(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
2018年10月18日(18.10.2018)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2018/190303 A1

(51) 国際特許分類:
G01M 17/007 (2006.01) *G01M 13/02* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2018/014943

(22) 国際出願日: 2018年4月9日(09.04.2018)

(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 2017-080583 2017年4月14日(14.04.2017) 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: 山口 崇 (YAMAGUCHI Takashi); 〒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). 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).

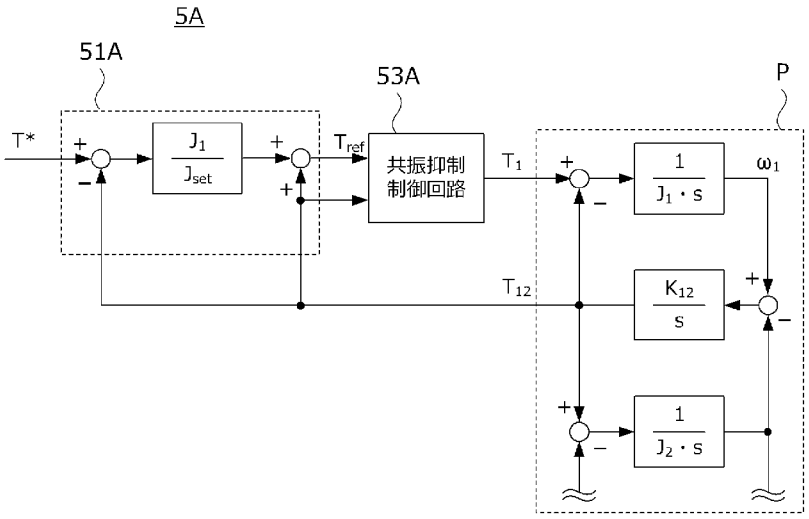
(74) 代理人: 正林 真之, 外 (SHOBAYASHI Masayuki et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内１－７－１２ サピアタワー Tokyo (JP).

(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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,

(54) **Title:** ELECTRIC INERTIA CONTROL DEVICE

(54) 発明の名称： 電気慣性制御装置

[図2]



53A... RESONANCE SUPPRESSION CONTROL CIRCUIT

(57) **Abstract:** The objective of the present invention is to provide an electric inertia control device which simulates the behavior of an inertial body having a set inertia by means of a dynamometer, and with which control is possible up to a high bandwidth. An electric inertia control device 5A simulates the behavior of an inertial body having a predetermined set moment of inertia J_{set} by means of a dynamometer, and is provided with: an inertia compensator 51A which generates a torque signal by multiplying a signal obtained by subtracting a shaft torque detection signal T_{12} from a higher-level command torque signal T^* by the ratio of a moment of inertia J_1 of the dynamometer to the set moment of inertia J_{set}, and generates an inertia compensation torque signal T_{ref} by

WO 2018/190303 A1

[続葉有]

HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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))

summing the torque signal and the shaft torque detection signal J_1; and a resonance suppression control circuit 53A which uses the inertia compensation torque signal T_{ref} and the shaft torque detection signal T_{12} to generate a torque current command signal T_1 in such a way as to suppress resonance in a mechanical system including a test piece and the dynamometer.

(57) 要約:目的は、ダイナモメータによって設定慣性を有する慣性体の挙動を模擬するものであって高帯域まで制御可能な電気慣性制御装置を提供すること。 電気慣性制御装置５Ａは、ダイナモメータによって所定の設定慣性モーメントＪ$_{set}$を有する慣性体の挙動を模擬するものであって、上位指令トルク信号Ｔ*から軸トルク検出信号Ｔ$_{12}$を減じて得られる信号に設定慣性モーメントＪ$_{set}$に対するダイナモメータの慣性モーメントＪ$_1$の比を乗算することでトルク信号を生成し、このトルク信号と軸トルク検出信号Ｊ$_1$とを合算することによって慣性補償トルク信号Ｔ$_{ref}$を生成する慣性補償器５１Ａと、慣性補償トルク信号Ｔ$_{ref}$と軸トルク検出信号Ｔ$_{12}$とを用いることによって、供試体とダイナモメータとを含む機械系の共振を抑制するようにトルク電流指令信号Ｔ$_1$を生成する共振抑制制御回路５３Ａと、を備える。

明　細　書

発明の名称 ： 電気慣性制御装置

技術分野

[0001] 本発明は電気慣性制御装置に関する。より詳しくは、供試体の入力軸又は出力軸にダイナモメータが接続されたダイナモメータシステムにおいて、ダイナモメータによって所定の設定慣性を有する慣性体の挙動を模擬する電気慣性制御装置に関する。

背景技術

[0002] ドライブトレインとは、エンジンで発生したエネルギーを駆動輪に伝達するための複数の装置の総称をいい、エンジン、クラッチ、トランスミッション、ドライブシャフト、プロペラシャフト、デファレンシャルギヤ、及び駆動輪などで構成される。ドライブトレインの性能評価試験では、実際にエンジンでトランスミッションを駆動し続けることにより、その耐久性能や品質などが評価される。また近年では、供試体であるドライブトレインの出力軸や入力軸にダイナモメータを連結したダイナモメータシステムを用いて、ドライブトレインの性能評価試験を行うものが提案されている。

[0003] このようなダイナモメータシステムでは、ドライブトレインの入力軸に連結された入力側ダイナモメータを用いることによってエンジンを模擬した負荷をドライブトレインに入力でき、またドライブトレインの出力軸に連結された出力側ダイナモメータを用いることによって走行中の車体を模擬した負荷を吸収することができる。またこのようなダイナモメータシステムでは、入力側ダイナモメータや出力側ダイナモメータの挙動が実機相当の挙動に近づくよう、ダイナモメータの慣性を、実機を考慮して定められる設定慣性に電気的に補償する電気慣性制御が行われる。

[0004] 図１５は、従来の電気慣性制御装置１００の一例を示す図である。電気慣性制御装置１００は、慣性モーメントがJ_1であるダイナモメータと慣性モーメントがJ_2である供試体とを軸剛性がK_{12}である連結軸で連結して構成され

るダイナモメータシステムを制御対象１０１とする。電気慣性制御装置１００は、上位指令トルク信号Ｔ*から軸トルク検出信号$Ｔ_{12}$を減算して得られるトルク信号を積分したものに、予め定められた設定慣性モーメント$Ｊ_{set}$の逆数を乗算することによって角速度信号を生成し、さらにこの角速度信号とダイナモメータの角速度検出信号$ω_1$との差に応じた速度制御を行うことによって、慣性補償を行う。これにより、ダイナモメータでは、設定慣性モーメントを有する慣性体の挙動を模擬することができる。しかしながら図１５の電気慣性制御装置１００では、複数の積分器が存在することから、制御遅れが大きく、設備共振の具合によって制御帯域の向上に限界がある。

[0005] 図１６は、特許文献１の記載に基づく電気慣性制御装置１５０の構成を示す図である。この電気慣性制御装置１５０では、上位指令トルク信号Ｔ*から軸トルク検出信号$Ｔ_{12}$を減算して得られるトルク信号に、設定関数$Ｊ_{set}$に対するダイナモメータの慣性モーメント$Ｊ_1$の比を乗算し、これによって得られたトルク信号と軸トルク検出信号$Ｔ_{12}$とを合算することによって、トルク電流指令信号$Ｔ_1$を生成する。図１６の電気慣性制御装置１５０によれば、ダイナモメータの慣性モーメント$Ｊ_1$を相殺し、ダイナモメータの慣性モーメントを設定慣性$Ｊ_{set}$の慣性体にするように、軸トルク検出信号$Ｔ_{12}$が直接フィードバックされる。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開２００４－３６１２５５号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 図１６の電気慣性制御装置１５０によれば、図１５の電気慣性制御装置１００よりも遅れの少ない制御が可能となる。しかしながら図１６の電気慣性制御装置１５０では、軸トルク検出信号が直接フィードバックされるため、設備共振の具合によっては制御が不安定になるおそれがある。以上のように

従来の電気慣性制御装置１００，１５０では、低帯域の制御要求には応答できるものの、高帯域の制御要求には十分に応答できない場合がある。

[0008] 例えば、入力側ダイナモメータを用いて実際のエンジンを模した試験を行う場合には、実際のエンジンで発生するトルク脈動を模擬するため、上位指令トルク信号として高調波成分を含むものを電気慣性制御装置に入力する場合がある。また例えば、出力側ダイナモメータを用いて実際の車体を模した試験を行う場合には、実際の車体で発生するスリップ現象を再現するため、電気慣性制御装置では、非常に小さな慣性モーメントを有する慣性体の素早い挙動を模擬する場合がある。このため、高帯域の制御要求に対しても十分に応答できる電気慣性制御装置が望まれていた。

[0009] 本発明は、ダイナモメータによって所定の設定慣性を有する慣性体の挙動を模擬するものであって高帯域まで制御可能な電気慣性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

[0010] （１）ダイナモメータシステムは、入力軸と出力軸とを備える供試体と、前記入力軸又は前記出力軸の何れかと連結軸を介して接続されたダイナモメータと、トルク電流指令信号に応じて前記ダイナモメータに電力を供給するインバータと、前記連結軸に発生する軸トルクに応じた軸トルク検出信号を発生する軸トルクセンサと、を備える。電気慣性制御装置は、前記ダイナモメータによって所定の設定慣性を有する慣性体の挙動を模擬するものであって、上位指令トルク信号から前記軸トルク検出信号を減じて得られる信号に前記設定慣性に対する前記ダイナモメータの慣性の比を乗算することによってトルク信号を生成し、当該トルク信号と前記軸トルク検出信号とを合算することにより、前記慣性体を模擬した慣性補償トルク信号を生成する慣性補償器と、前記慣性補償トルク信号と前記軸トルク検出信号とを用いることによって、前記供試体と前記ダイナモメータとを含む機械系の共振を抑制するように前記トルク電流指令信号を生成する共振抑制制御回路と、を備えることを特徴とする。

[0011] （２）この場合、前記ダイナモメータシステムは、前記ダイナモメータの角速度に応じた角速度検出信号を発生する角速度センサを備え、前記電気慣性制御装置は、前記慣性補償器を用いて得られる推定信号と前記角速度検出信号を用いて得られる検出信号との差を用いて外乱補償トルク信号を生成する外乱オブザーバをさらに備え、前記慣性補償器は、前記比を乗算する前に得られるトルク信号又は前記比を乗算した後に得られるトルク信号に前記外乱補償トルク信号を合算することによって得られるトルク信号を用いて前記慣性補償トルク信号を生成することが好ましい。

[0012] （３）この場合、前記慣性補償器は、前記上位指令トルク信号から前記軸トルク検出信号を減算することで変換前トルク信号を生成し、当該変換前トルク信号に前記比を乗算することで変換後トルク信号を生成し、当該変換後トルク信号と前記外乱補償トルク信号と前記軸トルク検出信号とを合算することによって前記慣性補償トルク信号を生成し、前記外乱オブザーバは、前記変換後トルク信号と前記外乱補償トルク信号とを合算して得られる信号から、前記角速度検出信号を微分し、さらに前記ダイナモメータの慣性を乗算して得られる信号を減算することによって前記外乱補償トルク信号を生成することが好ましい。

[0013] （４）この場合、前記慣性補償器は、前記上位指令トルク信号から前記軸トルク検出信号を減算して得られる信号に前記外乱補償トルク信号を合算することで変換前トルク信号を生成し、当該変換前トルク信号に前記比を乗算することで変換後トルク信号を生成し、当該変換後トルク信号と前記軸トルク検出信号とを合算することによって前記慣性補償トルク信号を生成し、前記外乱オブザーバは、前記変換前トルク信号から、前記角速度検出信号を微分し、さらに前記設定慣性を乗算して得られる信号を減算することによって前記外乱補償トルク信号を生成することが好ましい。

[0014] （５）この場合、前記慣性補償器は、前記上位指令トルク信号から前記軸トルク検出信号を減算することで変換前トルク信号を生成し、当該変換前トルク信号に前記比を乗算することで変換後トルク信号を生成し、当該変換後

トルク信号と前記外乱補償トルク信号と前記軸トルク検出信号とを合算することによって前記慣性補償トルク信号を生成し、前記外乱オブザーバは、前記変換後トルク信号を積分し、さらに前記ダイナモメータの慣性の逆数を乗算して得られる信号から、前記角速度検出信号を減算することで角速度信号を生成し、当該角速度信号に慣性の次元を有するパラメータを乗算することによって前記外乱補償トルク信号を生成することが好ましい。

[0015] （６）この場合、前記慣性補償器は、前記上位指令トルク信号から前記軸トルク検出信号を減算し、さらに前記外乱補償トルク信号を合算することで変換前トルク信号を生成し、当該変換前トルク信号に前記比を乗算することで変換後トルク信号を生成し、当該変換後トルク信号と前記軸トルク検出信号とを合算することによって前記慣性補償トルク信号を生成し、前記外乱オブザーバは、前記上位指令トルク信号から前記軸トルク検出信号を減算して得られる信号を積分し、さらに前記設定慣性の逆数を乗算して得られる信号から、前記角速度検出信号を減算することで角速度信号を生成し、当該角速度信号に慣性の次元を有するパラメータを乗算することによって前記外乱補償トルク信号を生成することが好ましい。

発明の効果

[0016] （１）本発明の電気慣性制御装置では、慣性補償器によって上位指令トルク信号から軸トルク検出信号を減じて得られる信号に設定慣性に対するダイナモメータの慣性の比を乗算することによってトルク信号を生成し、さらにこのトルク信号と軸トルク検出信号とを合算することにより、慣性体を模擬した慣性補償トルク信号を生成する。慣性補償器では、このように軸トルク検出信号を直接フィードバックして慣性補償トルク信号を生成することにより、ダイナモメータでは設定慣性を有する慣性体の挙動を精度良く模擬することが可能となる。また本発明の電気慣性制御装置の共振抑制制御回路では、慣性補償器によって得られる慣性補償トルク信号と軸トルク検出信号とを用いることによって、供試体とダイナモメータとを含む機械系の共振を抑制するようにトルク電流指令信号を生成する。これにより本発明の電気慣性制

