

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 698 811 B1

(51) Int. Cl.: G01D 3/036 (2006.01)

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

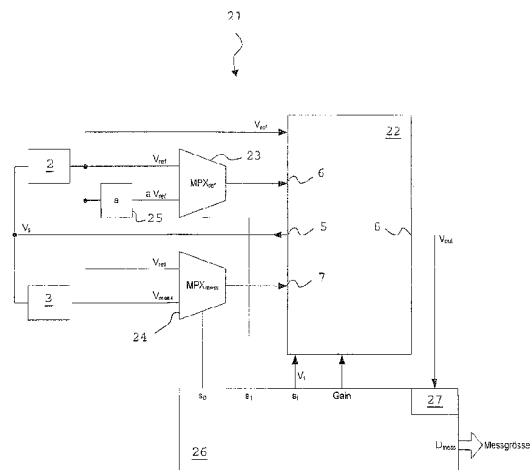
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTSCHRIFT**

<p>(21) Anmeldenummer: 01740/06</p> <p>(22) Anmeldedatum: 02.11.2006</p> <p>(24) Patent erteilt: 30.10.2009</p> <p>(45) Patentschrift veröffentlicht: 30.10.2009</p>	<p>(73) Inhaber: HSR Hochschule für Technik Rapperswil, Oberseestrasse 10 8640 Rapperswil (CH)</p> <p>(72) Erfinder: Lars Kamm, 8874 Mühlehorn (CH) Werner Hinn, 8712 Stäfa (CH) Roman Baumann, 8708 Männedorf (CH)</p> <p>(74) Vertreter: E. Blum & Co. AG Patent- und Markenanwälte VSP, Vorderberg 11 8044 Zürich (CH)</p>
--	---

(54) **Verfahren und Messsystem zum Erfassen und Verarbeiten einer physikalischen Grösse.**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erfassen und Verarbeiten einer physikalischen Grösse mittels eines Messsystems, das einen Messsensor, eine Signalquelle und eine Recheneinheit umfasst, wobei die Recheneinheit einen Referenzsignaleingang, einen Messsignaleingang und einen Signalausgang aufweist und als Ausgangssignal eine verstärkte Differenz aus einem Messsignal und einem Referenzsignal erzeugt. Bei dem Verfahren wird ein Referenzsignal sowohl an den Referenzsignaleingang als auch an den Messsignaleingang der Recheneinheit angelegt, aus dem sich ergebenden Ausgangssignal der Recheneinheit ein Offsetfehler des Messsystems bestimmt, an den Referenzsignaleingang ein abgeschwächtes Referenzsignal und an den Messsignaleingang das Referenzsignal angelegt und durch die Differenz aus dem sich nun ergebenden Ausgangssignal der Recheneinheit und dem vorher berechneten Offsetfehler eine Istverstärkungsgrösse bestimmt, nun das Referenzsignal an den Referenzsignaleingang und ein Messsignal an den Messsignaleingang angelegt und ein korrigiertes Ausgangssignal durch Bildung der Differenz aus dem sich ergebenden Ausgangssignal der Recheneinheit und dem Offsetfehler bestimmt und die Istverstärkungsgrösse mit einer vorgegebenen Sollverstärkungsgrösse verglichen und eine Gesamtverstärkung des Messsystems reduziert, wenn die Istverstärkungsgrösse grösser als die Sollverstärkungsgrösse ist, oder erhöht, wenn die Sollverstärkungsgrösse grösser als die Istverstärkungsgrösse ist. Die Erfindung betrifft ferner ein Messsystem zur Durchführung eines solchen Verfahrens.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erfassen und Verarbeiten einer physikalischen Grösse gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und ein Messsystem zur Durchführung eines derartigen Verfahrens gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 7.

[0002] Bekannte Messsysteme, mit denen auch kleine Amplitudenänderungen physikalischer Grössen erfasst werden können, besitzen typischerweise hohe Verstärkungsfaktoren in der Größenordnung von 10 000 oder mehr. Solche Messsysteme werden typischerweise eingesetzt, wenn die absolute Änderung der Amplitude eines Messsignals, bei dem es sich um ein Wechselsignal handelt, gegenüber einer bekannten Amplitude eines frequenzgleichen Referenzsignals ermittelt werden soll. Bei derart grossen Verstärkungsfaktoren erzeugen kleinste Bauteiltoleranzen von in den Messsystemen enthaltenen Bauteilen oftmals erhebliche Offset- und Verstärkungsfehler, wobei die Offset- und Verstärkungsfehler in der Regel temperaturabhängig sind. Die Messsysteme umfassen resistive, induktive oder kapazitive Sensoren, die mit Wechselstrom betrieben werden, wobei typischerweise zwei identische Sensoren zur Anwendung kommen, von denen einer als Messsensor und einer als Referenzsensor dient.

[0003] Ein solches Messsystem ist in der Fig. 1 dargestellt. Das Messsystem 1 umfasst einen Messsensor 2, einen Referenzsensor 3 und eine Berechnungseinheit 4. Die Berechnungseinheit 4 weist eine Signalquelle 5 auf, die den Messsensor 2 und den Referenzsensor 3 mit einer Wechselspannung V_s der Frequenz f_s versorgt. Der Referenzsensor 3 ist einer konstanten physikalischen Referenzgrösse ausgesetzt, beispielsweise einem konstanten Druck, einem konstanten Weg oder einem Material mit konstantem Dielektrikum, und gibt ein Referenzsignal V_{ref} an einen Referenzsignaleingang 6 der Berechnungseinheit 4 ab. Der Messsensor 2 ist der zu messenden physikalischen Grösse ausgesetzt und gibt ein Messsignal V_{mess} an einen Messsignaleingang 7 der Berechnungseinheit 4 ab. Die Amplitude V_{mess_ampl} des Messsignals V_{mess} , welches von dem Messsensor 2 geliefert wird, hängt von der zu messenden physikalischen Grösse ab. Die Amplitude V_{ref_ampl} des Referenzsignals V_{ref} , welches von dem Referenzsensor 3 abgegeben wird, ist konstant.

[0004] Bei einem fehlerfrei arbeitenden Messsystem 1 bildet die Berechnungseinheit 4 eine verstärkte Differenz aus den Amplitudenwerten des Messsignals und des Referenzsignals gemäss

$$V_{out} = G (V_{mess_ampl} - V_{ref_ampl}),$$

wobei G die Verstärkung der fehlerfrei arbeitenden Berechnungseinheit 4, V_{mess_ampl} die Amplitude, des Messsignals, V_{ref_ampl} die Amplitude des Referenzsignals und V_{out} das an einem Signalausgang 8 der Berechnungseinheit 4 anliegende Ausgangssignal sind. Umwelteinflüsse wie beispielsweise Temperatur und Luftfeuchtigkeit, die gleichermassen auf den Messsensor 2 und den Referenzsensor 3 einwirken, werden durch die Differenzbildung im Messsystem 1 bzw. in der Berechnungseinheit 4 typischerweise eliminiert.

[0005] Die oben angegebene Gleichung zur Berechnung des Ausgangssignals V_{out} des Messsystems 1 gilt für ein ideales, fehlerfrei arbeitendes Messsystem 1. Bei einem realen Messsystem tritt jedoch typischerweise ein Offsetfehler, bei dem es sich insbesondere um einen Wechselstromoffsetfehler (auch AC-Offsetfehler oder AC-OS-Fehler genannt) handelt, auf. Dieser äussert sich typischerweise dahingehend, dass entweder zum Messsignal oder zum Referenzsignal ein Fehlersignal in Form einer Fehlerwechsel-Spannung mit einer Amplitude V_{acos_ampl} addiert wird. Das Fehlersignal weist typischerweise dieselbe Frequenz wie das Messsignal bzw. das Referenzsignal auf. Der Offsetfehler kann beispielsweise darauf beruhen, dass die Teilverstärkungen in den dem Referenzsignal und dem Messsignal zugeordneten Kanälen des Messsystems 1 bzw. der Berechnungseinheit 4 unterschiedlich sind oder dass ein Übersprechen von dem einen Kanal in den anderen Kanal erfolgt. Ferner kann der Offsetfehler auch auf die Temperaturabhängigkeit von Bauteilen bzw. von Bauteilparametern des Messsystems 1 bzw. der Berechnungseinheit 4 zurückzuführen sein.

[0006] Üblicherweise ist in realen Messsystemen auch die Verstärkung bzw. der Verstärkungsfaktor G keine absolute Konstante, sondern ebenfalls von Parameterstreuungen der in dem Messsystem 1 verwendeten Bauteile bzw. von den Temperaturabhängigkeiten dieser Parameter abhängig. Die durch diese Abhängigkeiten hervorgerufenen Schwankungen der Verstärkung werden im Folgenden als Verstärkungsfehler bezeichnet.

