



(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2012 012 874.6**
(22) Anmeldetag: **28.06.2012**
(43) Offenlegungstag: **02.01.2014**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **19.06.2019**

(51) Int Cl.: **G01B 7/30** (2006.01)
G01B 21/22 (2006.01)
G01P 3/488 (2006.01)
G01B 11/26 (2006.01)
G01D 5/14 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:

**SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG, 76646
Bruchsal, DE**

(74) Vertreter:

**Hubert Ermel & Dr. Eberhard Tüngler, 76646
Bruchsal, DE**

(72) Erfinder:

**Simon, Olaf, Dr., 76646 Bruchsal, DE; Meyrowitz,
Gunnar, Dr., 26123 Oldenburg, DE**

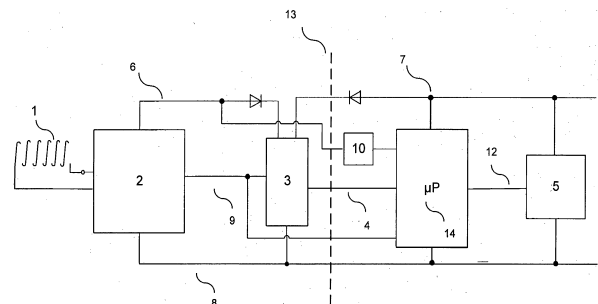
(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	102 59 223	B3
DE	29 31 329	A1
DE	10 2004 062 448	A1
DE	10 2007 039 051	A1
DE	10 2009 015 711	A1
DE	10 2009 034 744	A1
EP	2 221 587	A2

(54) Bezeichnung: **Anordnung zur Bestimmung einer Umdrehungsanzahl einer drehbar gelagerten Welle und Verfahren zur Bestimmung einer Umdrehungsanzahl einer drehbar gelagerten Welle**

(57) Hauptanspruch: Anordnung zur Bestimmung einer Umdrehungsanzahl einer drehbar gelagerten Welle, wobei ein Dauermagnet mit der Welle drehfest verbunden ist, wobei die von einem mit dem Dauermagnet in Wirkverbindung angeordneten Mikrogenerator erzeugte Signalspannung einem Energiepuffer über einen Gleichrichter einem Kondensator zugeführt wird, wobei ein Speicher (3) zur Speicherung der Umdrehungszahl aus dem Energiepuffer versorgt ist, wobei die Signalspannung des Mikrogenerators einer aus dem Energiepuffer versorgten Zähllogik zugeführt wird, die mit dem Speicher (3) verbunden ist zum Auslesen des jeweils alten Umdrehungsanzahlwertes und zur Abspeicherung des jeweils neu bestimmten Umdrehungsanzahlwertes, wobei der Speicher (3) langzeitstabil ist und/oder in FRAM-Technik ausgeführt ist, wobei der Dauermagnet im empfindlichen Bereich des Mikrogenerators angeordnet ist, wobei ein Winkelsensor (5) mittels einer Signalleitung mit einem Rechner (14) verbunden ist zur Bestimmung der Drehstellung, insbesondere des Drehwinkels, der Welle, wobei vom Rechner (14) die am Energiepuffer anliegende Spannung (6) ausgewertet wird, wobei der Rechner (14) mit einem Mittel zur Auswertung der am Energiepuffer anliegenden Spannung (6) verbunden ist über eine Datenaustauschverbindung,

wobei der Winkelsensor (5) und der Rechner (14) sind von einer Spannungsquelle versorgt, aus welcher die Zähllogik und der Energiepuffer nicht versorgt sind, wobei der Winkelsensor (5) einen Hallensensor aufweist, der in Wirkverbindung mit dem Dauermagnet ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Bestimmung einer Umdrehungsanzahl einer drehbar gelagerten Welle und ein Verfahren zur Bestimmung einer Umdrehungsanzahl einer drehbar gelagerten Welle.

[0002] Es ist allgemein bekannt, dass mit einem Winkelsensor die Winkelstellung der Welle bestimmbar ist. Dabei sind pro Umdrehung fein aufgelöste Winkelwerte bestimmbar, wie beispielsweise mit einer Auflösung von 1°. Die Umdrehungsanzahl ist die Anzahl der ganz ausgeführten Umdrehungen der Welle. Die Absolutwinkelposition ist bestimmt durch den Wert der Umdrehungsanzahl und der Feinwinkelposition.

[0003] Als Mikrogenerator ist entweder ein Wieganddraht, also Impulsdraht bekannt oder alternativ ein magnetisch mechanisch vorspannbares und danach magnetisch mechanisch auslösbares System, das bei Auslösen des Systems Spannung induziert in eine Spule. Insbesondere bei Systemen mit Wieganddraht wird das Auslösen dabei durch einen anderen magnetischen Pol bewirkt als das Vorspannen.

[0004] Aus der DE 10 2007 039 051 A1 ist ein absolut und feinauflösender Segment- und Umdrehungszähler mit Wieganddraht bekannt, bei dem die Zähllogik mit Fremdenergie versorgt wird.

[0005] Aus der EP 2 221 587 A1 ist ein absoluter magnetischer Positionsgeber bekannt, bei dem ebenfalls Fremdenergieversorgung vorgesehen ist.

[0006] Aus der DE 102 59 223 B3 ist ein Positionsdetektor bekannt, der einen Speicher aus FRAM aufweist.

[0007] Aus der DE 10 2004 062 448 A1 ist ein Lenkwinkelsensor bekannt.

[0008] Aus der DE 29 31 329 A1 ist eine Anordnung zur Bestimmung der Drehrichtung einer Welle bekannt.

[0009] Aus der DE 10 2009 015 711 A1 ist eine Überwachung einer Mikrogeneratorschaltung einer Drehgebervorrichtung bekannt.

[0010] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Anordnung zur Bestimmung einer Umdrehungsanzahl einer drehbar gelagerten Welle weiterzubilden, wobei die Fehlerrate verringert werden soll.

[0011] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe bei der Anordnung zur Bestimmung einer Umdrehungsanzahl einer drehbar gelagerten Welle nach den in An-

spruch 1 und bei dem Verfahren nach den in Anspruch 5 angegebenen Merkmalen gelöst.

