

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2008年11月13日 (13.11.2008)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2008/136146 A1

- (51) 国際特許分類:
B21B 37/00 (2006.01) H02P 5/46 (2006.01)
B21B 35/06 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2007/072371
- (22) 国際出願日: 2007年11月19日 (19.11.2007)
- (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2007-121086 2007年5月1日 (01.05.2007) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 東芝三菱電機産業システム株式会社 (TOSHIBA MITSUBISHI-ELECTRIC INDUSTRIAL SYSTEMS CORPORATION) [JP/JP]; 〒1080073 東京都港区三田三丁目13番16号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 石田 尚 (ISHIDA,

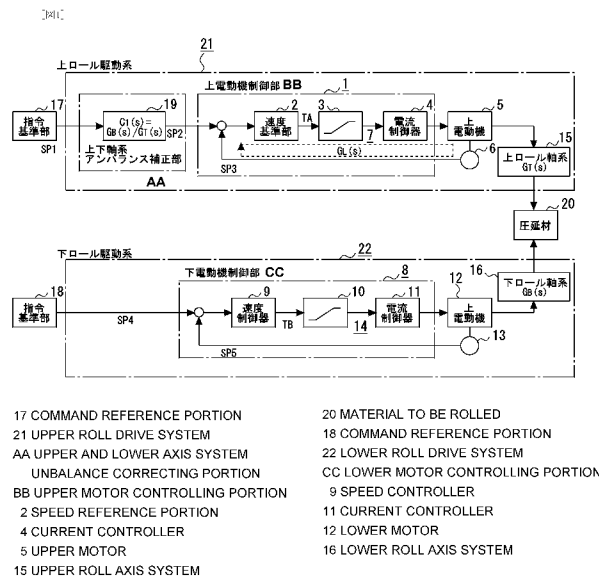
Takashi) [JP/JP]; 〒1080073 東京都港区三田三丁目13番16号 東芝三菱電機産業システム株式会社内 Tokyo (JP). 森 隆三 (MORI, Ryuzo) [JP/JP]; 〒1080073 東京都港区三田三丁目13番16号 東芝三菱電機産業システム株式会社内 Tokyo (JP). 福島航 (FUKUSHIMA, Wataru) [JP/JP]; 〒1080073 東京都港区三田三丁目13番16号 東芝三菱電機産業システム株式会社内 Tokyo (JP). 小玉 純康 (KODAMA, Sumiyasu) [JP/JP]; 〒1080073 東京都港区三田三丁目13番16号 東芝三菱電機産業システム株式会社内 Tokyo (JP).

- (74) 代理人: 高田 守, 外 (TAKADA, Mamoru et al.); 〒1600007 東京都新宿区荒木町20番地 インテック 88ビル5階 特許業務法人 高田・高橋国際特許事務所 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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,

[続葉有]

(54) Title: DRIVING DEVICE FOR MOTOR OF ROLLING MILL ROLL

(54) 発明の名称: 圧延ロール電動機の駆動装置



(57) Abstract: In a driving device for motors of rolling mill rolls, a control system corrects an asymmetry property of upper and lower rolling mill roll drive systems of a twin-drive method rolling machine where upper and lower rolling mill rolls are driven by upper and lower motors, respectively, in order to achieve synchronism of torque transmission to the upper and lower rolling mill rolls. This driving device for motors of rolling mill rolls is used for the rolling machine where the upper and lower rolling mill rolls are driven by the upper motor (5) and the lower motor (12), respectively, and either the upper motor (5) or lower motor (12) is located closer to a material to be rolled (20) than the other motor. Either an upper motor controlling portion (1) for controlling the upper motor (5) or a lower motor controlling portion (8) for controlling the lower motor (12) or both of them are equipped with an upper and lower axis system unbalance correcting portion for correcting a disagreement in propagated torque between the upper and lower rolling mill rolls to achieve synchronism of torque transmission to the upper and lower rolling mill rolls.

[続葉有]



GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(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, LS, MW, MZ, NA, SD,

添付公開書類:
— 国際調査報告書

(57) 要約: 上下圧延ロールを各々上電動機及び下電動機で駆動するツインドライブ方式圧延機の上下圧延ロール駆動系の非対称性を制御系で補正し、上下圧延ロールへのトルク伝達の同時性を図る圧延ロール電動機の駆動装置を提供する。このため、上下圧延ロールをそれぞれ上電動機 5 及び下電動機 12 で駆動し、上電動機 5 または下電動機 12 のどちらかを他方より圧延材 20 側へ配置する圧延機に用いられる圧延ロール電動機の駆動装置において、上電動機 5 を制御する上電動機制御部 1 と下電動機 12 を制御する下電動機制御部 8 のいずれか一方もしくは両方に、上下圧延ロールへの伝播トルクの不一致を補正する上下軸系アンバランス補正部を備えた。これにより、上下圧延ロールへのトルク伝達の同時性を図る。

明 細 書

圧延ロール電動機の駆動装置

技術分野

- [0001] この発明は、圧延ロール電動機の駆動装置に係り、特に、上下圧延ロールを別々の電動機で駆動するツインドライブ方式圧延機に用いられる圧延ロール電動機の駆動装置に関するものである。

背景技術

- [0002] 上下圧延ロールをそれぞれ上電動機及び下電動機で駆動するツインドライブ方式圧延機においては、それぞれの電動機が独立した制御系により制御されるため、上下電動機の負荷が不均一となり、電動機の熱的不平衡や上下トルクの相違に起因する圧延材の反りが発生する恐れがある。そこで上下電動機の負荷均一化及び圧延材の上反り、下反りを防止する目的で、上下電動機の負荷電流の基準値または実測値を監視し、均一化する負荷バランス制御方法が知られている(例えば、特許文献1参照)。
- [0003] また、圧延用電動機はスピンドル、カップリング、ロール、ギア等で構成される多質点ばね系の機械負荷を有しているが、電動機を含めた圧延ロール駆動系の固有振動数と圧延用電動機速度制御装置の速度応答周波数が近づくと、両者の共振により、制御系と機械系を含めた圧延機駆動システムが不安定系となり、過大な捩じり振動現象が発生する恐れがある。
- [0004] このような捩じり振動に対しては、設計段階において上及び下ロール軸系の固有振動数をそれぞれ評価し、電動機制御系の速度応答との共振を回避するよう両者を十分に離れた値に設計するのが一般的である。また、制御系に機械系のモデルを組み込み、機械系の挙動を推定し、トルク基準を補正することにより振動を抑制する技術も知られている(例えば、特許文献2参照)。
- [0005] 特許文献1: 日本特開平09-295016号公報
特許文献2: 日本特開平06-98580号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0006] 上下圧延ロールをそれぞれ上電動機及び下電動機で駆動するツインドライブ方式圧延機では、図5にその概略構成を示すように、上圧延ロール50と上電動機51、及び下圧延ロール52と下電動機53間のそれぞれを連結するユニバーサルカップリング54, 55, 56, 57の潤滑等の問題から、ユニバーサルカップリング54, 55、あるいはユニバーサルカップリング56, 57間におけるスピンドル58, 59の傾斜角度を大きくすることができず、上電動機51または下電動機53のどちらかを他方より前方、即ち、圧延材60側へ配置することによって上下電動機51, 53間の間隔を小さくし、スピンドル58, 59の傾斜角度を小さくしなければならない。上記を考慮し、上電動機51を下電動機53より前方へ配置したものをトップフォワード方式、下電動機53を上電動機51より前方へ配置したものをボトムフォワード方式と称している。
- [0007] 図5は上電動機51を下電動機53より前方へ配置したトップフォワード方式の圧延ロール駆動系の概略構成を表しているが、この図に示すように、ツインドライブ方式圧延機では上下の駆動軸系の機械構成が同一とならず、両者の伝達関数が異なる。このため上記特許文献1に開示された圧延ロール電動機の制御方法のように、たとえ電動機出力トルクを上下同一になるように制御しても圧延材60の上面及び下面に伝播するトルクが過渡的に不一致となり、例えば圧延材60の反りや損傷を引き起こす可能性がある。なお、図5の符号61, 62は上圧延ロール50, 下圧延ロール52のそれぞれをバックアップするバックアップロールを示し、符号63は下電動機53とユニバーサルカップリング57間の連結部を示している。
- [0008] また、ツインドライブ方式圧延機の上下トルクの不均一性を解消する目的で用いられてきた負荷バランス制御では、あくまで電動機における上下トルク(負荷電流)を監視して均一化させており、電動機から圧延ロールへトルクが伝播する際に生じる上下トルクの不一致については考慮されていない。
- [0009] また、特許文献2に開示されている機械系モデルを制御系へ組み込む手法は、上述のように振じり振動抑制制御等に用いられているが、上下機械軸系の挙動を監視し制御するには、モデル化誤差の影響を直接受けやすく、また上下両方の機械系モデルと制御フィードバック値も必要となり制御系が複雑化する。

