

(12)

PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 1350/92

(51) Int.Cl.⁶ : G05D 23/19

(22) Anmeldetag: 2. 7.1992

(42) Beginn der Patentdauer: 15. 5.1994

(45) Ausgabetag: 25. 1.1995

(56) Entgegenhaltungen:

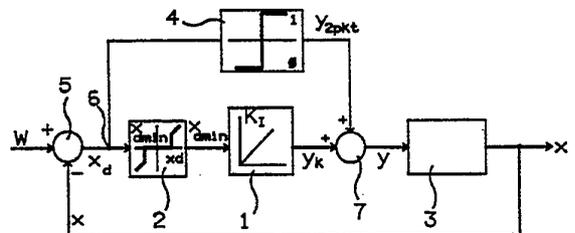
US-PS 4715052 US-PS 4807167 US-PS 5012430 US-PS 4474154
US-PS 4586123 GB-PS 1600739 DE-OS 2700391 DE-OS 3118259
WO-A1 86/5045

(73) Patentinhaber:

VAILLANT GESELLSCHAFT M.B.H.
A-1233 WIEN (AT).

(54) DIGITALER REGELKREIS

(57) Die Erfindung betrifft einen digitalen Regelkreis mit einem konventionellen Regler (1), der eine Regelabweichung X_d als Differenz zwischen einer Führungsgröße W und einem Ist-Wert X in eine digitale Stellgröße Y_k umsetzt, welche eine Regelstrecke (3), gegebenenfalls unter Zwischenschaltung eines Digital-Analog-Wandlers, beaufschlagt, deren Ausgangsgröße X wiederum zur Bildung der Stellgröße Y_k dient. Um den Stufenabstand der Stellgröße zu verringern, ist erfindungsgemäß vorgesehen, daß dem konventionellen Regler (1) ein 2-Punkt-Regler (4) parallel geschaltet ist, dessen Eingangsgröße die Regelabweichung X_d ist und dessen Stellgröße Y_{2pkt} zu derjenigen Y_k des konventionellen Reglers (1) addiert wird, wobei die Gesamtstellgröße $Y = Y_k + Y_{2pkt}$ der Regelstrecke (3) zugeführt wird.



Die Erfindung betrifft einen digitalen Regelkreis mit einem konventionellen Regler, der eine Regelabweichung X_d als Differenz zwischen einer Führungsgröße W und einem Ist-Wert X in eine digitale Stellgröße Y_k umsetzt, welche eine Regelstrecke, gegebenenfalls unter Zwischenschaltung eines Digital-Analog-Wandlers, beaufschlagt, deren Ausgangsgröße X wiederum zur Bildung der Stellgröße Y_k dient.

5 Aus der DE-OS 31 18 259 ist eine analog arbeitende Regelanordnung bekanntgeworden, bei der durch Betätigung von Schaltern wahlweise P-, PI-, PD- oder PID-Verhalten einstellbar ist.

Bei digitalen Regelkreisen ist die Ausgangsgröße des Reglers - die Stellgröße - bedingt durch die Rechengenauigkeit des Reglers oder die Wortbreite des Ausgabekanals nur stufenweise veränderbar. Damit ist der Nachteil verbunden, daß nicht jeder beliebige Ist-Wert statisch angefahren werden kann. Beispielsweise gilt für einen Drehzahlregler, dessen Stellgröße den Ist-Wert, das heißt die Drehzahl, in zwanzig 10 Stufen im Bereich von 0 bis 2.000 [1/min] einstellen kann, daß die Drehzahl statisch nur in 100-[1/min]-Schritten fixierbar ist.

Der Erfindung liegt demgemäß die Aufgabe zugrunde, einen digitalen Regelkreis dahin gehend zu verbessern, daß auch Zwischenstufen einstellbar sind.

15 Die Lösung der Aufgabe besteht erfindungsgemäß darin, daß dem konventionellen Regler ein 2-Punkt-Regler parallel geschaltet ist, dessen Eingangsgröße die Regelabweichung X_d ist und dessen Stellgröße Y_{2pkt} zu derjenigen Y_k des konventionellen Reglers addiert wird, wobei die Gesamtstellgröße $Y = Y_k + Y_{2pkt}$ der Regelstrecke zugeführt wird.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß Zwischenstufen auch anfahrbar sind, wenn die 20 Stellgröße mit für die Regelstrecke unbemerkbarer Frequenz moduliert wird.

