

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4114871号
(P4114871)

(45) 発行日 平成20年7月9日(2008.7.9)

(24) 登録日 平成20年4月25日(2008.4.25)

(51) Int.Cl. F I
G O 5 B 11/36 (2006.01) G O 5 B 11/36 5 O 1 N

請求項の数 8 (全 10 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2003-575197 (P2003-575197) (86) (22) 出願日 平成15年3月5日(2003.3.5) (86) 国際出願番号 PCT/JP2003/002599 (87) 国際公開番号 W02003/077046 (87) 国際公開日 平成15年9月18日(2003.9.18) 審査請求日 平成16年8月24日(2004.8.24) (31) 優先権主張番号 特願2002-67758 (P2002-67758) (32) 優先日 平成14年3月13日(2002.3.13) (33) 優先権主張国 日本国(JP)</p>	<p>(73) 特許権者 502090415 加藤 利次 京都府京都市上京区新町通寺之内上る3丁目 大心院町39 (74) 代理人 100115749 弁理士 谷川 英和 (72) 発明者 加藤 利次 京都府京都市上京区新町通寺之内上る3丁目 大心院町39 審査官 二階堂 恭弘 (56) 参考文献 特開昭61-244106 (JP, A)</p>
---	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 デジタル制御装置およびプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

補償器と電子機器の電源である制御対象とフィードバックゲインを有する基準波形である正弦波の追従デジタル制御装置であって、

前記補償器の入力が、「 $A \sin t$ 」(Aは定数、は基準波形の角周波数、tは時間変数)で表される基準波形の値である基準値から制御量を減算した信号であり、
 前記制御対象の入力が前記補償器の出力から前記フィードバックゲインの出力を減算した信号であり、

「 $A \sin t$ 」(Aは定数、は基準波形の角周波数、tは時間変数)で表される基準波形の角周波数を、サンプリング周期をT、z演算子をzとし、 k_1 と k_2 を定数とすれば、

前記補償器の伝達関数が、 $(k_2 z + k_1) / (z^2 - 2 z \cos T + 1)$ であるデジタル制御装置。

【請求項2】

前記補償器は、入力を1サンプル周期T遅らせて出力する第一遅延器、入力を1サンプル周期T遅らせて出力する第二遅延器、入力を $2 \cos T$ 倍する第一乗算器、入力を k_1 倍する第二乗算器、および入力を k_2 倍する第三乗算器を具備し、
 前記第一遅延器の入力は、制御対象の目標値から制御量を減算した信号に、前記第一乗算器の出力を加算し、かつ前記第二遅延器の出力を減算した信号であり、
 前記第二遅延器、前記第一乗算器、および第三乗算器の入力は、前記第一遅延器の出力の

信号であり、

前記第二乗算器の入力は、前記第二遅延器の出力の信号であり、

前記補償器の出力は、第二乗算器の出力と第三乗算器の出力を加算した信号である請求項1記載のデジタル制御装置。

【請求項3】

n個の補償器と電子機器の電源である制御対象とフィードバックゲインを有するn個（nは2以上の整数）の正弦波の合成により構成される基準波形の追従デジタル制御装置であって、

n個の補償器を並列に接続し、

前記n個の補償器の入力が、前記基準波形の値である基準値から制御量を減算した信号であり、

前記制御対象の入力が前記n個の補償器の出力の和から前記フィードバックゲインの出力を減算した信号であり、

z演算子をzとし、 k_1 と k_2 を定数とすれば、

前記基準波形を構成する任意の正弦波が「 $A \sin k t$ 」（A、kは定数、 k は基準波形の角周波数、tは時間変数）で表される場合、当該正弦波に対応する補償器の伝達関数が、 $(k_2 z + k_1) / (z^2 - 2 z \cos k T + 1)$