[0010] この発明は上記のような課題を解決するためになされたものであり、ツインドライブ方式圧延機の上下圧延ロールへの伝播トルクの不一致を補正し、上下圧延ロールへのトルク伝達の同時性を図る圧延ロール電動機の駆動装置を提供するものである。

課題を解決するための手段

[0011] この発明による圧延ロール電動機の駆動装置は、上下圧延ロールをそれぞれ上電動機及び下電動機で駆動し、上記上電動機または上記下電動機のどちらかを他方より圧延材側へ配置する圧延機に用いられる圧延ロール電動機の駆動装置において、上記上電動機を制御する上電動機制御部と上記下電動機を制御する下電動機制御部のいずれか一方もしくは両方に、上記上下圧延ロールへの伝播トルクの不一致を補正する上下軸系アンバランス補正部を備えたものである。

発明の効果

[0012] この発明によれば、制御系・機械系を含めた上下圧延ロール駆動系の伝達関数を同一にすることができ、上下圧延ロールへのトルク伝達の同時性が図れる。従って、圧延材の上面及び下面に伝播するトルクを一致させることができ、圧延材の反りや損傷を引き起こす可能性がなくなる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]この発明の実施の形態1に係る圧延ロール電動機の駆動装置を示す概略制御ブロック図である。

[図2]この発明の実施の形態2に係る圧延ロール電動機の駆動装置を示す概略制御ブロック図である。

[図3]この発明の実施の形態3に係る圧延ロール電動機の駆動装置を示す概略制御ブロック図である。

[図4]負荷バランス演算部の概略制御ブロック図である。

[図5]従来のツインドライブ方式圧延機の概略構成を説明する図である。

[図6]補正を行わない状態における圧延ロール伝達トルクシミュレーション波形を示す図である。

[図7]補正を行わない状態における上下ロール軸のゲイン特性を示す図である。

[図8]多質点系(質点数 n)として表したロール軸系を示すブロック線図である。

[図9]2質点系として近似して表したロール軸系を示すブロック線図である。

[図10]補正を行った状態における圧延ロール伝達トルクシミュレーション波形を示す図である。

[図11]補正を行った状態における上下ロール軸のゲイン特性を示す図である。

符号の説明

- [0014]
- 1 上電動機制御部
 - 2 上電動機速度制御器
 - 3 上電動機トルク電流リミッタ
 - 4 上電動機電流制御器
 - 5, 51 上電動機
 - 6 上電動機速度センサ
 - 7 上電動機トルク制御手段
 - 8 下電動機制御部
 - 9 下電動機速度制御器
 - 10 下電動機トルク電流リミッタ
 - 11 下電動機電流制御器
 - 12, 53 下電動機
 - 13 下電動機速度センサ
 - 14 下電動機トルク制御手段
 - 15 上ロール軸系
 - 16 下ロール軸系
 - 17 上電動機速度基準部
 - 18 下電動機速度基準部
 - 19 上下軸系アンバランス補正部
 - 20, 60 圧延材
 - 21 上ロール駆動系
 - 22 下ロール駆動系

- 30 負荷バランス演算部
- 50 上圧延ロール
- 52 下圧延ロール
- 58, 59 スピンドル
- 54, 55, 56, 57 ユニバーサルカップリング
- 61, 62 バックアップロール
- 63 連結部

発明を実施するための最良の形態

[0015] 以下に添付図面を参照して、この発明に係る圧延ロール電動機の駆動装置について好適な実施の形態を説明する。

[0016] 実施の形態1.

この発明の実施の形態1を図1に基づいて説明する。図1はこの発明の実施の形態1に係る圧延ロール電動機の駆動装置を示す概略制御ブロック図で、上電動機を下電動機より前方へ配置するトップフォワード方式の実施例を示すものである。

[0017] 図1において、上電動機制御部1は、上電動機速度制御器2、上電動機トルク電流リミッタ3、及び上電動機電流制御器4から構成されている。この上電動機制御部1により上電動機5が制御され、その回転速度が上電動機速度センサ6により検出される。なお、上電動機トルク電流リミッタ3と上電動機電流制御器4は、後述するように上電動機実速度と上電動機速度基準の偏差が零になるように上電動機5のトルクを制御する上電動機トルク制御手段7を構成している。

[0018] また、下電動機制御部8は、下電動機速度制御器9、下電動機トルク電流リミッタ10、及び下電動機電流制御器11から構成されている。この下電動機制御部8により下電動機12が制御され、その回転速度が下電動機速度センサ13により検出される。なお、下電動機トルク電流リミッタ10と下電動機電流制御器11は、後述するように下電動機実速度と下電動機速度基準の偏差が零になるように下電動機12のトルクを制御する下電動機トルク制御手段14を構成している。また、符号15は上電動機5から上圧延ロール(図示せず)まで含めた上ロール軸系、符号16は下電動機12から下圧延ロール(図示せず)まで含めた下ロール軸系を示している。

[0019] 上電動機制御部1に対し上電動機5の速度基準を指令する上電動機速度基準部17が設けられており、下電動機制御部8に対し下電動機12の速度基準を指令する下電動機速度基準部18が設けられている。そして、上電動機速度基準部17の後段には、後述の動作を行う上下軸系アンバランス補正部19が配置されている。

[0020] 上記のように、上電動機5と下電動機12はそれぞれ独立した電動機制御部1, 8により制御され、それぞれの電動機5, 12の出力トルクは上ロール軸系15及び下ロール軸系16を伝播し、圧延材20へと到達する。これにより圧延材20が圧延される。なお、上下軸系アンバランス補正部19、上電動機制御部1、上電動機5、上電動機速度センサ6、上ロール軸系15により上ロール駆動系21が構成されており、下電動機制御部8、下電動機12、下電動機速度センサ13、下ロール軸系16により下ロール駆動系22が構成されている。

[0021] 実施の形態1に係る圧延ロール電動機の駆動装置は上記のように構成されており、次にその動作について説明する。

まず、上ロール駆動系21では、上電動機速度基準部17からの速度基準SP1を上下軸系アンバランス補正部19に入力することにより得られる補正速度基準SP2と、上電動機速度センサ6により検出される上電動機5の実速度SP3との偏差を上電動機速度制御器2に入力することにより上電動機トルク電流基準TAを得る。さらに上電動機トルク電流リミッタ3、上電動機電流制御器4を経て上電動機5へ電力が供給される。これにより上電動機5の実速度SP3と上電動機速度基準SP1との偏差が零になるように上電動機5のトルクを制御している。

[0022] 一方、下ロール駆動系22では、下電動機速度基準部18からの速度基準SP4と、下電動機速度センサ13により検出される下電動機12の実速度SP5との偏差を下電動機速度制御器9に入力することにより下電動機トルク電流基準TBを得る。さらに下電動機トルク電流リミッタ10、下電動機電流制御器11を経て下電動機12へ電力が供給される。これにより下電動機12の実速度SP5と下電動機速度基準SP4との偏差が零になるように下電動機12のトルクを制御している。

[0023] 上電動機5及び下電動機12から供給されるトルクはそれぞれ上ロール軸系15及び下ロール軸系16を介して圧延材20の上面及び下面に伝播される。上ロール軸系15

の伝達関数 $G_T(s)$ と下ロール軸系16の伝達関数 $G_B(s)$ は、従来技術において説明したように、ツインドライブ方式圧延機の機械的制約により同一にはならず、例え上電動機5及び下電動機12から供給されるトルクを同一になるように制御したとしても、圧延材20の上面及び下面に伝播されるトルクは過渡的に不一致となり、例えば圧延材20の反りや損傷を引き起こす恐れがある。これを解消するため、本実施の形態では、上下圧延ロールへのトルク伝達の同時性を図る目的で、上下軸系アンバランス補正部19において、その伝達関数 $C_1(s)$ を、 $C_1(s) = G_B(s) / G_T(s)$ と設定している。これにより、上下軸系アンバランス補正部19、上電動機制御部1、上電動機5、上電動機速度センサ6、及び上ロール軸系15から成る上ロール駆動系21と、下電動機制御部8、下電動機12、下電動機速度センサ13、及び下ロール軸系16から成る下ロール駆動系22との伝達関数を同一とすることが出来、圧延材20に伝達される上下トルクの不一致を解消すること事ができる。

[0024] 以上のように、実施の形態1によれば、上下圧延ロールへのトルク伝達の同時性が図れ、従って、圧延材20の上面及び下面に伝播するトルクを一致させることができ、圧延材20の反りや損傷を引き起こす可能性がなくなる効果が得られる。

[0025] 実施の形態2.