[0007] Für ein reales Messsystem 1, d.h. für ein Messsystem 1, welches mit einem Offsetfehler und einem Verstärkungsfehler behaftet ist, ergibt sich das Ausgangssignal des Messsystems 1 bzw. der Berechnungseinheit 4 gemäss der folgenden Gleichung:

$$V_{out} = gG (V_{mess_ampl} - V_{ref_ampl} + V_{acos_ampl}),$$

wobei g den Verstärkungsfehlerfaktor repräsentiert, welcher typischerweise zwischen 0.95 und 1.05 liegt, und V_{acos_ampl} den Offsetfehler angibt, welcher durch die Amplitude der durch den Offset hervorgerufenen Fehlerwechselspannung gebildet wird.

[0008] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zum Messen einer physikalischen Grösse und ein Messsystem zur Durchführung eines Verfahrens zum Messen einer physikalischen Grösse zu schaffen, mit denen der Einfluss von Offsetfehlern und Verstärkungsfehlern auf das Messergebnis verringert werden kann.

[0009] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zum Messen einer physikalischen Grösse mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und durch ein Messsystem mit den Merkmalen des Anspruchs 7 gelöst.

[0010] Das erfindungsgemässe Verfahren zum Erfassen und Verarbeiten einer physikalischen Grösse mittels eines Messsystems, das einen Messsensor, eine Signalquelle und eine Berechnungseinheit umfasst, wobei der Messsensor der zu messenden physikalischen Grössen ausgesetzt ist und die Berechnungseinheit einen Referenzsignaleingang, einen Messsignaleingang und einen Signalausgang aufweist und als Ausgangssignal eine verstärkte Differenz aus einem Messsignal des Messsensors und einem Referenzsignal eines Referenzsensors erzeugt, kennzeichnet sich durch die Schritte aus, dass ein Referenzsignal des Referenzsensors sowohl an den Referenzsignaleingang als auch an den Messsignaleingang der Berechnungseinheit angelegt wird, dass ein Offsetfehler als das sich ergebende Ausgangssignal der Berechnungseinheit des Messsystems mittels der Berechnungseinheit bestimmt wird, dass an den Referenzsignaleingang ein abgeschwächtes Referenzsignal des Referenzsensors und an den Messsignaleingang das Referenzsignal des Referenzsensors angelegt und dass aus der Differenz aus dem sich nun ergebenden Ausgangssignal der Berechnungseinheit und dem vorher berechneten Offsetfehler mittels des Messsystems eine Istverstärkungsgrösse bestimmt wird, dass nun das Referenzsignal des Referenzsensors an den Referenzsignaleingang und ein Messsignal des Messsensors an den Messsignaleingang angelegt und ein korrigiertes Ausgangssignal durch Bildung der Differenz aus dem sich ergebenden Ausgangssignal der Berechnungseinheit und dem Offsetfehler mittels des Messsystems bestimmt wird, dass nun, nachdem die Istverstärkungsgrösse bestimmt ist, mittels des Messsystems diese mit einer vorgegebenen Sollverstärkungsgrösse verglichen und eine Gesamtverstärkung des Messsystems reduziert wird, wenn die Istverstärkungsgrösse grösser als die Sollverstärkungsgrösse ist, oder erhöht wird, wenn die Sollverstärkungsgrösse grösser als die Istverstärkungsgrösse ist.

[0011] Die vorgegebene Sollverstärkungsgrösse kann beispielsweise in dem Messsystem, insbesondere in der Berechnungseinheit, vom Hersteller oder vom Benutzer hinterlegt sein. Die vorgenannten Schritte werden mittels des Messsystems wiederholt, was vorteilhafterweise zu einer Minimierung oder Beseitigung eines Verstärkungsfehlers des Messsystems führt. Ist der Verstärkungsfehler beseitigt, so kann die Gesamtverstärkung konstant gehalten, d.h. «eingefroren» werden. Vorzugsweise werden die vorgenannten Schritte jedoch weiterhin sämtlich durchlaufen, so dass bei der Einstellung der Gesamtverstärkung zeitlich veränderliche Temperatureinflüsse berücksichtigt und laufend auskorrigiert werden können. Der Vergleich der Istverstärkungsgrösse mit der vorgegebenen Sollverstärkungsgrösse kann bei dem erfindungsgemässen Verfahren bereits vor dem Anlegen des Messsignals an den Messsignaleingang erfolgen.

[0012] Die Gesamtverstärkung kann durch Veränderung der Amplitude der Signalquelle, durch Veränderung von Verstärkungen eines Messsensors und eines Referenzsensors mit demselben Faktor und/oder durch Veränderung einer Verstärkung der Berechnungseinheit reduziert oder erhöht werden. Diese Aufzählung ist nicht abschliessend.

[0013] Das erfindungsgemässe Messsystem weist einen Messsensor, eine Signalquelle zur Energieversorgung des Messsensors, eine Berechnungseinheit, die mit einem Referenzsignaleingang, einem Messsignaleingang, einem Signalausgang und einem Verstärker versehen ist und derart ausgestaltet ist, dass sie im Betrieb aus den am Referenzsignaleingang und am Messsignaleingang anliegenden Signalen eine verstärkte Differenz ermittelt. Weiter sind ein Referenzmultiplexer, der dem Referenzsignaleingang vorgeschaltet ist, und ein Messmultiplexer, der dem Messsignaleingang vorgeschaltet ist, vorgesehen, wobei von dem Referenzmultiplexer ein Referenzsignal und ein abgeschwächtes Referenzsignal und von dem Messmultiplexer ein Referenzsignal und ein Messsignal ausgebbar sind. Dem Referenzmultiplexer ist vorzugsweise ein Signalabschwächer vorgeschaltet, der ein abgeschwächtes Referenzsignal an den Referenzmultiplexer liefern kann, welches dann wiederum von diesem ausgebbar ist bzw. an dessen Ausgang anliegt.

[0014] Zur Ansteuerung der Berechnungseinheit, der Signalquelle, des Referenzmultiplexers und/oder Messmultiplexers ist vorzugsweise ein Mikrocontroller vorgesehen.

[0015] Durch das erfindungsgemässe Verfahren und das erfindungsgemässe Messsystem können beim Messen einer physikalischen Grösse Offsetfehler und Verstärkungsfehler eines Messsystem berücksichtigt und auskorrigiert werden. Hierdurch ist ein genaues Messen einer physikalischen Grösse möglich.

[0016] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen und den anhand der Zeichnungen nachfolgend dargestellten Ausführungsbeispielen. Es zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Messsystems ohne Fehlerkorrektur,
- Fig. 2 ein Blockdiagramm eines Messsystems ohne Fehlerkorrektur,
- Fig. 3 eine graphische Darstellung von zeitlichen Verläufen von in dem Messsystem nach Fig. 2 auftretenden Signalen,
- Fig. 4 eine graphische Darstellung des in einer typischen Implementation gemessenen Offsetfehlers in Abhängigkeit von der Temperatur,
- Fig. 5 eine graphische Darstellung des in einer typischen Implementation gemessenen Verstärkungsfehlers in Abhängigkeit von der Temperatur,

- Fig. 6 eine schematische Darstellung eines erfindungsgemässen Messsystems,
 Fig. 7 ein Flussdiagramm zur Veranschaulichung des erfindungsgemässen Verfahrens,
 Fig. 8 ein Prinzipschaltbild der Regelung der Gesamtverstärkung und
 Fig. 9 eine graphische Darstellung des zeitlichen Verhaltens von in dem Prinzipschaltbild nach Fig. 8 auftretenden Grössen.

[0017] In den Figuren bezeichnen gleiche Bezugszeichen strukturell bzw. funktionell gleichwirkende Komponenten.

[0018] Fig. 1 ist bereits in der Beschreibungseinleitung beschrieben, auf welche hier verwiesen wird.

[0019] Fig. 2 zeigt ein Blockschaltbild eines Messsystems 1 mit einem Messsensor 2, einem Referenzsensor 3 und einer Berechnungseinheit 4. Die Berechnungseinheit 4 weist eine Signalquelle 5 auf, die ein Wechselsignal V_s mit einer Frequenz f_s abgibt. Die Signalquelle 5 versorgt über entsprechende, nicht näher bezeichnete Leitungen den Signalsensor 2 und den Referenzsensor 3 mit dem Wechselsignal V_s . Der Referenzsensor 3 ist einer konstanten physikalischen Referenzgrösse ausgesetzt und gibt an seinem Ausgang ein Referenzsignal V_{ref} mit der Frequenz f_s an den Referenzsignaleingang 6 der Berechnungseinheit 4 ab. Der Messsensor 2 ist der zu messenden physikalischen Grösse ausgesetzt und liefert ein Messsignal V_{mess} mit der Frequenz f_s an den Messsignaleingang 7 der Berechnungseinheit 4.

