



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
03.01.2007 Patentblatt 2007/01

(51) Int Cl.:
B06B 1/02 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **06013099.4**

(22) Anmeldetag: **26.06.2006**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU

(71) Anmelder: **Martin Walter Ultraschalltechnik AG**
75334 Straubenhardt (DE)

(72) Erfinder: **Schief, Dieter, Dipl.-Ing.**
76461 Muggensturm (DE)

(74) Vertreter: **Dimmerling, Heinz**
Guntherstrasse 3
76185 Karlsruhe (DE)

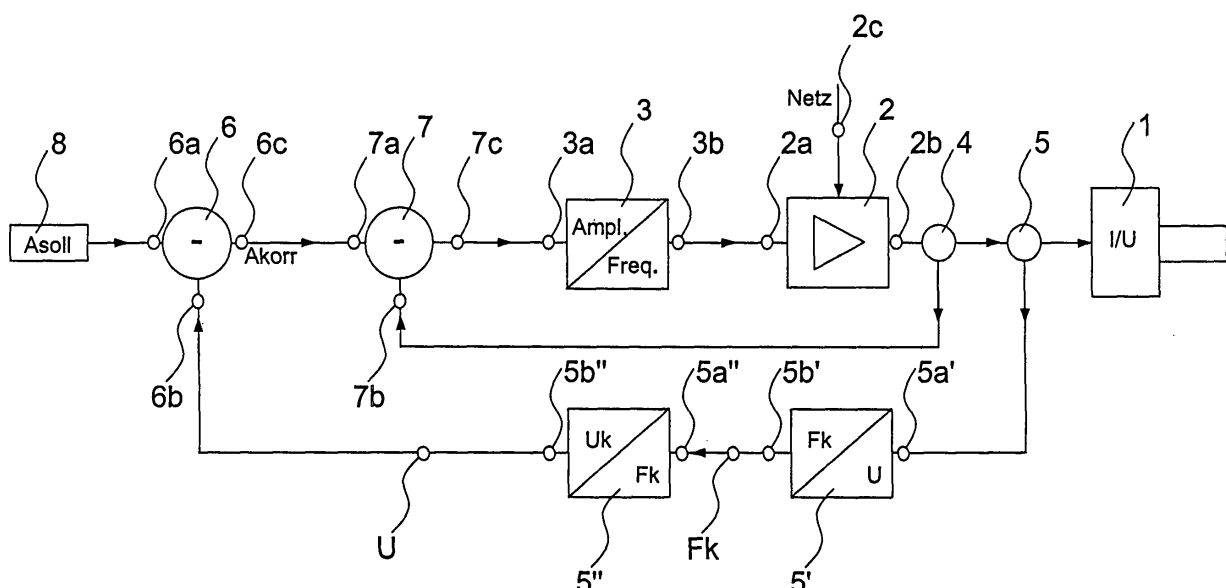
(30) Priorität: **01.07.2005 DE 102005030777**

(54) **Vefahren und Schaltungsanordnung zum Betreiben eines Ultraschall-Schwingers**

(57) Ein Verfahren zum Betreiben eines Ultraschall-Schwingers 1 mit konstanter Schwingungsamplitude, bei welchem an aus dem Ultraschall-Schwinger und diesen zu einem Schwingkreis ergänzenden Komponenten bestehenden Ultraschall-Schwingsystem 1 zur Erzeugung eines Erregerstroms I eine Erregerspannung U angelegt wird, deren Frequenz außerhalb einer Resonanzfrequenz des Ultraschall-Schwingsystems liegt, wobei die Größe des Erregerstroms I durch Verändern der Frequenz der Erregerspannung U auf einen vorbestimmten Wert eingestellt wird, ist dadurch gekennzeichnet, dass die Größe der Erregerspannung U erfasst wird und der vorbestimmte Wert der Größe des Erregerstromes I in Abhängigkeit der Größe der Erregerspannung U festge-

legt wird.

