

(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
2019年12月19日(19.12.2019)



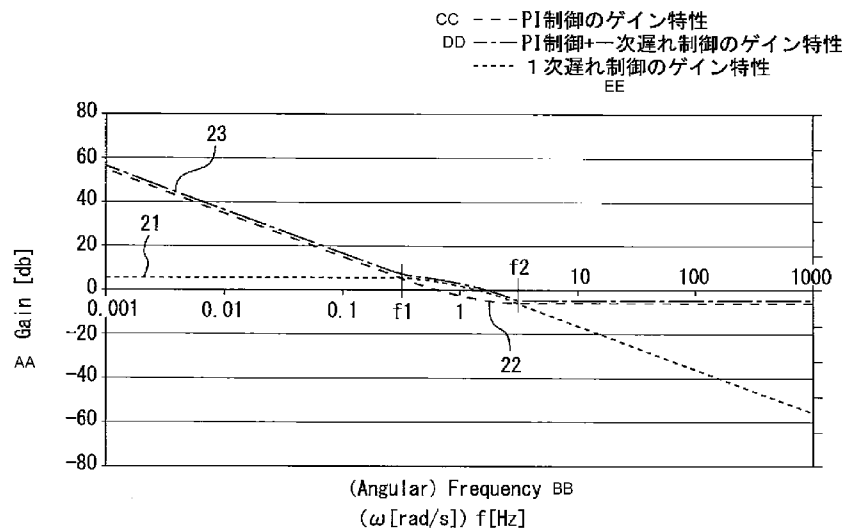
(10) 国際公開番号

WO 2019/239494 A1

- (51) 国際特許分類:
G05B 13/02 (2006.01) *B21B 37/50* (2006.01)
B21B 37/18 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/022458
- (22) 国際出願日: 2018年6月12日(12.06.2018)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 東芝三菱電機産業システム株式会社(TOSHIBA MITSUBISHI-ELECTRIC INDUSTRIAL SYSTEMS CORPORATION) [JP/JP]; 〒1040031 東京都中央区京橋三丁目1番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 橘 稔 (TACHIBANA, Minoru); 〒1040031 東京都中央区京橋三丁目1番1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.); 〒1040045 東京都中央区築地1丁目12番22号 コンワビル7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, 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, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH,

(54) Title: STEEL PLANT CONTROL DEVICE

(54) 発明の名称: 鉄鋼プラント制御装置



AA Gain [db]
BB (Angular) Frequency (ω [rad/s]) f [Hz]
CC Gain characteristics of PI control
DD Gain characteristics of PI control + first-order lag control
EE Gain characteristics of first-order lag control

(57) Abstract: This steel plant control device comprises the following configuration. A subtracter (1) outputs the deviation between a target value and a control amount fed back from a control object (1). A PI controller (3) inputs the deviation, and using a proportional operation and an integral operation, outputs a first operation amount to make the deviation smaller. A first-order lag controller (4) outputs a second operation amount for which the deviation is multiplied by a proportional gain, and further multiplied by a first-order lag element. An adder (5) outputs to the control object a final operation amount

[続葉有]

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：

一 国際調査報告（条約第21条(3)）

for which the second operation amount is added to the first operation amount. The present invention is characterized in that in a band that is lower than a first frequency f_1 , the gain of the PI controller is higher than the gain of the first-order lag controller, and in the band from the first frequency f_1 to a second frequency f_2 , the gain of the first-order lag controller is higher than the gain of the PI controller, and in a band higher than the second frequency f_2 , the gain of the PI controller is higher than the gain of the first-order lag controller.

(57) 要約：鉄鋼プラント制御装置は、次の構成を備える。減算器（１）は、目標値と制御対象（１）からフィードバックされた制御量との偏差を出力する。PI制御器（３）は、偏差を入力し、比例動作および積分動作を用いて、偏差を小さくするための第１操作量を出力する。１次遅れ制御器（４）は、偏差に比例ゲインを乗じさらに１次遅れ要素を乗じた第２操作量を出力する。加算器（５）は、第１操作量に第２操作量を加えた最終操作量を制御対象へ出力する。ここで、第１周波数 f_1 よりも低い帯域においてPI制御器のゲインが１次遅れ制御器のゲインよりも高く、かつ、第１周波数 f_1 から第２周波数 f_2 までの帯域において１次遅れ制御器のゲインがPI制御器のゲインよりも高く、かつ、第２周波数 f_2 よりも高い帯域においてPI制御器のゲインが１次遅れ制御器のゲインよりも高いことを特徴とする。

