

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5605127号
(P5605127)

(45) 発行日 平成26年10月15日(2014.10.15)

(24) 登録日 平成26年9月5日(2014.9.5)

(51) Int.Cl.	F 1
GO 1 M 15/02	(2006.01) GO 1 M 15/02
HO 2 P 29/00	(2006.01) HO 2 P 5/00 X
GO 5 D 3/12	(2006.01) GO 5 D 3/12 N

請求項の数 4 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2010-215210 (P2010-215210)
 (22) 出願日 平成22年9月27日 (2010.9.27)
 (65) 公開番号 特開2012-68199 (P2012-68199A)
 (43) 公開日 平成24年4月5日 (2012.4.5)
 審査請求日 平成25年9月6日 (2013.9.6)

(73) 特許権者 000006105
 株式会社明電舎
 東京都品川区大崎2丁目1番1号
 (74) 代理人 100086232
 弁理士 小林 博通
 (74) 代理人 100104938
 弁理士 鵜澤 英久
 (74) 代理人 100096459
 弁理士 橋本 剛
 (72) 発明者 秋山 岳夫
 東京都品川区大崎2丁目1番1号 株式会
 社明電舎内
 (72) 発明者 野村 昌克
 東京都品川区大崎2丁目1番1号 株式会
 社明電舎内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 軸トルク制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

負荷側モータと駆動モータを軸結合した機械系と、前記負荷側モータの回転数制御と前記駆動モータの軸トルク制御を行う制御系とを備えた2慣性系または2慣性系に近似可能な動力システムの軸トルク制御装置であって、

前記駆動モータに対するトルク外乱を外乱オブザーバにより推定して該駆動モータのトルク指令値にフィードバックする駆動モータの加速度制御系と、

前記駆動モータの軸トルク指令値と軸トルク検出値との偏差を比例積分演算して該駆動モータの加速度指令値を得る比例積分制御系と、

前記駆動モータの軸トルク検出値を共振比制御理論に基づいて決定したゲインで該駆動モータの加速度指令値にフィードバックする手段と、

前記駆動モータの速度検出値を所定のゲインで該駆動モータの加速度指令値にフィードバックする手段と、

を備えたことを特徴とする軸トルク制御装置。

【請求項 2】

前記駆動モータが軸トルク検出器をもたない場合、該駆動モータの回転数とトルク指令値とから軸トルクオブザーバで推定して前記軸トルク検出値とすることを特徴とする請求項1に記載の軸トルク制御装置。

【請求項 3】

エンジンと動力計を軸結合した機械系と、前記エンジンの回転数制御と前記動力計の軸

10

20

トルク制御を行う制御系とを備えた 2 慣性系または 2 慣性系に近似可能なエンジンベンチシステムの軸トルク制御装置であって、

前記動力計に対するトルク外乱を外乱オブザーバにより推定して該動力計のトルク指令値にフィードバックする駆動モータの加速度制御系と、

前記動力計の軸トルク指令値と軸トルク検出値との偏差を比例積分演算して該動力計の加速度指令値を得る比例積分制御系と、

前記動力計の軸トルク検出値を共振比制御理論に基づいて決定したゲインで該動力計の加速度指令値にフィードバックする手段と、

前記動力計の速度検出値を所定のゲインで該動力計の加速度指令値にフィードバックする手段と、

を備えたことを特徴とする軸トルク制御装置。

10

【請求項 4】

前記動力計が軸トルク検出器をもたない場合、該動力計の回転数とトルク指令値とから軸トルクオブザーバで推定して前記軸トルク検出値とすることを特徴とする請求項 3 に記載の軸トルク制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、2 慣性系または 2 慣性系に近似可能な動力システムまたはエンジンベンチシステムの軸トルク制御装置に係り、特にエンジンベンチシステムにおけるエンジンの回転数制御に対する動力計の軸トルク制御に関するものである。

20

【背景技術】

【0002】

産業用ロボットや動力試験システムなど、モータと負荷を軸結合する動力伝達系では、結合軸の捩り振動の抑制と外乱抑圧が課題として挙げられており、この課題を解決する手法として動力伝達システムのモデルを 2 慣性系として表現し、このモデルを基にモータの軸トルク制御で振動抑制などを図る手法が提案されている。

【0003】

図 10 は一般的なエンジンベンチシステム（エンジンの動力試験システム）の機械系と制御系の構成を示す。機械系は、供試対象となるエンジン 1 にクラッチ 2 と変速機（M T ）3 およびプロペラシャフト 4 を結合し、このプロペラシャフト 4 に軸トルクメータ 5 を介して動力計 6 を結合する。動力計 6 の回転軸にはインクリメンタルエンコーダにした回転数検出器 7 を結合する。制御系は、エンジン 1 を制御するエンジン制御器 8 とスロットルアクチュエータ 9 を設け、動力計 6 を制御する動力計制御器 10 とインバータ（電力変換器）11 を設ける。