であるデジタル制御装置。

【請求項4】

補償器と電子機器の電源である制御対象とフィードバックゲインを有するn個（nは2以上の整数）の正弦波の合成により構成される基準波形の追従デジタル制御装置であって、

、

1個以上の補償器を具備し、

前記1個以上の補償器全体の伝達関数が、請求項3記載のn個の補償器全体の伝達関数と等価であることを特徴とするデジタル制御装置。

【請求項5】

請求項1から請求項4いずれか記載のデジタル制御装置を組み込んだ電子機器。

【請求項6】

補償器と電子機器の電源である制御対象とフィードバックゲインを有するデジタル制御装置を実現するためのプログラムであり、かつ、コンピュータに、基準波形である正弦波の追従デジタル制御方法を実行させるためのプログラムであって、

前記補償器の入力が、「 $A \sin t$ 」（Aは定数、 k は基準波形の角周波数、tは時間変数）で表される基準波形の値である基準値から制御量を減算した信号であり、

前記制御対象の入力が前記補償器の出力から前記フィードバックゲインの出力を減算した信号であり、

「 $A \sin k t$ 」（Aは定数、 k は基準波形の角周波数、tは時間変数）で表される基準波形の角周波数を k 、サンプリング周期をT、z演算子をzとし、 k_1 と k_2 を定数とすれば、

前記補償器の伝達関数が、 $(k_2 z + k_1) / (z^2 - 2 z \cos k T + 1)$

である正弦波の追従デジタル制御方法を実行させるためのプログラム。

【請求項7】

n個の補償器と電子機器の電源である制御対象とフィードバックゲインを有するデジタル制御装置を実現するためのプログラムであり、かつ、コンピュータに、n個（nは2以上の整数）の正弦波の合成により構成される基準波形の追従デジタル制御方法を実行させるためのプログラムであって、

n個の補償器を並列に接続し、

前記n個の補償器の入力が、前記基準波形の値である基準値から制御量を減算した信号であり、

前記制御対象の入力が前記n個の補償器の出力の和から前記フィードバックゲインの出力を減算した信号であり、

10

20

30

40

50

z 演算子を z とし、 k_1 と k_2 を定数とすれば、
前記基準波形を構成する任意の正弦波が「 $A \sin k_1 t$ 」(A 、 k_1 は定数、 t は基準波形の角周波数、 t は時間変数) で表される場合、当該正弦波に対応する補償器の伝達関数が、 $(k_2 z + k_1) / (z^2 - 2z \cos k_1 T + 1)$ であるデジタル制御方法を実行させるためのプログラム。

【請求項 8】

補償器と電子機器の電源である制御対象とフィードバックゲインを有するデジタル制御装置を実現するためのプログラムであり、かつ、コンピュータに、 n 個 (n は 2 以上の整数) の正弦波の合成により構成される基準波形の追従デジタル制御方法を実行させるためのプログラムであって、

1 個以上の補償器を具備し、
前記 1 個以上の補償器全体の伝達関数が、請求項 7 記載の n 個の補償器全体の伝達関数と等価であることを特徴とするデジタル制御方法を実行させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は正弦波 PWM インバータやコンバータの力率制御等のための正弦波追従デジタル制御装置等に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

例えば、大容量電圧形インバータによる交流電動機のベクトル制御等における電圧形インバータの出力電圧波形は正弦波ではなく、PWM 変調された矩形波である。従って、高調波によって波形ひずみによる問題が生じている。

【0003】

そこで、正弦波に追従するデジタル制御を行う装置が種々提案されている。かかる正弦波に追従するデジタル制御装置は、図 5 に示すシステム構成図を有する。つまり、当該デジタル制御装置は、補償器と制御対象とフィードバックゲイン (h) により構成される。この補償器は、制御対象の出力 $y [i]$ を基準波形 $y_r [i]$ に追従制御するために設けられる。

【0004】

そして、図 5 の補償器に、通常、良く用いられるのは、図 6 に示す積分器によるものである。しかし、当該積分器による補償を行っても、正弦波に追従制御できず、偏差が生じる。かかる図 6 の制御装置で、2 次の制御対象を有限制限制御によりゲインを決定し、正弦波に追従しようとする、図 7 のような結果が得られる。図 7 の 2 つの曲線の幅は、正弦波標準波形と図 6 の制御装置による制御結果の偏差を示している。図 7 の初期部分 1 1 のサンプル点を拡大したグラフを図 8 に示す。図 8 によれば、図 6 の制御装置では、偏差が生じてしまうことが明らかである。