[0020] Die Berechnungseinheit 4 weist ferner einen ersten Multiplexer 19 und einen zweiten Multiplexer 20 auf. Die Multiplexer 19, 20 weisen jeweils drei Eingänge auf, wobei an zweien der Eingänge das Referenzsignal und das Messsignal anliegen, während an dem dritten Eingang ein Umschaltsignal V_i mit einer Umschaltfrequenz f_i , die auch als Toggle-Frequenz bezeichnet wird, anliegt. Das Umschaltsignal wird von einem Signalgenerator 18 erzeugt. Die Multiplexer 19, 20 schalten mit der Umschaltfrequenz f_i von dem Referenzsignal auf das Messsignal bzw. von dem Messsignal auf das Referenzsignal um, so dass an dem jeweils einen Ausgang der Multiplexer 19, 20 entweder das Referenzsignal oder das Messsignal anliegt. Die Multiplexer 19, 20 sind derart ausgeführt bzw. werden derart über das Umschaltsignal V_i angesteuert, dass, wenn am Ausgang des ersten Multiplexers 19 das Referenzsignal anliegt, am Ausgang des zweiten Multiplexers 20 das Messsignal anliegt und umgekehrt. Die Umschaltfrequenz f_i ist vorzugsweise wesentlich geringer gewählt als die Signalfrequenz f_s . Beispielsweise beträgt die Signalfrequenz f_s 300 kHz, während die Umschaltfrequenz f_i 1 kHz beträgt.

[0021] Die Berechnungseinheit 4 weist ferner ein Subtraktionsglied 9 auf, welches die Differenz aus den Ausgangssignalen der Multiplexer 19, 20 bildet. D.h., das Ausgangssignal des Subtraktionsgliedes 9 entspricht der Differenz aus dem Referenzsignal und dem Messsignal bzw. dem Messsignal und dem Referenzsignal.

[0022] Das Ausgangssignal des Subtraktionsgliedes 9 wird in einem Multiplizierer 10 (sogenannter Multiplier) mit einem Rechtecksignal mit der Frequenz f_s multipliziert. Das Rechtecksignal wird vorzugsweise über eine Amplitudenbegrenzerschaltung 11 (sogenannter Limiter) entweder aus dem von dem Referenzsensor 3 generierten Referenzsignal oder aus dem von der Signalquelle 5 gelieferten Signal gebildet. Es sind entsprechende, nicht näher bezeichnete Leitungen vorgesehen, die die Amplitudenbegrenzerschaltung 11 mit der Signalquelle 5, dem Ausgang des Referenzsensors 3 und dem Multiplizierer 10 verbinden. In den nicht näher bezeichneten Leitungen zu der Signalquelle 5 und zu dem Ausgang des Referenzsensors 3 sind Schalter 12, 13 vorgesehen, von denen jeweils einer geschlossen und der andere geöffnet ist, so dass am Eingang der Amplitudenbegrenzerschaltung 11 entweder das Referenzsignal oder das Signal der Signalquelle 5 anliegt. Wird das Rechtecksignal aus dem Signal der Signalquelle 5 erzeugt, so wird vorzugsweise über einen Phasenschieber 14 gewährleistet, dass das Rechtecksignal dieselbe Phasenlage aufweist wie das Referenzsignal. Hierzu ist in der nicht näher bezeichneten Leitung von der Signalquelle 5 zu der Amplitudenbegrenzerschaltung 11 vorzugsweise ein Phasenschieber 14 (sogenannter Phase Shifter) vorgesehen.

[0023] Die Berechnungseinheit 4 weist ferner einen Tiefpassfilter 15, einen Hochpassfilter 16 und einen Verstärker 17 auf. Das Ausgangssignal V_{MPV} des Multiplizierers 10 wird in dem Tiefpassfilter 15 gefiltert, so dass hochfrequente Signalkomponenten, auch Signalkomponenten mit der Frequenz $2 f_s$, unterdrückt werden können. Der Tiefpassfilter 15 ist vorzugsweise derart ausgelegt, dass seine Ausgangsgrösse V_{LP} nur noch Signalkomponenten enthält, deren Frequenz kleiner oder gleich der fünffachen Umschaltfrequenz f_i ist, so dass ein Rechtecksignal der Frequenz f_i im Wesentlichen unverzerrt wiedergegeben werden kann.

[0024] Das Ausgangssignal V_{LP} des Tiefpassfilters 15 wird dann in dem Hochpassfilter 16 gefiltert, um Gleichspannungskomponenten zu unterdrücken und DC-Offsetprobleme (Gleichspannungsoffsetprobleme) bei dem dem Hochpassfilter 16 nachgeschalteten Verstärker 17 zu vermeiden. Mit dem Verstärker 17 wird das Ausgangssignal des Hochpassfilters 16 verstärkt. Das Ausgangssignal V_{out} des Verstärkers 17 bildet das Ausgangssignal des Messsystems 1 bzw. das am Signalausgang 8 der Berechnungseinheit 4 abgegebene Signal.

[0025] Der Verstärker 17 kann auch zwischen dem Subtraktionsglied 9 und dem Multiplizierer 10 angeordnet sein. Dies würde jedoch dazu führen, dass der Verstärker 17 breitbandiger ausgelegt werden müsste, als wenn er dem Tiefpassfilter 15 nachgeschaltet ist, da das Ausgangssignal des Subtraktionsgliedes 9 noch Signalkomponenten mit der Frequenz f_s enthält, die erst durch die Wirkung des Multiplizierers 10 und des Tiefpassfilters 15 unterdrückt werden.

[0026] Der Multiplizierer 10 hat die Wirkung eines Synchrongleichrichters, so dass eine gute Linearität des Gleichrichtvorgangs gewährleistet ist. Das in der Fig. 2 dargestellte Messsystem 1 stellt einen sogenannten Lock-in-Verstärker dar, der sich dadurch auszeichnet, dass seine Filtercharakteristik derart ist, dass Störsignale, die eine andere Frequenz als die Signalfrequenz f_s und deren ungeradzahigen Vielfachen aufweisen, gut unterdrückt werden. Auch Störsignale der Frequenz f_s und deren ungeradzahigen Vielfachen können vorteilhafterweise unterdrückt werden, falls ihre Phasenlage von der Phasenlage des Rechtecksignals abweicht, welches von der Amplitudenbegrenzerschaltung 11 erzeugt wird. Selbst stark verrauschte, von dem Messsensor 2 gelieferte Messsignale können somit in im Wesentlichen rauschfreie Ausgangssignale V_{out} umgesetzt werden.

[0027] Fig. 3 zeigt beispielhafte Signalverläufe von Signalen, welche in dem in der Fig. 2 dargestellten Messsystem. Der Messsensor 2 und der Referenzsensor 3 liefern als Ausgangssignal vorzugsweise Spannungen, so dass es sich bei den in der Fig. 3 dargestellten Signalverläufen vorzugsweise um Spannungsverläufe handelt. Auf der Abszisse der in der Fig. 3 dargestellten Koordinatensysteme a) bis f) ist die Zeit angegeben.

[0028] In dem Koordinatensystem a) ist das Umschaltsignal V_t dargestellt. Bei dem Umschaltsignal handelt es sich um ein Rechtecksignal mit der Umschaltfrequenz f_t . In den Koordinatensystemen b) und c) sind die Multiplexerausgangssignale V_{mux1} , V_{mux2} der Multiplexer 19, 20 dargestellt. Die Multiplexerausgangssignale V_{mux1} , V_{mux2} schalten jeweils nach einer halben Periodendauer des Umschaltsignals V_t von dem Referenzsignal auf das Messsignal bzw. von dem Messsignal auf das Referenzsignal um, wobei der Einfachheit der Darstellung halber die Frequenz f_s des Messsignals bzw. des Referenzsignals gleich der vierfachen Umschaltfrequenz f_t gewählt ist, während sie in der Praxis vorzugsweise gleich dem 300-Fachen der Umschaltfrequenz f_t gewählt wird. In dem Koordinatensystem d) ist das Ausgangssignal des Subtraktionsglieders 9 dargestellt, welches durch die Differenz $V_{mux1} - V_{mux2}$ gebildet wird. In dem Koordinatensystem e) sind das Ausgangssignal V_{MPY} des Multiplizierers 10 und das Ausgangssignal V_{LP} des Tiefpassfilters 15 dargestellt. Das Ausgangssignal V_{LP} des Tiefpassfilters 15 ist das mit dem Tiefpassfilter 15 gefilterte Ausgangssignal V_{MPY} des Multiplizierers 10. Die Parameter des Tiefpassfilters 15 sind derart gewählt, dass das Ausgangssignal V_{LP} des Tiefpassfilters 15 ein im Wesentlichen rechteckförmiges Signal mit der Frequenz f_t ist. In dem Koordinatensystem f) ist das mit dem Verstärker 17 verstärkte Ausgangssignal V_{LP} des Tiefpassfilters 15, welches vorzugsweise zusätzlich von dem Hochpassfilter 16 gefiltert wurde, dargestellt. Bei dem Ausgangssignal V_{out} des Verstärkers 17 handelt es sich ebenfalls um ein im Wesentlichen rechteckförmiges Signal der Frequenz f_t mit einer gegenüber dem Tiefpassfilterausgangssignal V_{LP} grösseren Amplitude.

[0029] Die Spitzen-Spitzen-Amplitude V_{outpp} des Ausgangssignals V_{out} des Verstärkers 17 ist definiert als die zweifache Amplitude des Ausgangssignals V_{out} und ist proportional zu der Differenz aus der Amplitude V_{mess_ampl} des Messsignals und der Amplitude V_{ref_ampl} des Referenzsignals, d.h.

$$V_{outpp} = 2G (V_{mess_ampl} - V_{ref_ampl}),$$

wobei G die Verstärkung des Verstärkers 17 darstellt. Die Spitzen-Spitzen-Amplitude V_{outpp} wird vorzugsweise über einen Analog/Digital-Wandler digitalisiert und mit einem Mikrocontroller numerisch ermittelt. Der Analog/Digital-Wandler kann in den Mikrocontroller integriert sein.

