



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
28.11.2001 Patentblatt 2001/48

(51) Int Cl.7: **B06B 1/06**

(21) Anmeldenummer: **01810469.5**

(22) Anmeldetag: **14.05.2001**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR
 Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

- **Littmann, Walter**
31855 Aerzen-Gruppenhagen (DE)
- **Tichy, Stefan**
6820 Frastanz (AT)
- **Wallaschek, Jörg**
33106 Paderborn (DE)

(30) Priorität: **23.05.2000 DE 10025352**

(71) Anmelder: **HILTI Aktiengesellschaft**
9494 Schaan (LI)

(74) Vertreter: **Wildi, Roland et al**
Hilti Aktiengesellschaft,
Feldkircherstrasse 100,
Postfach 333
9494 Schaan (LI)

(72) Erfinder:
 • **Kauf, Adrian**
88239 Wangen (DE)

(54) **Werkzeuggerät mit Ultraschalladapter**

(57) Ein Werkzeuggerät (3) mit einem Ultraschalladapter (1) mit einem an einen elektrischen Ultraschallfrequenzgenerator (8) angeschlossenen kapazitiven elektroakustischen Wandier (4) zur Erzeugung von Ul-

traschallwellen für ein Werkzeug (2), wobei der kapazitive elektro-akustische Wandler (4) mit einer Sekundärwicklung (5) und der Ultraschallfrequenzgenerator (8) mit einer Primärwicklung (7) eines Transformators (6) verbunden ist.