次に、この発明の実施の形態2について説明する。実施の形態1では上電動機速度基準SP1の後段に上下軸系アンバランス補正部19を配置する実施の形態を説明したが、速度制御ループ内へ当該補正部19を設けることにより、機械側に補正部19を近づけることが出来るため、上下圧延ロールへの伝播トルクの不一致の補正効果を一層高くすることができる。

[0026] 図2は実施の形態2に係る圧延ロール電動機の駆動装置を示す概略制御ブロック図で、この図から明らかなように、上下軸系アンバランス補正部19が上電動機速度フィードバックループ内である速度制御器2の後段に設置されている。そして、上下軸系アンバランス補正部19の伝達関数を $C_2(s) = C_1(s) / \{1 + G_L(s)\{1 - C_1(s)\}$ と設定している。ここで、 $G_L(s)$ は実施の形態1での速度フィードバックループの一巡伝達関数である。即ち、実施の形態1では上電動機速度フィードバックループの前段に上下軸系アンバランス補正部19を設置していたため、伝達関数 $C_1(s) = G_B(s) / G_T(s)$

)と設定したが、実施の形態2では上電動機速度フィードバックループ内へ当該補正部19を設置するためその伝達関数を $C_2(s) = C_1(s) / \{1 + G_L(s)\{1 - C_1(s)\}$ と設定している。なお、その他の構成については実施の形態1と同様であるので説明を省略する。

[0027] この実施の形態2によれば、実施の形態1による効果を奏すると共に、機械側に上下軸系アンバランス補正部19を近づけることが出来るため、上下ロールへの伝播トルクの不一致の補正効果を一層高くすることができる。

[0028] 実施の形態3.

次に、この発明の実施の形態3について説明する。実施の形態3は、実施の形態2の上下軸系アンバランス補正部19を負荷バランス制御と併用することにより、より上下圧延ロールへのトルク伝達の同時性を高めたものである。

[0029] 図3は実施の形態3に係る圧延ロール電動機の駆動装置を示す概略制御ブロック図である。実施の形態3に係る圧延ロール電動機の駆動装置は、上下それぞれのトルク電流基準TA及びTBを負荷バランス演算部30へ入力し、補正量を上トルク電流基準へ直接加算することにより、上電動機5及び下電動機12のトルク電流基準のアンバランスをすばやく補正するものである。なお、その他の構成については実施の形態2と同様であるので説明を省略する。

[0030] 図4に負荷バランス演算部30の概略制御ブロック図を示す。上下のトルク電流基準TA、TBの偏差に負荷バランス演算リミッタ30a及び負荷バランス演算レート30bを掛け、比例制御30cを行い上電動機5の電流基準TAへ加算することにより補正を行っている。さらに、図3に示すように負荷バランス演算部30の後段に上下軸系アンバランス補正部19を配置することにより、上下圧延ロールへのトルク伝達の同時性を一層高めることが可能となる。

[0031] 以上のように、この実施の形態3によれば、実施の形態1、あるいは実施の形態2により得られる効果を更に高めた上下圧延ロールへのトルク伝達の同時性を得ることが可能となる。

また、実施の形態4において後述する補正項を簡素化して用いる場合には、より効果的である。

[0032] 実施の形態4.

次に、この発明の実施の形態4について説明する。実施の形態4は、実施の形態1から実施の形態3における上下ロール軸系をばね・質量系で近似することにより、上下軸系アンバランス補正部19における補正項の伝達関数を、ばね・質量系の物理パラメータで表現するようにしたものである。

図6にツインドライブ方式圧延機の電動機及び圧延ロール端に電動機定格トルクに相当する外力をステップ状に与えた場合、つまり材噛み込み時における上下圧延ロール端トルク波形と上下トルク差の波形のシミュレーション例を示す。本例では上ロール軸系を4質点、下ロール軸系を5質点のばね・質量系で近似しており、一次ねじり固有振動数はそれぞれ上ロール軸系が約13.6Hz、下ロール軸系が約11.8Hzである。ステップ負荷が与えられた0.2秒の時点から徐々に上及び下圧延ロールに伝達するトルクにアンバランスが生じ、最大で0.8[PU]（電動機定格トルク基準）ものトルク差が圧延材を介して生じることとなる。また、振動の主成分は上下各々の一次ねじり振動数であることが分かる。図7に上下ロール軸系のゲイン特性とその上下差($20 \log(G_B(s)/G_T(s))$)を示すが、この上下ロール軸系間のゲイン差を補償するアンバランス補正項を上電動機または下電動機制御系、もしくはその両方に設けることにより上下トルクの不一致を解消することが出来る。

[0033] 補正項において上下ロール軸系伝達関数として用いるばね・質量系を機械軸系により近似するためには軸系モデルの質点数を増やせばよいが、実際に制御系に補正項を適用する場合、質点数を増やすと伝達関数の次数が大きくなって非常に複雑となり、制御系にサンプリング周期の制限上実現性に乏しく、また、補正項の調整パラメータ数も多くなる。参考として、図8に質点数をnとおいたときのロール軸系のブロック線図を示す。

ある程度のトルク差は実際の操業上問題にはならず、上下トルクの不一致を完全に解消する必要は無いため、質点数を減らすことにより補正項は簡素化を図ることが出来る。ここでは、上下ロール軸系をそれぞれ2質点系で近似することにより補正項の低次元化を図り、現状の制御系への実装を十分に可能としながら、かつ、もつとも顕著な一次ねじり振動数による上下トルクアンバランスの低減を図る。図9に2質点系で

近似したロール軸系のブロック線図を示す。この図9よりロール軸系を2質点系で近似した場合の電動機からロール端へのトルク伝達関数は、

[0034] [数1]

$$G(s) = \frac{J_2 \cdot C \cdot s + J_2 \cdot K}{J_1 \cdot J_2 \cdot s^2 + (J_1 + J_2) \cdot C \cdot s + (J_1 + J_2) \cdot K}$$

となる。

[0035] 従って、数1に示す2質点系に簡素化した伝達関数から補正項の伝達関数を求めると、

[0036] [数2]

$$\begin{aligned} C_1(s) &= G_B(s) / G_T(s) \\ &= \frac{J_{B2} \cdot C_B \cdot s + J_{B2} \cdot K_B}{J_{B1} \cdot J_{B2} \cdot s^2 + (J_{B1} + J_{B2}) \cdot C_B \cdot s + (J_{B1} + J_{B2}) \cdot K_B} \\ &\quad \times \frac{J_{T1} \cdot J_{T2} \cdot s^2 + (J_{T1} + J_{T2}) \cdot C_T \cdot s + (J_{T1} + J_{T2}) \cdot K_T}{J_{T2} \cdot C_T \cdot s + J_{T2} \cdot K_T} \\ &\quad \times A_{com} \end{aligned}$$

となる。ここで、 J_{T1} 、 J_{T2} は上ロール軸系の電動機側及びロール側イナーシャ、 K_T は上ロール軸系ばね定数、 C_T は上ロール軸系減衰係数、 J_{B1} 、 J_{B2} は下ロール軸系の電動機側及びロール側イナーシャ、 K_B は下ロール軸系ばね定数、 C_B は下ロール軸系減衰係数をであり、これらの係数は全て調整可能である。また、 A_{com} は補正項の偏差を0とするための補正係数で、下記の式で表される。

[0037] [数3]

$$A_{com} = \frac{J_{T2} \cdot (J_{B1} + J_{B2})}{J_{B2} \cdot (J_{T1} + J_{T2})}$$

[0038] 数2を補正項として上ロール軸系に挿入した際の上下圧延ロール端トルク波形と上下トルク差の波形のシミュレーション結果を図10に、補正項含めた上ロール軸系、下ロール軸系、及び補正項のゲイン特性を図11に、それぞれ示す。アンバランス補正項により上ロール軸系の一次ねじり振動数を下ロール軸系とほぼ等しくすることができており、その結果、上下圧延ロールにおけるトルク差の最大値を0.3[PU]まで低減できていることが分かる。すなわち、上下ロール軸系を2質点系で近似しても十分

に補正効果があることが、ここから分かる。このようにあらかじめ補正項を算出し、さらに実機据付調整時、上記各パラメータのファインチューニングを行うことにより、より高い精度の補正を期待することができる。現地での補正項調整方法としては、歪ゲージによるロール端伝達トルクの実測や伝達関数測定器による伝達関数の実測にて各パラメータを調整する手法が考えられる。