[0012] Wichtige Merkmale der Erfindung bei der Anordnung zur Bestimmung einer Umdrehungsanzahl einer drehbar gelagerten Welle sind, dass ein Dauermagnet mit der Welle drehfest verbunden ist, wobei die von einem mit dem Dauermagnet in Wirkverbindung angeordneten Mikrogenerator erzeugte Signalspannung einem Energiepuffer, insbesondere über einen Gleichrichter einem Kondensator, zugeführt wird, wobei ein Speicher zur Speicherung der Umdrehungszahl aus dem Energiepuffer versorgt ist, insbesondere wobei die Signalspannung des Mikrogenerators einer aus dem Energiepuffer versorgten Zähllogik zugeführt wird, die mit dem Speicher verbunden ist zum Auslesen des jeweils alten Umdrehungsanzahlwertes und zur Abspeicherung des jeweils neu bestimmten Umdrehungsanzahlwertes, insbesondere wobei der Speicher langzeitstabil ist und/oder in FRAM-Technik ausgeführt ist, insbesondere wobei der Dauermagnet im empfindlichen Bereich des Mikrogenerators angeordnet ist, wobei ein Winkelsensor zur Bestimmung der Drehstellung, insbesondere des Drehwinkels, der Welle mittels einer Signalleitung mit einem Rechner, beispielsweise Mikrocontroller oder Mikroprozessor, verbunden ist, wobei vom Rechner die am Energiepuffer anliegende Spannung ausgewertet wird, insbesondere wobei der Rechner ein Mittel zur Auswertung der am Energiepuffer anliegenden Spannung aufweist und/oder mit einem solchen Mittel verbunden ist, insbesondere über eine Datenaustauschverbindung.

[0013] Von Vorteil ist dabei, dass zwar einerseits eine energieautarke Bestimmung der Umdrehungsanzahl ausführbar ist andererseits aber eine Kontrolle oder Überwachung des Umdrehungsanzahlwertes ausführbar ist, indem ein Rechner, der fremdversorgt ist, zur Überwachung und Auswertung der Signale des Mikrogenerators, insbesondere also Wieganddrahtes oder Impulsdrahts, verwendbar ist. Auf diese Weise wird also überwacht, ob ein vom Mikrogenerator erzeugter Signalpuls ein Kümmerling ist, weil der Drehsinn der Welle im Winkelbereich des Vorspannens und/oder Auslösens verändert wurde, oder ob ein Defekt aufgetreten ist. Insbesondere ist dabei detektierbar, ob der Signalpuls eine der Auslegung entsprechende ausreichende Höhe bzw. einen ausreichenden Energieinhalt aufweist. Ist dies nicht der Fall, liegt entweder der erwähnte als Kümmerling ausgeprägte Signalpuls vor oder es ist ein Defekt oder eine Dejustage des Gebers aufgetreten. Bei einem solchen Defekt ist eine Warnmeldung auslösbar, sogar schon bevor eine Fehlfunktion auftritt.

[0014] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung ist der Mikrogenerator als Wieganddraht ausgeführt oder umfasst einen Wieganddraht. Von Vorteil ist dabei, dass keine verschleißbehafteten mechanischen Bauteile notwendig sind.

[0015] Im Falle des Einsatzes eines Wieganddrahtes als Mikrogenerator in Form eines Wiegandsensors, können bei Drehrichtungswechseln auch im störungsfreien Betrieb Signalimpulse mit geringer Signalamplitude auftreten. Dies ist der Fall, wenn der Wieganddraht nach erfolgtem Impuls nicht oder nicht vollständig vorgespannt wird und aufgrund des Drehrichtungswechsels trotzdem eine Auslösung in die entgegengesetzte magnetische Feldrichtung erfolgt. Derartige Signalimpulse werden als Kümmerlinge bezeichnet. Damit die Signalüberwachungseinrichtung derartige Impulse nicht als Störung interpretiert, dürfen nur Impulse ausgewertet werden, bei denen vorher eine vollständige Vorspannung festgestellt worden ist. Die Feststellung der vollständigen Vorspannung ist dadurch ausführbar, dass ein bestimmter Winkelwert des die Drehstellung der Welle fein auflösenden Winkelsensors überschritten worden ist, insbesondere die Parallelität des den Wiegandsensor auslösenden magnetischen Feldes mit dem Wiegandsensor.

[0016] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung ist der Mikrogenerator als Impulsdraht ausgeführt. Von Vorteil ist dabei, dass ein kostengünstig herstellbares Bauelement einsetzbar ist, das keinen Verschleiß aufweist.

[0017] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung ist zwischen Rechner und Speicher eine Signalleitung, insbesondere zum Datenaustausch, angeordnet. Von Vorteil ist dabei, dass der im Speicher gespeicherte Wert vom Rechner auslesbar ist und dort auswertbar ist. Insbesondere ist der bei Beginn des Betriebs des Rechners der Anfangswert, also Offsetwert, der Umdrehungsanzahl aus dem Speicher auslesbar und als Anfangswert im Rechner übernehmbar. Des Weiteren ist im Betrieb ein stets wiederholter Vergleich ausführbar zwischen dem im Rechner bestimmten Umdrehungsanzahlwert und dem im Speicher jeweils gespeicherten Umdrehungsanzahlwert.

[0018] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung sind der Winkelsensor und der Rechner von einer Spannungsquelle versorgt, insbesondere aus welcher die Zähllogik und der Energiepuffer nicht versorgt sind. Von Vorteil ist dabei, dass für den Rechner eine Fremdversorgung ausführbar ist.

[0019] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung weist der Winkelsensor einen Hallsensor auf, der in Wirkverbindung mit dem Dauermagnet ist, oder der Winkelsensor ein mit der Welle verbundener Resolver oder ein Inkrementalgeber ist. Von Vorteil ist dabei,

dass ein kostengünstiges hoch auflösendes System einsetzbar ist.

[0020] Wichtige Merkmale bei dem Verfahren zur Bestimmung einer Umdrehungsanzahl einer drehbar gelagerten Welle sind, dass ein Dauermagnet mit der Welle drehfest verbunden ist, wobei die von einem mit dem Dauermagnet in Wirkverbindung angeordneten Mikrogenerator erzeugte Signalspannung einem Energiepuffer, insbesondere über einen Gleichrichter einem Kondensator, zugeführt wird, wobei ein Speicher, in welchem die jeweils aktuell bestimmten Umdrehungsanzahlwerte gespeichert werden, aus dem Energiepuffer versorgt wird, insbesondere wobei die Signalspannung des Mikrogenerators einer aus dem Energiepuffer versorgten Zähllogik zugeführt wird, die mit dem Speicher verbunden ist zum Auslesen des jeweils alten Umdrehungsanzahlwertes und zur Abspeicherung des jeweils neu bestimmten Umdrehungsanzahlwertes, insbesondere wobei der Speicher langzeitstabil ist und/oder in FRAM-Technik ausgeführt ist, insbesondere wobei der Dauermagnet im empfindlichen Bereich des Mikrogenerators angeordnet ist, wobei mit einem Winkelsensor der Drehwinkel der Welle bestimmt wird und einem Rechner zugeführt wird, wobei vom Rechner die am Energiepuffer anliegende Spannung ausgewertet wird, wobei der vom Winkelsensor detektierte Drehwinkel berücksichtigt wird.