Des Weiteren ist eine Schaltungsanordnung zum Betreiben eines Ultraschall-Schwingers 1 nach einem Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, mit einem Verstärker 2 mit einem Eingang 2a und einem Ausgang 2b, welcher Ausgang 2b die Erregerspannung sowie den Erregerstrom für das Ultraschall-Schwingsystem 1 liefert, und einem Oszillator 3, dessen Frequenz an einem Steuereingang 3a einstellbar ist und dessen Ausgang 3b mit dem Eingang des Verstärkers verbunden ist, sowie einem Stromsensor 4, zur Erfassung des Erregerstroms I, dadurch gekennzeichnet, dass ein Spannungssensor 5 vorhanden ist, zur Erfassung der Erregerspannung U.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, zum Betreiben eines Ultraschall-Schwingers mit konstanter Schwingungsamplitude, bei welchem an ein aus dem Ultraschall-Schwinger und diesen zu einem Schwingkreis ergänzenden Komponenten bestehenden Ultraschall-Schwingsystem zur Erzeugung eines Erregerstroms eine Erregerspannung angelegt wird, deren Frequenz außerhalb einer Resonanzfrequenz des Schwingsystems liegt, wobei die Größe des Erregerstroms durch Verändern der Frequenz eingestellt wird.

[0002] Des Weiteren betrifft die Erfindung eine Schaltungsanordnung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 3, zum Betreiben eines Ultraschall-Schwingers nach dem zuvor genannten Verfahren, mit einem Verstärker mit einem Eingang und einem Ausgang, welcher Ausgang die Erregerspannung sowie den Erregerstrom für das Ultraschall-Schwingsystem liefert, und einem Oszillator, dessen Frequenz an einem Steuereingang einstellbar ist und dessen Ausgang mit dem Eingang des Verstärkers verbunden ist, sowie einem Stromsensor, zur Erfassung des Erregerstroms.

[0003] Ein derartiges Verfahren sowie eine derartige Schaltungsanordnung sind im Stand der Technik hinlänglich bekannt und werden beispielsweise bei von der Patentanmelderin hergestellten und vertriebenen Ultraschallschweißgeräten angewandt beziehungsweise verwendet.

[0004] Bei Ultraschallschweißgeräten ist es erforderlich, dass der Energieeintrag in ein betreffendes Werkstück konstant ist. Es ist somit insbesondere bei Ultraschallschweißgeräten erforderlich, dass die Schwingungsamplitude des Ultraschall-Schwingers konstant ist. Denn der Energieeintrag in ein betreffendes Werkstück hängt von der Schwingungsamplitude ab, die der Schweißkopf ausführt, was heißt, der Energieeintrag in ein betreffendes Werkstück hängt von der Schwingungsamplitude ab, die der Ultraschall-Schwinger ausführt. Da die Schwingungsamplitude des Ultraschall-Schwingers vom Erregerstrom des aus dem Ultraschall-Schwinger und diesen zu einem Schwingkreis ergänzenden Komponenten bestehenden Ultraschall-Schwingsystems abhängt, wird die Schwingungsamplitude des Ultraschall-Schwingers dadurch konstant gehalten, dass der Erregerstrom des Ultraschall-Schwingsystems konstant gehalten wird.

[0005] Um den Erregerstrom steuern zu können, wird das Ultraschall-Schwingsystem nicht in seiner Serienresonanz betrieben sondern regelmäßig mit einer Frequenz, die zwischen der Serienresonanz und der Parallelresonanz des Ultraschall-Schwingsystems liegt. Da sich durch Verändern der Frequenz, mit der das Ultraschall-Schwingsystem betrieben wird, die Impedanz des Ultraschall-Schwingers ändert, lässt sich durch Verändern der Betriebsfrequenz des Ultraschall-Schwingsystems der Strom durch das Ultraschall-Schwingsystem

verändern.

[0006] Ändert sich während des Betriebs des Ultraschall-Schwingsystems beispielsweise aufgrund äußerer Einflüsse der Strom durch das Ultraschall-Schwingsystem, wird die Frequenz der an das Ultraschall-Schwingsystem angelegten Erregerspannung solange verändert, bis der Erregerstrom des Ultraschall-Schwingsystems wieder seinen vorhergehenden Wert erreicht hat.

[0007] Es hat sich jedoch herausgestellt, dass trotz einer qualitativ hochwertigen Regelung des Erregerstroms auf einen konstanten Wert die Schwingungsamplitude des Ultraschall-Schwingers Abweichungen aufweist.

[0008] Es ist Aufgabe der Erfindung, ein eingangs genanntes Verfahren beziehungsweise eine eingangs genannte Schaltungsanordnung derart auszubilden, dass die Konstanz der Schwingungsamplitude verbessert ist.