【0005】

これに対して、内部原理モデルに基づいて、図 9 に示す繰り返し制御による補償器を設ける構成も存在する。しかし、この繰り返し制御による補償器によれば、1 周期分に対応する次数による構成が必要となる。そのため、例えば、50 Hz の正弦波をサンプル時間 100 μ s (マイクロ秒) で制御するには 200 次の補償器が必要となる。なお、200 次の「200」は、「 $(1/50)/0.0001$ 」により算出される。なお、繰り返し制御については、「基礎デジタル制御 (コロナ社) P108」などに説明されている。

【0006】

【課題を解決するための手段】

本発明は、補償器と制御対象とフィードバックゲインを有する正弦波の追従デジタル制御装置であって、補償器の入力が基準値から制御量を減算した信号であり、制御対象の入力が補償器の出力からフィードバックゲインの出力を減算した信号であり、角周波数を

10

20

30

40

50

、サンプリング周期を T 、 z 演算子を z とし、 k_1 と k_2 を定数とすれば、補償器の伝達関数が、 $(k_2 z + k_1) / (z^2 - 2z \cos T + 1)$ である正弦波の追従デジタル制御装置により、2次の補償器を構成でき、当該2次の補償器により、簡単かつ高精度に正弦波の基準波形に追従制御することができる。

【0007】

【発明の実施の形態】

以下、実施の形態について図面を参照して説明する。

【0008】

図1は、本発明における制御装置の構成を示すブロック図である。

【0009】

制御装置11は、補償器111と制御対象112とフィードバックゲイン113を有する正弦波の追従デジタル制御装置である。

【0010】

本デジタル制御装置の基準値を $y_r[i]$ とし、出力を $y[i]$ とする。かかる場合の補償器111の入力は、基準値 $y_r[i]$ から出力 $y[i]$ を減算した値になる。制御対象112の入力は、補償器111の出力からフィードバックゲイン113の出力を減算した値になる。フィードバックゲイン113への入力は、制御対象112からの状態変数 $x[i]$ である。

【0011】

そして、補償器111の具体的な構成は、以下の通りである。補償器111は、第一遅延器1111、第二遅延器1112、第一乗算器1113、第二乗算器1114、第三乗算器1115を有する。

【0012】

ここで、第一遅延器1111、および第二遅延器1112は、入力を1サンプル周期 T 遅らせる。第一乗算器1113は入力を $2 \cos T$ 倍する。 $2 \cos T$ は、「 $2 \times (\cos T)$ 」である。なお、 T は角周波数であり、 T はサンプリング周期である。第二乗算器1114は入力を k_1 倍する。 k_1 は定数である。第三乗算器1115は入力を k_2 倍する。 k_2 は定数である。

【0013】

そして、第一遅延器1111の入力は、制御対象の目標値($y_r[i]$)から制御量($y[i]$)を減算した値($e[i]$)に、第一乗算器1113の出力を加算し、かつ第二遅延器1112の出力を減算した値である。第二遅延器1112、第一乗算器1113、および第三乗算器1115の入力は、第一遅延器1111の出力値である。第二乗算器1114の入力は、第二遅延器1112の出力値である。また、補償器111の出力は、第二乗算器1114の出力値と第三乗算器1115の出力値を加算した値になる。

【0014】

なお、定数 k_1 、 k_2 は、制御対象に基づいて決められる。定数 k_1 、 k_2 は、デッドビート制御や最適制御を用いて決定され得る。デッドビート制御や最適制御については、既存技術であるので説明を省略する。

【0015】

上記の制御装置11によれば、図2に示すような、正弦波への追従制御が可能である。つまり、図6に対応したグラフが図2である。図2によれば、初期部分11サンプル点のうち、4つ目のサンプル点で正弦波形との偏差が0になっている。

