即ち、目標位置演算器48は、メジャー閉ループ制御LP1（第1閉ループ制御；フィードバック制御）により、偏差 ΔSR をゼロに近づけるようにローラ位置の目標値 X_{ref} を所定の算出ゲイン G_1 で算出する。本実施形態では、算出ゲイン G_1 は一定である。

40

【0046】

変速制御装置40は、ローラ位置の目標値 X_{ref} と推定値 X_{est} との偏差 X を求める位置減算器49を備える（ $X = X_{ref} - X_{est}$ ）。位置制御器43は、偏差 X を減らすように油圧アクチュエータ20の動作指令値 I_{ref} を算出する。即ち、位置制御器43は、マイナー閉ループ制御LP2（第2閉ループ制御；フィードバック制御）により、偏差 X をゼロに近づけるように動作指令値 I_{ref} を所定の算出ゲイン G_2 で算出する。算出ゲイン G_2 については、後述する。

【0047】

50

位置減算器 49 に帰還するマイナー閉ループ制御 LP2 は、変速比減算器 47 に帰還するメジャー閉ループ制御 LP1 に包含されたループである。油圧アクチュエータ 20 の制御弁 25 が動作指令値 I_{ref} で示される駆動信号を与えられることで、実ローラ位置は目標値 X_{ref} に近づけられる。そして、実変速比 SR が指令値 SR_{ref} に近づけられ、出力回転速度 $N2$ が指令値 $N2_{ref}$ に近づけられる。制御安定性のためには、マイナー閉ループ制御 LP2 (ローラ位置制御) の感度が、メジャー閉ループ制御 LP1 (変速比制御) の感度よりも高いことが望まれる。即ち、マイナー閉ループ制御 LP2 の入力 (目標値 X_{ref}) の変化率に対する出力 (動作指令値 I_{ref}) の変化率の割合 (I_{ref} / X_{ref}) が、メジャー閉ループ制御 LP1 の入力 (指令値 SR_{ref}) の変化率に対する出力 (目標値 X_{ref}) の変化率の割合 (X_{ref} / SR_{ref}) よりも高いことが望まれる。

10

【0048】

位置制御器 43 は、油温センサ 35 で検出される油温が低くなるにつれて、動作指令値 I_{ref} の算出ゲイン G_2 を予め決められた変化率で増加させるゲイン調整を行う。具体的には、位置制御器 43 は、油温センサ 35 で検出された油温 T に応じてゲイン設定器 60 で決定される算出ゲイン G_2 に基づいて動作指令値 I_{ref} を算出する。

【0049】

変速制御装置 40 は、前述のように、傾転角推定器 41、位置推定器 42、位置制御器 43、目標変速比演算器 46、変速比減算器 47、目標位置演算器 48、及び、位置減算器 49 により、通常制御用のフィードバック制御機能を実現するが、変速制御装置 40 は、起動時の低温制御用のフィードフォワード制御機能を実現する低温制御器 38 を更に備える。低温制御器 38 による制御と位置制御器 43 による制御とは、油温センサ 35 で検出される油温に応じて互いに切り替えられる。

20

【0050】

図 5 は、図 4 に示す位置推定器 42 の内部モデルのブロック図である。図 5 に示すように、位置推定器 42 は、傾転角 ϕ のモデルと油圧アクチュエータ 20 のモデルとを用いて作成されたオブザーバであり、ローラ位置 X を推定する。傾転角 ϕ のモデルは数式 (1) で表され、油圧アクチュエータ 20 のモデルは数式 (2) で表される。

【0051】

【数 1】

$$\phi = \frac{K_2}{s(1+T_2s)} X \quad (1)$$

30

【0052】

【数 2】

$$X = \frac{K_1}{s} I_{ref} \quad (2)$$

【0053】

ここで、 K_1 は第 1 比例ゲイン、 K_2 は第 2 比例ゲイン、 T_2 は時定数、 s はラプラス演算子である。

40

【0054】

数式 (1) (2) により、オブザーバを設計するためのモデルが数式 (3) で表される。

【0055】

【数 3】

$$X \cong \frac{K}{s^2} I_{ref} \quad (3)$$

【0056】

ここで、 $K = K_1 K_2$ 、 $T_2 = 0$ である。

50

【 0 0 5 7 】

次に、状態空間表現された行列 A , B が、数式 (4) ~ (6) のとおり分割される。

【 0 0 5 8 】

【 数 4 】

$$\frac{dx}{dt} = Ax + B \text{Iref} \quad (4)$$

【 0 0 5 9 】

【 数 5 】

$$X = Cx \quad (5)$$

10

【 0 0 6 0 】

【 数 6 】

$$\{A, B, C\} = \left\{ \begin{pmatrix} 0 & K_1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 \\ K_2 \end{pmatrix}, (1 \ 0) \right\} \quad (6)$$