御装置によれば、上記機械系における共振現象による不安定化を防止しながら、制御要求を高帯域まで拡げることが可能となる。

[0017] （２）本発明の電気慣性制御装置では、外乱オブザーバによって慣性補償器を用いて得られる推定信号と角速度検出信号を用いて得られる検出信号との差を用いて外乱補償トルク信号を生成し、慣性補償器では、この外乱補償トルク信号を、上記比を乗算する前又は乗算した後のトルク信号に合算することによって慣性補償トルク信号を生成する。本発明の電気慣性制御装置によれば、インバータにおける制御誤差やダイナモメータの損失等の外乱によるずれを補償しながら設定慣性に応じた電気慣性制御を精度良く達成することができる。

[0018] （３）本発明の電気慣性制御装置における慣性補償器は、上位指令トルク信号から軸トルク検出信号を減算することで変換前トルク信号を生成し、さらにこの変換前トルク信号に上記比を乗算することで変換後トルク信号を生成し、この変換後トルク信号と外乱補償トルク信号と軸トルク検出信号とを合算することによって慣性補償トルク信号を生成する。また外乱オブザーバでは、変換後トルク信号と外乱補償トルク信号とを合算して得られる信号から、角速度検出信号を微分し、さらにダイナモメータの慣性モーメントを乗算して得られる信号を減算することによって外乱補償トルク信号を生成する。本発明の電気慣性制御装置によれば、インバータにおける制御誤差やダイナモメータの損失等の外乱によるずれを補償しながら設定慣性に応じた電気慣性制御を精度良く達成することができる。

[0019] （４）本発明の電気慣性制御装置における慣性補償器は、上位指令トルク信号から軸トルク検出信号を減算して得られる信号に外乱補償トルク信号を合算することで変換前トルク信号を生成し、この変換前トルク信号に上記比を乗算することで変換後トルク信号を生成し、さらにこの変換後トルク信号と軸トルク検出信号とを合算することによって慣性補償トルク信号を生成する。また外乱オブザーバでは、変換前トルク信号から、角速度検出信号を微分しさらに設定慣性を乗算して得られる信号を減算することによって外乱補

償トルク信号を生成する。すなわち本発明の電気慣性制御装置では、上記比が乗算される前の変換前トルク信号に対し外乱補償を行うようにすることにより、ダイナモメータの慣性モーメントが実際のものとずれている場合であってもこのずれを補償し、設定慣性に応じた電気慣性制御をさらに精度良く達成することができる。

[0020] （５）本発明の電気慣性制御装置における慣性制御器は、上位指令トルク信号から軸トルク検出信号を減算することで変換前トルク信号を生成し、この変換前トルク信号に上記比を乗算することで変換後トルク信号を生成し、さらにこの変換後トルク信号と外乱補償トルク信号と軸トルク検出信号とを合算することによって慣性補償トルク信号を生成する。また外乱オブザーバでは、変換後トルク信号を積分し、さらにダイナモメータの慣性の逆数を乗算して得られる信号から、角速度検出信号を減算することで角速度信号を生成し、この角速度信号に慣性の次元を有するパラメータを乗算することによって外乱補償トルク信号を生成する。本発明の電気慣性制御装置によれば、上記（３）の発明と同様の効果を奏する。なお上記（３）の発明では、外乱オブザーバではノイズが発生する微分操作を行うため、外乱補償トルク信号を生成するにあたり、ローパスフィルタを用いる必要がある場合がある。これに対し本発明の外乱オブザーバでは、積分操作によって外乱補償トルク信号を生成するため、上述のようなローパスフィルタが不要となる。

[0021] （６）本発明の電気慣性制御装置における慣性制御器は、上位指令トルク信号から軸トルク検出信号を減算し、さらに外乱補償トルク信号を合算することで変換前トルク信号を生成し、この変換前トルク信号に上記比を乗算することで変換後トルク信号を生成し、さらにこの変換後トルク信号と軸トルク検出信号とを合算することによって慣性補償トルク信号を生成する。また外乱オブザーバでは、上位指令トルク信号から軸トルク検出信号を減算して得られる信号を積分し、さらに設定関数の逆数を乗算して得られる信号から、角速度検出信号を減算することで角速度信号を生成し、さらにこの角速度信号に慣性の次元を有するパラメータを乗算することによって外乱補償トル

ク信号を生成する。本発明の電気慣性制御装置によれば、上記（４）の発明と同様の効果を奏する。また本発明の電気慣性制御装置によれば、上記（５）の発明と同様の理由により、上述のようなローパスフィルタが不要となる。

図面の簡単な説明

[0022] [図1]本発明の一実施形態に係るダイナモメータシステムの構成を示す図である。

[図2]実施例１の電気慣性制御装置の制御回路の構成を示す図である。

[図3]一般化プラントを用いたＨ∞制御及びμ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4]比較例の電気慣性制御装置のシミュレーション結果を示す図である。

[図5]実施例１の電気慣性制御装置のシミュレーション結果を示す図である。

[図6]実施例２の電気慣性制御装置の制御回路の構成を示す図である。

[図7]実施例１の電気慣性制御装置のシミュレーション結果を示す図である。

[図8]実施例２の電気慣性制御装置のシミュレーション結果を示す図である。

[図9]実施例３の電気慣性制御装置の制御回路の構成を示す図である。

[図10]実施例３の電気慣性制御装置のシミュレーション結果を示す図である。

[図11]実施例２の電気慣性制御装置のシミュレーション結果を示す図である。

[図12]実施例３の電気慣性制御装置のシミュレーション結果を示す図である。

[図13]実施例４の電気慣性制御装置の制御回路の構成を示す図である。

[図14]実施例５の電気慣性制御装置の制御回路の構成を示す図である。

[図15]従来の電気慣性制御装置の一例を示す図である。

[図16]従来の電気慣性制御装置の一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0023] 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メータシステムＳの構成を示す図である。ダイナモメータシステムＳは、入力軸Ｗｉ及びこの入力軸Ｗｉと動力伝達可能に接続された出力軸Ｗｏを備える車両のドライブトレインを供試体Ｗとし、この供試体Ｗの性能を評価するものであり、所謂ドライブトレインベンチシステムと呼称されるものである。なお以下では、所謂後輪駆動（ＦＲ）車両に搭載されるドライブトレインを供試体Ｗとした場合について説明するが、本発明はこれに限らない。より具体的には、例えば１つの入力軸と、この入力軸と動力伝達可能に接続された２つの出力軸を備える、所謂前輪駆動（ＦＦ）車両に搭載されるドライブトレインを供試体としてもよい。

[0024] ダイナモメータシステムＳは、供試体Ｗと、入力軸Ｗｉと入力側連結軸Ｓ１を介して接続された入力側ダイナモメータ１１と、出力軸Ｗｏと吸収側連結軸Ｓ２を介して接続された吸収側ダイナモメータ１２と、入力側トルク電流指令信号に応じて入力側ダイナモメータ１１に電力を供給する入力側インバータ２１と、吸収側トルク電流指令信号に応じて吸収側ダイナモメータ１２に電力を供給する吸収側インバータ２２と、各ダイナモメータ１１，１２の軸の角速度を検出する入力側角速度センサ３１及び吸収側角速度センサ３２と、各連結軸Ｓ１，Ｓ２における軸トルクを検出する入力側軸トルクセンサ４１及び吸収側軸トルクセンサ４２と、入力側トルク電流指令信号を生成しこれを入力側インバータ２１へ入力する電気慣性制御装置５と、吸収側トルク電流指令信号を生成しこれを吸収側インバータ２２へ入力する吸収側ダイナモメータ制御装置６と、を備える。

[0025] 入力側角速度センサ３１は、入力側ダイナモメータ１１の軸の単位時間当たりの回転角度を検出し、この角速度に応じた入力側角速度検出信号を発生し、電気慣性制御装置５へ送信する。吸収側角速度センサ３２は、吸収側ダイナモメータ１２の軸の単位時間当たりの回転角度を検出し、この角速度に応じた吸収側角速度検出信号を発生し、吸収側ダイナモメータ制御装置６へ送信する。

[0026] 入力側軸トルクセンサ４１は、連結軸Ｓ１に発生する軸トルクを検出し、この軸トルクに応じた入力側軸トルク検出信号を電気慣性制御装置５へ送信する。吸収側軸トルクセンサ４２は、連結軸Ｓ２に発生する軸トルクを検出し、この軸トルクに応じた吸収側軸トルク検出信号を吸収側ダイナモメータ制御装置６へ送信する。

[0027] 電気慣性制御装置５は、図示しない上位指令生成装置によって生成される上位指令トルク信号と入力側角速度検出信号と入力側軸トルク検出信号とを用いることにより、入力側ダイナモメータ１１によって所定の設定慣性モーメントを有する慣性体の挙動を模擬するような入力側トルク電流指令信号を生成し、これを入力側インバータ２１へ入力する。

[0028] 吸収側ダイナモメータ制御装置６は、吸収側角速度検出信号と吸収側軸トルク検出信号とを用いることにより、既知のアルゴリズムに従って吸収側トルク電流指令信号を生成し、これを吸収側インバータ２２へ入力する。

実施例 1

[0029] 図２は、実施例１の電気慣性制御装置５Ａの制御回路の構成を示す図である。電気慣性制御装置５Ａは、図１を参照して説明したように、供試体の入力軸と入力側ダイナモメータとを入力側連結軸を介して連結しかつ供試体の出力軸と吸収側ダイナモメータとを吸収側連結軸を介して連結して構成されるダイナモメータシステムを制御対象Ｐとする。

[0030] なお以下の説明では、ラプラス演算子を“ｓ”で表記し、入力側ダイナモメータの慣性モーメント［ｋｇｍ^2］を“J_1”と表記し、供試体の慣性モーメント［ｋｇｍ^2］を“J_2”と表記し、入力側連結軸の軸剛性［Ｎｍ／ｒａｄ］を“K_{12}”と表記する。なおこれらパラメータのうち、少なくとも慣性モーメントJ_1の具体的な値は既知であるものとする。

[0031] また以下の説明では、図示しない上位指令生成装置によって生成される上位指令トルク信号［Ｎｍ］を“Ｔ*”と表記し、電気慣性制御装置５Ａによって生成される入力側トルク電流指令信号［Ｎｍ］を“T_1”と表記し、入力側連結軸で発生する軸トルク［Ｎｍ］であって入力側軸トルクセンサの検出信

号である入力側軸トルク検出信号を“T_{12}”と表記し、入力側ダイナモメータの軸の角速度［ｒａｄ／ｓｅｃ］であって入力側角速度センサの検出信号である入力側角速度検出信号を“ω_1”と表記する。

[0032] 電気慣性制御装置５Ａは、上位指令トルク信号Ｔ*［Ｎｍ］と入力側軸トルク検出信号T_{12}［Ｎｍ］とに基づいて、所定の設定慣性モーメントJ_{set}［kgm^2］を有する慣性体を模擬した慣性補償トルク信号T_{ref}［Ｎｍ］を生成する慣性補償器５１Ａと、慣性補償トルク信号T_{ref}と入力側軸トルク検出信号T_{12}とを用いることによって、制御対象の共振を抑制するように入力側トルク電流指令信号T_1［Ｎｍ］を生成する共振抑制制御回路５３Ａと、を備える。

[0033] 慣性補償器５１Ａは、下記式（１）に示すように、上位指令トルク信号Ｔ*から入力側軸トルク検出信号T_{12}を減算して得られる信号に、設定慣性モーメントJ_{set}に対する入力側ダイナモメータの慣性モーメントJ_1の比（J_1／J_{set}）を乗算することによってトルク信号を生成し、このトルク信号（（J_1／J_{set}）×（Ｔ*－T_{12}））と入力側軸トルク検出信号T_{12}とを合算することによって、慣性補償トルク信号T_{ref}を生成する。

$$T_{ref}=(J_1/J_{set})\times(T^*-T_{12})+T_{12} \qquad (1)$$

[0034] 共振抑制制御回路５３Ａは、慣性補償器５１Ａによって生成された慣性補償トルク信号T_{ref}と入力側軸トルク検出信号T_{12}とに基づいて入力側トルク電流指令信号T_1を生成し、これを入力側インバータに入力する。この共振抑制制御回路５３Ａは、上記のように入力側ダイナモメータ１１と供試体Ｗと吸収側ダイナモメータ１２とを連結軸Ｓ１，Ｓ２で連結して構成されるダイナモメータシステムＳの機械系全体で発生し得る共振現象のうち、試験対象である供試体Ｗ固有の共振現象を除いたものを抑制するような入力側トルク電流指令信号T_1を生成する共振抑制制御機能を備える。

[0035] ここで供試体Ｗは、様々なばね要素を含むドライブトレインを想定している。すなわちダイナモメータシステムＳにおいて、供試体Ｗの剛性は、連結軸Ｓ１、Ｓ２の剛性よりも低い。このため、ダイナモメータシステムＳにお

いて発生する共振現象は、供試体Wに固有のものであって数Ｈｚ～数十Ｈｚ程度の比較的低周波数側で発生する共振現象と、連結軸Ｓ１，Ｓ２に固有のものであって数百Ｈｚ以上の比較的高周波数側で発生する共振現象とに分けられる。またこの比較的高周波数側で発生する共振は、試験対象である供試体Wの特性とは無関係なダイナモメータシステムＳ固有の共振現象である。従ってこの高周波数側で発生する共振は、共振抑制制御回路５３Ａの共振抑制機能によって抑制することが好ましい。一方、低周波数側で発生する共振は、試験対象である供試体W固有の現象である。したがって、上記共振抑制機能によって、このような低周波数側で発生する共振まで抑制するのは好ましくない。

[0036] 以上のような共振抑制制御機能を備えた電気慣性制御装置５３Ａは、図３に示すような少なくとも１つの外部入力ｗ及び少なくとも１つの制御入力ｕから、少なくとも１つの制御量ｚ及び少なくとも１つの観測出力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∞制御やμ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。Ｈ∞制御やμ設計法を利用して、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。

