



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2006 026 771 A1** 2007.12.13

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 026 771.0**

(22) Anmeldetag: **07.06.2006**

(43) Offenlegungstag: **13.12.2007**

(51) Int Cl.⁸: **G05D 1/08 (2006.01)**
A63H 30/04 (2006.01)

(71) Anmelder:
Reich, Stefan, 82418 Murnau, DE

(72) Erfinder:
gleich Anmelder

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 199 14 445 A1

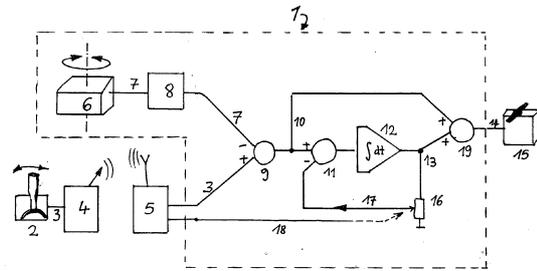
EP 7 52 634 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur Hochachsstabilisierung eines Modellhubschraubers**

(57) Zusammenfassung: Verfahren zur Stabilisierung ferngesteuerter Modellhubschrauber oder Drehflügler um die Hochachse, bei dem ein Signal eines Drehratensensors zeitlich integriert wird und ein Stellwert zur Ansteuerung eines die Hochachsrendrehung beeinflussenden Stellgliedes erzeugt oder berechnet wird, wobei der Stellwert mindestens ein Signal des Drehratensensors sowie dessen Integral beinhaltet, dadurch gekennzeichnet, dass eine fortlaufende Entladung des Integralwertes vorgenommen wird, wobei der Integralwert fortlaufend oder zyklisch wiederholt um einen Wert vermindert wird, welcher aus dem aktuellen Integralwert als ein definierter Anteil hiervon hergeleitet wird.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Hochachsstabilisierung eines Modellhubschraubers oder allgemein eines fernsteuerbaren Drehflüglers.

[0002] Herkömmlicherweise wird zur Hochachsstabilisierung ein Signal eines die Hochachsendrehung messenden Gyroskops verwendet und in ein die Hochachsendrehung beeinflussendes Stellglied, etwa ein Heck-Sevo oder Heck-Motorsteller, gespeist, wodurch ein Regelkreis erzeugt wird. Über eine drahtlose Fernsteuerung wird üblicherweise ein vom Piloten gegebener Sollwert vom einem Fernsteuer-Sender übertragen und an Bord des Drehflüglers in den Regelkreis eingemischt, wobei der Sollwert die Bewegung definiert, etwa Stillstand oder Gier-Drehung.

[0003] Ferner sind dort zwei Betriebsarten bekannt, die sich meist über einen weiteren Fernsteuer-Kanal vom Piloten aus umschalten lassen. Bei Betriebsart "Heading-Hold" oder Heading-Lock" beinhaltet der Regelkreis entsprechend dem "PID"-Prinzip einen Integrator, der aus einem Drehraten-Meßsignal ein Integral erzeugt, welches zu einer Winkelabweichung proportional ist und geeignet ist, solche Abweichungen zurückzuregeln. In der zweiten Betriebsart "Normal-Modus" wird ein Integrator nicht verwendet oder dessen Wert gelöscht. Herkömmlicherweise ist das Umschalten deshalb erwünscht, weil jede Betriebsart eigene Vor- und Nachteile hat.

[0004] Insbesondere ist ein Nachteil des Heading-Lock-Betriebs, dass die Regelung vor dem Abheben unbemerkt auf einen Sollwert laufen kann, indem sich im Integrator Werte ungleich Null ansammeln, etwa durch vorherige Steuer-Ausschläge oder langsame Driften, und wodurch im Moment des Abhebens trotz neutralem Steuerknüppel durch den bestehenden Sollwert das Heck ruckartig in eine andere als die aktuelle Stellung gezwungen wird. Weiterer Nachteil ist, dass sich im Vorwärtsflug das Heck nicht selbstständig durch den Windfahneffekt nach hinten wendet, sondern vom Piloten nachgesteuert werden muss, was nur manchmal erwünscht ist.

[0005] Insbesondere sind Nachteile des Normal-Modus eine geringere Stabilität der Regelung, da kein völliger Ausgleich von mechanischen Neutral-Abweichungen und von Drehmoment-Wechseln des Hauptrotors möglich ist und daher im Flug unvermeidliche Drehungen auftreten. Diese können allenfalls vermindert werden, durch eine weitmögliche Erhöhung der Regelverstärkung, was jedoch weitere Probleme mit auftretenden Regelschwingungen zur Folge hat.

