

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2015年4月16日(16.04.2015)



(10) 国際公開番号  
WO 2015/053220 A1

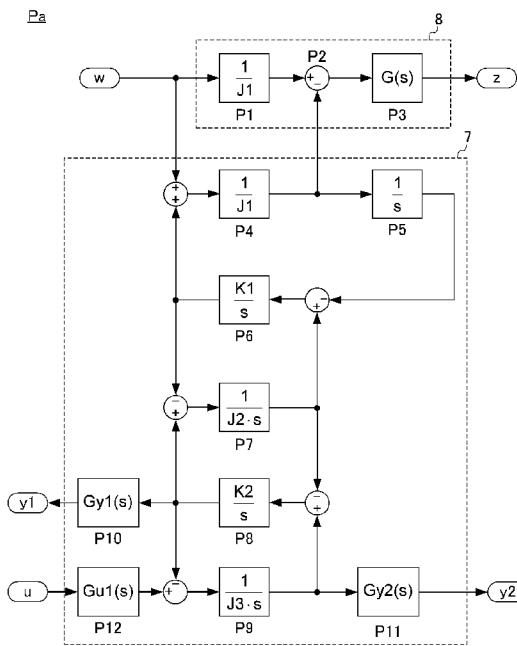
- (51) 国際特許分類:  
G01M 15/05 (2006.01) G01M 15/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/076691
- (22) 国際出願日: 2014年10月6日(06.10.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2013-210518 2013年10月7日(07.10.2013) JP
- (71) 出願人: 株式会社明電舎(MEIDENSHA CORPORATION) [JP/JP]; 〒1416029 東京都品川区大崎2丁目1番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 秋山 岳夫(AKIYAMA, Takao); 〒1416029 東京都品川区大崎2丁目1番1号 株式会社明電舎内 Tokyo (JP). 澤田 喜正(SAWADA, Yoshimasa); 〒1416029 東京都品川区大崎2丁目1番1号 株式会社明電舎内 Tokyo (JP). 浅倉 伸彦(ASAKURA, Nobuhiko); 〒1416029 東京都品川区大崎2丁目1番1号 株式会社明電舎内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 正林 真之, 外(SHOBAYASHI, Masayuki et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内1-7-12 サピアタワー Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: DYNAMOMETER SYSTEM

(54) 発明の名称: ダイナモメータシステム



(57) Abstract: Provided is a dynamometer system dynamo control device that can accurately reproduce a no-load state when an engine is started. The dynamometer system dynamo control device includes controllers (Gc1, Gc2) that are designed, using a control system design method designated as H-infinity control or a  $\mu$ -design method, such that, for a generalized plant (Pa) that outputs prescribed observation output (y1, y2) and a controlled variable (z) from external input (w) that corresponds to the engine torque generated by an engine and from control input (u) that corresponds to a torque current command given to an inverter, the response from the external input (w) until the controlled variable (z) is shortened. The generalized plant (Pa) includes a dynamic characteristics model (7) wherein the characteristics of a dynamometer system are identified such that the angular acceleration of the engine is output from the external input (w) and the control input (u). The controlled variable (z) is the difference between the angular acceleration calculated for an engine alone on the basis of the external input (w) and the angular acceleration calculated for the engine by the dynamic characteristics model (7).

(57) 要約: エンジンの始動時に精度良く無負荷状態を再現できるダイナモメータシステムのダイナモ制御装置を提供すること。ダイナモメータシステムのダイナモ制御装置は、エンジンで発生するエンジントルクに相当する外部入力w及びインバータへのトルク電流指令に相当する制御入力uから所定の観測出力y1, y2及び制御量zを出力する一般化プラントPaに対し、外部入力wから制御量zまでの応答を小さくするようにH $\infty$ 制御又は $\mu$ 設計法と呼称される制御系設計方法によって設計されたコントローラGc1, Gc2を含む。

一般化プラントPaは、外部入力w及び制御入力uからエンジンの角加速度を出力するようにダイナモメータシステムの特性を同定した動特性モデル7を含む。制御量zは、外部入力wに基づいて算出したエンジン単体の角加速度と、動特性モデル7によって算出したエンジンの角加速度との差分である。

WO 2015/053220 A1

## 明 細 書

発明の名称：ダイナモメータシステム

### 技術分野

[0001] 本発明は、ダイナモメータシステムに関する。より詳しくは、エンジンを備えた供試体にダイナモメータを動力吸収体として接続し、エンジンの各種特性を測定するダイナモメータシステムに関する。

### 背景技術

[0002] 図26は、ダイナモメータシステム100の構成を示す図である。

ダイナモメータシステム100は、エンジンE及びその出力軸Sで構成される供試体Wと、この供試体Wの出力軸Sに動力吸収体として接続されたダイナモメータDと、スロットルアクチュエータ110を介してエンジンEを制御するエンジン制御器120と、インバータ130を介してダイナモメータDを制御するダイナモ制御器140と、ダイナモメータDの出力軸の回転数を検出するエンコーダ150と、供試体Wの出力軸SとダイナモメータDの出力軸との結合部の軸トルク（振れトルク）を検出する軸トルクセンサ160と、を備える。なお図26では、クラッチ、トランスミッション、及びプロペラシャフトなどの機械要素をまとめて出力軸Sとして簡略化して示す。

[0003] エンジン制御器120は、試験項目ごとに予め定められた態様でエンジンEの出力を制御し、ダイナモ制御器140は、エンコーダ150や軸トルクセンサ160の出力等に基づいて、ダイナモメータDの回転数やトルクを制御する（例えば、特許文献1，2等参照）。

### 先行技術文献

#### 特許文献

- [0004] 特許文献1：特開2009-133714号公報  
特許文献2：特開2003-149085号公報  
特許文献3：特開2012-194117号公報

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

- [0005] ところで上記のようなダイナモメータシステム100では、エンジン始動時のエンジン回転数をエンジン単体始動でのエンジン回転数相当に制御する場合、エンジンEからみて出力軸S及びダイナモメータDが接続されていないかのような無負荷状態に制御する必要がある。このような無負荷状態は、エンジンEとダイナモメータDとの間の出力軸Sにおける振れトルクを0 [Nm] に制御することで実現される。
- [0006] 図27は、従来のシステム100において上記無負荷状態を実現した場合における、エンジン始動時の回転数変化を示す図である。より具体的には、従来のシステム100において振れトルクが生じないようにダイナモ制御器140に入力する軸トルク指令値を0とした場合におけるエンジン始動時の回転数変化を示す図である。図27には、システム100による測定結果、すなわちエンコーダ150によって測定された回転数を細実線で示す。また図27には、エンジンEと出力軸Sとを切り離しエンジンEを無負荷状態にして測定された回転数、すなわち無負荷制御時の理想となる値を太破線で示す。
- [0007] 図27に示されるように、従来のシステム100において軸トルク指令値を0 [Nm] とし、軸トルクセンサの検出値を0 [Nm] に制御するだけでは、出力軸Sのうち軸トルクセンサ160よりエンジンE側の部分の慣性をエンジンEで負担せねばならないため、始動時のエンジン回転数は無負荷状態に相当する理想値より小さくなる。
- [0008] なお理論的には、軸トルクセンサ160の位置をよりエンジンEのクランクシャフト側に近づければ出力軸Sの慣性もダイナモメータDで負担させることができる。しかしながら、軸トルクセンサ160をエンジンEに近づけるほどエンジンEの熱が伝わりやすくなるため、温度ドリフトによる測定値の変化の影響が大きくなる。また、軸トルクセンサ160をエンジンEに近づけるほどエンジンEの振動が伝わりやすくなり、測定精度が低下する。以

上のような理由から、軸トルクセンサ160の位置はエンジンEよりもダイナモメータDに近い方が好ましく、したがって上記の課題は顕著なものとなる。

[0009] 一方、特許文献3には、エンジン始動時における無負荷状態をフィードフォワード制御によって実現しようとする技術が開示されている。特許文献3の発明では、予め測定したエンジン始動時のダイナモ回転数を実現するようなトルク電流指令値を、エンジン始動のタイミング（すなわち、エンジンの初爆の点火信号）に合わせて出力する。これにより無負荷状態を精度良く再現できるものの、これを実現するためには、エンジン単体での始動時における回転数（図27における太破線に相当）を測定したり、エンジン始動時に当該測定した回転数を実現するようにダイナモの回転数を制御する場合におけるトルク電流指令値を記録したり、適切なタイミングで記録したトルク電流指令値を出力したりする必要があり、手間がかかる。

[0010] 本発明は、供試体の始動時に精度良く無負荷状態を再現できるダイナモメータシステムのダイナモ制御装置を提供することを目的とする。

### 課題を解決するための手段

[0011] (1) ダイナモメータシステム（例えば、後述のダイナモメータシステム1）は、動力を発生する供試体（例えば、後述のエンジンE）と中間結合体（例えば、後述のシャフトS）を介して連結されたダイナモメータ（例えば、後述のダイナモメータD）と、前記中間結合体の振れトルクを検出するトルク検出器（例えば、後述の軸トルクセンサ61）と、前記ダイナモメータの回転数を検出する回転数検出器（例えば、後述のエンコーダ62）と、前記ダイナモメータに電力を供給するインバータ（例えば、後述のインバータ3）と、を備える。上記目的を達成するため本発明は、前記トルク検出器及び前記回転数検出器の検出信号に基づいて前記インバータへのトルク電流指令を生成するダイナモメータシステムのダイナモ制御装置（例えば、後述のダイナモ制御装置6a, 6b, 6c, 6d, 6e, 6f, 6g）であって、前記供試体で発生するトルクに相当する外部入力（例えば、後述の外部入力

w) 及び前記トルク電流指令に相当する制御入力（例えば、後述の制御入力  $u$ ）から所定の観測出力（例えば、後述の観測出力  $y_1, y_2$ ）及び制御量（例えば、後述の制御量  $z$ ）を出力する一般化プラント（例えば、後述の一般化プラント  $P_a, P_b, P_c, P_d, P_e, P_f, P_g$ ）に対し、前記外部入力から前記制御量までの応答を小さくするように  $H_\infty$ 制御又は  $\mu$ 設計法と呼称される制御系設計方法によって設計されたコントローラ（例えば、後述のコントローラ  $G_{c1}, G_{c2}$ ）を含む。前記一般化プラントは、前記外部入力及び前記制御入力から前記供試体の角加速度を出力するように前記ダイナモメータシステムの特性を同定した動特性モデル（例えば、後述の動特性モデル 7）を含む。前記一般化プラントの制御量は、前記外部入力に基づいて算出した前記供試体単体の角加速度と、前記動特性モデルによって算出した前記供試体の角加速度との差分に、積分特性を有する重み関数を乗じた信号である。

[0012] （２）この場合、前記一般化プラントの動特性モデルは、前記インバータの特性を同定したインバータモデル（例えば、後述のインバータモデル  $P_{12}$ ）と、前記供試体と前記中間結合体と前記ダイナモメータとを連結して構成される 3 慣性系の特性を同定した機械モデル（例えば、後述の機械モデル  $P_4 \sim P_9$ ）と、前記トルク検出器の特性を同定したトルク検出モデル（例えば、後述のトルク検出モデル  $P_{10}$ ）と、前記回転数検出器の特性を同定した回転数検出モデル（例えば、後述の回転数検出モデル  $P_{11}$ ）と、を備えることが好ましい。

[0013] （３）この場合、前記制御入力に所定の比例ゲインを乗算して得られる出力を前記インバータモデルへの入力とし、前記トルク検出モデルの出力端に設けられた積分器の出力を第 1 観測出力とし、前記回転数検出モデルの出力端に設けられた比例ゲインの出力を第 2 観測出力とすることが好ましい。

[0014] （４）この場合、前記制御入力を前記インバータモデルへの入力とし、所定の比例ゲインが乗算された前記回転数検出モデルの出力と前記トルク検出モデルの出力端に設けられた積分器の出力との差分に所定の比例ゲインを乗

算して得られる出力を第1観測出力とし、前記トルク検出モデルの出力を第2観測出力とすることが好ましい。

[0015] (5) この場合、所定の比例ゲインが乗算された前記回転数検出モデルの出力と前記トルク検出モデルの出力端に設けられた積分器の出力との差分に所定の比例ゲインを乗じて得られる出力と、前記制御入力とを合成して得られる出力を前記インバータモデルへの入力とし、前記トルク検出モデルの出力を観測出力とすることが好ましい。

[0016] (6) この場合、前記制御入力を前記インバータモデルへの入力とし、所定の比例ゲインが乗算された前記回転数検出モデルの出力と前記トルク検出モデルの出力端に設けられた積分器の出力との差分に所定の比例ゲインを乗じて得られる出力を観測出力とすることが好ましい。

[0017] (7) この場合、前記制御入力を前記インバータモデルへの入力とし、所定の比例ゲインが乗算された前記回転数検出モデルの出力と前記トルク検出モデルの出力端に設けられた積分器の出力との差分に所定の比例ゲインを乗算して得られる出力を第1観測出力とし、前記トルク検出モデルの出力端に設けられたハイパスフィルタの出力を第2観測出力とすることが好ましい。

[0018] (8) この場合、前記制御入力に所定の比例ゲインを乗算して得られる出力を前記インバータモデルへの入力とし、前記トルク検出モデルの出力を第1観測出力とし、所定の比例ゲインが乗算された前記回転数検出モデルの出力と前記トルク検出モデルの出力との差分を第2観測出力とすることが好ましい。

## 発明の効果

[0019] (1) 本発明では、供試体と中間結合体とダイナモメータとを機械的に連結するとともに、インバータ、トルク検出器及び回転数検出器を設けることによってダイナモメータシステムを構成し、そのダイナモ制御装置を $H_\infty$ 制御又は $\mu$ 設計法と呼称される設計方法によって構築する。より具体的には、上記ダイナモメータシステムの特性を同定した動特性モデルを含む一般化プラントを定義し、供試体で発生するトルクに相当する外部入力から所定の制御

量までの応答を小さくするようにコントローラを設計し、これをダイナモ制御装置に用いる。特に本発明では、一般化プラントの制御量を、外部入力に基づいて算出した供試体単体の角加速度（すなわち、供試体と中間結合体及びダイナモメータとを切り離したと仮定したときの供試体の角加速度）と、動特性モデルによって算出した供試体の角加速度との差分とする。制御量をこのように設定することにより、それぞれで動力を発生する供試体とダイナモメータとを中間結合体で連結したシステムにおいて、中間結合体の慣性をダイナモメータで補償するようにトルク電流指令を生成するダイナモ制御装置を構築することができる。換言すれば、供試体とダイナモメータとを中間結合体で連結しているにもかかわらず、供試体からみて中間結合体が接続されていないかのような無負荷状態を実現できるダイナモ制御装置を構築できる。

[0020] ところで、中間結合体は、シャフト、クラッチ、及びトランスミッション等の様々な機械要素で構成されておりその剛性は車種によって様々であるが、中間結合体の剛性が高くなるほどシステムの機械共振点は高くなる。また機械共振点が高くなるほど、トルク検出器、回転数検出器、及びインバータ等の応答遅れの影響が大きくなるため、共振抑制がより困難になる。これに対し本発明では、 $H_{\infty}$ 制御又は $\mu$ 設計法によって設計することにより、上述の中間結合体分の慣性補償効果に加えて共振抑制効果の高いダイナモ制御装置を構築することができる。

[0021] (2) 本発明によれば、ノミナルプラントに相当する動特性モデルを、3慣性系の特性を同定した機械モデルとインバータモデルとトルク検出モデルと回転数検出モデルとで構成し、実システムに近くなるように同定することにより、上記慣性補償効果及び共振抑制効果の高いダイナモ制御装置を構築することができる。

[0022] (3) 本発明では、一般化プラントを構成するにあたり、制御入力とインバータモデルとの間に所定の比例ゲインを設け、トルク検出モデルと第1観測出力との間に積分器を設け、回転数検出モデルと第2観測出力との間に比

