

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-205141

(P2010-205141A)

(43) 公開日 平成22年9月16日(2010.9.16)

(51) Int.Cl.

G05B 13/04 (2006.01)

G05B 11/36 (2006.01)

F I

G05B 13/04

G05B 11/36 501E

テーマコード (参考)

5H004

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2009-52198 (P2009-52198)

(22) 出願日 平成21年3月5日 (2009.3.5)

(71) 出願人 501137636

東芝三菱電機産業システム株式会社

東京都港区三田三丁目13番16号

(74) 代理人 100082175

弁理士 高田 守

(74) 代理人 100106150

弁理士 高橋 英樹

(72) 発明者 石田 尚

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

Fターム(参考) 5H004 GA08 GA10 GB01 KB02 KB04

KB06 KB32 KC28 KC35 LA03

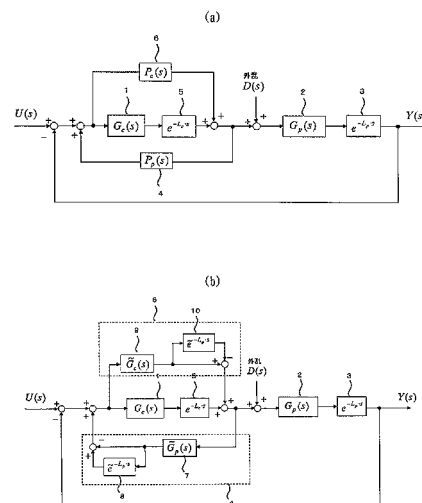
(54) 【発明の名称】 むだ時間補償制御装置

(57) 【要約】

【課題】制御対象だけでなく、制御装置内のむだ時間を補償することにより、制御系の安定性向上を図ったむだ時間補償制御装置を得る。

【解決手段】出力 $Y(s)$ のフィードバック値と目標値 $U(s)$ との偏差は制御装置1に入力されると同時に、制御装置むだ時間補償器6に入力され、制御装置むだ時間補償器6で求められた補償信号 $P_c(s)$ がむだ時間を経た制御量にフィードフォワード制御される。この結果得られる制御装置むだ時間 $e^{-L_c \cdot s}$ を補償後の制御量は、制御対象2に入力されると同時にスミス補償器4に入力され、求められた補償信号 $P_p(s)$ が制御装置1の前段にフィードバックされる。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

むだ時間を有する制御対象の出力をフィードバックし、目標値との偏差に基づいて P I または P I D (P : 比例, I : 積分, D : 微分) 制御を行う制御装置のむだ時間を補償するむだ時間補償制御装置において、

上記制御対象におけるむだ時間をむだ時間スミス補償法によるスミス補償器で補償すると共に、制御装置モデル手段と制御装置むだ時間モデル手段とを有する制御装置むだ時間補償器により、上記制御装置の内部のむだ時間を補償することを特徴とするむだ時間補償制御装置。

【請求項 2】

10

制御対象の出力をフィードバックし、目標値との偏差に基づいて P I または P I D (P : 比例, I : 積分, D : 微分) 制御を行う制御装置のむだ時間を補償するむだ時間補償制御装置において、

制御装置モデル手段と制御装置むだ時間モデル手段とを有する制御装置むだ時間補償器により、上記制御装置の内部のむだ時間を補償することを特徴とするむだ時間補償制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、制御系内部に存在するむだ時間を補償することにより駆動系の安定性を向上させるむだ時間補償制御装置に関するものである。

20

【背景技術】

【0002】

一般に、プロセス制御において、P I または P I D (P : 比例, I : 積分, D : 微分) コントローラからなる制御装置によりむだ時間を含む制御対象を制御する場合、制御対象を一次遅れ (時定数 T) とむだ時間 L で表現すると、L / T 比が大きくなるほど、また、制御系ゲインが大きいほど、制御が不安定となることが知られている。

【0003】

従来、例えば、圧延機の板圧制御のように制御対象に無視できないほどのむだ時間がある場合 (L / T 比が大きい場合)、それを補償する手段として例えば特許文献 1 に開示されているむだ時間スミス補償法 (以下、スミス補償法という。) が広く用いられてきた。このスミス補償法は、制御対象モデルおよび制御対象むだ時間モデルを用いてむだ時間後の出力を予測し、それを打ち消すことにより制御の安定化を図る手法である。

30

【0004】

図 3 (a) は、スミス補償法を用いたフィードバック制御系の基本構成を示す機能ブロック図である。ここで、符号 1 は制御装置、符号 2 は制御対象、符号 3 は制御対象むだ時間、符号 4 はスミス補償器を示している。以下にスミス補償器 4 を用いた制御系の概略を説明する。

