

PATENTCHRIFT 139 897

Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 5 Absatz 1 des Änderungsgesetzes zum Patentgesetz

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

• Int. Cl.³

(11) 139 897 (44) 23.01.80 3(51) G 01 D 5/244
(21) WP G 01 D / 209 425 (22) 30.11.78

(71) siehe (72)

) Klemme, Joachim, Dipl.-Ing.; Weiland, Volkmar, Dipl.-Phys., DD

) siehe (72)

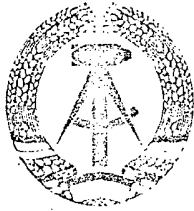
) VEB Carl Zeiss Jena, Büro für Schutzrechte, 69 Jena,
Carl-Zeiss-Straße 1

(54) Einrichtung zur trägerfrequenten Abtastung und Interpolation

(57) Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur trägerfrequenten Abtastung und Interpolation von Weg- und Winkelinformationen für fotoelektrische Meßsysteme mit dem Ziel, den technischen Aufwand zu verringern. Die Aufgabe, einen hohen Interpolationsfaktor zu erzielen, wird dadurch gelöst, daß eine von einem Hochfrequenzgenerator modulierte, einen Rastermaßstab direkt beleuchtende Beleuchtungseinrichtung vorgesehen ist. Vier Fotoempfänger, hinter gegenüber dem Raster des Rastermaßstabes versetzten Strichfeldern angeordnet, sind differenzbildende Operationsverstärker und Filter zur Bildung amplitudenmodulierter Signale sowie Summierverstärker nachgeschaltet. Zur Gewinnung absolut phasenproportionaler Weg- und Winkelinformationen sind ein Analog-Digital-Wandler und eine digitale Phasenauswerteeinheit vorgesehen. Ein den Phasenraum entsprechend dem gewählten Interpolationsfaktor zur Gewinnung der Feinwerte auszählender hochfrequenter Impulsgenerator ist vorgesehen. Anwendungsgebiet: Fotoelektrische Meßsysteme für Meßgeräte und Werkzeugmaschinen. -- Figur --

10 Seiten





PATENTCHRIFT 139 897

Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 5 Absatz 1 des Änderungsgesetzes zum Patentgesetz

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

• Int. Cl.³

(11) 139 897 (44) 23.01.80 3(51) G 01 D 5/244
(21) WP G 01 D / 209 425 (22) 30.11.78

(71) siehe (72)

Zur BS Nr. 139.897...

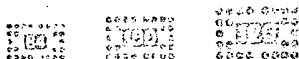
ist eine Zweitschrift erschienen.

(Teilweise aufgehoben gem. § 6 Abs. 1 d. Änd. Ges. z. Pat. Ges.)

(54) Einrichtung zur trägerfrequenten Abtastung und Interpolation

(57) Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur trägerfrequenten Abtastung und Interpolation von Weg- und Winkelinformationen für fotoelektrische Meßsysteme mit dem Ziel, den technischen Aufwand zu verringern. Die Aufgabe, einen hohen Interpolationsfaktor zu erzielen, wird dadurch gelöst, daß eine von einem Hochfrequenzgenerator modulierte, einen Rastermaßstab direkt beleuchtende Beleuchtungseinrichtung vorgesehen ist. Vier Fotoempfänger, hinter gegenüber dem Raster des Rastermaßstabes versetzten Strichfeldern angeordnet, sind differenzbildende Operationsverstärker und Filter zur Bildung amplitudenmodulierter Signale sowie Summierverstärker nachgeschaltet. Zur Gewinnung absolut phasenproportionaler Weg- und Winkelinformationen sind ein Analog-Digital-Wandler und eine digitale Phasenauswerteeinheit vorgesehen. Ein den Phasenraum entsprechend dem gewählten Interpolationsfaktor zur Gewinnung der Feinwerte auszählender hochfrequenter Impulsgenerator ist vorgesehen. Anwendungsgebiet: Fotoelektrische Meßsysteme für Meßgeräte und Werkzeugmaschinen. - Figur -

