



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
02.05.2002 Patentblatt 2002/18

(51) Int Cl.7: **B25F 5/00**

(21) Anmeldenummer: **01810977.7**

(22) Anmeldetag: **08.10.2001**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(72) Erfinder:
• **Hellmann, Peter**
86836 Obermeitingen (DE)
• **Osselmann, Claus**
82269 Kaltenberg (DE)

(30) Priorität: **19.10.2000 DE 10051775**

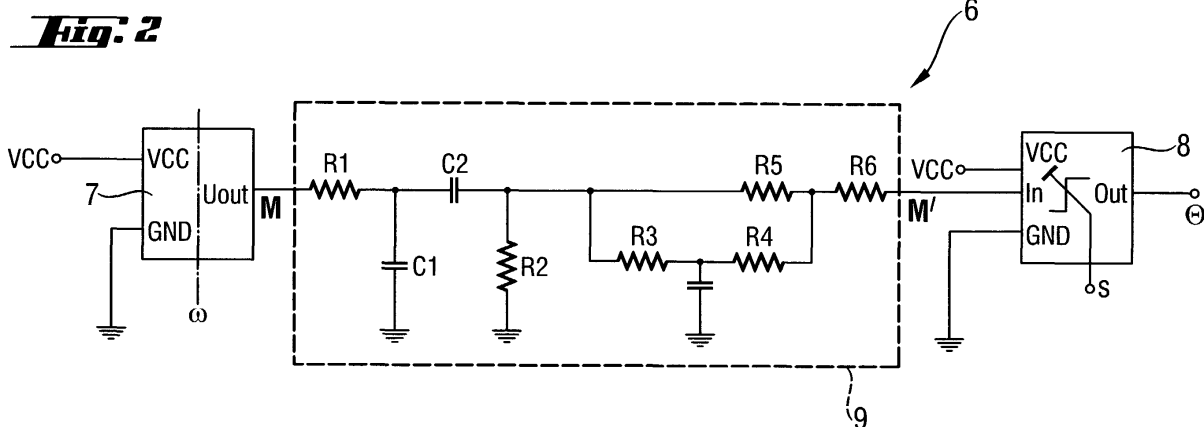
(74) Vertreter: **Wildi, Roland et al**
Hilti Aktiengesellschaft,
Feldkircherstrasse 100,
Postfach 333
9494 Schaan (LI)

(71) Anmelder: **HILTI Aktiengesellschaft**
9494 Schaan (LI)

(54) **Sicherheitsschaltung für drehendes Elektrowerkzeuggerät**

(57) Eine Sicherheitsschaltung (6) zur Generierung eines Steuersignals (θ) bei Überschreitung des zukünftigen Auslenkwinkels des Gehäuses eines drehenden

Elektrowerkzeuggerätes, wobei ein die Rotationsgeschwindigkeit (ω) direkt messender Drehratensensor (7) signalübertragend mit einem Vergleichsglied (8) verbunden ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezeichnet eine Sicherheitsschaltung für ein zumindest teilweise drehendes Elektrohandwerkzeuggerät wie eine Bohrmaschine oder einen Bohrhämmer.

[0002] Zur Vermeidung von unzulässigen Verdrehungen des Handgriffs des Gehäuses, bspw. verursacht durch Werkzeugblockaden, wird der Kraftfluss vom Elektroantrieb zur Arbeitsspindel durch Sicherheitskupplungen unterbrochen.

[0003] Nach der DE4334933A1 wird in einem drehenden Elektrohandwerkzeuggerät die Vibration quer zur Drehachse über einen Beschleunigungssensor gemessen und über die Zeit in einem vordefinierten Zeitintervall betrachtet. Erfolgt nicht innerhalb dieses Zeitintervalls ein Nulldurchgang, was notwendig und somit charakteristisch für eine stabile Winkellage zur Drehachse ist, wird der Kraftfluss vom Elektroantrieb zur Arbeitsspindel sensorgesteuert unterbrochen. Innerhalb des Zeitintervalls können hohe Rotationsbeschleunigungen nicht erkannt werden.

