CH 684441 A5

(19) SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 684441 A5

(51) Int. Cl.[5]: G 01 G 3/16

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTSCHRIFT A5

(21) Gesuchsnummer: 825/91

(22) Anmeldungsdatum: 19.03.1991

(24) Patent erteilt: 15.09.1994

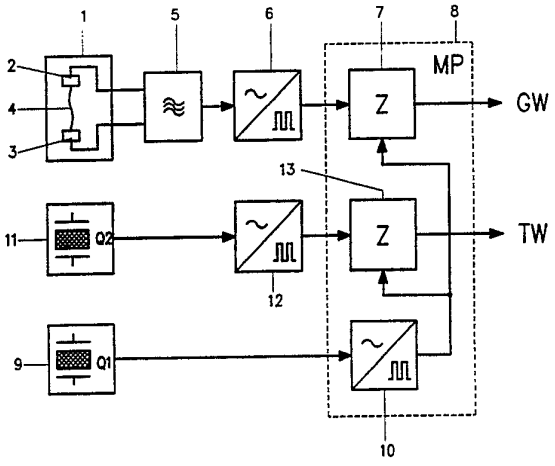
(45) Patentschrift veröffentlicht: 15.09.1994

(73) Inhaber:
Mettler-Toledo AG, Greifensee

(72) Erfinder:
Stoller, Beat, Greifensee

(54) Elektromechanische Waage mit Saitenschwinger.

(57) Die Waage besitzt einen frequenzgebenden Kraftsensor, z.B. einen Saitenschwinger (1) und einen Mikroprozessor (8) zur Umformung der Messgrösse. Als Taktgeber für den Mikroprozessor (8) und als Zeitgeber für die Messung der Frequenz des Saitenschwingers (1) ist ein Quarzschwinger (9) vorgesehen. Der Quarzschwinger (9) dient ausserdem als frequenzgebender Temperatursensor, welcher mit einem zweiten, als Zeitgeber arbeitenden Quarzschwinger (11) zusammenarbeitet, wobei der zweite Quarzschwinger (11) ein von der Temperatur unabhängiges Ausgangssignal liefert und einen handelsüblichen Uhrenquarz aufweisen kann. Ausserdem ist die Temperaturabhängigkeit der Schwingungsfrequenz des ersten Quarzschwingers (9) an diejenige des Saitenschwingers (1) angepasst. Durch diese Massnahmen wird auf einfachere und kostengünstigere Weise als bisher eine Information über die absolute Temperatur, welche für Kompensationszwecke verfügbar ist, und zudem eine Verbesserung hinsichtlich der Temperaturkompensation des Saitenschwingers (1) erreicht.



Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine elektromechanische Waage mit einem frequenzgebenden Kraftsensor und einem Mikroprozessor zur Umformung der Messgrösse, wobei ein erster Quarzschwinger als Taktgeber für den Mikroprozessor und als Zeitgeber für die Messung der Schwingungsfrequenz des Kraftsensors vorgesehen ist, ferner mit einem frequenzgebenden Temperatursensor zur Messung der Waagentemperatur. Als frequenzgebender Kraftsensor kann z.B. ein Saitenschwinger vorgesehen sein.

Zur Verbesserung der Genauigkeit solcher Waagen ist es bekanntlich notwendig, die Temperaturabhängigkeit des Kraftsensors bzw. der Schwingungsfrequenz desselben derart zu kompensieren, dass eine von der Temperatur unabhängige Empfindlichkeit der Waage erreicht wird. Auch andere temperaturabhängige Wägeparameter bedürfen der Korrektur, um beispielsweise Nullpunktverschiebungen und Linearitätsabweichungen möglichst klein zu halten.

Es ist ausserdem bekannt, den Temperatureinfluss auf die Wägeparameter entweder durch Massnahmen, welche auf unmittelbaren Gegenwirkungen beruhen, direkt zu kompensieren oder eine mit der Messgrösse in Beziehung zu setzende Korrekturgrösse auf der Basis der laufend gemessenen Waagentemperatur rechnerisch zu ermitteln. In beiden Fällen können sich Schwierigkeiten ergeben, wenn die Wägeparameter sowie allfällige Kompensationsmittel oder Temperatursensoren starken Streuungen unterworfen sind und Nichtlinearitäten aufweisen, so dass ein Abgleich jeder Waage, unter Umständen bei mehreren Temperaturwerten, notwendig ist, um eine genaue Kompensationswirkung zu erzielen. Von diesem Gesichtspunkt aus sind deshalb streuungsarme und möglichst genau und linear arbeitende Komponenten anzustreben, was jedoch andererseits zu übermässig teuren Kompensationslösungen führen kann.