[0021] Von Vorteil ist dabei, dass der im energieautark betreibbaren Teil der Schaltungsanordnung der Umdrehungsanzahlwert speicherbar ist und dieser Wert vom fremdversorgten Rechner überwachbar und kontrollierbar ist - zumindest in derjenigen Zeit, in der eine fremdversorgte Energie zur Verfügung steht. Somit sind Defekte in der Anordnung erkennbar.

[0022] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung wird aus dem am Energiepuffer auftretenden Spannungsverlauf ein Wert zumindest einer Kenngröße, insbesondere Zustandsgröße, des Spannungsverlaufs ermittelt und ein Fehlersignal oder eine Fehlermeldung wird ausgelöst bei Unter- oder Überschreiten eines kritischen, also definierten, insbesondere vorgegebenen, Grenzwertes.

[0023] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung wird als Kenngröße der Maximalwert des Spannungsimpulses verwendet.

[0024] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung werden nacheinander mehrere Spannungsimpulse vermessen und deren Kennwerte einer statistischen Auswertung unterzogen. Erreichen die statistischen Kennwerte definierte Grenzwerte nicht oder überschreiten diese, so wird ein Fehlersignal oder eine Fehlermeldung generiert.

[0025] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung werden als statistische Kennwerte der Mittelwert und/oder die Standardabweichung und/oder der Mittelwert des Betrages der Differenz vom Mittelwert, also die mittlere Betragsabweichung, verwendet.

[0026] Auf diese Weise ist der Mittelwert aus den zeitlich vorher ermittelten, entsprechenden Werten der Kenngröße bestimmt, insbesondere wobei das Maß von einer statistischen Größe abhängt, insbesondere von einer Standardabweichung, von einem trivialen oder höheren Moment einer Verteilungsfunktion oder dergleichen, insbesondere wobei das Maß dem mit einem Faktor multiplizierten statistischen Moment entspricht, insbesondere wobei das Moment die Standardabweichung ist. Von Vorteil ist dabei, dass durch den Vergleich mit einer statistischen Größe, wie Mittelwert, bestimmbar ist, ob der aktuell ausgewertete Puls ein unzulässig hohe Abweichung aufweist und somit von einem Defekt verursacht ist oder ein Kümmerling ist.

[0027] Unter Zustandsgröße wird in dieser Schrift eine makroskopische physikalische Größe verstanden, die den Zustand des erfindungsgemäßen Systems kennzeichnet. Beispielsweise zählt hierzu die Form des vom Mikrogenerator erzeugten Signalpulses oder ein oder mehrere Parameter dieses Pulses, wie beispielsweise Spannungs-Zeit-Fläche, Maximalwert, maximaler Wert der zeitlichen Ableitung des Spannungsverlaufes oder dergleichen.

[0028] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung wird aus dem am Energiepuffer auftretenden pulsartigen Spannungsverlauf ein Wert einer Kenngröße, insbesondere Zustandsgröße, des pulsartigen Spannungsverlaufes ermittelt und

- entweder wird der aktuelle Spannungspuls nicht zum Bestimmen der Umdrehungsanzahl verwendet, wenn in einem zum Spannungspuls zugehörigen Winkelabschnitt und/oder Zeitabschnitt eine Drehsinnänderung der Welle vom Winkelsensor detektiert wird und wenn ein kritisches, insbesondere vorgegebenes, Maß an Abweichung des Wertes von einem Mittelwert, überschritten wird,

- oder ansonsten wird ein Fehlersignal ausgelöst, wenn das kritische, insbesondere vorgegebene, Maß an Abweichung des Wertes von einem Mittelwert überschritten wird,

wobei der Mittelwert aus den zeitlich vorher ermittelten, entsprechenden Werten der Kenngröße bestimmt ist, insbesondere wobei das Maß von einer statistischen Größe abhängt, insbesondere von einer Standardab-

weichung, von einem höheren Moment einer Verteilungsfunktion oder dergleichen, insbesondere wobei das Maß dem mit einem Faktor multiplizierten statistischen Moment entspricht, insbesondere wobei das Moment die Standardabweichung ist. Von Vorteil ist dabei, dass ein Defekt der Anordnung feststellbar ist und somit eine erhöhte Sicherheit erreichbar ist.

[0029] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung ist die Kenngröße eine Amplitude, also Maximalwert, des Spannungssignals oder der Spannungswert zu einem festgelegten Zeitpunkt nach Beginn des Spannungsimpulses und/oder die Kenngröße ist eine gemittelte oder maximale Spannungsänderungsgeschwindigkeit, und/oder die Kenngröße ist eine gemittelte oder maximale Spannungs-Zeit-Fläche ist. Von Vorteil ist dabei, dass nicht nur die Amplitude des jeweils aktuellen Pulses sondern auch der Verlauf des Pulssignals auswertbar ist.

[0030] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung wird zum jeweiligen Ermitteln des Wertes der Kenngröße des pulsartigen Spannungsverlaufes ein durch einen Trigger-Puls gekennzeichnete Zeitabschnitt, insbesondere also ungefähre Zeitpunkt, des pulsartigen Spannungsverlaufes ausgewertet, insbesondere vom Rechner. Von Vorteil ist dabei, dass der Trigger-Puls und die bei seiner Auslösung auftretende Spannung des jeweils aktuellen Pulses auswertbar ist und somit auch der Energiegehalt des Pulses überwachbar ist.