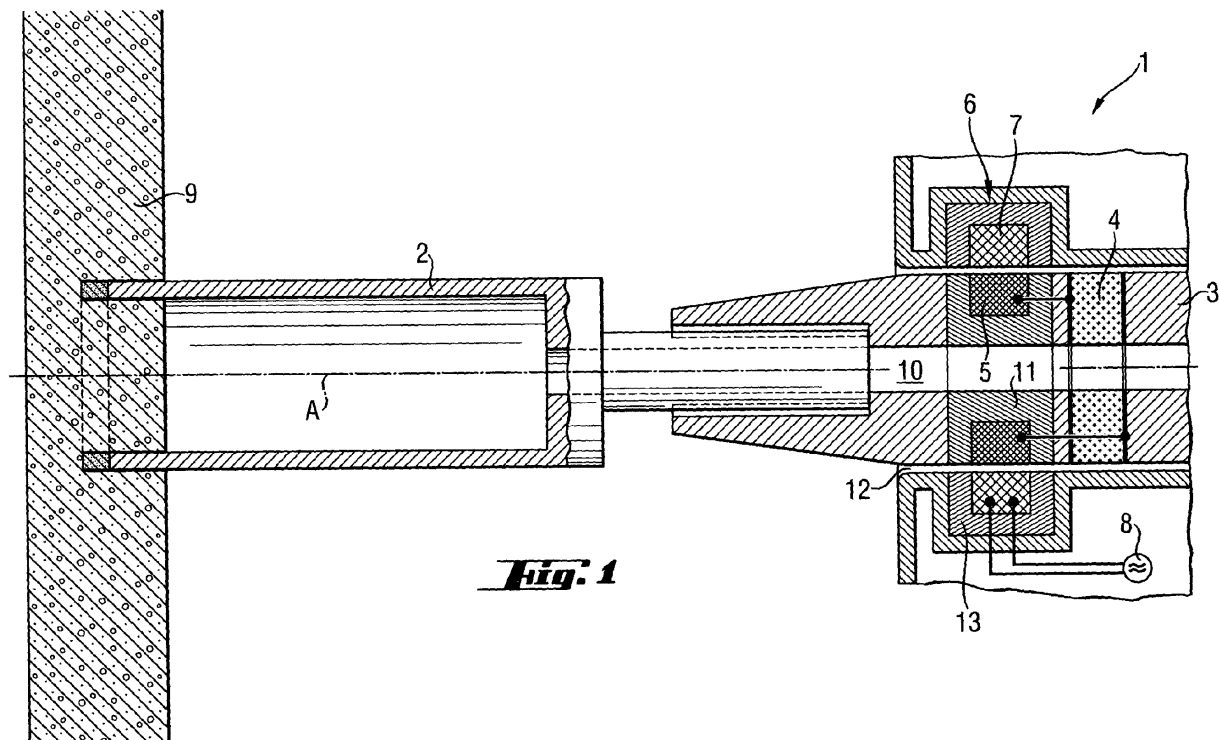


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezeichnet ein Werkzeuggerät, bspw. ein Kernbohrgerät oder ein Schleifgerät, mit einem Ultraschalladapter zur bspw. abrasiven oder spanenden Bearbeitung von Festkörpern, wie Baustoffen bspw. Gestein, Metall oder Holz.

[0002] Die abrasiv sägende Bearbeitung von Gestein über eine zumindest teilweise drehende, mit Hartstoffen auf ihrer Stirnseite besetzten zylindrischen Bohrkronen ist bspw. aus EP0280835 vorbekannt. Derartige Bohrkronen verwenden üblicherweise Wasser als Spül- und Kühlflüssigkeit. Die Ultraschallschwingungen werden dabei durch kapazitive elektroakustische Wandler im Ultraschallfrequenzbereich gebildet. Der elektrostatische Wandler kann beispielsweise aus vorgespannten Piezoscheiben aufgebaut sein.

[0003] Kapazitive elektroakustische Wandler im Ultraschallfrequenzbereich, bspw. Piezoscheiben, bestehen aus einem elektrostriktiven Material als Dielektrikum eines Kondensators, welches unter einer angelegten elektrischen Spannung seine Dimension verändert. Ein derart ausgebildeter Kondensator weist aufgrund seiner mechanischen Eigenschaften eine Eigenresonanz auf. Kapazitive elektroakustische Wandler benötigen zur Erzeugung ausreichender Deformationen eine hohe elektrische Spannung.

[0004] Es ist üblich, das elektrische (kapazitive) Verhalten eines piezoelektrischen Wandlers durch eine Induktivität zu ergänzen, die so abgestimmt wird, dass der entstehende Parallel-Schwingkreis auf der elektrischen Seite die gleiche Resonanzfrequenz besitzt wie der mechanische Schwingkreis, der durch die Steifigkeit und Masse des Schallkonverters bestimmt ist.