【0016】

以上、本実施の形態によれば、2次の補償器により、簡単、高速、かつ高精度に正弦波の基準波形に追従制御できる。

【0017】

なお、本実施の形態における図1の補償器の定数(k_1 、 k_2)は、一定の比を有すれば、上記図2における結果を生じ得る。また、補償器の第一乗算器の係数「 $2 \cos T$ 」とフィードバックゲイン「1」(図1では、そのまま信号をスルーしている。)の関係も

10

20

30

40

50

、「 $2 \cos T : 1$ 」の比であれば、具体的な値は問わない。

【0018】

以上より、図1における補償器の構成のみが、本実施の形態における効果を奏するわけではない。本実施の形態における効果を奏するためには、補償器の伝達関数が、以下の式であることが必要である。補償器の伝達関数が以下の場合に図2の結果が得られる。

【0019】

つまり、角周波数を ω 、サンプリング周期を T 、 z 演算子を z とし、 k_1 と k_2 を定数とすれば、補償器の伝達関数が、 $(k_2 z + k_1) / (z^2 - 2z \cos T + 1)$ であれば、上記の効果が得られる。なお、上記伝達関数を構成する「 $2z \cos T$ 」は「 $2 \times z \times (\cos(\omega T))$ 」である。

10

【0020】

また、上記において、本実施の形態における正弦波追従デジタル制御装置の応用について述べなかったが、本実施の形態における正弦波追従デジタル制御装置は、正弦波PWMインバータやコンバータの力率制御等に利用できる。

【0021】

従って、本実施の形態における正弦波追従デジタル制御方法は、各種電子機器に 응용可能である。電子機器とは、エアコン、洗濯機、冷蔵庫、インバータ駆動の車両（電車、自動車等）等である。つまり、本実施の形態における正弦波追従デジタル制御方法は、エアコン・洗濯機・冷蔵庫の電源制御や、インバータ駆動の車両（電車、自動車等）等に広く利用できる。

20

【0022】

また、本実施の形態における正弦波追従デジタル制御方法を組み合わせて制御を行えば、正弦波の組み合わせの基準波形に対して追従制御可能である。つまり、基準波形が複数の正弦波の合成により表現されるときには、それぞれの正弦波に対して、実施の形態で述べた補償器を構成し、並列に接続すれば良い。この並列回路と同じ伝達関数を他の回路表現にしても、上述した効果が得られる。

【0023】

以下、基準波形が複数の正弦波の合成により表現される場合の追従制御装置の例について具体的に説明する。以下は、三相の場合の基準波形であり、基準波形が「 $A \sin t + (A/6) \times \sin 3t$ 」であるとする。なお、「 A 」は定数であり、「 ω 」は角周波数であり、「 t 」は時間変数である。また、「 $A \sin t$ 」は、「 $A \times (\sin(\omega t))$ 」のことである。「 $\sin 3t$ 」は、「 $\sin(3\omega t)$ 」のことである。

30

【0024】

この基準波形のうちの「 $A \sin t$ 」に対応する補償器の伝達関数は、上述した通り「 $(k_2 z + k_1) / (z^2 - 2z \cos T + 1)$ 」である。また、基準波形のうちの「 $(A/6) \times \sin 3t$ 」に対応する補償器の伝達関数は、「 $(k_4 z + k_3) / (z^2 - 2z \cos 3T + 1)$ 」である。ここで、 k_4 と k_3 は定数である。また、 z は z 演算子である。「 $2z \cos 3T + 1$ 」は、「 $(2z) \times (\cos(3\omega T)) + 1$ 」である。

【0025】

そして、かかる場合の制御装置の構成を示すブロック図を図3に示す。図3によれば、「 $(k_2 z + k_1) / (z^2 - 2z \cos T + 1)$ 」の伝達関数を有する補償器と、「 $(k_4 z + k_3) / (z^2 - 2z \cos 3T + 1)$ 」の伝達関数を有する補償器が並列に接続されている。