【 0 0 6 1 】

ここで、 x は状態変数である。このとき、数式 (7) (8) が成り立つ。

【 0 0 6 2 】

【 数 7 】

$$A := \begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{pmatrix} \quad (7)$$

20

【 0 0 6 3 】

【 数 8 】

$$B := \begin{pmatrix} B_1 \\ B_2 \end{pmatrix} \quad (8)$$

【 0 0 6 4 】

したがって、 $A_{11} = A_{21} = A_{22} = B_1 = 0$ 、 $A_{12} = K_1$ 、 $B_2 = K_2$ が成り立つ。

30

【 0 0 6 5 】

次に、行列式の設計パラメータ L が数式 (9) のとおり導入され、オブザーバの極 (推定行列 \hat{A} の固有値) が安定になるように調整される。

【 0 0 6 6 】

【 数 9 】

$$\hat{A} = A_{22} - LA_{12} \quad (9)$$

【 0 0 6 7 】

他のパラメータ (推定行列 \hat{B} 、行列 G 、推定行列 \hat{C} 及び推定行列 \hat{D}) は、設計パラメータ L を用いて数式 (10) ~ (13) に従って求められる。

40

【 0 0 6 8 】

【 数 10 】

$$\hat{B} = -LB_1 + B_2 \quad (10)$$

【 0 0 6 9 】

【 数 11 】

$$G = \hat{A}L + A_{21} - LA_{11} \quad (11)$$

【 0 0 7 0 】

【数 1 2】

$$\hat{C} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} \quad (12)$$

【0 0 7 1】

【数 1 3】

$$\hat{D} = \begin{pmatrix} 1 \\ l \end{pmatrix} \quad (13)$$

【0 0 7 2】

以上から、傾転角 のモデル（数式（1）参照）及び油圧アクチュエータ 2 0 のモデル（数式（2）参照）から、数式（14）（15）で示される最小次元オブザーバが得られる。

10

【0 0 7 3】

【数 1 4】

$$\frac{d\omega}{dt} = \hat{A}\omega + \hat{B}I_{ref} + G\phi_{est} \quad (14)$$

【0 0 7 4】

【数 1 5】

$$X_{est} = \hat{C}\omega + \hat{D}\phi_{est} \quad (15)$$

20

【0 0 7 5】

ここで、 は最小次元オブザーバの状態である。

【0 0 7 6】

位置推定器 4 2 は、数式（14）（15）に従った演算を行うことで、ローラ位置の推定値 X_{est} （数式（15）参照）を求める。位置推定器 4 2 では、傾転角の推定値 ω_{est} が、傾転角推定器 4 1 から行列 G を有する演算回路 5 1 に与えられ、 $G \omega_{est}$ （数式（14）を参照）が演算回路 5 1 から加算器 5 2 に与えられる。油圧アクチュエータ 4 0 の動作指令値 I_{ref} が、位置制御器 4 3 から推定行列 \hat{B} の演算回路 5 3 に与えられ、 $\hat{B} I_{ref}$ （数式（14）を参照）が演算回路 5 3 から加算器 5 2 に与えられる。加算器 5 2 の出力は、伝達関数 $1/s$ を有する積分回路 5 4 に与えられ、状態 ω が積分回路 5 4 から出力される。状態 ω は、推定行列 \hat{A} を有する演算回路 5 5 に与えられ、 $\hat{A} \omega$ （数式（14）参照）が演算回路 5 5 から加算器 5 2 に与えられる。加算器 5 2 は、 $\hat{A} \omega$ 、 $\hat{B} I_{ref}$ 及び $G \omega_{est}$ を加算することで状態 ω の微分値 $d\omega/dt$ を導出し（数式（14）参照）、これを積分回路 5 4 に与えている。

30

【0 0 7 7】

状態 ω は、推定行列 \hat{C} の演算回路 5 6 にも与えられ、 $\hat{C} \omega$ （数式（15）参照）が演算回路 5 6 から加算器 5 7 に与えられる。傾転角の推定値 ω_{est} は、傾転角推定器 4 1 から推定行列 \hat{D} の演算回路 5 8 にも与えられ、 $\hat{D} \omega_{est}$ （数式（15）参照）が演算回路 5 8 から加算器 5 7 に与えられる。加算器 5 7 は、 $\hat{C} \omega$ 及び $\hat{D} \omega_{est}$ を加算することでローラ位置の推定値 X_{est} を導出し（数式（15）参照）、これを位置減算器 4 9 10