[0039] 以上のように、この実施の形態4によれば、実施の形態1から実施の形態3により得られる効果を奏すると共に、シミュレーションによって補正項の伝達関数による補正効果の事前評価や検証を行うことで、上下ロールへの伝播トルクの不一致の補正効果を一層高くすることができる。

[0040] なお、実施の形態1においては、上電動機速度基準SP1の後段に上下軸系アンバランス補正部19を配置する実施の形態を説明し、また、実施の形態2においては、上下軸系アンバランス補正部19を、上電動機速度フィードバックループ内に配置する実施の形態を説明したが、この発明は、上下軸系アンバランス補正部19を、下ロール駆動系22において上記と同様箇所に配置してもよく、また、上ロール駆動系21及び下ロール駆動系22の両者において上記と同様箇所に配置してもよい。更にまた、上記各実施の形態においては、この発明をトップフォワード方式の圧延機における圧延ロール電動機の駆動装置に適用した実施の形態について図示説明したが、ボトムフォワード方式の圧延機における圧延ロール電動機の駆動装置に適用してもよく、諸種の設計的变化を含むものである。

産業上の利用可能性

[0041] この発明は、上下圧延ロールを別々の電動機で駆動するツインドライブ方式圧延機の圧延ロール電動機の駆動装置に利用できる。

請求の範囲

- [1] 上下圧延ロールをそれぞれ上電動機及び下電動機で駆動し、上記上電動機または上記下電動機のどちらかを他方より圧延材側へ配置する圧延機に用いられる圧延ロール電動機の駆動装置において、

上記上電動機を制御する上電動機制御部と上記下電動機を制御する下電動機制御部のいずれか一方もしくは両方に、上記上下圧延ロールへの伝播トルクの不一致を補正する上下軸系アンバランス補正部を備えたことを特徴とする圧延ロール電動機の駆動装置。

- [2] 上記上電動機制御部を、上記上電動機実速度と上記上電動機速度基準の偏差を入力し、上記上電動機トルク基準を得る上電動機速度制御器と、上記上電動機実速度と上記上電動機速度基準の偏差が零になるように上記上電動機のトルクを制御する上電動機トルク制御手段と、から構成すると共に、

上記下電動機制御部を、上記下電動機実速度と上記下電動機速度基準の偏差を入力し、上記下電動機トルク基準を得る下電動機速度制御器と、上記下電動機実速度と上記下電動機速度基準の偏差が零になるように上記下電動機のトルクを制御する下電動機トルク制御手段と、から構成し、

上記上下軸系アンバランス補正部を、上記上電動機制御部と上記下電動機制御部のいずれか一方もしくは両方の前段に備えたことを特徴とする請求項1記載の圧延ロール電動機の駆動装置。

- [3] 上記上電動機制御部を、上記上電動機実速度と上記上電動機速度基準の偏差を入力し、上記上電動機トルク基準を得る上電動機速度制御器と、上記上電動機実速度と上記上電動機速度基準の偏差が零になるように上記上電動機のトルクを制御する上電動機トルク制御手段と、から構成すると共に、

上記下電動機制御部を、上記下電動機実速度と上記下電動機速度基準の偏差を入力し、上記下電動機トルク基準を得る下電動機速度制御器と、上記下電動機実速度と上記下電動機速度基準の偏差が零になるように上記下電動機のトルクを制御する下電動機トルク制御手段と、から構成し、

上記上下軸系アンバランス補正部を、上記上電動機制御部と上記下電動機制御

部のいずれか一方もしくは両方の速度制御ループ内に備えたことを特徴とする請求項1記載の圧延ロール電動機の駆動装置。

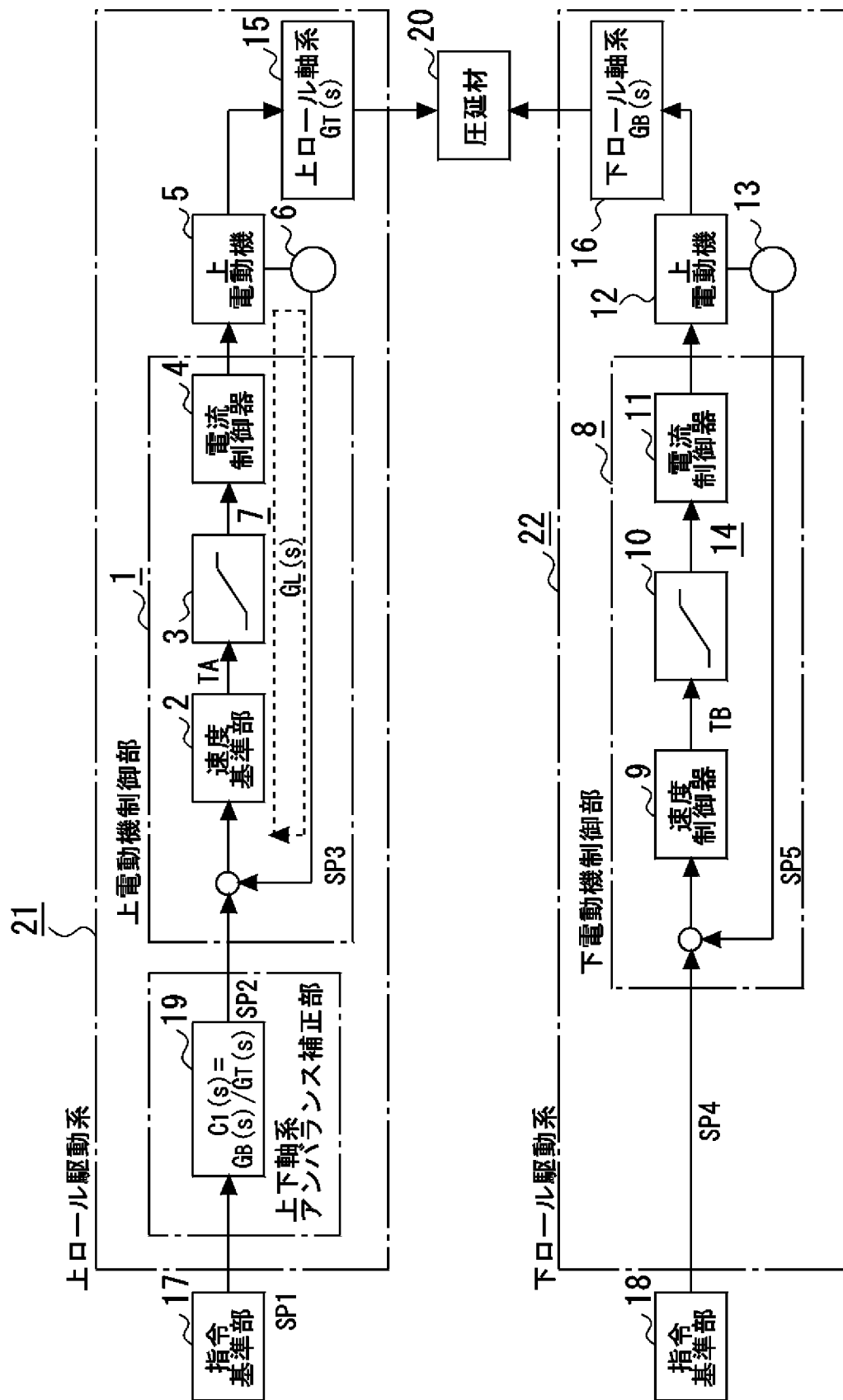
- [4] 上記上電動機および上記下電動機のトルク電流基準から演算されるアンバランス補正量をトルク電流基準へ直接加算することにより、上記上下電動機の負荷アンバランスを抑制する負荷バランス演算部を備え、

上記負荷バランス演算部を、上記上下軸系アンバランス補正部の前段に設けたことを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の圧延ロール電動機の駆動装置。