例ゲインを設ける。これら積分器及び比例ゲインは、上述のような中間結合体の慣性補償制御を行う場合に必要となる制御要素である。このような必須制御要素を予め一般化プラントに含み入れておくことにより、 $H_\infty$ 制御又は $\mu$ 設計法によって数値的に導出される2つのコントローラから、上記必須制御要素を分離することができるので、導出されたコントローラの評価が容易になる。また、一旦導出された2つのコントローラの変更にすることなく、慣性補償量や制御応答性を調整することができる。換言すれば、所望の特性のダイナモ制御装置を構築するために、 $H_\infty$ 制御や $\mu$ 設計法を繰り返し行う必要がない。

[0023] (4) 本発明では、一般化プラントを構成するにあたり、回転数検出モデルと第2観測出力との間に積分器と2つの比例ゲインとを設ける。これにより、上記(3)の発明と同様に、導出されるコントローラから慣性補償制御の必須制御要素を分離できるので、コントローラの評価が容易になり、またコントローラの変更にすることなく慣性補償量や制御応答性を調整することができる。

[0024] (5) 本発明では、一般化プラントを構成するにあたり、制御入力、トルク検出モデル及び回転数検出モデルと、インバータモデルとの間に積分器と2つの比例ゲインとを設ける。これにより、上記(3)の発明と同様に、導出されるコントローラから慣性補償制御の必須制御要素を分離できるので、コントローラの評価が容易になり、またコントローラの変更にすることなく慣性補償量や制御応答性を調整することができる。また、一般化プラントの観測出力を1つとすることにより、導出されるコントローラの数も1つにすることができる。上述のように慣性補償制御は主に供試体の始動時に要求されるところ、慣性補償制御を行うコントローラの数も1つとすることにより、制御態様を慣性補償制御から他のものに切り替える際のバンプレス処理が容易となる。

[0025] (6) 本発明では、一般化プラントを構成するにあたり、トルク検出モデル及び回転数検出モデルと観測出力との間に積分器と2つの比例ゲインとを



設ける。これにより、上記（３）の発明と同様に、導出されるコントローラから慣性補償制御の必須制御要素を分離できるので、コントローラの評価が容易になり、またコントローラの特性を変更することなく慣性補償量や制御応答性を調整することができる。また、一般化プラントの観測出力を１つとすることにより、上記（５）の発明と同様にバンプレス処理が容易となる。

[0026] （７）本発明では、一般化プラントを構成するにあたり、回転数検出モデル及びトルク検出モデルと第２観測出力との間に積分器と２つの比例ゲインを設け、さらにトルク検出モデルと第１観測出力との間にハイパスフィルタを設ける。これにより、上記（４）の発明と同様に、導出されるコントローラから慣性補償制御の必須制御要素を分離できるので、コントローラの評価が容易になり、またコントローラの特性を変更することなく慣性補償量や制御応答性を調整することができる。

[0027] （８）本発明では、一般化プラントを構成するにあたり、制御入力とインバータモデルとの間に比例ゲインを設け、トルク検出モデル及び回転数検出モデルと第２観測出力との間に積分器と比例ゲインを設ける。これにより、上記（３）の発明と同様に、導出されるコントローラから慣性補償制御の必須制御要素を分離できるので、コントローラの評価が容易になり、またコントローラの特性を変更することなく慣性補償量や制御応答性を調整することができる。

### 図面の簡単な説明

[0028] [図1]本発明の一実施形態に係るダイナモ制御装置が用いられたダイナモメータシステムの構成を示す図である。

[図2]一般化プラントを用いた $H_{\infty}$ 制御及び $\mu$ 設計法による制御系設計方法を説明するための図である。

[図3]実施例１の一般化プラントの具体的な構成を示す図である。

[図4]ダイナモメータシステムの機械系に相当する３慣性系モデルを示す図である。

[図5]実施例１のダイナモ制御装置の具体的な構成を示す図である。

[図6]実施例1のコントローラのボード線図である。

[図7]実施例1のダイナモ制御装置を利用したダイナモメータシステムにおけるエンジン始動時のエンジン回転数の変化を示す図である。

[図8]実施例2の一般化プラントの具体的な構成を示す図である。

[図9]実施例2のダイナモ制御装置の具体的な構成を示す図である。

[図10]実施例2のコントローラGc1, Gc2のボード線図である。

[図11]実施例3の一般化プラントの具体的な構成を示す図である。

[図12]実施例3のダイナモ制御装置の具体的な構成を示す図である。

[図13]実施例3のコントローラGc1, Gc2のボード線図である。

[図14]実施例4の一般化プラントの具体的な構成を示す図である。

[図15]実施例4のダイナモ制御装置の具体的な構成を示す図である。

[図16]実施例4のコントローラGc1のボード線図である。

[図17]実施例5の一般化プラントの具体的な構成を示す図である。

[図18]実施例5のダイナモ制御装置の具体的な構成を示す図である。

[図19]実施例5のコントローラGc2のボード線図である。

[図20]実施例6の一般化プラントの具体的な構成を示す図である。

[図21]実施例6のダイナモ制御装置の具体的な構成を示す図である。

[図22]実施例6のコントローラGc1, Gc2のボード線図である。

[図23]実施例7の一般化プラントの具体的な構成を示す図である。

[図24]実施例7のダイナモ制御装置の具体的な構成を示す図である。

[図25]実施例7のコントローラGc1, Gc2のボード線図である。

[図26]従来のダイナモメータシステムの構成を示す図である。

[図27]従来のダイナモメータシステムにおいて無負荷状態を実現した場合におけるエンジン始動時の回転数変化を示す図である。

### 発明を実施するための形態

[0029] 以下、本発明の一実施形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。

図1は、本実施形態に係るダイナモ制御装置6が用いられたダイナモメー

タシステム 1 の構成を示す図である。ダイナモメータシステム 1 は、供試体としてのエンジン E と、このエンジン E と略棒状のシャフト S を介して連結されたダイナモメータ D と、スロットルアクチュエータ 2 を介してエンジン E を制御するエンジン制御装置 5 と、ダイナモメータ D に電力を供給するインバータ 3 と、インバータ 3 を介してダイナモメータ D を制御するダイナモ制御装置 6 と、シャフト S の振れトルクを検出する軸トルクセンサ 6 1 と、ダイナモメータ D の出力軸 S D の回転数を検出するエンコーダ 6 2 と、を備える。

[0030] 軸トルクセンサ 6 1 は、エンジン E からダイナモメータ D まで延びるシャフト S のうち、エンジン E よりもダイナモメータ D に近い部分に作用する振れトルクを、例えばシャフト S のねじれ方向の歪み量から検出し、検出値に略比例した信号をダイナモ制御装置 6 に送信する。

[0031] エンジン制御装置 5 は、所定のタイミングでエンジン E を始動した後、予め定められた態様によってエンジン E の出力を制御する。

[0032] ダイナモ制御装置 6 は、エンジン E で発生した動力が予め定められた態様で吸収されるように、軸トルクセンサ 6 1 及びエンコーダ 6 2 の検出信号に基づいてダイナモメータ D で発生させるべきトルク値に相当するトルク電流指令を生成し、インバータ 3 へ入力する。このダイナモ制御装置 6 は、図 2 に示すような所定の外部入力  $w$  及び制御入力  $u$  から所定の制御量  $z$  及び観測出力  $y$  を出力する一般化プラント  $P$  を制御対象として定義し、これに対し外部入力  $w$  から制御量  $z$  までの応答を小さくするように  $H^\infty$  制御や  $\mu$  設計法と呼称されるロバスト制御系設計方法によって設計されたコントローラ  $K$  を電子計算機に実装して構成されたものが用いられる。

[0033] 一般化プラント  $P$  とは、上記ロバスト制御系設計方法で使用されるものであり、制御対象の動特性モデルと制御仕様を定める重み関数から構成される。これら  $H^\infty$  制御や  $\mu$  設計法によって、一般化プラント  $P$  から所望の制御目的を達成するようなコントローラ  $K$  を数値的に導出する具体的な手順については、例えば劉康志著、「線形ロバスト制御」、コロナ社、2002年や、

野波健蔵編著、西村秀和、平田光男共著、「MATLABによる制御系設計」、東京電機大学出版局、1998年等に詳しく説明されているので、ここでは詳細な説明を省略する。以下、一般化プラントP及びそれによって導出されるダイナモ制御装置6の具体的な構成について、実施例1～7として説明する。

## 実施例 1

[0034] 図3は、実施例1の一般化プラントPaの具体的な構成を示す図である。

実施例1の一般化プラントPaにおいて、入力信号wは外部入力を示し、エンジンで発生するエンジントルクに相当する。入力信号uは図示しないコントローラから出力される制御入力を示し、インバータへ入力されるトルク電流指令に相当する。出力信号zは制御量を示し、 $H_\infty$ 制御又は $\mu$ 設計法によって小さくしたい差分値に相当する。この差分値の具体的な内容については後に詳述する。2つの出力信号y1, y2は図示しないコントローラへ入力される第1、第2観測出力を示し、それぞれ軸トルクセンサの検出値及びエンコーダの検出値に相当する。

[0035] 一般化プラントPaは、外部入力w及び制御入力uからエンジンの角加速度を出力するように図1に示すダイナモメータシステム1の特性を同定した動特性モデル7と、外部入力w及び動特性モデル7の出力に基づいて制御量zを算出する制御量演算部8と、を備える。

[0036] 動特性モデル7は、エンジンとシャフトとダイナモメータとを連結して構成される3慣性系の特性を同定した機械モデルP4～P9と、軸トルクセンサによる軸トルク検出特性を同定した軸トルク検出モデルP10と、エンコーダによるダイナモメータの回転数検出特性を同定した回転数検出モデルP11と、インバータによるトルク電流制御特性を同定したP12と、を備える。

[0037] ダイナモメータシステム1の機械系の構成は、図4に示すようなそれぞれ固有の慣性モーメントを有する3つの剛体を、2つのばね要素で連結して構成される3慣性系モデルで近似できる。図3及び図4において、“J1”は

、エンジンの慣性モーメント  $[k g m^2]$  に相当し、“ $J 2$ ” は、シャフトの慣性モーメント  $[k g m^2]$  に相当し、“ $J 3$ ” は、ダイナモメータの慣性モーメント  $[k g m^2]$  に相当する。“ $K 1$ ” は、エンジン—シャフト間のばね剛性  $[N m / r a d]$  に相当し、“ $K 2$ ” は、シャフト—ダイナモメータ間のばね剛性  $[N m / r a d]$  に相当する。

[0038] ダイナモメータシステム 1 の機械系の構成を図 4 のような 3 慣性系モデルで近似すると、その運動方程式は、伝達関数 “ $1 / J 1$ ”、“ $1 / s$ ”、“ $K 1 / s$ ”、“ $1 / J 2 \cdot s$ ”、“ $K 2 / s$ ”、“ $1 / J 3 \cdot s$ ” を図 3 の P 4 ~ P 9 に示すように組み合わせて表現される。なお、これら 3 つの慣性モーメント  $J 1 \sim J 3$  及びばね定数  $K 1 \sim K 2$  の具体的な値は、例えば、実機で予め測定しておくことによって特定された値が用いられる。

[0039] 軸トルク検出モデル P 1 0 の伝達関数  $G y 1 (s)$ 、回転数検出モデル P 1 1 の伝達関数  $G y 2 (s)$ 、及びインバータモデル P 1 2 の伝達関数  $G u 1 (s)$  には、それぞれシステム同定によって予め定められたものが用いられる。

[0040] 制御量演算部 8 は、エンジントルクに相当する外部入力  $w$  にエンジン単体の慣性モーメント  $J 1$  の逆数を乗算することによって得られるエンジン単体の角加速度（ブロック P 1 の出力）から、上述の動特性モデル 7 によって算出されるエンジンの角加速度（ブロック P 4 の出力）を減算することによって得られる差分値を算出し、さらにこの差分値に所定の重み関数  $G (s)$  を乗算することによって制御量  $z$  を算出する。この重み関数  $G (s)$  には、例えば積分特性を有するものが用いられる。以上のように本発明では、エンジン単体の角加速度と動特性モデルによって算出されるエンジンの角加速度と差分値を制御量  $z$  とし、さらに外部入力  $w$  から制御量  $z$  への応答を小さくするように  $H \infty$  制御や  $\mu$  設計法によってコントローラを設計することにより、ダイナモメータでシャフト慣性を補償するシャフト慣性補償効果と機械共振を抑制する共振抑制効果との両方を備えたコントローラを導出することができる。

[0041] 図5は、実施例1のダイナモ制御装置6aの具体的な構成を示す図である。このダイナモ制御装置6aには、上記一般化プラントPaから導出された2つのコントローラGc1及びGc2が用いられる。コントローラGc1は第1観測出力y1に対応して導出されたものであり、コントローラGc2は第2観測出力y2に対応して導出されたものである。

[0042] 図6は、実施例1のコントローラGc1, Gc2のボード線図である。図6の上段はゲイン特性を示し、下段は位相特性を示す。図6に示すように、コントローラGc1の低域では積分特性が認められ、コントローラGc2の低域では比例特性が認められる。これら積分特性及び比例特性は、ダイナモメータでシャフト慣性を補償するために必要な制御要素となっている。一方、コントローラGc1, Gc2の高域では、所定の機械共振点でゲインが低下している。以上より、これらコントローラGc1, Gc2及びこれを用いたダイナモ制御装置6aによれば、エンジンからみて無負荷状態となるようにシャフト慣性を補償するシャフト慣性補償効果と、機械共振点を抑制する共振抑制効果との両方を同時に奏することが明らかとなった。

[0043] なお、シャフト慣性補償制御の応答性は、コントローラGc1, Gc2がそれぞれどの程度の周波数まで積分特性及び比例特性を有するかで概ね評価できる。例えば、図6のコントローラGc1, Gc2によれば、約10Hz程度の応答を有すると評価できる。

[0044] 図7は、図6のダイナモ制御装置を利用したダイナモメータシステムにおけるエンジン始動時のエンジン回転数の変化を示す図である。図7には、図6のダイナモ制御装置を利用したシステムによる測定結果を細実線で示す。また、エンジンとシャフトとを切り離しエンジンを実際に無負荷状態にして測定した場合の結果、すなわちシャフト慣性補償時の理想となる値を太破線で示す。図7に示すように、細実線と太破線とはほぼ一致する。本実施例のダイナモ制御装置6aを用いたシステムによれば、エンジン始動時にはダイナモメータでシャフト慣性が補償されるため、エンジン単体相当の始動波形が得られることが検証された。すなわち、本実施例のダイナモ制御装置を利

用することにより、エンジンからみて無負荷状態を実現できることが検証された。

## 実施例 2

- [0045] 図8は、実施例2の一般化プラントP bの具体的な構成を示す図である。以下の説明では、図3の実施例1の一般化プラントP aと異なる構成のみ説明する。実施例1の一般化プラントP aと同一の構成については同一の符号を付し、その詳細な説明を省略する。
- [0046] 図6を参照して説明したように、シャフト慣性補償効果が得られるように導出されたコントローラには、結果として積分特性と比例特性が現れる。実施例2では、これらシャフト慣性補償効果を得るために必要となる制御要素をコントローラから分離すべく、これら制御要素が予め含まれた一般化プラントP bを用いる。
- [0047] 本実施例の一般化プラントP bは、実施例1の一般化プラントP aから、積分器P 13と2つのゲインブロックP 14, P 15とが追加されている。より具体的には、実施例2では、トルク検出モデルP 10の出力端に設けられた積分器P 13の出力を第1観測出力 $y_1$ とし、回転数検出モデルP 11の出力端に設けられたシャフトの慣性モーメントJ 2のゲインブロックP 14の出力を第2観測出力 $y_2$ とする。また実施例2では、制御入力 $u$ に、制御応答性の目安となる所定の比例ゲイン $K$ を乗算して得られる出力をインバータモデルP 12への入力とする。
- [0048] 図9は、実施例2のダイナモ制御装置6 bの具体的な構成を示す図である。このダイナモ制御装置6 bには、上記一般化プラントP bから導出された2つのコントローラ $G_{c1}(s)$ 及び $G_{c2}(s)$ が用いられる。コントローラ $G_{c1}$ は第1観測出力 $y_1$ に対応して導出されたものであり、コントローラ $G_{c2}$ は第2観測出力 $y_2$ に対応して導出されたものである。ただし上述のように、積分器及び比例ゲインを一般化プラントP bに予め含め入れておくことにより、導出されるコントローラ $G_{c1}$ ,  $G_{c2}$ からこれら積分器及び比例ゲインの特性が分離される。このため、ダイナモ制御装置6 bは、