[0037] 次に、本実施例の電気慣性制御装置５Ａの効果について、図１６を参照して説明した電気慣性制御装置１５０を比較例としたシミュレーションの結果と比較しながら説明する。

[0038] 図４は、比較例の電気慣性制御装置１５０のシミュレーション結果を示す図である。なおこのシミュレーションでは、実環境を想定して、入力側軸トルク検出信号T_{12}には所定のむだ時間を設定した。図４の上段は、上位指令

トルク信号Ｔ*及び入力側軸トルク検出信号$Ｔ_{12}$の時間変化を示し、図４の下段は、入力側角速度検出信号$ω_1$及び慣性相当速度$ω_{set}$の時間変化を示す。ここで慣性相当速度$ω_{set}$とは、入力側ダイナモメータの慣性モーメントを$Ｊ_1$ではなく設定慣性モーメント$Ｊ_{set}$とした仮想的な制御対象に上位指令トルク信号Ｔ*を直接入力した場合に得られる入力側ダイナモメータの軸の角速度（$ω_{set}$＝（１／$Ｊ_{set}$・ｓ）×（Ｔ*－$Ｔ_{12}$））である。すなわち、この慣性相当速度$ω_{set}$と入力側角速度検出信号$ω_1$とが一致しているかどうかが、電気慣性制御の達成度合いを判定する際の目安となる。なお今回のシミュレーションでは、上位指令トルク信号Ｔ*は、時刻０から１秒程度で０［Ｎｍ］から１０［Ｎｍ］まで上昇させ、その後は１０［Ｎｍ］で一定とした（後述の図５参照）。

[0039] 図４の上段に示すように、比較例の電気慣性制御装置１５０では、上位指令トルク信号Ｔ*の僅かな変化に対し、入力側軸トルク検出信号$Ｔ_{12}$は、ダイナモメータシステムに存在する共振によって約－１００００［Ｎｍ］から＋１００００［Ｎｍ］の間で振動する挙動を示す。また図４の下段に示すように比較例の電気慣性制御装置１５０では、入力側軸トルク検出信号$Ｔ_{12}$の発散挙動によって入力側角速度検出信号$ω_1$も大きく振動する。このため入力側角速度検出信号$ω_1$と慣性相当速度$ω_{set}$とは大きく乖離し、電気慣性制御装置１５０は電気慣性制御の目的を達成できていない。

[0040] 図５は、実施例１の電気慣性制御装置５Ａのシミュレーション結果を示す図である。実施例１の電気慣性制御装置５Ａでは、慣性補償器５１Ａによって入力側軸トルク検出信号$Ｔ_{12}$を直接フィードバックして慣性補償トルク信号$Ｔ_{ref}$を生成することにより、上位指令トルク信号Ｔ*の変化に対し速やかに入力側軸トルク検出信号$Ｔ_{12}$を追従させ、かつ入力側角速度検出信号$ω_1$を精度良く慣性相当速度$ω_{set}$に一致させることができる。また実施例１の電気慣性制御装置５Ａでは、慣性補償器５１Ａによって生成された慣性補償トルク信号$Ｔ_{ref}$と入力側軸トルク検出信号$Ｔ_{12}$とを用いて共振抑制制御回路５３Ａによって入力側トルク電流指令信号$Ｔ_1$を生成することにより、比較例の電

気慣性制御装置１５０では抑制できなかった入力側軸トルク検出信号T_{12}の共振を抑制でき、入力側軸トルク検出信号T_{12}を上位指令トルク信号T*に概ね一致させることができる。またこれにより、入力側角速度検出信号ω_1を慣性相当速度ω_{set}に一致させることができる。

実施例 2

[0041] 次に、図６を参照して実施例２の電気慣性制御装置５Ｂについて説明する。なお以下の説明では、実施例１の電気慣性制御装置５Ａと同じ構成については同じ符号を付し、その詳細な説明を省略する。

[0042] 図６は、実施例２の電気慣性制御装置５Ｂの制御回路の構成を示す図である。電気慣性制御装置５Ｂは、上位指令トルク信号T*と入力側軸トルク検出信号T_{12}とに基づいて、所定の設定慣性モーメントJ_{set}を有する慣性体を模擬した慣性補償トルク信号T_{ref}を生成する慣性補償器５１Ｂと、共振抑制制御回路５３Ａと、慣性補償器５１Ｂを用いて得られる推定信号と入力側角速度検出信号ω_1を用いて得られる検出信号との差を用いて外乱補償トルク信号Ｔｏｂｓを生成する外乱オブザーバ５７Ｂと、を備える。

[0043] 慣性補償器５１Ｂは、下記式（２）に基づいて慣性補償トルク信号T_{ref}を生成する。より具体的には、慣性補償器５１Ｂは、上位指令トルク信号T*から入力側軸トルク検出信号T_{12}を減算することで変換前トルク信号を生成し、この変換前トルク信号に設定慣性モーメントJ_{set}に対する入力側ダイナモメータの慣性モーメントJ_1の比（J_1／J_{set}）を乗算することによって、変換後トルク信号（（J_1／J_{set}）×（T*－T_{12}））を生成する。また慣性補償器５１Ｂは、この変換後トルク信号に、外乱オブザーバ５７Ｂによって生成される外乱補償トルク信号T_{obs}と入力側軸トルク検出信号T_{12}とを合算することによって慣性補償トルク信号T_{ref}を生成する。

$$T_{ref}=(J_1/J_{set})\times(T^*-T_{12})+T_{obs}+T_{12} \quad (2)$$

[0044] 外乱オブザーバ５７Ｂは、慣性補償器５１Ｂにおいて変換後トルク信号と外乱補償トルク信号とを合算して得られるトルクの次元を有するトルク推定信号（（J_1／J_{set}）×（T*－T_{12}）＋T_{obs}）から、入力側角速度検出信

号ω_1を微分しさらにこれに入力側ダイナモメータ１１の慣性モーメントJ_1を乗算して得られるトルク検出信号（$J_1 \cdot s \cdot \omega_1$）を減算し、さらにこの信号からローパスフィルタ５７１によって所定のカットオフ周波数より高い周波数成分のノイズを除去したものを外乱補償トルク信号T_{obs}とし、慣性補償器５１Ｂへ出力する。

[0045] ところで、実際のダイナモメータシステムＳは、図６に示す制御対象Ｐと異なり、電気慣性制御装置によって生成されたトルク電流指令信号T_1は、入力側インバータ２１を介して入力側ダイナモメータ１１に入力され、また入力側ダイナモメータ１１にはある程度の損失が存在する。このため、入力側ダイナモメータ１１では、トルク電流指令信号T_1と等しいトルクが発生することはなく、ある程度の誤差が発生する。本実施例では、外乱オブザーバ５７Ｂによって、慣性補償器５１Ｂにおいて得られる推定信号と入力側角速度センサ３１を用いて得られる検出信号との差を用いてこのような外乱を補償する外乱補償トルク信号T_{obs}を生成し、これを慣性補償器５１Ｂにフィードバックすることにより、誤差の無い電気慣性制御を実現する。

[0046] 次に、本実施例の電気慣性制御装置５Ｂの効果について、実施例１の電気慣性制御装置５Ａと比較しながら説明する。ここでは、図４及び図５に示すシミュレーションと同様に、実環境を想定して、入力側軸トルク検出信号T_{12}には所定のむだ時間を設定した。またここでは、意図しない外乱が入力される場合を想定して、入力側ダイナモメータには、電気慣性制御装置５Ａ，５Ｂで生成されるトルク電流指令信号T_1に所定の外乱トルク信号を重畳したものを入力した。

[0047] 図７は、実施例１の電気慣性制御装置５Ａのシミュレーション結果を示す図である。実施例１の電気慣性制御装置５Ａでは、外乱の存在を考慮していないため、図７に示すように、上位指令トルク信号Ｔ*と入力側軸トルク検出信号T_{12}との間には一定量の誤差が残留する。またこのため、入力角速度検出信号ω_1と慣性相当速度ω_{set}とは大きく乖離する。このため、外乱が存在すると電気慣性制御装置５Ａでは電気慣性制御の目的を達成できなくなる場

合がある。

[0048] 図８は、実施例２の電気慣性制御装置５Ｂのシミュレーション結果を示す図である。実施例２の電気慣性制御装置５Ｂでは、慣性補償器５１Ｂによって入力側軸トルク検出信号T_{12}を直接フィードバックするとともに、これに外乱オブザーバ５７Ｂによって生成された外乱補償トルク信号T_{obs}を用いることによって慣性補償トルク信号T_{ref}を生成する。このため、外乱による誤差を解消しながら、上位指令トルク信号Ｔ*の変化に対し速やかに入力側軸トルク検出信号T_{12}を追従させ、かつ入力側角速度検出信号ω_1を精度良く慣性相当速度ω_{set}に一致させることができる。

実施例 3

[0049] 次に、図９を参照して実施例３の電気慣性制御装置５Ｃについて説明する。なお以下の説明では、実施例１の電気慣性制御装置５Ａと同じ構成については同じ符号を付し、その詳細な説明を省略する。

[0050] 図９は、実施例３の電気慣性制御装置５Ｃの制御回路の構成を示す図である。電気慣性制御装置５Ｃは、上位指令トルク信号Ｔ*と入力側軸トルク検出信号T_{12}とに基づいて、所定の設定慣性モーメントJ_{set}を有する慣性体を模擬した慣性補償トルク信号T_{ref}を生成する慣性補償器５１Ｃと、共振抑制制御回路５３Ａと、慣性補償器５１Ｃを用いて得られる推定信号と入力側角速度検出信号ω_1を用いて得られる検出信号との差を用いて外乱補償トルク信号Ｔｏｂｓを生成する外乱オブザーバ５７Ｃと、を備える。

[0051] 慣性補償器５１Ｃは、下記式（３）に基づいて慣性補償トルク信号T_{ref}を生成する。より具体的には、慣性補償器５１Ｃは、上位指令トルク信号Ｔ*から入力側軸トルク検出信号T_{12}を減算することで得られるトルク信号と、外乱オブザーバ５７Ｃによって生成される外乱補償トルク信号T_{obs}を合算することによって変換前トルク信号（$T^*-T_{12}+T_{obs}$）を生成する。慣性補償器５１Ｃは、この変換前トルク信号に設定慣性モーメントJ_{set}に対する入力側ダイナモメータの慣性モーメントJ_1の比（J_1/J_{set}）を乗算することによって、変換後トルク信号を生成する。また慣性補償器５１Ｃは、この変換

後トルク信号に、入力側軸トルク検出信号T_{12}を合算することによって慣性補償トルク信号T_{ref}を生成する。

$$T_{ref}=(J_1/J_{set})\times(T^*-T_{12}+T_{obs})+T_{12} \quad (3)$$

[0052] 外乱オブザーバ５７Ｃは、慣性補償器５１Ｃにおける変換前トルク信号（$T^*-T_{12}+T_{obs}$）から、入力側角速度検出信号ω_1を微分しさらにこれに設定慣性モーメントJ_{set}を乗算して得られるトルク検出信号（$J_{set}\cdot s\cdot\omega_1$）を減算し、さらにこの信号からローパスフィルタ５７１によって所定のカットオフ信号より高い周波数成分のノイズを除去したものを外乱補償トルク信号T_{obs}とし、慣性補償器５１Ｃへ出力する。

[0053] 次に、本実施例の電気慣性制御装置５Ｃの効果を説明する。ここでは、図４及び図５に示すシミュレーションと同様に、実環境を想定して、入力側軸トルク検出信号T_{12}には所定のむだ時間を設定した。また上位指令トルク信号T^*は、実エンジンにおけるトルク脈動を再現すべく、最大値を１００［Ｎｍ］とし最小値を－１００［Ｎｍ］として、ダイナモメータシステムの共振周波数よりも低い所定の加振周波数で振動させた。

[0054] 図１０は、実施例３の電気慣性制御装置５Ｃのシミュレーション結果を示す図である。図１０に示すように、実施例３の電気慣性制御装置５Ｃでは、慣性補償器５１Ｃによって入力側軸トルク検出信号T_{12}を直接フィードバックして慣性補償トルク信号T_{ref}を生成し、さらにこの慣性補償トルク信号T_{ref}と入力側軸トルク検出信号T_{12}とを用いて共振抑制制御回路５３Ａによって入力側トルク電流指令信号T_1を生成する。これにより、ダイナモメータシステムにおける共振現象を抑制しながら、入力側軸トルク検出信号T_{12}を加振周波数で振動する上位指令トルク信号T^*に追従させることができる。またこれにより、図１０に示すように、入力側角速度検出信号ω_1を加振周波数で振動する慣性相当速度ω_{set}に精度良く一致させることができる。

[0055] 次に、本実施例の電気慣性制御装置５Ｃの効果について、実施例２の電気慣性制御装置５Ｂと比較しながら説明する。ここでは、図４及び図５に示すシミュレーションと同様に、実環境を想定して、入力側軸トルク検出信号T_1

$_2$には所定のむだ時間を設定し、また図１０のシミュレーションと同様に上位指令トルク信号Ｔ*を所定の加振周波数で振動させた。またここでは、電気慣性制御装置５Ｂ，５Ｃにおいて設定される慣性モーメントＪ$_1$には、実際の入力側ダイナモメータの慣性モーメントに対し所定のずれを設けた。

[0056] 図１１は、実施例２の電気慣性制御装置５Ｂのシミュレーション結果を示す図である。図１１に示すように、実施例２の電気慣性制御装置５Ｂでは、入力側角速度検出信号ω_1と慣性相当速度ω_{set}との間には僅かにずれが生じる。実施例２の電気慣性制御装置５Ｂの外乱オブザーバ５７Ｂは、図６に示すように、慣性モーメントの比（Ｊ$_1$／Ｊ$_{set}$）が乗算された後の変換後トルク信号に対し外乱補償を行うようになっている。このため、電気慣性制御装置５Ｂにおける慣性モーメントＪ$_1$に、設計誤差やその他部材等によるずれが生じた場合には、図１１に示すような補償ずれが生じる場合がある。