[0009] Die Lösung dieser Aufgabe ergibt sich aus den Merkmalen des kennzeichnenden Teils des Anspruchs 1 beziehungsweise 3. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0010] Gemäß der Erfindung ist ein Verfahren zum Betreiben eines Ultraschall-Schwingers mit konstanter Schwingungsamplitude, bei welchem an aus dem Ultraschall-Schwinger und diesen zu einem Schwingkreis ergänzenden Komponenten bestehenden Ultraschall-Schwingsystem zur Erzeugung eines Erregerstroms eine Erregerspannung angelegt wird, deren Frequenz außerhalb einer Resonanzfrequenz des Ultraschall-Schwingsystems liegt, wobei die Größe des Erregerstroms durch Verändern der Frequenz der Erregerspannung auf einen vorbestimmten Wert eingestellt wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Größe der Erregerspannung erfasst wird und der vorbestimmte Wert der Größe des Erregerstromes in Abhängigkeit der Größe der Erregerspannung festgelegt wird.

[0011] Des Weiteren ist gemäß der Erfindung eine Schaltungsanordnung zum Betreiben eines Ultraschall-Schwingers nach dem vorstehenden Verfahren mit einem Verstärker mit einem Eingang und einem Ausgang, welcher Ausgang die Erregerspannung sowie den Erregerstrom für das Ultraschall-Schwingsystem liefert, und einem Oszillator, dessen Frequenz an einem Steuereingang einstellbar ist und dessen Ausgang mit dem Eingang des Verstärkers verbunden ist, sowie einem Stromsensor, zur Erfassung des Erregerstroms, dadurch gekennzeichnet, dass ein Spannungssensor vorhanden ist, zur Erfassung der Erregerspannung.

[0012] Dadurch, dass die Größe der Erregerspannung erfasst werden kann, lässt sich der vorbestimmte Wert, auf den der Erregerstrom eingestellt werden soll, in Abhängigkeit der Größe der Erregerspannung festlegen. Hierdurch lässt sich beim Erregerstrom eine von einer Änderung der Erregerspannung abhängige Korrektur vornehmen.

[0013] So kann bei einer beispielsweise aufgrund einer Netzspannungsschwankung veränderten Erregerspannung ein an die veränderte Erregerspannung ange-

passter vom bisherigen Erregerstrom abweichender Erregerstrom eingestellt werden, bei welchem die Schwingungsamplitude des Ultraschall-Schwingers denselben Wert hat, den sie bei den vorhergehenden Werten der Erregerspannung und des Erregerstroms gehabt hat. Es kann somit dem Umstand Rechnung getragen werden, dass die Abhängigkeit der Schwingungsamplitude des Ultraschall-Schwingers vom Erregerstrom frequenzabhängig ist. Denn es hat sich gezeigt, dass sich die Schwingungsamplitude des Ultraschall-Schwingers bei Änderung der Betriebsfrequenz ändert, obwohl der Erregerstrom konstant gehalten wird.

[0014] Durch die Abhängigkeit des Sollwerts des Erregerstroms von der Größe der Erregerspannung lassen sich diese Abweichungen auch bei einem auf einen Konstantwert geregelten Erregerstrom korrigieren. In vorteilhafter Weise kann der Erregerstrom somit durch Verändern der Frequenz auf einem vorbestimmten Wert konstant gehalten werden. Das heißt, auch bei Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens lässt sich der Erregerstrom durch Verändern der Frequenz regeln.

[0015] Eine Möglichkeit zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, die Abweichung der Erregerspannung von ihrem Sollwert zu erfassen und in einer empirisch gewonnenen Tabelle eine solche Änderung der Betriebsfrequenz zu ermitteln, die erforderlich wäre, denselben Erregerstrom durch das Ultraschall-Schwingsystem fließen zu lassen, wie er vor der Veränderung der Erregerspannung durch das Ultraschall-Schwingsystem geflossen ist. Einer weiteren empirisch gewonnenen Tabelle lässt sich dann der Wert des Erregerstroms entnehmen, der erforderlich ist, damit die Schwingungsamplitude des Ultraschall-Schwingers bei der geänderten Betriebsfrequenz denselben Wert hat, wie er vor Veränderung der Erregerspannung beziehungsweise vor Änderung der ursprünglichen Betriebsfrequenz vorhanden war. Dieser so gewonnene neue Wert des Erregerstroms kann dann den Sollwert bilden, auf den der Erregerstrom bei der veränderten Erregerspannung geregelt wird.