[0031] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung werden die in digitale Werte gewandelten Abtastwerte des pulsartigen Spannungsverlaufes einem zyklisch betriebenen Speicher zugeführt und die Auswertung des pulsartigen Spannungsverlaufes erfolgt durch Auswertung der im zyklischen Speicher abgespeicherten Werte, insbesondere nach jeweiligem Eintreffen des Trigger-Pulses. Von Vorteil ist dabei, dass eine ständige analog-Digital-Wandlung ausführbar ist und erst nach Eingang des Trigger-Pulses ein Auswerten auszuführbar ist. Somit ist auch der schon vor Eingang des Trigger-Pulses auftretende Spannungsanstieg auswertbar und somit eine verbesserte Überwachung ausführbar. Die Aufnahmekapazität des zyklischen Speichers, also die Anzahl der von dem zyklischen Speicher speicherbaren Werte, ist derart vorsehbar, dass der relevante Zeitabschnitt des vom Wieganddraht generierten Pulses überwachbar ist. Da die zeitliche Pulslänge unabhängig ist von der Drehgeschwindigkeit der Welle und somit immer gleich ist die Aufnahmekapazität auf die Pulslänge abstimmbare.

[0032] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung wird der Trigger-Puls durch das Überschreiten eines kritischen Wertes durch den pulsartigen Spannungsverlauf erzeugt. Von Vorteil ist dabei, dass dieser

Wert mit einfachen Mitteln erzeugbar und ebenfalls auswertbar ist und somit auch der Energiegehalt des vom Mikrogenerator erzeugten Pulses überwachbar ist.

[0033] Bei einer anderen vorteilhaften Ausgestaltung wird als Trigger-Puls das Signal des Mikrogenerators verwendet, welches den Zählvorgang im nicht-flüchtigen Speicher des Umdrehungszählers initiiert. Da dieses Signal für die Grundfunktion des Umdrehungszählers bereits vorhanden ist, müssen keine zusätzlichen Signale generiert werden, die der Überwachung des Pulssignals dienen.

[0034] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung wird zu Beginn der Inbetriebnahme oder zu Beginn des elektrischen Versorgens des Rechners die aktuelle Umdrehungsanzahl aus dem Speicher zur Speicherung der Umdrehungszahl ausgelesen und vom Rechner als anfänglicher Wert für Umdrehungsanzahl verwendet,

wobei aus dem mittels des Winkelsensors bestimmten Verlaufs der Winkelstellung die nach dem Beginn durchlaufene Umdrehungsanzahl bestimmt wird und die Summe aus dieser Umdrehungsanzahl und dem anfänglichen Wert als jeweils aktuelle Umdrehungsanzahl im Rechner gespeichert wird. Von Vorteil ist dabei, dass eine Überwachung der Umdrehungsanzahl ausführbar ist und somit die Sicherheit erhöhbar ist. Denn durch zumindest bei Betrieb redundante Bestimmung der Umdrehungsanzahl ist eine verbesserte Sicherheit erreichbar und ein Defekt der Anordnung erkennbar. Gegebenenfalls kann der Zählwert des nicht flüchtigen Speichers durch den Wert der redundanten Bestimmung durch Überschreibung korrigiert werden.

[0035] Weitere Vorteile ergeben sich aus den Unteransprüchen. Die Erfindung ist nicht auf die Merkmalskombination der Ansprüche beschränkt. Für den Fachmann ergeben sich weitere sinnvolle Kombinationsmöglichkeiten von Ansprüchen und/oder einzelnen Anspruchsmerkmalen und/oder Merkmalen der Beschreibung und/oder der Figuren, insbesondere aus der Aufgabenstellung und/oder der sich durch Vergleich mit dem Stand der Technik stellenden Aufgabe.

[0036] Die Erfindung wird nun anhand von Abbildungen näher erläutert:

In der **Fig. 1** ist ein erfindungsgemäße Schaltungsanordnung schematisch dargestellt.

[0037] Bei einer Antriebskomponente, wie Getriebe, Kupplung, Bremse und/oder Elektromotor, ist am axialen Ende einer drehbar gelagerten Welle ein Dauermagnet mit der Welle verbunden, dessen Magnetisierungsrichtung in radialer Richtung ausgerichtet ist. Vorzugsweise ist der Dauermagnet an der Stirnseite des axialen Wellenendes angeordnet. Dem Dau-

ermagneten gegenüber, also beabstandet von der Stirnseite des Wellenendes, ist eine Leiterplatte angeordnet, die einerseits zumindest einen Wieganddraht **1**, also Impulsdraht, aufweist und andererseits einen Hallsensor, insbesondere einen Kreuzhallsensor. Die Leiterplatte ist mit einem Gehäuseteil fest verbunden.

[0038] Mit dem Hallsensor, der als Winkelsensor **5** ausführbar ist, ist eine Winkelbestimmung der Drehstellung der Welle ermöglicht. Allerdings ist für die Versorgung des Winkelsensors und eines Rechners **14** eine externe Versorgungsquelle notwendig. Dabei werden die Signale des Sensors **5** über die Signalleitung **12** an den Rechner **14** geführt.

[0039] Im Rechner **14** werden die Signale des Sensors **5** ausgewertet und dabei auch Rechenoperationen ausgeführt, so dass der jeweils aktuelle Winkelwert der Drehstellung der Welle bestimmbar ist.

[0040] Der Wieganddraht **1** ist derart auf der Leiterplatte angeordnet, dass die Umdrehungen der Welle detektierbar sind. Hierbei wird bei der Drehbewegung der Wieganddraht von einem ersten Pol, beispielsweise Nordpol, des Dauermagneten magnetisch vorgespannt und bei Annäherung des anderen Pols, beispielsweise Südpol, der Wieganddraht **1** ausgelöst. Hierbei erzeugt der Wieganddraht einen Impuls, also pulsartigen Spannungsverlauf. Anschließend erfolgt durch den anderen auf der drehbar gelagerten Welle angeordneten Pol, beispielsweise Südpol, eine umgekehrte Vorspannung des Drahtes. Bei Annäherung des in Umfangsrichtung gesehen nächsten umgekehrten magnetischen Pols, also beispielsweise Nordpol, wird ebenfalls ein Puls ausgelöst, der ein umgekehrtes Vorzeichen aufweist. Nach Vorspannung durch diesen magnetischen Pol wiederholt sich bei fortgesetzter Drehbewegung der Welle die beschriebene Abfolge der Pulsauslösungen. Abhängig von der Anzahl der Nord- und Südpole im System werden daher pro ganze Umdrehung der Welle minimal zwei Pulse und maximal 2^n Pulse ausgelöst, wobei n die Anzahl der Pole in Umfangsrichtung ist. Die entstandenen Pulse werden mittels eines Gleichrichters, vorzugsweise Brückengleichrichter, gleichgerichtet und auf einen Kondensator, also Energiespeicher, geführt, so dass nur Pulse einer einzigen Polarität entstehen, die Energie gespeichert wird und keine Entladung der Energie im Wiegandsensor erfolgen kann. Da der Puls genügend viel Energie enthält, um die für das Zählen der Pulse des Wieganddrahtes notwendige Energie zur Verfügung zu stellen, ist eine Fremdversorgung des entsprechend zugeordneten Teils der elektronischen Schaltung auf der Leiterplatte nicht notwendig.