[0057] 図１２は、実施例３の電気慣性制御装置５Ｃのシミュレーション結果を示す図である。実施例３の電気慣性制御装置５Ｃの外乱オブザーバ５７Ｃは、実施例２の電気慣性制御装置５Ｂと異なり、慣性モーメントの比（Ｊ$_1$／Ｊ$_{set}$）が乗算される前の変換前トルク信号に対し外乱補償を行うようになっている。このため、電気慣性制御装置５Ｃによれば、慣性モーメントＪ$_1$の推定誤差についても補償できるので、図１２に示すように、入力側角速度検出信号ω_1を慣性相当速度ω_{set}に精度良く追従させることができる。

実施例 4

[0058] 次に、図１３を参照して実施例４の電気慣性制御装置５Ｄについて説明する。なお以下の説明では、実施例１の電気慣性制御装置５Ａと同じ構成については同じ符号を付し、その詳細な説明を省略する。

[0059] 図１３は、実施例４の電気慣性制御装置５Ｄの制御回路の構成を示す図である。電気慣性制御装置５Ｄは、上位指令トルク信号Ｔ*と入力側軸トルク検出信号Ｔ$_{12}$とに基づいて、所定の設定慣性モーメントＪ$_{set}$を有する慣性体を模擬した慣性補償トルク信号Ｔ$_{ref}$を生成する慣性補償器５１Ｄと、共振抑制制御回路５３Ａと、慣性補償器５１Ｄを用いて得られる推定信号と入力側角

速度検出信号ω_1を用いて得られる検出信号との差を用いて外乱補償トルク信号T_{obs}を生成する外乱オブザーバ５７Ｄと、を備える。

[0060] 慣性補償器５１Ｄは、下記式（４）に基づいて慣性補償トルク信号T_{ref}を生成する。より具体的には、慣性補償器５１Ｄは、上位指令トルク信号Ｔ*から入力側軸トルク検出信号T_{12}を減算することで変換前トルク信号を生成し、この変換前トルク信号に設定慣性モーメントJ_{set}に対する入力側ダイナモメータの慣性モーメントJ_1の比（J_1/J_{set}）を乗算することによって、変換後トルク信号（（J_1/J_{set}）×（T^*-T_{12}））を生成する。また慣性補償器５１Ｄは、この変換後トルク信号に、外乱オブザーバ５７Ｄによって生成される外乱補償トルク信号T_{obs}と入力側軸トルク検出信号T_{12}とを合算することによって慣性補償トルク信号T_{ref}を生成する。

$$T_{ref}=(J_1/J_{set})\times(T^*-T_{12})+T_{obs}+T_{12} \quad (4)$$

[0061] 外乱オブザーバ５７Ｄは、慣性補償器５１Ｄにおける変換後トルク信号（（J_1/J_{set}）×（T^*-T_{12}））を積分しさらにこれに入力側ダイナモメータ１１の慣性モーメントJ_1の逆数を乗算して得られる角速度の次元を有する角速度推定信号から、入力角速度検出信号ω_1を減算し、さらにこの信号に入力側ダイナモメータ１１の慣性モーメントJ_1と無次元のゲインｇとを乗算したものを外乱補償トルク信号T_{obs}とし、慣性補償器５１Ｄへ出力する。

実施例 5

[0062] 次に、図１４を参照して実施例５の電気慣性制御装置５Ｅについて説明する。なお以下の説明では、実施例１の電気慣性制御装置５Ａと同じ構成については同じ符号を付し、その詳細な説明を省略する。

[0063] 図１４は、実施例５の電気慣性制御装置５Ｅの制御回路の構成を示す図である。電気慣性制御装置５Ｅは、上位指令トルク信号Ｔ*と入力側軸トルク検出信号T_{12}とに基づいて、所定の設定慣性モーメントJ_{set}を有する慣性体を模擬した慣性補償トルク信号T_{ref}を生成する慣性補償器５１Ｅと、共振抑制制御回路５３Ａと、慣性補償器５１Ｅを用いて得られる推定信号と入力側角速度検出信号ω_1を用いて得られる検出信号との差を用いて外乱補償トルク信

号T_{obs}を生成する外乱オブザーバ５７Ｅと、を備える。

[0064] 慣性補償器５１Ｅは、下記式（５）に基づいて慣性補償トルク信号T_{ref}を生成する。より具体的には、慣性補償器５１Ｅは、上位指令トルク信号Ｔ*から入力側軸トルク検出信号T_{12}を減算することで得られるトルク信号と、外乱オブザーバ５７Ｅによって生成される外乱補償トルク信号T_{obs}を合算することによって変換前トルク信号（$T^*-T_{12}+T_{obs}$）を生成する。慣性補償器５１Ｅは、この変換前トルク信号に設定慣性モーメントJ_{set}に対する入力側ダイナモメータの慣性モーメントJ_1の比（J_1/J_{set}）を乗算することによって、変換後トルク信号を生成する。また慣性補償器５１Ｅは、この変換後トルク信号に、入力側軸トルク検出信号T_{12}を合算することによって慣性補償トルク信号T_{ref}を生成する。

$$T_{ref}=(J_1/J_{set})\times(T^*-T_{12}+T_{obs})+T_{12} \quad (5)$$

[0065] 外乱オブザーバ５７Ｅは、慣性補償器５１Ｅにおいて、上位指令トルク信号Ｔ*から入力側軸トルク検出信号T_{12}を減算することによって得られるトルク信号（T^*-T_{12}）を積分しさらにこれに設定慣性モーメントJ_{set}の逆数を乗算して得られる角速度の次元を有する角速度推定信号から、入力角速度検出信号ω_1を減算し、さらにこの信号に設定慣性モーメントJ_{set}と無次元のゲインｇとを乗算したものを外乱補償トルク信号T_{obs}とし、慣性補償器５１Ｅへ出力する。

[0066] 以上本発明の実施例１～５の電気慣性制御装置５Ａ～５Ｅについて説明したが、本発明はこれに限らない。より具体的には、上記実施例１～５では、入力側ダイナモメータ１１と供試体Ｗと吸収側ダイナモメータ１２とを連結して構成されるダイナモメータシステムＳにおいて、入力側ダイナモメータ１１に電気慣性制御を行う電気慣性制御装置５Ａ～５Ｅに本発明を適用した場合について説明したが、本発明はこれに限らない。本発明の電気慣性制御装置は、上記ダイナモメータシステムＳにおいて、吸収側ダイナモメータ１２に電気慣性制御を行うものに適用してもよい。

符号の説明

[0067] Ｓ…ダイナモメータシステム

Ｗ…供試体

Ｗｉ…入力軸

Ｗｏ…出力軸

１１…入力側ダイナモメータ（ダイナモメータ）

Ｓ１…入力側連結軸（連結軸）

２１…入力側インバータ（インバータ）

３１…入力側角速度センサ（角速度センサ）

４１…入力側軸トルクセンサ（軸トルクセンサ）

５，５Ａ，５Ｂ，５Ｃ，５Ｄ，５Ｅ…電気慣性制御装置

請求の範囲

[請求項1] 入力軸と出力軸とを備える供試体と、

前記入力軸又は前記出力軸の何れかと連結軸を介して接続されたダイナモメータと、

トルク電流指令信号に応じて前記ダイナモメータに電力を供給するインバータと、

前記連結軸に発生する軸トルクに応じた軸トルク検出信号を発生する軸トルクセンサと、を備えるダイナモメータシステムにおいて、前記ダイナモメータによって所定の設定慣性を有する慣性体の挙動を模擬する電気慣性制御装置であって、

上位指令トルク信号から前記軸トルク検出信号を減じて得られる信号に前記設定慣性に対する前記ダイナモメータの慣性の比を乗算することによってトルク信号を生成し、当該トルク信号と前記軸トルク検出信号とを合算することにより、前記慣性体を模擬した慣性補償トルク信号を生成する慣性補償器と、

前記慣性補償トルク信号と前記軸トルク検出信号とを用いることによって、前記供試体と前記ダイナモメータとを含む機械系の共振を抑制するように前記トルク電流指令信号を生成する共振抑制制御回路と、を備えることを特徴とする電気慣性制御装置。

[請求項2] 前記ダイナモメータシステムは、前記ダイナモメータの角速度に応じた角速度検出信号を発生する角速度センサを備え、

前記電気慣性制御装置は、前記慣性補償器を用いて得られる推定信号と前記角速度検出信号を用いて得られる検出信号との差を用いて外乱補償トルク信号を生成する外乱オブザーバをさらに備え、

前記慣性補償器は、前記比を乗算する前に得られるトルク信号又は前記比を乗算した後に得られるトルク信号に前記外乱補償トルク信号を合算することによって得られるトルク信号を用いて前記慣性補償トルク信号を生成することを特徴とする請求項１に記載の電気慣性制御

装置。

[請求項3] 前記慣性補償器は、前記上位指令トルク信号から前記軸トルク検出信号を減算することで変換前トルク信号を生成し、当該変換前トルク信号に前記比を乗算することで変換後トルク信号を生成し、当該変換後トルク信号と前記外乱補償トルク信号と前記軸トルク検出信号とを合算することによって前記慣性補償トルク信号を生成し、

前記外乱オブザーバは、前記変換後トルク信号と前記外乱補償トルク信号とを合算して得られる信号から、前記角速度検出信号を微分し、さらに前記ダイナモメータの慣性を乗算して得られる信号を減算することによって前記外乱補償トルク信号を生成することを特徴とする請求項２に記載の電気慣性制御装置。

[請求項4] 前記慣性補償器は、前記上位指令トルク信号から前記軸トルク検出信号を減算して得られる信号に前記外乱補償トルク信号を合算することで変換前トルク信号を生成し、当該変換前トルク信号に前記比を乗算することで変換後トルク信号を生成し、当該変換後トルク信号と前記軸トルク検出信号とを合算することによって前記慣性補償トルク信号を生成し、

前記外乱オブザーバは、前記変換前トルク信号から、前記角速度検出信号を微分し、さらに前記設定慣性を乗算して得られる信号を減算することによって前記外乱補償トルク信号を生成することを特徴とする請求項２に記載の電気慣性制御装置。

[請求項5] 前記慣性補償器は、前記上位指令トルク信号から前記軸トルク検出信号を減算することで変換前トルク信号を生成し、当該変換前トルク信号に前記比を乗算することで変換後トルク信号を生成し、当該変換後トルク信号と前記外乱補償トルク信号と前記軸トルク検出信号とを合算することによって前記慣性補償トルク信号を生成し、

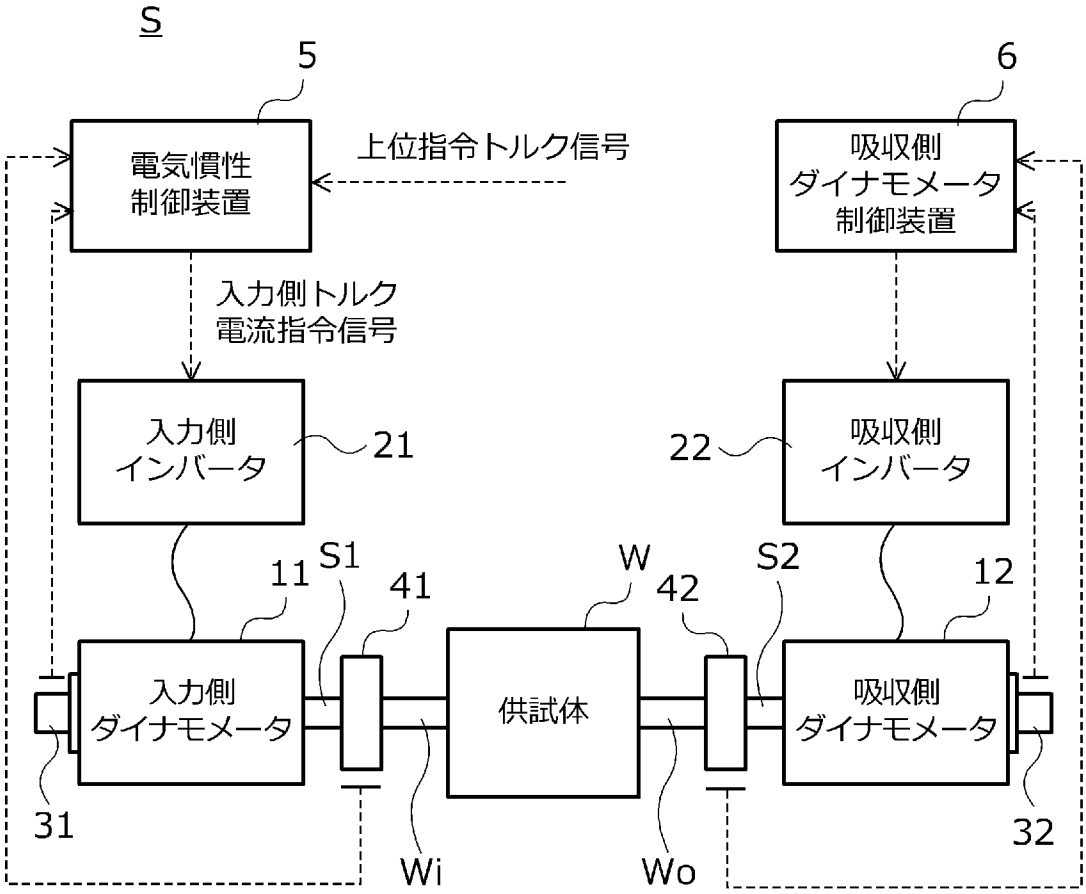
前記外乱オブザーバは、前記変換後トルク信号を積分し、さらに前記ダイナモメータの慣性の逆数を乗算して得られる信号から、前記角

速度検出信号を減算することで角速度信号を生成し、当該角速度信号に慣性の次元を有するパラメータを乗算することによって前記外乱補償トルク信号を生成することを特徴とする請求項２に記載の電気慣性制御装置。