30

【0004】

動力計制御器 10 にはエンコーダ 7 で検出する回転数や軸トルクメータ 5 で検出する軸トルクがフィードバックされ、動力計の軸トルクや回転数が制御される。エンジン 1 もエンジン制御器 8 により出力などが制御される。

【0005】

40

図 10 には記載されていないが、エンジン 1 にはエンジン回転数をアイドル回転数に制御するエンジンコントロールユニット（E C U）も設置されている。動力計制御器 10 は、軸トルクメータで検出したトルクが「軸トルク指令」と一致するように、インバータ 11 へのトルク指令を算出する。

【0006】

図 11 は、図 10 に示したエンジンベンチシステムにおいて、エンジン 1 がアイドル回転数制御され、動力計 6 を軸トルク制御する場合の機械モデルと制御系構成図を示す。一般的なエンジンベンチシステムでは、プロペラシャフト 4 の慣性モーメントが動力計 6 やエンジン 1 の慣性モーメントと比較して小さく、また、プロペラシャフト 4 などのねじれ剛性はクラッチ 2 の捩れ剛性よりも非常に大きいため、図 11 のように 2 慣性系モデル（

50

2個の慣性モーメントとそれらを結合する弾性要素からなるモデル)とみなすことができる。

【0007】

図11に示す制御系はエンジンのアイドル回転数制御と動力計の軸トルク制御を行う場合である。エンジンのアイドル回転数制御は、速度制御器8Aが何らかの手段により検出したエンジン回転数があらかじめ指定されたアイドル回転数指令値に一致するように、エンジンの回転数を制御する。軸トルク制御は、軸トルク制御器10Aが軸トルクメータ5により検出される軸トルク(クラッチの捩れトルクにほぼ等しい)をあらかじめ指定した軸トルク指令値に一致するように、動力計6のトルクを制御する。

【0008】

例えば、特許文献1では、2慣性系とみなすことのできる図11の機械系構成のエンジンベンチシステムにおいて、動力計6で軸トルク制御をする場合の、動力計トルク制御方法とその装置を提案している。

【0009】

特許文献1では、図11に示す2慣性系機械モデルの情報(エンジン慣性J_e、動力計慣性J_m、クラッチばね剛性K₁₂、エンジン角速度1、動力計角速度2)を用いて、軸トルク指令T_{12r}と軸トルク検出値T₁₂との偏差でPID制御する軸トルク制御器とする。このときの動力計トルク制御信号T₂の演算は、以下の積分要素と比例・微分要素をもつPID制御方式とする。

【0010】

$$T_2 = (K_i / s) * (T_{12r} - T_{12}) - (K_p + s * K_d) / (a_2 * s * s + a_1 * s + 1) * T_{12}$$

ただし、K_i：積分係数、T_{12r}：軸トルク指令値、T₁₂：軸トルク検出値、K_p：比例係数、K_d：微分係数、a₁、a₂：比例・微分要素のフィルタ係数

さらに、特許文献1では、エンジンと動力計の結合シャフトが非線形バネ特性をもつ場合、共振周波数が軸トルクの大きさによって変化するのを補償できるよう、軸トルク制御器のPID制御の積分、比例、微分の各要素の係数(積分係数K_i、比例係数K_p、微分係数K_d、フィルタ係数a₁、a₂)を軸トルク検出値T₁₂を基に自動調整できるようにしている。

【先行技術文献】

30

【特許文献】

【0011】

【特許文献1】特開2008-70119号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

特許文献1では、図10の軸トルク制御器10Aの構成方法を提案するものであるが、その制御方法の適用時にエンジンがアイドル回転数制御されていることを想定していない。

【0013】

40

一般に、エンジン始動時にはエンジンがアイドル回転数になるようにエンジン制御器(ECU)8Aにより制御されている。そこで、エンジン制御器(ECU)8Aによりアイドル回転数制御されているエンジンに特許文献1の軸トルク制御手法を適用した場合、アイドル回転数制御と軸トルク制御が干渉し、軸トルクが振動することがある。

【0014】

図12は、上記の軸トルク制御がされている状態において、エンジンを始動した場合のシミュレーション波形である。ただし、軸トルク指令値は0[Nm]、エンジン回転数指令値は500[rpm]としている。

