



Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

ISSN 0433-6461

(11)

160 917

Int.Cl.³

3(51) G 04 F 13/04

AMT FUER ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP G 04 F/ 2143 52

(22) 16.07.79

(44) 13.06.84

(71) INGENIEURHOCHSCHULE MITTWEIDA;DD;

(72) SCHLEICHER, ERICH, PROF. DR. RER. NAT.;DD;

(54) **ANORDNUNG ZUR BERUEHRUNGSLOSEN KONTINUIERLICHEN ELEKTRONISCHEN ZEITMESSUNG**

(57) Die Erfindung beschreibt eine Anordnung, die aus einem mit Quecksilber gefüllten zylindrischen Hohlraum mit einem Einschluß aus einem wäßrigen Elektrolyten besteht, in dem ein weichmagnetischer Körper schwimmt. Dieser zylindrische Hohlraum wird von einer Spule mit unterschiedlicher Steigung umschlossen. Wenn durch den Hohlraum ein Gleichstrom fließt, so verschiebt sich infolge des elektrolytischen Prozesses der Einschluß mit dem weichmagnetischen Körper, und ein durch die äußere Spule fließender Wechselstrom verändert je nach Stellung des weichmagnetischen Körpers seinen Wert. Der durch die Quecksilbersäule fließenden Elektrolysestrom liegt in der Größenordnung von einigen $100\mu\text{A}$ bis zu weniger als $1\mu\text{A}$. Ein vollständiger Durchlauf des Einschlusses dauert je nach Stromstärke etwa 10 bis 10000 Stunden und ist einstellbar. Die erfindungsgemäße Anordnung kann auch durch einen Hohlraum zwischen zwei Plättchen einer mikroelektronischen Sandwichanordnung gebildet werden. Die Erfindung eignet sich besonders zur berührungslosen Zeitmessung, zur Anzeige von Service- und Wartungsintervallen und für Zuverlässigkeitsuntersuchungen. Sie gestattet über Schwellwertschalter die Auslösung von Signal- und Schaltvorgängen zu frei einstellbaren Zwischenzeiten.

3 4 3 3 3

- 1 -

Anordnung zur berührungslosen kontinuierlichen elektronischen Zeitmessung

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur berührungslosen kontinuierlichen elektronischen Zeitmessung auf der Basis elektrolytischer Quecksilbercoulometer, die einen geringen Strombedarf hat und Zeitmessungen zwischen 10 und 10 000 Stunden gestattet. Die Genauigkeit der Messung kann durch entsprechende konstruktive Gestaltung der Anordnung und durch Kombination mehrerer Anordnungen den Erfordernissen angepaßt werden.

Die Anordnung beruht auf der an sich bekannten magnetischen Signalumsetzung von Zeitintervallen in Quecksilbercoulometern und weist demzufolge auch den Vorteil auf, daß Signal- oder Schaltvorgänge ohne Eingriff in die Coulometeranordnung ausgelöst werden können. Darüber hinaus ermöglicht sie aber gegenüber den bisher bekannten Lösungen eine kontinuierliche Zeitmessung. Daraus ergeben sich als bevorzugte Anwendungsgebiete die allgemeine Langzeitmessung, die Messung von Betriebszeiträumen und die Messung und Anzeige von Strom-Zeit-Intervallen. Durch geeignete elektronische Schaltungen können alle Zwischenzeiten innerhalb des durch die Anordnung

vorgegebenen maximalen Zeitintervalls signalisiert oder berührungslos geschaltet werden.

Nach Ablauf der Meßvorgänge kann die Anordnung innerhalb weniger Stunden manuell oder selbsttätig in den Ausgangszustand zurückgesetzt werden; sie ist somit nahezu unbegrenzt verwendbar.