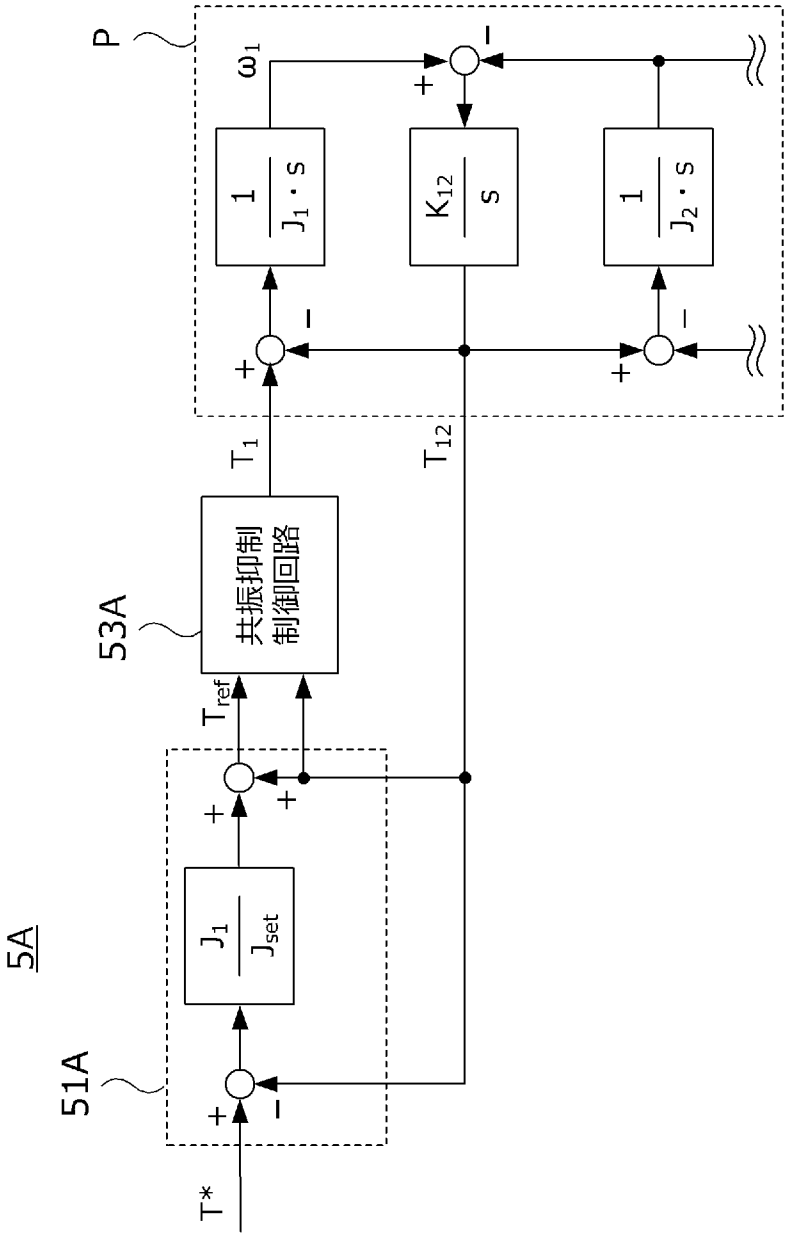
[請求項6] 前記慣性補償器は、前記上位指令トルク信号から前記軸トルク検出信号を減算し、さらに前記外乱補償トルク信号を合算することで変換前トルク信号を生成し、当該変換前トルク信号に前記比を乗算することで変換後トルク信号を生成し、当該変換後トルク信号と前記軸トルク検出信号とを合算することによって前記慣性補償トルク信号を生成し、

前記外乱オブザーバは、前記上位指令トルク信号から前記軸トルク検出信号を減算して得られる信号を積分し、さらに前記設定慣性の逆数を乗算して得られる信号から、前記角速度検出信号を減算することで角速度信号を生成し、当該角速度信号に慣性の次元を有するパラメータを乗算することによって前記外乱補償トルク信号を生成することを特徴とする請求項２に記載の電気慣性制御装置。

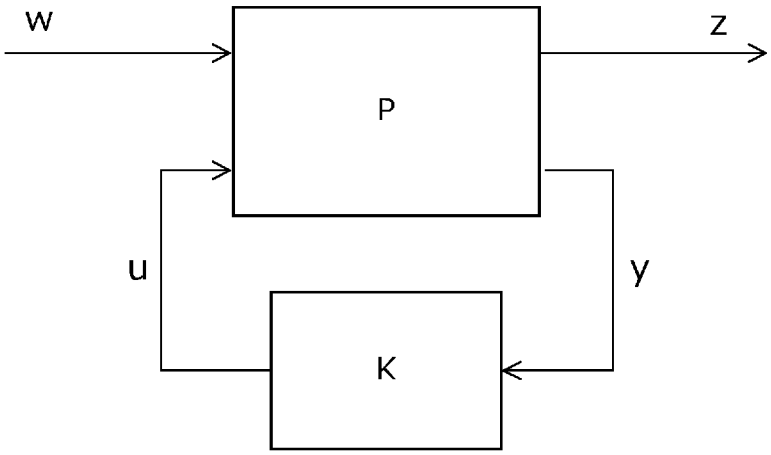
[図1]


S
5
6
電気慣性
制御装置
上位指令トルク信号
吸収側
ダイナモメータ
制御装置
入力側トルク
電流指令信号
入力側
インバータ
21
22
吸収側
インバータ
11
S1
41
W
42
S2
12
入力側
ダイナモメータ
供試体
吸収側
ダイナモメータ
31
Wi
Wo
32

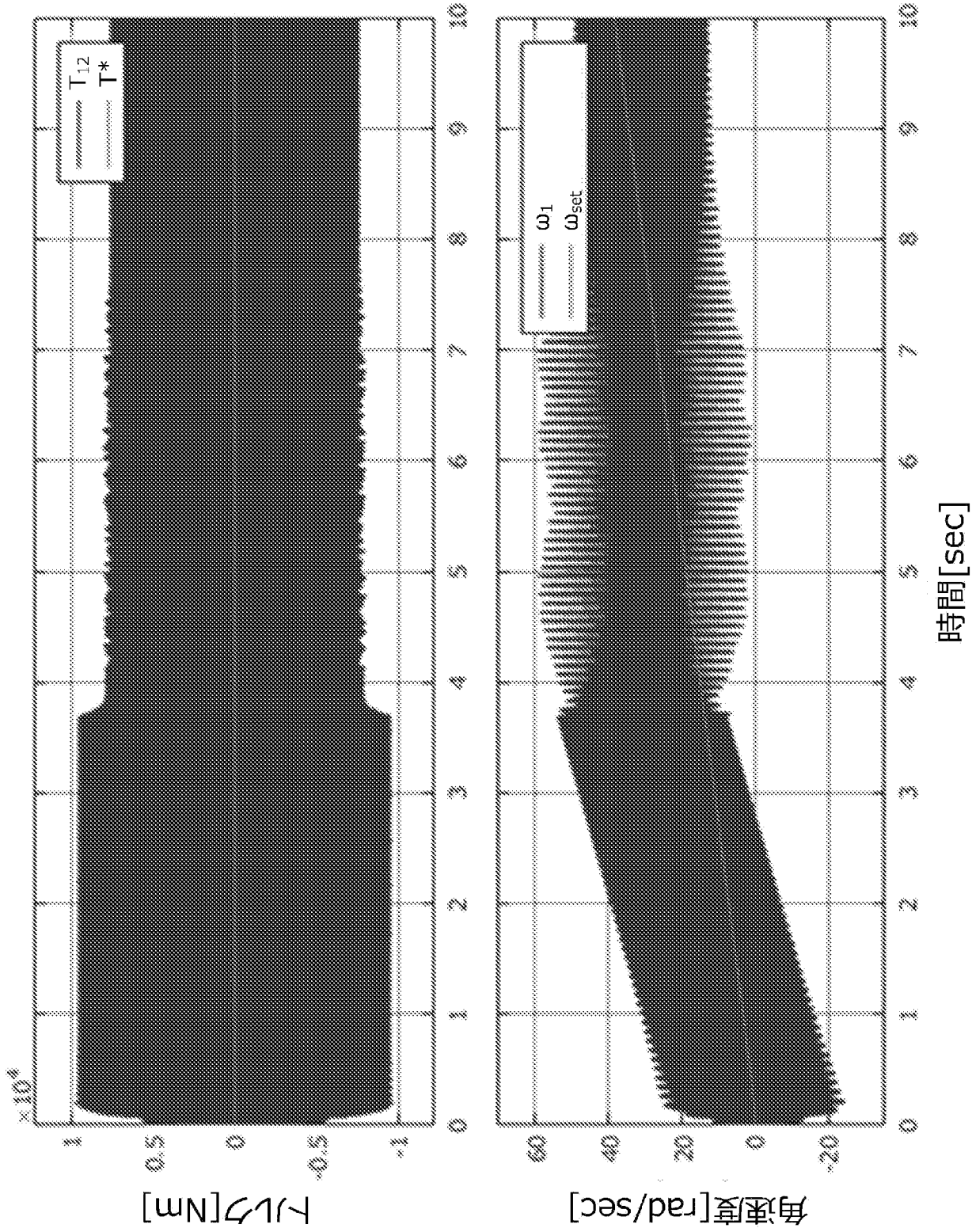
[図2]



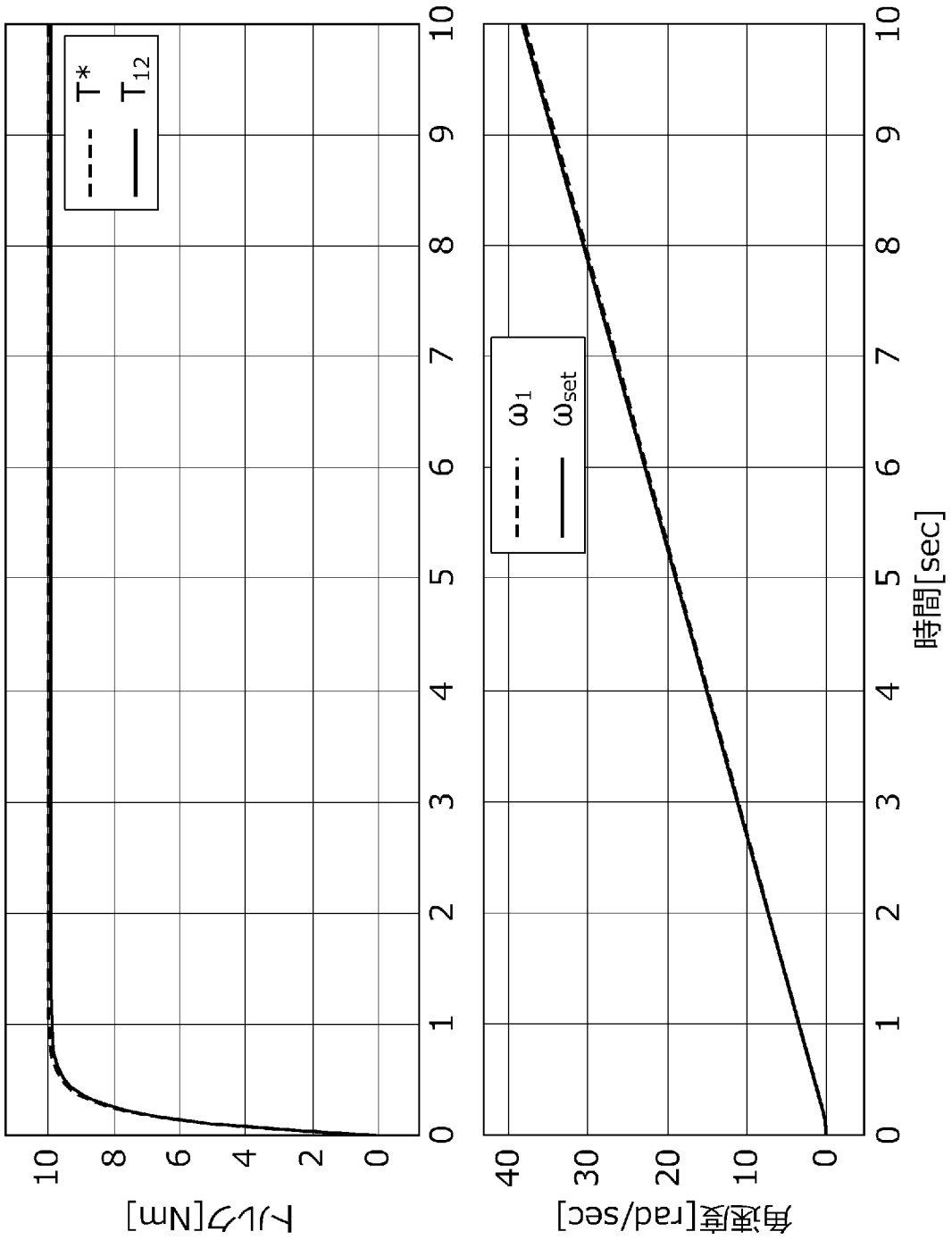
[図3]