【0015】

図12では、軸トルク、及び、エンジン回転数が約1[Hz]で大きく振動している。

50

実車に搭載されているエンジンでは、通常、このような振動は発生せず、この振動現象は、特許文献1の軸トルク制御方式をエンジンベンチシステムの動力計制御へ適用した場合に発生する。このような振動が発生すると、エンジンの燃費、排ガスが実車でのそれらと大きく異なるようになり、エンジンベンチシステムでのエンジンの試験を適切に実施することが困難となる。

【0016】

次に、特許文献1では、前記のように、エンジンからガタをもつクラッチを介して動力計に軸結合するエンジンベンチシステムに適用可能としている。図13はガタの大きなクラッチの特性例である。

【0017】

図14、図15、図16は、図13の特性を持つクラッチを使用したエンジンベンチシステムに特許文献1の手法を適用した場合のシミュレーション波形を示す。各図は、図13のばね剛性が柔らかい部分（ガタ部）の剛性、硬い部分の剛性、両者の中間的な剛性に合わせて特許文献1の手法でPID制御のゲイン調整を行った場合のシミュレーション結果である。いずれの場合においても、軸トルクやエンジン回転数が振動し、エンジン試験を適切に実施することができない。

【0018】

本発明の目的は、2慣性系または2慣性系に近似可能な動力システムまたはエンジンベンチシステムにおいて、負荷側モータ（エンジン）の回転数制御と駆動モータ（動力計）の軸トルク制御の干渉を抑制した軸トルク制御ができ、特にエンジンからガタをもつクラッチを介して動力計に軸結合したシステムの軸トルクやエンジン回転数の振動も抑制できる軸トルク制御装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0019】

本発明は、前記の課題を解決するため、負荷側モータ（エンジン）が速度制御されている場合に駆動モータ（動力計）に対するトルク外乱を外乱オブザーバにより推定して駆動モータのトルク指令値にフィードバックすることにより駆動モータの加速度制御系を構成し、さらに、軸トルク検出値または軸トルク推定値を共振比制御理論に基づいて決定されるゲインで駆動モータの加速度指令値にフィードバックし、さらにまた、駆動モータの速度検出値を所定の共振抑制効果が得られるように決定したゲインで駆動モータの加速度指令値にフィードバックし、及び、軸トルク指令値に軸トルク検出値が追従するように比例積分制御系を構成するものであり、以下の構成を特徴とする。

【0020】

（1）負荷側モータと駆動モータを軸結合した機械系と、前記負荷側モータの回転数制御と前記駆動モータの軸トルク制御を行う制御系とを備えた2慣性系または2慣性系に近似可能な動力システムの軸トルク制御装置であって、

前記駆動モータに対するトルク外乱を外乱オブザーバにより推定して該駆動モータのトルク指令値にフィードバックする駆動モータの加速度制御系と、

前記駆動モータの軸トルク指令値と軸トルク検出値との偏差を比例積分演算して該駆動モータの加速度指令値を得る比例積分制御系と、

前記駆動モータの軸トルク検出値を共振比制御理論に基づいて決定したゲインで該駆動モータの加速度指令値にフィードバックする手段と、

前記駆動モータの速度検出値を所定のゲインで該駆動モータの加速度指令値にフィードバックする手段と、
を備えたことを特徴とする。

【0021】

（2）前記駆動モータが軸トルク検出器をもたない場合、該駆動モータの回転数とトルク指令値とから軸トルクオブザーバで推定して前記軸トルク検出値とすることを特徴とする。

【0022】

(3) エンジンと動力計を軸結合した機械系と、前記エンジンの回転数制御と前記動力計の軸トルク制御を行う制御系とを備えた2慣性系または2慣性系に近似可能なエンジンベンチシステムの軸トルク制御装置であって、