Aus der US-Patentschrift Nr. 4 464 725 ist eine Waage der eingangs genannten Art bekannt, bei welcher für eine auf der Basis rechnerisch ermittelter Korrekturgrössen durchgeführten Temperaturkompensation ein separater frequenzgebender Temperatursensor vorgesehen ist und als Zeitgeber für die Messung der temperaturabhängigen Schwingungsfrequenz des Temperatursensors der Taktgeber des Mikroprozessors dient.

Bei dieser Lösung kommen keine direkt wirkenden Kompensationsmassnahmen zum Einsatz. Der Temperatursensor misst die Temperatur der Waage, wobei die gemessenen Temperaturwerte zur rechnerischen Korrektur der Messgrösse ausgewertet werden. Eine solche umfassende Temperaturkompensation der Wägeparameter ist jedoch nur mit verhältnismässig hohem Aufwand hinsichtlich der Hardware als auch der Software möglich, wenn umfangreiche Abgleicharbeiten vermieden werden sollen.

Die Erfindung zeigt nun einen Weg, um das erwähnte Problem auf einfache Weise und mit geringerem Aufwand zu lösen. Ausgehend von einer Waage der eingangs genannten Art, besteht die Erfindung darin, dass der erste Quarzschwinger eine temperaturabhängige Schwingungsfrequenz hat und als Temperatursensor zur Messung der Waagentemperatur dient, dass die Temperaturabhängigkeit der Schwingungsfrequenz dieses ersten Quarzschwingers an diejenige des Kraftsensors angepasst ist, und dass ein zweiter Quarzschwinger mit von der Temperatur wenigstens annähernd unabhängiger Schwingungsfrequenz vorgesehen ist, welcher als Zeitgeber für die Messung der temperaturabhängigen Schwingungsfrequenz des ersten Quarzschwingers dient.

Der erste Quarzschwinger, welcher voraussetzungsgemäss als Taktgeber für den Mikroprozessor und als Zeitgeber für die Messung der Schwingungsfrequenz des frequenzgebenden Kraftsensors dient, ist ein verhältnismässig teures Bauteil, vor allem bedingt durch die geforderten engen Qualitätstoleranzen im Hinblick auf die vorgenannten Aufgaben. Bei der Lösung nach der US-Patentschrift Nr. 4 464 725 ist für den Temperatursensor ein ebenso hochwertiges Bauteil, z.B. in Form eines Quarzschwingers, nötig, um die genannten Genauigkeitsanforderungen zu erfüllen. Bei der erfindungsgemässen Lösung sind nun die Funktionen der beiden Quarzschwinger bezüglich der Temperaturmessung gewissermassen vertauscht, indem der Taktgeber des Mikroprozessors auch die Funktion eines Temperatursensors ausübt, wobei der zweite Quarzschwinger lediglich noch als Zeitgeber dient, wofür billigere Ausführungen zur Verfügung stehen. Ausserdem dient der erste Quarzschwinger noch zur direkten Temperaturkompensation des Kraftsensors. Letztere Massnahme hat nicht nur den Vorteil, dass der bereits vorhandene hochwertige Quarzschwinger besser ausgenützt wird; vielmehr ist eine Temperaturkompensation, welche auf direkter Gegenwirkung beruht, unter den gegebenen Voraussetzungen genauer als die rechnerische Korrekturmethode. Da zudem die Kennlinie des Kraftsensors den wichtigsten Wägeparameter darstellt, kommt somit der vorgeschlagenen Massnahme besondere Bedeutung zu. Ausschlaggebend ist dabei der Umstand, dass frequenzgebende Kraftsensoren, z.B. Saitenschwinger, mit nur sehr geringer Streuung der Kennlinie herstellbar sind, so dass ein diesbezüglicher Abgleich entbehrlich ist.