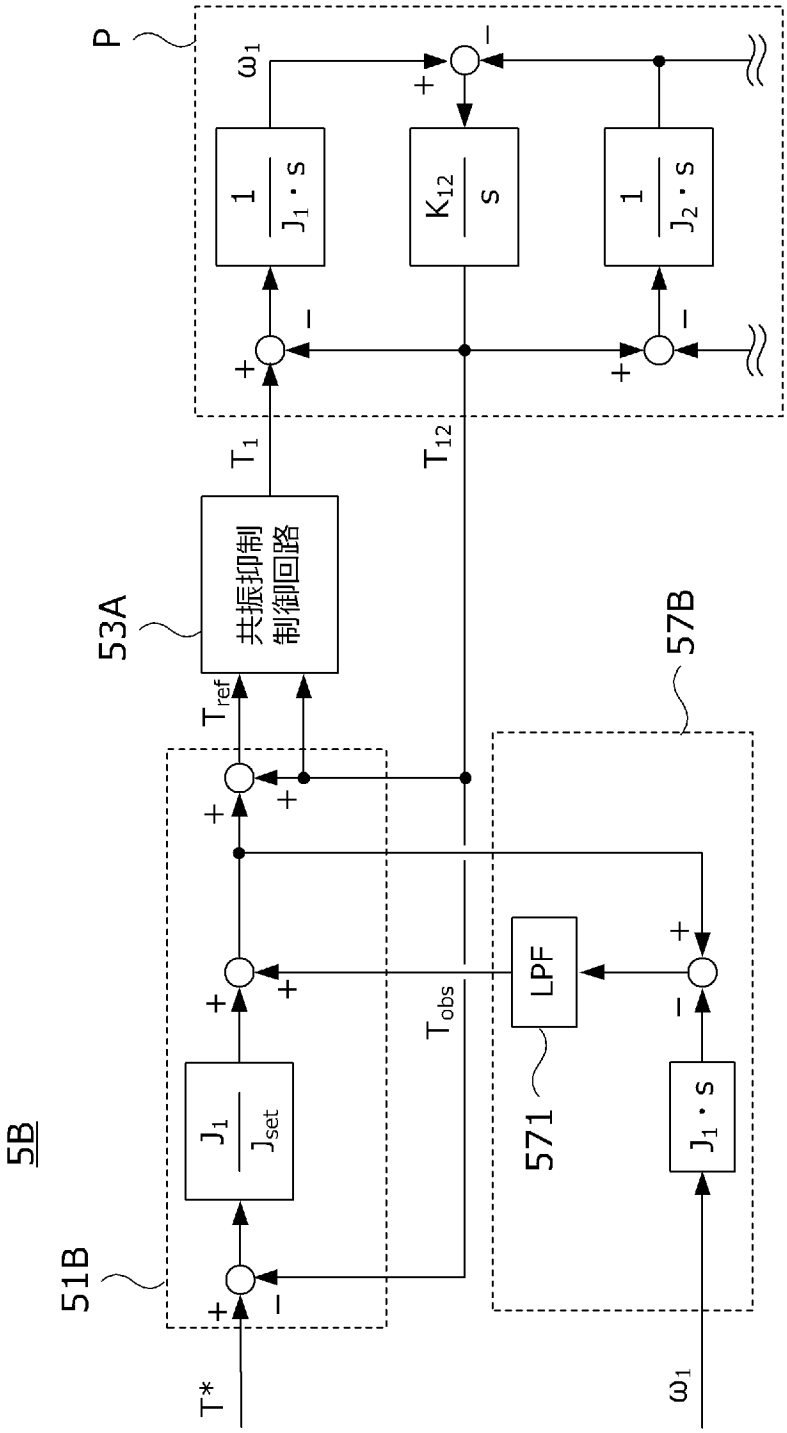
[図4]


トルク[Nm]
×10⁴
1
0.5
0
-0.5
-1
T12
T*
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
角速度[rad/sec]
60
40
20
0
-20
ω1
ωset
時間[sec]

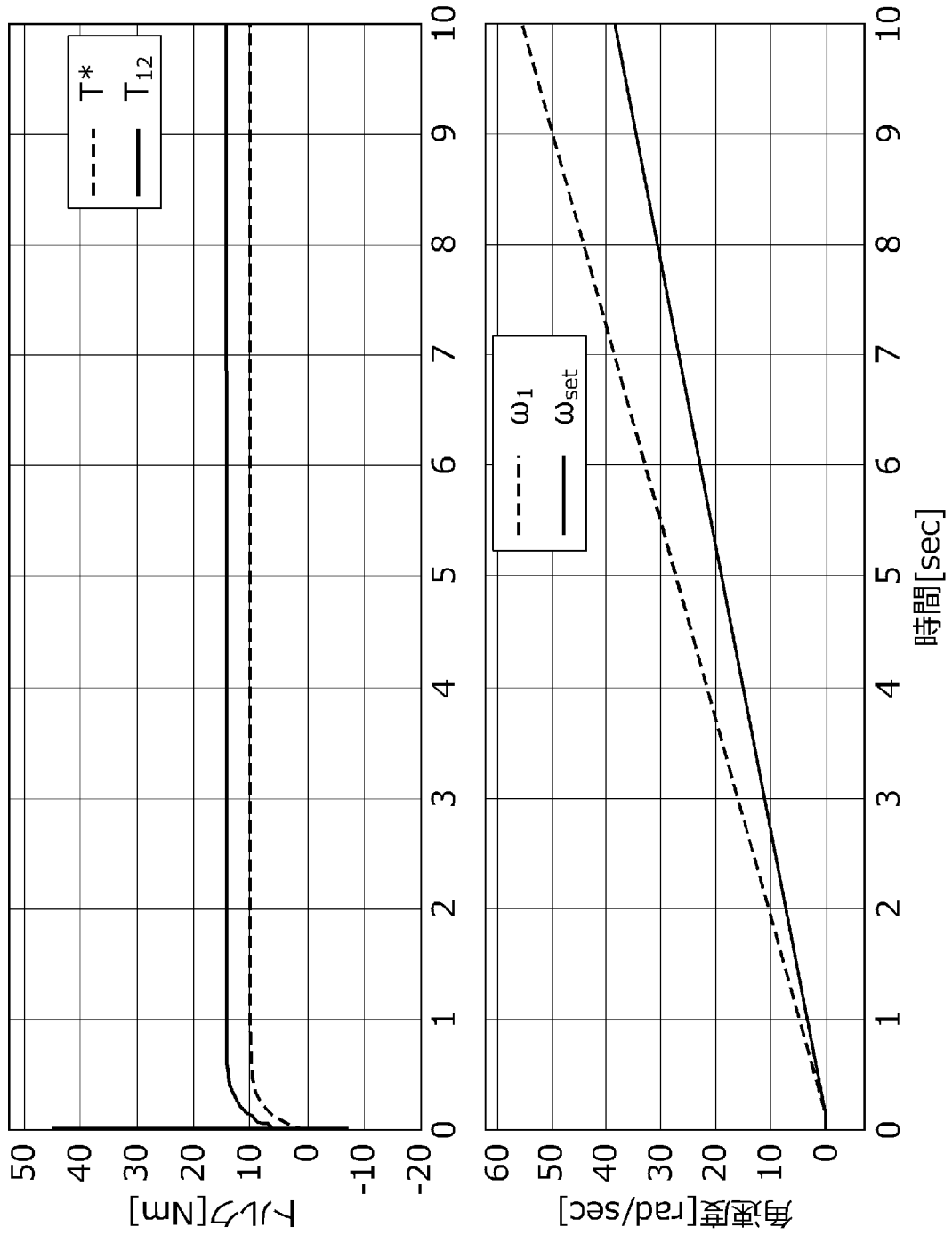
[図5]



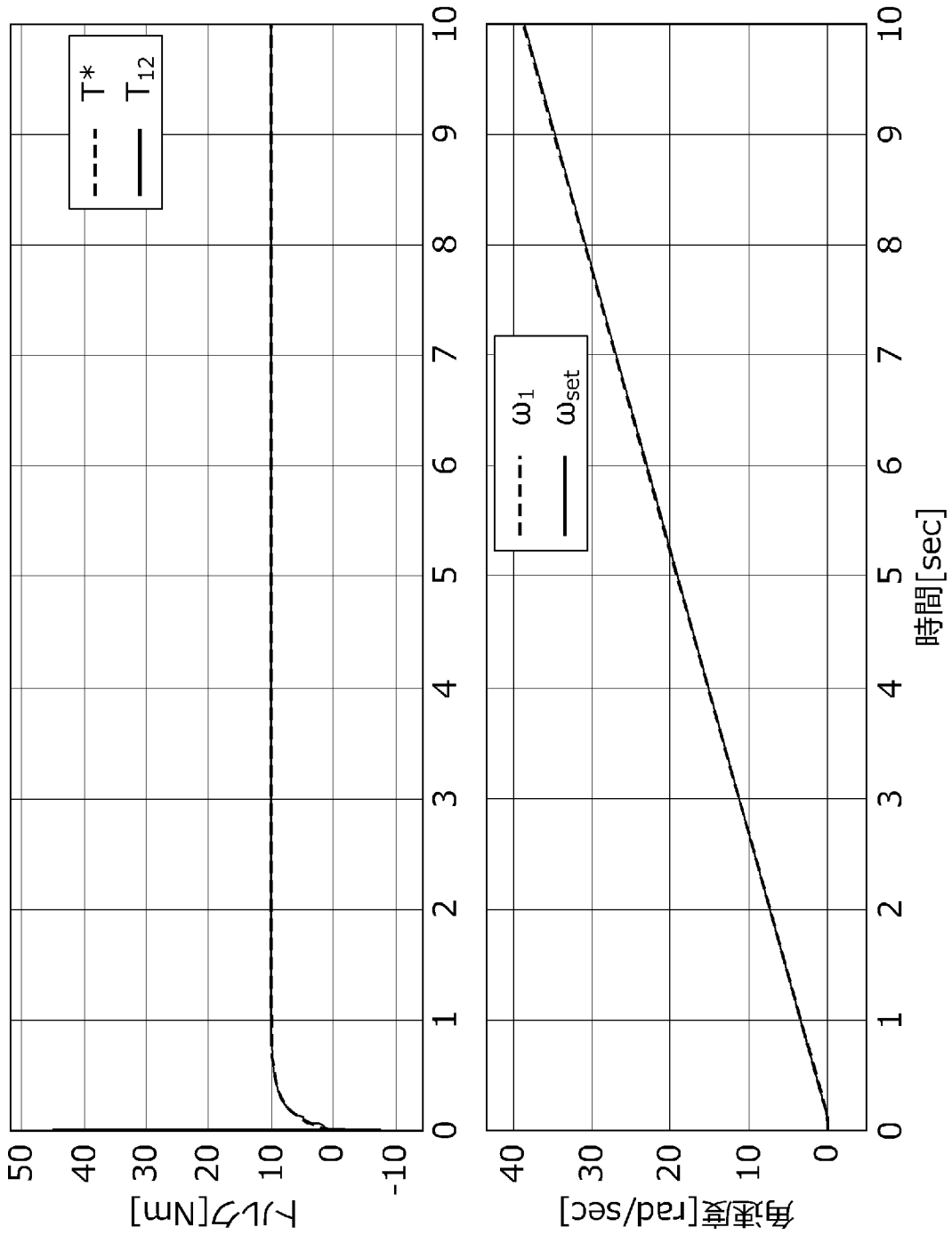
[図6]


P
ω1
1/(J1・s)
K12/s
1/(J2・s)
T1
T12
53A
共振抑制制御回路
Tref
57B
5B
51B
LPF
571
Tobs
J1/Jset
J1・s
T*
ω1

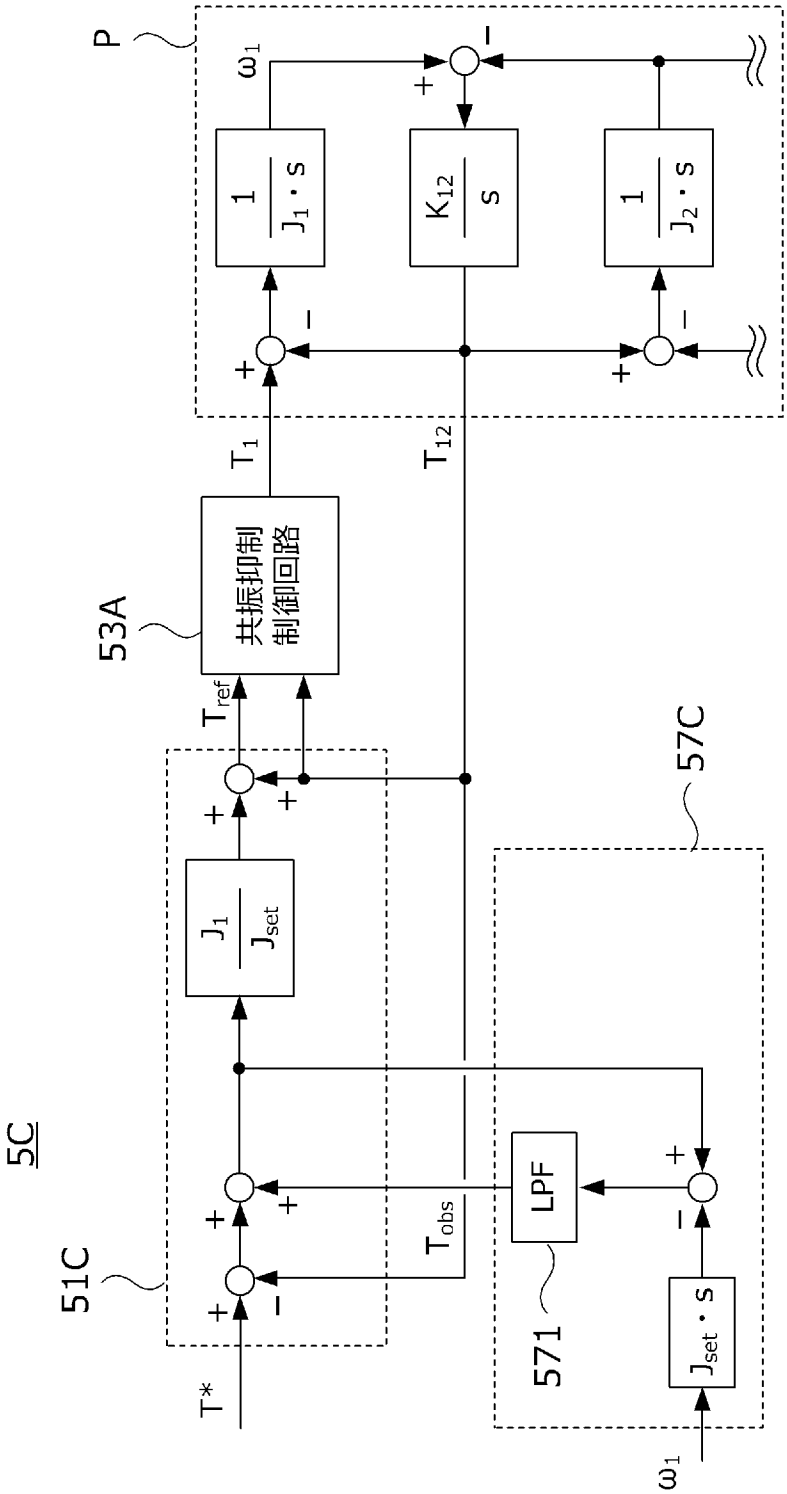
[図7]