前記動力計に対するトルク外乱を外乱オブザーバにより推定して該動力計のトルク指令値にフィードバックする駆動モータの加速度制御系と、

前記動力計の軸トルク指令値と軸トルク検出値との偏差を比例積分演算して該動力計の加速度指令値を得る比例積分制御系と、

前記動力計の軸トルク検出値を共振比制御理論に基づいて決定したゲインで該動力計の加速度指令値にフィードバックする手段と、

前記動力計の速度検出値を所定のゲインで該動力計の加速度指令値にフィードバックする手段と、

を備えたことを特徴とする。

【0023】

(4) 前記動力計が軸トルク検出器をもたない場合、該動力計の回転数とトルク指令値とから軸トルクオブザーバで推定して前記軸トルク検出値とすることを特徴とする。

【発明の効果】

【0024】

以上のとおり、本発明によれば、負荷側モータ（エンジン）が速度制御されている場合に駆動モータ（動力計）に対するトルク外乱を外乱オブザーバにより推定して駆動モータのトルク指令値にフィードバックすることにより駆動モータの加速度制御系を構成し、さらに、軸トルク検出値または軸トルク推定値を共振比制御理論に基づいて決定されるゲインで駆動モータの加速度指令値にフィードバックし、さらによつて、駆動モータの速度検出値を所定の共振抑制効果が得られるように決定したゲインで駆動モータの加速度指令値にフィードバックし、及び、軸トルク指令値に軸トルク検出値が追従するように比例積分制御系を構成するため、負荷側モータ（エンジン）の回転数制御と駆動モータ（動力計）の軸トルク制御の干渉を抑制した軸トルク制御ができ、特にエンジンからガタをもつクラッチを介して動力計に軸結合したシステムの軸トルクやエンジン回転数の振動も抑制できる。

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】本発明の実施形態（1）を動力計の軸トルク制御器として適用する場合の構成図。

【図2】実施形態（1）の軸トルク制御器のブロック構成図。

【図3】実施形態（1）の外乱オブザーバの回路構成図。

【図4】実施形態（1）のシミュレーション波形。

【図5】ガタをもつクラッチを使用した場合のシミュレーション波形。

【図6】実施形態（2）の軸トルク制御器のブロック構成図。

【図7】実施形態（2）の軸トルクオブザーバの回路構成図。

【図8】実施形態（2）のシミュレーション波形。

【図9】ガタをもつクラッチを使用した場合のシミュレーション波形。

【図10】エンジンベンチシステムの機械系と制御系の構成図。

【図11】エンジンベンチシステムの機械モデルと制御系構成図。

【図12】従来システムのシミュレーション波形。

【図13】ガタの大きなクラッチの特性例。

【図14】ガタの大きなクラッチをもつシステムのシミュレーション波形。

【図15】ガタの大きなクラッチをもつシステムのシミュレーション波形。

【図16】ガタの大きなクラッチをもつシステムのシミュレーション波形。

【発明を実施するための形態】

【0026】

実施形態（1）

10

20

30

40

50

図1は動力計の軸トルク制御装置の構成を示し、エンジンベンチシステムに適用した場合である。50は、図11に示すエンジンベンチシステムの2慣性系機械モデルであり、エンジンのアイドル回転数制御要素50Aと、クラッチの非線形特性要素50Bを含めた機械モデルとし、エンジンが回転数制御され、エンジンからガタをもつクラッチを介して動力計に軸結合したシステムの軸トルク制御を可能とする。

【0027】

このモデルにおけるエンジン1、クラッチ2および動力計6における定数等は、図11中に示すように、以下のものとする。なお、sはラプラス演算子である。

【0028】

J_e = エンジン慣性モーメント、 J_m = 動力計慣性モーメント、 K_{12} = クラッチばね剛性、 T_I = エンジントルク、 T_2 = 動力計トルク、 ω_1 = エンジン角速度、 ω_2 = 動力計角速度

図1に示す軸トルク制御器10Aは、軸トルク指令(T_{12r})と軸トルク検出値(T_{12})と動力計回転数検出値(ω_2)を基に動力計トルク指令を求める。ここで、軸トルク制御器10Aは、図2に示すブロック構成とする。図2において、外乱オブザーバ21は、動力計の慣性モーメント J_m に回転数 ω_2 を疑似微分した加速度($d\omega_2/dt$)を乗じてトルク $J_m(d\omega_2/dt)$ を求め、このトルク $J_m(d\omega_2/dt)$ と動力計トルク指令 T_{ref} から動力計の外乱トルク(エンジンのアイドル回転により動力計に発生するトルク)を推定し、そのトルク T_{dis} を動力計トルク指令にフィードバックすることにより動力計の加速度制御系を構成し、軸トルク振動を抑制した軸トルク制御を得る。

【0029】

図3は外乱オブザーバ21の回路構成図を示す。同図中、「 $gdis$ 」は外乱オブザーバの応答速度を決める定数(単位:1/秒)であり、乗算器21Aは動力計回転数 ω_2 に「 $gdis$ 」を乗じて加速度を求め、これに動力計慣性モーメント J_m を乗じてトルクに変換する。加算器21Bは動力計トルク指令 T_{ref} と乗算器21Aの出力トルクの加算値を求める。低域通過フィルタ(LPF)21Cは加算器21Bの出力について、定数「 $gdis$ 」をもつ伝達関数を有して直流成分を抽出する。減算器21Dは低域通過フィルタ(LPF)21Cの出力から乗算器21Aの出力を減じて外乱トルク推定値 T_{dis} を得る。