[0004] Nach der DE3707052 wird zur Vermeidung von unzulässigen Verdrehungen des Handgriffs eines Bohrhammers bei Werkzeugblockaden allgemein entweder ein Rotationswinkel-, ein Rotationsgeschwindigkeits- oder ein Rotationsbeschleunigungssensor verwendet. Zur Unterbrechung des Kraftflusses wird der gerade-vorliegende Zustand ausgewertet.

[0005] Nach der DE4334933A1 wird mit einem Rotationsbeschleunigungssensor die Rotationsbeschleunigung gemessen und für ein vordefiniertes zukünftiges Zeitintervall nach einer analog oder digital realisierten, jeweils frequenzbandbegrenzten, Integration der voraussichtliche zukünftige Auslenkwinkel des Gehäuses berechnet, welcher nach Überschreitung eines Grenzwertes zur Unterbrechung des Kraftflusses führt.

[0006] Des weiteren wird nach der US5247252 allgemein ein auf Basis der Corioliskraft messender piezokeramischer Drehratensensor zur Bestimmung der Rotationsgeschwindigkeit verwendet.

[0007] Die Aufgabe der Erfindung besteht in der Verringerung der zur Realisierung einer, auf dem zukünftigen Auslenkwinkel basierenden, Sicherheitsschaltung zur Unterbrechung des Kraftflusses eines drehenden Elektrohandwerkzeuggerätes bei Werkzeugblockaden benötigten Bauteile.

[0008] Die Aufgabe wird im wesentlichen durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0009] Im wesentlichen ist zur Erzeugung des Steuersignals zur Unterbrechung des Kraftflusses und/oder des Strompfades eines drehenden Elektrohandwerkzeuggerätes ein die Rotationsgeschwindigkeit direkt messender Drehratensensor und ein mit dem Sensorausgang verbundenes, den zur Rotationsgeschwindigkeit zumindest teilweise proportionalen Messwert zu ei-

nem Schwellwert vergleichendes, Vergleichsglied miteinander verbunden.

[0010] Mit der bei drehenden Elektrohandwerkzeuggeräten durch die Masseträgheit der rotierenden Bauteile des Antriebsstrangs zulässigen Näherung einer konstanten Rotationsbeschleunigung während des mit 1 ms bis 100 ms (vorteilhaft ca. 20ms) kurzen zukünftigen Zeitintervalls, berechnet sich der, zur Vereinfachung vorteilhaft am Anfang des Zeitintervalls jeweils zu Null gesetzte, Drehwinkel nach der linearen Bewegungsgleichung für gleichförmige Drehbewegungen näherungsweise proportional zur direkt gemessenen Rotationsgeschwindigkeit, wodurch ein, eine Integration einer Rotationsbeschleunigung enthaltender, Term in der Funktionseinheit nicht realisiert werden muss.

[0011] Der Drehratensensor ist vorteilhaft als aktiver, vollintegrierter, piezokeramischer oder auf Silizium basierender Sensor ausgeführt, welcher auf Basis der Corioliskraft arbeitet, wodurch wenig Raum und nur eine auf die Stromversorgung begrenzte externe Beschaltung notwendig ist.

[0012] Vorteilhaft wird der Messwert über einen zwischengeschalteten Tiefpassfilter mit einer Grenzfrequenz zwischen 10 Hz und 100 Hz zur Unterdrückung hochfrequenter Beschleunigungsspitzen gefiltert, welche insbesondere bei schlagunterstützter Bearbeitung von Gestein auftreten. Ein analoger Tiefpassfilter ist weiter vorteilhaft über eine RC-Kombination realisiert.