Für verschiedene Anwendungsgebiete ist die Unempfindlichkeit gegenüber radioaktiver Strahlung hervorzuheben.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Für die Zeitmessung und Betriebszeitmessung existieren zahlreiche elektrische, elektromechanische und elektronische Geräte, die auf anderen Wirkprinzipien beruhen und deshalb hier nicht zur Charakteristik des technischen Standes herangezogen werden sollen. Auch elektrolytische Prozesse sind in vielfältiger Form zur Zeit- und Betriebszeitmessung verwendet worden. Sie beruhen meist auf der optischen, mechanischen oder elektrischen Messung einer durch Elektrolyse abgeschiedenen Stoffmenge, die dem Elektrolysegleichstrom und der Stromflußdauer proportional ist. Neben den bekannten Kupfer- und Silbervoltametern sowie den elektrolytischen Betriebszeitindikatoren, die einen Festelektrolyt als Ionenleiter aufweisen, werden technisch besonders die Quecksilbercoulometer angewendet. Sie bestehen aus einer mit Quecksilber gefüllten Kapillare, die an einer Stirnseite durch eine als Katode dienende Elektrode, an der anderen Seite durch eine Anode abgeschlossen wird. Innerhalb der Quecksilbersäule befindet sich ein kleiner, mit wässrigem Elektrolyt gefüllter Einschluß. Wenn diese Anordnung von einem Gleichstrom durchflossen wird, so gehen an der mit der Anode verbundenen Quecksilbersäule Hg-Ionen in Lösung, wandern durch den Elektrolyt und werden an der mit der Katode verbundenen Quecksilbersäule wieder abgeschieden. Das Quecksilber wandert also mit dem Strom vom

positiven zum negativen Pol und der mit Elektrolyt gefüllte Zwischenraum in entgegengesetzter Richtung. Bei konstantem Strom ist die durchwanderte Strecke der Stromflußzeit proportional. Die Stromkonstanz kann in einfacher Weise durch einen gegenüber dem inneren Widerstand der Anordnung hinreichend großen Vorwiderstand gewährleistet werden. Damit ergibt sich gleichzeitig eine in weiten Grenzen temperaturunabhängige Wanderungsgeschwindigkeit des Einschlusses.

Anordnungen, die auf diesem Prinzip beruhen, werden als Mikrocoulometer bezeichnet und sind in mehreren Varianten beschrieben worden. Neben einer visuellen Ablesung der vom Einschluß zurückgelegten Wegstrecke können durch seitlich oder an den Stirnseiten zusätzlich in die Kapillare eingeführte Elektroden, die schwache Wechselströme durchfließen, auch elektronische Signal- und Schaltvorgänge ausgelöst werden. Durch Zusammenschaltung mehrerer solcher Anordnungen können quasidigitale Anzeigen mit größerer Genauigkeit erreicht werden. In einer weiteren Variante ist das Material der Kapillare halbleitend und läßt frei einstellbare Signal- oder Schaltzeiten innerhalb des gesamten Meßbereiches durch Schleifkontakte zu, die an der Außenseite der Kapillare angebracht sind. Manuelle oder elektronische Umpolung der Elektrolysespannung verändert die Bewegungsrichtung des Einschlusses, so daß nach Abschluß der Messungen eine Rückstellung möglich ist.

Eine weitere Anordnung beschreibt ein Quecksilbercoulometer, in dessen elektrolytischem Einschluß ein weichmagnetischer Körper schwimmt, der die Induktivität von außerhalb des zylindrischen Hohlraumes angeordneten Spulen verändert. Diese Induktivitätsänderung kann für Signal- und Schaltzwecke genutzt werden. Manuelle oder elektronische Umpolung der Elektrolysespannung verändert auch hier die Bewegungsrichtung des Einschlusses, so daß nach Abschluß der Messungen innerhalb weniger Stunden eine Rückstellung möglich ist.

Hinsichtlich der technologischen Ausführung wurde vorgeschlagen, die Kapillare bzw. den zylindrischen Hohlraum durch eine rillenförmige Vertiefung im Inneren einer aus mindestens zwei aufeinanderliegenden Plättchen bestehenden Sandwichanordnung zu bilden und die Elektroden, Anschlüsse, Widerstände und Spulen als Schichten auf diesen oder weiteren Plättchen aufzubringen.

Diese bekannten Anordnungen gestatten die Auslösung von Signalen oder Schaltvorgängen zu bestimmten Zwischenzeiten innerhalb des gesamten Meßzeitintervalls. Dazu dienen zusätzliche Elektroden, die in die Kapillare hineinragen, oder äußere Schleifkontakte, wenn das Material der Kapillare halbleitend ist, oder fest bzw. verschiebbar angebrachte äußere Spulen. Bei den Anordnungen mit in die Kapillare hineinragenden Elektroden sind die Stromänderungen im Signalkreis abrupt, während im Falle äußerer Schleifkontakte und bei den Anordnungen mit weichmagnetischem Einschluß die Stromveränderung ein Maximum durchläuft, das entweder direkt für die Auslösung von Signal- und Schaltvorgängen genutzt werden kann oder durch geeignete elektronische Schaltungen digitalisiert wird.