[0041] Der Wieganddraht **1** ist auch als Impulsdraht bezeichnenbar.

[0042] Der Puls des Wieganddrahtes **1** wird hierbei einem Signalverarbeitungsmittel **2** zugeführt, das einen Gleichrichter, einen Energiepuffer, insbesondere Kondensator, und eine Zähllogik mit Kommunikationsschnittstelle zu einem Speicher **3** aufweist.

[0043] Im Speicher **3**, insbesondere im als FRAM-Speicher ausgeführten Speicher, wird die somit jeweils bestimmte Umdrehungsanzahl gespeichert.

[0044] Das vom Gleichrichter gleichgerichtete Pulssignal des Wieganddrahtes **1** wird dem Energiepuffer, also Kondensator, zugeführt. Sobald dieser nach Eintreffen eines Pulses einen kritischen Spannungswert erreicht hat, wird die Umdrehungsanzahl inkrementiert beziehungsweise dekrementiert. Zur Detektion der am Energiepuffer anliegenden Spannung wird das zugehörige Spannungssignal über ein Abtastmittel **10** zum Abtasten der Spannung **6** am Energiepuffer auch an den Rechner **14**, insbesondere Mikrocontroller, geführt. Das Abtastmittel **10** ist ein Analog-Digital-Wandler, der entweder im Rechner **14** integriert angeordnet ist, so dass das Spannungssignal nur an einen A/D-Eingang, also Analog-Eingang des im Rechner integriert angeordneten Analog-Digital-Wandlers, geführt werden muss, oder das Abtastmittel **10** ist ein separat zum Rechner **14** angeordneter Analog-Digital-Wandler. Innerhalb des Rechners wird somit die am Energiepuffer anliegende und in digitale Form umgewandelte Spannung auf Überschreiten eines kritischen Spannungswertes überwacht. Hierzu ist allerdings eine Versorgung des Rechners **14** aus einer externen Spannungsquelle notwendig, da die vom Wieganddraht erzeugte elektrische Pulsleistung nicht zum Betrieb des Rechners **14** ausreicht, insbesondere bei niedrigen Drehzahlen der Welle, sondern nur zur Versorgung der Zähllogik und des Speichers **3**.

[0045] Außerdem ist auch eine weitergehende Auswertung des Verlaufs des vom Wieganddraht erzeugten Spannungspulses ermöglicht. Der Verlauf, also die Impulsform, wird vom Rechner **14** aufgezeichnet und ausgewertet. Insbesondere werden hierbei charakteristische Daten, wie gemittelte oder maximale Amplitude, gemittelte oder maximale Spannungsänderungsgeschwindigkeit oder Kennwerte, wie Spannungswert beim Zeitpunkt des Beschreibens des Speichers **3**.

[0046] Im Speicher werden die charakteristischen Daten der vorherig aufgetretenen Pulse gespeichert und einer statistischen Analyse unterzogen. Insbesondere wird der zum jeweiligen charakteristischen Datum zugeordnete Mittelwert und/oder eine zugeordnete Standardabweichung oder ein anderes zugeordnetes statistisches Moment ermittelt. Die jeweils entsprechenden charakteristischen Daten des zuletzt ausgewerteten Spannungspulses werden mit diesen statistischen Werten verglichen und bei Überschrei-

ten einer kritischen Abweichung eine Warninformation oder ein Fehlersignal ausgelöst.

[0047] Im Rechner **14** wird also ein Mittelwert der Amplituden der vorherig aufgetretenen und abgetasteten Pulse ermittelt und die Amplitude des jeweils aktuellen Pulses mit diesem Mittelwert verglichen. Wenn die zugehörige Abweichung größer ist als die Standardabweichung oder als die mit einem Faktor multiplizierte Standardabweichung, wird ein Fehlersignal ausgelöst. Andernfalls wird der aktualisierte Mittelwert bestimmt und abgespeichert. Der Faktor weist dabei einen Wert zwischen 0,5 und 3 auf.

[0048] In entsprechender Weise wird mit weiteren Kenndaten des Pulses verfahren.

[0049] Somit ist eine Auswertung jedes Pulses ermöglicht und mit den statistisch ausgewerteten Daten der vorherig aufgetretenen Pulse ausführbar.

[0050] Als Spannungsänderungsgeschwindigkeit wird ein der zeitlichen Ableitung des zeitlichen Verlaufes der Spannungswerte des Pulses entsprechender Wert verwendet. Hierzu wird die jeweilige Spannungsdifferenz zweier zeitlich aufeinander folgender Abtastwerte des Pulses bestimmt und daraus der Quotient dieser Spannungsdifferenz und des zeitlichen Abstandes der beiden Abtastwerte ermittelt. Für jeden Puls wird daraus der maximale Wert an Spannungsänderungsgeschwindigkeit bestimmt und/oder ein gemittelter Wert hiervon, der aus den ermittelten Spannungsänderungsgeschwindigkeitswerten der vorherig aufgetretenen und abgetasteten Pulse bestimmt wird.

[0051] Der Mittelwert der vorherig aufgetretenen maximalen Spannungsänderungsgeschwindigkeitswerte wird bestimmt und wiederum die Abweichung des aktuellen Spannungsänderungsgeschwindigkeitswertes zum Mittelwert bestimmt. Wenn die zugehörige Abweichung größer ist als die Standardabweichung oder als die mit einem Faktor multiplizierte Standardabweichung, wird ein Fehlersignal ausgelöst. Andernfalls wird der aktualisierte Mittelwert bestimmt und abgespeichert. Der Faktor weist dabei vorzugsweise einen Wert zwischen 0,5 und 3 auf.

[0052] Alternativ wird für die Erzeugung eines Fehlersignals der Mittelwert auf Über- bzw. Unterschreitung von fest definierten Grenzwerten geprüft.

[0053] In entsprechender Weise wird mit dem gemittelten Spannungsänderungsgeschwindigkeitswert verfahren.