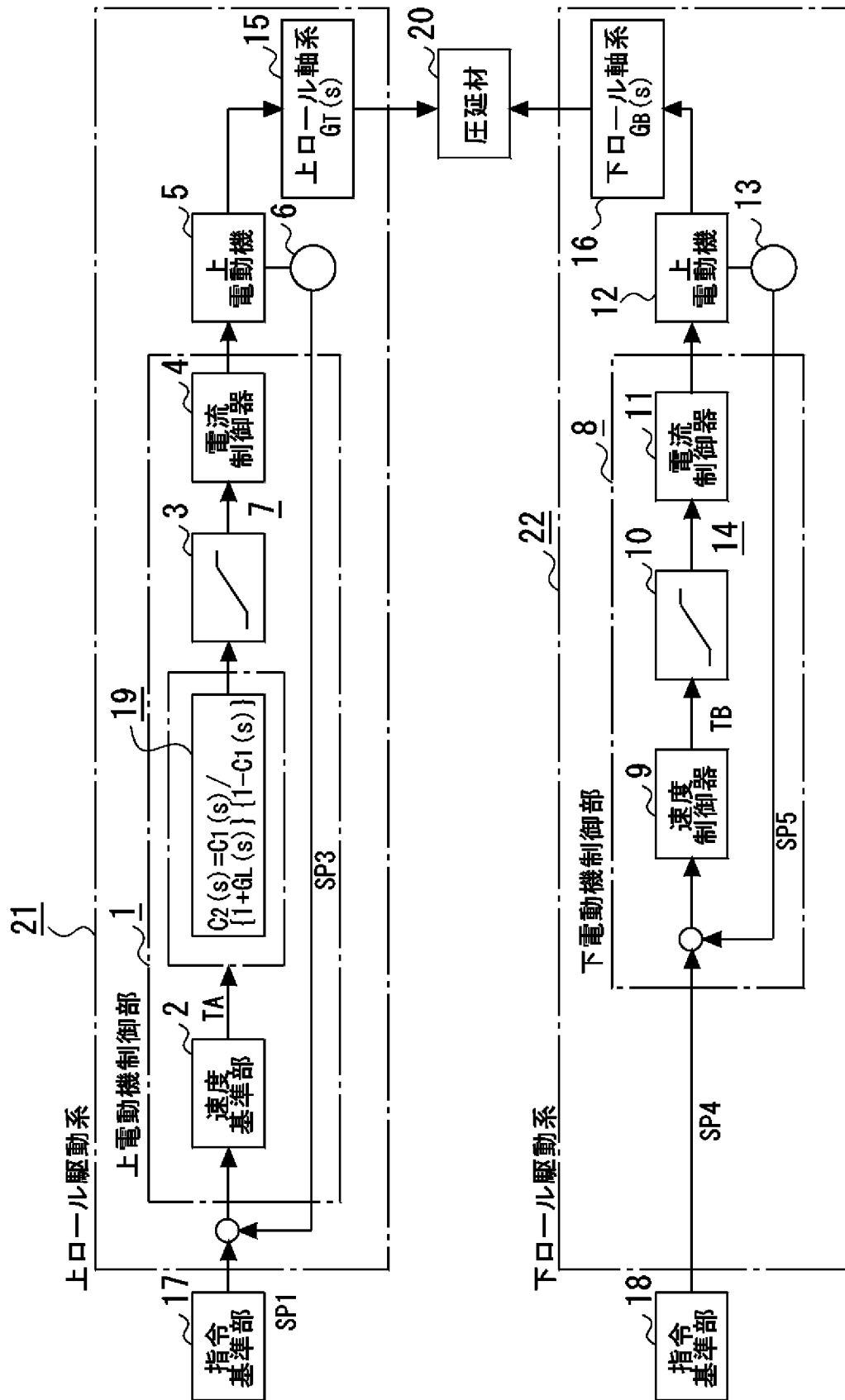
- [5] 上記上下軸系アンバランス補正部は、上記上電動機から上記上圧延ロールまでからなる上ロール軸系及び上記下電動機から上記下圧延ロールまでからなる下ロール軸系を近似的に表現するばね・質量系の物理パラメータを用いて、上記上下圧延ロールへの伝播トルクの不一致を補正することを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載の圧延ロール電動機の駆動装置。

- [6] 上記上下ロール軸系を近似的に表現する上記ばね・質量系は、2質点系であることを特徴とする請求項5に記載の圧延ロール電動機の駆動装置。

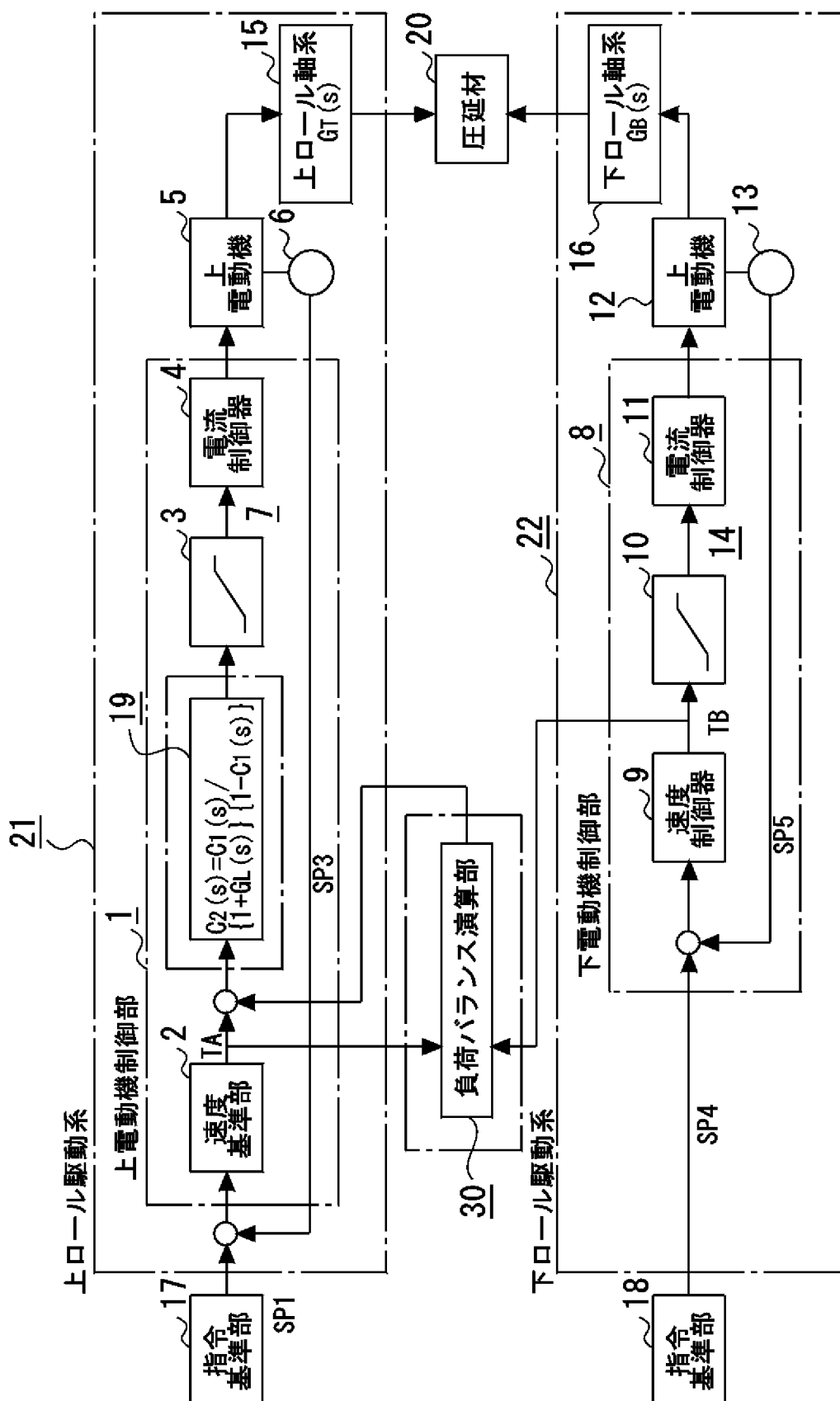
[図1]



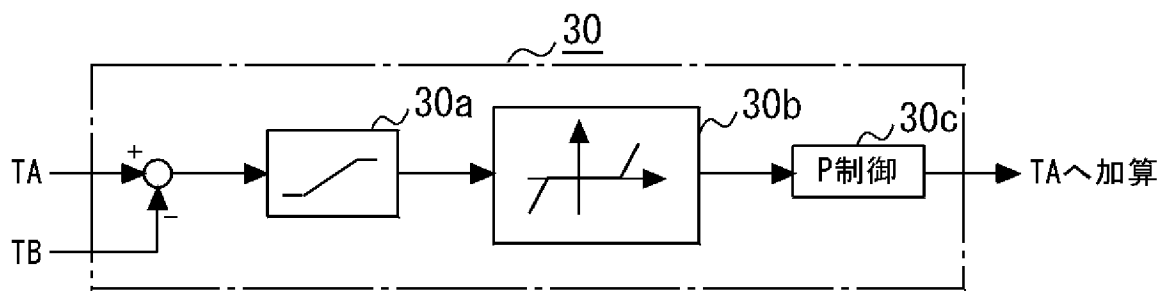
[図2]