40

【0 0 7 8】

推定行列 \hat{B} の演算回路 5 3 は、油温センサ 3 5 で検出された油温 T に応じてゲイン設定器 6 1 で決定される内部ゲイン K_B に基づき行列 \hat{B} を導出する。このようにして、位置推定器 4 2 は、傾転角の推定値 ω_{est} と油圧アクチュエータ 2 0 の動作指令値 I_{ref} と油圧アクチュエータの油温 T とに基づいてローラ位置の推定値 X_{est} を求める。

【0 0 7 9】

図 6 は、制御弁 2 5 の指令値（駆動電流）と油流量との関係の試験結果を示すグラフである。図 6 では、異なる油温 $T_1 \sim T_4$ （ $T_1 > T_2 > T_3 > T_4$ ）ごとに制御弁 2 5 の指令値と油流量との関係が示されており、油温が低くなるにつれて油流量が少なくなるこ

50

とが分かる。即ち、油温が低くなるにつれて、油の粘度が増加して制御弁 25 における油流量が低下している。また図 6 では、制御弁 25 の駆動電流が弁開度ゼロに対応する値に近づくにつれて油流量が少なくなると共に、弁開度変化に伴う油流量の変化率が、低開度領域 LD と高開度領域 HD とで異なる非線形性を有することが示されている。即ち、弁開度減少に伴う油流量の減少率の絶対値は、高開度領域 HD よりも低開度領域 LD の方が小さい。このような油流量に対する油温及び弁開度の影響を修正すべく、以下のように位置制御器 43 の算出ゲイン G_2 及びその補正係数 C_{G2} が設定されている。

【0080】

図 7 (A) は、図 4 に示す位置制御器 43 の算出ゲイン G_2 と油温 T との関係を示すグラフである。図 7 (B) は、位置制御器 43 の算出ゲイン G_2 の補正係数 C_{G2} と制御弁 25 の動作指令値 I_{ref} (駆動電流) との関係を示すグラフである。図 7 (A) に示すように、ゲイン設定器 60 では、位置制御器 43 の算出ゲイン G_2 が、油温 T が低くなるにつれて算出ゲイン G_2 が増加するように予め設定されている。算出ゲイン G_2 と油温 T との関係は、油圧アクチュエータ 20 に用いられる油の粘度と油温 T との関係に相似している。本実施形態では、油温 T が低くなるほど、単位温度低下あたりの算出ゲイン G_2 の増加率も大きくなるように設定されている。この算出ゲイン G_2 と油温 T との対応関係は、例えば、二次元マップ、テーブル又は演算式によりゲイン設定器 60 にて定義されている。

【0081】

このようにすれば、位置制御器 43 においてローラ位置の目標値 X_{ref} と推定値 X_{est} (実値) との偏差 X を減らすように制御弁 25 に対する動作指令値 I_{ref} を算出するマイナークループ制御 LP2 が実行される構成において、油温 T が低くなるにつれて動作指令値 I_{ref} の算出ゲイン G_2 が増加するため、油温 T の低下に伴って閉ループ制御の感度 (I_{ref} / X_{ref}) が上がる傾向に調整される。そのため、低温時における油の流動性低下による応答遅れが、算出ゲイン G_2 の増加により補われる。

【0082】

図 7 (B) に示すように、位置制御器 43 の算出ゲイン G_2 には、制御弁 25 の動作指令値 I_{ref} (駆動電流) に応じて変化する補正係数 C_{G2} が乗じられる。補正係数 C_{G2} は、制御弁 25 の開度が高開度領域 HD (第 1 開度領域) にあるときよりも、制御弁 25 の開度が高開度領域よりも小さい低開度領域 LD (第 2 開度領域) にあるときに、単位温度変化あたりの算出ゲイン G_2 の変化率の絶対値が増加するように設定される。本実施形態では、制御弁 25 の開度について全開を 100% とし全閉を 0% とした場合において、低開度領域 LD は、例えば少なくとも 0% < < 20% を含む領域であり、高開度領域 HD は、例えば少なくとも 80% < < 100% を含む領域である。

【0083】

補正後の算出ゲイン G_2 は、油温 T が低く且つ制御弁 25 の開度が小さいときに大きい値をとる一方、油温 T が高く且つ制御弁 25 の開度が大きいときに小さい値をとることになる。補正係数 C_{G2} と動作指令値 I_{ref} (駆動電流) との関係は、図 6 の油流量の変化率の絶対値と動作指令値 I_{ref} (駆動電流) との関係と逆相関している。このようにすれば、制御弁 25 の開度が小さい領域で流路の粘性抵抗が相対的に大きくなっても、制御弁 25 の開度が小さい領域において算出ゲイン G_2 の変化率の絶対値が増加することにより粘度の影響が緩和され、弁開度と油流量との間の非線形性が緩和されることになる。