[0054] Auch die beim Beschreiben des Speichers **3** vorhandene Spannung am Energiepuffer wird für jeden Puls erfasst und in entsprechender Weise die Ab-

weichung zum Mittelwert der bisherig aufgetretenen entsprechenden Spannungen verglichen.

[0055] Außerdem ist aus den jeweils bestimmten Abweichungen zum Mittelwert eine Ausfallwahrscheinlichkeit der Anordnung bestimmbar.

[0056] Des Weiteren wird durch den Winkelsensor **5** ermöglicht, zwischen fehlerhaften Pulsen und als Kümmerling auftretenden Pulsen zu unterscheiden.

[0057] Fehlerhafte Pulse entstehen beispielsweise durch Zerstörung einer Komponente oder durch zu große Abstände zwischen dem auf der Welle angeordneten Dauermagneten und dem Wieganddraht **1**. Durch solche Fehler werden Pulse ausgelöst, deren Energie und Spannungsamplitude unterhalb des ansonsten durchschnittlichen Wertes und unterhalb eines jeweils kritischen Wertes liegt. Wenn also ein solcher baulicher oder funktionsbedingter Defekt vorliegt, muss ein Fehlersignal ausgelöst werden.

[0058] Die in dieser Schrift genannten kritischen Werte sind vorgebbare Schwellwerte. Sie werden beispielsweise bei Inbetriebnahme oder schon bei Herstellung festgelegt, also in einem Speicher des Rechners **14** hinterlegt. Vorzugsweise ist der Speicher ein langfristig die Werte abspeichernder Speicher.

[0059] Aber selbst wenn die Anordnung funktionsfähig ist, kann ein als Kümmerling ausgebildeter Puls auftreten. Denn der Wieganddraht **1** muss vor dem Auslösen genügend magnetisch vorgespannt werden. Wenn jedoch die Welle mit dem darauf vorgesehenen Dauermagneten in demjenigen Winkelbereich einen Drehsinnwechsel vollzieht, in welchem das Auslösen erfolgt, kann es dazu kommen, dass kein vollständiges Vorspannen erreicht ist vor dem Auslösen. Solche auch als Kümmerlinge bezeichneten schwach ausgeprägten Pulse sind mit der erfindungsgemäßen Anordnung erkennbar. Denn hierzu wird die Drehbewegung mit dem Winkelsensor **5**, der eine hohe Auflösung des Umdrehungswinkels ermöglicht, überwacht. Somit ist ein Drehsinnwechsel im Bereich des Auslösewinkelbereichs erkennbar und der Kümmerling somit im Rechner **14** bei der Auswertung ausschließbar.

[0060] Detektierte Impulse, bei denen vorher keine ausreichende Vorspannung festgestellt worden ist, werden von der Auswertung für die Fehlererkennung und zur Berechnung der statistischen Daten ausgeschlossen. Insbesondere wenn also kein Drehsinnwechsel vorliegt und trotzdem ein zu schwach ausgeprägter Puls vorhanden ist, wird auf einen Defekt oder Fehler der Anordnung geschlossen und daher vom Rechner **14** ein Fehlersignal ausgelöst.

[0061] Wichtig ist bei der Erfindung, dass ein Winkelsensor **5** nicht nur verwendet wird, um den Drehwinkel der Welle fein aufgelöst bestimmbar zu machen, sondern auch verwendet wird, um die vom Wieganddraht **1** erzeugten Pulse zu überwachen.

[0062] Aus den Signalen des Winkelsensors **5** ist nicht nur die Winkelstellung, also die Drehwinkelstellung der Welle, bestimmbar sondern auch die zurückgelegte Anzahl von Umdrehungen. Allerdings ist die Zählung der Umdrehungen mit dem Winkelsensor **5** nur so lange ausführbar, solange dieser und die auswertende Rechner **14** mit Energie versorgt sind. Bei Ausfall der Versorgungsspannung ist keine Bestimmung der Umdrehungsanzahl ausführbar. Hingegen ist mit dem Wieganddraht **1** und dem Speicher **3** ein energieautarkes Bestimmen der Umdrehungsanzahl ermöglicht. Bei oder nach Einschalten der Spannungsversorgung des Winkelsensors **5** übernimmt der Rechner **14** den aktuellen im Speicher **3** erfassten Umdrehungsanzahlwert als Anfangswert.

[0063] Durch ständigen Vergleich der jeweils aktuellen, vom autarken System und vom Winkelsensor **5** bestimmten Umdrehungsanzahlen ist eine Überwachung auf auftretende Fehler ermöglicht und somit die Sicherheit insgesamt erhöhbar. Außerdem kann auch eine gegenseitige Korrektur der Umdrehungsanzahlen ausgeführt werden, wenn der jeweils fehlerhafte Wert erkennbar ist.

[0064] In der **Fig. 1** ist die Signalleitung **4** der Kommunikationsschnittstelle zwischen dem Rechner **14** und dem Speicher **3** angeordnet.

[0065] Über die Signalleitung **6** ist die Spannung am Energiepuffer direkt abgreifbar.

[0066] Die externe Versorgungsspannung weist ein oberes Potential **7** und ein unteres Potential **8** auf. Die Signalleitung **9** verbindet das Signalverarbeitungsmittel **2**, insbesondere die Zähllogik des Signalverarbeitungsmittels **2**, mit dem Speicher **3**.

[0067] Die Signalleitung **12** zur Übertragung der Winkelsensorsignale an den Rechner **14** verbindet den Winkelsensor **5** mit dem Rechner **14**.

[0068] Die symbolisch angedeutete Trennlinie **13** trennt zwischen eigenversorgtem, also energieautarkem, und fremdversorgtem Teil der Schaltungsanordnung.

[0069] Der Rechner **14** ist vorzugsweise als Mikroprozessor oder Mikrocontroller ausgeführt, der einen Analogeingang aufweist, insbesondere mit integriertem Analog-Digital-Wandler.

[0070] Das Abtastmittel **10** ist eingangsseitig hochohmig ausgeführt, also zum Energiepuffer hin hoch-

ohmig. Somit wird der Energiepuffer nur vernachlässigbar belastet durch das Abtastmittel **10**.

[0071] Der Speicher **3** ist langzeitstabil ausgeführt. Dies bedeutet, dass die gespeicherten Werte auch ohne Spannungsversorgung länger als eine Woche im Speicher erhalten bleiben. Vorzugsweise wird der Speicher in FRAM-Technik ausgeführt. Somit bleiben die Umdrehungsanzahlwerte langfristig erhalten, auch wenn keine Versorgungsspannung auftritt und auch der Wieganddraht keine Pulse erzeugt und somit auch keine Energie dem Energiepuffer zuführt.