トルク[Nm]
50
40
30
20
10
0
-10
-20
T*
T12
角速度[rad/sec]
60
50
40
30
20
10
0
ω1
ωset
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
時間[sec]

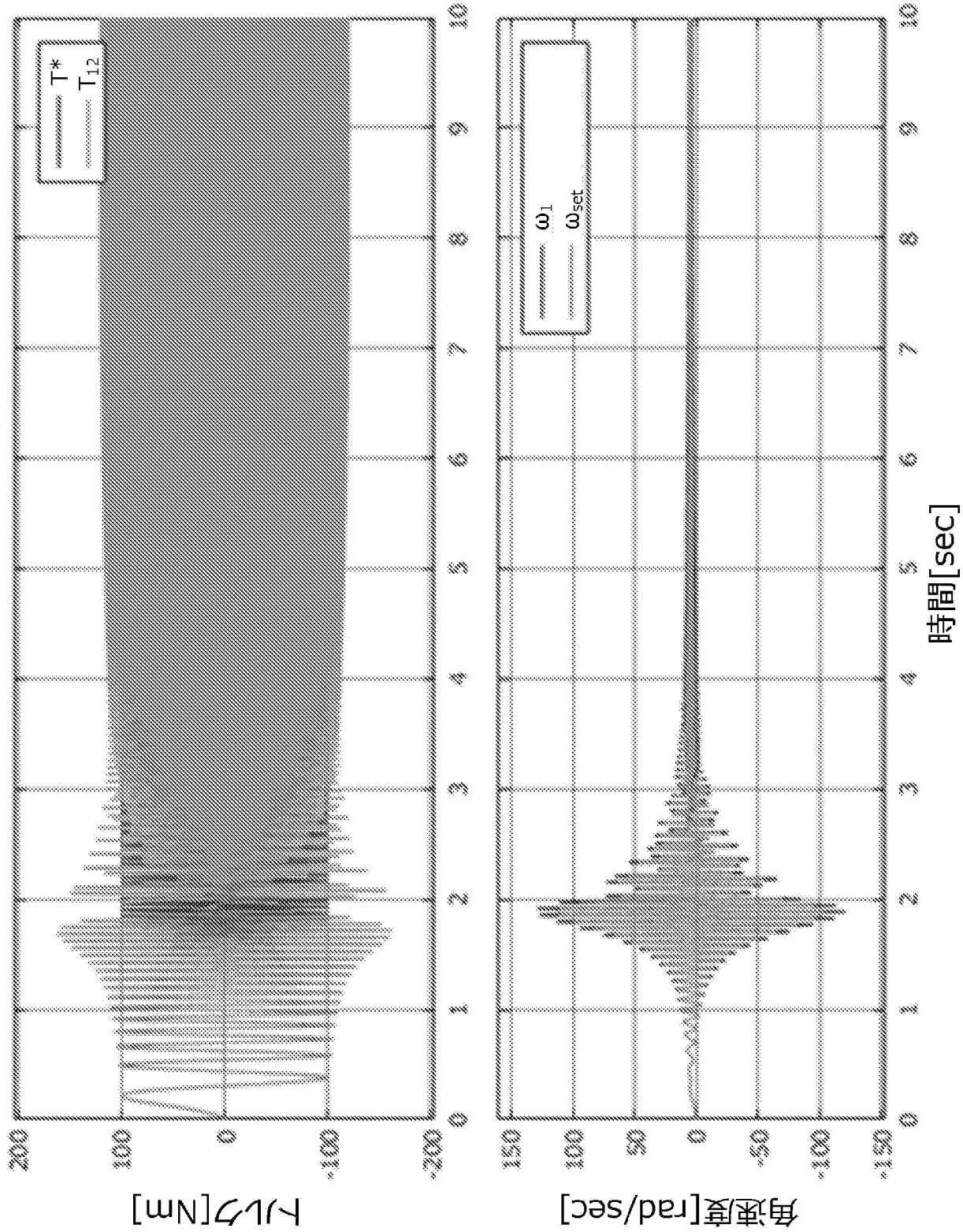
[図8]


トルク[Nm]
50
40
30
20
10
0
-10
T*
T12
角速度[rad/sec]
40
30
20
10
0
ω1
ωset
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
時間[sec]

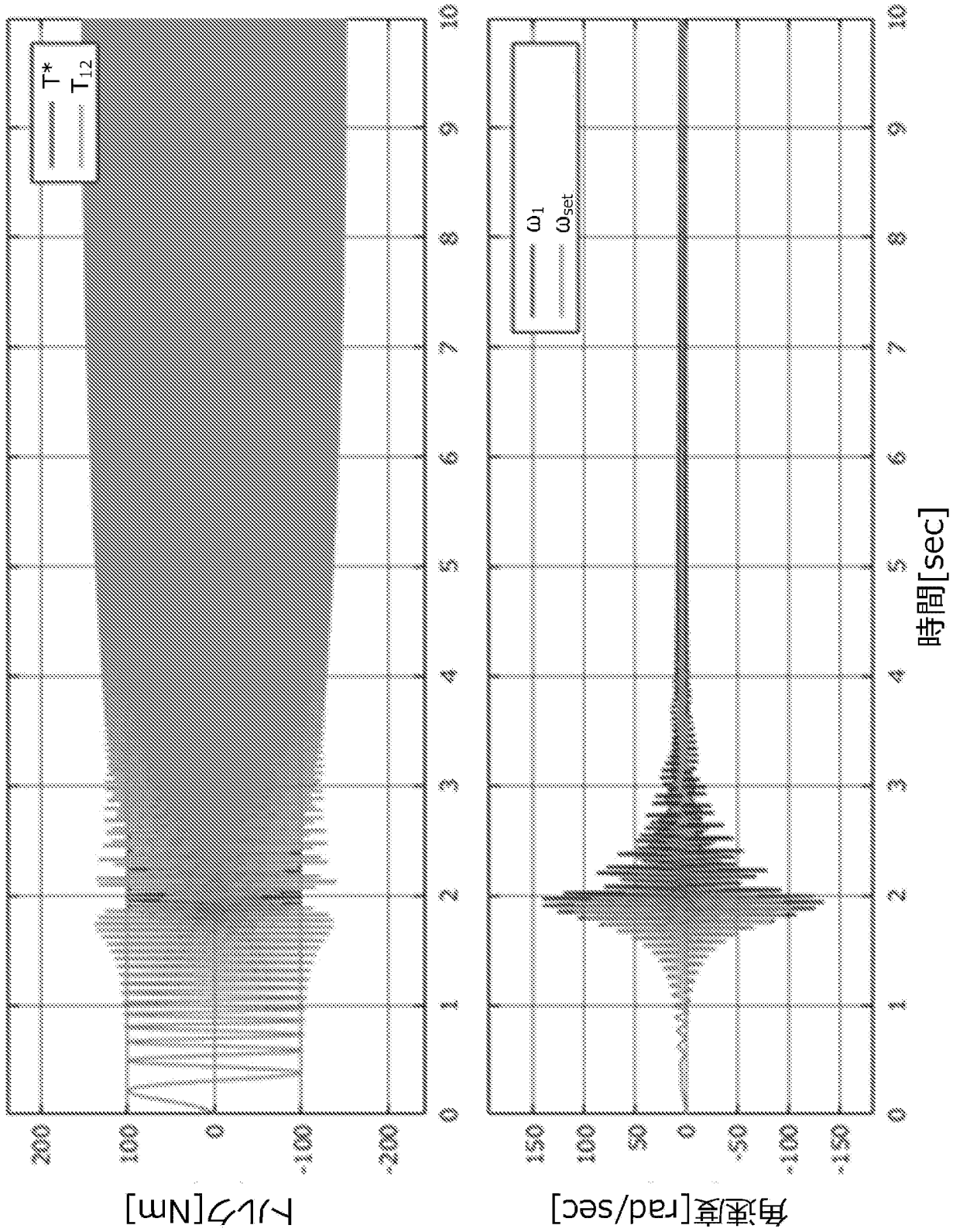
[図9]


P
ω1
1/(J1・s)
K12/s
1/(J2・s)
T1
T12
53A
共振抑制制御回路
Tref
57C
J1/Jset
5C
51C
LPF
Tobs
571
Jset・s
T*
ω1

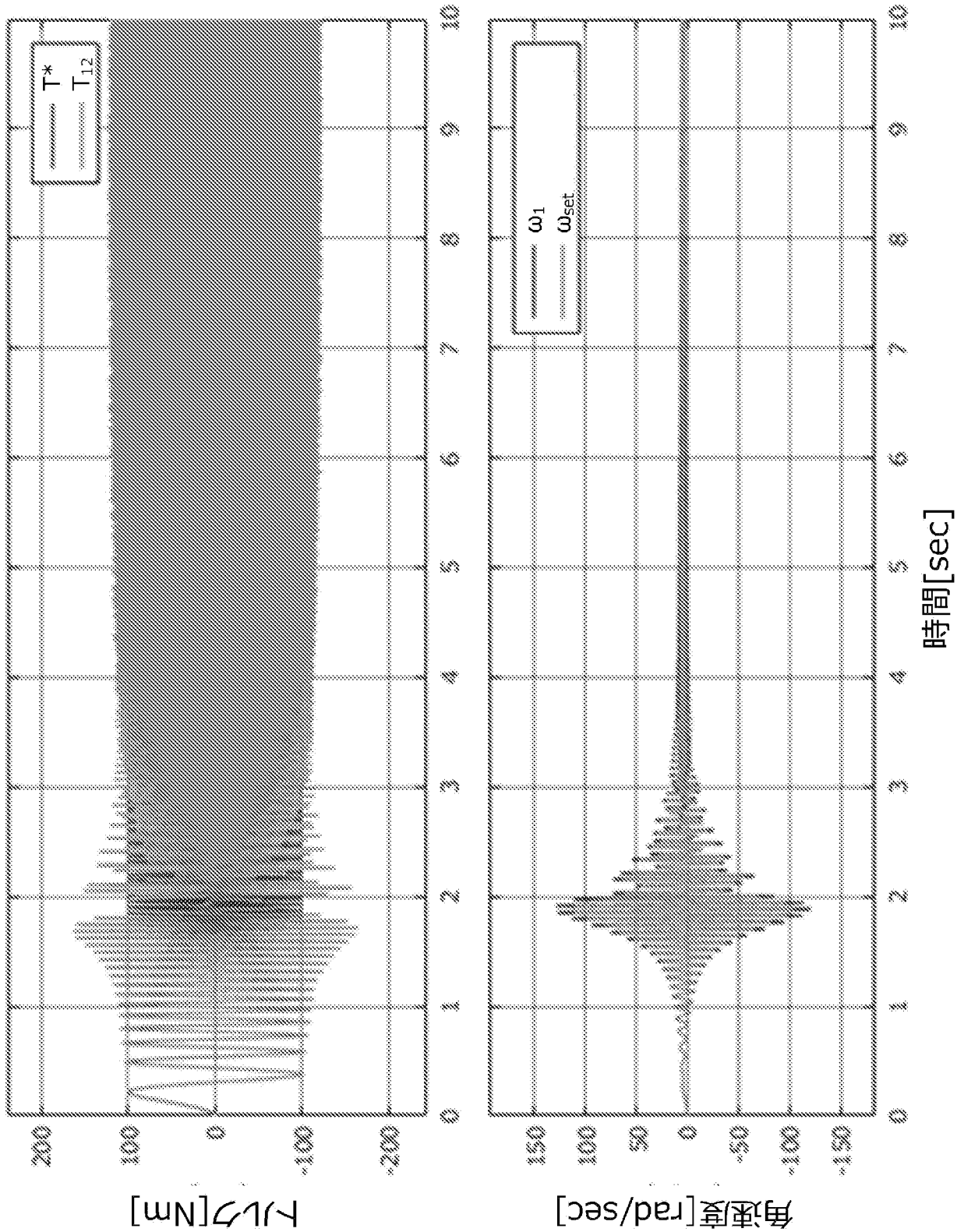
[図10]