Bisher ist jedoch keine Anordnung bekannt, die eine über die gesamte Zeitdauer kontinuierliche, der Meßzeit proportionale Stromänderung liefert.

Ziel der Erfindung

Die Erfindung setzt sich zum Ziel, auf der Basis von Mikro-coulometern eine berührungslose, in weiten Grenzen temperaturunabhängige, kontinuierliche elektronische Zeitmessung zu realisieren, die zu beliebigen Zwischenzeiten die Auslösung von Signal- und Schaltvorgängen ermöglicht.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die an sich bekannte elektrolytische Anordnung zur Betriebszeitmessung mit einem weichmagnetischen Einschluß und äußeren Spulen so zu verändern, daß die vom Einschluß zurückgelegte Wegstrecke der Stromänderung in einer äußeren Signalspule proportional ist.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß ein zylindrischer Hohlraum, der mit Quecksilber gefüllt ist und an den beiden Stirnseiten durch Elektroden abgeschlossen ist, innerhalb der Quecksilbersäule einen mit wäßrigem Elektrolyt gefüllten Einschluß aufweist, in dem ein weichmagnetischer Körper schwimmt, der vom Elektrolyten und dem Elektrolyseprozeß chemisch nicht angegriffen wird, und der die Induktivität einer außerhalb des zylindrischen Hohlraumes über dessen Länge angebrachten Spule mit in einer Richtung kontinuierlich ansteigenden Induktivität verändert.

Figur 1 dient der Erläuterung der erfindungsgemäßen Anordnung. Der zylindrische Hohlraum wird durch die Wand 2 gebildet, die aus einem isolierenden Material bestehen soll, dessen magnetische Permeabilität nicht sehr von dem Wert 1 abweicht. Geeignet sind dafür Glas, viele keramische Werkstoffe oder organischer Isolierstoff. Dieser Hohlraum wird an den Stirnseiten durch die Elektroden A und K abgeschlossen, die Anode und Katode bezeichnen sollen und je nach Anwendungsfall auch miteinander vertauscht werden können. In dem Hohlraum befinden sich die beiden Quecksilberteilhälften 1 mit dem Einschluß aus dem wäßrigen Elektrolyten 3 und dem in ihm schwimmenden weichmagnetischen Körper 4. Dieser Körper muß nicht kugelförmig sein, sondern kann auch beispielsweise ein länglicher Zylinder sein, der beispielsweise auch zusätzliche Bohrungen aufweisen kann. Wichtig für die Festlegung seiner geometrischen Form ist jedoch, daß die eigentliche Kapillare durch die geometrische Differenz zwischen dem Querschnitt

des zylindrischen Hohlraumes und dem Querschnitt durch den weichmagnetischen Körper gebildet wird und somit der Querschnitt des zylindrischen Hohlraumes nur eine untergeordnete Rolle spielt. Die durch die Differenz gebildete Kapillare verhindert die gegenseitige Durchdringung der Quecksilberteilsäulen und gewährleistet die stabile Lage des weichmagnetischen Körpers zwischen ihnen. Der zylindrische Hohlraum wird von der Spule 5 vollständig umschlossen, deren Induktivität pro Längeneinheit kontinuierlich von einem zum anderen Ende so ansteigt, daß sich ein durch sie fließender Wechselstrom bei der Bewegung des weichmagnetischen Einschlusses von K nach A proportional zur zurückgelegten Wegstrecke ändert. Wie in Figur 1 angedeutet ist, wird dies durch eine je Streckenabschnitt ansteigende Anzahl von Spulenwindungen erzielt. Die für die Berechnung der Windungszahl pro Streckenabschnitt dieser langgestreckten ein- oder mehrlagigen Zylinderspule notwendigen Formeln sind bekannt, wenn auch die präzise Proportionalität zwischen Stromänderung und zurückgelegter Wegstrecke, das heißt zwischen Stromänderung und Zeitintervallwegen der Streufelder nur empirisch gefunden werden kann.