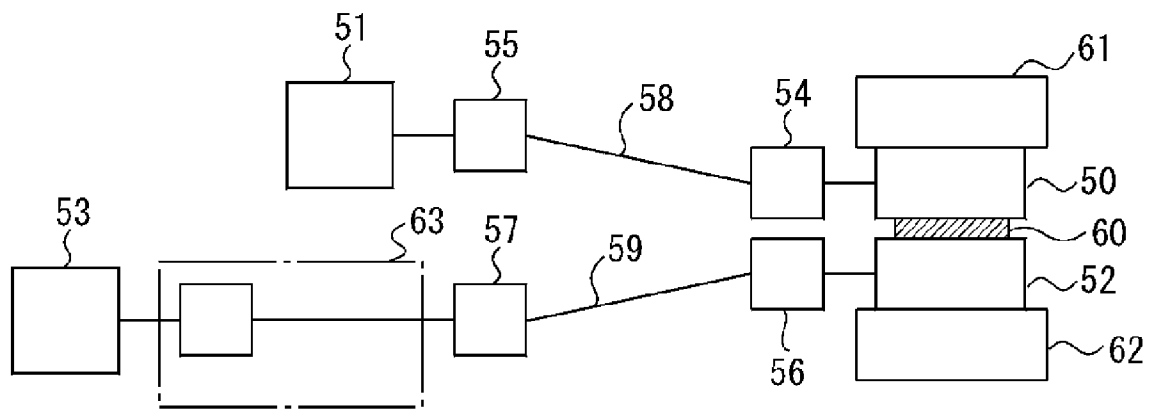
[図3]



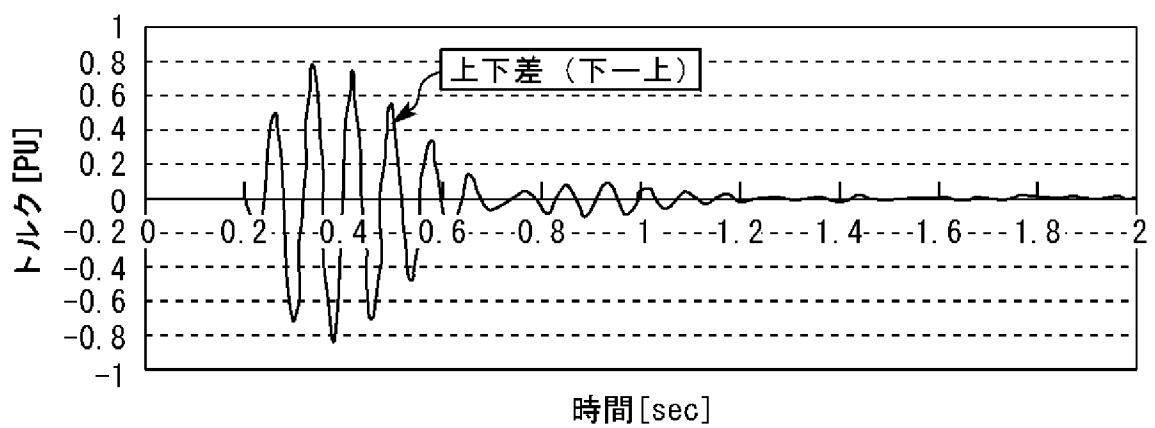
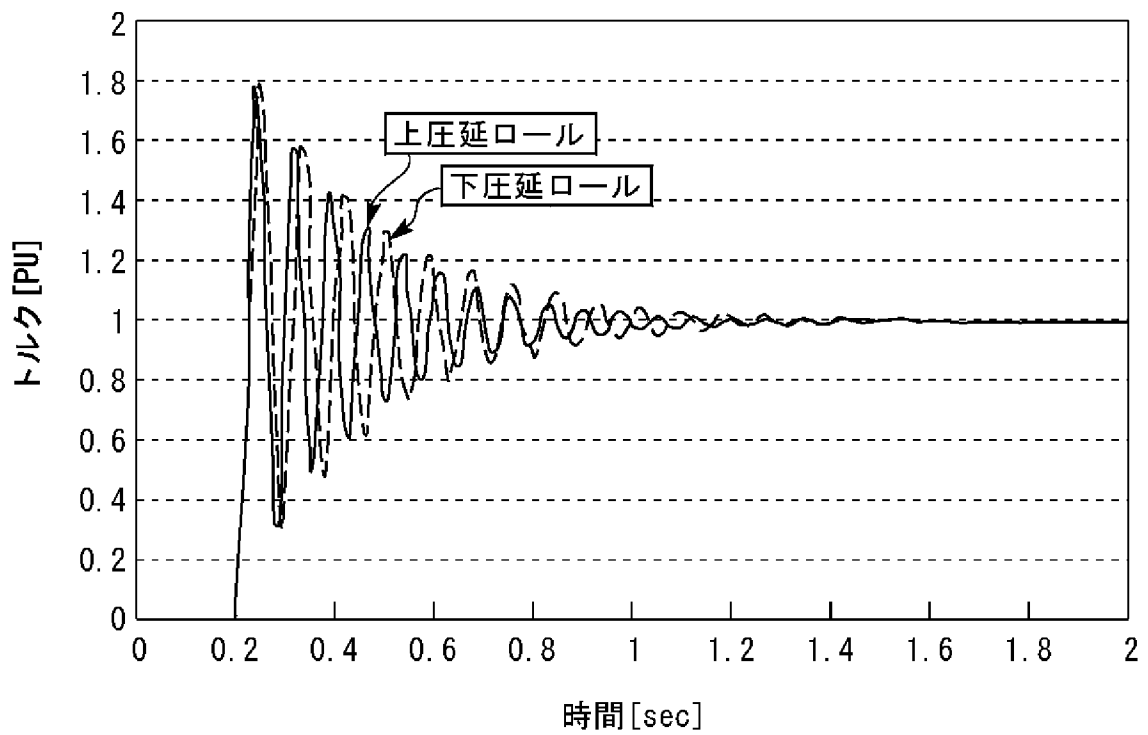
[図4]



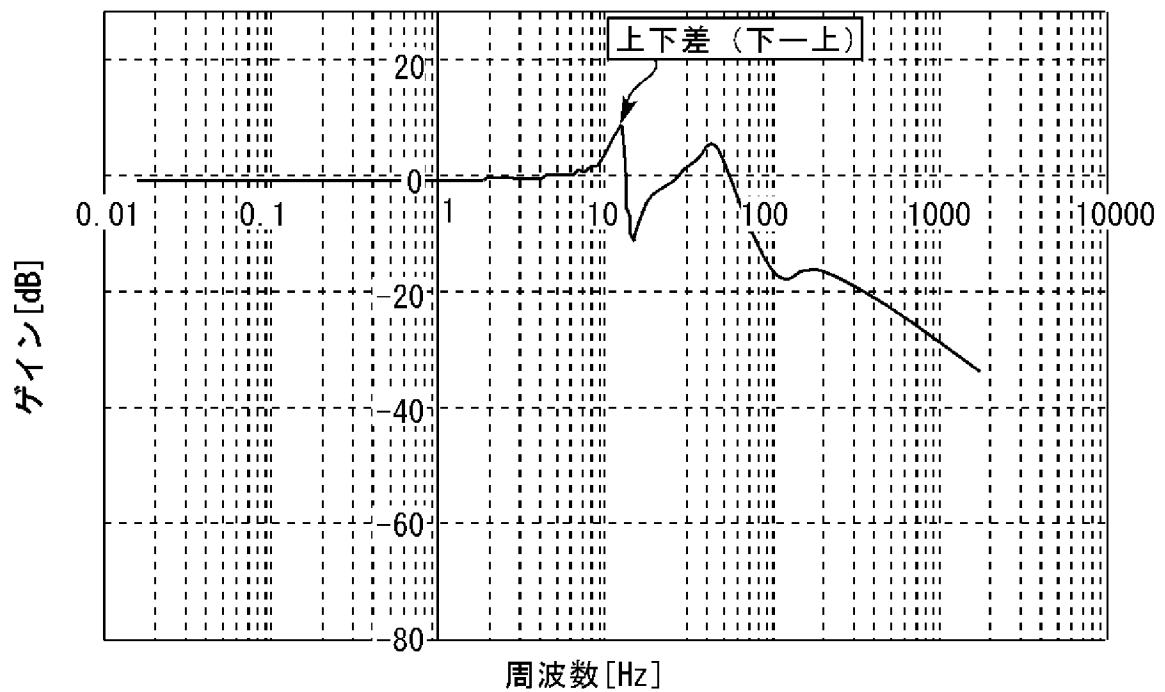
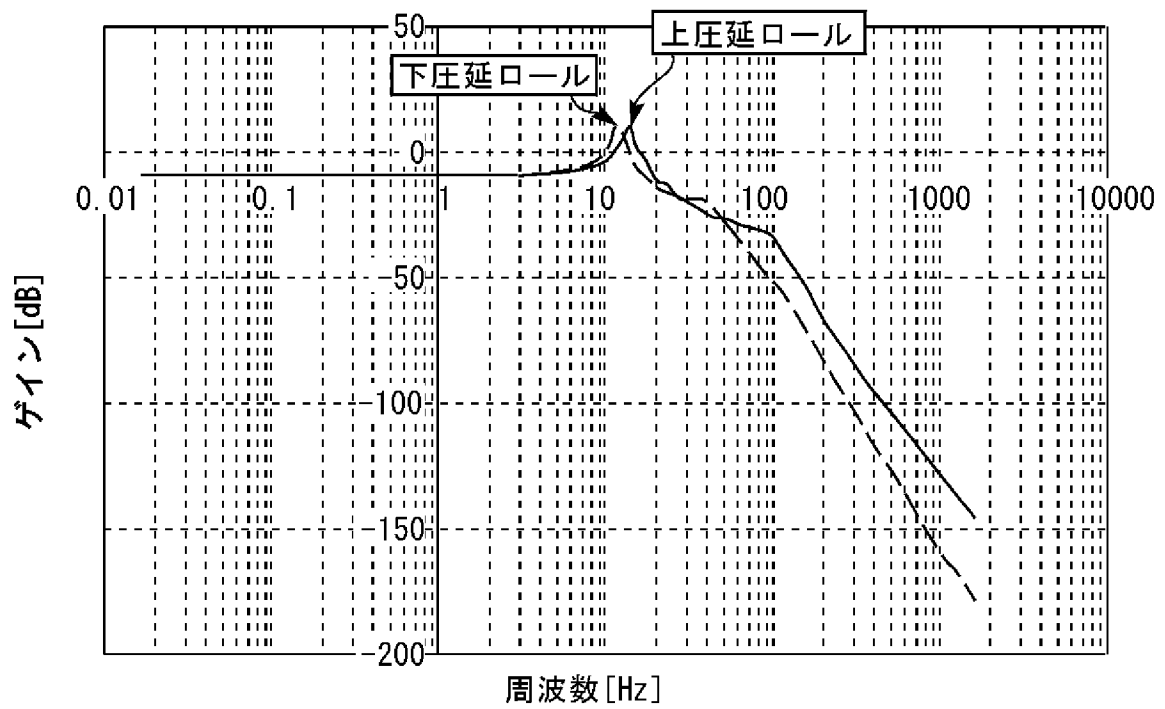
[図5]