[0013] Weiter vorteilhaft wird der Messwert über einen zwischengeschalteten Hochpassfilter, welcher in Verbindung mit einem nachfolgenden Widerstand als entsprechend dimensionierter Kondensator ausgeführt werden kann, mit einer Grenzfrequenz zwischen 0,5 Hz und 10 Hz zur Unterdrückung der gewillkürten Führungsbewegung des Nutzers gefiltert, welche kein Unterbrechung des Kraftflusses auslösen darf.

[0014] Vorteilhaft ist zwischen dem Drehratensensor und dem Vergleichsglied ein gewichtetes Summierglied, welches bspw. aus einem Widerstandsspannungsteiler besteht, mit einem vorgeschalteten Integrierglied angeordnet, welches bspw. aus einem oberhalb der Grenzfrequenz betriebenen RC-Tiefpass besteht. Durch die nunmehr am gewichteten Summierglied proportional zum Drehwinkel und proportional zur Rotationsgeschwindigkeit vorliegenden beiden Zeitfunktionen ist die allgemeine Lösung zur Vorausberechnung des zukünftigen Drehwinkels auch bei von Null verschiedenen Randbedingungen näherungsweise elektronisch realisiert, wodurch dem Nutzer innerhalb fest überwachter Grenzwerte ein Drehwinkelintervall gewährt wird, dessen Ausgangspunkt vorteilhaft zum Einschaltzeitpunkt des Elektroantriebs bestimmt wird.

[0015] Alternativ wird der über einen A/D-Wandler digitalisierte Messwert des Drehratensensors in einem, vorzugsweise zeitlich periodisch oder beim Einschalten interruptgesteuerten, Mikrocontroller mit üblichen Softwarealgorithmen ausgewertet werden, wobei vorteilhaft das Summierglied als über eine numerische Addition,

das Integrierglied als inkrementell erweiterte Summe und die Filter über gewichtete, inkrementell gleitend gefüllte Partialsummen realisiert sind.

[0016] Vorteilhaft unterbricht das nach Vergleich mit einem vorbestimmten Schwellwert abgeleitete Steuerungssignal über einen steuerbare Leistungsschalter den Strompfad des Elektroantriebs und/oder eine steuerbare Kupplungseinheit den Kraftfluss vom Elektroantrieb zur Werkzeugspindel.

[0017] Die Erfindung wird bezüglich eines vorteilhaften Ausführungsbeispiels näher erläutert mit:

Fig. 1 als drehendes Elektroh Handwerkzeuggerät mit Sicherheitsschaltung

Fig. 2 als analoge Sicherheitsschaltung

Fig. 3 als digitale Sicherheitsschaltung

[0018] Nach Fig. 1 weist ein um eine Drehachse A drehendes Elektroh Handwerkzeuggerät 1 zur Unterbrechung des Kraftflusses von einem Elektroantrieb 2 zu einer drehenden Werkzeugspindel 3 ein über ein Steuerungssignal θ steuerbares Kupplungsmittel 4, einen über das Steuerungssignal θ steuerbaren Leistungsschalter 5 im Strompfad des Elektroantriebs 2 und eine analoge Sicherheitsschaltung 6 mit einem, die Rotationsgeschwindigkeit ω direkt messenden, Drehratensensor 7 auf.

[0019] Nach Fig. 2 ist bei einer analogen Sicherheitsschaltung 6 der Ausgang des die Rotationsgeschwindigkeit ω messenden Drehratensensors 7 signalübertragend mit einem als Komparator ausgeführten Vergleichsglied 8 verbunden, welches den zur Rotationsgeschwindigkeit ω zumindest teilweise proportionalen Messwert M zu einem vorwählbaren Schwellwert S vergleicht. Zwischen dem Drehratensensor 7 und dem mit dem Einschaltzeitpunkt des Elektroantriebs getriggerten Vergleichsglied 8 ist eine analog ausgeführte Funktionseinheit 9 mit einer zeitlich bestimmten Übertragungsfunktion angeordnet.