10 Seiten



Titel: Einrichtung zur trägerfrequenten Abtastung und Interpolation

Gebiet der Erfindung:

- Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur trägerfrequenten Abtastung und Interpolation von Weg- und Winkelinformationen für nach dem Durch- oder Auflichtverfahren arbeitende fotoelektrische Meßsysteme, insbesondere für Meßgeräte und Werkzeugmaschinen.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen:

- 10 Zur Erhöhung der Auflösung bei fotoelektrischen Weg- und Winkelmeßverfahren und -einrichtungen werden z.B. Interpolatoren angewendet, die auf dem Amplitudenanschnitt der vom fotoelektrischen Meßkopf der Meßsysteme abgegebenen Primärsignale beruhen. Die ^{te} Unterteilung der Signalperiode der
- 15 Primärsignale wird entweder durch Präzisionstrigger oder hochgenaue Spannungsteiler mit anschließender Überlagerung der entsprechenden Funktionen vorgenommen. Derartige Interpolatoren erfordern mit zunehmendem Interpolationsfaktor einen hohen Abgleichaufwand der elektronischen Bauelemente.
- 20 Desweiteren wird lediglich ein Interpolationsfaktor einschließlich digitaler Vervielfachung von etwa 40 - 80 erreicht. Mit steigendem Interpolationsfaktor vergrößert sich der schaltungstechnische Aufwand für den Interpolator, und die Anforderungen an die Primärsignale des Meßkopfes bezüglich
- 25 Signalform, Amplitudenstabilität, Phasenwinkel und Gleichspannungssignal nehmen zu.
- Ein phasenzyklisches, trägerfrequentes Interpolationsverfahren und eine Einrichtung zur Meßwertermittlung bei fotoelektrischen Weg- und Winkelmeßsystemen ist in der DD-PS
- 30 128.338 beschrieben.

Hierbei werden die quasi sinusförmigen Signale in einem ersten Auswertekanal zur Auswertung der Nulldurchgänge der Signale und in einem zweiten Auswertekanal zur Auswertung des momentanen Phasenzustandes der Signale zwischen zwei Nulldurchgängen herangezogen.

Die Grobinformationenwerte des ersten Auswertekanals und die Feininformationenwerte des zweiten Auswertekanals werden gemeinsam in einer Informationsverwertungsstufe weiterverarbeitet. Es werden also die Voraussetzungen für eine Modulation der Trägersignale mit den entsprechenden Primärsignalen des Meßkopfes nicht im Meßkopf geschaffen, sondern in einer speziellen Nachfolgeschaltung.

Diese Einrichtung ist für fotoelektrische Meßsysteme geeignet, bei denen z.B. die Gewinnung der Weg- und Winkelfunktionen über eine abbildende Zwischenoptik zur Moiréerzeugung erfolgt und allen nachgeschalteten Fotoempfängern eine unmodulierte, gemeinsame Lichtquelle zugeordnet ist.

Ziel der Erfindung:

Es ist der Zweck der Erfindung, die Nachteile des Standes zu beseitigen und den technischen Aufwand für hochauflösende fotoelektrische Meßsysteme zu senken.

Darlegung des Wesens der Erfindung:

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Einrichtung zur trägerfrequenten Abtastung und Interpolation für Meßsysteme zu schaffen, bei welcher ein hoher Interpolationsfaktor erzielt werden soll.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe bei einer Einrichtung zur trägerfrequenten Abtastung und Interpolation von Weg- und Winkelinformationen, bestehend aus einer Beleuchtungseinrichtung, einem Rastermaßstab, einem fotoelektrischen Tastkopf und einer nachgeschalteten Signalverarbeitungseinheit, dadurch gelöst, daß eine von einem hochfrequenten Impuls-generator abgeleitete Trägerfunktion mit den Signalen $\sin \omega_f t$ bzw. $\cos \omega_f t$ zur Aussteuerung der den Rastermaßstab direkt beleuchtenden Beleuchtungseinrichtung