Der zur Modulation der Stellgröße verwendete 2-Punkt-Regler ist bei kleinen Regelabweichungen mit einem P-Regler mit unendlicher Verstärkung vergleichbar, das heißt, minimale Regelabweichungen führen zu einer Änderung der Stellgröße. Bei großen Regelabweichungen geht die Verstärkung gegen Null, da die Stellgröße durch den 2-Punkt-Regler maximal um eine Stufe geändert werden kann. Dieses System regelt 25 kleine Regelabweichungen durch die hohe Verstärkung aus, führt aber durch die abnehmende Verstärkung bei steigender Regelabweichung nicht zu instabilen Systemen. Das bedeutet, daß durch den 2-Punkt-Regler die Stabilität des gesamten Regelsystems nicht beeinflusst wird und trotzdem die systembedingten Abweichungen durch die Quantisierung der Stellgröße ausgeregelt werden. Damit ist eine Optimierung des konventionellen Reglers nach bekannten Verfahren, insbesondere in bezug auf Stabilitätsbetrachtungen, 30 möglich. Unter konventionellen Reglern sind hier alle Regler mit P-, PI-, I- oder PID-Charakteristik zu verstehen.

Da beim Einsatz dieser konventionellen Regler der I-Anteil auf die "Langsame"-Regelstrecke abgestimmt ist, müssen die durch die Quantisierung bedingten Abweichungen vom P-Anteil und gegebenenfalls auch vom D-Anteil ausgeregelt werden. Die Höhe des P-Anteils richtet sich in den meisten Fällen nach der 35 Stabilitätsgrenze des Regelsystems. Die Modulation der Stellgröße hängt folglich auch von der Regelstrecke ab, das bedeutet, daß bei vorgegebener Proportionalverstärkung des P-Anteils der minimale Fehler durch die Quantisierung der Stellgröße festliegt.

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung ist vorgesehen, daß dem konventionellen Regler Schaltungselemente zur Erzeugung einer Ansprechschwelle X_{dmin} vorgeordnet sind. Die Ansprechschwelle sorgt 40 dafür, daß der konventionelle Regler nur auf Regelabweichungen X_d über einer Schwelle X_{dmin} reagieren kann. Dadurch wird verhindert, daß der konventionelle Regler die Reaktion des 2-Punkt-Reglers verstärkt und damit das Regelverhalten negativ beeinflusst.

Vorzugsweise ist eine Anwendung zur digitalen Drehzahlregelung eines Elektromotors vorgesehen, wobei die Gesamtstellgröße eine pulsweiten modulierte Spannung ist, die durch die Induktivität des 45 Elektromotors geglättet wird. Zur Umsetzung der digitalen Stellgröße in ein analoges Signal muß in den meisten Fällen ein Digital-Analog-Wandler eingesetzt werden. Bei wenigen Anwendungen kann die Stellgröße direkt auf die Regelstrecke gegeben werden. Die Regelstrecke führt dann die Digital-Analog-Umsetzung durch ihr integrierendes Verhalten aus. Das ist beispielsweise bei einer digitalen Drehzahlregelung eines Elektromotors durch dessen Induktivität der Fall. Ein drehzahlgeregelter Elektromotor läßt sich mit Vorteil 50 beispielsweise zur Ansteuerung eines Gebläses im Luft- und/oder Abgasstrom bei einem mit fossilen Brennstoffen beheizten Warmwasserbereiter anwenden.

Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet beziehungsweise werden nachstehend anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert.

Es zeigen: Figur 1 ein Prinzipschaltbild eines erfindungsgemäßen Regelkreises und Figur 2 zwei 55 Diagramme zur Veranschaulichung der Funktionsweise des Regelkreises gemäß Figur 1.

Der in Figur 1 dargestellte digitale Regelkreis besteht im wesentlichen aus einem konventionellen Regler 1, der ein P-, PI-, I- oder PID-Regler sein kann, einem diesem vorgeschalteten Schwellwertgeber 2, einer nachgeschalteten Regelstrecke 3 und einem zu der Regler 1- Schwellwertgeber 2-Baugruppe parallel

geschalteten 2-Punkt-Regler 4. Dem Regelkreis werden die Führungsgröße W und der momentane Ist-Wert X zugeführt. Mittels eines Differenzgliedes 5 wird die Regelabweichung $X_d = W - X$ gebildet. Mit dieser Regelabweichung X_d wird über einen Verzweigungspunkt 6 sowohl der Schwellwertgeber 2 als auch der 2-Punkt-Regler 4 beaufschlagt. Wird eine minimale Regelabweichung X_{dmin} überschritten, wird der konventionelle Regler 1 aktiviert.