Die genaue Temperaturmessung dient zur rechnerischen Korrektur des Wägeresultats aufgrund der übrigen temperaturabhängigen Wägeparameter. Zu diesem Zweck wird im Rahmen der erfindungsgemässen Lösung ein zweiter Quarzschwinger nur noch als Zeitgeber benötigt. Dafür kann ein handelsüblicher, für Uhren bestimmter Quarzschwinger verwendet werden. Sogenannte Uhrenquarze sind sehr kostengünstig, verfügen aber trotzdem über die für den vorgenannten Zweck erforderliche Genauigkeit und sind weitgehend temperaturunabhängig. Die Verwendung eines temperaturunabhängigen Quarzschwingers als Zeitgeber für den frequenzgebenden Temperatursensor hat im weiteren den Vorteil, dass für die Temperaturerfassung nicht, wie sonst meist üblich, zwei temperaturabhängige Quarz-

schwinger mit unterschiedlicher Temperaturabhängigkeit der Frequenz, sondern nur ein einziger Quarzschwinger bestimmend ist. Auf diese Weise wird das Störpotential herabgesetzt.

Bei der Waage nach der US-Patentschrift Nr. 4 464 725 ist dagegen eine entsprechende Lösung mit Uhrenquarz nicht möglich, weil sich ein Uhrenquarz mit einer Schwingungsfrequenz von üblicherweise 32, 768 kHz zum Einsatz als Zeitgeber für die Messung der Schwingungsfrequenz des Kraftsensors und als Taktgeber des Mikroprozessors in hochauflösenden Waagen (Taktfrequenz etwa 16 MHz) nicht eignet.

Damit der Mikroprozessor einwandfrei funktioniert, muss sich dessen Taktgeber in seiner unmittelbaren Nähe befinden. Andererseits ist der Taktgeber, welcher nun auch als Temperatursensor arbeitet, möglichst im Nahbereich jener Teile einer Wägezelle anzuordnen, an welchen die zu kompensierenden temperaturabhängigen Effekte auftreten. Vorzugsweise ist deshalb der den Mikroprozessor tragende Print an der den Kraftsensor enthaltenden Wägezelle montiert und zusammen mit dieser in einem gemeinsamen Gehäuse angeordnet, um eine möglichst genaue Erfassung des Temperaturverlaufs in der Wägezelle zu erreichen.

Die Temperatur als Messgrösse lässt sich z.B. aus den Schwingungsfrequenzen der beiden Quarzschwinger anhand der als Potenzreihen dargestellten Temperaturfunktionen ableiten, beispielsweise für eine Ausgangstemperatur von 25°C. Für Quarze mit den Temperaturkoeffizienten α_1, β_1...bzw. α_2, β_2... findet man für die Temperatur $T = 25° + \Delta T$:

$$\text{Quarz 1:} \qquad f_1 = f_{1\ 25°C}\ (1 + \alpha_1\Delta T + \beta_1\Delta T^2 + ...) \qquad (1)$$

$$\text{Quarz 2:} \qquad f_2 = f_{2\ 25°C}\ (1 + \alpha_2\Delta T + \beta_2\Delta T^2 + ...) \qquad (2)$$

$$\text{für } \alpha\Delta T, \beta\Delta T << 1 \qquad \frac{f_1}{f_2} = \frac{f_{1\ 25°C}}{f_{2\ 25°C}}\ [1 + (\alpha_1 - \alpha_2)\ \Delta T + (\beta_1 - \beta_2)\Delta T^2 + ...\ ] \qquad (3)$$

Wie ersichtlich, ist der Quotient aus den beiden Frequenzwerten nur eine Funktion der Temperatur. Aus der Gleichung (3) ergibt sich die Temperatur-Information.

Gemäss der Erfindung ist für den zweiten Quarzschwinger ein Typ vorgesehen, dessen Frequenz wenigstens in erster Näherung von der Temperatur unabhängig ist (Temperaturkoeffizient $\alpha_2 = 0$). Dadurch ist für die Temperaturerfassung nur die Temperatur des ersten Quarzschwingers bestimmend.

Ein weiterer Vorteil ergibt sich, wenn für die Quarze der beiden Quarzschwinger Typen gewählt werden, bei denen die Koeffizienten (β) des quadratischen Gliedes der als Potenzreihe dargestellten Temperaturfunktion einander gleich sind. In diesem Fall ergibt sich eine lineare Abhängigkeit der Temperatur gemäss Gleichung (3). Dabei genügt ein Abgleich bei einem bestimmten Temperaturwert (z.B. 20°), um als Messgrösse die absolute Temperatur zu erhalten. In vielen Fällen kann jedoch sogar auf den erwähnten Abgleich verzichtet werden, da die relative Genauigkeit der Temperaturmessung für Kompensationszwecke meist ausreicht.