一般化プラント  $P_b$  から導出された 2 つのコントローラ  $G_{c1}$ ,  $G_{c2}$  の他、シャフト慣性補償制御に必要な積分器と 2 つの比例ゲイン  $K$ ,  $J_2$  とが図 9 に示すように追加して設けられる。

[0049] 図 10 は、実施例 2 のコントローラ  $G_{c1}$ ,  $G_{c2}$  のボード線図である。図 10 の上段はゲイン特性を示し、下段は位相特性を示す。本実施例によれば、一般化プラント  $P_b$  に積分器や比例ゲインを含み入れることによって、低域が同じゲインの比例特性を有するコントローラ  $G_{c1}$ ,  $G_{c2}$  が導出される。このように、両コントローラ  $G_{c1}$ ,  $G_{c2}$  で低域が同じゲインになることにより、実施例 1 の一般化プラント  $P_a$  を用いた場合と比較して、応答性の評価が容易になるという利点がある。

[0050] なお、共振抑制効果を得るためには高域の軸トルク信号をフィードバックすることが有効であるが、図 9 に示すように、軸トルク信号は積分器によって高域が減衰された上でコントローラ  $G_{c1}$  に入力される。これに対し、本実施例のコントローラ  $G_{c1}$  によれば、上記積分器による高域での減衰を補うべく、高域のゲインが大きくなっている。したがって、実施例 1 と比較して共振抑制効果が損なわれることはない。

[0051] また、例えば実施例 1 の一般化プラント  $P_a$  を用いた場合、慣性補償量の特性は図 5 のコントローラ  $G_{c2}$  に含まれるため、一旦コントローラを導出した後に慣性補償量を変更しようとする、 $H_\infty$  制御や  $\mu$  設計法などによって再度コントローラを導出する必要がある。これに対し本実施例の一般化プラント  $P_b$  を用いた場合、慣性補償量の特性は図 9 に示すようにシャフト慣性モーメントのゲインブロック  $J_2$  としてコントローラ  $G_{c2}$  から分離される。したがって本実施例によれば、 $H_\infty$  制御や  $\mu$  設計法などによって一旦コントローラを導入した後であっても、再度  $H_\infty$  制御や  $\mu$  設計法を実行することなく、上記ゲイン  $J_2$  を調整することによって慣性補償量を容易に変更することができる。また、ループゲインとなるゲインブロック  $K$  もコントローラ  $G_{c1}$ ,  $G_{c2}$  から分離されている。このため、慣性補償量と同様に再度  $H_\infty$  制御や  $\mu$  設計法を実行することなくある程度の範囲でループゲインを容



易に変更できる。なお、図示及び詳細な説明は省略するが、実施例2のダイナモ制御装置6bを利用したダイナモメータシステムでも、図7と同様の結果が得られた。

### 実施例 3

[0052] 図11は、実施例3の一般化プラントPcの具体的な構成を示す図である。以下の説明では、図3の実施例1の一般化プラントPaと異なる構成のみ説明する。実施例1の一般化プラントPaと同じ構成については同一の符号を付し、その詳細な説明を省略する。

[0053] 実施例2と同様に、本実施例ではシャフト慣性補償効果を得るために必要となる積分器や比例ゲイン等の制御要素をコントローラから分離すべく、これら制御要素が予め組み入れられた一般化プラントPcを用いる。

[0054] 本実施例の一般化プラントPcは、実施例1の一般化プラントPaから、積分器13と、2つのゲインブロックP14、P15と、加算器P16とが追加されている。より具体的には、実施例3では、回転数検出モデルP11の出力端に設けられたシャフト慣性モーメントJ2のゲインブロックP14の出力から、トルク検出モデルP10の出力端に設けられた積分器P13の出力を減算して得られる出力に、制御応答性の目安となる所定の比例ゲインKを乗算して得られる出力を第1観測出力y1とする。また、トルク検出モデルP10の出力を第2観測出力y2とする。

[0055] 図12は、実施例3のダイナモ制御装置6cの具体的な構成を示す図である。このダイナモ制御装置6cには、上記一般化プラントPcから導出された2つのコントローラGc1(s)及びGc2(s)が用いられる。コントローラGc1は第1観測出力y1に対応して導出されたものであり、コントローラGc2は第2観測出力y2に対応して導出されたものである。ただし実施例2と同様の理由により、ダイナモ制御装置6cは、一般化プラントPcから導出された2つのコントローラGc1、Gc2の他、シャフト慣性補償制御に必要な積分器と2つの比例ゲインK、J2とが図12に示すように追加して設けられる。

[0056] 図13は、本実施例のコントローラ $G_c 1$ 、 $G_c 2$ のボード線図である。図14の上段はゲイン特性を示し、下段は位相特性を示す。本実施例によれば、一般化プラント $P_c$ に積分器や比例ゲインを含み入れることによって、実施例2とほぼ同様の効果を奏する。なお、本実施例によれば、シャフト慣性補償制御に有効なコントローラは $G_c 1$ のみになる。実施例2で説明したように、コントローラ $G_c 1$ には積分器によって高域が減衰された信号が入力されるため、コントローラ $G_c 1$ の高域のゲインは大きくなる。しかし、本実施例では図13に示すようにコントローラ $G_c 2$ による軸トルク検出信号のフィードバックが加わるようになっているため、実施例2と比較すればコントローラ $G_c 1$ の高域のゲインは小さくなっている。なお、図示及び詳細な説明は省略するが、実施例3のダイナモ制御装置6bを利用したダイナモメータシステムでも、図7と同様の結果が得られた。

#### 実施例 4

[0057] 図14は、実施例4の一般化プラント $P_d$ の具体的な構成を示す図である。以下の説明では、図3の実施例1の一般化プラント $P_a$ と異なる構成のみ説明する。実施例1の一般化プラント $P_a$ と同じ構成については同一の符号を付し、その詳細な説明を省略する。

[0058] 実施例2と同様に、本実施例ではシャフト慣性補償効果を得るために必要となる積分器や比例ゲイン等の制御要素をコントローラから分離すべく、これら制御要素が予め含まれられた一般化プラント $P_d$ を用いる。また、実施例1では、2つの観測出力 $y_1$ 、 $y_2$ を定義したが、本実施例では観測出力を $y_1$ のみとする。

[0059] 本実施例の一般化プラント $P_d$ では、実施例1の一般化プラント $P_a$ から、積分器 $P_{13}$ と、2つのゲインブロック $P_{14}$ 、 $P_{15}$ と、2つの加算器 $P_{16}$ 、 $P_{17}$ とが追加されている。より具体的には、実施例4では、トルク検出モデル $P_{10}$ の出力を観測出力 $y_1$ とする。また、シャフトの慣性モーメント $J_2$ が乗算された回転数検出モデル $P_{11}$ の出力から、トルク検出モデル $P_{10}$ の出力端に設けられた積分器 $P_{13}$ の出力を減算して得られる

差分値に、制御応答の目安となる所定の比例ゲイン $K$ を乗算して得られる出力と、制御入力 $u$ とを合成して得られる出力をインバータモデル $P_{12}$ への入力とする。

[0060] 図15は、実施例4のダイナモ制御装置6dの具体的な構成を示す図である。このダイナモ制御装置6dには、上記一般化プラント $P_d$ から観測出力 $y_1$ に対応して導出されたコントローラ $G_{c1}(s)$ が用いられる。ただし実施例2と同様の理由により、ダイナモ制御装置6dは、一般化プラント $P_d$ から導出されたコントローラ $G_{c1}$ の他、シャフト慣性補償制御に必要な積分器と2つの比例ゲイン $K, J_2$ とが図15に示すように追加して設けられる。

[0061] 図16は、本実施例のコントローラ $G_{c1}$ のボード線図である。図16の上段はゲイン特性を示し、下段は位相特性を示す。本実施例によれば、一般化プラント $P_d$ に積分器や比例ゲインを含み入れることによって、実施例2とほぼ同様の効果を奏する。なお本実施例では、一般化プラント $P_d$ の観測出力を $y_1$ のみとしたことから、導出される高次のコントローラは $G_{c1}$ の1つのみになる。このため本実施例によれば、シャフト慣性補償制御から別の制御に切り替える際のバンプレス処理が容易になる。なお、図示及び詳細な説明は省略するが、実施例4のダイナモ制御装置6dを利用したダイナモメータシステムでも、図7と同様の結果が得られた。

## 実施例 5

[0062] 図17は、実施例5の一般化プラント $P_e$ の具体的な構成を示す図である。以下の説明では、図11の実施例3の一般化プラント $P_c$ と異なる構成のみ説明する。実施例3の一般化プラント $P_c$ と同じ構成については同一の符号を付し、その詳細な説明を省略する。

[0063] 実施例3の一般化プラント $P_c$ では、トルク検出モデル $P_{10}$ の出力を観測出力 $y_1$ としていたところ、本実施例の一般化プラント $P_e$ ではこれを削除し、観測出力を1つのみとした。すなわち本実施例の一般化プラント $P_e$ では、回転数モデル $P_{11}$ の出力端に設けられたシャフトの慣性モーメント

J 2 のゲインブロック P 1 4 の出力から、トルク検出モデル P 1 0 の出力端に設けられた積分器 P 1 3 の出力を減算して得られる出力に、制御応答性の目安となる所定の比例ゲイン K を乗算して得られる出力を観測出力  $y_1$  とする。

[0064] 図 1 8 は、実施例 5 のダイナモ制御装置 6 e の具体的な構成を示す図である。このダイナモ制御装置 6 e には、上記一般化プラント P e から、観測出力  $y_1$  に対応して導出されたコントローラ  $G_c 1 (s)$  が用いられる。ただし実施例 2 と同様の理由により、ダイナモ制御装置 6 e は、一般化プラント P e から導出されたコントローラ  $G_c 1$  の他、シャフト慣性補償制御に必要な積分器と 2 つの比例ゲイン K, J 2 とが図 1 8 に示すように追加して設けられる。

[0065] 図 1 9 は、実施例 5 のコントローラ  $G_c 1$  のボード線図である。図 1 9 の上段はゲイン特性を示し、下段は位相特性を示す。本実施例によれば、一般化プラント P d に積分器や比例ゲインを含み入れることによって、実施例 2 とほぼ同様の効果を奏する。特にループゲインとなるゲインブロック K をコントローラ  $G_c 1$  から分離することにより（図 1 8 参照）、再度  $H_\infty$  制御や  $\mu$  設計法を実行することなくある程度の範囲でループゲインを容易に変更できる。なお本実施例では、一般化プラント P e の観測出力を  $y_1$  のみとしたことから、導出される高次のコントローラは  $G_c 1$  の 1 つのみになる。このため本実施例によれば、シャフト慣性補償制御から別の制御に切り替える際のバンプレス処理が容易になる。なお、図示及び詳細な説明は省略するが、実施例 5 のダイナモ制御装置 6 e を利用したダイナモメータシステムでも、図 7 と同様の結果が得られた。

## 実施例 6

[0066] 図 2 0 は、実施例 6 の一般化プラント P f の具体的な構成を示す図である。以下の説明では、図 1 1 の実施例 3 の一般化プラント P c と異なる構成のみ説明する。実施例 3 の一般化プラント P c と同じ構成については同一の符号を付し、その詳細な説明を省略する。

[0067] 本実施例の一般化プラント  $P_c$  では、実施例 3 の一般化プラント  $P_c$  から、ハイパスフィルタ  $P_{17}$  が追加されている。より具体的には、実施例 6 では、トルク検出モデル  $P_{10}$  の出力端に設けられたハイパスフィルタ  $P_{17}$  の出力を第 2 観測出力  $y_2$  とする。第 1 観測出力  $y_1$  は実施例 3 と同じである。

[0068] 図 21 は、実施例 6 のダイナモ制御装置 6f の具体的な構成を示す図である。このダイナモ制御装置 6f には、上記一般化プラント  $P_f$  から導出された 2 つのコントローラ  $G_{c1}(s)$  及び  $G_{c2}(s)$  が用いられる。コントローラ  $G_{c1}$  は第 1 観測出力  $y_1$  に対応して導入されたものであり、コントローラ  $G_{c2}$  は第 2 観測出力  $y_2$  に対応して導出されたものである。ただし実施例 3 と同様の理由により、ダイナモ制御装置 6f は、一般化プラント  $P_f$  から導出された 2 つのコントローラ  $G_{c1}$ 、 $G_{c2}$  の他、シャフト慣性補償制御に必要な積分器と、2 つの比例ゲイン  $K$ 、 $J_2$  と、ハイパスフィルタとが図 21 に示すように追加して設けられる。

[0069] 図 22 は、本実施例のコントローラ  $G_{c1}$ 、 $G_{c2}$  のボード線図である。図 22 の上段はゲイン特性を示し、下段は位相特性を示す。本実施例によれば、一般化プラント  $P_f$  に積分器や比例ゲインを含み入れることによって、実施例 2 とほぼ同様の効果を奏する。なお、本実施例は実施例 3 と比較してハイパスフィルタが追加されている。図 13 に示す実施例 3 の結果と比較すると、実施例 3 ではコントローラ  $G_{c2}$  の低域特性が比例特性になるが、本実施例ではハイパスフィルタの効果によってコントローラ  $G_{c2}$  の低域特性が積分特性になる。なお、図示及び詳細な説明は省略するが、実施例 3 のダイナモ制御装置 6f を利用したダイナモメータシステムでも、図 7 と同様の結果が得られた。

## 実施例 7

[0070] 図 23 は、実施例 7 の一般化プラント  $P_g$  の具体的な構成を示す図である。以下の説明では、図 11 の実施例 3 の一般化プラント  $P_c$  と異なる構成のみ説明する。実施例 3 の一般化プラント  $P_c$  と同じ構成については同一の符

号を付し、その詳細な説明を省略する。

[0071] 実施例3の一般化プラント $P_c$  (図11参照)と本実施例の一般化プラント $P_g$  (図23参照)とでは、比例ゲイン $K$ を乗算するゲインブロック $P_{14}$ を設ける場所が異なる。本実施例では、制御入力 $u$ に、制御応答性の目安となる所定の比例ゲイン $K$ を乗算して得られる出力をインバータモデル $P_{12}$ への入力とする。

[0072] 図24は、実施例7のダイナモ制御装置 $6_g$ の具体的な構成を示す図である。このダイナモ制御装置 $6_g$ には、上記一般化プラント $P_g$ から導出された2つのコントローラ $G_{c1}(s)$ 及び $G_{c2}(s)$ が用いられる。コントローラ $G_{c1}$ は第1観測出力 $y_1$ に対応して導出されたものであり、コントローラ $G_{c2}$ は第2観測出力 $y_2$ に対応して導出されたものである。ただし実施例2と同様の理由により、ダイナモ制御装置 $6_c$ は、一般化プラント $P_g$ から導出された2つのコントローラ $G_{c1}$ 、 $G_{c2}$ の他、シャフト慣性補償制御に必要な積分器と2つの比例ゲイン $K$ 、 $J_2$ とが図25に示すように追加して設けられる。

[0073] 図25は、実施例7のコントローラ $G_{c1}$ 、 $G_{c2}$ のボード線図である。図25の上段はゲイン特性を示し、下段は位相特性を示す。本実施例によれば、一般化プラント $P_g$ に積分器や比例ゲインを含み入れることによって、実施例2とほぼ同様の効果を奏する。特にループゲインとなるゲインブロック $K$ をコントローラ $G_{c1}$ 、 $G_{c2}$ から分離することにより(図24参照)、再度 $H_\infty$ 制御や $\mu$ 設計法を実行することなくある程度の範囲でループゲインを容易に変更できる。