vorgesehen ist, daß hinter einer, vier um jeweils ein Viertel der Gitterkonstante K des Rastermaßstabes zueinander versetzte Strichfelder aufweisenden Abtastplatte vier, nichtlineare U-I-Kennlinien besitzende Fotoempfänger vorgesehen sind, denen differenzbildende Operationsverstärker und selektive Filter zur Bildung amplitudenmodulierter Signale $\sin \omega_T t \cdot \cos \omega_s t$ und $\sin \omega_s t \cdot \cos \omega_T t$ nachgeschaltet sind, daß ein Summierverstärker für die Bildung der Summenfunktion $\sin (\omega_T + \omega_s) t$ vorgesehen ist, daß die Gewinnung der absolut phasenproportionalen Weg- und Winkelinformation aus dem Vergleich der digitalisierten Summenfunktion $\sin (\omega_T + \omega_s) t$ mit der Trägerfunktion entsprechend $\sin \omega_T t$ in einer digitalen Phasenauswerteeinheit, die dem Summierverstärker nachgeordnet ist, gewonnen wird und daß ein, den Phasenraum entsprechend dem gewählten Interpolationsfaktor zur Gewinnung von Feinwerten auszählender hochfrequenter Impulsgenerator mit der Frequenz f vorgesehen ist, wobei ω_T die Kreisfrequenz der Trägerfunktion und ω_s die Kreisfrequenz der Weg- und Winkelinformation sind.

Dabei ist es vorteilhaft, daß die Beleuchtungseinrichtung mindestens zwei von einem hochfrequenten Impulsgenerator abgeleitete Trägerfunktionen $\sin \omega_T t$ und $\cos \omega_T t$ modulierte Lumineszenzdiode(n) umfaßt.

Gemäß einer vorteilhaften Ausführung der Erfindung können zur Gewinnung von vier um 90° phasenverschobenen Signalen anstelle der Strichfelder mit einem Raster der Rasterkonstanten K versehene Fotoempfänger selbst um jeweils $K/4$ versetzt im Tastkopf angeordnet werden, wobei K die Rasterkonstante des Rastermaßstabes 2 ist.

Weitere Ausführungsformen zur Signalgewinnung stellen die bekannten Verfahren zur Moiréerzeugung dar.

Die Erfindung ermöglicht durch einen hohen Interpolationsfaktor (> 100) eine hohe Auflösung und damit Unterteilung eines Grobintervalles. Durch Wegfall einer Zwischenoptik

zwischen Rastermaßstab und Meßkopf sowie durch einen geringeren schaltungstechnischen Aufwand in der Signalverarbeitungseinheit ergibt sich ein einfacher Aufbau und eine Miniaturisierung der gesamten Einrichtung.

- 5 Durch den Einsatz von Lumineszenzdiolen als Lichtquelle werden Möglichkeiten ihrer Modulierung geschaffen und die thermische Belastung der Einrichtung verringert. Die Einrichtung gestattet Messungen bei einer hohen Verfahrensgeschwindigkeit des Rastermaßstabes und damit eine hohe Meßdynamik.

10 Ausführungsbeispiel:

Die Erfindung soll nachstehend an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden, welches in der zugehörigen Zeichnung dargestellt ist.

- Die Einrichtung zur trägerfrequenten Abtastung und Interpolation umfaßt ein hochauflösendes fotoelektrisches Meßsystem und besteht aus einer Beleuchtungseinrichtung 1, einem Rastermaßstab 2 und einem fotoelektrischen Tastkopf, wobei der Rastermaßstab 2 relativ zur Beleuchtungseinrichtung 1 und zum Tastkopf bewegbar ist. Eine Signalverarbeitungseinheit ist dem Tastkopf nachgeordnet.