[0030] Bei einem realen Messsystem entstehen typischerweise temperaturabhängige AC-Offsetfehler und Verstärkungsfehler, die bei einer hohen Gesamtverstärkung des Messsystems stärker ins Gewicht fallen und zu einer Verfälschung des Ausgangssignals V_{out} führen können. Bei einem idealen Messsystem sollte die Spitzen-Spitzen-Amplitude V_{outpp} den Wert 0 haben, wenn die Amplitude V_{mess_ampl} des Messsignals gleich der Amplitude V_{ref_ampl} des Referenzsignals ist. Bei einem realen Messsystem treten jedoch typischerweise temperaturabhängige AC-Offsetfehler V_{acos} (auch V_{offset} genannt) auf, so dass

$$V_{outpp} = V_{acos}$$

ist. Fig. 4 zeigt den typischen Verlauf eines Offsetfehlers V_{acos} in Abhängigkeit von der Temperatur T, wobei die Temperatur T auf der Abszisse und der Offsetfehler V_{acos} auf der Ordinate angegeben sind.

[0031] Bei einem idealen Messsystem ist ferner bei einer konstanten Differenz der Amplitude V_{mess_ampl} des Messsignals und der Amplitude V_{ref_ampl} des Referenzsignals das Ausgangssignal V_{out} ebenfalls ein bestimmter, konstanter Wert.

[0032] Bei einem realen Messsystem ergeben sich jedoch Verstärkungsfehler, die dazu führen, dass das Ausgangssignal V_{out} bei konstanter Differenz der Amplitude V_{mess_ampl} und der Amplitude V_{ref_ampl} nicht konstant ist, sondern sich insbesondere mit der Temperatur ändert. Fig. 5 zeigt einen typischen Verlauf des Verstärkungsfehlers in Abhängigkeit von der Temperatur, wobei die Temperatur T auf der Abszisse und der prozentuale Verstärkungsfehlerfaktor G_{Fehler} auf der Ordinate angegeben sind. In der Fig. 5 sind zwei Kurvenverläufe angegeben, wobei der Kurvenverlauf mit dem niedrigerfrequenten Signalanteil den Mittelwert des Kurvenverlaufs mit dem höherfrequenten Signalanteil entspricht.

[0033] Fig. 6 zeigt ein Blockschaltbild eines erfindungsgemässen Messsystems 21, das einen Messsensor 3, einen Referenzsensor 2 und eine Recheneinheit 22 umfasst. Die Recheneinheit 22 ist vorzugsweise entsprechend der Recheneinheit 4 (vergleiche Fig. 2) ausgestaltet.

[0034] Die Berechnungseinheit 22 weist eine Signalquelle 5 zum Abgeben eines Signals V_s mit einer Frequenz f_s , einen Referenzsignaleingang 6, einen Messsignaleingang 7 und einen Signalausgang 8 auf. Die Signalquelle 5 kann auch ausserhalb der Berechnungseinheit 22 vorgesehen sein. Dem Referenzsignaleingang 6 ist ein Referenzmultiplexer 23 vorgeschaltet und dem Messsignaleingang 7 ist ein Messmultiplexer 24 vorgeschaltet. Die Multiplexer 23, 24 verfügen jeweils über drei Signaleingänge und einen Signalausgang, die nicht näher bezeichnet sind. Zwei Signaleingänge des Referenzmultiplexers 23 sind mit dem Ausgang des Referenzsensors 2 verbunden, wobei zwischen den Referenzsensor 2 und einen der Signaleingänge des Referenzmultiplexers 23 ein Signalabschwächer 25 geschaltet ist, so dass an dem mit dem Signalabschwächer 25 verbundenen Signaleingang des Referenzmultiplexers 23 ein abgeschwächtes Referenzsignal anliegt.

[0035] Einer der Eingänge des Messmultiplexers 24 ist mit dem Ausgang des Messsensors 3 verbunden, während ein anderer Eingang des Messmultiplexers 24 mit dem Ausgang des Referenzsensors 2 verbunden ist. Die Multiplexer 23, 24 und/oder der Signalabschwächer 25 können auch innerhalb der Berechnungseinheit 22 angeordnet sein.

[0036] Es ist ein Mikrocontroller 26 vorgesehen, der über Steuersignale s_0 und s_1 die Multiplexer 23, 24 ansteuert. Mit dem Steuersignal s_1 gibt der Mikrocontroller 26 dem Referenzmultiplexer 23 vor, ob an dessen Ausgang das Referenzsignal oder das abgeschwächte Referenzsignal anliegen. Mit dem Steuersignal s_0 gibt der Mikrocontroller 26 dem Messmultiplexer 24 an, ob an dessen Ausgang das Referenzsignal oder das Messsignal anliegen soll. Ferner kann über den Mikrocontroller 26 die Verstärkung der Berechnungseinheit 22 vorgegeben werden.

[0037] Die Berechnungseinheit 22 entspricht vorzugsweise der in der Fig. 2 dargestellten Berechnungseinheit 4, in der zwei weitere Multiplexer 19, 20 vorgesehen sind (vergleiche Fig. 2). Der Mikrocontroller 26 erzeugt vorzugsweise ein Steuersignal s_t , welches dem Umschaltsignal V_t mit der Frequenz f_t zum Ansteuern der gemäss Fig. 2 ausgestalteten in der Berechnungseinheit 22 bzw. 4 vorgesehenen Multiplexer 19, 20 dient.

[0038] Es ist bevorzugt ein Analog/Digital-Wandler 27 vorgesehen, der das Ausgangssignal V_{out} der Berechnungseinheit 22 bzw. des Messsystems 21 digitalisiert. Der numerische Wert der Spitzen-Spitzen-Amplitude V_{outpp} des Ausgangssignals V_{out} kann im Mikrocontroller 26 berechnet und in einem Register des Mikrocontrollers 26 abgelegt werden. Der Analog/Digital-Wandler 27 ist vorzugsweise in den Mikrocontroller 26 integriert.

[0039] Der Mikrocontroller 26 führt vorzugsweise das im Folgenden in Bezug auf Fig. 7 beschriebene erfindungsgemässe Verfahren durch, korrigiert dabei das Ausgangssignal V_{out} von Offset- und Verstärkungsfehlern und stellt das korrigierte Ausgangssignal dann vorzugsweise digital, beispielsweise über eine serielle Schnittstelle, zur Verfügung.

[0040] Fig. 7 zeigt ein Flussdiagramm des erfindungsgemässen Verfahrens. Nach dem Start des erfindungsgemässen Verfahrens werden in einem ersten Verfahrensschritt 30, der der Bestimmung des Offsetfehlers dient, der Referenzmultiplexer 23 und der Messmultiplexer 24 (vergleiche Fig. 6) derart durch die Steuersignale s_0 und s_1 von dem Mikrocontroller 26 angesteuert, dass sowohl an dem Ausgang des Referenzmultiplexers 23 als auch an dem Ausgang des Messmultiplexers 24 das Referenzsignal anliegt. Die Steuersignale s_1 und s_0 des Mikrocontrollers 26 haben hierbei den Wert 1. Der Ausgang des Referenzmultiplexers 23 ist mit dem Referenzsignaleingang 6 und der Ausgang des Messmultiplexers 24 ist mit dem Messsignaleingang 7 der Berechnungseinheit 22 verbunden. Sowohl am Referenzsignaleingang 6 als auch am Messsignaleingang 7 der Berechnungseinheit 22 liegt somit das Referenzsignal an und am Signalausgang 8 der Berechnungseinheit 22 ergibt sich das Ausgangssignal zu

$$V_{out} = gGV_{acos} = gG(V_{ref} + V_{acos} - V_{ref})$$

wobei V_{ref} dem Referenzsignal, V_{acos} dem Offsetfehler, g dem Verstärkungsfehlerfaktor und G der Verstärkung der Berechnungseinheit 22 entsprechen. Das sich ergebende Ausgangssignal V_{out} ist proportional zum Offsetfehler V_{acos} und wird als Offsetsignal bezeichnet. Bei einem idealen Messsystem 21 hätte das Offsetsignal den Wert 0. Der für das Offsetsignal ermittelte Wert wird vorzugsweise in einem Register D_0 des Mikrocontrollers 26 hinterlegt.