## 符号の説明

- [0074] 1…ダイナモメータシステム  
E…エンジン(供試体)  
S…シャフト(中間結合体)  
D…ダイナモメータ  
 $P_a$ 、 $P_b$ 、 $P_c$ 、 $P_d$ 、 $P_e$ 、 $P_f$ 、 $P_g$ …一般化プラント

3…インバータ

6 a, 6 b, 6 c, 6 d, 6 e, 6 f, 6 g…ダイナモ制御装置

6 1…軸トルクセンサ（トルク検出器）

6 2…エンコーダ（回転数検出器）

7…動特性モデル

8…制御量演算部

P 4～P 9…機械モデル

P 1 0…トルク検出モデル

P 1 1…回転数検出モデル

P 1 2…インバータモデル

## 請求の範囲

### [請求項1]

動力を発生する供試体と中間結合体を介して連結されたダイナモメータと、前記中間結合体の捩れトルクを検出するトルク検出器と、前記ダイナモメータの回転数を検出する回転数検出器と、前記ダイナモメータに電力を供給するインバータと、を備えたダイナモメータシステムにおいて、前記トルク検出器及び前記回転数検出器の検出信号に基づいて前記インバータへのトルク電流指令を生成するダイナモメータシステムのダイナモ制御装置であって、

前記ダイナモ制御装置は、前記供試体で発生するトルクに相当する外部入力及び前記トルク電流指令に相当する制御入力から所定の観測出力及び制御量を出力する一般化プラントに対し、前記外部入力から前記制御量までの応答を小さくするように $H\infty$ 制御又は $\mu$ 設計法と称される制御系設計方法によって設計されたコントローラを含み、

前記一般化プラントは、前記外部入力及び前記制御入力から前記供試体の角加速度を出力するように前記ダイナモメータシステムの特性を同定した動特性モデルを含み、

前記一般化プラントの制御量は、前記外部入力に基づいて算出した前記供試体単体の角加速度と、前記動特性モデルによって算出した前記供試体の角加速度との差分に、積分特性を有する重み関数を乗じた信号であることを特徴とするダイナモメータシステムのダイナモ制御装置。

### [請求項2]

前記一般化プラントの動特性モデルは、前記インバータの特性を同定したインバータモデルと、前記供試体と前記中間結合体と前記ダイナモメータとを連結して構成される3慣性系の特性を同定した機械モデルと、前記トルク検出器の特性を同定したトルク検出モデルと、前記回転数検出器の特性を同定した回転数検出モデルと、を備えることを特徴とする請求項1に記載のダイナモメータシステムのダイナモ制御装置。



- [請求項3] 前記制御入力に所定の比例ゲインを乗算して得られる出力を前記インバータモデルへの入力とし、  
前記トルク検出モデルの出力端に設けられた積分器の出力を第1観測出力とし、  
前記回転数検出モデルの出力端に設けられた比例ゲインの出力を第2観測出力とすることを特徴とする請求項2に記載のダイナモメータシステムのダイナモ制御装置。
- [請求項4] 前記制御入力を前記インバータモデルへの入力とし、  
所定の比例ゲインが乗算された前記回転数検出モデルの出力と前記トルク検出モデルの出力端に設けられた積分器の出力との差分に所定の比例ゲインを乗算して得られる出力を第1観測出力とし、  
前記トルク検出モデルの出力を第2観測出力とすることを特徴とする請求項2に記載のダイナモメータシステムのダイナモ制御装置。
- [請求項5] 所定の比例ゲインが乗算された前記回転数検出モデルの出力と前記トルク検出モデルの出力端に設けられた積分器の出力との差分に所定の比例ゲインを乗じて得られる出力と、前記制御入力とを合成して得られる出力を前記インバータモデルへの入力とし、  
前記トルク検出モデルの出力を観測出力とすることを特徴とする請求項2に記載のダイナモメータシステムのダイナモ制御装置。
- [請求項6] 前記制御入力を前記インバータモデルへの入力とし、  
所定の比例ゲインが乗算された前記回転数検出モデルの出力と前記トルク検出モデルの出力端に設けられた積分器の出力との差分に所定の比例ゲインを乗じて得られる出力を観測出力とすることを特徴とする請求項2に記載のダイナモメータシステムのダイナモ制御装置。
- [請求項7] 前記制御入力を前記インバータモデルへの入力とし、  
所定の比例ゲインが乗算された前記回転数検出モデルの出力と前記トルク検出モデルの出力端に設けられた積分器の出力との差分に所定の比例ゲインを乗算して得られる出力を第1観測出力とし、

前記トルク検出モデルの出力端に設けられたハイパスフィルタの出力を第2観測出力とすることを特徴とする請求項2に記載のダイナモメータシステムのダイナモ制御装置。

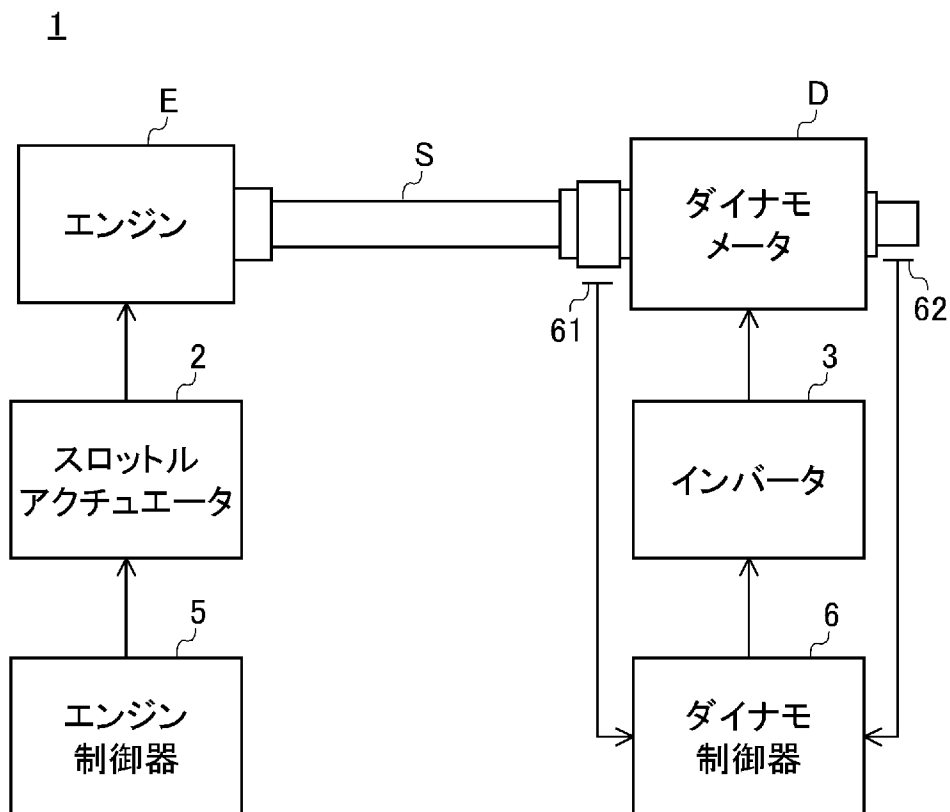
[請求項8]

前記制御入力に所定の比例ゲインを乗算して得られる出力を前記インバータモデルへの入力とし、

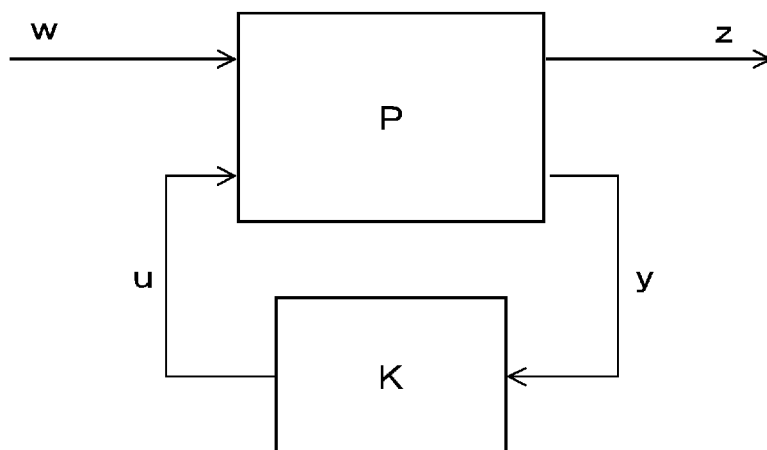
前記トルク検出モデルの出力を第1観測出力とし、

所定の比例ゲインが乗算された前記回転数検出モデルの出力と前記トルク検出モデルの出力との差分を第2観測出力とすることを特徴とする請求項2に記載のダイナモメータシステムのダイナモ制御装置。

[図1]

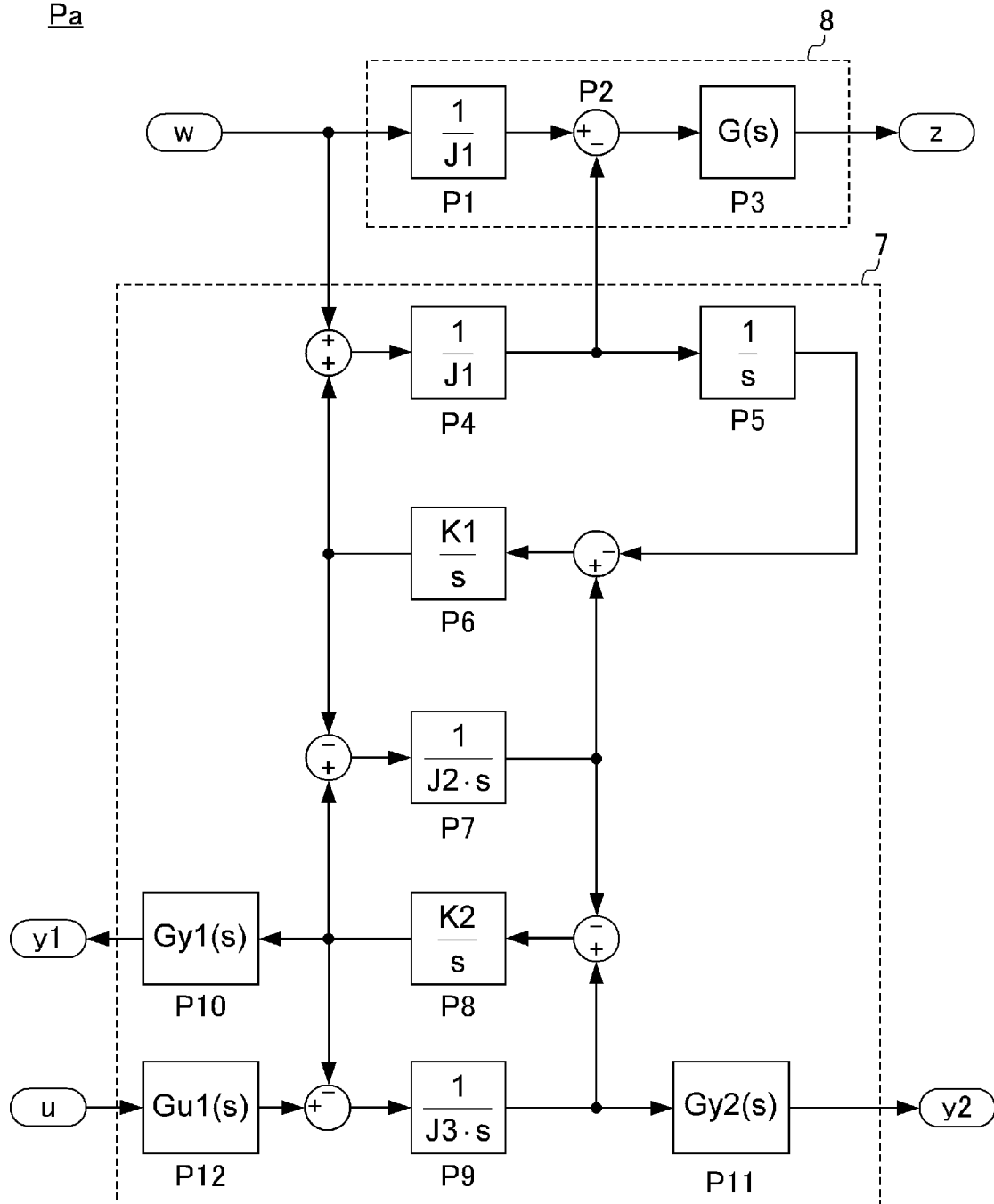


[図2]

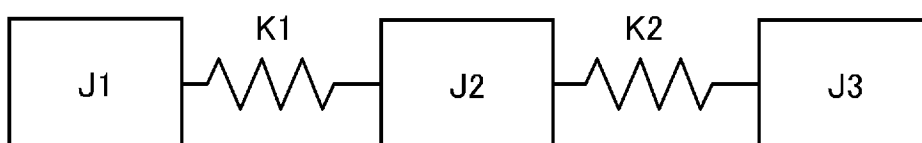


[図3]

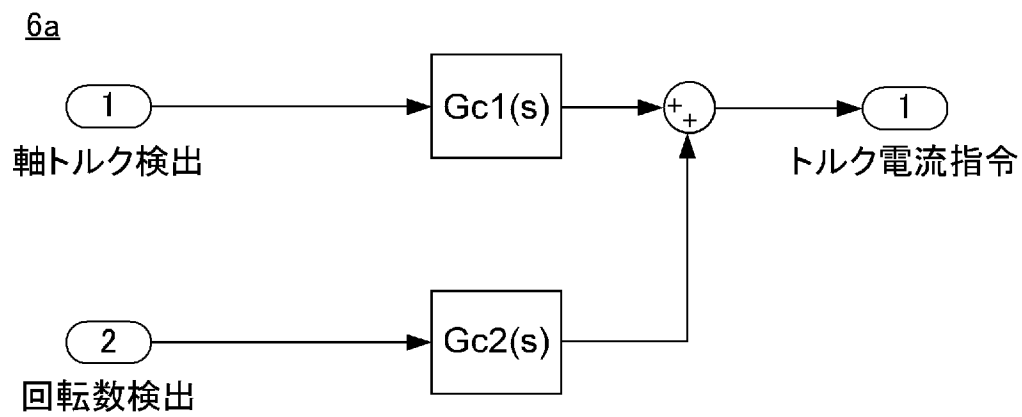
Pa



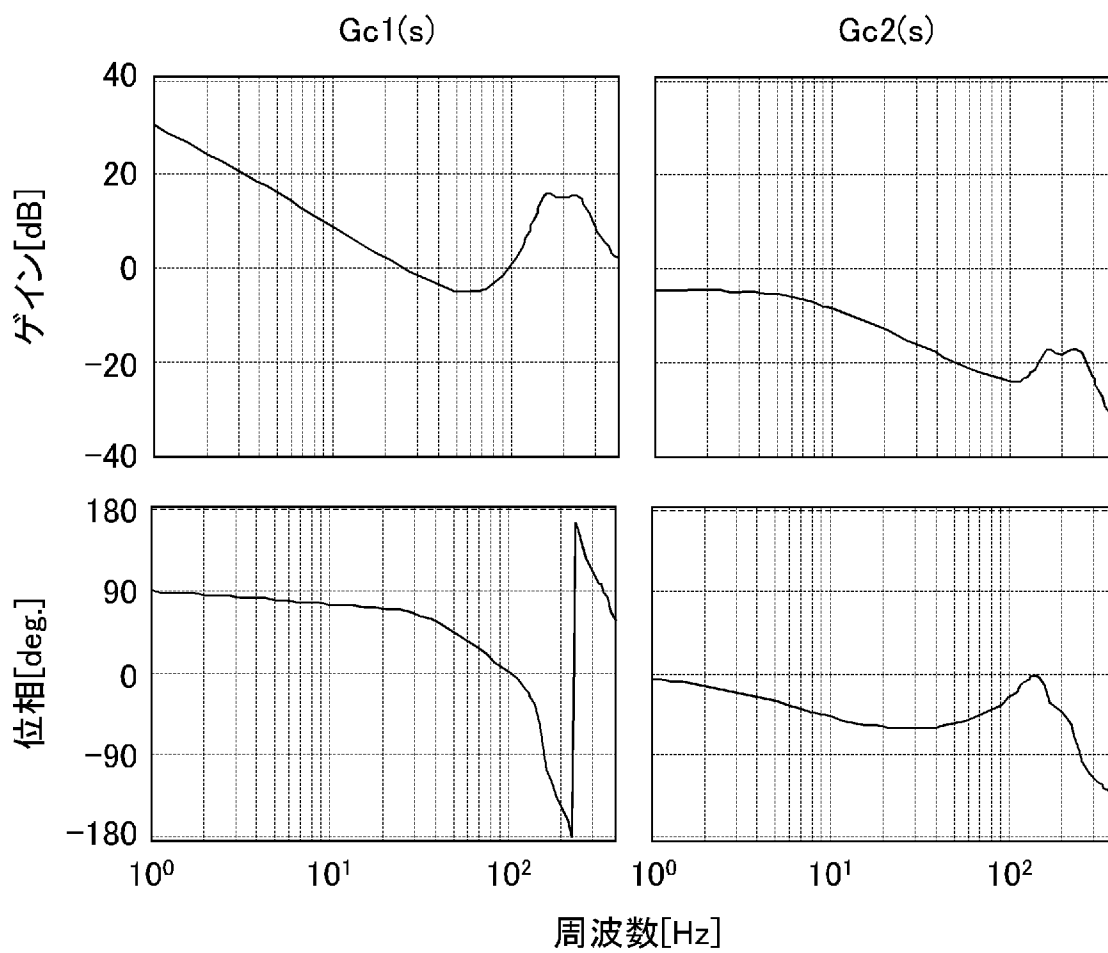
[図4]