明 細 書

発明の名称：鉄鋼プラント制御装置

技術分野

[0001] 本発明は、鉄鋼プラント制御装置に関する。

背景技術

[0002] プロセスを制御対象とし、単純適応制御方式をベースとしてより簡易化した制御方式が提案されている。この制御方式は、最小限に必要とされる制御偏差のみで可変ゲインを決定して、より構成を簡易化する。該制御偏差に関連した値の自乗積分値に基づく可変ゲインによって、制御偏差のピーク値が大きいきときには大きな値のゲインの状態が持続され、積極的な制御が行われる。その結果、制御偏差のピーク値が小さくなると同時に、ゲインを元の小さな値に戻し定常状態の安定化を図っている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：日本特開2011-138200号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかし、制御量が目標値に収束し制御偏差がゼロに収束した後にも、負荷変化や制御対象の特性変化が起こることがしばしばある。このような負荷変化や特性変化に対して、元の小さな値に戻した可変ゲインでは収束に時間を要してしまう。

[0005] この対策として日本特開2011-138200号公報では、可変ゲイン演算手段において1次遅れ要素の時定数をより大きな値として可変ゲインを元の小さな値へ戻す時間を遅らせ、制御偏差のゼロ収束後に起こり得る負荷変化や制御対象の特性変化に対しても即応することを図っている。

[0006] しかしながら、上記の方法は、定常状態以外の部分にも可変ゲインが掛かってくるので、制御偏差のゼロ収束後に起こり得る負荷変化や制御対象の特

性変化に対してのみ調整したい場合、調整し難い。

[0007] 本発明は、上述のような課題を解決するためになされたもので、制御偏差のゼロ収束後に起こり得る負荷変化や制御対象の特性変化に対して即応でき、優れた応答特性を実現できる鉄鋼プラント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

[0008] 上記目的の達成のため、本発明に係る鉄鋼プラント制御装置は以下のよう構成される。

[0009] 本発明に係る鉄鋼プラント制御装置は、減算器と、P I制御器と、1次遅れ制御器と、加算器と、を備える。

[0010] 減算器は、目標値 r と制御対象からフィードバックされた制御量 y との偏差 e （制御偏差）を出力する。

[0011] P I制御器は、偏差 e を入力し、比例動作および積分動作を用いて、偏差 e を小さくするための第1操作量 u_1 を出力する。

[0012] 1次遅れ制御器は、P I制御器と並列に配置される。1次遅れ制御器は、偏差 e に比例ゲイン K_{p2} を乗じさらに1次遅れ要素LAGを乗じた第2操作量 u_2 を出力する。

[0013] 加算器は、第1操作量 u_1 に第2操作量 u_2 を加えた最終操作量 u を制御対象へ出力する。

[0014] ここで、第1周波数よりも低い帯域においてP I制御器のゲインが1次遅れ制御器のゲインよりも高く、かつ、第1周波数から第1周波数よりも高い第2周波数までの帯域において1次遅れ制御器のゲインがP I制御器のゲインがよりも高く、かつ、第2周波数よりも高い帯域においてP I制御器のゲインが1次遅れ制御器のゲインよりも高いことを特徴とする。

発明の効果

[0015] 本態様に係る鉄鋼プラント制御装置によれば、第1周波数から第2周波数までの帯域についてゲインが高まり、他の帯域にはほとんど影響を与えない。第1周波数から第2周波数までの帯域は、制御偏差のゼロ収束後に起こり

得る負荷変化や制御対象の特性変化による変動周波数付近に調整できる。そのため、制御偏差のゼロ収束後に起こり得る負荷変化や制御対象の特性変化に対して即応でき、優れた応答特性を実現できる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]実施の形態1に係る閉ループ系の制御ブロック線図である。

[図2]伝達関数の周波数特性を表すボード線図である。

[図3]1次遅れ制御器を備えない(P I制御器のみ)場合における仕上圧延機出側における板厚の偏差の変動を示すチャートである。

[図4]P I制御器と並列に1次遅れ制御器を加えた場合における仕上圧延機出側における板厚の偏差の変動を示すチャートである。

[図5]冷間圧延ラインのルーパー周辺のシステム構成を示す図である。

発明を実施するための形態

[0017] 以下、図面を参照して本発明の実施の形態について詳細に説明する。尚、各図において共通する要素には、同一の符号を付して重複する説明を省略する。

[0018] 実施の形態1.