[0005] Nach der EP0720890B1 weist ein Handwerkzeuggerät ein drehendes zylindrisches, abrasiv materialabtragendes Werkzeug auf, dem über einen aus elektrostriktiven Material bestehenden kapazitiven elektroakustischen Wandler ein longitudinales Ultraschallfeld axial überlagert ist. Die Bohrkronen ist entsprechend der Amplitudenresonanz auf die Frequenz des Ultraschallfeldes ausgelegt.

[0006] Nach der US3614484 weist ein Ultraschalladapter für eine, ein drehendes Werkzeug antreibende, Bohrmaschine einen mitdrehenden, aus elektrostriktiven Material bestehenden, kapazitiven elektroakustischen Wandler auf, der über Schleifringe mit einer ultraschallfrequenten Wechselspannung verbunden ist. Nachteilig bei einer derartigen Energieversorgung ist der durch den mechanischen Kontakt verursachte Verschleiß, welcher die Lebensdauer begrenzt. Des weiteren ergeben sich durch die Verwendung von Wasser unter Berücksichtigung der zum Betrieb von elektrostriktiven Wandlern erforderlichen hohen Spannung Isolationsprobleme, welche die Sicherheit des Nutzers beeinträchtigen könnten.

[0007] Des weiteren sind nach der EP0680060A1 ringförmige rotierbare Drehübertrager bzw. Transforma-

toren mit jeweils kreisringförmigen U-Kernen für Stator und Rotor vorbekannt, welche über zugeordnete Spulen elektrische Energie über ein magnetisches Wechselfeld vom Stator auf den Rotor übertragen.

[0008] Die Aufgabe der Erfindung besteht bei Meidung obiger Nachteile in der Realisierung eines Werkzeuggerätes mit einem Ultraschalladapter zum Aufprägen einer Ultraschallschwingung auf das Werkzeug. Ein weiterer Aspekt besteht in der Überlagerung einer Drehbewegung des Werkzeugs mit einer Ultraschallschwingung.