[0016] Selbstverständlich lässt sich der neue Sollwert des Erregerstroms auch mittels eines Rechenalgorithmus bestimmen. Es ist jedoch zu beachten, dass der Rechenalgorithmus jeweils an den tatsächlich vorhandenen Ultraschall-Schwinger angepasst werden muss.

[0017] Nachfolgend sind Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert.

[0018] Es zeigt die einzige Figur eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung.

[0019] Wie der Figur entnommen werden kann, ist ein aus dem Ultraschall-Schwinger und diesen zu einem Schwingkreis ergänzenden Komponenten bestehendes Ultraschall-Schwingsystem 1 eines Ultraschall-Schweißgeräts mit dem Ausgang 2b eines Verstärkers 2 verbunden. Zur Stromversorgung weist der Verstärker 2 einen Netzeingang 2c auf, mittels welchem der Verstärker 2 mit einem Stromversorgungsnetz verbunden

ist. Der Eingang 2a des Verstärkers 2 ist mit dem Ausgang 3b eines Oszillators 3 verbunden. Die Frequenz des Oszillators 3 lässt sich an einem Steuereingang 3a einstellen. Der einstellbare Frequenzbereich erstreckt sich von etwa 15 Kilohertz bis 70 Kilohertz.

[0020] Der Steuereingang 3a des Oszillators 3 ist mit dem Ausgang 7c eines zweiten Vergleichselements 7, welches einen ersten Eingang 7a und einen zweiten Eingang 7b hat, verbunden. Der zweite Eingang 7b des zweiten Vergleichselements 7 ist mit dem Ausgang eines Stromsensors 4, welcher den Ausgangsstrom I des Verstärkers 2 und somit den Erregerstrom I des Ultraschall-Schwingsystems 1 erfasst, verbunden. Der erste Eingang 7a des zweiten Vergleichselements 7 ist mit dem Ausgang 6c eines ersten Vergleichselements 6, welches einen ersten Eingang 6a und einen zweiten Eingang 6b hat, verbunden.

[0021] Der zweite Eingang 6b des ersten Vergleichselements 6 ist mit dem Ausgang 5b" eines als Speicher 5" ausgebildeten zweiten Signalbildners 5" verbunden. Der Eingang 5a" des zweiten Signalbildners 5" ist mit dem Ausgang 5b' eines als Speicher ausgebildeten ersten Signalbildners 5' verbunden. Der Eingang 5a' des ersten Signalbildners 5' ist mit dem Ausgang eines Spannungssensors 5 verbunden, welcher die Ausgangsspannung U des Verstärkers 2 und somit die Erregerspannung U des Ultraschall-Schwingsystems 1 erfasst.

[0022] Der erste Eingang 6a des ersten Vergleichselements 6 ist mit einem Sollwertgeber 8 verbunden. Der Sollwertgeber 8 liefert ein Signal zur Einstellung des Sollwerts der Frequenz des Oszillators 3.

[0023] Verringert sich beispielsweise aufgrund einer Schwankung des Stromversorgungsnetzes die Erregerspannung U des Ultraschall-Schwingsystems 1, verringert sich der Erregerstrom I des Ultraschall-Schwingsystems 1. Dies hat zur Folge, dass sich die Ausgangsspannung des zweiten Vergleichselements 7 verringert, was zur Folge hat, dass sich die Frequenz des Oszillators 3 verringert. Da das Ultraschall-Schwingsystem 1 bei der verringerten Frequenz eine niedrigere Impedanz hat, steigt der Erregerstrom I des Ultraschall-Schwingsystems 1 wieder an. Der Erregerstrom I des Ultraschall-Schwingsystems 1 steigt solange an, bis er bis auf eine Regelabweichung wieder seinen vorhergehenden Wert erreicht hat.

[0024] Der Spannungssensor 5 erfasst aber gleichzeitig die verringerte Erregerspannung und gibt diesen Wert auf den Eingang 5a' des ersten Signalbildners 5'. Abhängig von diesem Wert gibt der erste Signalbildner 5' an seinem Ausgang 5b' ein Signal FK aus, welches dem Wert entspricht, um den die Frequenz des Oszillators 3 verringert werden müsste, damit der Erregerstrom wieder seinen vorhergehenden Wert erreicht. Der Wert des Ausgangssignals FK entspricht im Wesentlichen der zuvor beschriebenen Frequenzänderung. Jedoch ist er frei von Einflüssen, welche sich aufgrund anderer Störgrößen ergeben könnten und eine zusätzliche Frequenzänderung zur Folge haben würden.