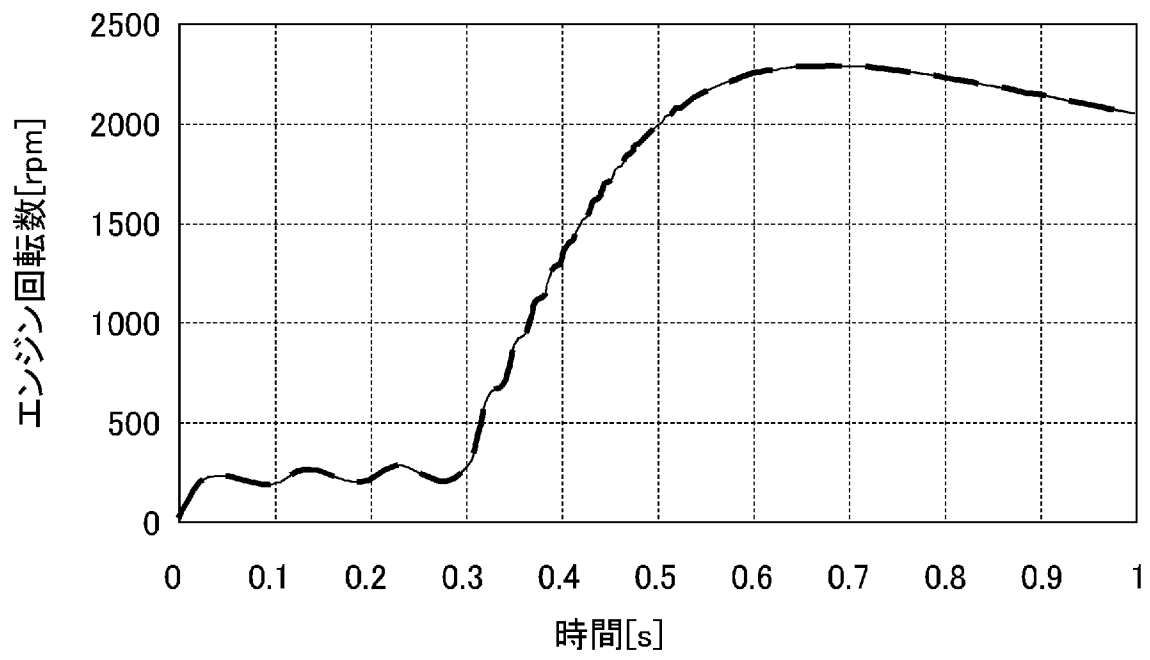
[図5]



[図6]

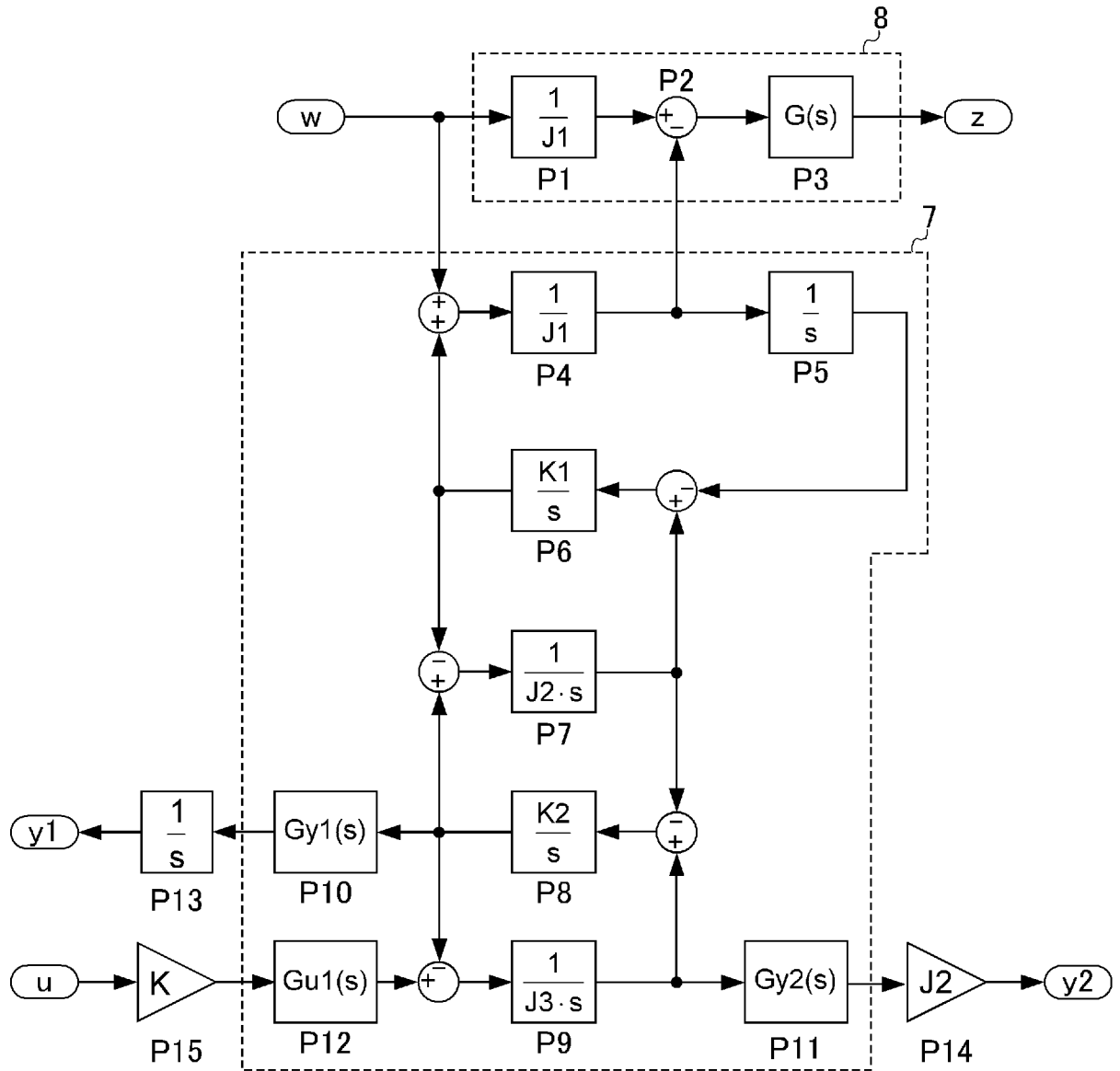


[図7]



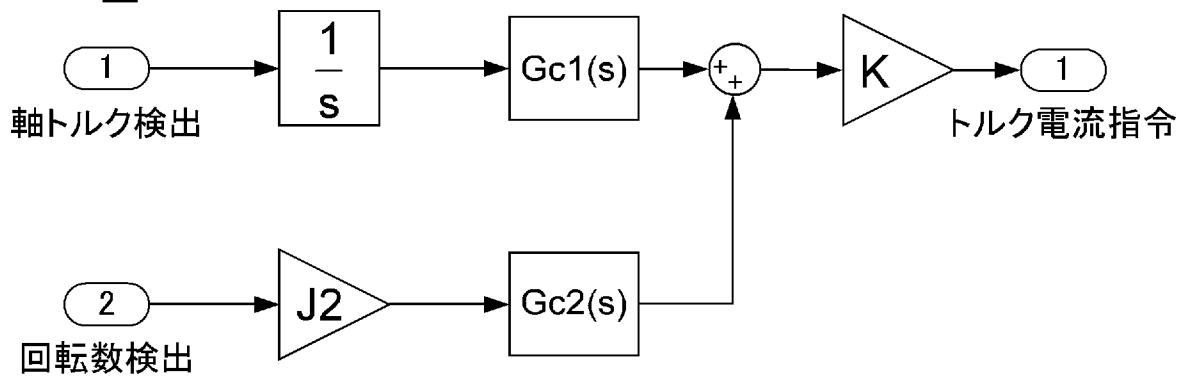
[図8]

Pb

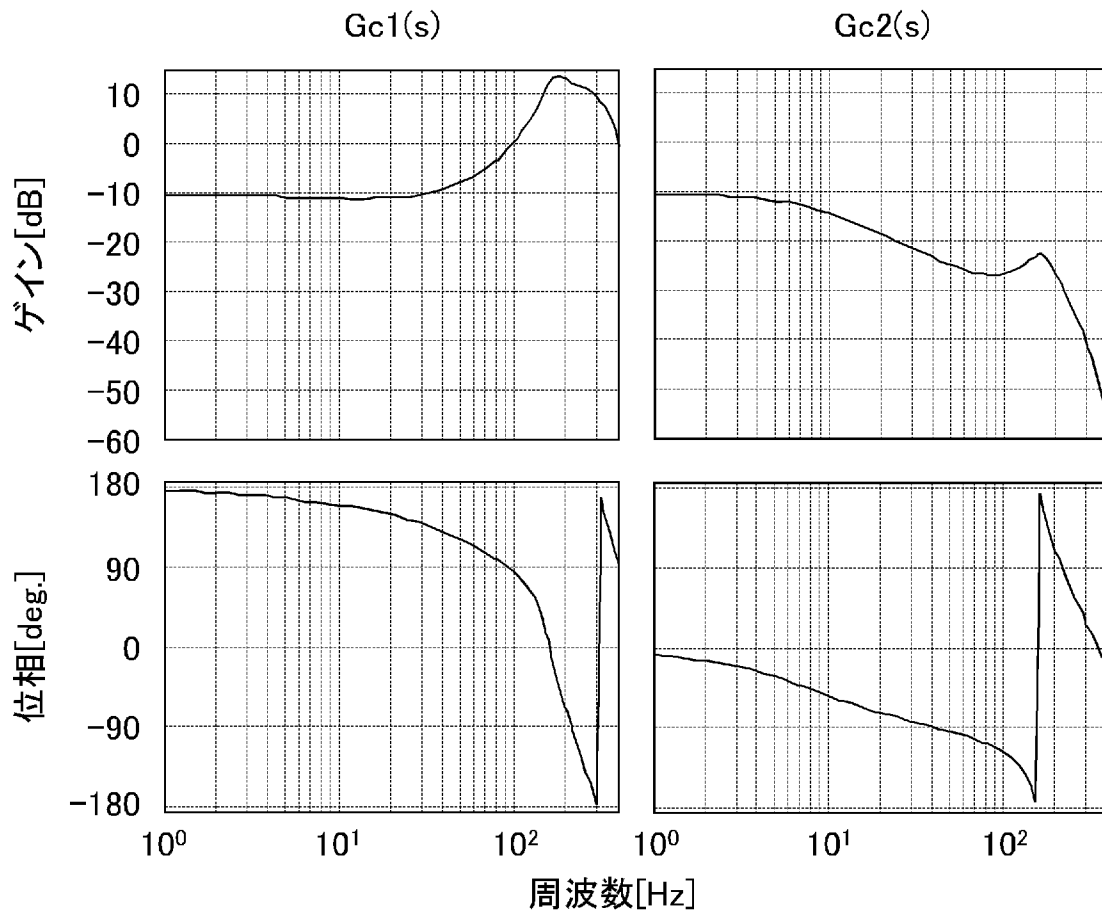


[図9]

6b

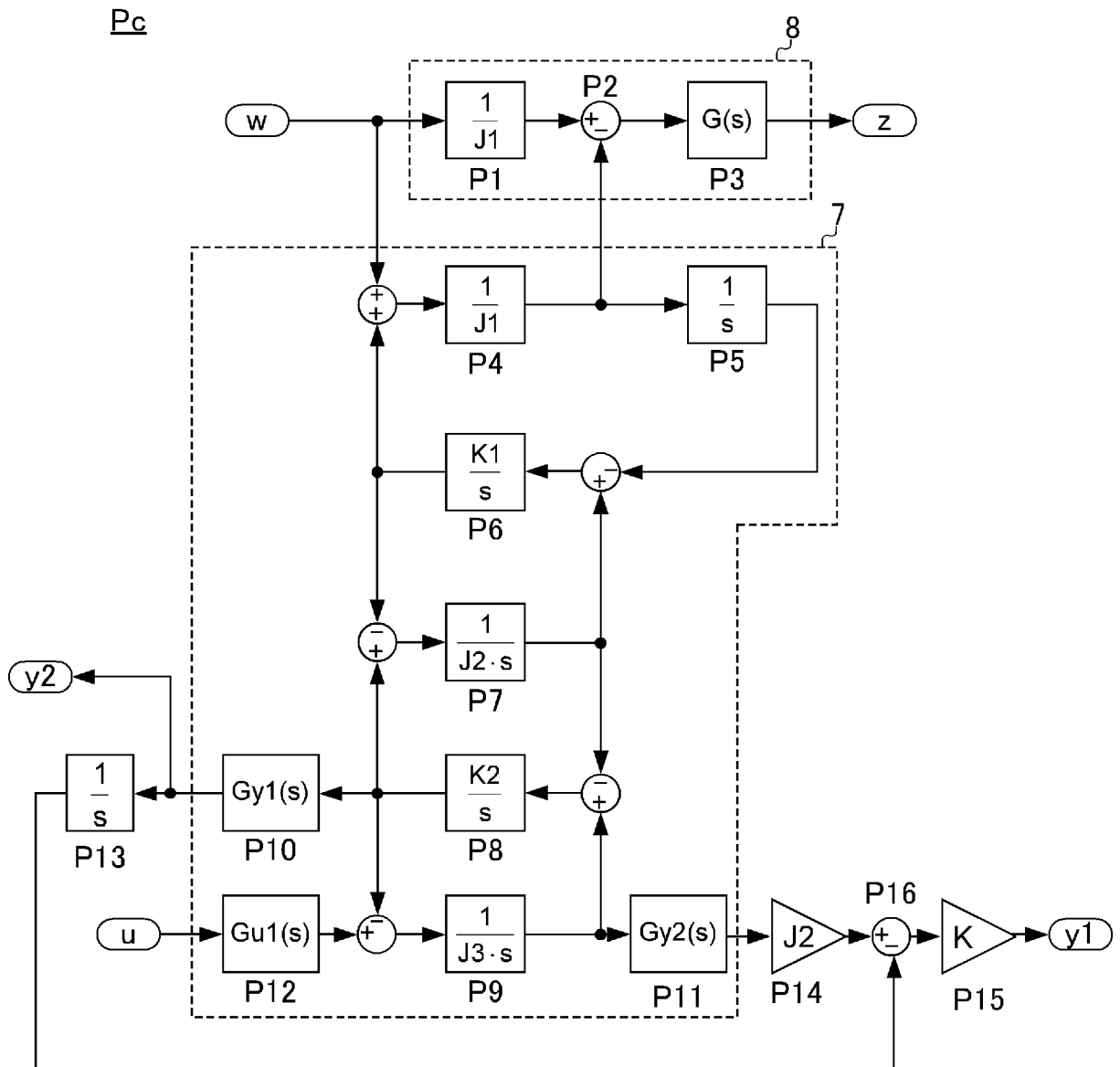


[図10]