- Die Beleuchtungseinrichtung 1 umfaßt zwei Lumineszenzdiolen 3 und 4 zur Beleuchtung des Rastermaßstabes 2, die nach den von einem Hochfrequenzgenerator 5 abgeleiteten Trägerfunktionen $\sin \omega_r t$ und $\cos \omega_r t$ angesteuert werden. Hierin sind ω_r die Kreisfrequenz der Trägerfunktion und ω_s die Kreisfrequenz der Weg- oder Winkelinformation.

- Hinter vier um jeweils ein Viertel der Gitterkonstante K des Rastermaßstabes 2 zueinander versetzten Strichfeldern einer Abtastplatte 6 sind vier Fotoempfänger 7, 8, 9 und 10 angeordnet, denen differenzbildende Operationsverstärker 11, 12 und selektive Filter 13, 14 zur Bildung amplitudenmodulierter Signale $\sin \omega_r t \cdot \cos \omega_s t$ und $\sin \omega_s t \cdot \cos \omega_r t$ nachgeschaltet sind. Ein Summierverstärker 15 dient der Bildung der Summenfunktion $\sin[(\omega_r + \omega_s)t]$. Zur Gewinnung der absolut phasenproportionalen Weg- und Winkelinformation aus dem

Vergleich der digitalisierten Summenfunktion $\sin(\omega_T + \omega_S)t$ mit der Trägerfunktion $\sin\omega_T t$ sind ein Analog-Digital-Wandler 16 und eine digitale Phasenauswerteeinheit 17 dem Summierverstärker 15 nachgeschaltet.

- 5 Die Wirkungsweise der Einrichtung wird nachstehend beschrieben. Die vier Fotoempfänger 7, 8, 9, 10 empfangen jeweils hinter den vier jeweils um $K/4$ des Rastermaßstabes 2 zueinander versetzten Strichfeldern der Abtastplatte 6 die elektrischen Weg- und Winkelinformationen. Dabei werden die
- 10 Fotoempfänger 7 und 8 von der Lumineszenzdiode 3 und die Fotoempfänger 9 und 10 von der Lumineszenzdiode 4 beleuchtet. Von dem Hochfrequenzgenerator 5, dessen Frequenz f entsprechend der Meßwertauflösung im Kanal 1 gewählt wird, werden über digitale Frequenzteiler 18 und 19 und über identische
- 15 Filter 20 und 21 die Trägerfunktionen $\sin\omega_T t$ und $\cos\omega_T t$ gebildet, mit denen die Lumineszenzdioden 3 und 4 angesteuert werden.
- Die Fotoempfänger 7, 8, 9 und 10 erhalten wechselnde Fotoströme, die durch Überlagerung von hochfrequentem Licht der
- 20 Beleuchtungseinrichtung 1 entsprechend der Frequenz f_T und einem niederfrequenten Anteil entsprechend der Frequenz f_S , der aus der Bewegung des Rastermaßstabes 2 gegenüber der Abtastplatte 6 resultiert, gekennzeichnet sind.
- Zwischen den Strichfeldern der Fotoempfänger 7 und 8 und
- 25 denen der Fotoempfänger 9 und 10 besteht ein geometrischer Versatz in der Rasterteilung von $K/2$. Demnach beträgt dieser Versatz zwischen den Fotoempfängern 7 und 9 und 8 und 10 $K/4$. An diesen Fotoempfängern 7, 8, 9 und 10 entsteht jeweils eine nichtlineare verzerrte Ausgangsfunktion, die sich aus einem
- 30 Gleichspannungsanteil, einem trägerfrequenten und einem niederfrequenten Anteil sowie deren Oberwellen und dem Produkt $\sin\omega_T t \cdot \cos\omega_S t$ bzw. $\sin\omega_S t \cdot \cos\omega_T t$ zusammensetzt. Nach Abgleich der Signale der Fotoempfänger und des Gleichspannungsanteils werden durch nachfolgende Differenz-
- 35 bildung ~~in den Signalen~~ der Fotoempfängerpaare 7/8 bzw. 9/10

in den Operationsverstärkern 11 und 12 und selektiver Filterung in den selektiven Filtern 13 und 14 die amplitudenmodulierten Funktionen $\sin \omega_r t \cdot \cos \omega_s t$ bzw. $\sin \omega_s t \cdot \cos \omega_r t$ gewonnen.