[閉ループ系の構成]

図1は、実施の形態1に係る閉ループ系のブロック線図である。図1に示す閉ループ系の制御装置は、減算器2、P I制御器3に加えて、1次遅れ制御器4および加算器5を備える。

[0019] 一例として、制御対象1は、熱間圧延ラインに設けられ被圧延材を圧延する仕上圧延機である。制御対象1は、最終操作量 u を入力し、制御量 y を出力する。最終操作量 u は、仕上圧延機の最終スタンドのロールギャップである。制御量 y は、仕上圧延機出側の板厚である。

[0020] 減算器2は、目標値 r と制御対象1からフィードバックされた制御量 y との偏差 e (制御偏差)を出力する。制御量 y はセンサにより検出される。センサは仕上圧延機出側に配置された板厚計である。目標値 r は仕上圧延機出側の目標板厚である。

- [0021] P I 制御器 3（伝達関数は $K_{p1} + K_i / s$ ）について説明する。P I 制御は、フィードバック制御の一種であり、比例動作と積分動作を組み合わせた制御方法である。比例動作は、偏差 e に比例して操作量を変化させる動作である。積分動作は、偏差 e の積分に比例して操作量を変化させる動作である。P I 制御器 3 は、偏差 e を入力し、比例動作および積分動作を用いて、偏差 e を小さくするための第 1 操作量 u_1 を出力する。
- [0022] 1 次遅れ制御器 4 は、P I 制御器 3 と並列に配置される。1 次遅れ制御器 4 は、偏差 e を入力し、偏差 e に比例ゲイン K_{p2} を乗じ、さらに制御対象 1 に存在する 1 次遅れ要素 L A G（伝達関数は $1 / (1 + T s)$ ），ここで T は時定数）を乗じた第 2 操作量 u_2 を出力する。
- [0023] 加算器 5 は、P I 制御器 3 の出力（第 1 操作量 u_1 ）に 1 次遅れ制御器 4 の出力（第 2 操作量 u_2 ）を加えた最終操作量 u を制御対象 1 へ出力する。
- [0024] 図 2 を参照しつつ本実施形態の特徴について説明する。図 2 は、伝達関数の周波数特性を表すボード線図である。横軸は、角周波数 ω [rad/s] の対数軸である。左側の縦軸は、ゲイン [db] の対数軸である。
- [0025] ゲイン曲線 2 1 は、1 次遅れ制御のゲイン特性を示す。ゲイン曲線 2 2 は、P I 制御のゲイン特性を示す。ゲイン曲線 2 3 は、P I 制御と 1 次遅れ制御を足しあわせたゲイン特性を示す。
- [0026] 本実施形態に係る鉄鋼プラント制御装置では、図 2 のゲイン曲線 2 3 に示す周波数特性が得られるように、1 次遅れ制御器 4 の K_{p2} や時定数 T が調整されている。具体的には、ゲイン曲線 2 1 に示すように、角周波数 $\omega = 1$ 以下においてゲインが 0 以上となるように、1 次遅れ制御器 4 の比例ゲイン K_{p2} および時定数 T が調整されている。
- [0027] そのため、ゲイン曲線 2 1 とゲイン曲線 2 2 を足し合わせたゲイン曲線 2 3 は、第 1 周波数 f_1 よりも低い帯域において P I 制御器 3 のゲインが 1 次遅れ制御器 4 のゲインよりも高く、かつ、第 1 周波数 f_1 から第 1 周波数 f_1 よりも高い第 2 周波数 f_2 までの帯域において 1 次遅れ制御器 4 のゲインが P I 制御器 3 のゲインよりも高く、かつ、第 2 周波数 f_2 よりも高い帯域

においてP I制御器3のゲインが1次遅れ制御器4のゲインよりも高い。

[0028] 換言すれば、第1周波数 f_1 から第2周波数 f_2 までの帯域では、1次遅れ制御器4のゲインが支配的であり、第1周波数 f_1 より低い帯域および第2周波数 f_2 より高い帯域では、P I制御器3のゲインが支配的である。第1周波数 f_1 から第2周波数 f_2 までの帯域は、偏差 e のゼロ収束後に起こり得る負荷変化や制御対象の特性変化による変動周波数付近に対応する。そのため、本実施形態によれば、ゲイン曲線23に示すように、変動周波数付近のゲインのみが大きくなり、他の周波数帯にはほとんど影響を与えない。