Der im Elektrolyt schwimmende weichmagnetische Körper hat für alle bekannten Materialien eine geringere Dichte als das Quecksilber, so daß die Lage zwischen den Teilsäulen stabil ist. Als weichmagnetisches Material eignen sich alle Werkstoffe mit großer Permeabilität, so etwa weichmagnetische Ferrite mit einer Anfangspermeabilität von einigen 10^3 oder metallische Legierungen mit einer Anfangspermeabilität zwischen 10^4 und 10^5 . Zum Schutz gegen den Elektrolyten und den Elektrolysegleichstrom und zur elektrischen Isolierung kann ein Überzug des magnetischen Körpers mit einer dünnen Schutzschicht aus Glas oder einem Plastwerkstoff erforderlich werden. Bei einigen dichten Ferritwerkstoffen kann dieser Überzug entfallen. Sie haben einen gegenüber dem wäßrigen Elektrolyt hinreichend großen elektrischen Widerstand und werden bei

der Elektrolyse chemisch nicht angegriffen. Da die Permeabilität dieses Materials direkt den Strom durch die Spulenwindungen beeinflusst, wird die Temperaturabhängigkeit der Anordnung fast ausschließlich durch die Temperaturabhängigkeit der Permeabilität bestimmt. Alle anderen Einflüsse, etwa die Abhängigkeit der zurückgelegten Wegstrecke des Einschlusses von der Stromflußzeit und die Widerstandsänderung der Spule sind demgegenüber gering. Der Auswahl des Materials ist deshalb im Interesse eines weiten Betriebstemperaturbereiches große Aufmerksamkeit zu schenken, und es ist eine an sich bekannte Temperaturkompensation des durch die Spule fließenden Wechselstromes vorzunehmen.

Dieser durch die Spule fließende Strom kann direkt mit einem Meßinstrument, oszillographisch oder in anderer geeigneter Form angezeigt werden. Günstig ist es jedoch, wenn bei der Stellung des weichmagnetischen Körpers in der Ausgangslage der Messung, das heißt beispielsweise in der Nähe der Katode, der durch die Spule fließende Strom kompensiert wird. Dies kann beispielsweise dadurch geschehen, daß die Spule als Zweig einer Wechselstrombrücke oder als Teil einer Kompensationsordnung geschaltet wird. Natürlich ist in einem solchen Fall für eine zeitlineare Stromänderung die Windungszahl pro Streckeneinheit neu zu bestimmen.

Der zylindrische Hohlraum kann sowohl durch ein Röhrchen als auch durch eine Rille innerhalb einer aus zwei Plättchen gebildeten Sandwichanordnung gebildet werden. Dann ist es möglich, die Spule in an sich bekannter Weise als gedruckte Induktivität aufzubringen und die Herstellung dieses auf der erfindungsgemäßen Anordnung beruhenden Bauelementes rationell zu gestalten. In dieser Form können auch Vorwiderstände, die der Anpassung an die externe Batteriespannung dienen oder für die Rückstellung des magnetischen Einschlusses nach Beendigung der Messung vorgesehen sind, als Schichtwiderstände aufgebracht werden.

Wenn die Anordnung an einer konstanten Spannungsquelle betrieben wird, so kann sie als Zeitmesser arbeiten. Entspricht diese Spannung einer Betriebsspannung in einem elektronischen Gerät, so arbeitet sie als Betriebszeitmesser. In anderen Schaltungen, wenn der Gleichstrom durch die Anordnung der Spannung proportional ist, arbeitet sie als Strom-Zeit-Integrator. Natürlich ist auch die Anschaltung an eine Wechselspannung möglich, allerdings muß dann für den Elektrolyseprozeß Gleichrichtung vorgesehen werden. Die sich aus der Art der Gleichrichtung für die Elektrolyse ergebenden Gesetzmäßigkeiten sind bekannt und sollen nicht näher erläutert werden.

Neben der berührungslosen kontinuierlichen elektronischen Zeitmessung können während der Messung auch Signal- und Schaltvorgänge ausgelöst werden. Dazu sind an sich bekannte elektronische Schwellwertschalter in den Spulenkreis einzufügen, die eine große Vielfalt von Schaltvorgängen durchführen lassen.