[0072] Die Welle mit dem auf ihr drehfest verbundenen Dauermagnet ist drehbar gelagert gegen die restliche erfindungsgemäße Anordnung, also Sensor **5**, Rechner **14** Abtastmittel **10**, Wieganddraht **1** und Speicher **3**. Vorzugsweise sind diese Komponenten auf einer Leiterplatte angeordnet, die mit einem Anlagenteil fest verbunden ist, gegen den die Welle drehbar gelagert ist.

[0073] Bei weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsbeispielen ist das Abtastmittel **10** mit einem Impedanzwandler und/oder mit einem Komparator und/oder mit einer Verstärkerschaltung ausgebildet, insbesondere zusätzlich zum oder anstatt als Analog-Digital-Wandler. Dabei löst das Abtastmittel **10** einen Triggerpuls aus, wenn eine Mindestspannung am Energiepuffer erreicht ist. Dieser Triggerpuls wird dem Rechner **14** zugeführt, der nach Eingang des Triggerpulses beim Rechner **14** die Aufzeichnung des Spannungspulses beginnt. Mit dem Auslösen des Triggerpulses beginnt also die Aufzeichnung des Verlaufs der am Energiepuffer anliegenden Spannung. Nach Ablauf einer vorgegebenen Zeitdauer oder nach einer vorgegebenen maximalen Anzahl von Messungen, also Erfassungen der Abtastwerte des Spannungsverlaufs, oder nach Unterschreiten eines kritischen Spannungswertes wird die Aufzeichnung des Spannungspulses beendet.

[0074] Bei anderen erfindungsgemäßen Ausführungsbeispielen wird die am Energiepuffer anliegende Spannung ständig abgetastet und in einem zyklisch betriebenen Speicher abgespeichert. Der Triggerpuls für das Abspeichern der abgetasteten Werte wird dabei durch die am Energiepuffer anliegende Spannung ausgeführt. Sobald diese einen kritischen Wert überschreitet, liefert das Signalverarbeitungsmittel eine entsprechende Information, also Trigger-Information, wobei diese Information über eine Signalleitung von dem Signalverarbeitungsmittel **2** an den Rechner **14** übertragen wird, insbesondere in Form eines Datenbus- und/oder Feldbus-Kommunikationsprotokolls. Nach Eintreffen der Trigger-Information werden die im zyklischen Speicher abgelegten Abtastwerte ausgewertet. Auf diese Weise ist auch schon der anfängliche Spannungsverlauf des durch den Wieganddraht ausgewerteten Pulses er-

möglicht. Dabei sind sogar Abtastwerte auswertbar, die schon vor dem Eintreffen der Trigger-Information aufgezeichnet wurden. Insbesondere ist die Anfangsteilheit, also die anfängliche Spannungsänderungsgeschwindigkeit auswertbar. Außerdem ist die Spannung beim Beschreiben des permanenten Speichers **3** besonders wichtig, da hierbei sehr viel elektrische Leistung und somit auch insgesamt Energie notwendig ist. Da der Zeitpunkt des Schreibebefehls zum Auslösen des Triggers führt, ist hierbei eine sehr genaue Messung der kritischen Spannungswerte ausführbar.

[0075] Bei weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsbeispielen ist statt des Wieganddrahtes **1** ein anderer Mikrogenerator einsetzbar.

[0076] Bei weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsbeispielen ist der Winkelsensor **5** nicht als Hallsensor sondern als anderer mit der Welle verbundener Winkelsensor ausgeführt, beispielsweise als induktiv arbeitender Resolver oder als mit codierter Scheibe und optischem Wirkprinzip arbeitender Inkrementalgeber. Dem Rechner **14** werden dann die Signale des Winkelsensors zugeführt oder der Rechner **14** tauscht Daten mit einem übergeordneten Rechner aus, der wiederum zum Datenaustausch verbunden ist mit dem Winkelsensor.

Bezugszeichenliste

- | | |
|-----------|---|
| 1 | Wieganddraht, Impulsdraht und/oder Mikrogenerator |
| 2 | Signalverarbeitungsmittel |
| 3 | Speicher für Umdrehungsanzahl |
| 4 | Kommunikationsschnittstelle |
| 5 | Winkelsensor, insbesondere umfassend einen Hallsensor |
| 6 | Spannung am Energiepuffer |
| 7 | Potential der externen Versorgungsspannung |
| 8 | Masse, unteres Potential der externen Versorgungsspannung |
| 9 | Signalleitung zwischen Zähllogik des Signalverarbeitungsmittel 2 und Speicher 3 |
| 10 | Abtastmittel zum Abtasten der Spannung 6 am Energiepuffer |
| 12 | Signalleitung zur Übertragung der Winkelsensorsignale an den Rechner 14 |
| 13 | Trennlinie zwischen eigenversorgtem und fremdversorgtem Teil der Schaltungsanordnung |
| 14 | Rechner, insbesondere Mikroprozessor |

[0077] Signal zur Auslösung eines Zählvorganges am Zähler mit nicht flüchtigem Speicher

Patentansprüche

1. Anordnung zur Bestimmung einer Umdrehungsanzahl einer drehbar gelagerten Welle, wobei ein Dauermagnet mit der Welle drehfest verbunden ist, wobei die von einem mit dem Dauermagnet in Wirkverbindung angeordneten Mikrogenerator erzeugte Signalspannung einem Energiepuffer über einen Gleichrichter einem Kondensator zugeführt wird, wobei ein Speicher (3) zur Speicherung der Umdrehungszahl aus dem Energiepuffer versorgt ist, wobei die Signalspannung des Mikrogenerators einer aus dem Energiepuffer versorgten Zähllogik zugeführt wird, die mit dem Speicher (3) verbunden ist zum Auslesen des jeweils alten Umdrehungsanzahlwertes und zur Abspeicherung des jeweils neu bestimmten Umdrehungsanzahlwertes, wobei der Speicher (3) langzeitstabil ist und/oder in FRAM-Technik ausgeführt ist, wobei der Dauermagnet im empfindlichen Bereich des Mikrogenerators angeordnet ist, wobei ein Winkelsensor (5) mittels einer Signalleitung mit einem Rechner (14) verbunden ist zur Bestimmung der Drehstellung, insbesondere des Drehwinkels, der Welle, wobei vom Rechner (14) die am Energiepuffer anliegende Spannung (6) ausgewertet wird, wobei der Rechner (14) mit einem Mittel zur Auswertung der am Energiepuffer anliegenden Spannung (6) verbunden ist über eine Datenaustauschverbindung, wobei der Winkelsensor (5) und der Rechner (14) sind von einer Spannungsquelle versorgt, aus welcher die Zähllogik und der Energiepuffer nicht versorgt sind, wobei der Winkelsensor (5) einen Hallsensor aufweist, der in Wirkverbindung mit dem Dauermagnet ist.