[0029] このように、P I制御器3に並列に1次遅れ制御器4を足して、制御応答付近のみゲインを上げることで、目標値への追従が早くなる。その結果、制御偏差のゼロ収束後に起こり得る負荷変化や制御対象の特性変化に対して即応でき、優れた応答特性を実現できる。なお、「負荷変化や制御対象の特性変化」とは、熱間圧延の場合、板の温度、熱による機械の膨張、ロール偏芯などである。

[0030] 次に、図3と図4を参照して、P I制御のみの場合の偏差 e の変動と、P I制御に1次遅れ制御を足しあわせた場合の偏差 e の変動とを比較する。図3は、1次遅れ制御器4を備えない（P I制御器3のみ）場合における仕上圧延機出側における板厚の偏差 e の変動を示すチャートである。図4は、P I制御器3と並列に1次遅れ制御器4を加えた場合における仕上圧延機出側における板厚の偏差 e の変動を示すチャートである。

[0031] 図3のチャートでは、時刻0において被圧延材の先端が仕上圧延機出側に達した後、P I制御により板厚の偏差 e は一旦許容範囲（上限値31と下限値32との間）内に収束する（ゼロ収束）。しかし、ゼロ収束後の負荷変化や制御対象の特性変化に応答しきれず、許容範囲を逸脱してしまう。

[0032] これに対して、P I制御に比例ゲイン K_{p2} と1次遅れ要素LAGとを加えた図4のチャートでは、時刻0において被圧延材の先端が仕上圧延機出側に達した後、主にP I制御により板厚の偏差 e は目標範囲（上限値31と下限値32との間）内に収束する。上述した図2のゲイン曲線23のように、第

1 周波数から第2周波数までの間のゲインが高まるように比例ゲイン K_{p2} と時定数 T が調整されている。そのため、偏差 e のゼロ収束後に負荷変化や制御対象の特性変化があった場合でも、目標値への収束が早く、偏差 e を目標範囲内で安定させることができる。

[0033] なお、本実施形態に係る鉄鋼プラント制御装置は、ゼロ収束後の負荷変化や制御対象の特性変化以外の大きな変化については、第1周波数 f_1 から第2周波数までの帯域外の制御であり、主にPI制御により収束を図る。

[0034] (変形例)

ところで、上述した実施の形態1のシステムにおいては、熱間圧延ラインの仕上圧延機出側の板厚制御を例に説明したが、本発明の適用対象は限定されるものではない。例えば、冷間圧延ラインの張力制御にも適用できる。図5は、冷間圧延ラインのルーパー周辺のシステム構成を示す図である。

[0035] 1つの適用例として、鉄鋼プラント制御装置は、ブライドルロール51とその下流のルーパー52との間の張力計53により検出される制御量 y をフィードバック信号とし、制御量 y と目標値 r との偏差が0に収束するようにルーパー52の最終操作量 u を出力するものにも適用できる。

[0036] 他の適用例として、鉄鋼プラント制御装置は、ルーパー52下流のブライドルロール54と、その下流の連続圧延機55の間の張力計56により検出される制御量 y をフィードバック信号とし、制御量 y と目標値 r との偏差を0に収束するようにブライドルロール54の最終操作量 u を出力するものにも適用できる。

[0037] 以上、本発明の実施の形態について説明したが、本発明は、上記の実施の形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々変形して実施することができる。

