

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
10. November 2016 (10.11.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/177571 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation:
G01R 15/14 (2006.01) *G01R 15/16* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/058693
- (22) Internationales Anmeldedatum:
20. April 2016 (20.04.2016)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2015 208 173.7 4. Mai 2015 (04.05.2015) DE
- (71) Anmelder: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
[DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).
- (72) Erfinder: ARZIG, Klaus; Weissensee 10, 90537 Feucht (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,

GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

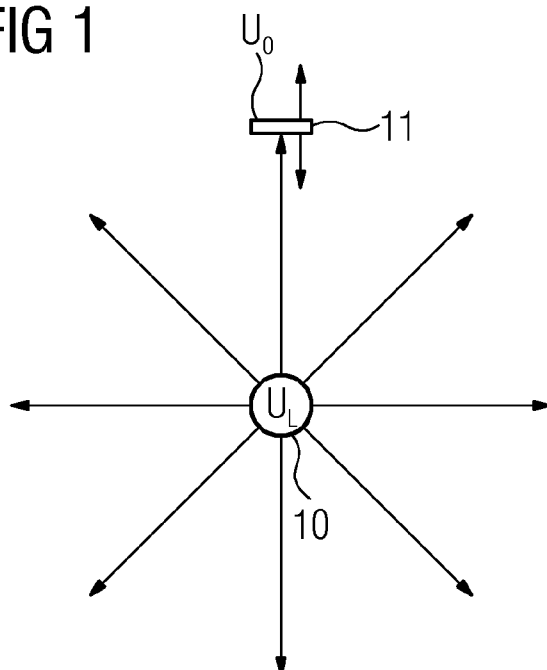
Veröffentlicht:

- ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)

(54) Title: METHOD AND MEASURING ARRANGEMENT FOR MEASURING VOLTAGE, ARRANGEMENT COMPRISING A SENSOR AND USE OF A SENSOR FOR MEASURING VOLTAGE

(54) Bezeichnung : VERFAHREN UND MESSANORDNUNG ZUR SPANNUNGSMESSUNG, ANORDNUNG MIT EINEM SENSOR SOWIE VERWENDUNG EINES SENSORS ZUR SPANNUNGSMESSUNG

FIG 1



(57) Abstract: The invention relates to a method for measuring a voltage that is present in an electrical conductor (10). The object of the invention is that of providing a means for measuring voltage in an electrical conductor which does not require any direct contact with the electrical conductor. To achieve this, according to the invention: a measurable variable is detected by means of a sensor (40), the measurable variable being suitable for characterising the electrical field strength acting in the vicinity of the conductor (10) on a reference electrode (11) and the reference electrode (11) at least partially consisting of an electrically conductive material and being electrically insulated and spaced apart from the conductor (10); and the voltage present in the electrical conductor (10) is determined with the aid of the detected measurable variable using a measuring device (60) that is in contact with the sensor (40). The invention also relates to a measuring arrangement for measuring voltage, to an arrangement comprising a sensor and to the use of a sensor for measuring voltage.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Messen einer an einem elektrischen Leiter (10) anliegenden Spannung. Um eine Möglichkeit zur Spannungsmessung an einem elektrischen Leiter anzugeben, bei dem kein direkter Kontakt mit dem elektrischen Leiter hergestellt werden muss, wird vorgeschlagen, dass eine Messgröße mittels eines Sensors (40) erfasst wird, wobei die Messgröße dazu geeignet ist, die elektrische Feldstärke, die in der Umgebung des Leiters (10) auf eine Referenzelektrode (11) wirkt, zu charakterisieren, und wobei die Referenzelektrode (11) zumindest teilweise aus einem elektrisch leitfähigen Material besteht und elektrisch isoliert und beabstandet von dem Leiter (10) angeordnet ist, und dass die an dem elektrischen Leiter (10) anliegende Spannung anhand der erfassten Messgröße mit einer mit dem Sensor (40) in Verbindung stehenden Messeinrichtung (60) bestimmt wird. Die Erfindung betrifft auch eine Messanordnung zur Spannungsmessung, eine Anordnung mit einem Sensor und die Verwendung eines Sensors zur Spannungsmessung.

Beschreibung

Verfahren und Messanordnung zur Spannungsmessung, Anordnung
mit einem Sensor sowie Verwendung eines Sensors zur Span-
nungsmessung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Messanordnung
zum Messen einer an einem elektrischen Leiter anliegenden
Spannung. Die Erfindung betrifft auch eine Anordnung mit ei-
nem Sensor und eine Verwendung eines Sensors zum Messen einer
an einem elektrischen Leiter anliegenden Spannung.

Zur Messung einer an einem elektrischen Leiter anliegenden
Spannung werden heutzutage üblicherweise direkte elektrische
ohmsche oder kapazitive Messverfahren eingesetzt, bei denen
die Spannungsmessung z.B. über Widerstandsteiler oder kapazi-
tive RC-Teiler erfolgt. Elektrische Leiter können hierbei
beispielsweise Bestandteil elektrischer Bauteile, wie z.B.
Kabeln, Freileitungen, Schaltern, Transformatoren, von elekt-
rischen Anlagen sein. Elektrische Anlagen sind beispielsweise
elektrische Übertragungs- und/oder Verteilnetze, elektrische
Schaltanlagen oder Transformatoranlagen. Zum Durchführen von
Aufgaben zur Überwachung, Steuerung und zum Schutz solcher
elektrischer Anlagen muss in vielen Fällen auch eine Messung
der an einem elektrischen Leiter anliegenden elektrischen
Spannung stattfinden. Beispielsweise ist zur Durchführung ei-
nes gerichteten Überstrom-Schutzalgorithmus in einem elektri-
schen Verteilnetz neben einer Strommessung auch die Messung
der Spannung erforderlich, um eine Angabe der Richtung, in
der sich ein etwaiger Fehler von der Messstelle aus gesehen
befindet, vornehmen zu können.

Im Zusammenhang mit der Spannungsmessung in elektrischen An-
lagen ist es beispielsweise bekannt, ohmsche Spannungsteiler
einzusetzen, die eine vergleichsweise genaue Spannungsmessung
ermöglichen, jedoch einen erheblichen Kostenfaktor darstel-
len, insbesondere wenn sie nachträglich installiert werden.

Aus der deutschen Offenlegungsschrift DE 23 25 449 A1 ist zudem zur Spannungsmessung in Hochspannungsschaltanlagen ein kapazitiver Spannungswandler beschrieben, der aus einem stromführenden Leiter des Hochspannungsnetzes und einer in
5 einem Stützisolator des Leiters eingebetteten Elektrode gebildet ist. Üblicherweise werden solche kapazitiven Spannungswandler heute jedoch lediglich zur Feststellung des Vorhandenseins einer Spannung bestimmter Mindesthöhe auf einer Leitung eines Stromverteilungsnetzes den Verschiebestrom ei-
10 nes Hochspannungs-Koppelkondensators genutzt, da das erhaltene Messergebnis teilweise relativ ungenau ist, so dass es nur zur Feststellung des Vorhandenseins der Spannung, nicht aber zur Bestimmung von deren genauer Höhe verwendet werden kann.

15 Allen diesen Messmethoden gemein ist die Notwendigkeit, einen direkten elektrischen Kontakt mit dem elektrischen Leiter herzustellen. Insbesondere bei der Nachrüstung bestehender elektrischer Anlagen entsteht durch eine Nachrüstung von Spannungswandlern damit ein erheblicher Montage- und Kosten-
20 aufwand.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Möglichkeit zur Spannungsmessung an einem elektrischen Leiter anzugeben, bei dem kein direkter Kontakt mit dem elektrischen Leiter
25 hergestellt werden muss.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren zum Messen einer an einem elektrischen Leiter anliegenden Spannung gelöst, bei dem mit einem Sensor eine Messgröße erfasst
30 wird, die dazu geeignet ist, die elektrische Feldstärke, die in der Umgebung des Leiters auf eine Referenzelektrode wirkt, zu charakterisieren, wobei die Referenzelektrode zumindest teilweise aus einem elektrisch leitfähigen Material besteht und elektrisch isoliert und beabstandet von dem Leiter ange-
35 ordnet ist, und die an dem elektrischen Leiter anliegende Spannung anhand der erfassten Messgröße mit einer mit dem Sensor in Verbindung stehenden Messeinrichtung bestimmt wird.