Ausführungsbeispiel

Ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Anordnung besteht aus einem Glasröhrchen von 43 mm Länge mit einem Innendurchmesser von 2 mm, das an beiden Stirnseiten durch Platinelektroden abgeschlossen ist. Der Zwischenraum zwischen den beiden Quecksilberteilsäulen ist mit einem wäßrigen Elektrolyt aus einer Mischung von KCl und Hg_2Cl_2 gefüllt. In ihm schwimmt der kugelförmige magnetische Körper, der aus einer Permalloylegierung mit einer Anfangspermeabilität von 100000, einem spezifischen Widerstand von $65 \Omega \text{ cm}$ und einer Curietemperatur von 400°C besteht. Er ist mit einer Teflonschicht von 0,05 mm Dicke überzogen und hat insgesamt einen Durchmesser von 1,9 mm. Die Anordnung wurde in einem elektronischen Gerät zur Betriebszeitmessung eingesetzt, das eine stabilisierte Gleichspannung von 13 V aufwies. Mit einem Vorwiderstand vor der Anode der Anordnung von $2 \text{ M}\Omega$ wurde ein Elektro-

lysestrom von 6,5 μ A eingestellt, der einen Durchlauf des magnetischen Körpers in 1000 Stunden gewährleistete. Für diesen Strom war der Widerstand des Elektrolyten, der bei 20 °C etwa 150 Ω betrug und mit steigender Temperatur abnahm, hinsichtlich seines Wertes belanglos. Die Spule bestand aus 200 Windungen mit zunehmender Steigung. Der sie durchfließende Wechselstrom nahm entsprechend der Beziehung

$$I_L = \frac{U_L}{R + j\omega L}$$

in dem Maße ab, wie der weichmagnetische Einschluß in das Gebiet größerer Windungszahl pro Streckeneinheit, das heißt kleinerer Steigung der den Hohlraum umgebenden Spule kam. In der angegebenen Näherungsbeziehung soll I_L den Wechselstrom bezeichnen, der bei der Wechselspannung U_L in der Spule fließt, die einen Gleichstromwiderstand R hat und deren Induktivität L von der Stellung des weichmagnetischen Einschlusses abhängt. In dem beschriebenen Beispiel bildete die Spule einen Zweig einer Wechselstrombrücke, und die Steigung der Spule war so bemessen, daß das Anzeigeeinstrument in der Brückendiagonale eine zeitlineare Anzeige ergab.

2 1 4 3 0 2

- 10 -

Erfindungsanspruch

1. Anordnung zur berührungslosen kontinuierlichen elektronischen Zeitmessung, bestehend aus einem zylindrischen Hohlraum mit Quecksilberfüllung mit einem Einschluß aus einem wäßrigen Elektrolyten, in dem ein elektrolytisch inerte weichmagnetischer Körper schwimmt, der die Induktivität einer außerhalb des zylindrischen Hohlraumes angeordneten Spule verändert, gekennzeichnet dadurch, daß die Induktivität der Spule längs des Hohlraumes in einer Richtung kontinuierlich ansteigt.
2. Anordnung zur berührungslosen kontinuierlichen elektronischen Zeitmessung gemäß Punkt 1., gekennzeichnet dadurch, daß der zylindrische Hohlraum durch einen Hohlraum in einer aus mindestens zwei Plättchen bestehenden Sandwichanordnung gebildet wird, die gleichzeitig die Induktivität als aufgedruckte Leiterbahnen trägt.

Hierzu 1 Seite Zeichnungen

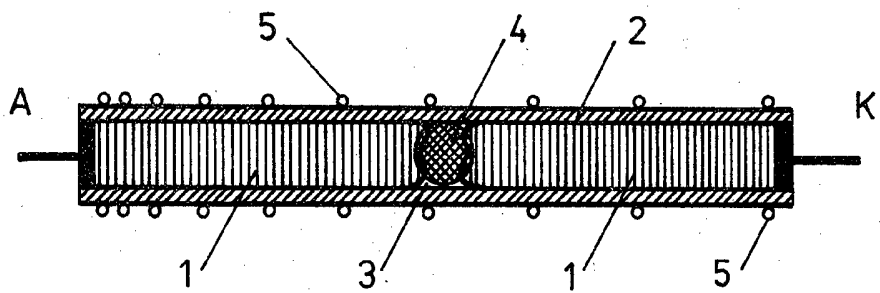


Fig. 1