符号の説明

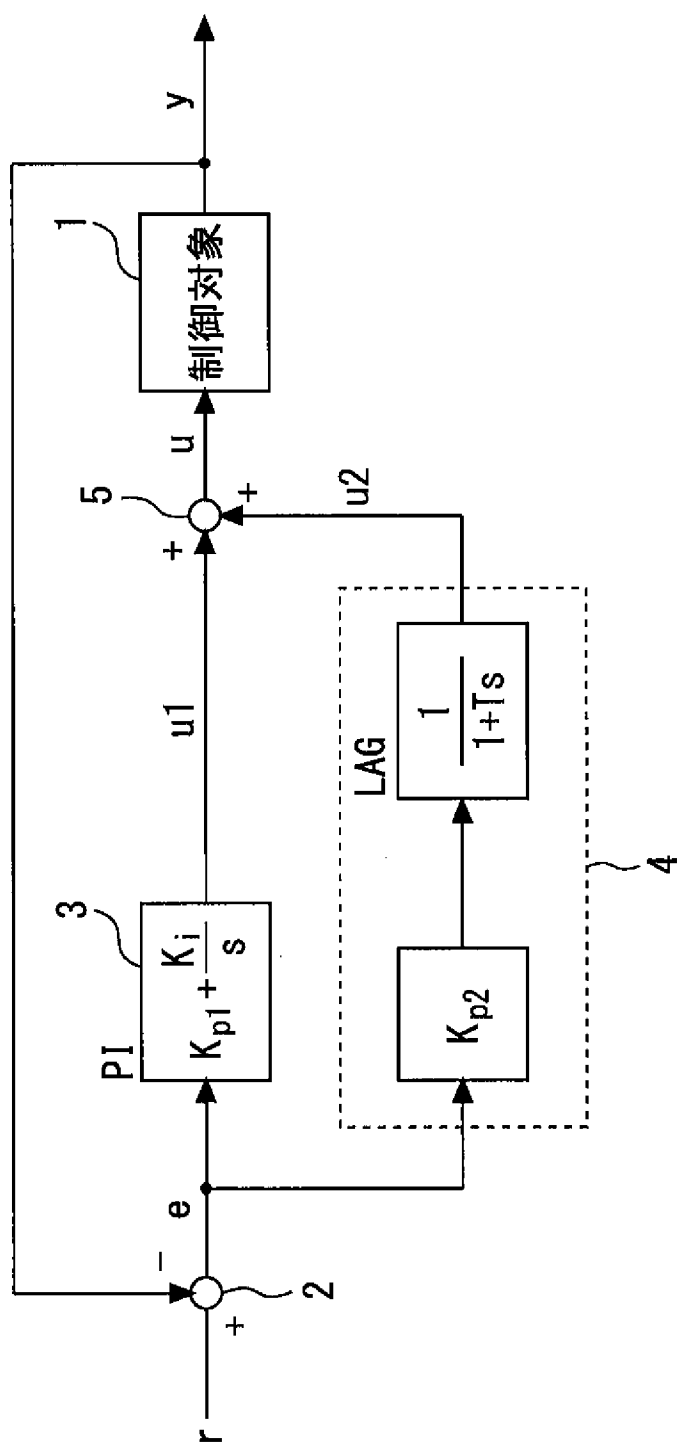
- [0038] 1 制御対象
2 減算器
3 PI制御器

4 1 次遅れ制御器
5 加算器
3 1 上限値
3 2 下限値
5 1, 5 4 ブライドルロール
5 2 ループカー
5 3, 5 6 張力計
5 5 連続圧延機
f 1 第 1 周波数
f 2 第 2 周波数
 K_{p2} 比例ゲイン
L A G 1 次遅れ要素
r 目標値
T 時定数
u 最終操作量
u 1 第 1 操作量
u 2 第 2 操作量
y 制御量
 ω 角周波数