40

【0026】

上記を一般化すれば、以下のようなになる。つまり、 n 個（ n は2以上の整数）の正弦波の合成により構成される基準波形の追従デジタル制御装置を考える。このデジタル制御装置は、 n 個の補償器を並列に接続し、 n 個の補償器の入力は基準値から制御量を減算した信号であり、制御対象の入力が n 個の補償器の出力の和からフィードバックゲインの出力を減算した信号であり、 z 演算子を z とし、 k_1 と k_2 を定数とすれば、基準波形を構成する任意の正弦波が「 $A \sin k t$ 」（ A 、 k は定数、 ω は角周波数、 t は時間変数）で

50

表される場合、当該正弦波に対応する補償器の伝達関数が、 $(k_2 z + k_1) / (z^2 - 2 z \cos k T + 1)$ である。これを図示したのが、図4である。ここで、上記伝達関数を構成する「 $2 z \cos k T$ 」は「 $2 \times z \times (\cos(k \times T))$ 」である。なお、図3または図4に示すデジタル制御装置は、正弦波PWMインバータやコンバータの力率制御等に利用できる。従って、図3または図4に示すデジタル制御装置も、各種電子機器に活用可能である。電子機器とは、エアコン、洗濯機、冷蔵庫、インバータ駆動の車両（電車、自動車等）等である。つまり、図3または図4に示すデジタル制御装置およびデジタル制御方法は、エアコン・洗濯機・冷蔵庫の電源制御や、インバータ駆動の車両（電車、自動車等）等に広く利用できる。

【0027】

10

また、図4の制御装置において、 n 個の補償器が用いられている。しかし、補償器は1個以上であれば良い。つまり、図4の n 個の補償器を任意に括り、全体として等価な伝達関数を有する1個以上の補償器に置き換えても良い。かかる場合、制御装置は以下の構成になる。制御装置は、補償器と制御対象とフィードバックゲインを有する n 個（ n は2以上の整数）の正弦波の合成により構成される基準波形の追従デジタル制御装置であって、1個以上の補償器を具備し、1個以上の補償器全体の伝達関数が、図4の n 個の補償器全体の伝達関数と等価であることを特徴とするデジタル制御装置である。

【0028】

また、本実施の形態において、正弦波または正弦波の組み合わせの基準波形に追従するデジタル制御装置について述べた。しかし、本実施の形態において述べたデジタル制御装置またはデジタル制御方法（図1または図3または図4に示すデジタル制御装置とデジタル制御方法）は、基準波形が正弦波と他の波形（正弦波でない）の組み合わせである場合も適用可能である。つまり、基準波形が正弦波と他の波形の組み合わせである場合に、正弦波にかかる部分の追従制御において、図1または図3または図4に示すデジタル制御装置とデジタル制御方法を利用するのである。そうすれば、簡単かつ高精度に基準波形に追従制御することができる。

20

【0029】

さらに、本実施の形態において説明したデジタル制御装置の動作は、ソフトウェアで実現しても良い。そして、当該ソフトウェアを、例えば、サーバ上に置いて、ソフトウェアダウンロードにより当該ソフトウェアを配布しても良い。さらにソフトウェアをCD-R
ROM等の記録媒体に記録して流布しても良い。具体的には、プログラムは、以下の構成をとり得る。当該プログラムは、補償器と制御対象とフィードバックゲインを有するデジタル制御装置を実現するためのプログラムであり、かつ、コンピュータに、正弦波の追従デジタル制御方法を実行させるためのプログラムであって、補償器の入力が基準値から制御量を減算した信号であり、制御対象の入力が前記補償器の出力からフィードバックゲインの出力を減算した信号であり、角周波数を、サンプリング周期を T 、 z 演算子を z とし、 k_1 と k_2 を定数とすれば、補償器の伝達関数が、 $(k_2 z + k_1) / (z^2 - 2 z \cos k T + 1)$ である正弦波の追従デジタル制御方法を実行させるためのプログラムである。