【0084】

図 8 (A) は、図 5 に示す位置推定器 42 の内部ゲイン K_B と油温 T との関係を示すグラフである。図 8 (B) は、位置推定器 42 の内部ゲイン K_B と制御弁の動作指令値 I_{ref} (電流値) との関係を示すグラフである。図 8 (A) に示すように、ゲイン設定器 61 では、位置推定器 42 の演算回路 53 の内部ゲイン K_B が、油温 T が低くなるにつれてゲイン K_B が減少するように予め設定されている。内部ゲイン K_B と油温 T との関係は、油圧アクチュエータ 20 に用いられる油の粘度と油温 T との関係と逆相関している。本実施形態では、油温 T が低くなるほど、単位温度低下あたりの内部ゲイン K_B の減少率も大きくなるように設定されている。この内部ゲイン K_B と油温 T との対応関係も、例えば、二次元

10

20

30

40

50

マップ、テーブル又は演算式によりゲイン設定器 6 1 にて定義されている。

【 0 0 8 5 】

このようにすれば、位置制御器 4 3 においてローラ位置の目標値 X_{ref} と推定値 X_{est} (実値) との偏差 X を減らすように制御弁 2 5 に対する動作指令値 I_{ref} を算出するマイナー閉ループ制御が実行される構成において、油温 T の低下に伴って位置推定器 4 2 の内部モデルの感度 (X_{est} / I_{ref}) が低下する。そのため、位置推定器 4 2 が油温を考慮した正確な位置推定を行うことができ、低温時における油の流動性低下による応答遅れが更に補われることになる。

【 0 0 8 6 】

図 8 (B) に示すように、位置推定器 4 2 の内部ゲイン K_B には、制御弁 2 5 の動作指令値 I_{ref} (電流値) に応じて変化する補正係数 C_{KB} が乗じられる。補正係数 C_{KB} も同様に、制御弁 2 5 の開度が高開度領域 (第 1 開度領域) にあるときに比べ、制御弁 2 5 の開度が高開度領域よりも小さい低開度領域 (第 2 開度領域) にあるときには、単位温度変化あたりの内部ゲイン K_B の変化率の絶対値が減少するように設定される。即ち、油温 T が低く且つ制御弁 2 5 の開度が小さいときに、内部ゲイン K_B が小さい値をとる一方、油温 T が高く且つ制御弁 2 5 の開度が大きいときに、内部ゲイン K_B が大きい値をとる。補正係数 C_{KB} と動作指令値 I_{ref} (駆動電流) との関係は、図 6 の油流量の変化率の絶対値と動作指令値 I_{ref} (駆動電流) との関係に相似している。

【 0 0 8 7 】

このようにすれば、制御弁 2 5 の開度が小さい領域で流路の粘性抵抗が相対的に大きくなっても、制御弁 2 5 の開度が小さい領域において内部ゲイン K_B の変化率の絶対値が増加することにより粘度の影響が更に緩和され、弁開度と油流量との間の非線形性が更に緩和されることになる。

【 0 0 8 8 】

図 9 は、図 4 に示す変速制御装置 4 0 による起動時の油温 T 及びその他の経時変化の一例を示すタイミングチャートである。図 4 及び 9 に示すように、IDG 1 の起動時、油温センサ 3 5 で検出される油温 T が基準温度 T_1 未満であれば、低温制御器 3 8 により制御弁 2 5 が閉ループ制御される暖機運転が実施される。基準温度 T_1 は、例えば $-20 \sim -10$ の範囲内の値である。暖機運転が終了すれば、位置制御器 4 3 により制御弁 2 5 が閉ループ制御される通常運転が実施される。

【 0 0 8 9 】

暖機運転では、低温制御器 3 8 がスプール 2 8 を往復動させるように動作指令値 I を出力する。動作指令値 I の波形は、例えば、極大値 I_{high} が中立値 I_n よりも大きい値、極小値 I_{low} が中立値 I_n よりも小さい値に設定される。これにより、制御弁 2 5 において増速側と減速側とに交互に油の流動が発生し、ピストン 2 1 b も微小振動する。このようにスプール 2 8 を往復動させて強制的に油の流動を生じさせることで、油温 T の上昇が促進される。また、動作指令値 I の波形において、極大値 I_{high} の中立値 I_n に対する差は、極小値 I_{low} の中立値 I_n に対する差よりも小さい。スプール 2 8 は動作指令値 I に対して敏感に応答できない。そのため、ピストン 2 1 b は、中立位置 PS_n に対して減速側で往復動し、出力回転速度 N_2 の過上昇が防止される。