Auf diese Weise kann eine Spannungsmessung erfolgen, ohne dass ein direkter elektrischer Kontakt, beispielsweise durch Vorsehen eines zu einem Spannungsteiler gehörenden weiteren Leiters, mit dem Leiter hergestellt werden muss. Es wird nämlich der Effekt ausgenutzt, dass in der Umgebung des Leiters ein elektrisches Feld aufgebaut wird, dessen Feldstärke auf die Referenzelektrode einwirkt. Die Intensität dieser Einwirkung ist abhängig von einer zwischen dem elektrischen Leiter und der Referenzelektrode vorhandenen elektrischen Potentialdifferenz, also einer elektrischen Spannung, die zwischen dem elektrischen Leiter und der Referenzelektrode herrscht. Dies macht sich die Erfindung zunutze, indem mit dem Sensor eine Messgröße bestimmt wird, die durch die auf die Referenzelektrode einwirkende Feldstärke beeinflusst wird und somit dazu geeignet ist, die Höhe der Feldstärke am der Stelle der Referenzelektrode zu charakterisieren. Durch geeignete Auswertung kann mittels der nachgeschalteten Messeinrichtung anhand der Messgröße auf die Spannung geschlossen werden.

Sofern zudem das elektrische Potential bekannt ist, auf dem sich die Referenzelektrode befindet, kann eine Spannung bezogen auf ein beliebiges elektrisches Potential, vorzugsweise auf ein Nullpotential, angegeben werden. Hierfür kann zudem auch vorgesehen sein, dass die Referenzelektrode auf Nullpotential liegt.

Die Verbindung zwischen dem Sensor und der Messeinrichtung kann sowohl kabelgebunden als auch kabellos (z.B. über Funktechniken) ausgeführt sein. Bei letzterer Ausführung kann als Messeinrichtung beispielsweise auch ein mit einer Nahfunktechnik (z.B. ZigBee, Bluetooth, RFID) ausgestattetes tragbares Gerät, z.B. ein tragbares Messgerät, ein Laptop, ein Tablet oder ein Smartphone, eingesetzt werden, das mit mehreren Sensoren mit kabelloser Übertragung der Messgröße zusammenwirken kann.

Die Erfindung ermöglicht sowohl eine technisch einfache Ausstattung einer Neuanlage mit Spannungsmessstellen als auch eine kostengünstige Nachrüstung solcher Messstellen an bestehenden Anlagen.

5

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, dass mittels des Sensors als Messgröße eine Kraft erfasst wird, die durch das auf die Referenzelektrode einwirkende elektrische Feld des Leiters be-
10 wirkt wird.

In diesem Fall wirkt durch das elektrische Feld eine Kraft auf die Referenzelektrode, die durch einen geeigneten Kraftsensor in eine Messgröße umgesetzt wird. Da diese Messgröße
15 abhängig von der Größe der elektrischen Feldstärke ist, kann sie dazu verwendet werden, eine elektrische Spannung zu ermitteln.

Alternativ kann auch vorgesehen sein, dass mittels des Sensors als Messgröße eine Veränderung einer Relativlage zwischen dem Leiter und der Referenzelektrode erfasst wird, die durch eine Bewegung der Referenzelektrode entlang des elektrischen Feldes des Leiters hervorgerufen wird.

Bei dieser Ausführungsform wird von dem Sensor eine Lageänderung der Referenzelektrode erfasst, die durch die Einwirkung einer infolge des elektrischen Feldes auf die Referenzelektrode herrschenden Kraft hervorgerufen wird. Die Größe der Lageänderung gibt Aufschluss über die Höhe der elektrischen
25 Feldstärke und kann somit von der Messeinrichtung in eine Angabe über die Spannung umgesetzt werden.
30

Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass ein Sensor mit einem sensitiven Element verwendet wird, dessen elektrische Leitfähigkeit
35 sich durch Einwirkung einer Kraft verändert.

Beispielsweise kann hierfür ein Sensor verwendet werden, wie er im Aufsatz „Ultrasensitive mechanical crack-based sensor inspired by the spider sensory system“ von D. Kang et al. im Magazin „Nature“ (Band 516, Nr. 7530, S. 222-226, 11. Dezember 2014, ISSN 0028-0836) beschrieben worden ist, dessen Inhalt explizit als Teil der vorliegenden Offenbarung aufgenommen wird. Der bekannte Sensor umfasst ein sensitives Element, das beispielsweise eine auf einer visko-elastischen Schicht aufgebrachte Platinschicht umfasst. Die Oberfläche des sensitiven Elementes weist Spalten auf. Das sensitive Element erfährt durch Einwirkung einer Kraft eine Verformung, die mit den in der Oberfläche vorgesehenen Spalten derart zusammenwirkt, dass hierdurch eine Veränderung der Leitfähigkeit des sensitiven Elementes verursacht wird. Der beschriebene Sensor ist in der Lage Bewegungen im Nanometerbereich zu erfassen. Hierdurch eignet er sich auch zur Erfassung von kleinsten Lageveränderungen der Referenzelektrode, die aufgrund eines sich verändernden elektrischen Feldes des Leiters hervorgerufen werden. Im Falle einer am Leiter anliegenden Wechselspannung kann somit eine Vibration bzw. Schwingung der Referenzelektrode erfasst werden, deren Amplitude abhängig von der Höhe der elektrischen Feldstärke und damit von der an dem Leiter im Vergleich zur Referenzelektrode anliegenden Spannung ist.

In diesem Zusammenhang wird es als vorteilhaft angesehen, wenn die Messeinrichtung die Spannung anhand einer Messung des über den Sensor abfallenden elektrischen Widerstands bestimmt. Mit der Leitfähigkeit des sensitiven Elementes des Sensors verändert sich nämlich auch der über den Sensor abfallende elektrische Widerstand, so dass aus der Höhe des Widerstandes auf die an dem Leiter anliegende elektrische Spannung geschlossen werden kann. Zur Umsetzung des Signals des gemessenen Widerstands in die Spannung kann z.B. eine geeignete Kalibrierung durchgeführt werden.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens kann auch vorgesehen sein, dass eine die Spannung angegebende Spannungsmessgröße einem Schutz- oder Leitgerät zugeführt wird, das unter Verwendung der Spannungsmessgröße eine Funktion zum Schutz, zum Überwachen, zum Steuern und/oder zum Regeln einer den elektrischen Leiter umfassenden elektrischen Anlage ausführt.

Auf diese Weise kann die gemessene Spannung zur Durchführung einer Schutz-, Überwachungs-, Steuer- und/oder Regelfunktion eingesetzt werden. Da das erfindungsgemäße Verfahren zur Spannungsmessung einen vergleichsweise kostengünstigen Sensor verwendet, der zudem nicht mit dem Leiter in direkten elektrischen Kontakt gebracht werden muss und damit eine einfache Montage ermöglicht, können elektrische Anlagen mit einer Vielzahl von Spannungsmessstellen ausgestattet werden. Auch eine einfache Nachrüstung bestehender Anlagen ist möglich. Hierdurch steigt der Automatisierungsgrad elektrischer Anlagen und damit deren Zuverlässigkeit und Effizienz, da auch in solchen elektrischen Anlagen die Durchführung von spannungsbasierten Schutz-, Überwachungs-, Steuer- und/oder Regelfunktionen ermöglicht wird, in denen eine Nachrüstung von klassischen (ohmschen oder kapazitiven) Spannungsumsetzern nur mit großem Aufwand und hohen Kosten möglich wäre.

Schließlich kann gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens auch vorgesehen sein, dass der elektrische Leiter in einem Kabel geführt und von einem Schirmleiter umgeben ist und als Referenzelektrode der Schirmleiter verwendet wird.