30

【0030】

また、プログラムは、以下の構成をとり得る。つまり、 n 個の補償器と制御対象とフィードバックゲインを有するデジタル制御装置を実現するためのプログラムであり、かつ、コンピュータに、 n 個（ n は2以上の整数）の正弦波の合成により構成される基準波形の追従デジタル制御方法を実行させるためのプログラムであって、 n 個の補償器を並列に接続し、 n 個の補償器の入力が基準値から制御量を減算した信号であり、制御対象の入力が n 個の補償器の出力の和から前記フィードバックゲインの出力を減算した信号であり、 z 演算子を z とし、 k_1 と k_2 を定数とすれば、基準波形を構成する任意の正弦波が「 $A \sin k t$ 」（ A 、 k は定数、 k は角周波数、 t は時間変数）で表される場合、当該正弦波に対応する補償器の伝達関数が、 $(k_2 z + k_1) / (z^2 - 2 z \cos k T + 1)$ であるデジタル制御方法を実行させるためのプログラム。

40

【0031】

50

また、プログラムは、以下の構成をとり得る。つまり、補償器と制御対象とフィードバックゲインを有するデジタル制御装置を実現するためのプログラムであり、かつ、コンピュータに、 n 個 (n は2以上の整数)の正弦波の合成により構成される基準波形の追従デジタル制御方法を実行させるためのプログラムであって、1個以上の補償器を具備し、1個以上の補償器全体の伝達関数が、図4の n 個の補償器全体の伝達関数と等価であることを特徴とするデジタル制御方法を実行させるためのプログラム。