【0030】

次に、図2において、軸トルク制御器10Aの軸トルク検出器22は、軸トルクメータのトルク検出信号を軸トルク検出値に換算し、比例積分(PI)制御器23は軸トルク検出値と軸トルク指令との偏差を比例積分(PI)演算して動力計の加速度指令を求める。乗算器24は、加速度指令に動力計の慣性モーメント J_m を乗じることで動力計トルク指令を求める。加算器25は、乗算器24からの動力計トルク指令に外乱オブザーバ21で求めた外乱トルク推定値を加算することで、エンジンのアイドル回転数制御と動力計の軸トルク制御の干渉を抑制するための動力計トルク指令を得る。

【0031】

係数器26、28と減算器27、29は、動力計トルク指令にフィードバックする外乱オブザーバの推定値のフィードバック量を変える共振比制御を行うものであり、係数「 K_v 」は所定の共振抑制効果が得られるように決定した動力計回転数のフィードバックゲイン、係数「 K_r 」は軸トルク検出値を共振比制御理論に基づいて決定した軸トルクフィードバックゲインであり、これら係数「 K_v 」、「 K_r 」によるフィードバックにより振動抑制効果を得ると共に、ロバストな加速度制御系を構成する。

【0032】

図4は、図1に示す構成で軸トルク制御がされている状態において、エンジンを始動した場合のシミュレーション波形である。ただし、軸トルク指令値は0[Nm]、エンジン回転数指令値は500[rpm]としている。従来の軸トルク制御では、図12に例を示すように、軸トルク、エンジン回転数が大きく振動していたが、本実施形態による軸トル

10

20

30

40

50

ク制御では振動が抑制され、軸トルク、エンジン回転数とともに指令値に追従している。

【0033】

図5は、図13に示したガタの大きなクラッチを使用したエンジンベンチシステムに本実施形態を適用した場合のシミュレーション結果である。本実施形態によれば、ガタの大きなクラッチを使用したエンジンベンチシステムにおいても軸トルクやエンジン回転数が大きく振動することなく制御されている。

【0034】

実施形態(2)

図6は図1における軸トルク制御器10Aのブロック構成を示す。図6のブロック構成が図2の構成と異なる部分は、軸トルク検出器が適用できないシステムに適用する場合、軸トルクメータ5による軸トルク検出に代えて、軸トルクオブザーバ30により軸トルクを推定する点にある。

10

【0035】

図7は軸トルクオブザーバ30の回路構成図を示し、図3の外乱オブザーバと同等の構成とするが、「g r e a c」は軸トルクオブザーバの応答速度を決める定数(単位:1/秒)である。

【0036】

図8は、図6の軸トルク制御器により軸トルク制御がされている状態において、エンジンを始動した場合のシミュレーション波形である。ただし、軸トルク指令値は0[Nm]、エンジン回転数指令値は500[rpm]としている。本実施形態においても軸トルク制御で振動が抑制され、軸トルク、エンジン回転数とともに指令値に追従している。

20

【0037】

図9は、図13に示したガタの大きなクラッチを使用したエンジンベンチシステムに本実施形態を適用した場合のシミュレーション結果である。本実施形態においても、ガタの大きなクラッチを使用したエンジンベンチシステムにおいても軸トルクやエンジン回転数が大きく振動することなく制御されている。

【0038】

以上までの実施形態(1)、(2)では、エンジンベンチシステムに適用した動力計の軸トルク制御装置であるが、産業用ロボットなどに見られる2慣性系動力システムまたは3慣性系以上のシステムを2慣性系に近似可能な動力システムにおける軸トルク制御に適用して同等の作用効果を得ることができる。

30

【0039】

これらのシステムの場合、負荷側モータをエンジンとみなし、駆動モータを動力計とみなし、負荷側モータが速度制御されている場合に駆動モータに対するトルク外乱を「外乱オブザーバ」により推定して駆動モータのトルク指令値にフィードバックすることにより駆動モータの加速度制御系を構成する。さらに、軸トルク検出器により検出された軸トルク検出値を共振比制御理論に基づいて決定されるゲインで駆動モータの加速度指令値としてフィードバックし、さらにまた、駆動モータの速度検出値を所定の共振抑制効果が得られるように決定したゲインで駆動モータの加速度指令値にフィードバックし、及び、軸トルク指令値に軸トルク検出値が追従するように比例積分制御系を構成する。

40

【0040】

また、システムが「軸トルク検出器」を適用できない場合において、実施形態(2)と同様に、外乱オブザーバ理論により軸トルクを推定する軸トルクオブザーバを設け、その軸トルク推定値を軸トルク検出値として利用する。