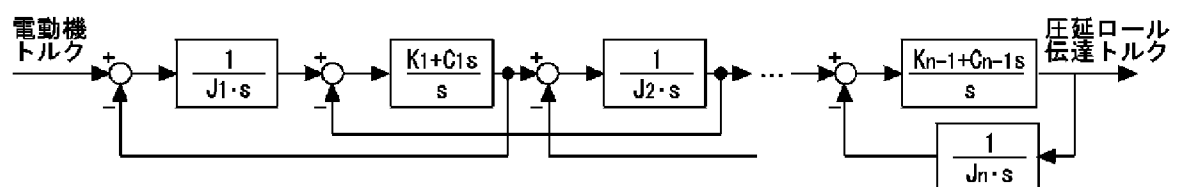
[図6]



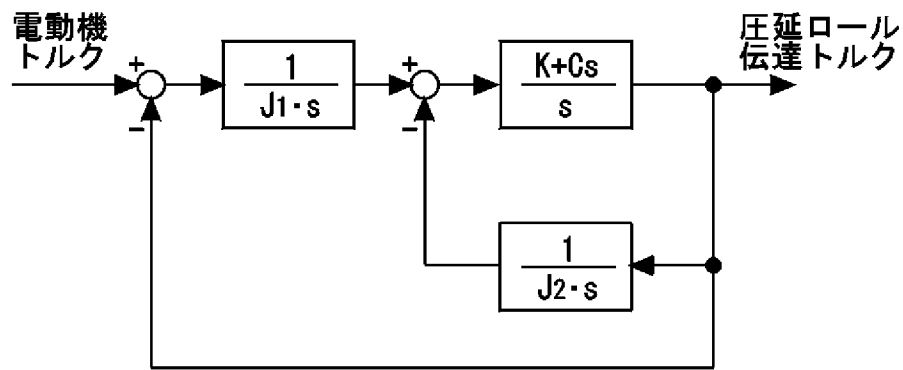
[図7]



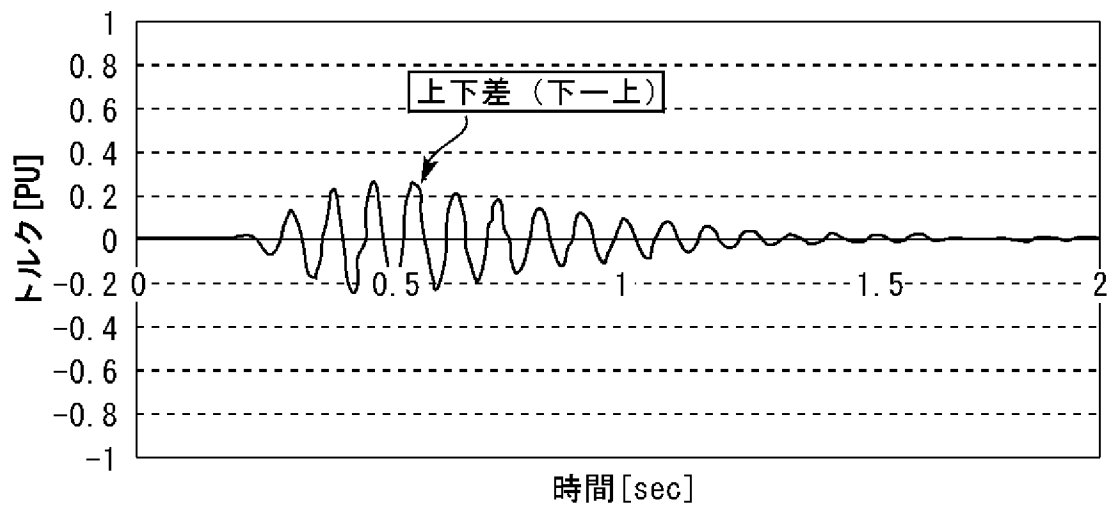
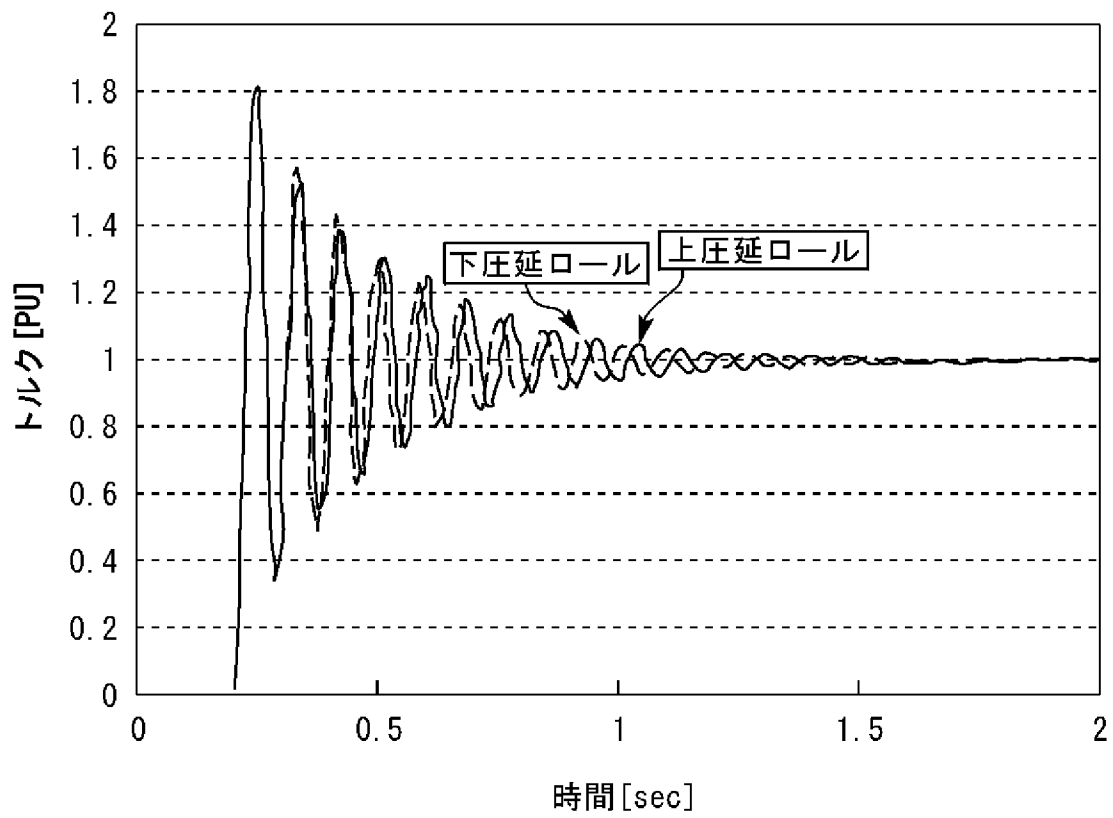
[図8]