[0009] Die Aufgabe wird im wesentlichen durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhaftere Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0010] Im wesentlichen weist zur berührungslosen Energieübertragung der Ultraschalladapter eines Werkzeuggerätes einen kapazitiven elektroakustischen Wandler verbunden mit der Sekundärwicklung eines Transformators auf, dessen Primärwicklung mit einem, eine Wechselspannung im Ultraschallbereich erzeugenden, elektrischen Ultraschallfrequenzgenerator verbunden ist und somit über das magnetische Wechselfeld die elektrische Leistung berührungslos an den kapazitiven elektroakustischen Wandler überträgt, wobei die Sekundärwicklung gleichzeitig in Verbindung mit dem kapazitiven elektroakustischen Wandler einen Parallelresonanzkreis ausbildet und im Resonanzfall eine Spannungsüberhöhung bewirkt.

[0011] Der durch die berührungslose Energieübertragung wesentlich verringerte mechanische Verschleiß wirkt sich vorteilhaft auf die Lebensdauer des Werkzeuggerätes aus. Zudem ergeben sich bei der Bearbeitung von mit Wasser kontaminierten Materialien keine Isolationsprobleme bei der Energieübertragung. Durch die Nutzung der Sekundärwicklung als Parallelinduktivität wird die für den Abgleich des elektrischen Schwingkreises erforderliche zusätzliche Induktivität eingespart.

[0012] Vorteilhaft wird bei einer möglichen, jedoch nicht notwendigen, um eine Werkzeugachse zumindest teilweise drehenden oder schwingenden Bewegung des Werkzeuges ein mit diesem zumindest teilweise mitdrehender oder mitschwingender kapazitiver elektroakustischer Wandler über einen zumindest teilweise rotierbaren Transformator berührungslos mit dem Ultraschallfrequenzgenerator verbunden.

[0013] Weiter vorteilhaft sind mit der Frequenz des Ultraschallfrequenzgenerators die Resonanzfrequenzen des kapazitiven elektroakustischen Wandlers, des Sekundärschwingkreises, des Primärschwingkreises sowie der Amplitude der Longitudinalschwingungen des Werkzeuges, insbesondere einer Bohrkronen, aufeinander abgestimmt.

[0014] Vorteilhaft ist eine Teilkomponente des Transformators der berührungslosen Energieübertragung, bspw. die Sekundärwicklung, zum Abstimmen des elektrischen Resonanzkreises mit dem kapazitiven elektroakustischen Wandler nutzbar.

[0015] Weiter vorteilhaft ist die Masse einer Teilkomponente des Transformators der berührungslosen Energieübertragung, bspw. die Masse des inneren Transformator-kerns, zur Abstimmung des mechanischen Resonanzkreises des Werkzeuges nutzbar.

[0016] Durch die obige mehrfache Ausnutzung von Teilkomponenten des Transformators der berührungslosen Energieübertragung, verbunden mit einer radialen ineinander verschachtelten Anordnung der Teilkomponenten, bspw. von Innen nach Aussen: Innerer Transformator-kern, Sekundärwicklung, Luftspalt, Primärwicklung, äusserer Transformator-kern, ist vorteilhaft eine weitgehend kompakte Bauweise für den Transformator der berührungslosen Energieübertragung realisierbar.

[0017] Vorteilhaft ist der Transformator aus zwei Spulen innerhalb zweier, einander mit der Öffnung zugeordneter, U-Schalenkerne ausgebildet, welche zusammen somit einen im wesentlichen geschlossenen Schalenkern ausbilden, wobei je einem U-Schalenkern eine Spule drehfest zugeordnet ist.

[0018] Alternativ besteht der rotierbare Transformator aus zwei ineinander verschachtelten, bezüglich der Werkzeugachse entgegengesetzt orientierten, U-förmigen Schalenkernen, welche jeweils drehfest zugeordnete, parallel zur Werkzeugachse orientierte, Spulen beinhalten, wobei die Primärwicklung dem mit dem Werkzeuggerät drehfest verbundenen Stator und die Sekundärwicklung dem mit dem Werkzeug drehfest verbundenen Rotor zugeordnet ist.