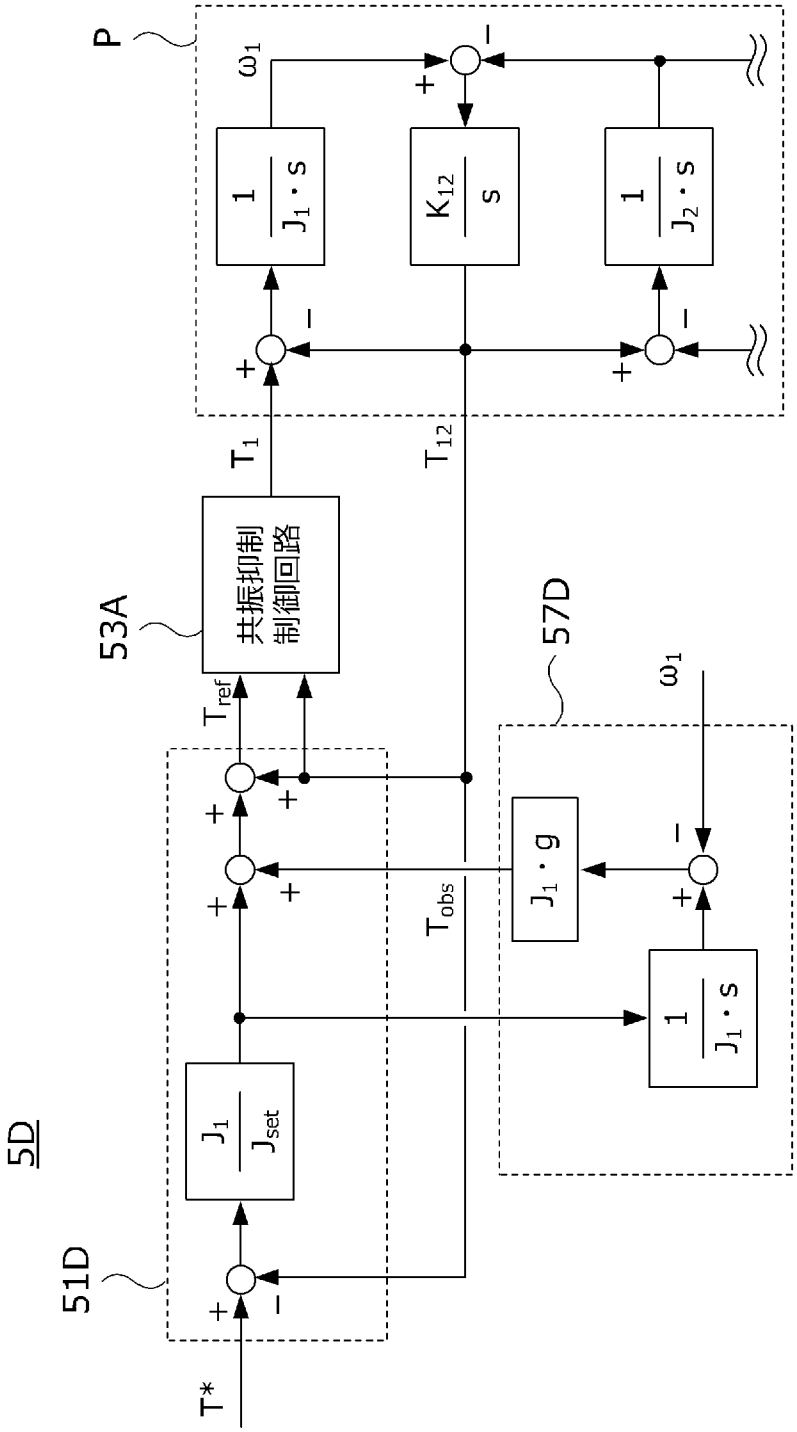
[図11]


トルク[Nm]
T*
T12
200
100
0
-100
-200
角速度[rad/sec]
ω1
ωset
150
100
50
0
-50
-100
-150
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
時間[sec]

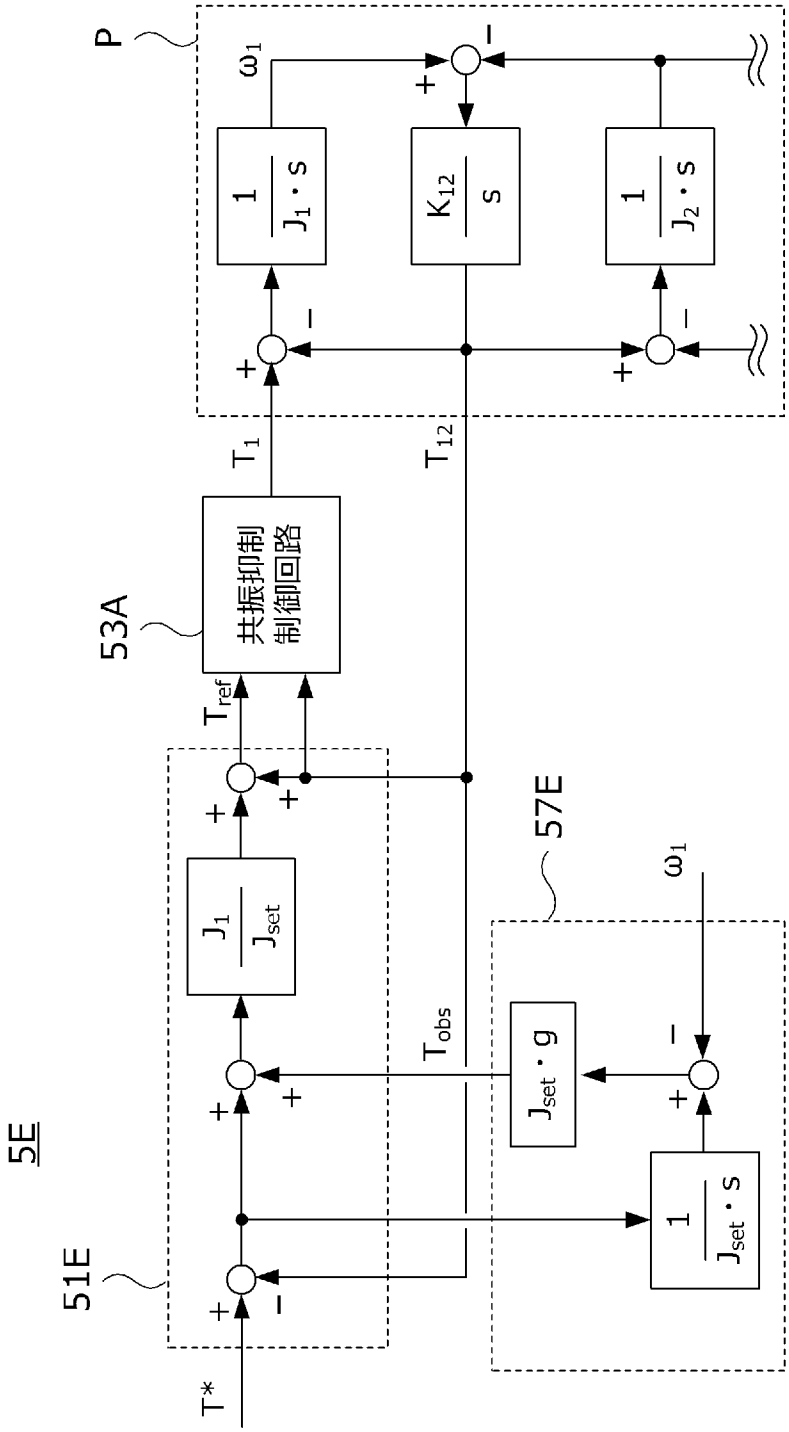
[図12]



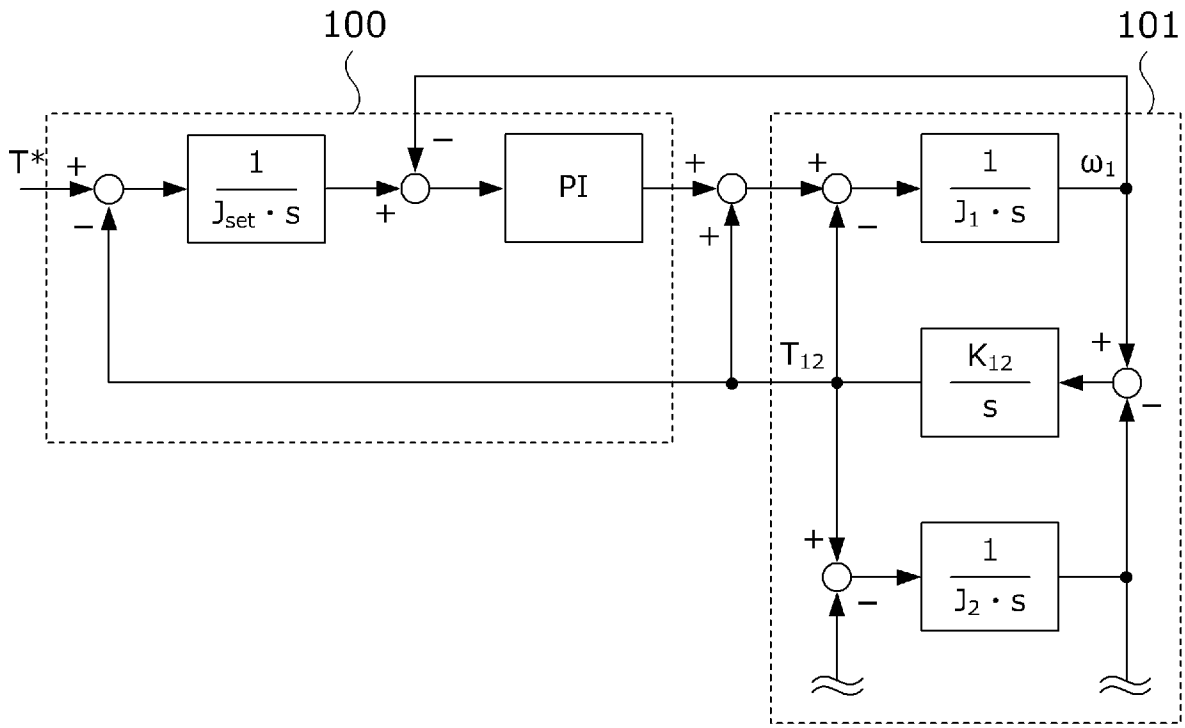
[図13]


P
ω1
1/(J1・s)
K12/s
1/(J2・s)
T1
T12
53A
共振抑制制御回路
Tref
57D
ω1
J1・g
Tobs
1/(J1・s)
5D
J1/Jset
51D
T*

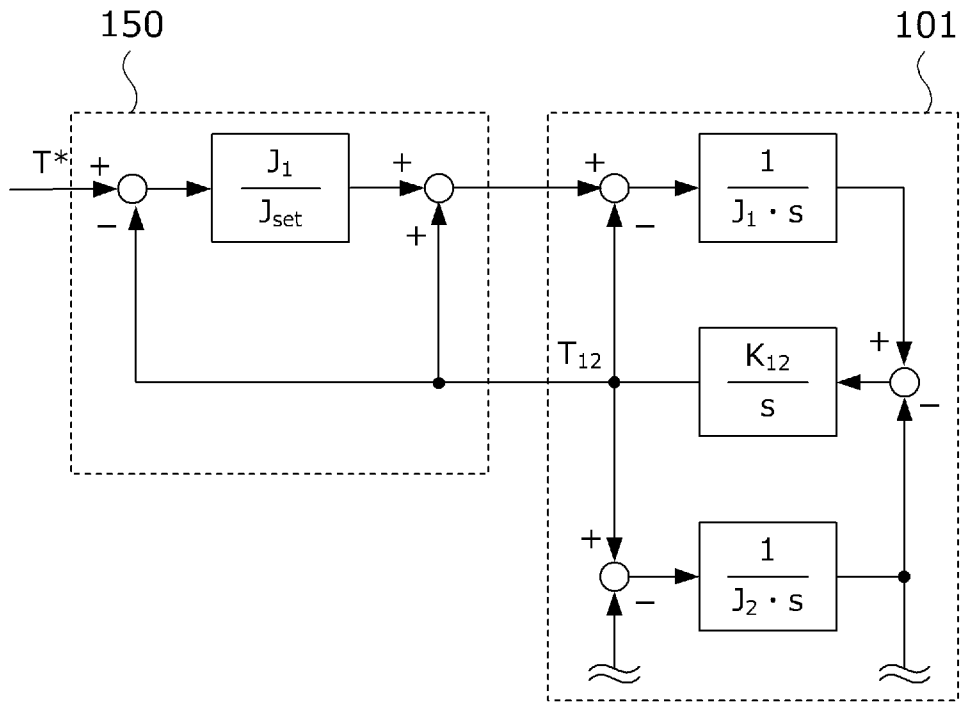
[図14]


P
ω1
1/(J1・s)
K12/s
1/(J2・s)
T1
T12
53A
共振抑制
制御回路
Tref
57E
ω1
5E
51E
T*
J1/Jset
Tobs
Jset・g
1/(Jset・s)

[図15]


100
101
T*
+
−
1
Jset・s
+
−
PI
+
+
+
−
1
J1・s
ω1
T12
K12
s
+
−
+
−
1
J2・s

[図16]


150
101
T*
+
−
J1
Jset
+
+
+
−
1
J1・s
T12
K12
s
+
−
+
−
1
J2・s

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2018/014943

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int. Cl. G01M17/007(2006.01)i, G01M13/02(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)
Int. Cl. G01M17/007, G01M13/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2018
Registered utility model specifications of Japan 1996-2018
Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

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.
Y A	JP 5935853 B2 (MEIDENSHA CORP.) 15 June 2016, paragraphs [0024]-[0041], fig. 1, 3 & WO 2016/052084 A1 & KR 10-2017-0046801 A & CN 107076643 A	1-4 5, 6
Y A	JP 2004-361255 A (MEIDENSHA CORP.) 24 December 2004, paragraphs [0002], [0003], [0058]-[0075], fig. 1-3 (Family: none)	1-4 5, 6
Y	JP 5605127 B2 (MEIDENSHA CORP.) 15 October 2014, paragraphs [0029]-[0031], fig. 2, 3 & JP 2012-68199 A	3
A	JP 3405924 B2 (TOYOTA MOTOR CORP.) 12 May 2003, entire text, all drawings & JP 2000-39380 A	1-6

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

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"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)
"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
"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
"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
"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
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
15.06.2018	26.06.2018
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2018/014943

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 5200715 B2 (MEIDENSHA CORP.) 05 June 2013, entire text, all drawings & JP 2010-19713 A	1-6

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１８／０１４９４３

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01M17/007(2006.01)i, G01M13/02(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.　G01M17/007, G01M13/02

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	１９７１－２０１８年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１８年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１８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
Y A	JP 5935853 B2 (株式会社明電舎) 2016.06.15, 段落[0024]-[0041], 第1,3図 & WO 2016/052084 A1 & KR 10-2017-0046801 A & CN 107076643 A	1-4 5,6
Y A	JP 2004-361255 A (株式会社明電舎) 2004.12.24, 段落[0002]-[0003],[0058]-[0075],第1-3図 (ファミリーなし)	1-4 5,6
Y	JP 5605127 B2 (株式会社明電舎) 2014.10.15, 段落[0029]-[0031], 第2,3図 & JP 2012-68199 A	3

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。　　☐　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の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	国際調査報告の発送日
１５．０６．２０１８	２６．０６．２０１８

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　２Ｊ　３１０２
萩田　裕介
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２５２

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 3405924 B2 (トヨタ自動車株式会社) 2003.05.12, 全文, 全図 & JP 2000-39380 A	1-6
A	JP 5200715 B2 (株式会社明電舎) 2013.06.05, 全文, 全図 & JP 2010-19713 A	1-6