[0025] Das Ausgangssignal FK des ersten Signalbildners 5' wird auf den Eingang 5a" des zweiten Signalbildners 5" gegeben, in welchem Korrekturwerte gespeichert sind, mittels welcher die zusätzliche Abhängigkeit der Schwingungsamplitude des Ultraschall-Schwingers 1 von der Frequenz ausgeglichen werden kann. Das heißt, der zweite Signalbildner 5" gibt an seinem Ausgang 5b" ein Signal aus, dessen Größe dem Wert entspricht, um den der Erregerstrom I geändert werden muss, damit die Schwingungsamplitude des Ultraschall-Schwingers 1 bei der neuen Betriebsfrequenz denselben Wert hat wie bei der vorhergehenden Frequenz, also bei der Frequenz, die die Erregerspannung U vor ihrer Veränderung hatte. Um diesen Wert wird das Ausgangssignal des Sollwertgebers 8 im ersten Vergleichselement 6 verändert, wodurch die unterlagerte Stromregelung einen neuen Sollwert erhält. Hierdurch stellt sich bei der veränderten Erregerspannung ein Erregerstrom ein, welcher beim Ultraschall-Schwinger 1 dieselbe Schwingungsamplitude erzeugt, wie sie vor Veränderung der Erregerspannung U vorhanden war.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Ultraschall-Schwingers (1) mit konstanter Schwingungsamplitude, bei welchem an aus dem Ultraschall-Schwinger und diesen zu einem Schwingkreis ergänzenden Komponenten bestehenden Ultraschall-Schwingsystem (1) zur Erzeugung eines Erregerstroms (I) eine Erregerspannung (U) angelegt wird, deren Frequenz außerhalb einer Resonanzfrequenz des Ultraschall-Schwingsystems liegt, wobei die Größe des Erregerstroms (I) durch Verändern der Frequenz der Erregerspannung (U) auf einen vorbestimmten Wert eingestellt wird,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Größe der Erregerspannung (U) erfasst wird und der vorbestimmte Wert der Größe des Erregerstromes (I) in Abhängigkeit der Größe der Erregerspannung (U) festgelegt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Größe des Erregerstroms (I) durch Verändern der Frequenz auf dem vorbestimmten Wert konstant gehalten wird.
3. Schaltungsanordnung zum Betreiben eines Ultraschall-Schwingers (1) nach einem Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, mit einem Verstärker (2) mit einem Eingang (2a) und einem Ausgang (2b), welcher Ausgang (2b) die Erregerspannung sowie den Erregerstrom für das Ultraschall-Schwingsystem (1) liefert, und einem Oszillator (3), dessen Frequenz an einem Steuereingang (3a) einstellbar ist und dessen Ausgang (3b) mit dem Ein-

gang (2a) des Verstärkers (2) verbunden ist, sowie einem Stromsensor (4), zur Erfassung des Erregerstroms (I),

dadurch gekennzeichnet,

dass ein Spannungssensor (5) vorhanden ist, zur Erfassung der Erregerspannung (U).

4. Schaltungsanordnung nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass ein erstes Vergleichselement (6) vorhanden ist, mit einem ersten Eingang (6a), welcher mit einem Sollwertgeber (8) verbunden ist, und einem zweiten Eingang (6b), welcher mit dem Spannungssensor (5) verbunden ist, sowie einem Ausgang (6c), welcher mit dem Steuereingang (3a) des Oszillators (3) verbunden ist.
5. Schaltungsanordnung nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass ein erster Signalbildner (5') vorhanden ist, mittels welchem aus dem Ausgangssignal des Spannungssensors (5) ein erster Korrekturwert (FK) bildbar ist.
6. Schaltungsanordnung nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass ein zweiter Signalbildner (5") vorhanden ist, mittels welchem aus dem ersten Korrekturwert (FK) ein zweiter Korrekturwert (UK) bildbar ist.
7. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 4 bis 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass zweites Vergleichselement (7) vorhanden ist, mit einem ersten Eingang (7a), welcher mit dem Ausgang (6c) des ersten Vergleichselements (6) verbunden ist, und einem zweiten Eingang (7b), welcher mit dem Stromsensor (4) verbunden ist, sowie einem Ausgang (7c), welcher mit dem Steuereingang (3a) des Oszillators (3) verbunden ist.