[0006] Ferner gibt es Nachteile beim Umschalten

zwischen beiden Modi, etwa dass für jeden Modus eine eigene Neutraltrimmung benötigt wird, dass ein eigener Fernsteuer-Kanal erforderlich ist und dass die Umschaltung weitere Aufmerksamkeit des Piloten erfordert.

[0007] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und betreffende Vorrichtung ohne die genannten Nachteile zu ermöglichen. Hierzu sind die in den unabhängigen Ansprüchen gegebenen Merkmale vorgesehen.

[0008] Der Integralwert wird um einen definierten Anteil des aktuellen Integralwertes vermindert. Diese Verminderung wird fortlaufend fortgesetzt oder zyklisch wiederholt.

[0009] Vom Integrator kann fortlaufend ein definierter Anteil des Ausgangswertes gegenkoppelnd subtrahiert oder rückgekoppelt werden. Dies kann auch als eine selbststättige Rückregelung beschrieben werden. Das Verfahren kann durch programmgesteuerte Schritte beispielsweise in einem Mikroprozessor implementiert sein oder mithilfe einer analog arbeitenden Schaltung realisiert sein. Im letzteren Fall kann die Integration und Entladung durch ein RC-Glied erfolgen. Das Verfahren kann auch dadurch beschrieben werden, dass die Integrationsdauer eingeschränkt wird; der Integrationsprozess kann demnach über ein eingegrenztes Zeitfenster erfolgen. Hierbei müssen nicht notwendig scharfe Grenzen auftreten, es kann ein unscharf verlaufendes Zeitfenster verwendet werden.

[0010] Wenn als der definierte zu subtrahierende Anteil ein proportionaler Anteil verwendet wird, so entsteht hierbei eine asymptotische Entladung mit negativem exponentiellem Verlauf. Die resultierende Zeitkonstante ist festlegbar und entspricht dem Kehrwert des Proportionalitätsfaktors, welcher eine Relation dem zeitlich integrierten Signal und der Eingangsgröße des Integrators bildet.

[0011] Der definierte Anteil am Integral kann auch alleine das Vorzeichen sein. Beispielsweise kann in einer dementsprechenden Ausführung das Integral mit konstanter Rate auf Null zurückgezogen werden, indem zyklisch ein Wert mit konstantem Betrag und mit Vorzeichen des Integralwertes subtrahiert wird. Die Entladezeit ist hierbei umgekehrt proportional zum konstanten Betrag und proportional zum aktuellen Ausgangswert.

[0012] Weitere Ausführungen sind möglich, indem nichtlineare Anteile des Integrals zur Rückregelung herangezogen werden. Insbesondere kann ein Schwellwert vorgesehen sein. Der Betrag des rückgespeisten Anteils kann um den Schwellwert verringert werden. Hierdurch wird erreicht, dass das Integral nur soweit entladen wird, als es dem Schwellwert

überschreitet.

[0013] Die Zeitkonstante oder Entladezeit kann so eingestellt sein, dass sie länger dauert als die Zeit üblicher Steuerausschläge. Die Zeitkonstante oder Entladezeit kann so eingestellt sein, dass sie länger dauert als die übliche Zeit der durch den Regelkreis erzeugten nötiger Korrekturen.

[0014] Insbesondere kann die Zeitkonstante oder Entladezeit durch den Benutzer variierbar sein. Dies kann durch einen hierfür vorgesehenen Fernsteuer-Kanal erfolgen.

[0015] Durch die vorliegende Erfindung werden u.a. folgende Vorteile erzielt:

Die bei Heading-Hold übliche Abweichung vor dem Abheben trotz neutraler Knüppelstellung wird vermieden. Temperaturdriften oder ungewollte frühere Ausschläge vor dem Abheben werden neutralisiert. Trotzdem ist die erzielte Haltewirkung nahezu identisch mit der des herkömmlichen Heading-Hold-Modus. Sie kann jedoch durch Einstellen der Entladezeit oder des Integrations-Zeitraums variiert werden.

[0016] Dadurch, dass die Entladezeit langsamer sein kann als die Dauer üblicher Regel-Korrekturen, bleiben während solcher Korrekturen die Integralwerte lange genug bestehen, bis über das Stellglied die erforderliche Lagekorrektur erfolgt ist. Stellwert und Regelungs-Wirkung werden durch das langsame Entladen demnach nur geringfügig abgeschwächt.