請求の範囲

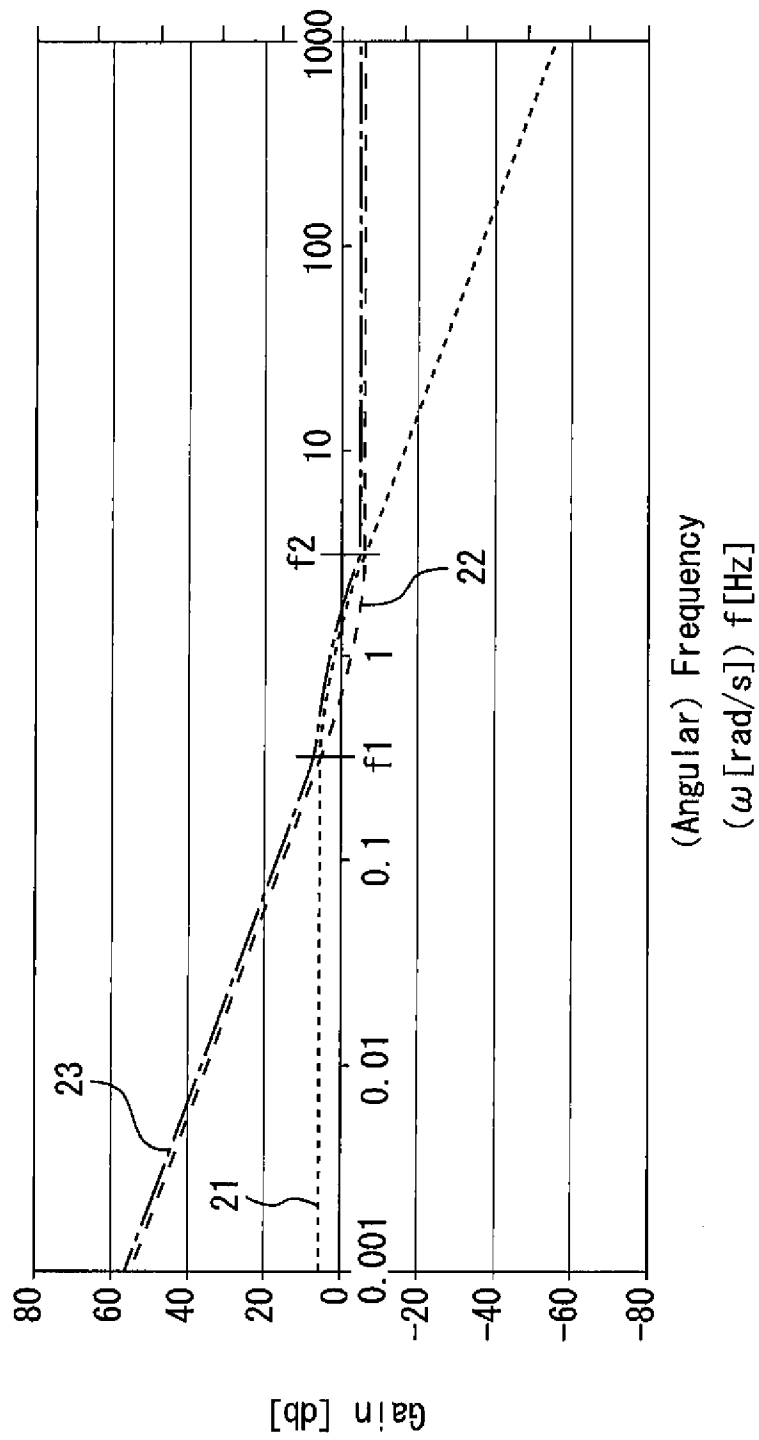
- [請求項1] 目標値と制御対象からフィードバックされた制御量との偏差を出力する減算器と、
- 前記偏差を入力し、比例動作および積分動作を用いて、該偏差を小さくするための第1操作量を出力するP I制御器と、
- 前記偏差に比例ゲインを乗じさらに1次遅れ要素を乗じた第2操作量を出力する1次遅れ制御器と、
- 前記第1操作量に前記第2操作量を加えた最終操作量を前記制御対象へ出力する加算器と、を備え、
- 第1周波数よりも低い帯域において前記P I制御器のゲインが前記1次遅れ制御器のゲインよりも高く、かつ、前記第1周波数から前記第1周波数よりも高い第2周波数までの帯域において前記1次遅れ制御器のゲインが前記P I制御器のゲインよりも高く、かつ、前記第2周波数よりも高い帯域において前記P I制御器のゲインが前記1次遅れ制御器のゲインよりも高いこと、
- を特徴とする鉄鋼プラント制御装置。

[図1]