[0041] In einem zweiten Verfahrensschritt 31, der der Ermittlung einer Istverstärkung des Messsystems dient, steuert der Mikrocontroller 26 den Referenzmultiplexer 23 derart an, dass an seinem Ausgang das abgeschwächte Referenzsignal aV_{ref} anliegt. Hierfür hat das Steuersignal s_1 den Wert 0. Den Messmultiplexer 24 steuert der Mikrocontroller 26 weiterhin derart an, dass an seinem Ausgang das Referenzsignal V_{ref} anliegt. Das Steuersignal s_0 hat hierfür den Wert 1. Am Signalausgang 8 der Berechnungseinheit 22 bzw. des Messsystems 21 ergibt sich folgendes Ausgangssignal

$$V_{out} = gG(V_{ref} - aV_{ref}) + gGV_{acos} = gGV_{ref}(1 - a) + gGV_{acos}$$

wobei a dem Abschwächungsfaktor des Signalabschwächers 25 entspricht und vorzugsweise kleiner als 1 ist. Der ermittelte Wert für das Ausgangssignal V_{out} wird vorzugsweise in einem Register D_1 des Mikrocontrollers 26 gespeichert.

[0042] In einem dritten Verfahrensschritt 32, der der Offsetkorrektur des im zweiten Verfahrensschritt 31 ermittelten Ausgangssignal und der Ermittlung der Istverstärkung des Messsystems dient, wird die Differenz aus den in den Registern D_1 und D_0 gespeicherten Werten gebildet, d.h. von dem im Verfahrensschritt 31 gebildeten Ausgangssignal $V_{out} = gGV_{ref}(1 - a) + gGV_{acos}$ wird das Offsetsignal gGV_{acos} abgezogen. Als Istverstärkungsgrösse ergibt sich der Wert

$$gGV_{\text{ref}} (1 - a),$$

der vorzugsweise in einem Register D_{ist} des Mikrocontrollers 26 gespeichert wird. Auf diese Weise ist eine Korrektur der im Verfahrensschritt 32 ermittelten Ausgangsgrösse um den Offsetfehler bzw. um das Offsetsignal erfolgt.

[0043] Schliesslich erfolgt in einem vierten Verfahrensschritt 33 die Messsensormessung, bei der der Mikrocontroller 26 den Referenzmultiplexer 23 derart ansteuert, dass an seinem Ausgang das Referenzsignal V_{ref} anliegt, und den Messmultiplexer 24 so ansteuert, dass an seinem Ausgang das Messsignal V_{mess} anliegt. Somit liegen am Referenzsignaleingang 6 das Referenzsignal V_{ref} und am Messsignaleingang 7 das Messsignal V_{mess} an. Am Signalausgang 8 ergibt sich das Ausgangssignal

$$V_{\text{out}} = gG (V_{\text{mess}} - V_{\text{ref}} + V_{\text{acos}}),$$

dessen Wert vorzugsweise in dem Register D_1 des Mikrocontrollers 26 gespeichert wird.

[0044] Dieser Wert wird nun in einem fünften Verfahrensschritt 34 um einen Offsetfehler korrigiert, indem der in dem Register D_0 hinterlegte Wert für das Offsetsignal von ihm subtrahiert wird. Das derart korrigierte Ausgangssignal V_{outkorrt} ergibt sich zu

$$V_{\text{outkorrt}} = gG (V_{\text{mess}} - V_{\text{ref}} + V_{\text{acos}}) - gGV_{\text{acos}} = gG (V_{\text{mess}} - V_{\text{ref}}).$$

[0045] Der für das korrigierte Ausgangssignal V_{outkorrt} ermittelte Wert wird vorzugsweise in einem Register D_{mess} des Mikrocontrollers 26 abgelegt und ist von dort, beispielsweise über eine serielle Schnittstelle, abrufbar.

[0046] Das korrigierte Ausgangssignal V_{outkorrt} ist zunächst noch einem Verstärkungsfehler (in den Gleichungen berücksichtigt durch den Verstärkungsfehlerfaktor g) behaftet. Dieser wird im Folgenden iterativ beseitigt. Hierzu wird in einem sechsten Verfahrensschritt 35 die in dem Register D_{ist} hinterlegte Istverstärkungsgrösse mit einer vorgegebenen Sollverstärkungsgrösse verglichen, die beispielsweise in einem Register D_{soll} des Mikrocontrollers 26 hinterlegt ist. Ist kein Verstärkungsfehler vorhanden, d.h. der Verstärkungsfehlerfaktor g hat den Wert 1, so entspricht die Istverstärkungsgrösse der Sollverstärkungsgrösse. Wird in dem Verfahrensschritt 35 dagegen festgestellt, dass die Istverstärkungsgrösse grösser ist als die Sollverstärkungsgrösse, so wird in einem Verfahrensschritt 36 die Gesamtverstärkung des Messsystems 21 reduziert. Wird in dem Verfahrensschritt 35 festgestellt, dass die Istverstärkungsgrösse kleiner ist als die Sollverstärkungsgrösse, so wird in einem Verfahrensschritt 37 die Gesamtverstärkung des Messsystems 21 erhöht. Nach Erhöhen bzw. nach Reduzieren der Gesamtverstärkung des Messsystems 21 werden die Verfahrensschritte 30 bis 35 und 36 bzw. 37 wiederholt.

[0047] Das wiederholte Durchlaufen der Verfahrensschritte kann so lange erfolgen, bis die Istverstärkungsgrösse der Sollverstärkungsgrösse entspricht. Dann kann die Gesamtverstärkung des Messsystems 21 konstant gehalten werden. Um jedoch Verstärkungsfehler, die durch zeitlich veränderliche Temperaturbedingungen auftreten können, laufend auskorrigieren zu können, werden die Verfahrensschritte 30 bis 35 und 36 bzw. 37 vorzugsweise wiederholt durchgeführt.

[0048] Die Gesamtverstärkung des Messsystems 21 kann vorzugsweise dadurch verändert, d.h. reduziert oder erhöht, werden, dass, insbesondere mittels des Mikrocontrollers 26, die Verstärkung G der Recheneinheit 22 reduziert bzw. erhöht wird. Alternativ oder zusätzlich kann die Amplitude des von der Signalquelle 5 gelieferten Signals V_s , beispielsweise ebenfalls mittels des Mikrocontrollers 26, verändert werden. Ferner kann alternativ oder zusätzlich eine Verstärkung des Multiplizierers 10 der Recheneinheit 22 bzw. 4 (vgl. Fig. 6 und 2) erhöht oder reduziert werden. Auch dies kann mittels des Mikrocontrollers 26 erfolgen. Ferner können zusätzlich einstellbare Verstärker bzw. Abschwächer an entsprechenden Stellen im Messsystem 21 vorgesehen sein, beispielsweise innerhalb einer dem Messsensor 3 zugeordneten Elektronik. Auch kann die Gesamtverstärkung des Messsystems 21 über eine Veränderung einer Referenzspannung des Analog/Digital-Wandlers 27 beeinflusst werden.

[0049] Fig. 8 zeigt ein Prinzipschaltbild einer Regelung zur Korrektur des Verstärkungsfehlers. Die Regelstrecke wird durch das Messsystem 21 (vergleiche Fig. 6) gebildet. Auf die Regelstrecke 21 wirkt eine Störgrösse, beispielsweise eine sprunghafte Temperaturänderung, ein. Die Ausgangsgrösse des Messsystems 21 wird durch die Istverstärkungsgrösse gebildet und an einem Verknüpfungspunkt 40 findet ein Sollwert-Istwert-Vergleich statt, wobei der Sollwert durch die Sollverstärkungsgrösse und der Istwert durch die Istverstärkungsgrösse gebildet werden. Die an dem Verknüpfungspunkt 40 ermittelte Differenz aus Sollwert und Istwert wird auf einen Quantisierer 41 gegeben, mittels welchem als Ausgangswert der Wert der Verstärkungsstellgrösse beim Übergang von Schritt 35 zu Schritt 30 über Schritt 36 oder 37 (vgl. Fig. 7) ermittelt wird. Der Ausgangswert des Quantisierers 41 wird auf einen Integrator 42 gegeben, dessen Ausgangsgrösse die Verstärkungsstellgrösse zur Einstellung der Gesamtverstärkung der Regelstrecke bzw. des Messsystems 21 darstellt. Durch das Vorsehen des Integrators 42 können stationäre Abweichungen von Sollwert und Istwert, d.h. von Istverstärkungsgrösse und Sollverstärkungsgrösse vermieden werden.