[0020] Die Bauteile R1 und C1 bilden einen Tiefpassfilter mit der Übertragungsfunktion:

$$A_{TP}(s) = \frac{1}{1 + sR_1C_1}$$

mit $s = \sigma + j\omega$ (komplexe Kreisfrequenz) $f_g = \frac{1}{2\pi R_1 C_1}$ von auf 10Hz.

[0021] Die Bauteile C2 und R2 bilden einen Hochpassfilter mit der Übertragungsfunktion:

$$A_{HP}(s) = \frac{1}{1 + \frac{1}{sR_2C_2}}$$

und der unteren Grenzfrequenz $f_g = \frac{1}{2\pi R_2 C_2}$ von 0.5Hz.

[0022] Die Bauteile R3 und C3 bilden einen Integrator,

welcher als oberhalb seiner Grenzfrequenz von 0.01 Hz betriebener Tiefpass realisiert ist. Die Widerstände R4, R5 und R6 bilden in ihrer Kombination ein Addierglied, wobei gilt $R_4 = R_5 = R_6$. Im Vergleichsglied 8 wird das resultierende Messsignal M' mit einem Schwellwert S als Ausschaltbedingung verglichen. Dies führt im Bedarfsfall zur Trennung des Antriebsstranges.

[0023] Nach Fig. 3 beinhaltet die als Softwareprogramm eines zwischen einem Analog-Digital-Konverter (ADC) und einem Digital-Analog-Konverter (DAC) angeordneten Mikrocontrollers digital realisierte, mit dem Einschaltzeitpunkt des Elektroantriebs getriggerte, Funktionseinheit 9' als funktionelle Unterblöcke einen digitalen Hochpassfilter I, bei welchem zuvor das Eingangssignal über einen Multiplikator mit $1/E$ normiert wird, einen digitalen Tiefpassfilter II, einen Integrator III und ein gewichtetes Summierglied IV zur Gewichtung der Rotationsgeschwindigkeit ω mit dem Faktor Tau. Die Übertragungsfunktionen der funktionellen Unterblöcke berechnen sich beim Hochpassfilter I nach $A_{HP}(s) = \frac{s}{s + \omega_{HP}}$, beim Tiefpassfilter II nach $A_{TP}(s) = \frac{1}{s + \omega_{TP}}$ und beim Integrator III nach $A_{Int}(s) = \frac{1}{s}$ wobei sich die Grenzfrequenzen jeweils aus $f_g = \frac{\omega}{2\pi}$ berechnen. Für das gewichtete Summierglied IV beträgt Tau ungefähr 0.02.

Patentansprüche

1. Sicherheitsschaltung zur Generierung eines Steuerungssignals (θ) bei Überschreitung des zukünftigen Auslenkwinkels des Gehäuses eines zumindest teilweise drehenden Elektroh Handwerkzeuggerätes (1), **dadurch gekennzeichnet, dass** ein die Rotationsgeschwindigkeit (ω) direkt messender Drehratensensor (7) signalübertragend mit einem Vergleichsglied (8) verbunden ist.
2. Sicherheitsschaltung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Drehratensensor (7) als auf Basis der Corioliskraft messender aktiver Sensor ausgeführt ist.
3. Sicherheitsschaltung nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen dem Drehratensensor (7) und dem Vergleichsglied (8) eine Funktionseinheit (9, 9') signalübertragend angeordnet ist.
4. Sicherheitsschaltung nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Funktionseinheit (9) ein gewichtetes Summierglied (IV) mit einem an einem Eingang vorgeschalteten Integrierglied (III) beinhaltet.
5. Sicherheitsschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Funktionseinheit (9) ohne Mittel zur Integration der Rota-

tionsbeschleunigung (ω) ausgeführt ist.