Nachstehend wird anhand der beigefügten Zeichnung ein Ausführungsbeispiel der Erfindung näher erläutert. In der Zeichnung ist ein Blockschema dargestellt, das die für das Verständnis der Erfindung wesentlichen Teile der elektronischen Ausrüstung einer Saitenwaage zeigt.

Als frequenzgebender Kraftsensor dient im vorliegenden Beispiel ein Saitenschwinger 1 mit einer zwischen zwei Halterungen 2 und 3 eingespannten Saite 4, welche durch einen Oszillator 5 in Eigenschwingung versetzt wird. Am Ausgang des Oszillators 5 entsteht ein Signal, dessen Frequenz sich mit der an den Halterungen 2 und 3 wirkenden Spannkraft der schwingenden Saite 4, d.h. mit der Belastung der Waage ändert. Dieses Signal wird über einen Impulsformer 6 einem Zähler 7 zugeführt, der von einem Mikroprozessor 8 angesteuert wird. Als Taktgeber für den Mikroprozessor 8 und den Zähler 7 dient ein erster Quarzschwinger 9, dem ein Impulsformer 10 zugeordnet ist. Durch Auszählen der Zählimpulse wird im Mikroprozessor 8 in an sich bekannter Weise der einer bestimmten Waagenlast entsprechende Frequenzwert f_1 ermittelt und unter Berücksichtigung allfälliger Korrekturen der von der Waage anzuzeigende Gewichtswert GW berechnet.

Der erste Quarzschwinger 9 ist ausserdem als frequenzgebender Temperatursensor ausgebildet, d.h. er ist mit einem Quarz Q1 versehen, dessen Temperaturkoeffizient α_1 einen von Null abweichenden Wert hat. Die dem Impulsformer 10 des Quarzschwingers 9 entnommenen Zählimpulse werden zur Ermittlung des Temperaturwertes einem weiteren Zähler 13 zugeführt. Als Zeitgeber dient ein zweiter Quarzschwinger 11, dessen Quarz einen Temperaturkoeffizienten $\alpha_2 = 0$ hat und dem ebenfalls ein Impulsformer 12 zugeordnet ist. Der Mikroprozessor 8 berechnet aus den ausgezählten Zählimpulsen des Zählers 13 in ähnlicher Weise wie beim Zähler 7 den Frequenzwert f_2 und schliesslich den Quotienten der beiden Frequenzwerte f_1 und f_2. Das Ergebnis ist ein digitaler Temperaturwert TW, der für Kompensationszwecke zur Verfügung steht.

Um eine von der Temperatur unabhängige Empfindlichkeit der Waage zu erreichen, ist im weiteren die Temperaturkennlinie des ersten Quarzschwingers 9 an diejenige des Saitenschwingers 1 angepasst. Mit Vorteil wird im übrigen die Wahl der für die beiden Quarzschwinger 9 und 11 verwendeten Quarze Q1 und Q2 so getroffen, dass die Temperaturkoeffizienten β_X den gleichen Wert haben. Dadurch ergibt sich eine lineare Beziehung zwischen dem ermittelten Temperaturwert TW und der am Temperatursensor 9 herrschenden Temperatur.