[0050] Fig. 9 stellt die Kurvenverläufe von in dem Prinzipschaltbild der Fig. 8 vorkommenden Signalen bzw. Grössen dar. Das Koordinatensystem g zeigt den zeitlichen Verlauf einer Störgrösse, bei der im Zeitpunkt t_1 ein Störgrössensprung,

beispielsweise ein Temperatursprung, erfolgt. Koordinatensystem h) zeigt den Verlauf der Istverstärkungsgrösse, die auf eine Sollverstärkungsgrösse (Sollwert) eingeregelt wird. Nach der sprunghaften Veränderung der Störgrösse im Zeitpunkt t_1 erfolgt nach einem kurzen Einbruch der Istverstärkungsgrösse wiederum eine Einregelung der Istverstärkungsgrösse auf die Sollverstärkungsgrösse, d.h. die Störgrösse wird ausgeregelt. Im Koordinatensystem i) ist der zeitliche Verlauf der Verstärkungsstellgrösse dargestellt. Bei der Einregelung der Istverstärkungsgrösse auf den Sollwert bzw. die Sollverstärkungsgrösse verändert sich die Verstärkungsstellgrösse so lange, bis die Sollverstärkung erreicht ist. Danach pendelt sie um einen konstanten Mittelwert, sofern der Regelvorgang nicht angehalten und die Verstärkungsgrösse eingefroren wird. Zum Zeitpunkt t_1 des Störgrössensprungs beginnt die Verstärkungsstellgrösse erneut zu wandern, bis die Verstärkungsstellgrösse erneut ihren Sollwert erreicht hat.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Erfassen und Verarbeiten einer physikalischen Grösse mittels eines Messsystems (21), welches einen Messsensor (2), eine Signalquelle (5) und eine Berechnungseinheit (22) umfasst, die einen Referenzsignaleingang (6), einen Messsignaleingang (7) und einen Signalausgang (8) aufweist, wobei der Messsensor (2) der zu messenden physikalischen Grösse ausgesetzt wird und die Berechnungseinheit (22) als Ausgangssignal (V_{out}) eine verstärkte Differenz aus einem Messsignal (V_{mess}) des Messsensors (2) und einem Referenzsignal (V_{ref}) eines Referenzsensors (3) erzeugt, gekennzeichnet durch folgende Schritte:
 - a) Anlegen eines Referenzsignals (V_{ref}) des Referenzsensors (3) sowohl an den Referenzsignaleingang (6) als auch an den Messsignaleingang (7) der Berechnungseinheit (22),
 - b) mittels der Berechnungseinheit Bestimmen eines Offsetsignals des Messsystems (21) als das Ausgangssignal (V_{out}) der Berechnungseinheit (22),
 - c) Anlegen eines abgeschwächten Referenzsignals (aV_{ref}) des Referenzsensors (3) an den Referenzsignaleingang (6) und des Referenzsignals (V_{ref}) des Referenzsensors (3) an den Messsignaleingang (7),
 - d) mittels des Messsystems (21) Bestimmen einer Istverstärkungsgrösse aus der Differenz aus dem Ausgangssignal (V_{out}) der Berechnungseinheit (22) und dem Offsetsignal,
 - e) Anlegen des Referenzsignals (V_{ref}) des Referenzsensors (3) an den Referenzsignaleingang (6) und eines Messsignals (V_{mess}) des Messsensors (2) an den Messsignaleingang (7),
 - f) mittels des Messsystems (21) Bestimmen eines korrigierten Ausgangssignals ($V_{outkorrt}$) durch Bildung der Differenz aus dem Ausgangssignal (V_{out}) der Berechnungseinheit (22) und dem Offsetsignal,
 - g) mittels des Messsystems (21) Vergleichen der Istverstärkungsgrösse mit einer vorgegebenen Sollverstärkungsgrösse,
 - h) mittels des Messsystems (21) Reduzieren einer Gesamtverstärkung des Messsystems (21), wenn die Istverstärkungsgrösse grösser ist als die Sollverstärkungsgrösse und Erhöhen der Gesamtverstärkung, wenn die Sollverstärkungsgrösse grösser ist als die Istverstärkungsgrösse.
 - i) mittels des Messsystems (21) Wiederholen der Schritte a) bis h).
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Gesamtverstärkung durch Veränderung der Amplitude der Signalquelle (5), durch Veränderung von Verstärkungen des Messsensors (2) und des Referenzsensors (3) mit demselben Faktor und/oder durch Veränderung einer Verstärkung der Berechnungseinheit (22) reduziert oder erhöht wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, weiter dadurch gekennzeichnet, dass die Differenz aus einem am Messsignaleingang (7) anliegenden Signal und einem am Referenzsignaleingang (6) anliegenden Signal mit einem Rechtecksignal multipliziert wird, dessen Frequenz der Frequenz des am Referenzsignaleingang (6) oder am Messsignalausgang (7) anliegenden Signals entspricht.
4. Verfahren nach Anspruch 3, weiter dadurch gekennzeichnet, dass die mit dem Rechtecksignal multiplizierte Differenz mittels eines Tiefpasses (15) gefiltert wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, weiter dadurch gekennzeichnet, dass die mittels des Tiefpasses (15) gefilterte, mit dem Rechtecksignal multiplizierte Differenz mittels eines Hochpasses (16) gefiltert wird.
6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, weiter dadurch gekennzeichnet, dass die gefilterte, mit einem Rechtecksignal multiplizierte Differenz verstärkt wird.
7. Messsystem zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6, mit einem Messsensor (2) einer Signalquelle (5) zur Energieversorgung des Messsensors (2), einer Berechnungseinheit (22), die einen Referenzsignaleingang (6), einen Messsignaleingang (7) und einen Signalausgang (8) aufweist, wobei die Berechnungseinheit (22) einen Verstärker (17) umfasst und derart ausgestaltet ist, dass sie im Betrieb aus den am Referenzsignaleingang (6) und am Messsignaleingang (7) anliegenden Signalen eine verstärkte Differenz ermittelt, gekennzeichnet durch einen Referenzmultiplexer (23), der dem Referenzsignaleingang (6) vorgeschaltet ist, und einem Messmultiplexer (24), der dem Messsignaleingang (7) vorgeschaltet ist, wobei von dem Referenzmultiplexer (23) ein Referenzsignal (V_{ref}) oder ein abgeschwächtes Referenzsignal (aV_{ref}) und von dem Messmultiplexer (24) ein Referenzsignal (V_{ref}) oder ein Messsignal (V_{mess}) ausgebar sind.

CH 698 811 B1

8. Messsystem nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass dem Referenzmultiplexer (23) ein Signalabschwächer (25) vorgeschaltet ist.
9. Messsystem nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass ein Mikrocontroller (26) vorgesehen ist, mittels welchem der Referenzmultiplexer (23), der Messmultiplexer (24), die Berechnungseinheit (22) und/oder die Signalquelle (5) ansteuerbar sind.
10. Messsystem nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Berechnungseinheit (22) einen Multiplizierer (10) umfasst, der derart ausgestaltet ist, dass er im Betrieb die Differenz aus dem am Referenzsignaleingang (6) anliegenden Signal und dem am Messsignaleingang (7) anliegenden Signal mit einem Rechtecksignal, dessen Frequenz der Frequenz der am Referenzsignaleingang (6) oder am Messsignalausgang (7) anliegenden Signals entspricht, multipliziert.
11. Messsystem nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass dem Multiplizierer (10) ein Tiefpassfilter (15) nachgeschaltet ist.
12. Messsystem nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass dem Tiefpassfilter (15) ein Verstärker (17) oder ein Hochpassfilter (16) und ein dem Hochpassfilter (16) nachgeschalteter Verstärker (17) nachgeschaltet sind.
13. Messsystem nach einem der Ansprüche 7 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass ein Referenzsensor (3) vorgesehen ist, der von der Signalquelle mit Energie versorgbar ist.