[0017] Ein Windfahnen-Effekt des Hecks beim Vorwärtsflug ist in der Weise gegeben, dass ein Angleichen langsam erfolgt, wohingegen rasche dynamische Einflüsse wie etwa Windböen oder Drehzahl-Wechsel weg-korrigiert werden.

[0018] Die beschriebene fortlaufende Entladung des Integralwertes erzielt ein Verhalten, dass weder dem herkömmlichen Normal-Modus noch dem herkömmlichen Heading-Hold entspricht, sondern beide Eigenschaften vorteilhaft vereint.

[0019] Als zusätzlicher Vorteil ergibt sich, dass eine kontinuierliche Auswahl-Möglichkeit besteht zwischen den herkömmlichen Modi Normal und Heading-Hold sowie allen Zwischenzuständen. Diese Auswahl kann auch während des Flug erfolgen.

[0020] Ein diskreter Sprung der Neutraltrimmung, wie er herkömmlich beim Umschalten zwischen den Modi auftrat, besteht nicht mehr.

[0021] Allgemein kann die Fernsteuerung drahtlos vom Boden aus erfolgen.

[0022] **Fig. 1** zeigt ein Blockschaltbild eines Ausführungsbeispiels.

[0023] Ein vom Steuergeber **2** stammendes Gier-Steuersignal **3** wird über Sender **4** und dem an Bord befindlichen Empfänger **5** übertragen und gelangt als Sollwert **3** in die Stabilisierungs-Vorrichtung **1**, welche die gestrichelt umrandeten Komponenten beinhaltet, wobei ein Mikroprozessor und/oder analoge Schaltungen verwendet werden können. Das vom Drehratensensor oder Gyroskop **6** erhaltene Meßsignal **7** kann erforderlichenfalls im ADC-Wandler **8** in numerische Signale umgewandelt werden. Im Mischer **9** wird dieses Meßsignal **7** vom Sollwert **3** subtrahiert.

[0024] Es resultiert eine Ist-Soll-Differenz **10**, diese wird im Integrator **12** zeitlich integriert. Das Ausgangssignal **13** des Integrators wird zusammen mit der nicht-integrierten Ist-Soll-Differenz über den Mischer **19** als Stellwert **14** herangezogen und in das Servo **15** geleitet, welches als ein die Hochachsen-drehung beeinflussendes Stellglied dient. Soweit entspricht die Anordnung einer herkömmlichen Stabilisierung. Zusätzlich wird vom Ausgangssignal **13** des Integrators **12** über den Multiplizierer **16** ein definierter Signal-Anteil **17** genommen und über den Mischer **11** negativ gegenkoppelnd in den Integrator **12** eingespeist. Dies kann durch eine zyklisch eingeleitete Subtraktion erfolgen. Die zyklische Subtraktion kann auch in einem von der Integration separaten Vorgang erfolgen. Die im Multiplizierer **16** angewendete Faktor ist in diesem Ausführungsbeispiel durch Signal **18** definiert, welches durch einen weiteren Fernsteuer-Kanal vom Benutzer übertragen werden kann. Alternativ kann das Signal **18** auch durch ein am Gerät **1** vorgesehenes Einstellelement erzeugt oder definiert sein.

[0025] Eine Entladezeitkonstante resultiert aus der Wiederholrate der Rechnung, dividiert durch den Faktor (**16**).

[0026] Alternativ oder in Kombination können die dargestellten Signale statt als numerische Werte als analoge Spannungen verarbeitet werden; in diesem Fall kann der ADC-Wandler entfallen. Alternativ kann die Integration zwar auf numerische Weise in einem Mikroprozessor erfolgen, die Verminderung des Integralwertes jedoch durch eine Rückspeisung eines analogen Signals erfolgen. Diese Rückspeisung kann beispielsweise zu dem Meßsignal des Gyroskops vor den ADC-Wandler eingemischt werden und erzielt die beabsichtigte Entladung des Integralwertes.