【0005】

出力 Y (s) のフィードバック値と目標値 U (s) との偏差は制御装置 1 に入力され、P I または P I D 制御により得られた演算結果が制御量として制御対象 2 に入力される。この制御量は同時にスミス補償器 4 に入力され、スミス補償器 4 で求められた補償信号 P (s) が制御装置 1 の前段にフィードバックされる。制御対象 2 におけるむだ時間 3 を

40

【0006】

【数 1】

$$e^{-L_p s}$$

【0007】

で表すと、このスミス補償器 4 を用いた制御系の応答式は次式 (1) となる。

【0008】

50

【数 2】

$$Y(s) = \frac{G_c(s)G_p(s)e^{-L_p s}}{1+G_c(s)\{G_p(s)e^{-L_p s} - P(s)\}}U(s) + \frac{\{1-G_c(s)P(s)\}G_p(s)e^{-L_p s}}{1+G_c(s)\{G_p(s)e^{-L_p s} - P(s)\}}D(s) \quad \dots (1)$$

【0009】

但し、 $G_c(s)$ ：制御装置 1 の伝達関数 $G_p(s)$ ：制御対象 2 の伝達関数

ここで (1) 式の特性方程式にはむだ時間

【0010】

10

【数 3】

$$e^{-L_p s}$$

【0011】

が含まれ、制御系が不安定となり、また制御系の設計も複雑となる。そこで、(1) 式の特性方程式において、次式 (2) のように制御対象モデル

【0012】

【数 4】

$$\tilde{G}_p(s)$$

20

【0013】

、制御対象むだ時間モデル

【0014】

【数 5】

$$\tilde{e}^{-L_p s}$$

【0015】

で補償信号 $P(s)$ を構成すると、特性方程式からむだ時間

【0016】

【数 6】

30

$$e^{-L_p s}$$

【0017】

を除去でき、制御系の安定化と制御系設計の簡便化が期待できる。

【0018】

【数 7】

$$P(s) = \tilde{G}_p(s) \{ \tilde{e}^{-L_p s} - 1 \} \quad \dots (2)$$

【0019】

図 3 (b) は補償信号 $P(s)$ を (2) 式としたときの制御ブロック図であるが、むだ時間後の出力とむだ時間が無い場合の出力を予測し、その偏差を制御装置 1 の前段にフィードバックしていることを意味している。スミス補償器 4 における制御対象モデル 7 およびむだ時間モデル 8 の同定が正確で、且つ外乱 $D(s)$ が無視できるほど小さい場合、図 3 (b) は図 3 (c) となり、むだ時間

40

【0020】

【数 8】

$$e^{-L_p s}$$

【0021】

を制御ループの外に出すことができ、見かけ上、制御装置 1 にて制御対象 2 をフィードバ

50

ック制御できるため制御系の安定性向上が図れる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0022】

【特許文献1】特許第2885544号公報（段落0004～0007、図2）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0023】

従来用いられているスミス補償法は、前述の通り制御対象2におけるむだ時間3の補償を目的としており、制御装置1の内部のむだ時間は考慮されていない。また、その性能はスミス補償器4内の制御対象モデル7、むだ時間モデル8の精度に依存する。

10

【0024】

ところで、近年、圧延機主機電動機等の電動機制御系に対しては、品質、歩留まり向上のために高速応答化の要求が益々高まってきている。電動機を含めた機械軸系の固有振動数と電動機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ねじり振動が発生することが知られているが、上記高速応答化の要求により、制御系の安定性確保がより一層重要となってきた。

【0025】

電動機制御系において制御対象（電動機）にねじり振動等による振動的外乱が現れた場合、制御装置はこの振動と逆位相の制御量を制御対象に印加し振動を抑制するように働こうとするが、制御装置自身の時定数とむだ時間があるため位相がずれ、制御目的に合致しない制御量を入力する期間が出てくるとなり不安定となる。制御装置におけるむだ時間は一般的に小さいものであるが、ゲインが大きく、外乱が大きい場合には制御性能に大きく影響することが懸念される。

20

【0026】

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、制御対象だけでなく、制御装置内のむだ時間を補償することにより、制御系の安定性向上を図ったむだ時間補償制御装置を得ることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0027】

30

この発明に係るむだ時間補償制御装置は、制御対象におけるむだ時間をむだ時間スミス補償法によるスミス補償器で補償すると共に、制御装置モデル手段と制御装置むだ時間モデル手段とを有する制御装置むだ時間補償器により、制御装置の内部のむだ時間を補償するものである。

【発明の効果】

【0028】

この発明に係るむだ時間補償制御装置によれば、制御対象におけるむだ時間をむだ時間スミス補償法によるスミス補償器で補償すると共に、制御装置モデル手段と制御装置むだ時間モデル手段とを有する制御装置むだ時間補償器により、制御装置の内部のむだ時間をも補償するので、制御系の安定性が向上する。

40

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図1】この発明の実施の形態1に係るむだ時間補償制御装置を示す制御ブロック図である。

【図2】この発明の実施の形態2に係るむだ時間補償制御装置を示す制御ブロック図である。

【図3】従来のむだ時間補償制御装置の制御ブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0030】

以下、添付の図面を参照して、この発明に係るむだ時間補償制御装置について好適な実

50

施の形態を説明する。なお、この実施の形態によりこの発明が限定されるものでない。

【 0 0 3 1 】

実施の形態 1 .