In diesem Fall lässt sich eine einfache Spannungsmessung an einem geschirmten Kabelleiter durchführen. Der primär zur Abschirmung elektro-magnetischer Felder vorgesehene Schirmleiter wird hierbei als Referenzelektrode genutzt, da er dem um den Leiter vorhandenen elektrischen Feld ausgesetzt ist. Dabei wird sich der Schirmleiter durch die Einwirkung des

elektrischen Feldes zusammenziehen bzw. ausdehnen, was durch den Sensor erfasst werden kann. Auf diese Weise lässt sich sehr vorteilhaft eine Spannungsmessung in geschirmten Kabelnetzen durchführen, da zum Erstellen einer Spannungsmessstelle kein Öffnen des Schirmleiters erforderlich ist. Der Sensor kann hingegen entweder direkt auf dem Schirmleiter oder auf einem den Schirmleiter umgebenden Mantel des Kabels aufgebracht werden, sofern dieser keine zu hohe Dämpfung der Kraft auf den Schirmleiter bzw. Bewegung des Schirmleiters aufgrund des elektrischen Feldes um den Leiter bewirkt.

Die oben genannte Aufgabe wird auch durch eine Messanordnung zum Messen einer elektrischen Spannung gelöst, wobei die Anordnung einen Sensor und eine mit dem Sensor in Verbindung stehende Messeinrichtung umfasst und dazu geeignet ist, mit dem elektrischen Leiter, an dem die zu messende Spannung anliegt, in eine Wirkverbindung gebracht zu werden.

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass der Sensor zum Erfassen einer Messgröße ausgebildet ist, die dazu geeignet ist, die elektrische Feldstärke, die in der Umgebung des Leiters auf eine Referenzelektrode wirkt, zu charakterisieren, wobei die Referenzelektrode zumindest teilweise aus einem elektrisch leitfähigen Material besteht und elektrisch isoliert und beabstandet von dem Leiter angeordnet ist, und die Messeinrichtung zum Bestimmen der elektrischen Spannung anhand der erfassten Messgröße ausgebildet ist.

Die erfindungsgemäße Messanordnung umfasst folglich zumindest den Sensor und die Messeinrichtung. Sensor und Messeinrichtung können in kabelgebundener oder kabelloser Weise miteinander in Verbindung stehen.

Der Sensor kann in einer Ausführungsform der Messanordnung beispielsweise mit der Referenzelektrode verbunden sein. Auf diese Weise kann die Auswirkung des elektrischen Feldes auf die Referenzelektrode kontinuierlich von dem Sensor erfasst

und in Form der Messgröße an die Messeinrichtung weitergegeben werden. Die Messeinrichtung kann in räumlicher Nähe oder entfernt von dem Sensor angeordnet sein.

- 5 In einer anderen Ausführungsform der Messanordnung kann die Messeinrichtung mit dem Sensor eine bauliche Einheit bilden. In diesem Fall kann die bauliche Einheit beispielsweise fest in der Nähe des elektrischen Leiters, z.B. als Bestandteil einer den Leiter umfassenden elektrischen Anlage, montiert
10 sein.

- In einer weiteren Ausführungsform der Messanordnung kann eine bauliche Einheit den Sensor, die Messeinrichtung und die Referenzelektrode umfassen. Diese bauliche Einheit kann z.B.
15 als separates, ggf. auch tragbares, Messgerät ausgebildet sein, das zur Spannungsmessung derart in die Nähe des Leiters gebracht wird, dass die Referenzelektrode der Wirkung des elektrischen Feldes um den Leiter ausgesetzt wird.

- 20 Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der erfindungsgemäßen Messanordnung kann vorgesehen sein, dass der Sensor ein sensitives Element umfasst, dessen elektrische Leitfähigkeit durch Einwirkung einer Kraft veränderbar ist.

- 25 Bei diesem Sensor kann es sich beispielsweise um einen Sensor der hinsichtlich des erfindungsgemäßen Verfahrens bereits beschriebenen Art handeln.

- In diesem Zusammenhang kann zudem vorgesehen sein, dass die
30 Messeinrichtung zum Messen des über den Sensor abfallenden elektrischen Widerstands ausgebildet ist.

- Hinsichtlich der Spannungsmessung an geschirmten Kabeln kann gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der erfindungsgemäßen Messanordnung zudem vorgesehen sein, dass der Sensor an
35 einem Kabel befestigt ist, das den Leiter und einen den Leiter umgebenden Schirmleiter umfasst, wobei die Referenzelekt-

rode zumindest teilweise durch den Schirmleiter gebildet ist und der Sensor mit dem Schirmleiter oder mit einem den Schirmleiter umgebenden Mantel des Kabels verbunden ist.

- 5 Hierbei wird in vorteilhafter Weise der Schirmleiter als Referenzelektrode genutzt. Der Sensor kann beispielsweise direkt auf den Schirmleiter oder auf einen den Schirmleiter umgebenden Mantel des Kabels aufgebracht werden. Kabel mit geschirmten elektrischen Leitern werden beispielsweise in
10 elektrischen Anlagen und Versorgungsnetzen, insbesondere auf der Mittel- und Niederspannungsebene, verwendet.

Gemäß einer anderen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Messanordnung kann auch vorgesehen sein, dass der Sensor mit
15 einer den Leiter umgebenden Manschette, die die Referenzelektrode umfasst, verbunden ist.

Bei dieser Ausführungsform kann auch eine Spannungsmessung an ungeschirmten Leitern, beispielsweise ungeschirmten Kabeln,
20 Freileitungen oder Kontakten in Schaltern, vorgenommen werden. Dabei wird eine Manschette um den Leiter angeordnet, die die Referenzelektrode umfasst. Dabei kann die Referenzelektrode entweder als geschlossener Ring um den Leiter vorgesehen sein und damit den kompletten Umfang der Manschette durchsetzen oder lediglich ein Teilsegment der Manschette bilden. Der
25 Sensor steht in Verbindung mit der Referenzelektrode und kann somit die Einwirkung des elektrischen Feldes des Leiters auf die Elektrode als Messgröße erfassen.

30 Eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Messanordnung sieht vor, dass der Sensor und die Referenzelektrode in einem tragbaren Messgerät angeordnet sind, das dazu geeignet ist, zeitweise in eine derartige Nähe an den Leiter herangeführt zu werden, dass die Referenzelektrode durch das den
35 Leiter umgebende elektrische Feld beeinflusst wird.

Auf diese Weise wird quasi ein universelles tragbares Messgerät zur Spannungsmessung an elektrischen Leitern gebildet, das sich für den mobilen Einsatz zur diskontinuierlichen Messung eignet.

5

Hinsichtlich der erfindungsgemäßen Messanordnung gelten alle zu dem erfindungsgemäßen Verfahren voranstehend und nachfolgend gemachten Ausführungen und umgekehrt in entsprechender Weise, insbesondere ist die erfindungsgemäße Messanordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens in jeder beliebigen Ausführungsform oder einer Kombination beliebiger Ausführungsformen eingerichtet. Auch hinsichtlich der Vorteile der erfindungsgemäßen Messanordnung wird auf die zu dem erfindungsgemäßen Verfahren beschriebenen Vorteile verwiesen.

10
15

Die oben genannte Aufgabe wird auch durch eine Anordnung mit einem elektrischen Leiter und einer Referenzelektrode, die zumindest teilweise aus einem elektrisch leitfähigen Material besteht und elektrisch isoliert und beabstandet von dem Leiter angeordnet ist, gelöst.

20

Eine solche Anordnung ist beispielsweise in einer speziellen Ausführungsform als geschirmtes Kabel bekannt.

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die Anordnung einen Sensor umfasst, der zum Erfassen einer Messgröße ausgebildet ist, die dazu geeignet ist, die elektrische Feldstärke, die in der Umgebung des Leiters auf eine Referenzelektrode wirkt, zu charakterisieren, und der Sensor dazu ausgebildet ist, zur Bestimmung einer an dem elektrischen Leiter anliegenden Spannung mit einer Messeinrichtung in Wirkverbindung gebracht zu werden.