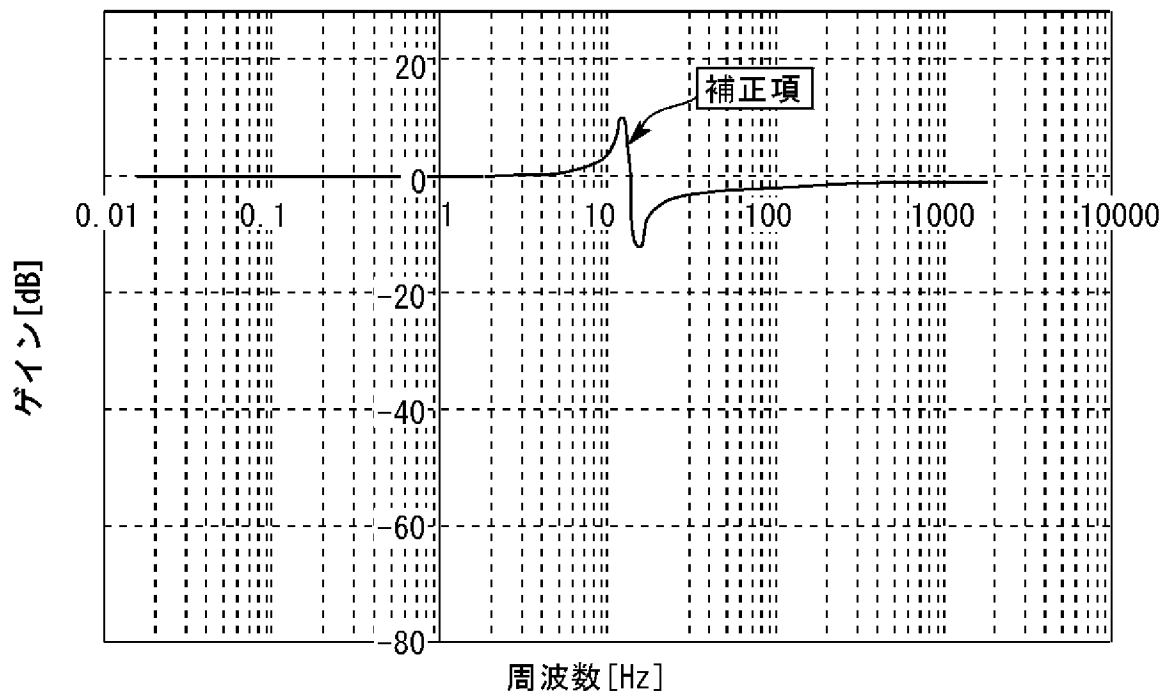
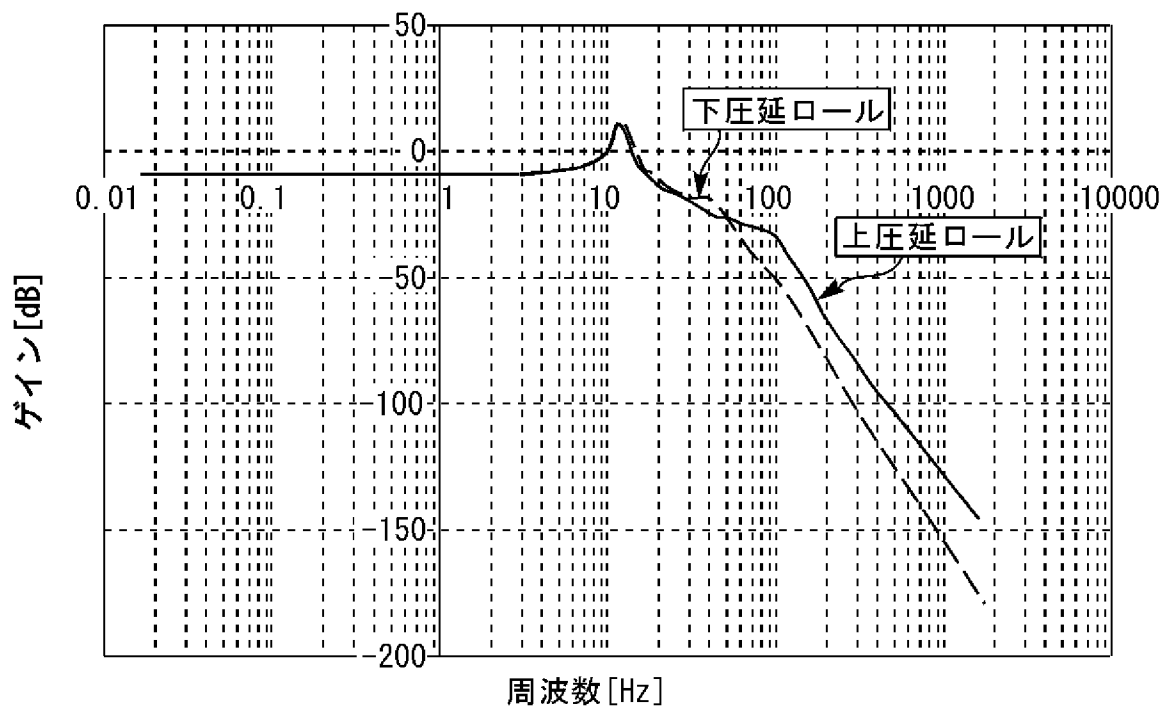
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/072371

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B21B37/00(2006.01) i, B21B35/06(2006.01) i, H02P5/46(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)

B21B37/00, B21B35/06, H02P5/46

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 1996-2007

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2007 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2007

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.
A	JP 11-503975 A (Voest-Alpine Industrieanlagenbau GmbH), 06 April, 1999 (06.04.99), Fig. 1 & WO 1996/33823 A1 & US 6062058 A & EP 822872 B1	1-6
A	JP 6-16889 B2 (Hitachi, Ltd.), 09 March, 1994 (09.03.94), Fig. 1 (Family: none)	1-6
A	JP 61-115617 A (Mitsubishi Electric Corp.), 03 June, 1986 (03.06.86), Fig. 1 (Family: none)	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

14 December, 2007 (14.12.07)

Date of mailing of the international search report

25 December, 2007 (25.12.07)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/072371

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 48-28611 B1 (Hitachi, Ltd.), 03 September, 1973 (03.09.73), Fig. 1 (Family: none)	1-6
A	JP 1-249208 A (Sumitomo Metal Industries, Ltd.), 04 October, 1989 (04.10.89), Fig. 3 (Family: none)	1-6
A	JP 9-163783 A (Toshiba Corp.), 20 June, 1997 (20.06.97), Fig. 2 (Family: none)	1-6

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. B21B37/00 (2006.01) i, B21B35/06 (2006.01) i, H02P5/46 (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 (I P C))

Int.Cl. B21B37/00, B21B35/06, H02P5/46

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 0 7 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 0 7 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 0 7 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 請求の範囲の番号
A	JP 11-503975 A (フーストールピーネ インドゥストゥリーアン ラーゲンバウ ゲー エム ベーハー) 1999.04.06, F I G. 1 & WO 1996/33823 A1 & US 6062058 A & EP 822872 B1	1 - 6
A	JP 6-16889 B2 (株式会社日立製作所) 1994.03.09, 第1図 (ファミ リーなし)	1 - 6
A	JP 61-115617 A (三菱電機株式会社) 1986.06.03, 第1図 (ファミ リーなし)	1 - 6

☒ 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

1 4 . 1 2 . 2 0 0 7

国際調査報告の発送日

2 5 . 1 2 . 2 0 0 7

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
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)

日比野 隆治

4 E

9 0 4 3

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 2 5

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 請求の範囲の番号
A	JP 48-28611 B1 (株式会社日立製作所) 1973. 09. 03, 第 1 図 (ファミリーなし)	1 - 6
A	JP 1-249208 A (住友金属工業株式会社) 1989. 10. 04, 第 3 図 (ファミリーなし)	1 - 6
A	JP 9-163783 A (株式会社東芝) 1997. 06. 20, 第 2 図 (ファミリーなし)	1 - 6