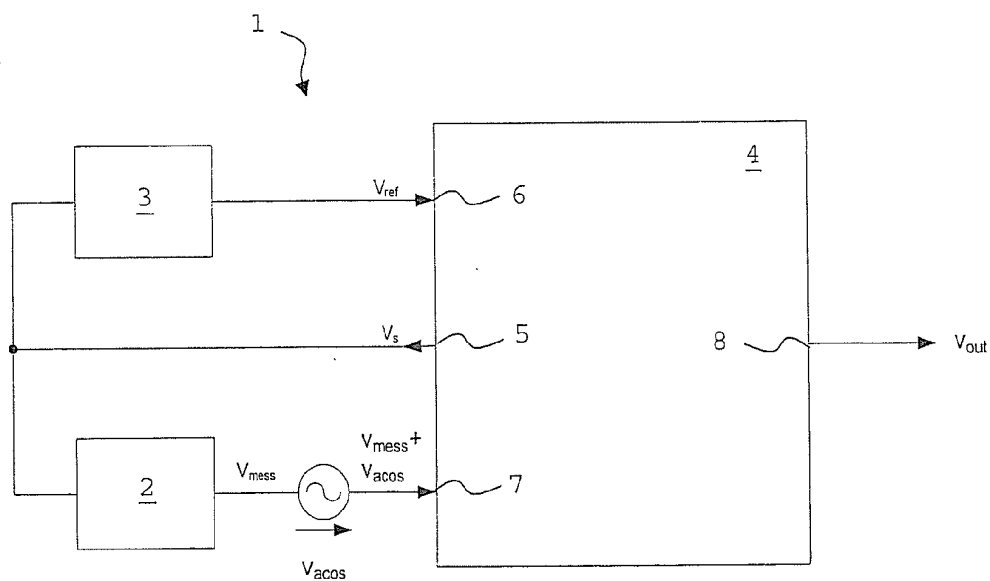


Fig. 1

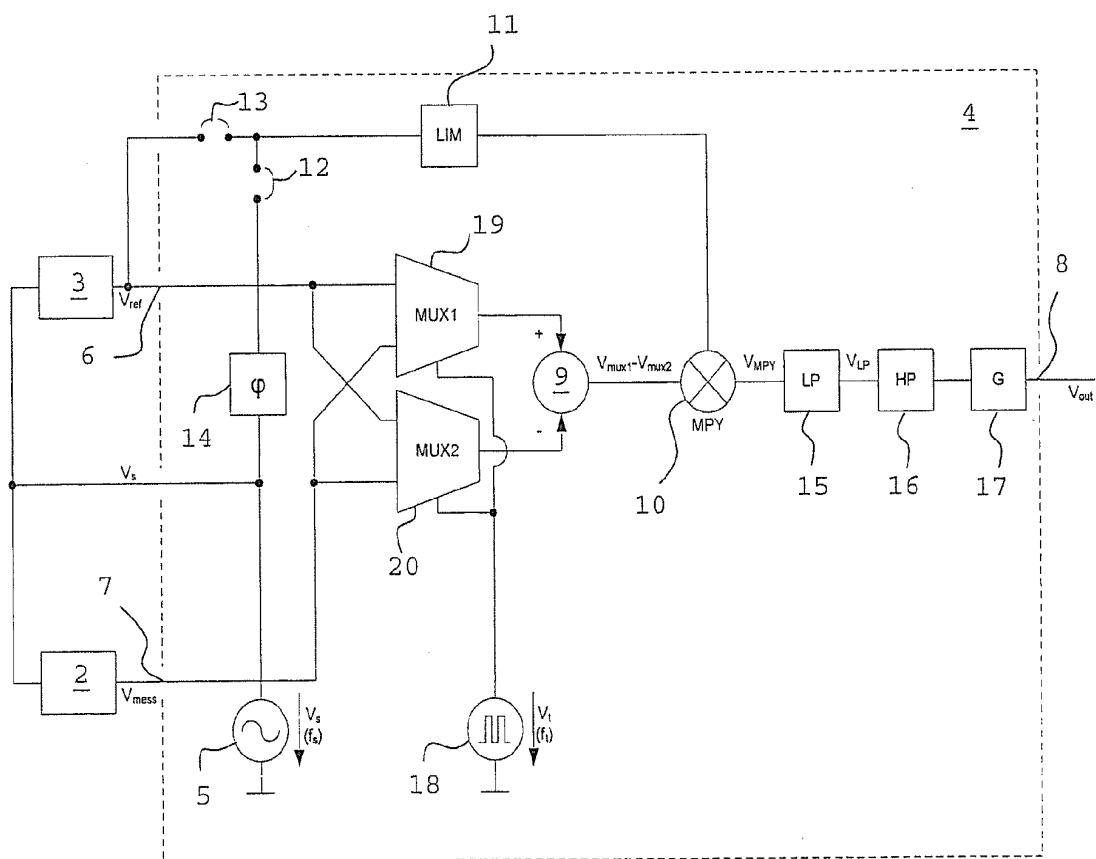


Fig. 2

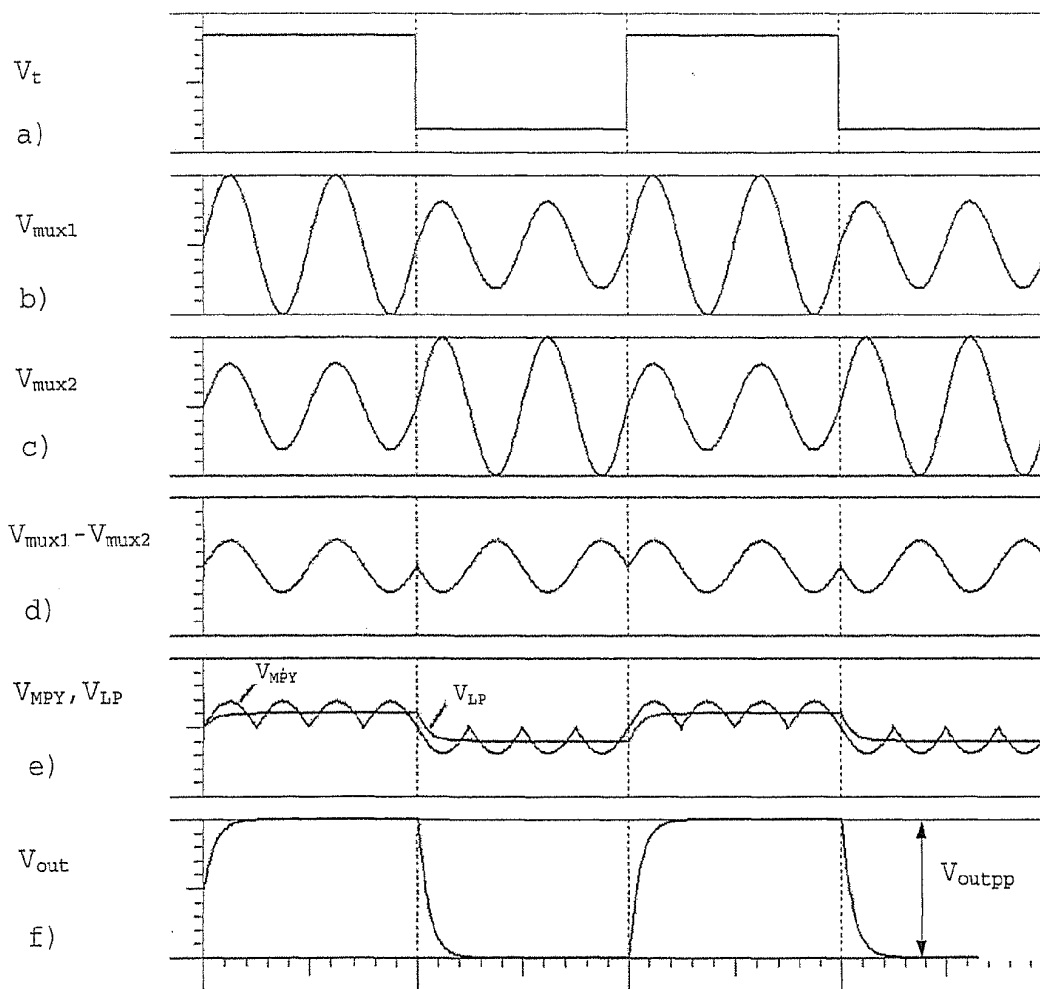


Fig. 3

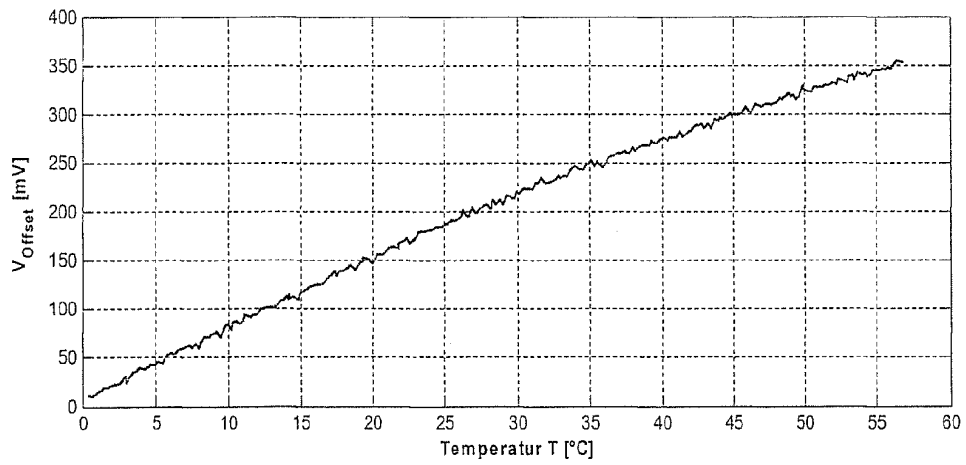


Fig. 4

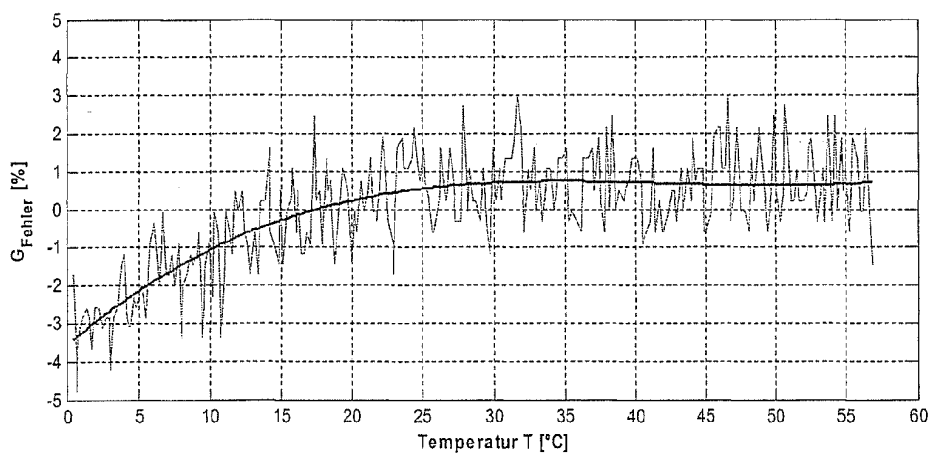