25
30

Die erfindungsgemäße Anordnung umfasst somit sowohl den Leiter und die Referenzelektrode als auch den Sensor. Hierdurch können quasi Anordnungen in Form von elektrischen Komponenten geschaffen werden, die gleichsam eine eingebaute Spannungs-

35

messstelle umfassen. Die mittels des Sensors erfasste Messgröße muss in diesem Fall lediglich an eine Messeinrichtung weitergegeben werden, die die Bestimmung der Spannung aus der Messgröße durchführt. In diesem Zusammenhang kann der Sensor
5 beispielsweise über eine Einrichtung zur kabellosen Übertragung von Informationen verfügen (z.B. eine Nahfeld-Funkkommunikationsschnittstelle), über die die Messgröße an eine Messeinrichtung übertragen wird. Die Messeinrichtung kann in diesem Fall z.B. durch ein tragbares Gerät, wie z.B.
10 einen Laptop, einen Tabletcomputer oder ein Smartphone, gebildet sein. Alternativ kann der Sensor aber auch mit einer stationären Messeinrichtung, beispielsweise eine Leitstelleneinrichtung, in Verbindung stehen. Es ist zudem auch möglich, dass zwischen dem Sensor und der Messeinrichtung eine kabelgebundene Kommunikationsverbindung besteht.
15

Hinsichtlich der Anordnung kann zudem vorgesehen sein, dass die Anordnung ein Kabel ist, das den Leiter enthält, und die Referenzelektrode ein den Leiter umgebender Schirmleiter ist.
20

Bei dieser Ausführungsform kann quasi ein geschirmtes Kabel bereits herstellerseitig mit Sensoren bestückt sein, die die Wirkungen des elektrischen Feldes des Leiters auf den Schirmleiter erfassen und entsprechende Messgrößen an Messeinrichtungen weitergeben. In diesem Fall erübrigt sich der separate
25 Einbau von Messstellen weitgehend.

Hinsichtlich der erfindungsgemäßen Anordnung gelten alle zu dem erfindungsgemäßen Verfahren voranstehend und nachfolgend gemachten Ausführungen und umgekehrt in entsprechender Weise,
30 insbesondere ist die erfindungsgemäße Anordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens in jeder beliebigen Ausführungsform oder einer Kombination beliebiger Ausführungsformen eingerichtet. Auch hinsichtlich der Vorteile der
35 erfindungsgemäßen Anordnung wird auf die zu dem erfindungsgemäßen Verfahren beschriebenen Vorteile verwiesen.

Schließlich bezieht sich die Erfindung auch auf die Verwendung eines Sensors mit einem sensitives Element, dessen elektrische Leitfähigkeit durch Einwirkung einer Kraft veränderbar ist, zur Messung einer elektrischen Spannung, die an
5 einem von einem Schirmleiter umgebenen elektrischen Leiter eines Kabels anliegt.

Beispielsweise kann es sich bei einem solchen Sensor um einen Sensor der hinsichtlich des erfindungsgemäßen Verfahrens beschrieben Art handeln.
10

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Die spezifische Ausgestaltung der Ausführungsbeispiele ist für die allgemeine Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens, der erfindungsgemäßen Messanordnung und der erfindungsgemäßen Anordnung mit einem Sensor sowie der erfindungsgemäßen Verwendung eines Sensors zur Spannungsmessung in keiner Weise einschränkend zu verstehen; vielmehr können einzelne Ausgestaltungsmerkmale des Ausführungsbeispiels in beliebiger Weise frei untereinander und mit
15 20 den voranstehend beschriebenen Merkmalen kombiniert werden.

Hierzu zeigen

- | | | |
|----|---------|--|
| 25 | Figur 1 | eine schematische Ansicht eines elektrischen Leiters und einer ersten Ausführungsform einer Referenzelektrode im Querschnitt; |
| 30 | Figur 2 | eine schematische Ansicht eines elektrischen Leiters und einer zweiten Ausführungsform einer Referenzelektrode im Querschnitt; |
| 35 | Figur 3 | eine schematische Darstellung des prinzipiellen Aufbaus eines Kabels mit einem elektrischen Leiter; |

- Figur 4 eine schematische Darstellung eines Kabels mit auf einem Mantel des Kabels befestigten Sensor;
- Figur 5 eine schematische Darstellung eines Kabels mit auf einem Schirmleiter des Kabels befestigten Sensor;
- Figur 6 eine schematische Darstellung eines Kabels und einer Messanordnung zur Spannungsmessung;
- Figur 7 eine schematische Darstellung eines Kabels mit einem an einer das Kabel umgebenden Manschette befestigten Sensor gemäß einer ersten Ausführungsform;
- Figur 8 eine schematische Darstellung eines Kabels mit einem an einer das Kabel umgebenden Manschette befestigten Sensor gemäß einer zweiten Ausführungsform; und
- Figur 9 eine schematische Darstellung einer tragbaren Messanordnung zur Spannungsmessung.

Figur 1 zeigt einen schematisch angedeuteten elektrischen Leiter 10 im Querschnitt. An diesem liegt eine auf Erdpotential bezogene Spannung U_L an. Ein elektrisches Feld um den Leiter 10 ist in Figur 1 durch Pfeile angedeutet. Im Bereich des elektrischen Feldes befindet sich eine Referenzelektrode 11, die zumindest teilweise aus einem elektrisch leitenden Material, z.B. Kupfer oder Aluminium, besteht, von dem Leiter 10 elektrisch isoliert und von dem Leiter 10 beabstandet angeordnet ist. An der Referenzelektrode liegt eine Referenzspannung U_R an. Vorzugsweise kann die Referenzspannung U_R dem Erdpotential entsprechen.

Aufgrund des um den Leiter 10 befindlichen elektrischen Feldes wirkt eine Kraft auf die Referenzelektrode 11, die - je nach Potentialunterschied und Vorzeichen des an der Referenzelektrode 11 anliegenden Potentials - auf den Leiter 10 zu oder von diesem weg gerichtet ist, wie in Figur 1 durch entsprechende Pfeile angegeben. Bei einem höheren Potentialunterschied steigt die elektrische Feldstärke des elektrischen Feldes um den Leiter 10. Hierdurch steigt bei gleichbleibendem elektrischen Potential der Referenzelektrode 11 entsprechend auch die durch das elektrische Feld auf die Referenzelektrode 11 ausgeübte Kraft.

Handelt es sich bei der an dem Leiter 10 anliegenden Spannung um eine Wechselspannung, so schwingt die durch das elektrische Feld auf die Referenzelektrode 11 (mit konstantem elektrischen Potential) ausgeübte Kraft zumindest annähernd mit der Frequenz der Wechselspannung, was sich z.B. durch ein Vibrieren der Referenzelektrode 11 ausdrückt. Handelt es sich bei der an dem Leiter 10 anliegenden Spannung um eine Gleichspannung, so wirkt eine statische Kraft auf die Referenzelektrode 11, die sich lediglich bei einer Veränderung der Gleichspannung des Leiters 10 entsprechend verändert.

Wenn das elektrische Feld bzw. eine das elektrische Feld charakterisierende Messgröße, z.B. eine auf die Referenzelektrode wirkende Kraft oder eine Lageänderung einer elastisch gehaltenen Referenzelektrode, erfasst wird, lässt sich aufgrund der Wechselbeziehung zwischen an dem Leiter 10 anliegender elektrischer Spannung und der Stärke des elektrischen Feldes aus dieser Messgröße eine Angabe über die zwischen dem Leiter 10 und der Referenzelektrode 11 wirkende elektrische Spannung ermitteln. Sofern die Referenzelektrode 11 auf Erdpotential liegt, entspricht die gemessene Spannung der zwischen dem Leiter 10 und Erde wirkenden elektrischen Spannung.

Bei dem elektrischen Leiter 10 kann es sich um jegliche Form eines elektrischen Leiters, z.B. einen Leiter eines Kabels, eine Freileitung oder einen Kontakt eines Schalters, handeln.

5 Figur 2 zeigt eine weitere schematische Darstellung eines elektrischen Leiters 10 im Querschnitt. Im Unterschied zur Figur 1 ist die Referenzelektrode 21 gemäß Figur 2 im Querschnitt als koaxial um den Leiter 10 angeordneter Ring ausgebildet. Beispielsweise kann es sich bei der Referenzelektrode
10 21 um einen den Leiter umgebenden Schirmleiter handeln, der sich üblicherweise über die komplette Länge des Leiters 10 oder zumindest einen großen Teil davon erstreckt. Alternativ kann die Referenzelektrode 21 sich aber auch nur über einen Teilabschnitt des Leiters 10 erstrecken und beispielsweise in
15 der Art einer den Leiter teilweise umgebenden Manschette ausgebildet sein.