[0019] Weiter vorteilhaft befindet sich bezüglich eines Durchmessers ein innerer U-Schalenkern und die Sekundärspule im radial Inneren und ein äusserer U-Schalenkern und die Primärspule im radial Äusseren, wodurch parallel zur Werkzeugachse ein Bewegungsfreiheitsgrad besteht längs dessen eine Entkopplung der Schwingung sowie eine Demontage des Transformators, bspw. bei Wechsel eines Werkzeugs mit integrierem kapazitiven elektroakustischen Wandler und Sekundärteil eines Transformators, ermöglicht wird.

[0020] Zur Minimierung der Baugrösse des Transformators ist ein Wicklungsverhältnis von 1:1 vorteilhaft. Die geringe Anzahl der Wicklungen resultiert zudem aus der Speisefrequenz im Bereich von 20 bis 35kHz.

[0021] Die Masse des ferromagnetischen, inneren Transformator-kerns wirkt als schwingende Masse und kann zum Abgleich des schwingenden, mechanischen Systems verwendet werden.

[0022] Vorteilhaft ist dieser innere Transformator-kern aus geschichteten und gegeneinander elektrisch isolierten Lamellen aufgebaut, welche zur Vermeidung von Wirbelstromverlusten den magnetischen Feldlinien folgen und stückweise zusammengesetzt oder spanlos umgeformt sind.

[0023] Weiter vorteilhaft ist der kapazitive elektroakustische Wandler längs der Werkzeugachse angeordnet, damit die in Richtung der Werkzeugachse auftretende Schwingungsamplitude durch lokale axiale Drucküberhöhung den abrasiven Materialabtrag steigert.

[0024] Vorteilhaft wird bezüglich der Amplitude der Longitudinalschwingungen des Werkzeuges der kapazitive elektroakustische Wandler in einem Schwingungsknoten angeordnet.

[0025] Die Erfindung wird bezüglich eines vorteilhaften Ausführungsbeispiels näher erläutert mit:

Fig. 1 als Werkzeuggerät mit Ultraschalladapter, Fig. 2 als Ersatzschaltung des elektrischen und mechanischen Schwingkreises.

[0026] Nach Fig. 1 weist ein Ultraschalladapter 1 eines, eine drehende Bewegung eines Werkzeuges 2 um eine Werkzeugachse A erzeugenden, nicht vollständig dargestellten Werkzeuggerätes 3 einen rotierbaren kapazitiven elektroakustischen Wandler 4 verbunden mit der Sekundärwicklung 5 eines rotierbaren Transformators 6 auf, dessen Primärwicklung 7 mit einem leistungsstarken Ultraschallfrequenzgenerator 8 im Ultraschallbereich verbunden ist, wobei die Sekundärwicklung 5 parallel zu dem kapazitiven elektroakustischen Wandler 4 geschaltet ist. Das Werkzeug 2 ist als eine hohle Bohrkronen zum Trennschleifen zylindrischer Kernbohrungen in Gestein 9 ausgeführt und über einen Bohrflüssigkeitskanal 10 längs der Werkzeugachse A mit dem Werkzeuggerät 3 verbunden. Der Transformator 6 besteht aus zwei einander bezüglich der Öffnung zugeordneten U-förmigen Schalenkernen, welche jeweils drehfest zugeordnete, parallel zur Werkzeugachse A orientierte, Spulen beinhalten, wobei die als Primärwicklung 7 ausgeführte Spule dem mit dem Werkzeuggerät 3 drehfest verbundenen Stator und die als Sekundärwicklung 5 ausgeführte Spule dem mit dem Werkzeug 2 drehfest verbundenen Rotor zugeordnet ist. Der kompakt aufgebaute Transformator 6 weist radial von Innen nach Aussen angeordnet einen hohlen U-förmigen Schalenkern als inneren Transformator-kern 11, die Sekundärwicklung 5, einen Luftspalt 12, die Primärwicklung 7 und einen ringförmigen U-förmigen Schalenkern als äusseren Transformator-kern 13 auf. Der ringförmig hohle kapazitive elektroakustische Wandler 4 ist axial in Richtung des Werkzeuggerätes 3 benachbart zu dem inneren Transformator-kern 11 und der Sekundärwicklung 5 angeordnet, wodurch deren Masse mit in den mechanischen Schwingkreis des Werkzeuges 2 eingeht.