Der konventionelle Regler 1 erzeugt eine Stellgröße Y_k , während der 2-Punkt-Regler 4 eine Korrekturstellgröße Y_{2pkt} bildet. Beide Reglerausgänge sind mit einem Addierglied 7 verbunden. Das Addierglied 7 bildet die Summe aus den beiden Stellgrößen Y_k und Y_{2pkt} . An seinem Ausgang liegt die Gesamtstellgröße Y als digitales Signal an. Dieses Signal kann entweder direkt auf die Regelstrecke 3 gegeben werden oder muß noch über einen Digital-Analog-Wandler in eine von der Regelstrecke 3 verarbeitbare Signalform umgesetzt werden. Der 2-Punkt-Regler 4 dient quasi zur Modulation der Stellgröße. Bei Regelabweichungen X_d größer oder größer/gleich Null wird auf die Stellgröße Y_k des konventionellen Reglers ein Schritt aufaddiert und damit die Stellgröße moduliert. Diesen Zusammenhang zeigt Figur 2 in zwei einander zugeordneten Zeitdiagrammen. Im oberen Diagramm ist der Ist-Wert-Verlauf und im unteren Diagramm die jeweilige Stellgröße des 2-Punkt-Reglers 4 dargestellt. Ohne Stellgrößenmodulation sind nur weit auseinanderliegende diskrete Ist-Werte, die hier mit $X_{y_i}, X_{y_{i+1}}$ und $X_{y_{i+2}}$ bezeichnet sind, statisch einstellbar. Liegt der Soll-Wert beziehungsweise die Führungsgröße W zwischen zwei X -Werten, kann die resultierende Regelabweichung X_d erheblich sein. Um eine genauere Einstellung zu ermöglichen, ist daher vorgesehen, daß der relativ grob geteilten Stellgröße Y_k des konventionellen Reglers eine Korrekturstellgröße Y_{2pkt} überlagert wird. Im Zeitraum zwischen t_1 und t_2 wird durch den 2-Punkt-Regler 4 ein Ausgangssignal mit dem Pegel "high" erzeugt, das heißt $Y_{2pkt} = 1$ Schritt wird aufaddiert. Wird die Soll-Wert-Abweichung negativ, schaltet der 2-Punkt-Regler auf "low". Das ist im Zeitraum zwischen t_2 und t_3 der Fall. Dieser Vorgang wiederholt sich bei konstanter Führungsgröße mit der systemeigenen Regelfrequenz. Die durch die Modulation hervorgerufenen Regelschwankungen sind folglich nur noch von der Abtastzeit des 2-Punkt-Reglers 4 abhängig.

Die Erfindung beschränkt sich nicht auf das oben angegebene Ausführungsbeispiel. Vielmehr ist eine Anzahl von Varianten denkbar, welche bei grundsätzlich anders gearteter Ausbildung von den Merkmalen der Erfindung Gebrauch machen.

30 Patentansprüche

1. Digitaler Regelkreis mit einem konventionellen Regler, der eine Regelabweichung X_d als Differenz zwischen einer Führungsgröße W und einem Ist-Wert X in eine digitale Stellgröße Y_k umsetzt, welche eine Regelstrecke, gegebenenfalls unter Zwischenschaltung eines Digital-Analog-Wandlers, beaufschlagt, deren Ausgangsgröße X wiederum zur Bildung der Stellgröße Y_k dient, **dadurch gekennzeichnet**, daß dem konventionellen Regler (1) ein 2-Punkt-Regler (4) parallel geschaltet ist, dessen Eingangsgröße die Regelabweichung X_d ist und dessen Stellgröße Y_{2pkt} zu derjenigen Y_k des konventionellen Reglers (1) addiert wird, wobei die Gesamtstellgröße $Y = Y_k + Y_{2pkt}$ der Regelstrecke (3) zugeführt wird.
2. Regelkreis nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß dem konventionellen Regler (1) ein Schwellwertgeber (2) zur Erzeugung einer Ansprechschwelle X_{dmin} vorgeschaltet ist.
3. Regelkreis nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch Anwendung zur digitalen Drehzahlregelung eines Elektromotors, wobei die Gesamtstellgröße Y eine pulsweiten modulierte Spannung ist, die durch die Induktivität des Elektromotors geglättet wird.
4. Regelkreis nach Anspruch 3, gekennzeichnet durch die Anwendung des drehzahlgeregelten Elektromotors zur Ansteuerung eines Gebläses im Luft- und/oder Abgasstrom eines mit fossilen Brennstoffen beheizten Warmwasserbereiters.