Auch auf die Referenzelektrode 21 wirkt infolge des elektrischen Feldes um den Leiter 10 eine Kraft, die dazu führt,
20 dass der Ringquerschnitt der Referenzelektrode etwas nach außen gedehnt bzw. nach innen zusammengezogen wird. Dieser Effekt ist durch beispielhaft in der Figur 2 eingezeichnete Pfeile angedeutet. Z.B. wird bei einer an dem Leiter 10 anliegenden Wechselspannung die Referenzelektrode 21 eine Vib-
25 ration erfahren. Auch diese von der Höhe der elektrischen Feldstärke abhängigen Effekte lassen sich in Form einer Messgröße erfassen und zur Spannungsbestimmung verwenden.

Die Figuren 3 bis 5 zeigen anhand des Beispiels eines geschirmten Kabels, wie eine Spannungsmessung bei einem elektrischen Leiter stattfinden kann. Dazu ist in Figur 3 zunächst
30 schematisch der allgemeine Aufbau eines Kabels 30 dargestellt. Das in Figur 3 abschnittsweise gezeigte Kabel 30 umfasst den elektrischen Leiter 10. Dieser kann z.B. aus Kupfer oder Aluminium bestehen. Üblicherweise ist der Leiter eines Kabels zudem nicht einstückig, sondern in Form mehrerer zusammengepresster Drähte ausgebildet. Der Leiter 10 ist koaxi-
35

al von einem elektrisch isolierenden Dielektrikum 31 umgeben, das aus einer oder mehreren Schichten bestehen kann und z.B. aus Polyethylen besteht. Das Dielektrikum 31 ist coaxial von einem Schirmleiter 32 mit ringförmigem Querschnitt umgeben.

5 Der Schirmleiter 32 ist beispielsweise aus Kupfer in Form eines Bandes bzw. eines Geflechtes aufgebaut. Prinzipiell dient der Schirmleiter dazu, elektromagnetische Kopplungen zwischen dem Leiter und anderen elektrischen oder elektronischen Komponenten zu verringern. Der Schirmleiter 32 ist schließlich
10 coaxial von einem das Kabel nach außen isolierenden Mantel 33 umgeben.

Der in Figur 3 gezeigte Aufbau eines Kabels ist lediglich beispielhaft zu verstehen, je nach Typ und Einsatzzweck des
15 Kabels können zu den erläuterten Schichten weitere Schichten (z.B. Trennschichten, Leitschichten) hinzukommen. Kabel wie das in Figur 3 gezeigte werden beispielsweise in elektrischen Mittel- und Niederspannungsnetzen eingesetzt.

20 Wie im Zusammenhang mit Figur 2 erläutert, kann der Schirmleiter 32 des Kabels gleichsam als Referenzelektrode zur Spannungsmessung verwendet werden, da er durch die Höhe des um den Leiter 10 vorhandenen elektrischen Feldes beeinflusst wird.

25 Figur 4 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Kabels 30 mit einem auf dem Schirmleiter 32 des Kabels aufgebracht (in Figur 4 nur schematisch angedeuteten) Sensor 40. Der Sensor 40 ist dazu geeignet, einen durch die elektrische Feldstärke auf den Schirmleiter 32 bewirkten Effekt als Messgröße zu erfassen. Dabei kann es sich wie zu Figur 2 erläutert z.B. um eine auf den Schirmleiter 32 wirkende Kraft oder eine Lageänderung des Schirmleiters 32 (z.B. eine Vibration) handeln.

35 Der zur Erfassung der Messgröße eingesetzte Sensor 40 kann beispielsweise ein sensitives Element umfassen, dessen elektrische Leitfähigkeit durch eine auf den Sensor 40 ausgeübte

Kraft verändert wird. Ein solcher Sensor, der durch eine Kraft resultierende Bewegungen im Bereich weniger Nanometer erfassen kann, ist beispielsweise in dem eingangs bereits erwähnten Aufsatz „Ultrasensitive mechanical crack-based sensor inspired by the spider sensory system“ beschrieben. Dieser Sensor weist eine viskoelastische Schicht auf, auf der eine Platinschicht aufgebracht ist. Die Platinschicht weist Spalten bzw. Risse auf, so dass bei Einwirkung einer Kraft die Platinschicht durch Verengung oder Aufweitung der Spalten einer Oberflächenverformung ausgesetzt wird, die sich auf die Leitfähigkeit der Platinschicht und damit des Sensors auswirkt. Über eine Widerstandsmessung kann mittels einer in Figur 4 nicht dargestellten Messeinrichtung ein die Spannung zwischen Schirmleiter 32 (als Referenzelektrode auf Erdpotential) und Leiter 10 charakterisierender Messwert erzeugt werden, aus dem – beispielsweise über eine geeignete Kalibrierung – auf die an dem Leiter 10 anliegende Spannung geschlossen werden kann.

Figur 5 zeigt eine weitere Ausführungsform eines geschirmten Kabels 30 mit Sensor 40 zur Spannungsmessung. Im Unterschied zur Figur 4 ist bei dem Kabel 30 gemäß Figur 5 der Sensor 40 auf dem Mantel 33 des Kabels 30 befestigt, z.B. aufgeklebt. Bei dieser Ausführungsform ist zu berücksichtigen, dass hinsichtlich einer auf den Schirmleiter 32 ausgeübten Kraft bzw. einer Bewegung (z.B. Vibration) des Schirmleiters 32 durch den Mantel eine gewisse Dämpfung stattfindet. Dieser Effekt ist z.B. im Rahmen der Kalibrierung der Messeinrichtung zu berücksichtigen.

Da der Sensor 40 bei den Ausführungsformen gemäß Figuren 4 und 5 lediglich von außen auf den Schirmleiter 32 bzw. auf den Mantel 33 aufgebracht, z.B. geklebt, werden muss, ist für das Vorsehen einer Spannungsmessstelle kein großer Aufwand erforderlich. Eine Öffnung des Schirmleiters 32, um direkten elektrischen Kontakt mit dem Leiter 10 herzustellen, ist nicht erforderlich. Auch eine Nachrüstung bestehender Kabel

kann auf diese Weise verhältnismäßig einfach und kostengünstig erfolgen.

Figur 6 zeigt schematisch ein Kabel 30 im Querschnitt. Wie oben beschrieben umfasst das Kabel 30 den Leiter 10, das Dielektrikum 31, den Schirmleiter 32 und den Mantel 33. In Figur 6 ist zudem auf dem Mantel 33 der Sensor 40 zum Erfassen der die elektrische Feldstärke um den Leiter 10 charakterisierende Messgröße befestigt. Durch das den Leiter 10 umgebende elektrische Feld wird eine Kraft auf den Schirmleiter 32 ausgeübt, die eine Bewegung des Schirmleiters, z.B. eine Vibration bei einer Wechselspannung, erzeugt. Die Kraft, bzw. die durch die Kraft bewirkte Lageänderung der Referenzelektrode in Form des Schirmleiters 32, ist umso stärker, je größer die Feldstärke des den Leiter 10 umgebenden elektrischen Feldes ist. Zudem hängt die Feldstärke wie oben beschrieben von der an dem Leiter 10 anliegenden Spannung ab.

Die von der Feldstärke abhängige Messgröße (Kraft, Lageänderung bzw. Relativlage der Referenzelektrode zum Leiter) wird mittels des Sensors 40 erfasst und in eine Hilfsgröße umgesetzt. Bei einem Sensor des oben beschriebenen Typs wird als Hilfsgröße die Leitfähigkeit des sensitiven Elements des Sensors verwendet, die über eine Widerstandsmessung mit einer Messeinrichtung 60 erfasst werden kann. Die Messeinrichtung kann aus dem ermittelten Widerstandswert, z.B. durch geeignete Kalibrierung, eine Angabe der zwischen dem Leiter 10 und der Referenzelektrode (hier: dem Schirmleiter 32) vorliegenden Spannung ermitteln. Sofern die Referenzelektrode auf Erdpotential liegt, entspricht die ermittelte Spannung der elektrischen Spannung zwischen dem Leiter 10 und Erde.