【符号の説明】

【0041】

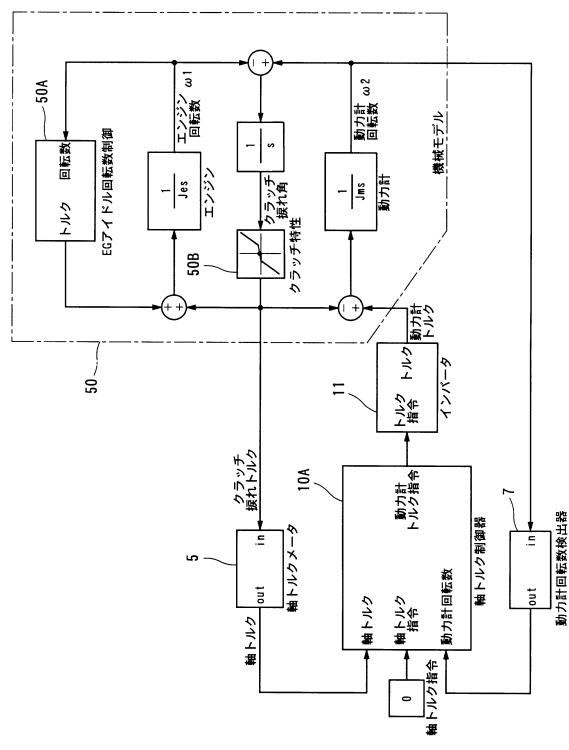
- 1 エンジン
- 2 クラッチ
- 5 軸トルクメータ
- 6 動力計

50

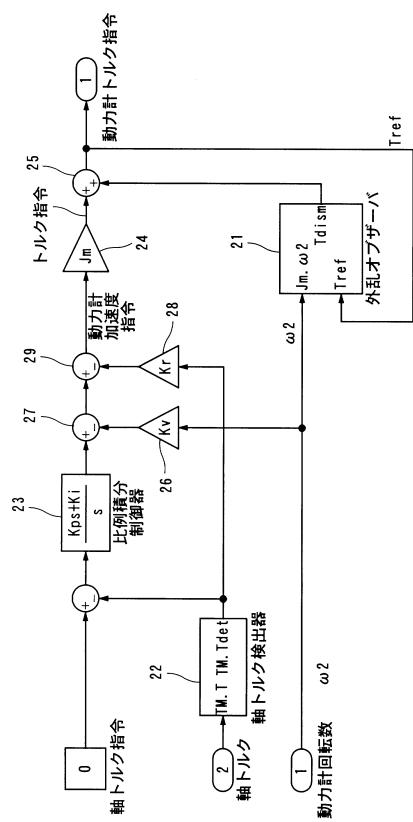
- 7 回転数検出器
 8 エンジン制御器
 10 動力計制御器
 10A 軸トルク制御器
 11 インバータ
 21 外乱オブザーバ
 22 軸トルク検出器
 23 比例積分制御器
 26, 28 係数器
 30 軸トルクオブザーバ
 50 エンジンベンチシステムの機械モデル