【発明の効果】

以上のように、本発明によれば、2次の補償器により、簡単かつ高精度に正弦波の基準波形に追従制御することができる。

【図面の簡単な説明】

10

【図1】 実施の形態における制御装置の構成を示すブロック図

【図2】 実施の形態における正弦波への追従制御を示すグラフ

【図3】 実施の形態における制御装置の構成を示すブロック図

【図4】 実施の形態における制御装置の構成を示すブロック図

【図5】 従来技術における制御装置の構成を示すブロック図

【図6】 従来技術における制御装置の構成を示すブロック図

【図7】 従来技術における正弦波への追従制御を示すグラフ

【図8】 従来技術における正弦波への追従制御を示すグラフの拡大図

【図9】 従来技術における制御装置の構成を示すブロック図

【符号の説明】

20

1 1 制御装置

1 1 1 補償器

1 1 2 制御対象

1 1 3 フィードバックゲイン

1 1 1 1 第一遅延器

1 1 1 2 第二遅延器

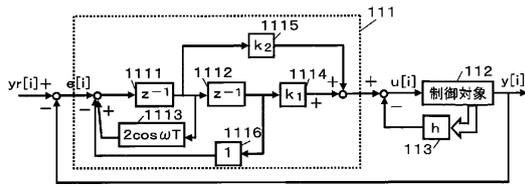
1 1 1 3 第一乗算器

1 1 1 4 第二乗算器

1 1 1 5 第三乗算器

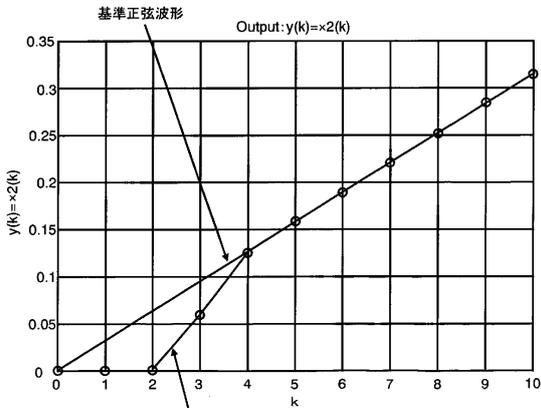
【図1】

FIG. 1



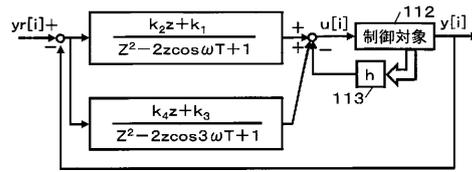
【図2】

FIG. 2

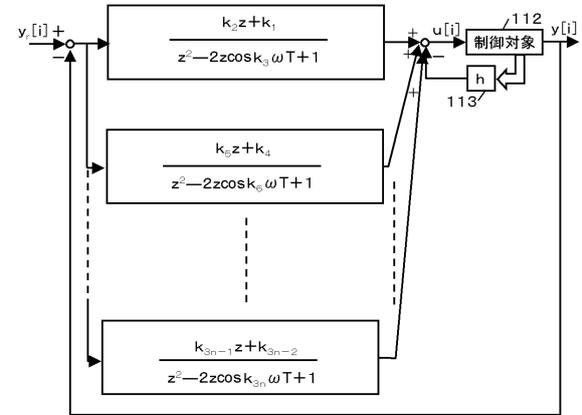


【図3】

FIG. 3

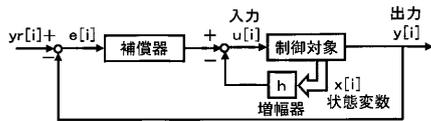


【図4】



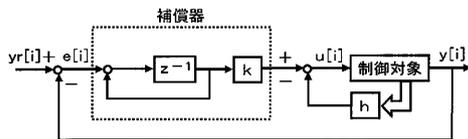
【図5】

FIG. 5



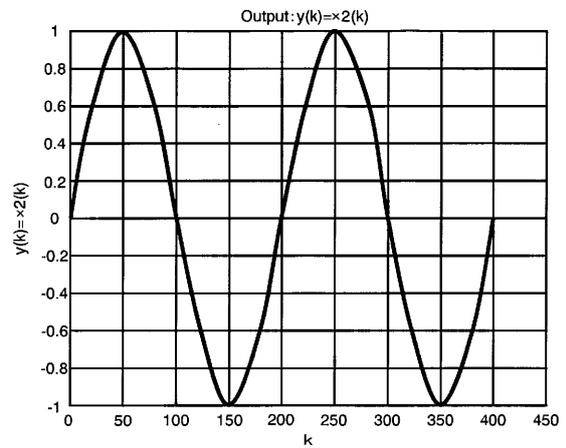
【図6】

FIG. 6

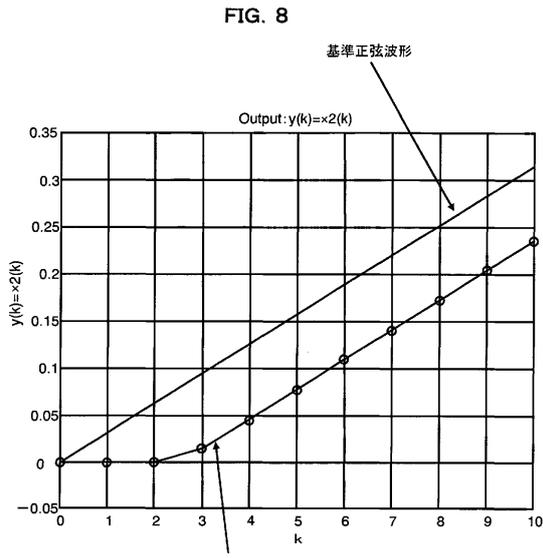


【図7】

FIG. 7



【 図 8 】

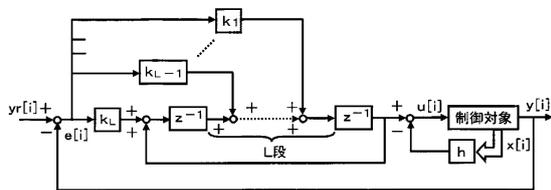


図面の参照符号の一覧表

- 11 制御装置
- 111 補償器
- 112 制御対象
- 113 フィードバックゲイン
- 1111 第一遅延器
- 1112 第二遅延器
- 1113 第一乗算器
- 1114 第二乗算器
- 1115 第三乗算器

【 図 9 】

FIG. 9



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B名)

G05B 11/36