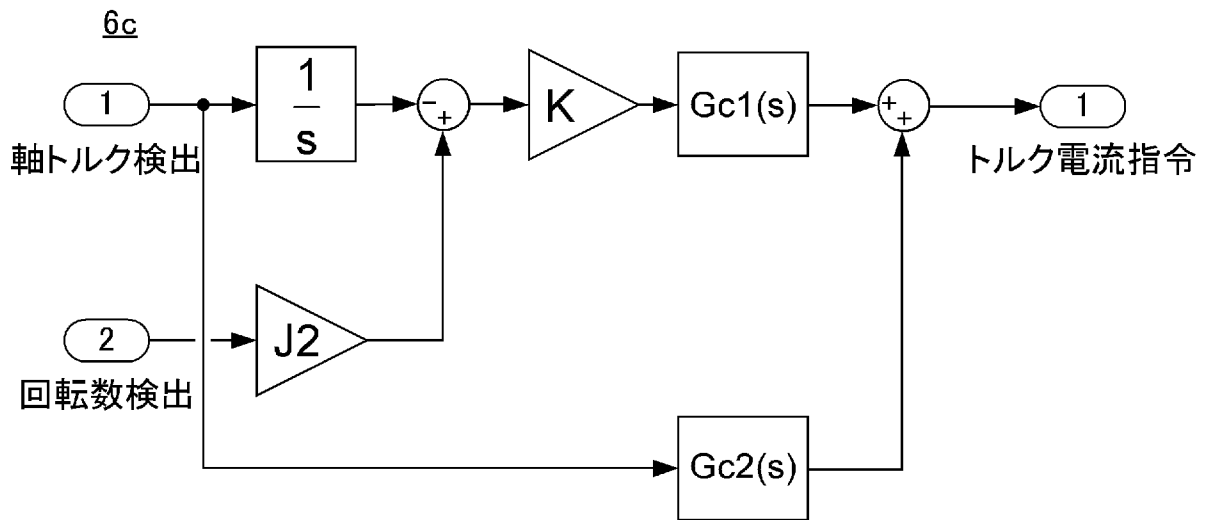




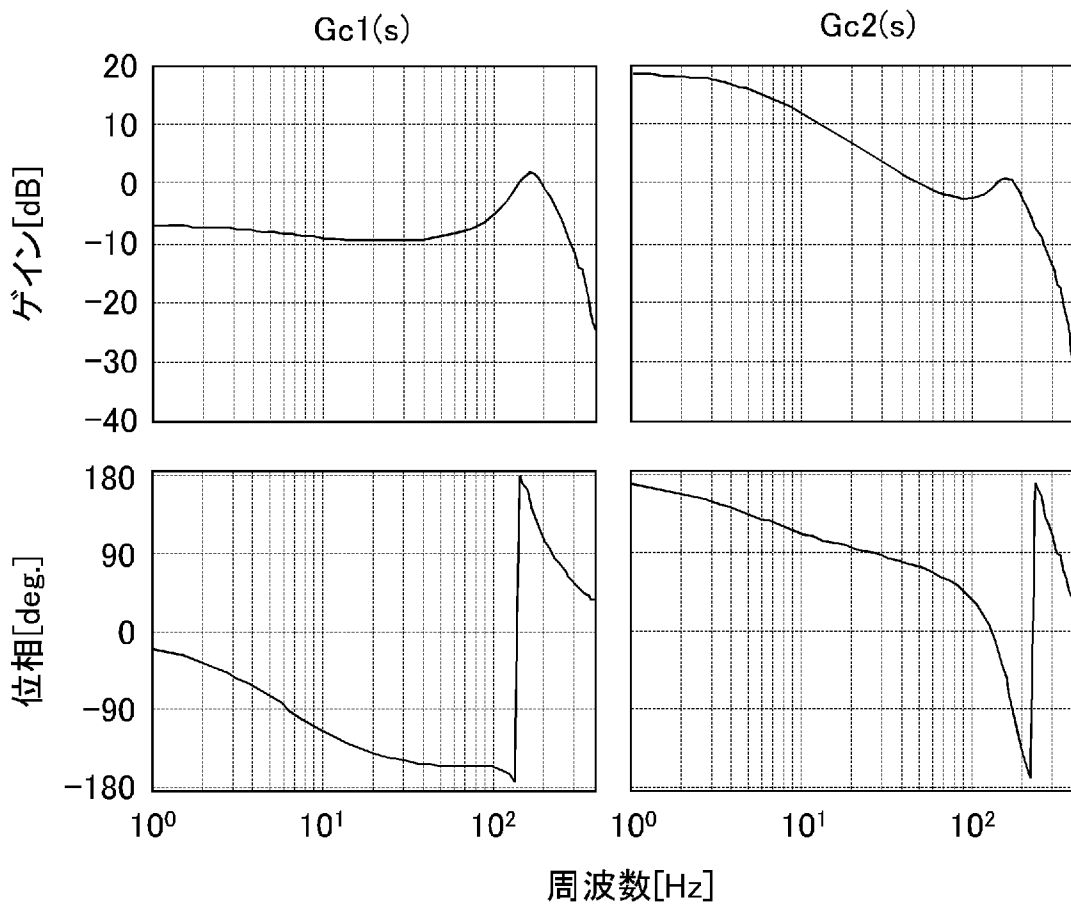
[図11]



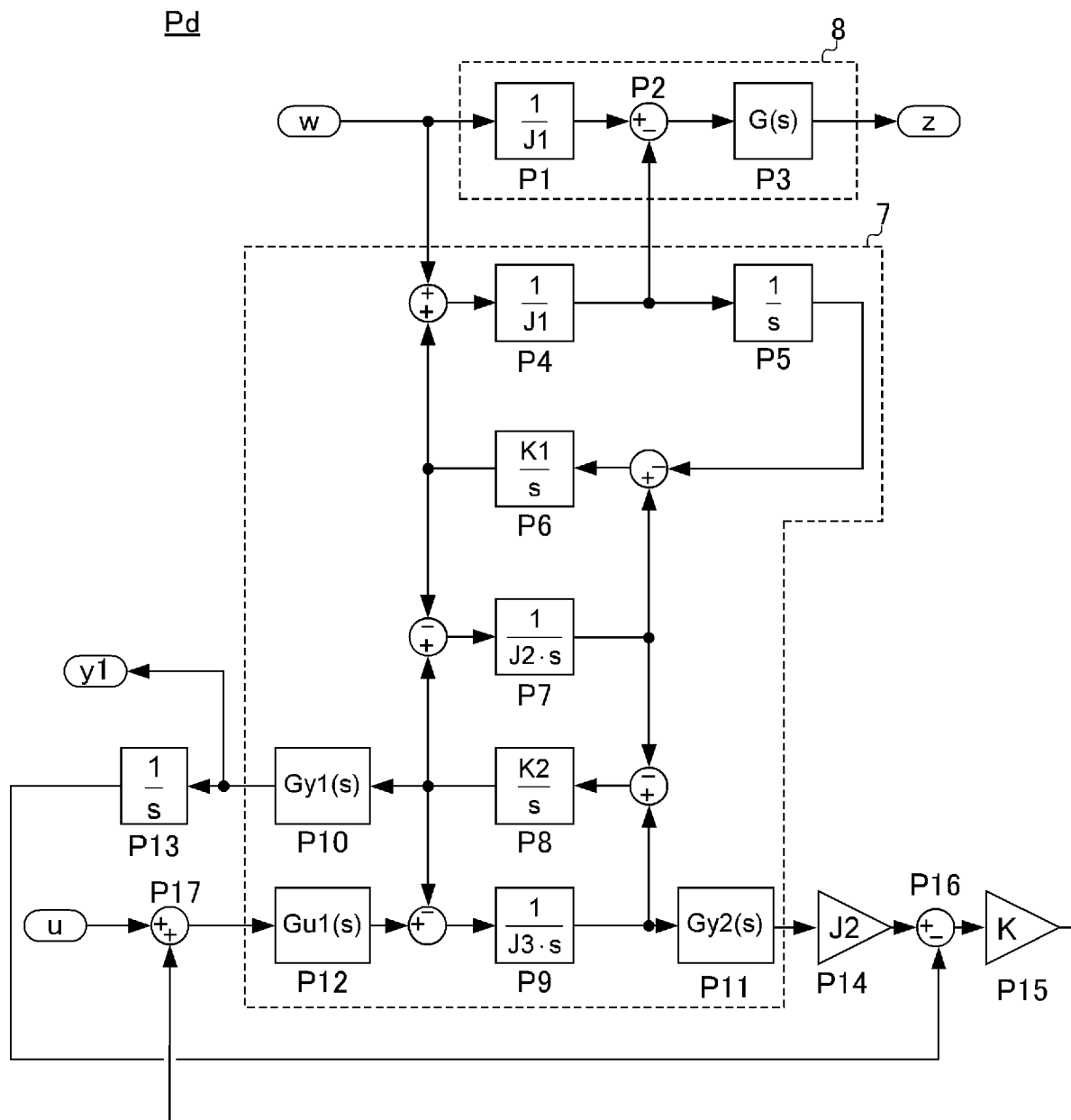
[図12]



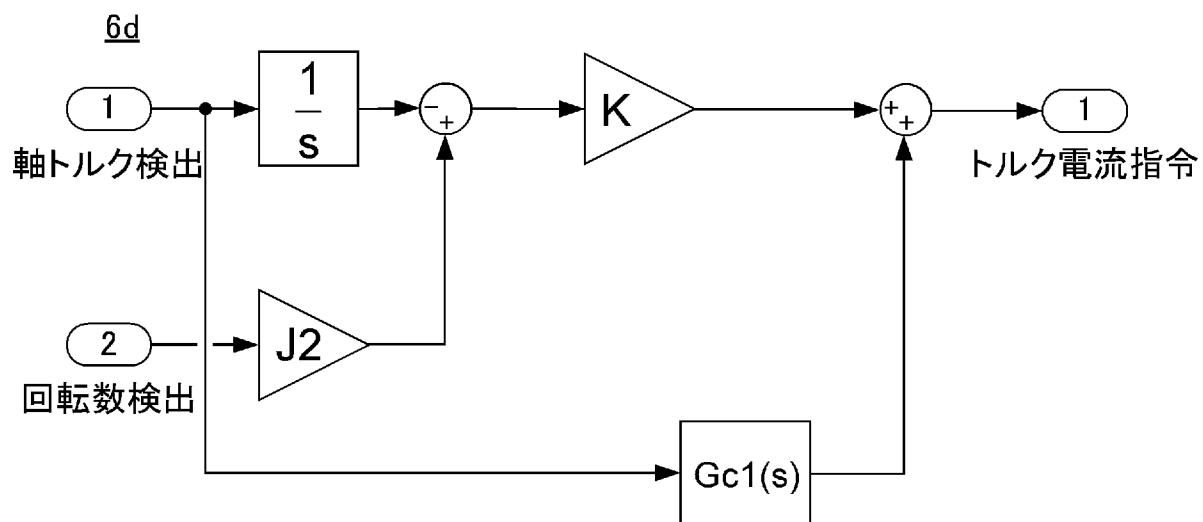
[図13]



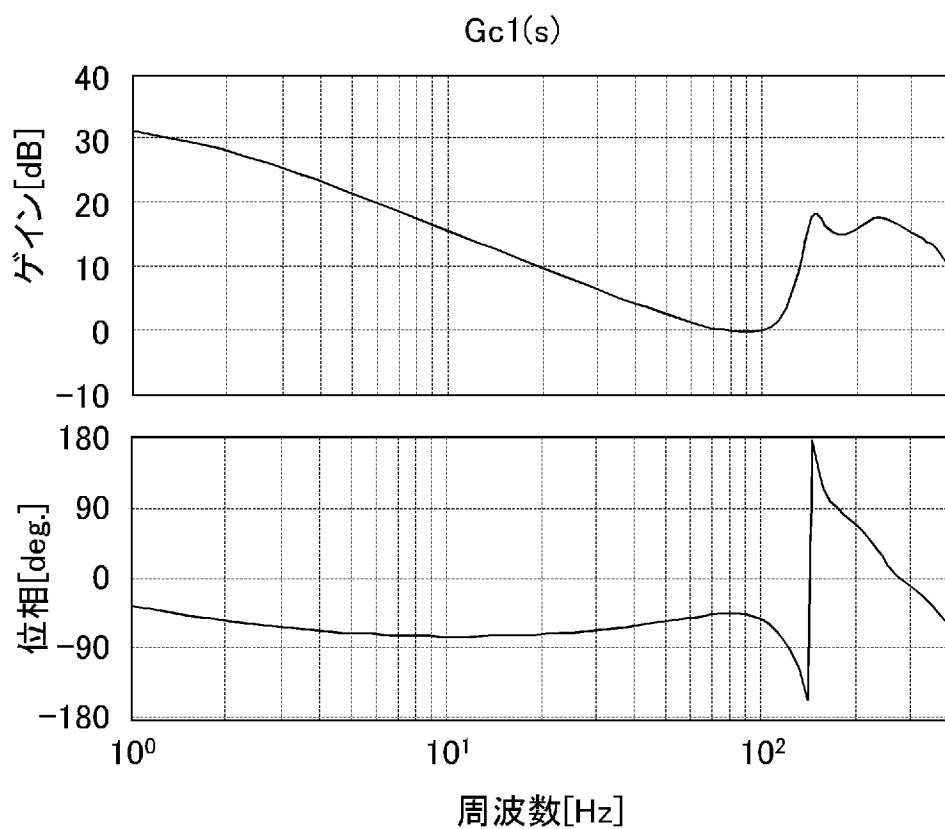
[図14]