【 0 0 9 0 】

油温 T が基準温度 T_1 に達すれば (t_1)、スプール 2 8 及びピストン 2 1 b の往復動を止め、前記したバイアス機構の作用でローラ位置 X を所定位置 (最大減速位置) で所定の待機時間保持するように駆動信号を出力する。当該待機時間経過するまでは、動作指令値 I はバイアス機構作動値 (零値 I_z) で固定される。当該待機時間が経過すると (t_2)、暖機運転を終了して通常運転に移行する。

【 0 0 9 1 】

通常運転では、位置制御器 4 3 が、閉ループ制御により動作指令値 I_{ref} を求める。即ち、位置制御器 4 3 が偏差 X に応じた動作指令値 I_{ref} を出力することで、ローラ位置 X が指令値 X_{ref} に近づけられ、変速比 SR が指令値 SR_{ref} に近づけられる。但し、基準

10

20

30

40

50

温度 T_1 を低く設定して暖機運転の短縮化を図った場合には、通常制御の開始直後の制御が不安定になる場合がある。そのため、本実施形態では、通常運転の閉ループ制御の開始後かつ発電機 3 による発電の開始前の期間である閉ループ制御初期段階において、前述したように、位置制御器 4 3 の算出ゲイン G_2 と位置推定器 4 2 の内部ゲイン K_B とが、油温 T 及び弁開度（動作指令値 I_{ref} ）に応じて調整される。よって、閉ループ制御初期段階において出力回転速度 N_2 が指令値 $N_{2,ref}$ に近づいていく際の制御が安定する。そして、出力回転速度 N_2 が指令値 $N_{2,ref}$ に収束したと判定されると（ t_3 ）、発電機 3 による発電が開始され、発電機 3 で発生される交流電力の周波数が目標周波数に保たれる。

【0092】

なお図 9 では、発電開始後は算出ゲイン G_2 及びゲイン K_B の値が安定しているが、これは油温 T が低くないからであり、実際には、閉ループ制御においては発電開始後も油温 T 及び弁開度（動作指令値 I_{ref} ）に応じた算出ゲイン G_2 及び内部ゲイン K_B の調整機能は働いている。

【0093】

以上のように、パワーローラ 1 6 の動作位置の目標値 X_{ref} と推定値 X_{est} との偏差 X を減らすように制御弁 2 5 に対する動作指令値 I_{ref} を算出する閉ループ制御が実行される構成において、算出ゲイン G_2 と位置推定器 4 2 の内部ゲイン K_B とが、油温 T 及び弁開度（動作指令値 I_{ref} ）に応じて調整されるため、低温時における油の流動性低下による応答遅れがゲイン調整によって補われる。よって、低温起動時において、暖機運転の短縮化を図りながらも、暖機運転から通常運転に切り替わった後の閉ループ制御の不安定化を防止できる。閉ループ制御の開始から発電動作の開始までのタイムラグも安定的に短縮できる。なお、位置制御器 4 3 のゲインを直接的に調整する代わりに、例えば位置減算器 4 9 と位置制御器 4 3 との間の信号にゲインを付与することで位置制御器 4 3 のゲインを間接的に調整するものとしてもよい。また、位置推定器 4 2 のゲインを直接的に調整する代わりに、例えば位置推定器 4 2 と位置減算器 4 9 との間の信号にゲインを付与することで位置推定器 4 2 の内部モデルの感度を間接的に調整するものとしてもよい。

【0094】

（第 2 実施形態）

図 10 は、第 2 実施形態に係る変速制御装置 1 4 0 のブロック図である。図 11 (A) は、図 9 に示す目標位置演算器の算出ゲインと油温との関係を示すグラフである。図 11 (B) は、目標位置演算器の算出ゲインと制御弁の指令値（電流値）との関係を示すグラフである。なお、第 1 実施形態と共通する構成については同一符号を付して説明を省略する。図 10 に示すように、変速制御装置 1 4 0 では、目標位置演算器 4 8 は、油温センサ 3 5 で検出された油温 T に応じてゲイン設定器 1 6 0 で決定される算出ゲイン G_1 に基づいて目標値 X_{ref} を算出する。なお、位置制御器 4 3 の算出ゲイン G_2 は、例えば一定である。

【0095】

図 11 (A) に示すように、ゲイン設定器 1 6 0 では、目標位置演算器 4 8 の算出ゲイン G_1 が、油温 T が低くなるにつれて算出ゲイン G_1 が所定の変化率で減少するように予め設定されている。算出ゲイン G_1 と油温 T との関係は、油圧アクチュエータ 2 0 に用いられる油の粘度と油温 T との関係と逆相関している。本実施形態では、油温 T が低くなるほど、単位温度低下あたりの算出ゲイン G_1 の減少率の絶対値も小さくなるように設定されている。