Optional kann z.B. vorgesehen sein, dass ein die Spannung angegebender Spannungsmesswert U_{mess} an eine Auswerteinrichtung 61 eines elektrischen Schutzgerätes 62 weitergegeben wird, die unter Verwendung des Spannungsmesswertes U_{mess} und ggf. weiterer Messwerte (z.B. Strom) einen Schutzalgorithmus zum Über-

wachen des Kabels oder mit dem Kable verbundener Teile einer elektrischen Anlage auf Fehler, z.B. Kurzschlüsse oder Erdschlüsse, durchführt. Beispielsweise kann unter Verwendung einer Strom- und einer Spannungsmessung ein gerichteter Überstromzeitschutz ausgeführt werden, der neben dem bloßen Vorliegen eines Fehlers (anhand des Überstroms) auch die Richtung des Fehlers von der Messstelle aus gesehen (anhand des Phasenwinkels zwischen Strom und Spannung) angibt. Das Schutzgerät 62 kann im Fehlerfall ein entsprechendes Fehler-signal F ausgeben.

Es ist möglich, Kabel 30 und Sensor 40 bereits herstellerseitig als Einheit zu erzeugen und so ein Kabel mit integrierten Spannungsmessstellen bereitzustellen. Durch Anschließen geeigneter Messeinrichtungen können an den vorgefertigten Spannungsmessstellen Messungen durchgeführt werden.

Alternativ ist es auch möglich, eine Messanordnung, bestehend aus Sensor 40 und Messeinrichtung 60 an beliebigen Stellen eines Kabels vorzusehen bzw. nachzurüsten. Dies kann bei einem geschirmten Kabel beispielsweise durch Befestigen (z.B. Aufkleben) des Sensors auf den Mantel oder den Schirmleiter des Kabels erfolgen; eine direkte Kontaktierung des elektrischen Leiters ist hingegen nicht nötig, so dass der Schirmleiter vorteilhaft nicht geöffnet werden muss. Eine Übertragung der mittels des Sensors aufgenommenen Messgröße an die Messeinrichtung kann über eine kabelgebundene oder eine kabellose Kommunikationsverbindung erfolgen.

Figuren 7 und 8 zeigen eine alternative Möglichkeit zur Befestigung eines Sensors an einem elektrischen Leiter. In Figur 7 ist hierzu im Querschnitt ein Kabel 70 mit einem elektrischen Leiter 10 gezeigt. Bei dem Kabel 70 handelt es sich um ein ungeschirmtes Kabel, bei dem der elektrische Leiter 10 unmittelbar von einem elektrisch isolierenden Mantel umgeben und kein Schirmleiter vorgesehen ist.

Gemäß der in Figur 7 gezeigten Ausführungsform ist als Referenzelektrode eine Manschette 71 um das Kabel gelegt. Die Manschette 71 kann beispielsweise mit Spannlaschen 72 versehen, die über eine Spannschraube 73 mit einander verbunden werden können, um die Manschette 71 auf den Mantel des Kabels 70 aufzupressen. Die Manschette 71 besteht hierbei zumindest teilweise aus einem elektrisch leitfähigen Material, so dass sie - wie beim geschirmten Kabel der Schirmleiter - durch das elektrische Feld um den Leiter 10 beeinflusst wird. Mittels des auf die Manschette 71 aufgebrachten Sensors 40 kann somit eine Messgröße (Kraft, Lageveränderung relativ zum Leiter, z.B. in Form der Amplitude einer Vibration) erfasst werden, die die elektrische Feldstärke um den Leiter an der Stelle der Referenzelektrode charakterisiert. Wie oben beschrieben, kann die Messgröße über eine (in Figur 7 nicht gezeigte) Messeinrichtung in eine Angabe über die am Leiter 10 anliegende Spannung umgesetzt werden.

Die Ausführungsform mit der Manschette 71 ermöglicht es vorteilhaft, an Kabeln und anderen elektrischen Anlagen, an denen kein Element (z.B. ein Schirmleiter) als Referenzelektrode nutzbar ist, lokale Messstellen zur Spannungsmessung vorzusehen oder nachzurüsten.

Figur 8 zeigt eine alternative Ausführungsform einer Manschette zur Spannungsmessung. Hierzu zeigt Figur 8 das Kabel 70 mit dem elektrischen Leiter 10. Das Kabel 70 ist wie in Figur 7 von einer Manschette 81 umgeben, allerdings ist die Manschette 81 in der in Figur 8 gezeigten Ausführungsform aus einem elektrisch nicht leitenden Material (z.B. Kunststoff) gefertigt. Die Manschette 81 weist jedoch eine Aussparung 82 (z.B. eine Bohrung oder eine Längsnut) auf, in die ein Messaufnahmerelement 83 als Referenzelektrode eingesetzt ist. Das Messaufnahmerelement 83 besteht aus einem elektrisch leitenden Material. Dieses Messaufnahmerelement 83 ist in der Aussparung 82 der Manschette 81 radial verschiebbar angeordnet, so dass es durch Einwirkung des elektrischen Feldes des

Leiters verschoben werden kann. Teilweise sich über die Ausnahme 82 mit dem Messaufnehmerelement 83 erstreckend ist der Sensor 40 auf der Manschette 81 befestigt, um eine Lageänderung des Messaufnehmerelements 83 oder eine auf dieses wirkende Kraft zu erfassen.

Schließlich zeigt Figur 9 eine Messanordnung mit einer Referenzelektrode 11, einem Sensor 40 und einer Messeinrichtung 60, die gemeinsam in einem tragbaren Messgerät 90 untergebracht sind. Das tragbare Messgerät 90 weist ein Sensorteil 92 und ein Griffteil 93 auf und lässt sich in die Nähe eines elektrischen Leiters 10 bewegen, so dass die Referenzelektrode 11 dem elektrischen Feld des Leiters 10 ausgesetzt wird. Durch den Sensor 40 lässt sich eine infolge des elektrischen Feldes auf die Referenzelektrode 11 wirkende Kraft oder eine die Lageänderung der Referenzelektrode 11 erfassen. Über die Messeinrichtung 60 kann diese Kraft bzw. Lageänderung z.B. mittels einer Widerstandsmessung erfasst und in einen Spannungsmessgröße U_{mess} umgesetzt werden. Die Spannungsmessgröße U_{mess} kann daraufhin z.B. einer Anzeigeeinrichtung 94 (Display o.ä.) zugeführt und dem Verwender des Messgerätes 90 angezeigt werden.

In den vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen ist zu- meist auf die Spannungsmessung an einem elektrischen Leiter eines Kabels abgestellt worden. Die Erfindung ist jedoch nicht aus Spannungsmessungen an Kabeln beschränkt, vielmehr können an elektrischen Leitern beliebiger Ausführungsform anliegende Spannungen gemessen werden. Obwohl zudem ein Sensor mit einer speziellen Oberfläche, deren Leitfähigkeit durch Krafteinwirkung veränderbarer ist, als Mittel zur Erfassung der die Feldstärke charakterisierenden Größe beschrieben worden ist, ist im Rahmen der Erfindung prinzipiell jeder Sensor einsetzbar, der dazu geeignet ist, mit der benötigten Empfindlichkeit die Auswirkungen einer elektrischen Feldstärke auf eine Referenzelektrode zu erfassen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Messen einer an einem elektrischen Leiter (10) anliegenden Spannung, bei dem folgende Schritte durchgeführt werden:

- Erfassen einer Messgröße mittels eines Sensors (40), wobei die Messgröße dazu geeignet ist, die elektrische Feldstärke, die in der Umgebung des Leiters (10) auf eine Referenzelektrode (11) wirkt, zu charakterisieren, und wobei die Referenzelektrode (11) zumindest teilweise aus einem elektrisch leitfähigen Material besteht und elektrisch isoliert und beabstandet von dem Leiter (10) angeordnet ist; und
- Bestimmen der an dem elektrischen Leiter (10) anliegenden Spannung anhand der erfassten Messgröße mit einer mit dem Sensor (40) in Verbindung stehenden Messeinrichtung (60).