Fig. 5

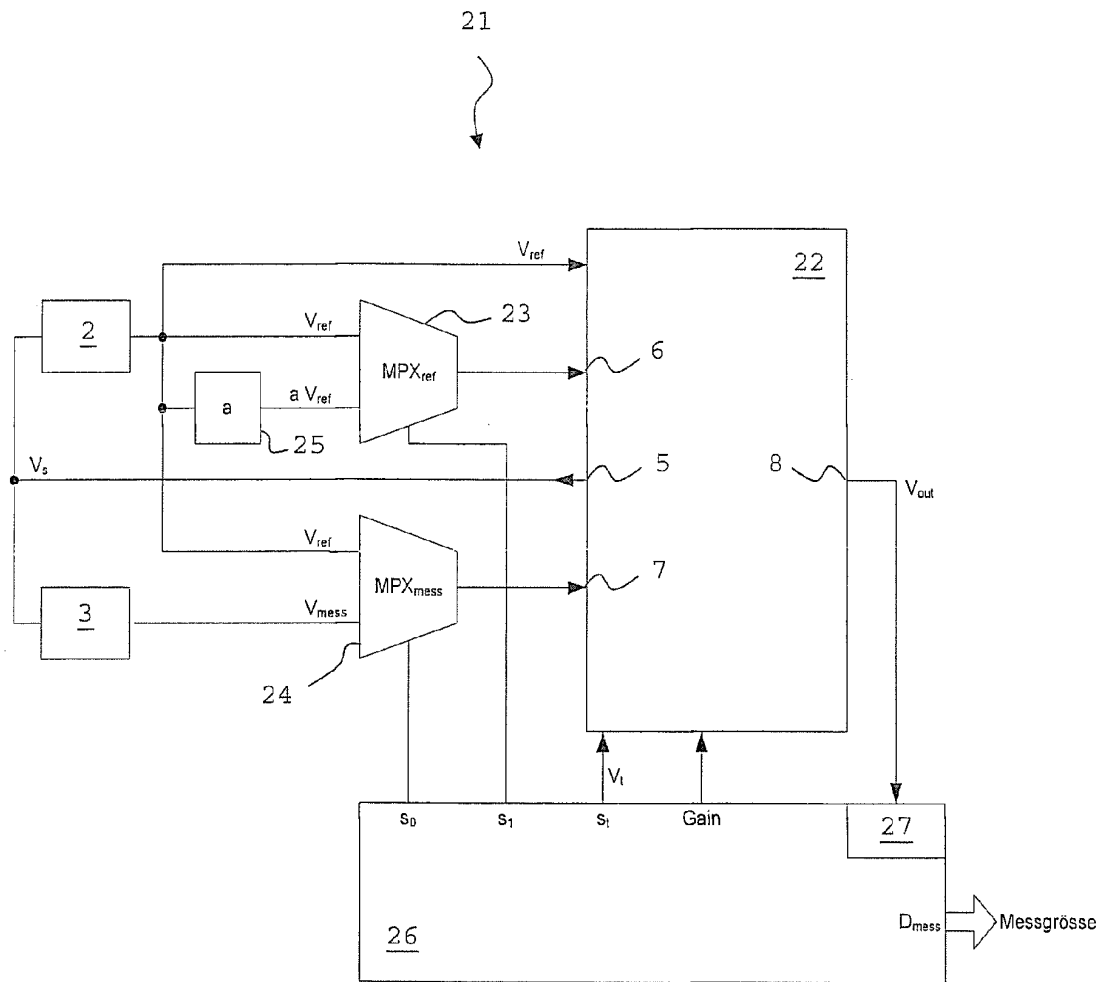


Fig. 6

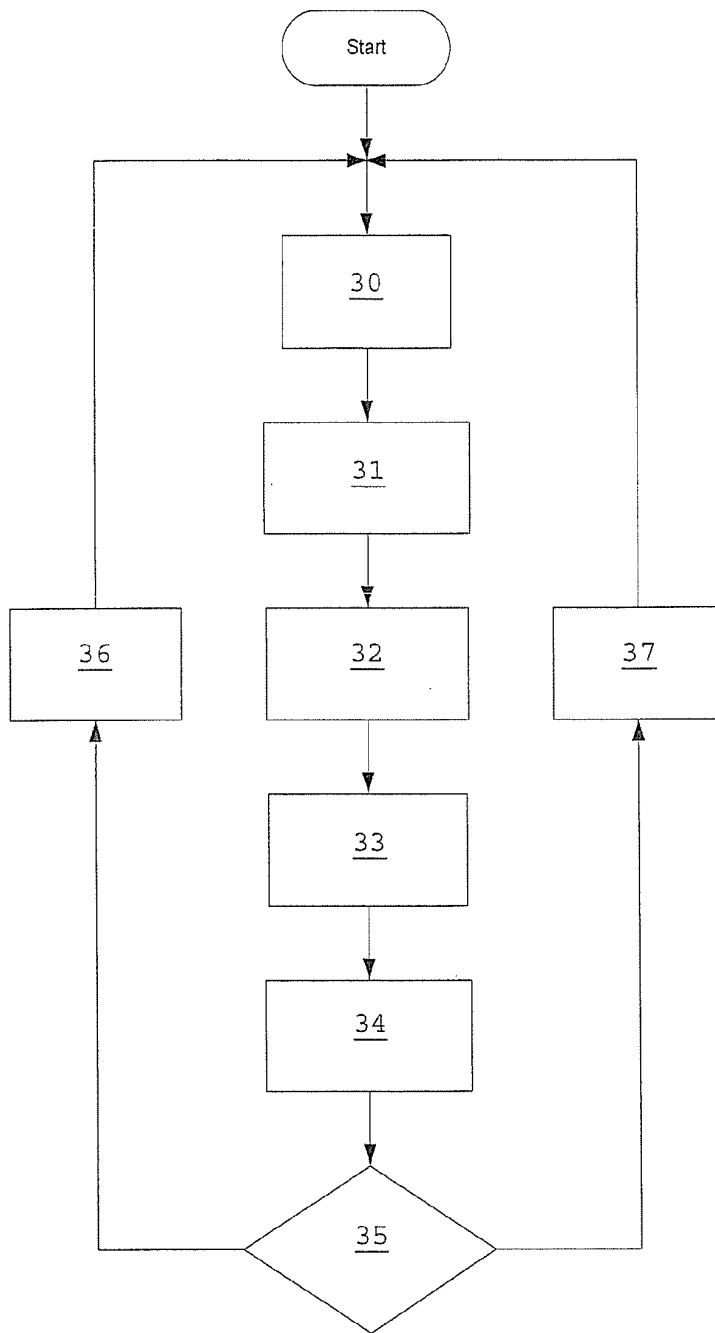


Fig. 7

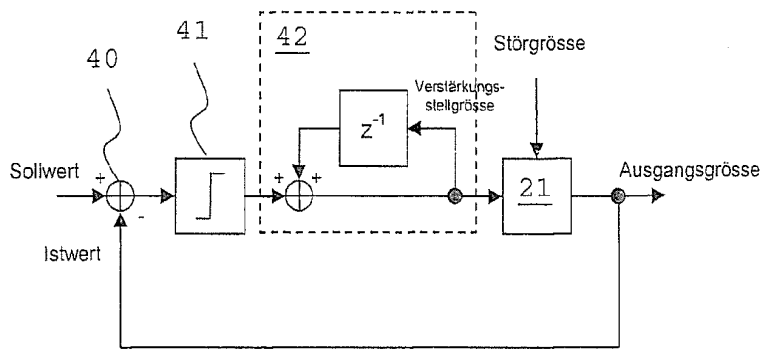


Fig. 8

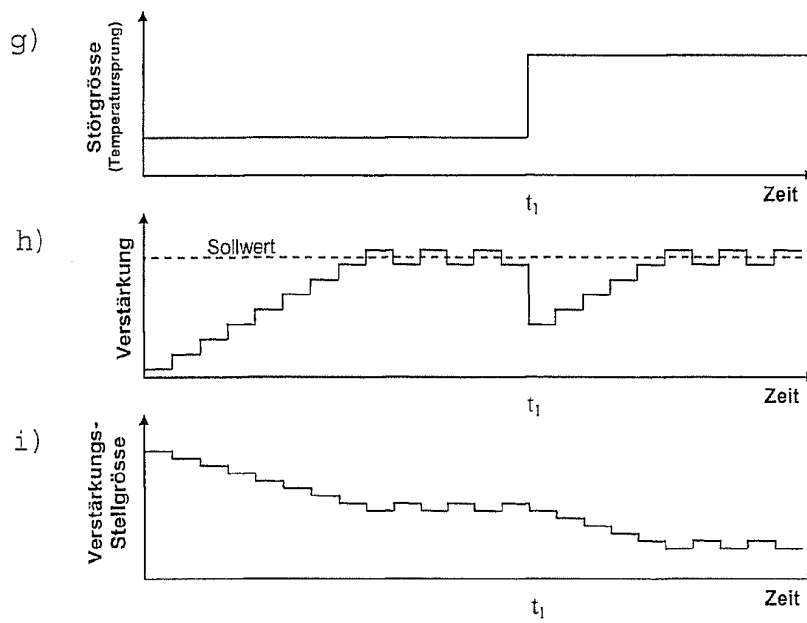


Fig. 9