以下、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 (a) はこの発明の実施の形態 1 を示す制御ブロック図である。図 1 (a) において、符号 1 は制御装置、符号 2 は制御対象、符号 3 は制御対象むだ時間、符号 5 は制御装置むだ時間を示している。また、符号 4 はスミス補償器、6 は制御装置むだ時間補償器で、それぞれ制御対象 2 あるいは制御装置 1 におけるむだ時間補償を担当する。

【 0 0 3 2 】

実施の形態 1 に係るむだ時間補償制御装置は上記のように構成されており、次に動作について説明する。

出力 $Y(s)$ のフィードバック値と目標値 $U(s)$ との偏差は制御装置 1 に入力されると同時に、制御装置むだ時間補償器 6 に入力され、制御装置むだ時間補償器 6 で求められた補償信号 $P_c(s)$ がむだ時間を経た制御量にフィードフォワード制御される。この結果得られる制御装置むだ時間

【 0 0 3 3 】

【 数 9 】

$$e^{-L_c s}$$

【 0 0 3 4 】

を補償後の制御量は、制御対象 2 に入力されると同時にスミス補償器 4 に入力され、求められた補償信号 $P_p(s)$ が制御装置 1 の前段にフィードバックされる。図 1 の制御系の応答式は次式 (3) となる。

【 0 0 3 5 】

【 数 1 0 】

$$Y(s) = \frac{\{G_c(s)e^{-L_c s} + P_c(s)\}G_p(s)e^{-L_p s}}{1 + \{G_c(s)e^{-L_c s} + P_c(s)\}\{G_p(s)e^{-L_p s} - P_p(s)\}}U(s) + \frac{[1 - \{G_c(s)e^{-L_c s} + P_c(s)\}P_p(s)]G_p(s)e^{-L_p s}}{1 + \{G_c(s)e^{-L_c s} + P_c(s)\}\{G_p(s)e^{-L_p s} - P_p(s)\}}D(s)$$

・ ・ ・ (3)

【 0 0 3 6 】

前述のスミス補償法同様、(3) 式の特性方程式からむだ時間

【 0 0 3 7 】

【 数 1 1 】

$$e^{-L_c s}$$

【 0 0 3 8 】

および

【 0 0 3 9 】

【 数 1 2 】

$$e^{-L_p s}$$

【 0 0 4 0 】

を除去することを考えると、次式 (4) および次式 (5) が得られる。

【 0 0 4 1 】

【 数 1 3 】

$$P_c(s) = \tilde{G}_c(s) \{1 - \tilde{e}^{-L_c s}\} \quad \cdot \cdot \cdot (4)$$

【 0 0 4 2 】

10

20

30

40

【数 1 4】

$$P_p(s) = \tilde{G}_p(s) \{e^{-L_p s} - 1\} \quad \dots (5)$$

【0 0 4 3】

ここで、

【0 0 4 4】

【数 1 5】

$$\tilde{G}_c(s)$$

【0 0 4 5】

は制御装置モデル、

【0 0 4 6】

【数 1 6】

$$e^{-L_c s}$$

【0 0 4 7】

は制御装置むだ時間モデルを表す。

【0 0 4 8】

図 1 (b) は (4) 式および (5) 式を図 1 (a) に適用したときの制御ブロック図であるが、制御対象、制御装置それぞれのむだ時間後の出力とむだ時間が無い場合の出力を予測し、その偏差をそれぞれフィードフォワード制御していることが分かる。

【0 0 4 9】

これにより、従来のスミス補償法では考慮されていなかった制御装置 1 の内部のむだ時間をも考慮した制御系を構築することができ、より精度の高いむだ時間補償を行うことができ、安定性の向上が期待できる。

【0 0 5 0】

なお、スミス補償器 $P_p(s)$ 、および制御装置むだ時間補償器 $P_c(s)$ におけるモデル同定が正確に実施できた場合、(3) 式は次式 (6) に変換できる。

【0 0 5 1】

【数 1 7】

$$Y(s) = \frac{G_c(s)G_p(s)e^{-L_p s}}{1 + G_c(s)G_p(s)} U(s) + \frac{\{1 - G_c(s)P_p(s)\}G_p(s)e^{-L_p s}}{1 + G_c(s)G_p(s)} D(s) \quad \dots (6)$$