2. Verfahren nach Anspruch 1,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

- mittels des Sensors (40) als Messgröße eine Kraft erfasst wird, die durch das auf die Referenzelektrode (11) einwirkende elektrische Feld des Leiters (10) bewirkt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

- mittels des Sensors (40) als Messgröße eine Veränderung einer Relativlage zwischen dem Leiter (10) und der Referenzelektrode (11) erfasst wird, die durch eine Bewegung der Referenzelektrode (11) entlang des elektrischen Feldes des Leiters (10) hervorgerufen wird.

4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

- ein Sensor (40) mit einem sensitiven Element verwendet wird, dessen elektrische Leitfähigkeit sich durch Einwirkung einer Kraft verändert.

5. Verfahren nach Anspruch 4,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass
- die Messeinrichtung (60) die Spannung anhand einer Messung
des über den Sensor (40) abfallenden elektrischen Widerstands
bestimmt.

5

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass
- eine die Spannung angegebende Spannungsmessgröße einem
Schutz- oder Leitgerät (62) zugeführt wird, das unter Verwen-
10 dung der Spannungsmessgröße eine Funktion zum Schutz, zum
Überwachen, zum Steuern und/oder zum Regeln einer den elekt-
rischen Leiter (10) umfassenden elektrischen Anlage ausführt.

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
15 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass
- der elektrische Leiter (10) in einem Kabel (30) geführt und
von einem Schirmleiter (32) umgeben ist; und
- als Referenzelektrode (11) der Schirmleiter (32) verwendet
wird.

20

8. Messanordnung zum Messen einer elektrischen Spannung, wo-
bei die Anordnung einen Sensor (40) und eine mit dem Sensor
(40) in Verbindung stehende Messeinrichtung (60) umfasst und
dazu geeignet ist, mit dem elektrischen Leiter (10), an dem
25 die zu messende Spannung anliegt, in eine Wirkverbindung ge-
bracht zu werden;

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass
- der Sensor (40) zum Erfassen einer Messgröße ausgebildet
ist, die dazu geeignet ist, die elektrische Feldstärke, die
30 in der Umgebung des Leiters (10) auf eine Referenzelektrode
(11) wirkt, zu charakterisieren, wobei die Referenzelektrode
(11) zumindest teilweise aus einem elektrisch leitfähigen Ma-
terial besteht und elektrisch isoliert und beabstandet von
dem Leiter (10) angeordnet ist; und
35 - die Messeinrichtung (60) zum Bestimmen der elektrischen
Spannung anhand der erfassten Messgröße ausgebildet ist.

9. Messanordnung nach Anspruch 8,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

- der Sensor (40) ein sensitives Element umfasst, dessen elektrische Leitfähigkeit durch Einwirkung einer Kraft veränderbar ist.

10. Messanordnung nach Anspruch 9,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

- die Messeinrichtung (60) zum Messen des über den Sensor (40) abfallenden elektrischen Widerstands ausgebildet ist.

11. Messanordnung nach einem der Ansprüche 8 bis 10,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

- der Sensor (40) an einem Kabel (30) befestigt ist, das den Leiter (10) und einen den Leiter (10) umgebenden Schirmleiter (32) umfasst, wobei die Referenzelektrode (11) zumindest teilweise durch den Schirmleiter (32) gebildet ist und der Sensor (40) mit dem Schirmleiter (32) oder mit einem den Schirmleiter (32) umgebenden Mantel (33) des Kabels (30) verbunden ist.

12. Messanordnung nach einem der Ansprüche 8 bis 10,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

- der Sensor (40) mit einer den Leiter (10) umgebenden Manschette (71, 81), die die Referenzelektrode (11) umfasst, verbunden ist.

13. Messanordnung nach einem der Ansprüche 8 bis 10,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

- der Sensor (40) und die Referenzelektrode (11) in einem tragbaren Messgerät (90) angeordnet sind, das dazu geeignet ist, zeitweise in eine derartige Nähe an den Leiter (10) herangeführt zu werden, dass die Referenzelektrode (11) durch das den Leiter (10) umgebende elektrische Feld beeinflusst wird.

14. Anordnung mit einem elektrischen Leiter (10) und einer Referenzelektrode (11), die zumindest teilweise aus einem elektrisch leitfähigen Material besteht und elektrisch isoliert und beabstandet von dem Leiter (10) angeordnet ist;

5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass
- die Anordnung einen Sensor (40) umfasst, der zum Erfassen einer Messgröße ausgebildet ist, die dazu geeignet ist, die elektrische Feldstärke, die in der Umgebung des Leiters (10) auf eine Referenzelektrode (11) wirkt, zu charakterisieren,
10 und
- der Sensor (40) dazu ausgebildet ist, zur Bestimmung einer an dem elektrischen Leiter (10) anliegenden Spannung mit einer Messeinrichtung (60) in Wirkverbindung gebracht zu werden.

15
15. Anordnung nach Anspruch 14,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass
- die Anordnung ein Kabel (30) ist, das den Leiter (10) enthält; und
20 - die Referenzelektrode (11) ein den Leiter (10) umgebender Schirmleiter (32) ist.

16. Verwendung eines Sensors (40) mit einem sensitives Element, dessen elektrische Leitfähigkeit durch Einwirkung einer
25 Kraft veränderbar ist, zur Messung einer elektrischen Spannung, die an einem von einem Schirmleiter (32) umgebenen elektrischen Leiter (10) eines Kabels (32) anliegt.