2. Anordnung nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Mikrogenerator als Wieganddraht (1) ausgeführt ist oder einen Wieganddraht (1) umfasst.

3. Anordnung nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Mikrogenerator als Impulsdraht ausgeführt ist.

4. Anordnung nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen Rechner (14) und Speicher (3) eine Signalleitung, insbesondere zum Datenaustausch, angeordnet ist.

5. Verfahren zur Bestimmung einer Umdrehungsanzahl einer drehbar gelagerten Welle,

wobei ein Dauermagnet mit der Welle drehfest verbunden ist, wobei die von einem mit dem Dauermagnet in Wirkverbindung angeordneten Mikrogenerator erzeugte Signalspannung einem Energiepuffer über einen Gleichrichter einem Kondensator zugeführt wird, wobei ein Speicher (3), in welchem die jeweils aktuell bestimmten Umdrehungsanzahlwerte gespeichert werden, aus dem Energiepuffer versorgt wird, wobei die Signalspannung des Mikrogenerators einer aus dem Energiepuffer versorgten Zähllogik zugeführt wird, die mit dem Speicher (3) verbunden ist zum Auslesen des jeweils alten Umdrehungsanzahlwertes und zur Abspeicherung des jeweils neu bestimmten Umdrehungsanzahlwertes, insbesondere wobei der Dauermagnet im empfindlichen Bereich des Mikrogenerators angeordnet ist, wobei mit einem Winkelsensor (5) der Drehwinkel der Welle bestimmt wird und einem Rechner (14) zugeführt wird, wobei vom Rechner (14) die am Energiepuffer anliegende Spannung (6) ausgewertet wird, wobei der vom Winkelsensor (5) detektierte Drehwinkel berücksichtigt wird, wobei der Winkelsensor (5) und der Rechner (14) von einer Spannungsquelle versorgt werden, aus welcher die Zähllogik und der Energiepuffer nicht versorgt werden, wobei der Winkelsensor (5) einen Hallsensor aufweist, der in Wirkverbindung mit dem Dauermagnet ist.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

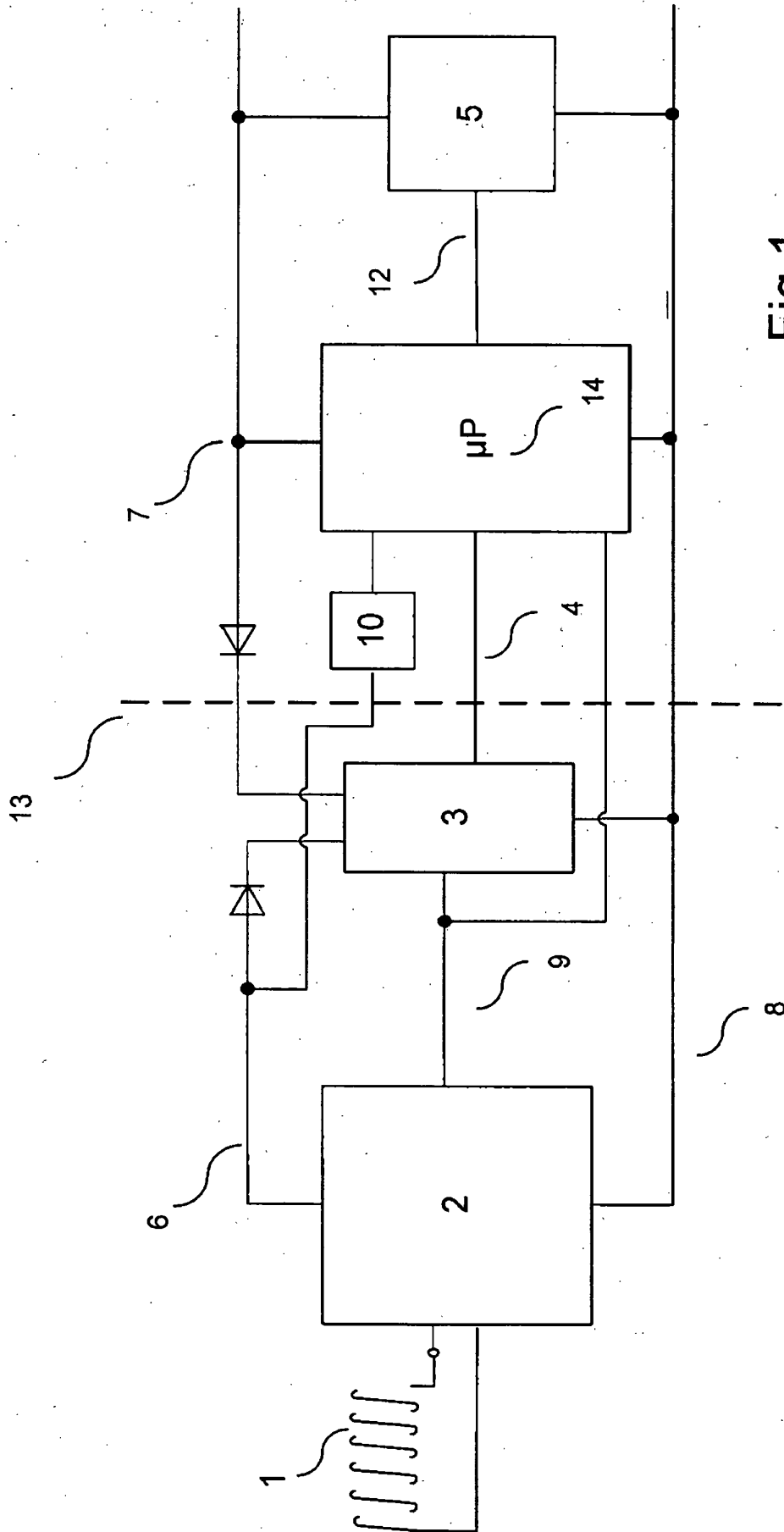


Fig.1