[0027] Als weitere Ausgestaltung kann die Option der Gegenkopplung und/oder die Größe des definierten Anteils vom Flugzustand abhängig gesteuert werden. Beispielsweise kann während einer Gas- und/oder Pitch-Stellung, die normalerweise nicht während des Fluges vorkommt, die Zeitkonstante durch Erhöhung der Gegenkopplung vermindert wer-

den, und somit ein Heck-Neutralisieren dann stärker durchgeführt werden, wenn sich der Hubschrauber am Startplatz befindet, und weniger, während der Hubschrauber fliegt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Stabilisierung ferngesteuerter Modellhubschrauber oder Drehflügler um die Hochachse, bei dem ein Signal eines Drehratensensors zeitlich integriert wird und ein Stellwert zur Ansteuerung eines die Hochachsendrehung beeinflussenden Stellgliedes erzeugt oder berechnet wird, wobei der Stellwert mindestens ein Signal des Drehratensensors sowie dessen Integral beinhaltet, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine fortlaufende Entladung des Integralwertes vorgenommen wird, wobei der Integralwert fortlaufend oder zyklisch wiederholt um einen Wert vermindert wird, welcher aus dem aktuellen Integralwert als ein definierter Anteil hiervon hergeleitet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der definierte Anteil des Integralwertes ein proportionaler Anteil ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der definierte Anteil des Integralwertes ein überproportionaler Anteil ist.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der definierte Anteil des Integralwertes zumindest sein Vorzeichen ist
5. Verfahren einem der Ansprüche 1–3, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erzeugung des definierten Anteiles der Integralwert in beiden Vorzeichen-Richtungen einer Schwellwert-Funktion unterzogen wird.
6. Verfahren nach einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das fortlaufende Vermindern des Integralwertes als Option einschaltbar ist.
7. Verfahren nach einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens einer der Parameter: Option des fortlaufenden Verminders und Größe des definierter Anteil des Integrals, über eine Fernsteuerung änderbar ist.
8. Verfahren nach einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens einer der Parameter: Option des fortlaufenden den Verminderns und grße des definierten Anteils des Integrals, in Abhängigkeit eines den Flugzustand angehenden Signals veränderbar ist.
9. Verfahren zur Stabilisierung ferngesteuerter Modellhubschrauber oder Drehflügler um die Hochachse, bei dem ein Signal eines Drehratensensors zeitlich integriert wird und ein Stellwert zur Ansteuerung eines die Hochachsendrehung beeinflussenden Stellgliedes erzeugt oder berechnet wird, wobei der Stellwert mindestens ein Signal des Drehratensensors sowie dessen Integral beinhaltet, dadurch gekennzeichnet, dass die Integrationsdauer, zumindest für einen Teilbereich der möglichen Integralwerte, eingeschränkt ist.
10. Vorrichtung zur Stabilisierung ferngesteuerter Modellhubschrauber oder Drehflügler um die Hochachse mit folgenden Bestandteilen: Einen Drehratensensor, einen für ein von einem Fernsteueregeber stammendes Steuerignal vorgesehenen Eingang, einer mit dem Drehratensensor verbundene elektronische Mischvorrichtung zum Bilden einer Ist-Soll-Differenz mit dem Steuersignal sowie einen Integrator zum Integrieren der Ist-Soll-Differenz, dadurch gekennzeichnet, dass ein Integrator verwendet wird, der, zumindest bei einem Teilbereich seines Wertebereiches, über ein zeitlich eingeschränktes Zeitfenster integriert.
11. Vorrichtung, insbesondere nach Anspruch 10, zur Stabilisierung ferngesteuerter Modellhubschrauber oder Drehflügler um die Hochachse mit folgenden Bestandteilen: Einen Drehratensensor, einen für ein von einem Fernsteueregeber stammendes Steuerignal vorgesehenen Eingang, einer mit dem Drehratensensor verbundene elektronische Mischvorrichtung zum Bilden einer Ist-Soll-Differenz mit dem Steuersignal sowie einen Integrator zum Integrieren der Ist-Soll-Differenz, gekennzeichnet durch eine Einrichtung zum fortlaufenden oder zyklisch wiederholten Vermindern des Integralwertes.
12. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass sie einen zweiten, zur Steuerung der Verminderung des Integralwertes vorgesehenen Eingang besitzt.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10–12, dadurch gekennzeichnet, dass sie einen ADC-Wandler und einen programmgesteuerten Prozessor enthält.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10–13, dadurch gekennzeichnet, dass sie mit weiteren zur Fluglagestabilisierung vorgesehenen Instrumenten kombiniert ist.
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10–14, dadurch gekennzeichnet, dass sie mit einem Fernsteuer-Empfänger baulich vereint ist.
16. Drehflügler, gekennzeichnet durch eine Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 10–15.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