【0096】

このようにすれば、変速比の指令値 $S R_{ref}$ と実変速比 $S R$ との偏差 $S R$ を減らすようにローラ位置の目標値 X_{ref} を算出するメジャー閉ループ制御 LP 1 とともに、ローラ位置目標値 X_{ref} と推定値 X_{est} との偏差 X を減らすように制御弁 2 5 に対する動作指令値 I_{ref} を算出するマイナー閉ループ制御 LP 2 が実行される構成において、当該目標値 X_{ref} の算出ゲイン G_1 が油温 T の低下に伴って減少するため、油温 T の低下に伴ってメジャー閉ループ制御 LP 1 の感度（ $X_{ref} / S R_{ref}$ ）が下がる傾向に調整される。その

10

20

30

40

50

ため、油の流動性低下によるマイナー閉ループ制御LP2の応答性の低下に合わせて、メジャー閉ループ制御LP1の応答性が低下し、変速比の継続的な振動を防止できる。

【0097】

図11(B)に示すように、目標位置演算器48の算出ゲイン G_1 には、制御弁25の動作指令値 I_{ref} (駆動電流)に応じて変化する補正係数 C_{G1} が乗じられる。補正係数 C_{G1} は、制御弁25の開度が高開度領域HD(第1開度領域)にあるときよりも、制御弁25の開度が高開度領域よりも小さい低開度領域LD(第2開度領域)にあるときに、単位温度変化あたりの算出ゲイン G_1 の変化率の絶対値が減少するように設定される。即ち、補正後の算出ゲイン G_1 は、油温 T が低く且つ制御弁25の開度が小さいときに小さい値をとる一方、油温 T が高く且つ制御弁25の開度が大きいときに大きい値をとることになる。補正係数 C_{G1} と動作指令値 I_{ref} (駆動電流)との関係は、図6の油流量の変化率の絶対値と動作指令値 I_{ref} (駆動電流)との関係に相似している。

10

【0098】

このようにすれば、制御弁25の開度が小さい領域で流路の粘性抵抗が相対的に大きくなっても、制御弁25の開度が小さい領域において算出ゲイン G_1 の変化率の絶対値が増加することにより粘度の影響が緩和され、弁開度と油流量との間の非線形性が緩和されることになる。なお、目標位置演算器48のゲインを直接的に調整する代わりに、例えば変速比減算器47と目標位置演算器48との間の信号にゲインを付与することで目標位置演算器48のゲインを間接的に調整するものとしてもよい。

20

【0099】

以上により、低温起動時において、暖機運転の短縮化を図りながらも、暖機運転から通常運転に切り替わった後の閉ループ制御の不安定化を防止できる。その結果、閉ループ制御の開始から発電動作の開始までのタイムラグも安定的に短縮できる。なお、他の構成は前述した第1実施形態と同様であるため説明を省略する。

【0100】

本発明は前述した各実施形態に限定されるものではなく、その構成を変更、追加、又は削除することができる。1つの実施形態中の一部の構成又は方法を他の実施形態に適用してもよく、実施形態中の一部の構成は、その実施形態中の他の構成から分離して任意に抽出可能である。例えば、ゲイン設定器60による算出ゲイン G_2 と、ゲイン設定器160による算出ゲイン G_1 の調整と、ゲイン設定器61による内部ゲイン K_B の調整とは、任意に組み合わせてよく、例えば、それらの何れか1つのみを実施してもよいし、それら全てを実施してもよい。

30

【0101】

油温取得器として、油温センサ35の代わりに、油温と関連する情報(例えば、油温と比例関係にある温度)を取得する機器(例えば、配管温度を検出するセンサ)を用いてもよい。位置取得器として、位置推定器42の代わりに、ローラ位置を検出するセンサを用いてもよい。即ち、位置取得器は、ローラ位置の実値を取得するものであれば、ローラの実値を推定してもよいし、ローラ位置センサで検出されたセンサ値を受信するものでもよい。油圧アクチュエータ20の制御対象は、トロイダル無段変速機の代わりに、他の形態の無段変速機であってもよいし、変速機以外の位置制御を要する装置であってもよい。無段変速機は、発電機を駆動せずに別のものを駆動してもよい。