Hiezu 1 Blatt Zeichnungen

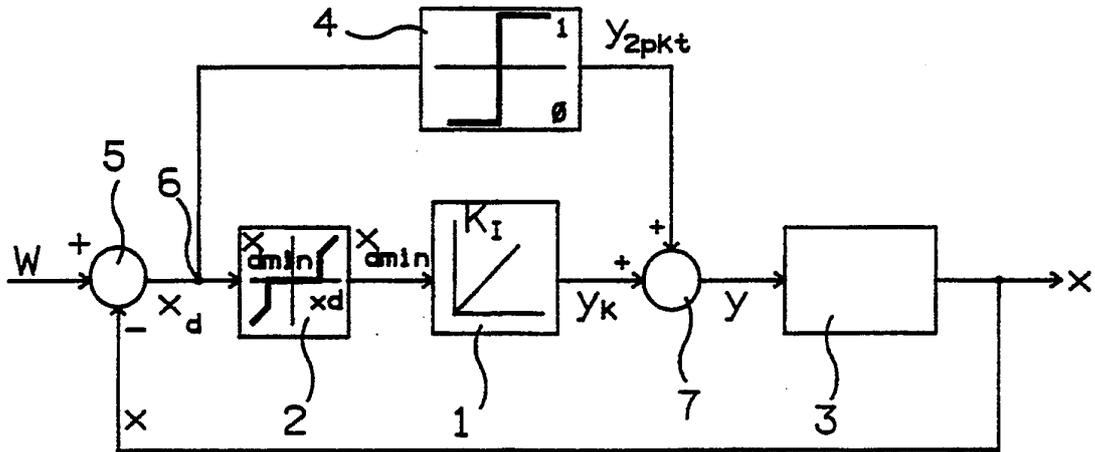


Fig. 1

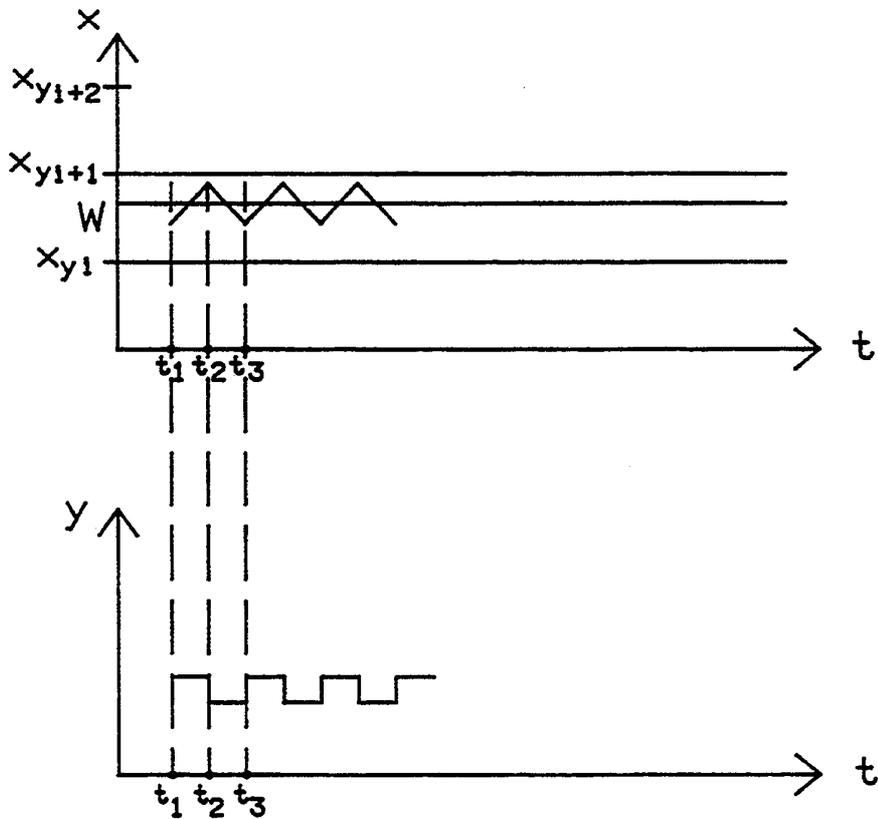


Fig. 2