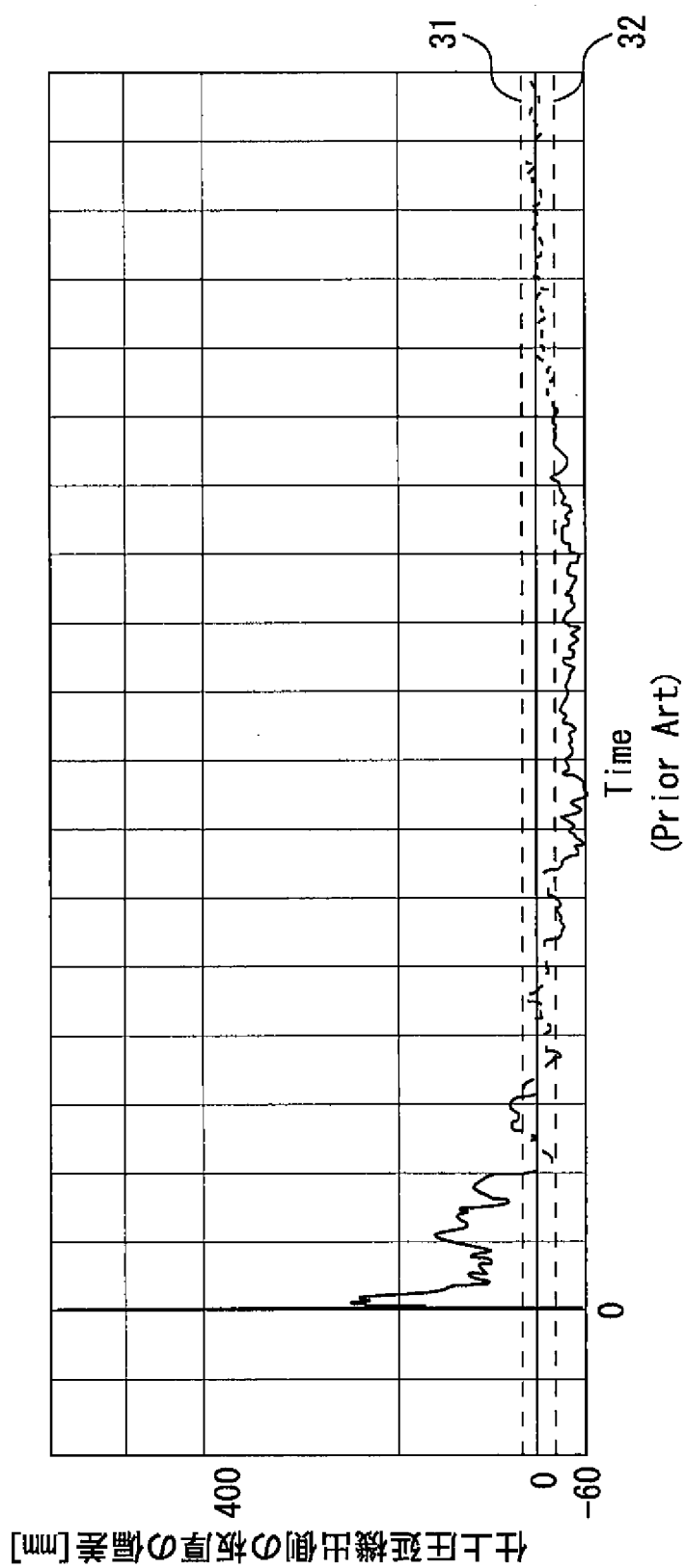


[図2]

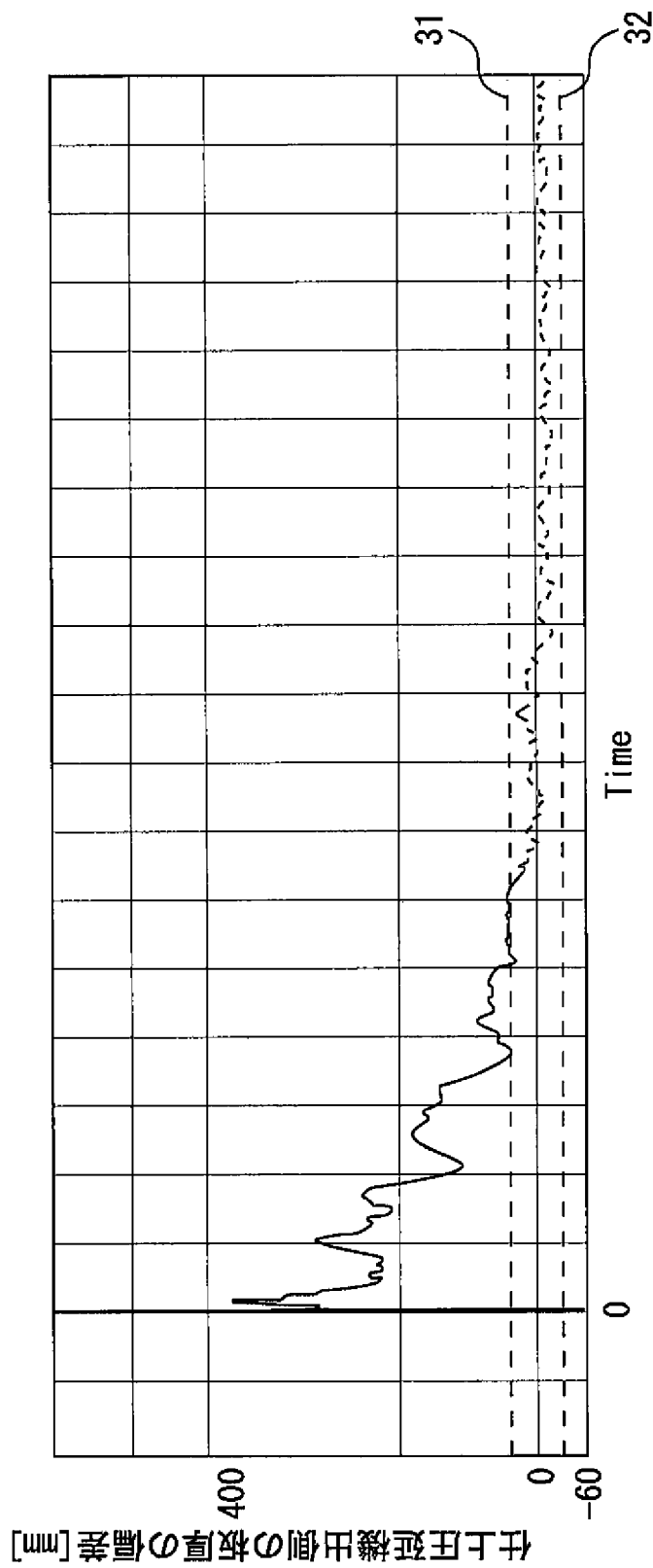
- PI制御のゲイン特性
- - -PI制御+一次遅れ制御のゲイン特性
- 1次遅れ制御のゲイン特性