40

【符号の説明】

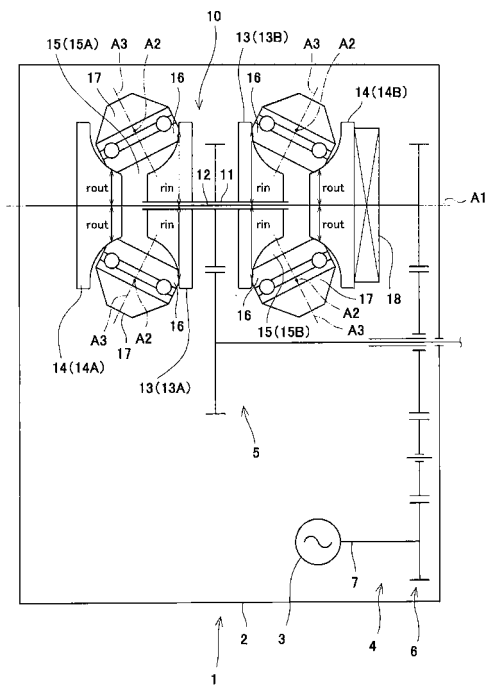
【0102】

- 1 駆動機構一体型発電装置(IDG)
- 3 発電機
- 10 トロイダル無段変速機
- 16 パワーローラ(変速要素)
- 20 油圧アクチュエータ
- 25 制御弁
- 28 スプール

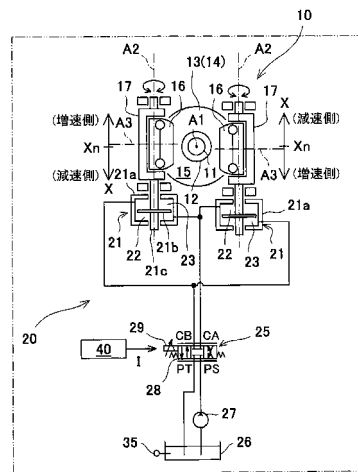
50

- 3 5 油温センサ (油温取得器)
- 4 0 , 1 4 0 変速制御装置 (位置制御装置)
- 4 2 位置推定器 (位置取得器)
- 4 3 位置制御器
- 4 4 実変速比演算器 (実変速比取得器)
- 4 8 目標位置演算器
- G_1, G_2 算出ゲイン (第1ゲイン)
- K_B 内部ゲイン (第2ゲイン)
- T 油温
- H D 高开度領域 (第1開度領域)
- L D 低开度領域 (第2開度領域)
- I_{ref} 動作指令値
- X_{ref} 目標値
- L P 1 メジャー閉ループ制御
- L P 2 マイナー閉ループ制御