10

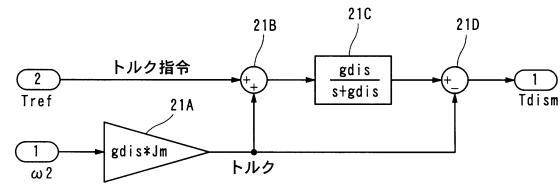
【 図 1 】



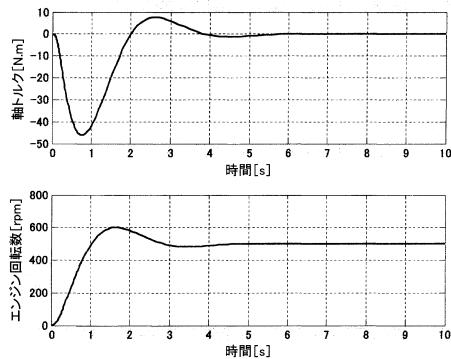
【図2】



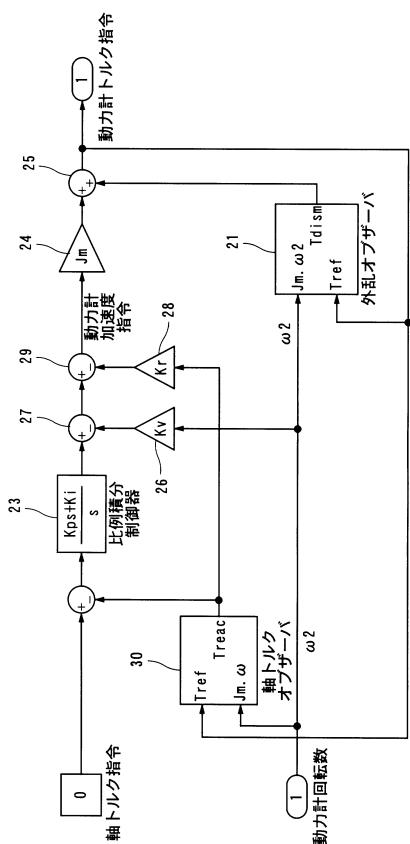
【図3】



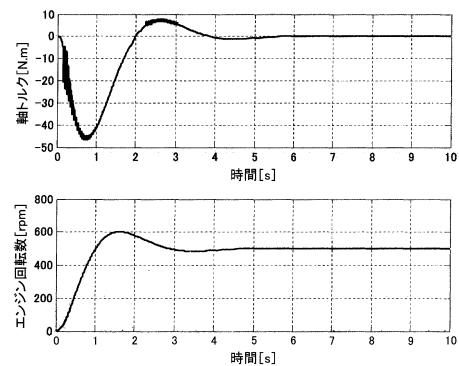
【図4】



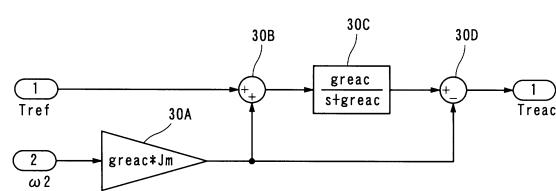
【図6】



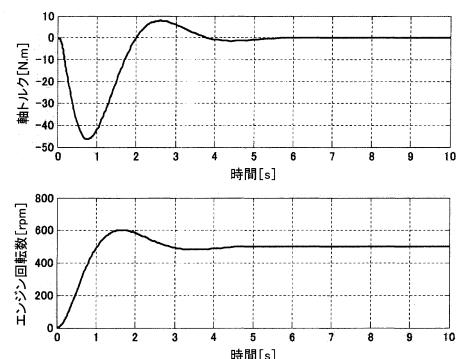
【 四 5 】



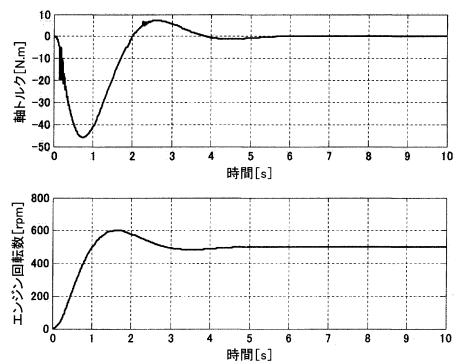
【 図 7 】



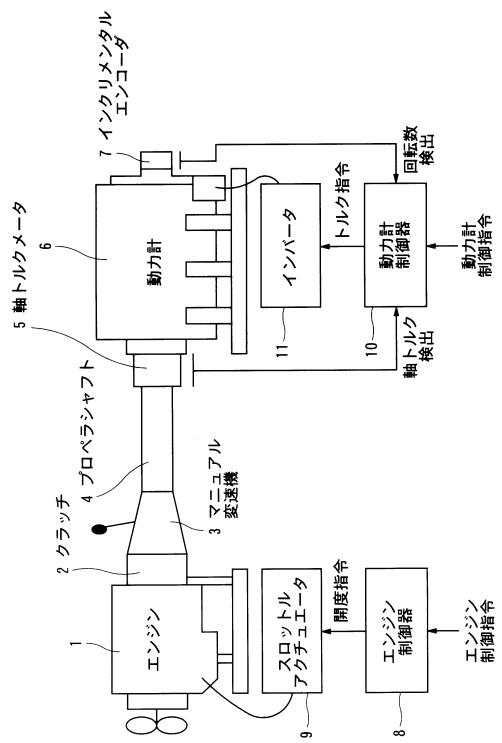
【図8】



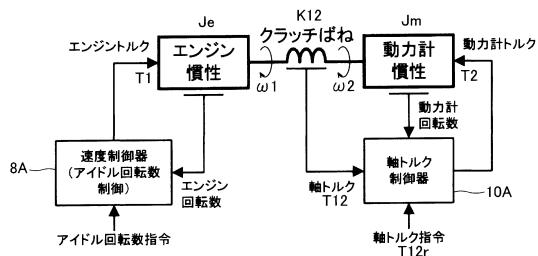
【図 9】



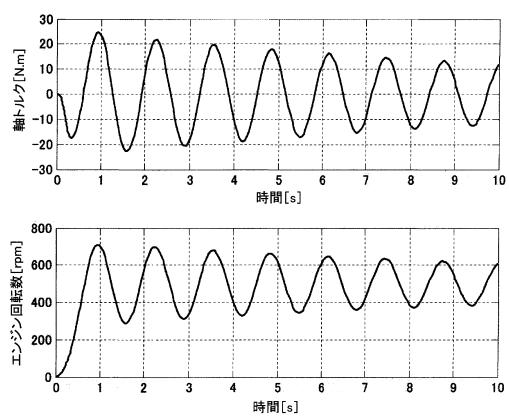
【図 10】



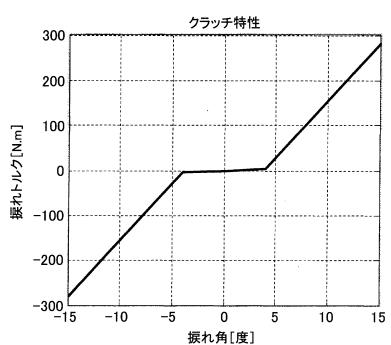
【図 11】



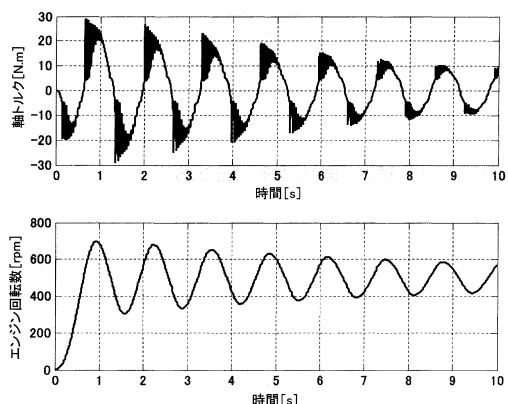
【図 12】



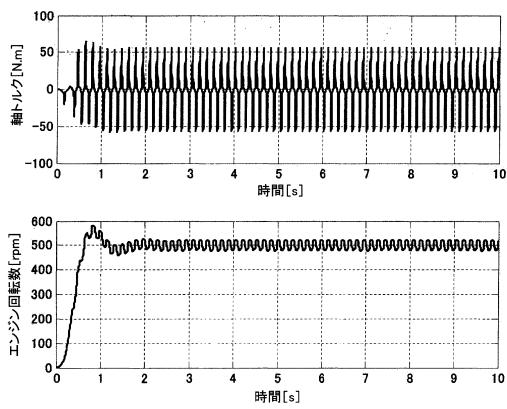
【図 13】



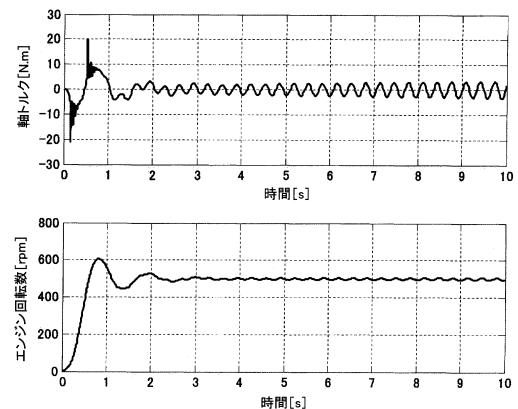
【図 14】



【図15】



【図16】



フロントページの続き

(72)発明者 只野 裕吾
東京都品川区大崎 2 丁目 1 番 1 号 株式会社明電舎内

審査官 福田 裕司

(56)参考文献 特開平 11-108802 (JP, A)
国際公開第 2010/024195 (WO, A1)
特開 2008-070119 (JP, A)
特開 2007-236185 (JP, A)
特開 2004-199495 (JP, A)
特開平 08-190402 (JP, A)
特開平 09-121580 (JP, A)
特開 2009-287987 (JP, A)
特開 2008-286580 (JP, A)
特開 2006-242592 (JP, A)
特開平 05-100709 (JP, A)
特開 2008-145354 (JP, A)
特開 2008-203052 (JP, A)
特開 2010-071772 (JP, A)
特開平 06-217579 (JP, A)
結城 和明 他, "共振比制御による 2 慣性共振系の振動抑制制御", 電気学会論文誌 D Vol. 1113 No. 10, 1993 年, pp.1162-1169
堀 洋一, "共振比制御と真鍋多項式による 2 慣性系の制御", 電気学会論文誌 D Vol. 114, No. 10, 1994 年, pp.1038-1045

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 01 M 15 / 02

G 05 D 3 / 12

H 02 P 29 / 00