6. Sicherheitsschaltung nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Funktionseinheit (9) einen Tiefpassfilter (II) mit einer Grenzfrequenz zwischen 10 und 100 Hz beinhaltet. 5
7. Sicherheitsschaltung nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Funktionseinheit (9) einen Hochpassfilter (I) mit einer Grenzfrequenz zwischen 0,5 und 10 Hz beinhaltet. 10
8. Sicherheitsschaltung nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ausgangspunkt bei der Berechnung des Steuersignals (θ) zum Einschaltzeitpunkt des Elektroantriebs (2) bestimmbar ist. 15
20
9. Sicherheitsschaltung nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Funktionseinheit (9') über Softwarealgorithmen eines Mikrocontrollers ausgeführt ist. 25
10. Sicherheitsschaltung nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** über das, in dem Vergleichsglied (8) nach Vergleich des Messwertes (M , M') mit einem vorbestimmten Schwellwert (S) erzeugte, Steuersignal (θ) über einen steuerbaren Leistungsschalter (5) der Strompfad eines Elektroantriebs (2) und/oder sowie optional gleichzeitig über eine steuerbare Kupplungseinheit (4) der Kraftfluss vom Elektroantrieb (2) zu einer Werkzeugspindel (3) unterbrechbar ist. 30
35

40

45

50

55

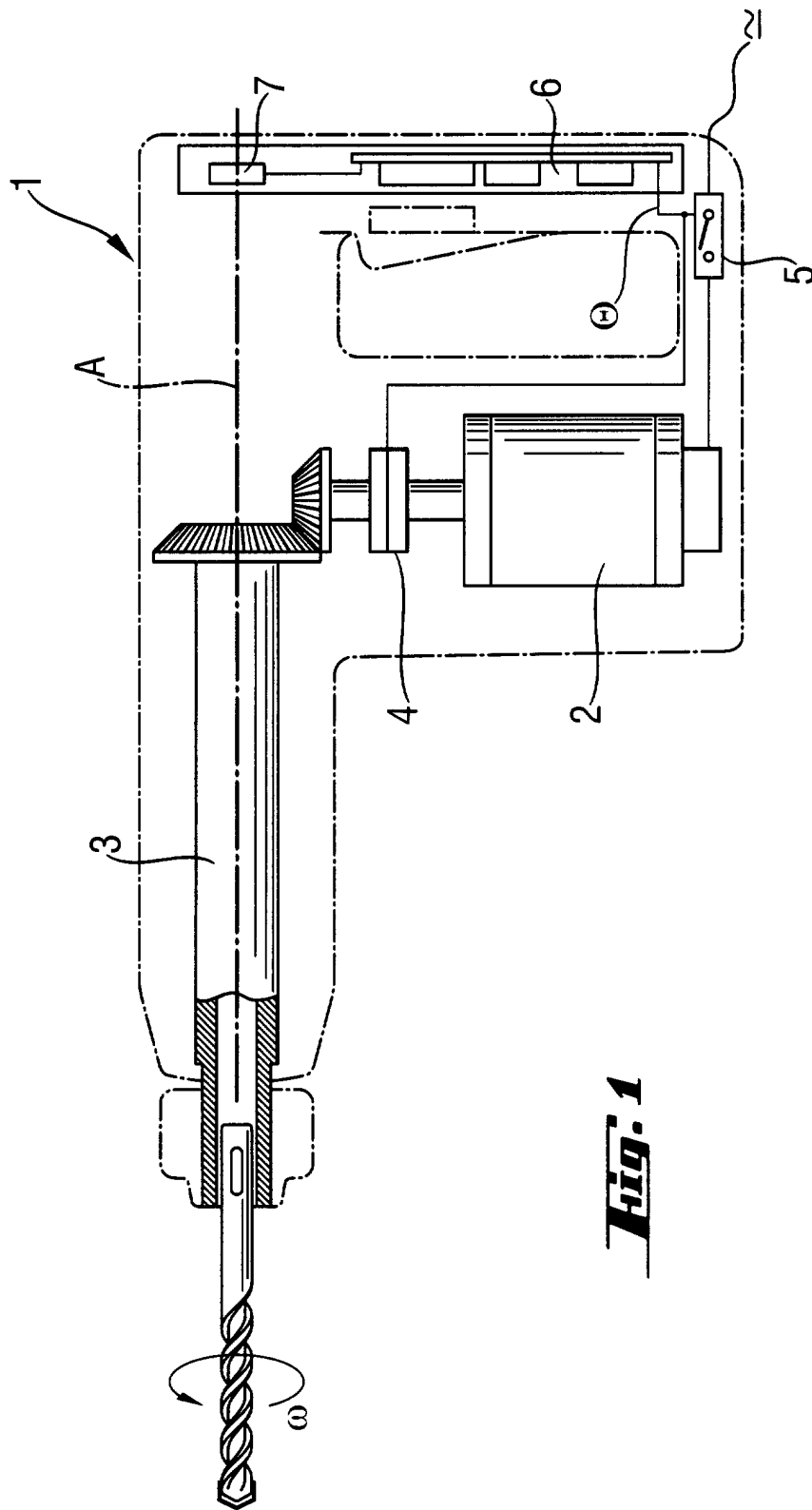


Fig. 1

Fig. 2

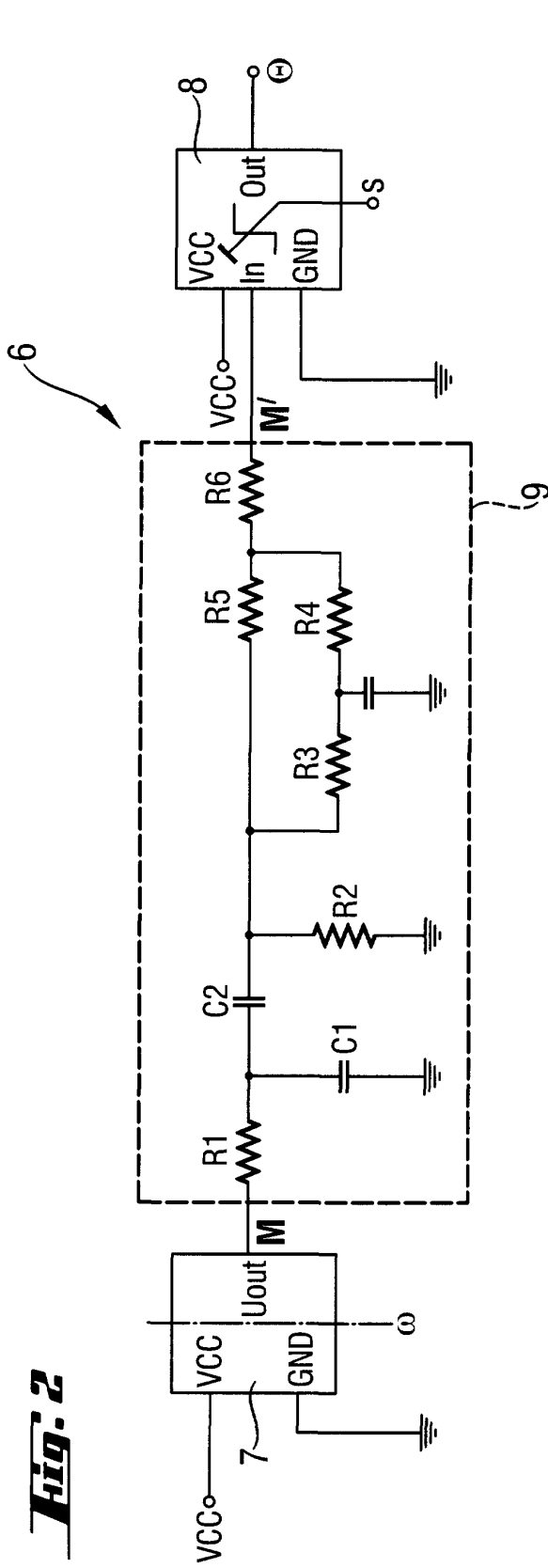


Fig. 3