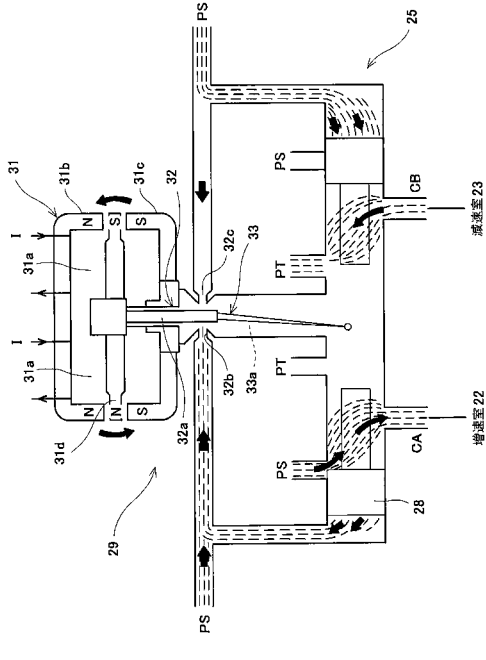
【 図 1 】



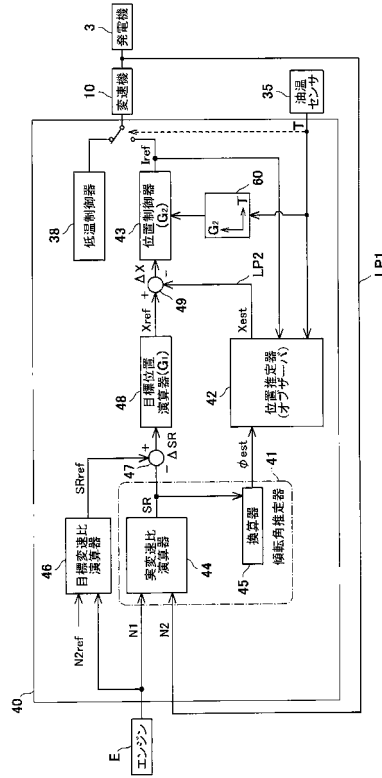
【 図 2 】



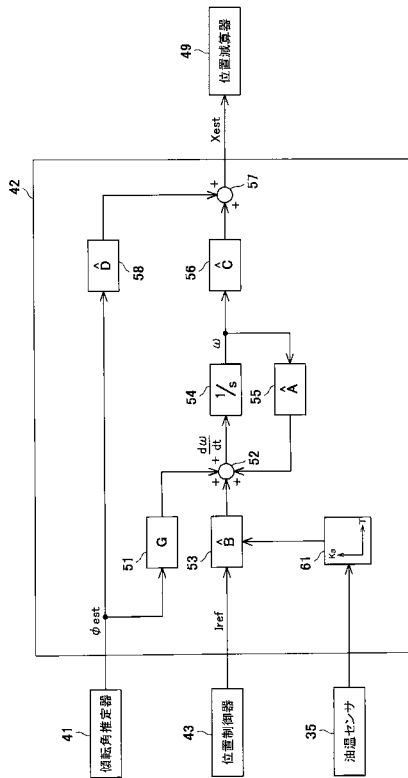
【図3】



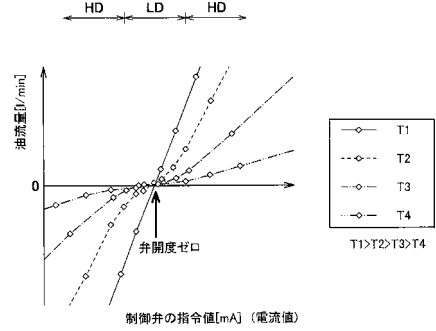
【図4】



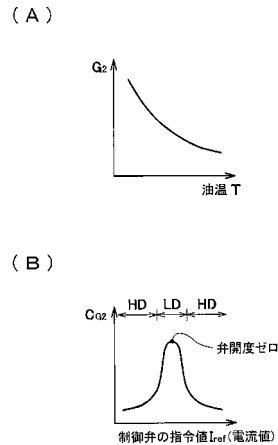
【図5】



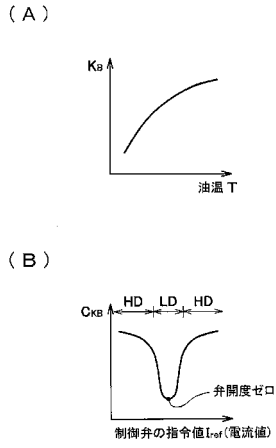
【図6】



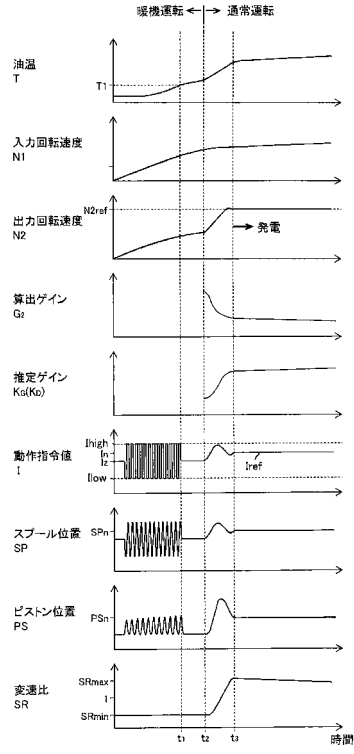
【図7】



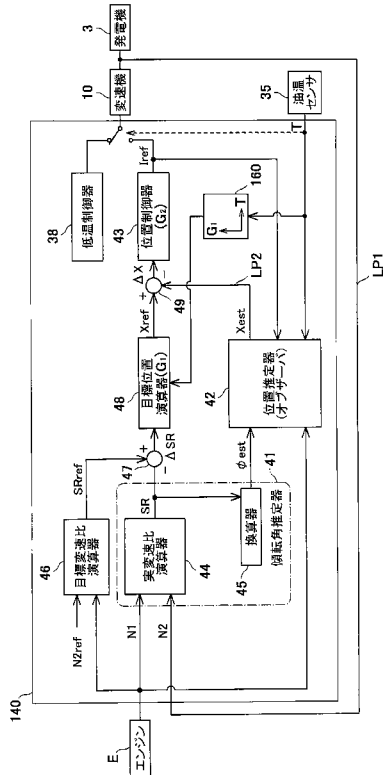
【 図 8 】



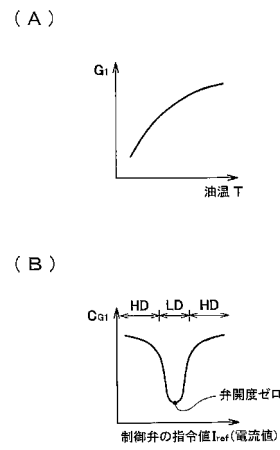
【 図 9 】



【 図 10 】



【 図 11 】



フロントページの続き

(72)発明者 中島 健一

兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社 明石工場内

(72)発明者 今井 秀幸

兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社 明石工場内

(72)発明者 阿部 晃士

兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社 明石工場内

Fターム(参考) 3J552 MA06 MA09 NA09 NB01 PA54 QA06C QB03 RA29 RC03 SA44

SA45 SB02 TA02 VA22W VA24W VA48W VA74W VC01Z

5H303 CC03 DD07 JJ08 JJ09 KK21