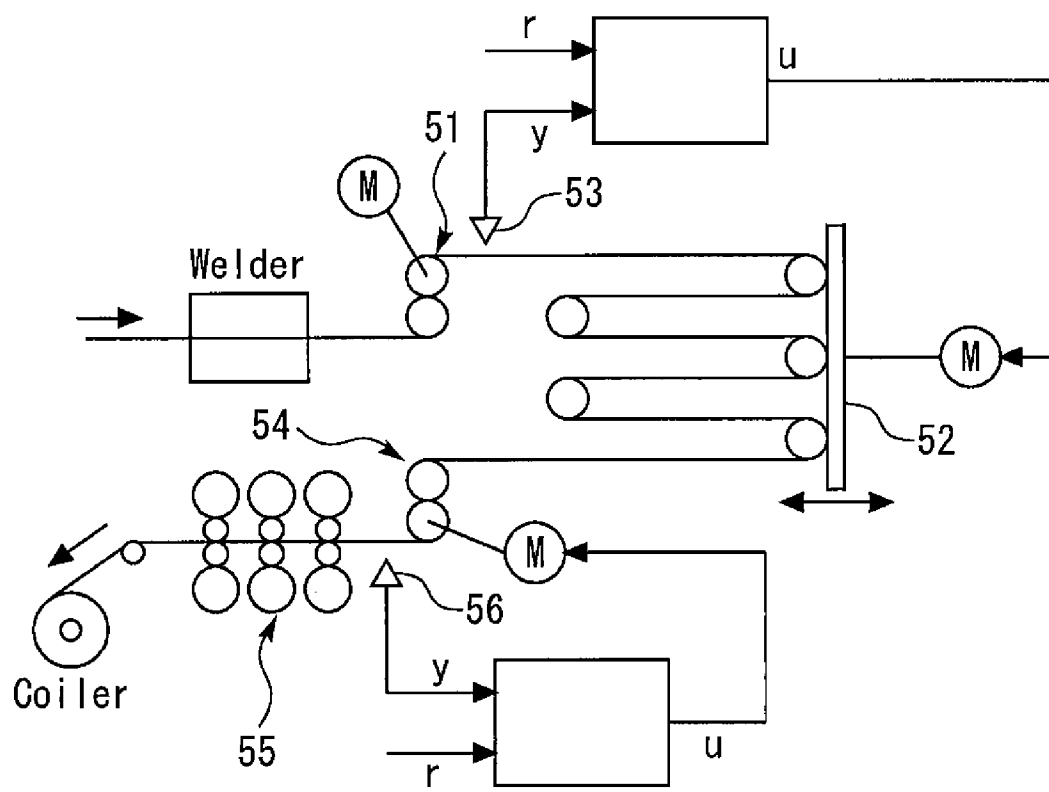
[図3]



[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/022458

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. G05B13/02 (2006.01) i, B21B37/18 (2006.01) n, B21B37/50 (2006.01) n

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. G05B13/02, B21B37/18, B21B37/50

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.
A	JP 2007-134823 A (NIPPON STEEL CORP.) 31 May 2007 (Family: none)	1
A	JP 2011-138200 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 14 July 2011 (Family: none)	1

☐ 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
31.08.2018

Date of mailing of the international search report
11.09.2018

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G05B13/02(2006.01)i, B21B37/18(2006.01)n, B21B37/50(2006.01)n

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. G05B13/02, B21B37/18, B21B37/50

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
A	JP 2007-134823 A（新日本製鐵株式会社）2007.05.31（ファミリーなし）	1
A	JP 2011-138200 A（三菱重工業株式会社）2011.07.14（ファミリーなし）	1

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

31.08.2018

国際調査報告の発送日

11.09.2018

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）

黒田 暁子

3U

4853

電話番号 03-3581-1101 内線 3364