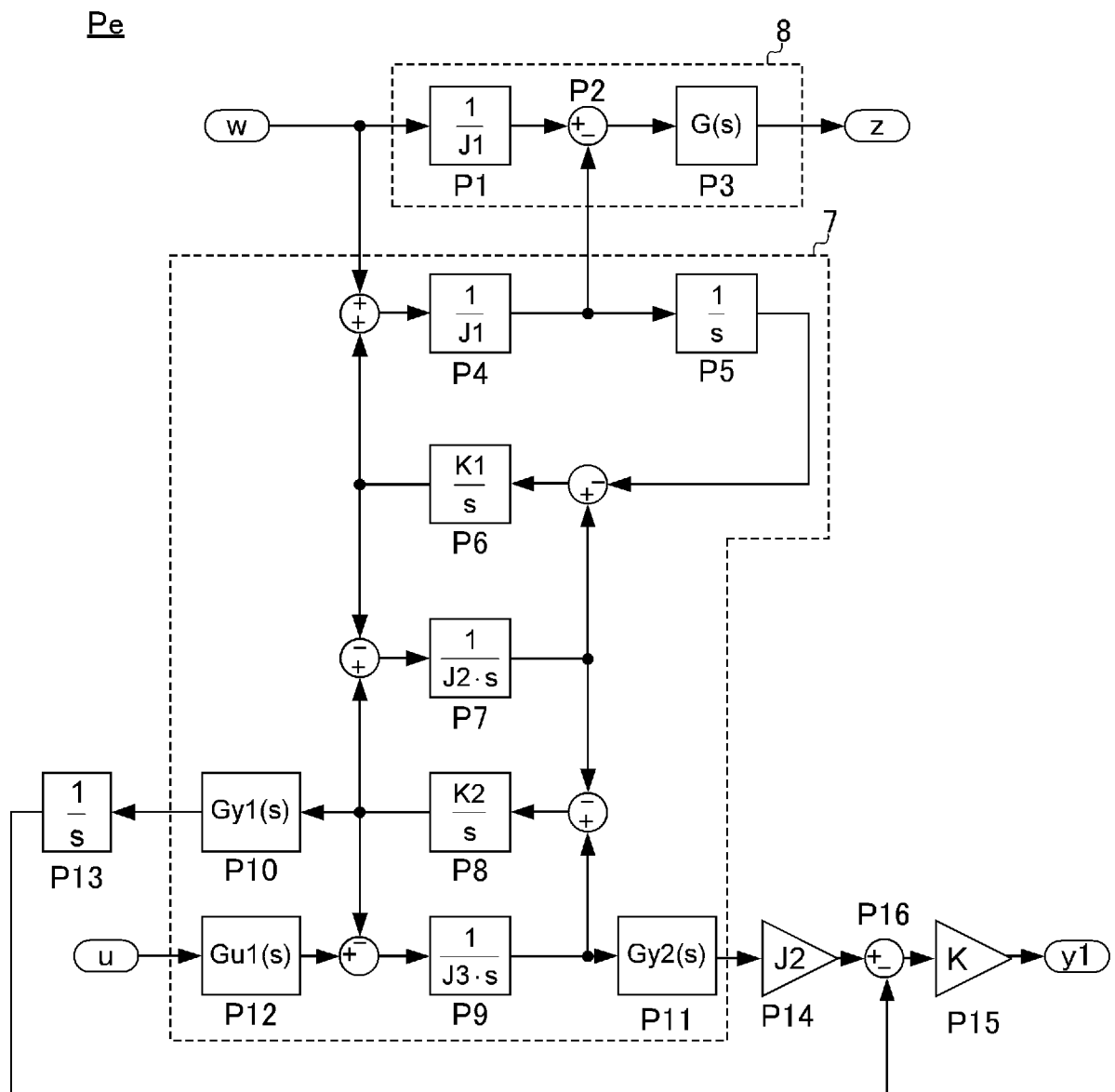
[図15]



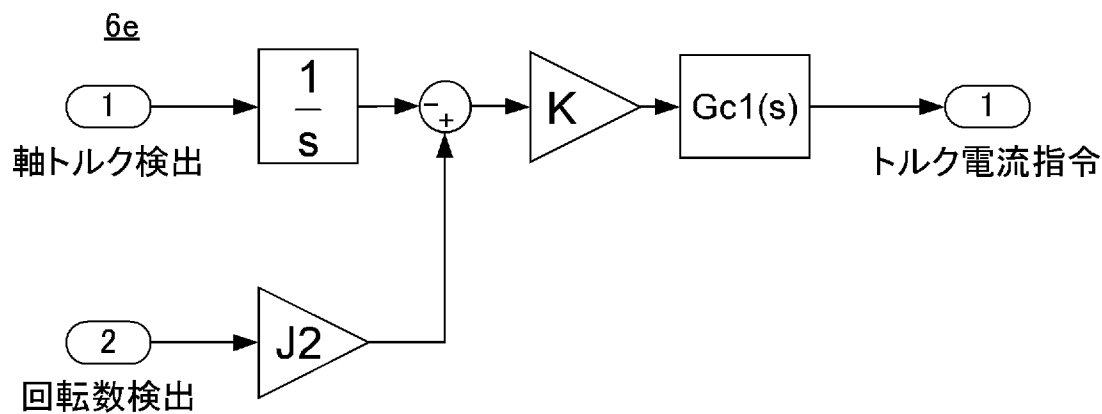
[図16]



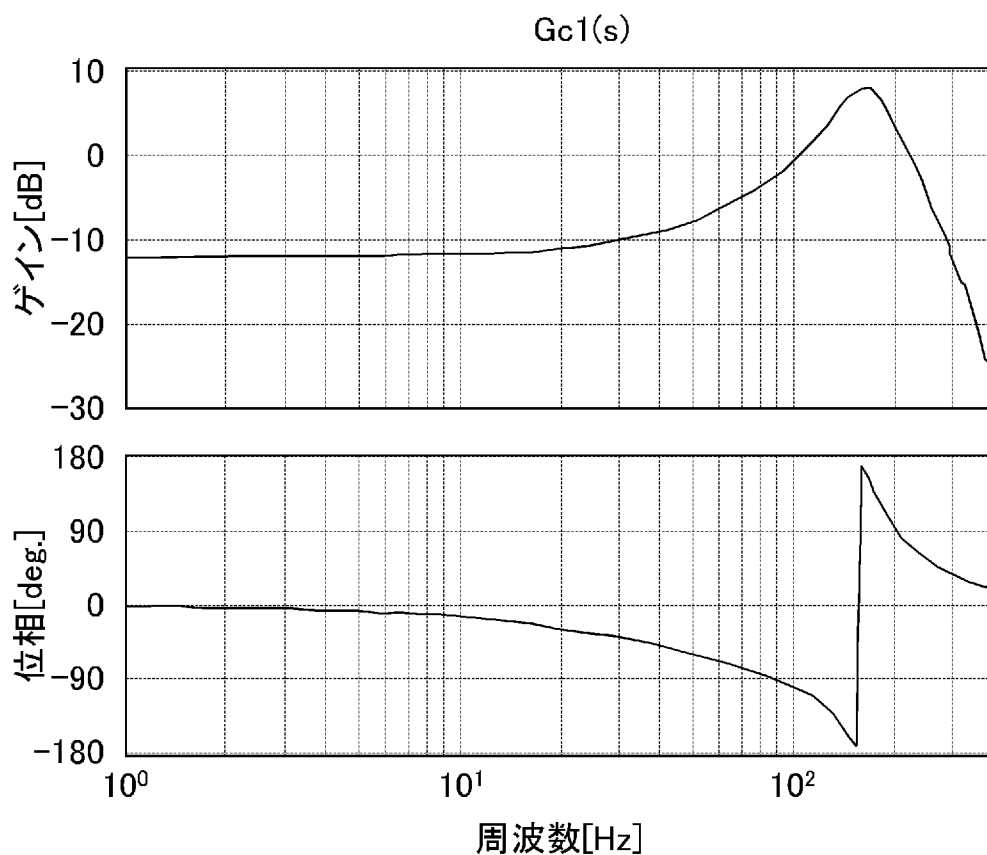
[図17]



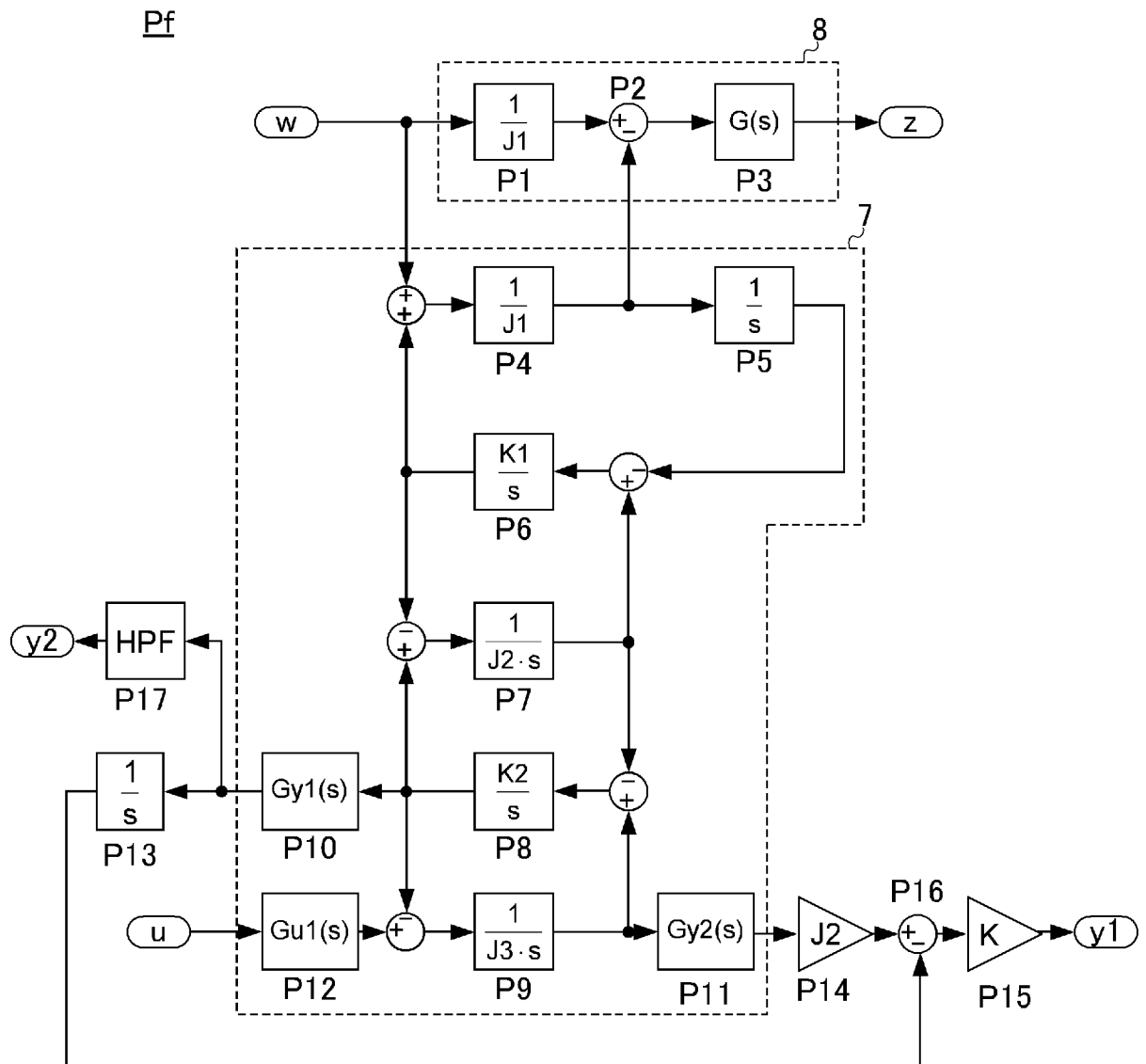
[図18]



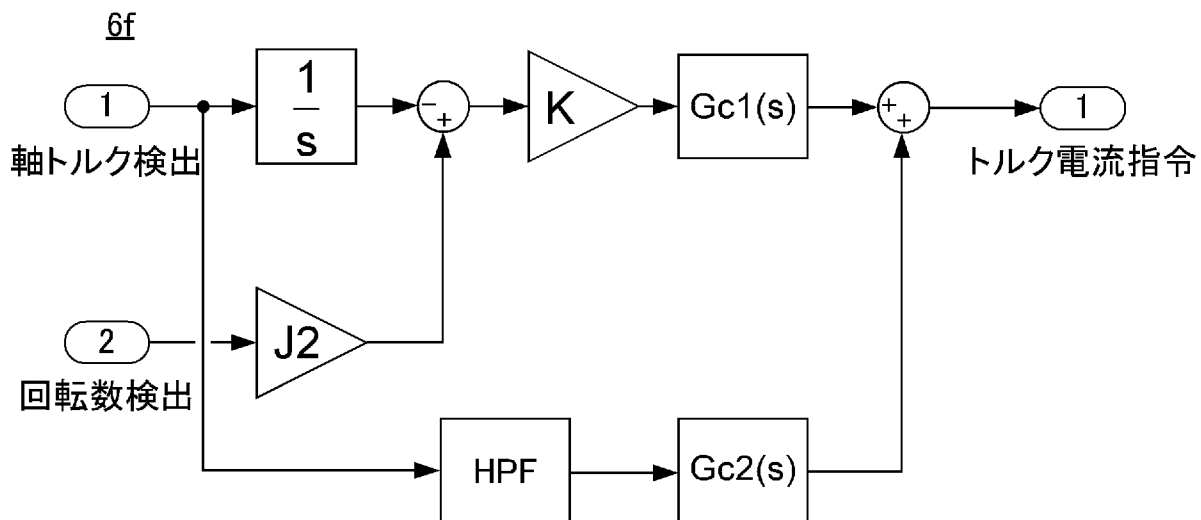
[図19]



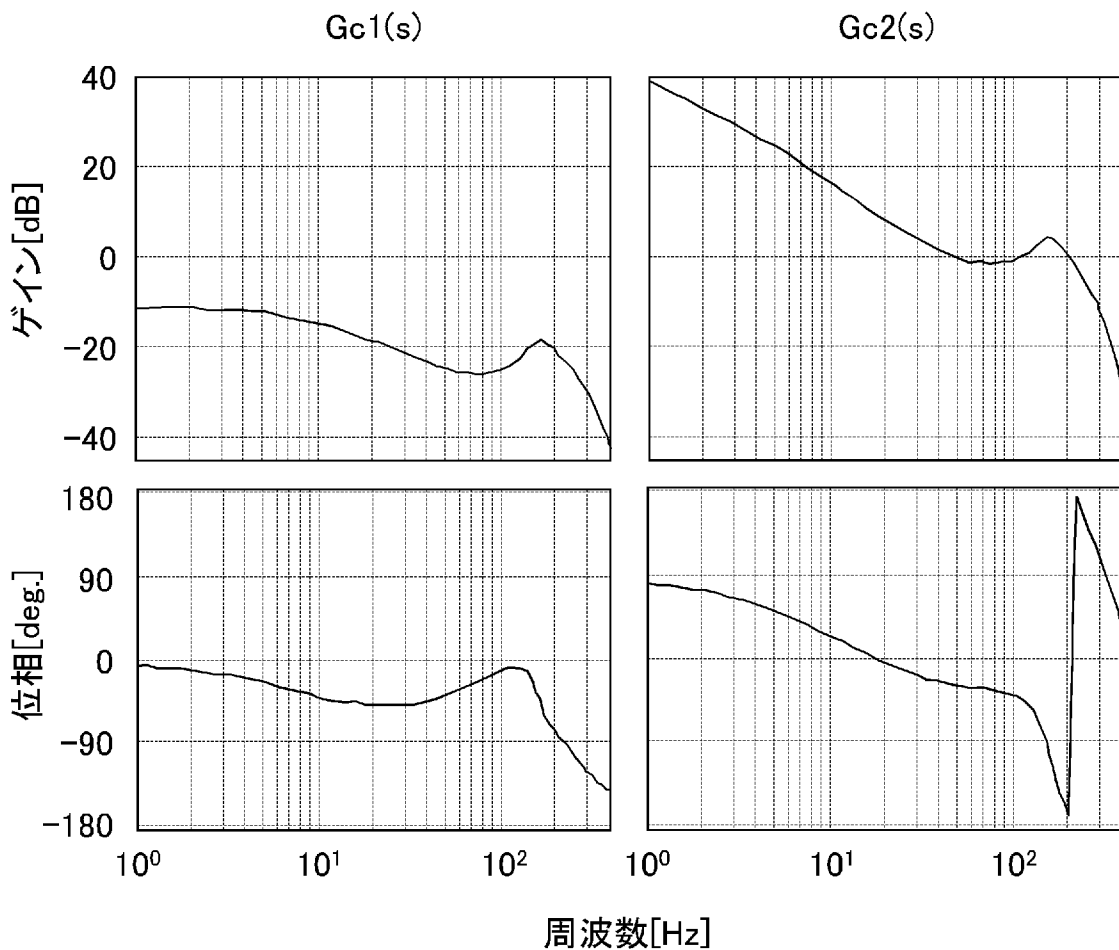
[図20]



[図21]