【0 0 5 2】

以上説明したように、実施の形態 1 に係るむだ時間補償制御装置は、制御装置モデルと制御装置むだ時間モデルを有しているが、これらはあらかじめ予測しやすいものであり、モデル化誤差も微小で、精度よいむだ時間補償が期待できる。従って、このむだ時間補償制御装置を用いることにより、特に高速応答化の要求が高く、外乱の大きい制御系の安定性向上に寄与できる。

【0 0 5 3】

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、スミス補償器と制御装置むだ時間補償器を併用する場合について説明したが、圧延主機電動機駆動系のように、外乱が大きく、制御対象におけるむだ時間が無視できるほど微小である制御系においては、比較的モデル同定の難しいスミス補償法を用いるとかえって制御性能が悪化する恐れがある。このため、図 2 に示すように制御装置むだ時間補償のみを行うことが望ましい。なお、図 2 において、図 1 と同一もしくは相当部分は、同一符号を付して説明を省略する。

【0 0 5 4】

図 2 に示す実施の形態 2 における応答式は次式 (7) となり、モデル同定が正確に実施

10

20

30

40

50

できた場合、次式(8)となる。この(8)式より、実施の形態2におけるむだ時間補償は、実施の形態1におけるむだ時間補償とは違って外乱 $D(s)$ に対しても安定に作用することが理解される。

【0055】

【数18】

$$Y(s) = \frac{\{G_c(s)e^{-L_c s} + P_c(s)\}G_p(s)}{1 + \{G_c(s)e^{-L_c s} + P_c(s)\}G_p(s)}U(s) + \frac{G_p(s)}{1 + \{G_c(s)e^{-L_c s} + P_c(s)\}G_p(s)}D(s) \quad \dots (7)$$

【0056】

【数19】

$$Y(s) = \frac{G_c(s)G_p(s)}{1 + G_c(s)G_p(s)}U(s) + \frac{G_p(s)}{1 + G_c(s)G_p(s)}D(s) \quad \dots (8)$$

10

【0057】

この実施の形態2に係るむだ時間補償制御装置は、実施の形態1と同様の効果を発揮し、例えば、圧延主機電動機駆動系のように、外乱が大きく、制御対象におけるむだ時間が無視できるほど微小である制御系において特に有効である。

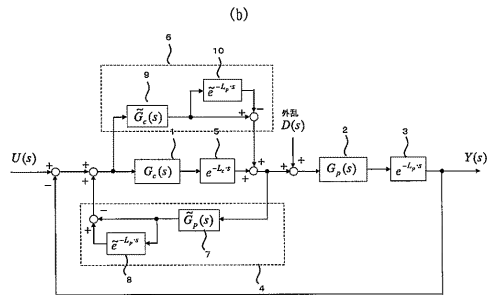
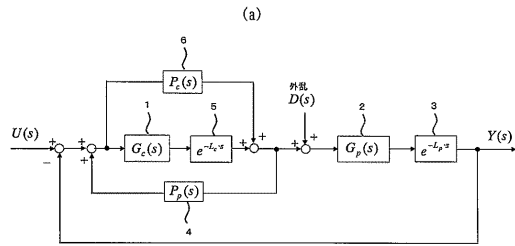
【符号の説明】

【0058】

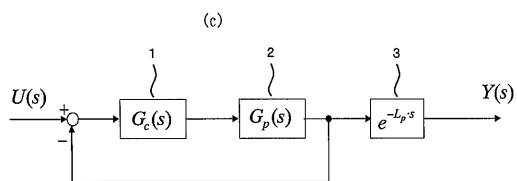
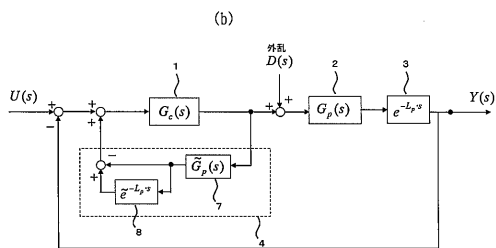
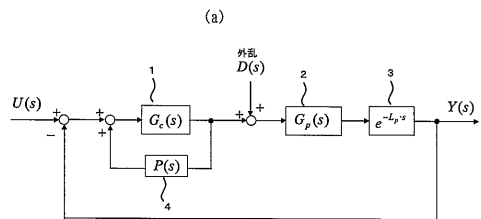
- 1 制御装置
- 2 制御対象
- 3 制御対象むだ時間
- 4 スミス補償器
- 5 制御装置むだ時間
- 6 制御装置むだ時間補償器
- 7 制御対象モデル
- 8 制御対象むだ時間モデル
- 9 制御装置モデル
- 10 制御装置むだ時間モデル

20

【図 1】



【図 3】



【図 2】