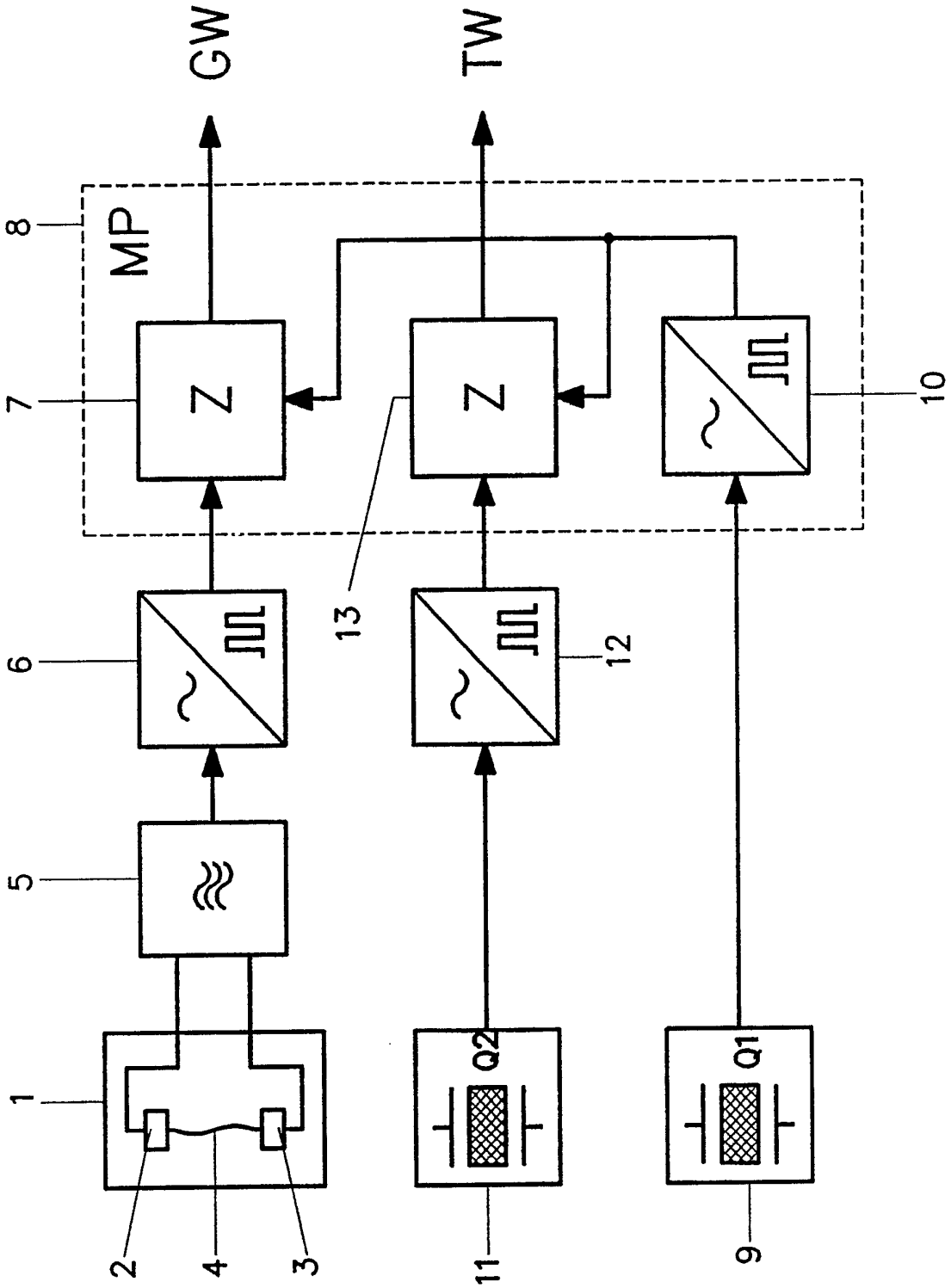
Patentansprüche

1. Elektromechanische Waage mit einem frequenzgebenden Kraftsensor (1) und einem Mikroprozessor (8) zur Umformung der Messgrösse, wobei ein erster Quarzschwinger (9) als Taktgeber für den Mikroprozessor (8) und als Zeitgeber für die Messung der Schwingungsfrequenz des Kraftsensors (1) vorgesehen ist, ferner mit einem frequenzgebenden Temperatursensor zur Messung der Waagentemperatur, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Quarzschwinger (9) eine temperaturabhängige Schwingungsfrequenz hat und als Temperatursensor zur Messung der Waagentemperatur dient, dass die Temperaturabhängigkeit der Schwingungsfrequenz dieses ersten Quarzschwingers (9) an diejenige des Kraftsensors (1) angepasst ist, und dass ein zweiter Quarzschwinger (11) mit von der Temperatur wenigstens annähernd unabhängiger Schwingungsfrequenz vorgesehen ist, welcher als Zeitgeber für die Messung der temperaturabhängigen Schwingungsfrequenz des ersten Quarzschwingers (9) dient.

2. Elektromechanische Waage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Quarzschwinger (11) einen gewöhnlich für Uhren benutzten Quarz (Q2) aufweist.

3. Elektromechanische Waage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass für die Quarze (Q1, Q2) der beiden Quarzschwinger (9, 11) Typen gewählt sind, bei denen die Koeffizienten (β_X) der quadratischen Glieder der als Potenzreihe dargestellten Temperaturfunktion einander gleich sind.

4. Elektromechanische Waage nach Anspruch 1, dadurch 10 gekennzeichnet, dass der den Mikroprozessor (8) tragende Print an der den Kraftsensor (1) enthaltenden Wägezelle montiert und zusammen mit dieser in einem gemeinsamen Gehäuse angeordnet ist.


GW
TW
MP
8
7
Z
Z
10
13
6
12
5
1
Q2
Q1
2
4
3
11
9