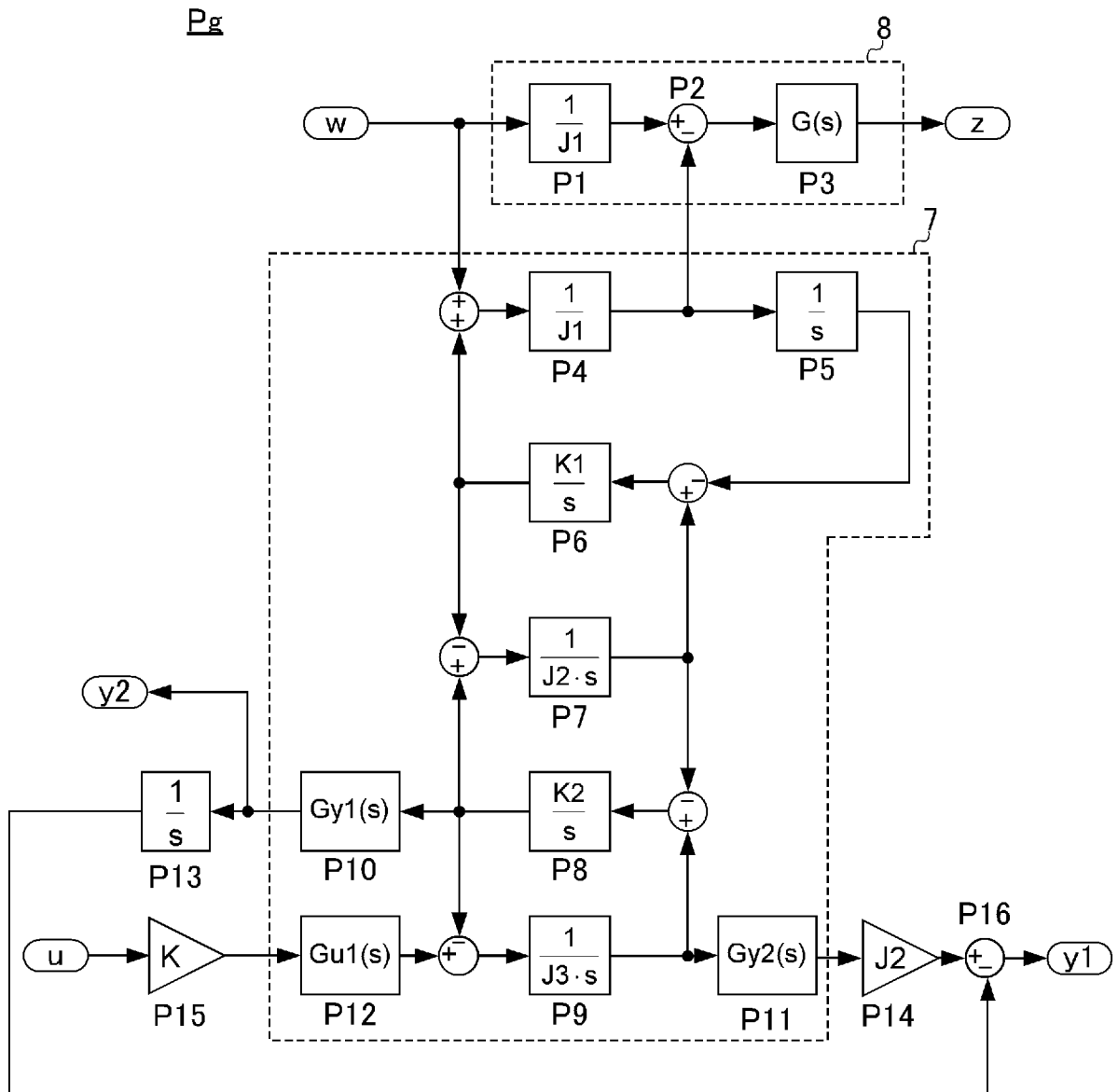


[図22]

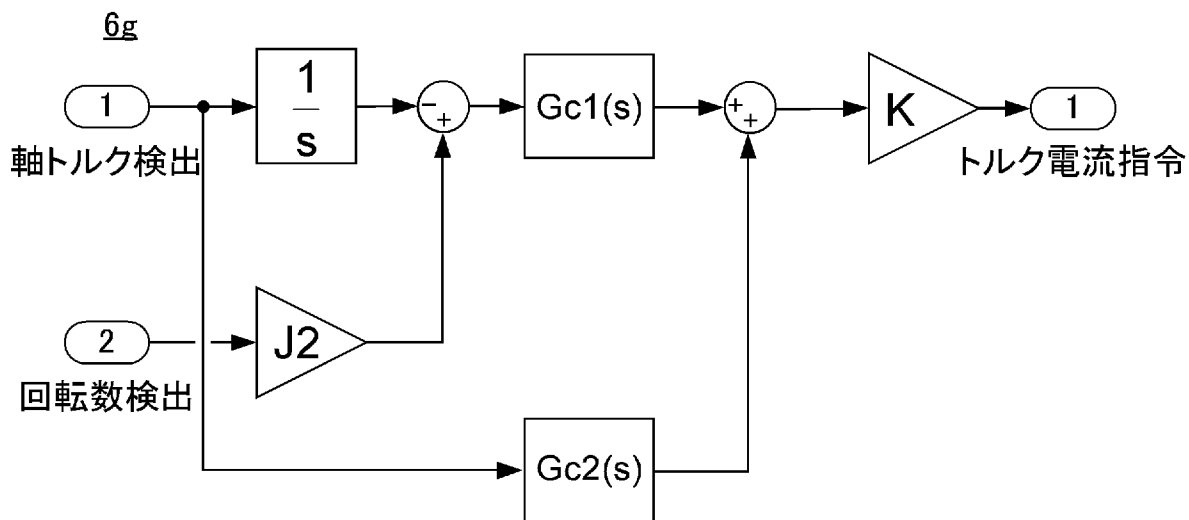




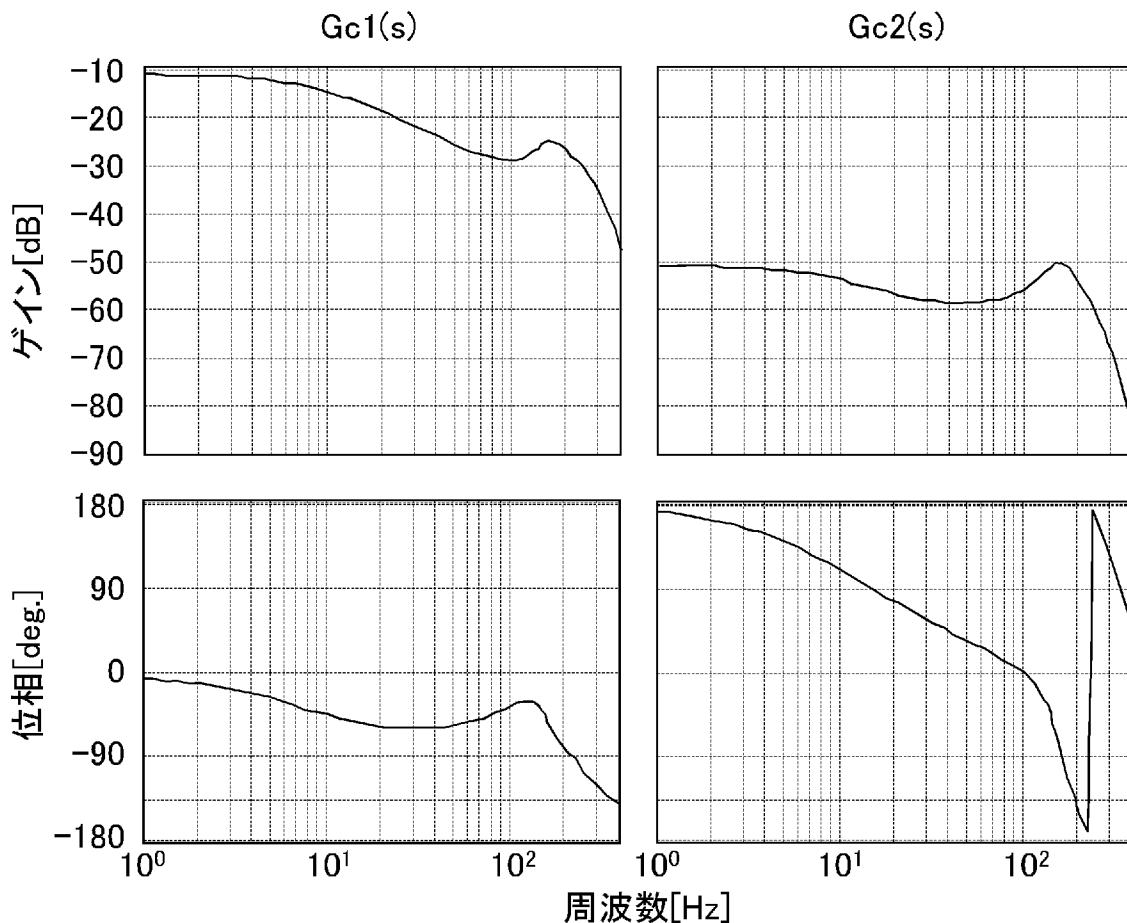
[図23]



[図24]

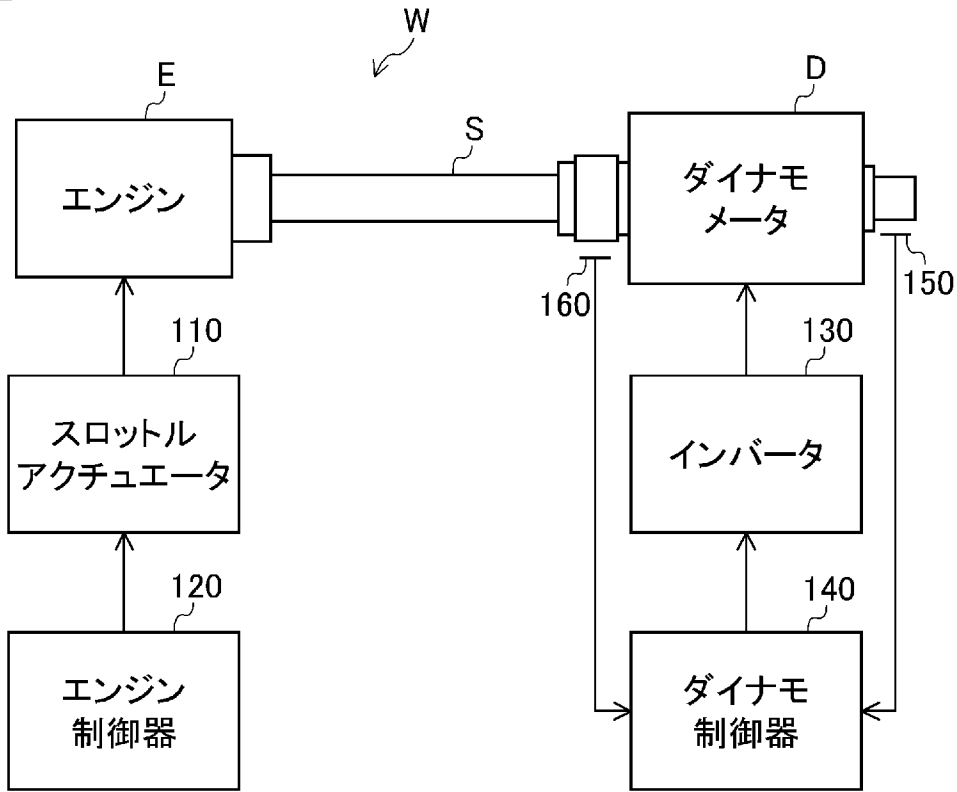


[図25]

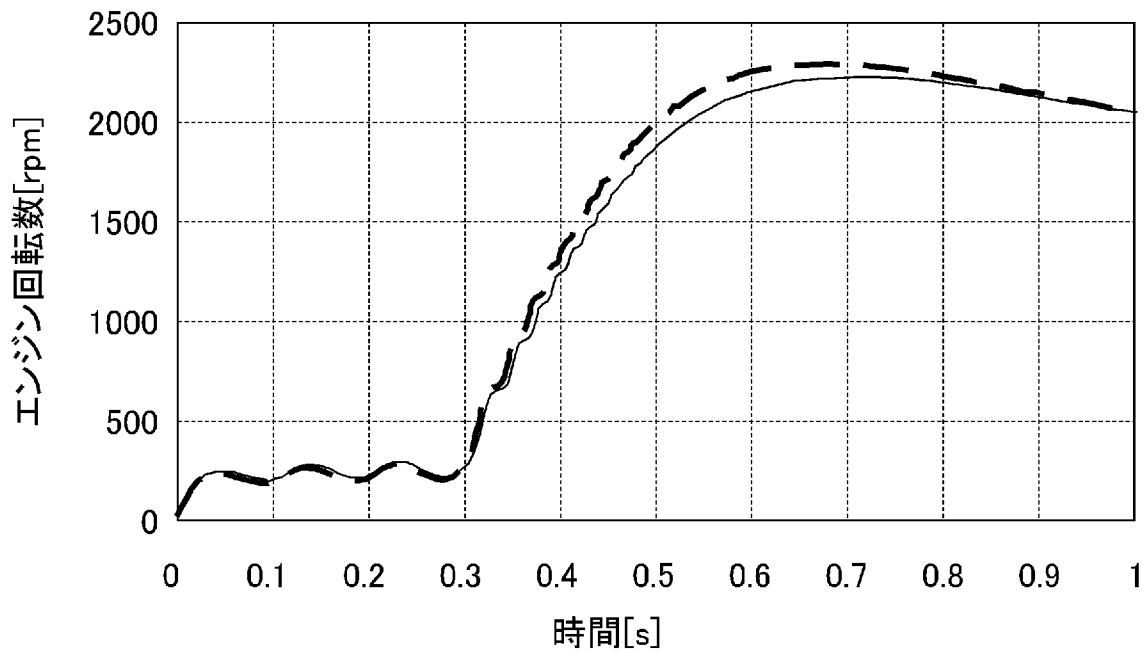


[図26]

100



[図27]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.  
PCT/JP2014/076691

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
G01M15/05(2006.01) i, G01M15/02(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
G01M15/05, G01M15/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2008-286614 A (Meidensha Corp.), 27 November 2008 (27.11.2008), claims 1, 7; fig. 3 (Family: none)	1 2-8
Y	JP 2012-68200 A (Meidensha Corp.), 05 April 2012 (05.04.2012), fig. 2, 17 (Family: none)	2-8
A	JP 2003-121308 A (Meidensha Corp.), 23 April 2003 (23.04.2003), entire text; all drawings & US 2003/0083793 A1 & DE 10247349 A	1-8

Further documents are listed in the continuation of Box C.       See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 18 December 2014 (18.12.14)	Date of mailing of the international search report 06 January 2015 (06.01.15)
--	--

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2014/076691

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2003-149085 A (Meidensha Corp.), 21 May 2003 (21.05.2003), entire text; all drawings & US 2003/0088345 A1 & DE 10247347 A	1-8

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. G01M15/05(2006.01)i, G01M15/02(2006.01)i		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. G01M15/05, G01M15/02		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2014年 日本国実用新案登録公報 1996-2014年 日本国登録実用新案公報 1994-2014年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y	JP 2008-286614 A（株式会社明電舎）2008.11.27, 請求項1, 7、 図3等（ファミリーなし）	1 2-8
Y	JP 2012-68200 A（株式会社明電舎）2012.04.05, 図2, 17（ファ ミリーなし）	2-8
A	JP 2003-121308 A（株式会社明電舎）2003.04.23, 全文全図 & US 2003/0083793 A1 & DE 10247349 A	1-8
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 18.12.2014	国際調査報告の発送日 06.01.2015	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 谷垣 圭二 電話番号 03-3581-1101 内線 3252	2 J   3 0 1 0

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2003-149085 A (株式会社明電舎) 2003.05.21, 全文全図 & US 2003/0088345 A1 & DE 10247347 A	1-8