[0027] Nach Fig. 2 weist in der Ersatzschaltung ein elektrischer Schwingkreis bezüglich eines Wechselstromes i_2 und einer Wechselspannung u_2 die von einer Spule gebildete Induktivität L_p , die vom kapazitiven elektroakustischen Wandler gebildete Kapazität C_p und den durch die Verluste bestimmten Widerstand R_p auf. Über eine Kopplung 1:A ist dieser elektrische Schwingkreis mit einem mechanischen Schwingkreis bezüglich einer Verschiebungsgeschwindigkeit v und einer Verschiebungskraft F gekoppelt. Der mechanische Schwingkreis wird durch die Eigendämpfung d , die Steifigkeit $1/c$ und die Masse m und die dämpfende Last d_L beschrieben. Die Induktivität L_p ist für die induktive En-

ergieübertragung mit der Sekundärseite eines mit einem Wechselstromes i_1 und einer Wechselspannung u_1 gespeisten Transformators ersetzt.

[0028] Dimensioniert wurde die Anordnung anhand eines Ultraschallaktors mit einem Leistungsbedarf von 2kW bei einer Frequenz von 20kHz. Daraus ergibt sich bei einem im Verhältnis $\ddot{u}=1$ übertragendem Transformator eine Speisespannung von $U_2=1000V$ und $I_2=2A$. Bei der Verwendung eines, den magnetischen Fluss günstig führenden Materials, welches nicht in der Sättigung betrieben wird, erweisen sich 120 Windungen primär- und sekundärseitig in Bezug auf Flächenbedarf als vorteilhaft. Diese geringe Anzahl von Windungen wird durch die Verwendung einer Speisefrequenz von 20kHz ermöglicht.

Patentansprüche

1. Werkzeuggerät mit einem Ultraschalladapter mit einem an einen elektrischen Ultraschallfrequenzgenerator (8) angeschlossenen kapazitiven elektroakustischen Wandler (4) zur Erzeugung von Ultraschallwellen für ein Werkzeug (2), **dadurch gekennzeichnet, dass** der kapazitive elektroakustische Wandler (4) mit einer Sekundärwicklung (5) und der Ultraschallfrequenzgenerator (8) mit einer Primärwicklung (7) eines Transformators (6) verbunden ist.
2. Werkzeuggerät nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** mit der Frequenz des Ultraschallfrequenzgenerators (8) die Resonanzfrequenzen des kapazitiven elektroakustischen Wandlers (4), und/oder des Sekundärschwingkreises und/oder der Amplitude der Longitudinalschwingungen des Werkzeuges (2) aufeinander abgestimmt dimensioniert sind.
3. Werkzeuggerät nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ultraschalladapter (1) und/oder das Werkzeug (2) für eine Resonanzfrequenz im Bereich von 20 bis 35 kHz dimensioniert ist.
4. Werkzeuggerät nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der kapazitive elektroakustische Wandler (4) in Richtung des Werkzeuggerätes (3) axial benachbart zur Sekundärwicklung (5) angeordnet ist.
5. Werkzeuggerät nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Transformator (6) mit einem inneren Transformator Kern (11), der Sekundärwicklung (5), einem Luftspalt (12), einer Primärwicklung (7) und einem äusseren Transformator Kern (13) radial von Innen nach Ausen angeordnet ist.
6. Werkzeuggerät nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Transformator (6) aus zwei Spulen innerhalb zweier, einander mit der Öffnung zugeordneter, Schalenkerne als Transformator Kerne (11, 13) ausgebildet ist, sowie je einem Schalenkern eine Spule drehfest zugeordnet ist, wobei die Primärwicklung (7) dem mit dem Werkzeuggerät (3) drehfest verbundenen Stator und die Sekundärwicklung (5) dem mit dem Werkzeug (2) drehfest verbundenen Rotor zugeordnet ist.
7. Werkzeuggerät nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Transformator (6) zwei ineinander verschachtelte, bezüglich der Werkzeugachse (A) entgegengesetzt orientierte, Schalenkerne als Transformator Kerne (11, 13) aufweist, welche jeweils drehfest, parallel zur Werkzeugachse (A) orientierte, Spulen zugeordnet beinhalten, wobei die Primärwicklung (7) dem mit dem Werkzeuggerät (3) drehfest verbundenen Stator und die Sekundärwicklung (5) dem mit dem Werkzeug (2) drehfest verbundenen Rotor zugeordnet ist.
8. Werkzeuggerät nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Werkzeug (2) mit integriertem kapazitiven elektroakustischen Wandler (4) und Sekundärteil eines Transformators (6) wechselbar zugeordnet ist.
9. Werkzeuggerät nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Transformator (6) zumindest teilweise um eine Werkzeugachse (A) rotierbar oder schwingbar ausgeführt ist.
10. Werkzeuggerät nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Masse des inneren Transformator Kerns (11) zum Abgleich des schwingenden, mechanischen Systems verwendbar ist.
11. Werkzeuggerät nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der innere Transformator Kern (11) aus geschichteten und gegeneinander elektrisch isolierten Lamellen aufgebaut ist.
12. Werkzeuggerät nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der kapazitive elektroakustische Wandler (4) bezüglich der Amplitude der Longitudinalschwingungen des Werkzeuges (2) in einem Schwingungsknoten angeordnet ist.
13. Werkzeuggerät nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Werkzeug (2) und/oder der Transformator (6) und/oder der kapazitive elektroakustische Wandler (4) längs