- 5 Diese beiden amplitudenmodulierten Signale werden dem Summierverstärker 15 zugeführt, in welchem die Summenfunktion $\sin (\omega_r + \omega_s) t$ gebildet wird.

Der Term $\varphi = \omega_s t$ ist proportional dem vom Rastermaßstab 2 zurückgelegten Weg. In dem Analog-Digital-Umsetzer 16 wird
10 die Summenfunktion digitalisiert und in der Phasenauswerteeinheit 17 mit der digitalisierten Funktion $\sin \omega_r t$ verglichen und in einem Zähler 22 der Phasenraum entsprechend der geforderten Auflösung digital ausgezählt.

Die Gewinnung der Feinwerte innerhalb einer Interpolationsperiode des Rastermaßstabes 2 erfolgt im Kanal 1 über eine
15 digitale Phasenmessung absolut. Jedem Momentanwert der Wegfunktion $\sin \omega_s t$ bzw. $\cos \omega_s t$ ist nur ein bestimmter Phasenwert zugeordnet, der unabhängig von Störungen innerhalb der Interpolationsperiode reproduzierbar ist.

20 Die Grobwerte (Interpolationsperioden) entsprechend $\sin \omega_s t$ bzw. $\cos \omega_s t$ werden aus dem überlagerten Frequenzgemisch durch Filterung bzw. Demodulation in der Einheit 23 gewonnen und stehen nach Aufbereitung und Digitalisierung im Kanal 2 für eine Verknüpfung mit den Feinwerten im Zähler 22 zur Ver-
25 fügung.

Gemäß einer weiteren, nicht dargestellten Ausführungsform der Erfindung ist es möglich, in der Beleuchtungseinrichtung 1 vier modulierte Lumineszenzdioden vorzusehen, wobei jeweils zwei dieser Dioden mit der gleichen Trägerfunktion $\sin \omega_r t$
30 bzw. $\cos \omega_r t$ moduliert werden. Desweiteren ist es möglich, die Fotoempfänger 7, 8, 9 und 10 selbst mit einem Raster mit der Rasterkonstanten K zu versehen und um K/4 zueinander versetzt gegenüber dem Rastermaßstab 2 zur Gewinnung von vier um 90° phasenverschobenen Signalen im Tastkopf anzuordnen, wobei
35 K die Rasterkonstante des Rastermaßstabes 2 ist.

2. Einrichtung nach Punkt 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Beleuchtungseinrichtung 1 mindestens zwei durch einen Hochfrequenzgenerator 5 mit Trägerfunktionen $\sin \omega_T t$ und $\cos \omega_T t$ modulierten Lumineszenzdioden 3, 4 umfaßt.
- 5 3. Einrichtung nach Punkt 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß zur Gewinnung von vier um 90° phasenverschobenen Signalen mit einem Raster der Rasterkonstanten K versehene Fotoempfänger um jeweils $K/4$ versetzt im Tastkopf angeordnet werden, wobei K die Rasterkonstante des Rastermaßstabes ist.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

2. Einrichtung nach Punkt 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Beleuchtungseinrichtung 1 mindestens zwei durch einen Hochfrequenzgenerator 5 mit Trägerfunktionen $\sin \omega_T t$ und $\cos \omega_T t$ modulierten Lumineszenzdioden 3, 4 umfaßt.
- 5 3. Einrichtung nach Punkt 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß zur Gewinnung von vier um 90° phasenverschobenen Signalen mit einem Raster der Rasterkonstanten K versehene Fotoempfänger um jeweils $K/4$ versetzt im Tastkopf angeordnet werden, wobei K die Rasterkonstante des Rastermaßstabes ist.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