der Werkzeugachse (A) hohl ausgeführt sind.

5

10

15

20

25

30

35

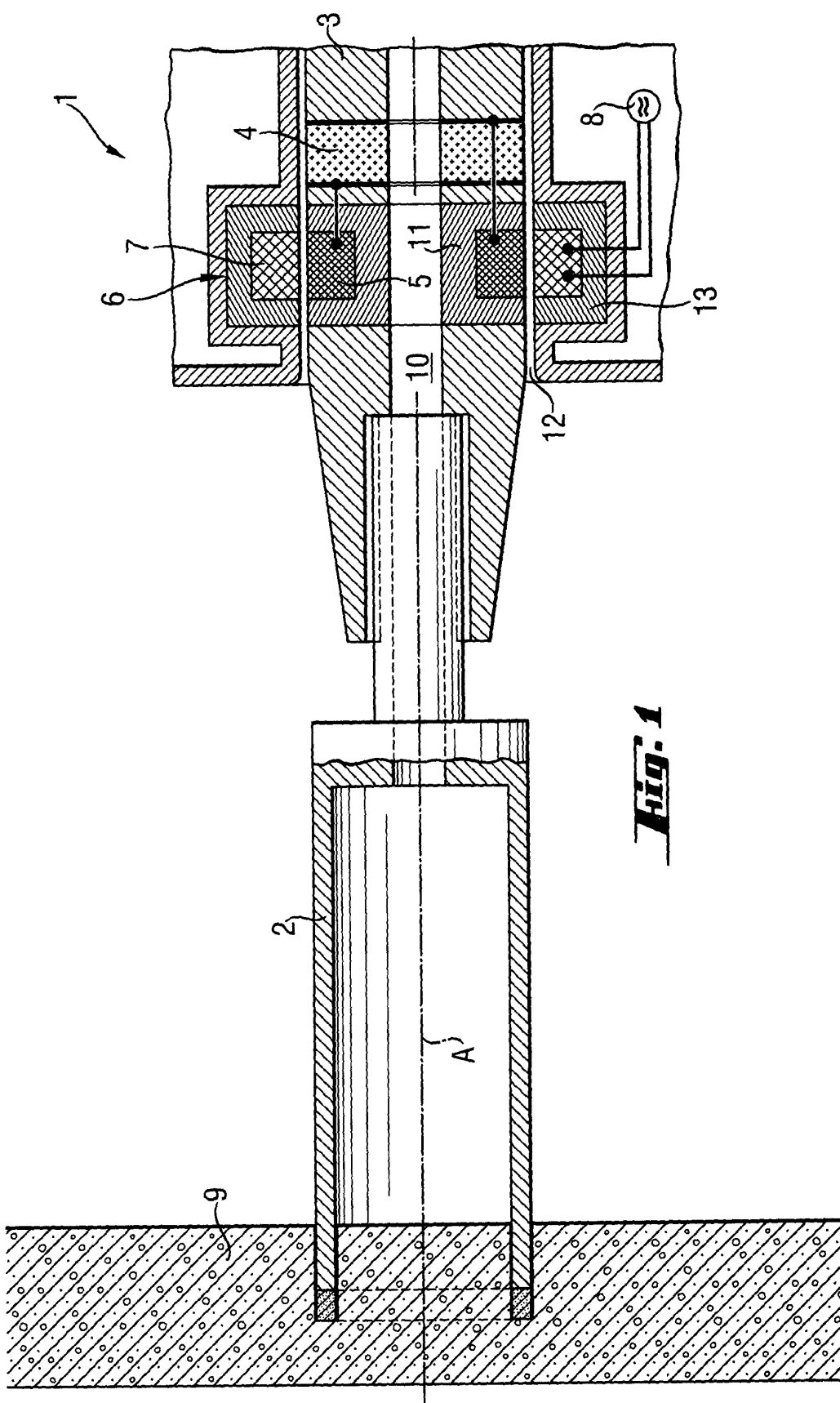
40

45

50

55

5



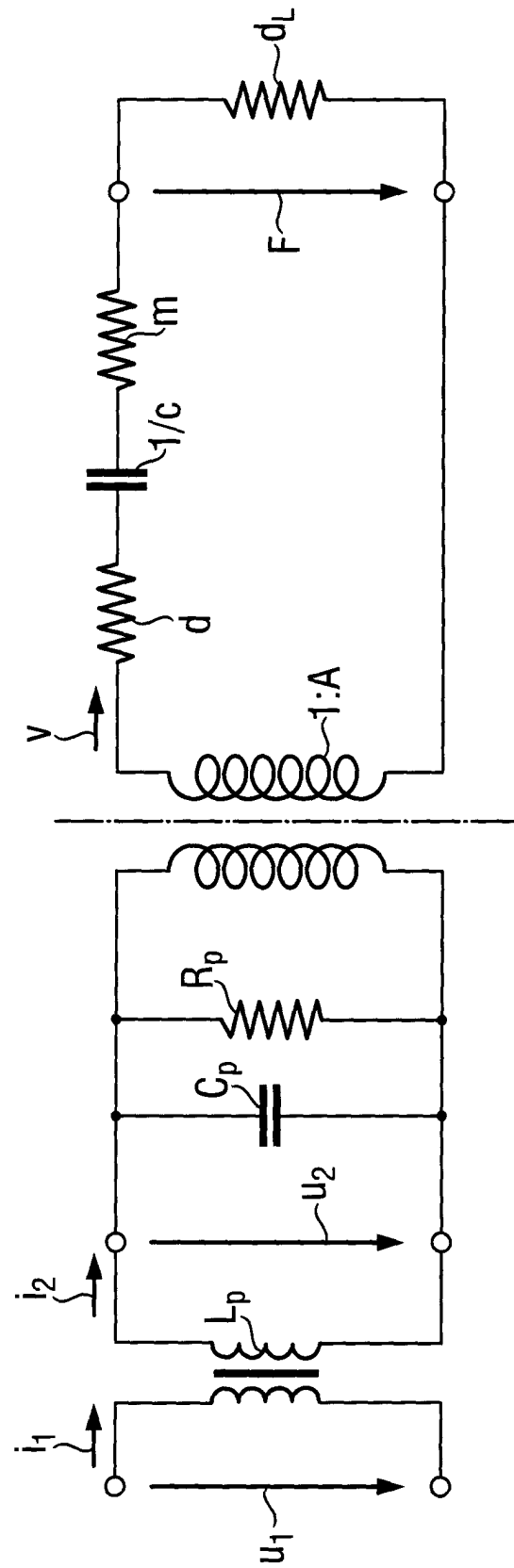


Fig. 2