FIG 1

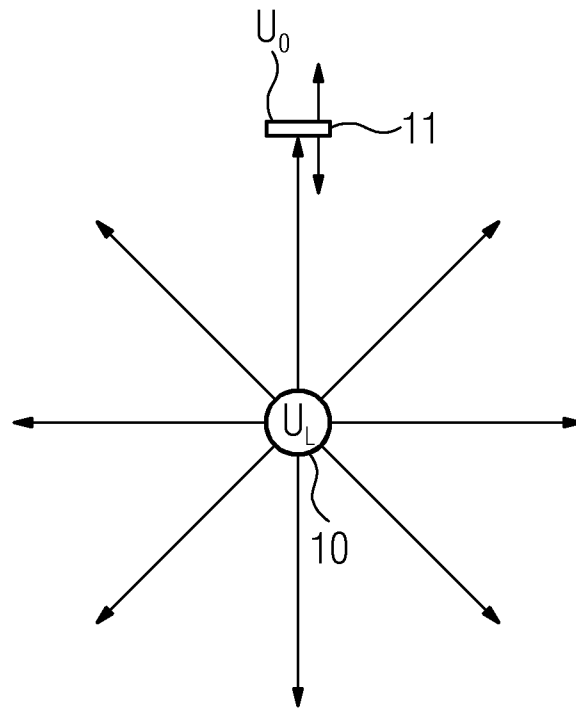


FIG 2

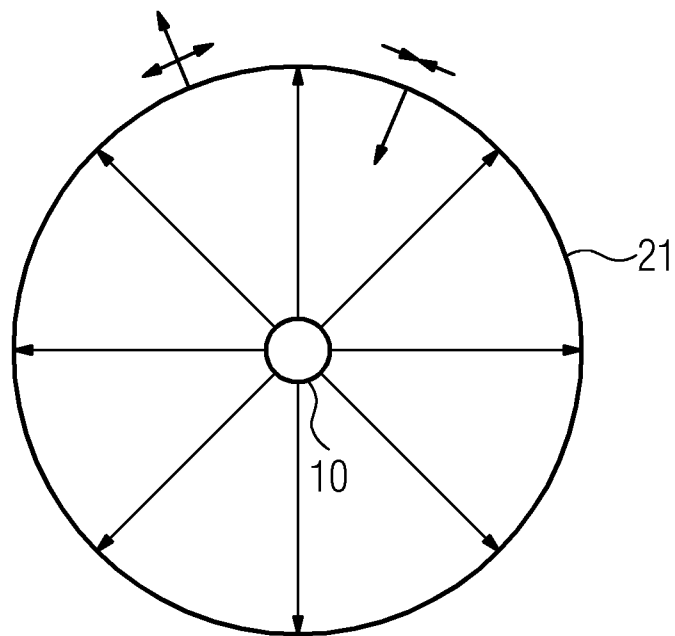


FIG 3

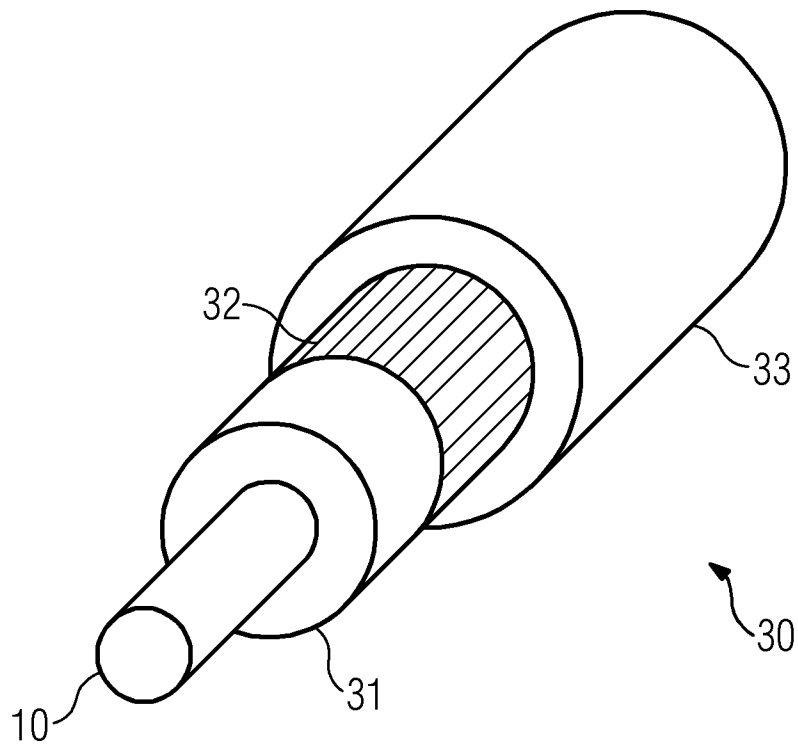


FIG 4

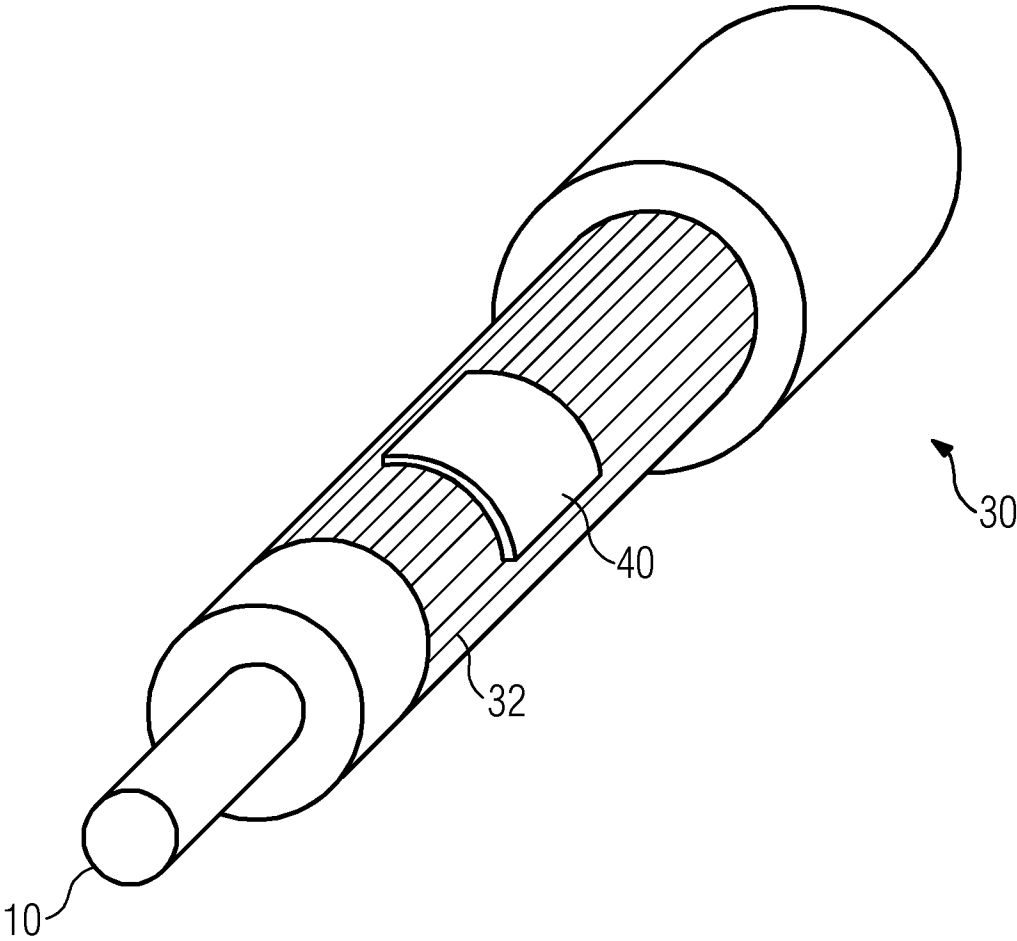


FIG 5

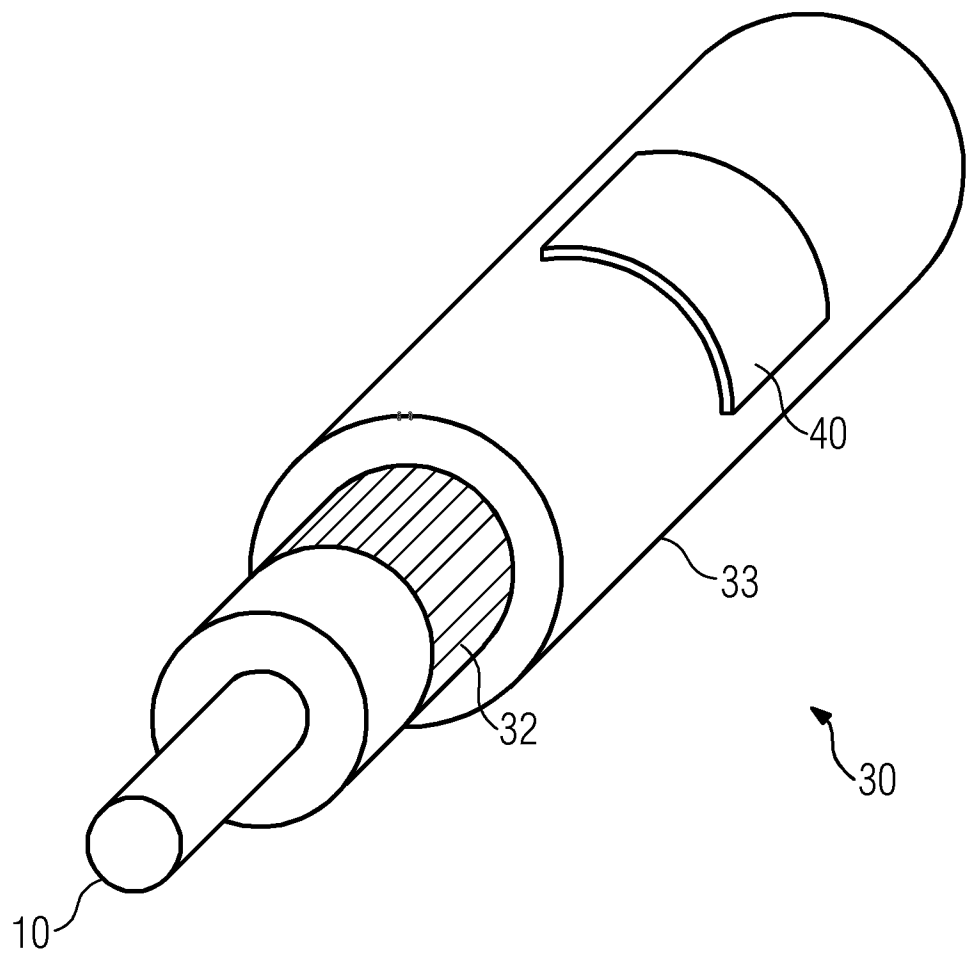


FIG 6

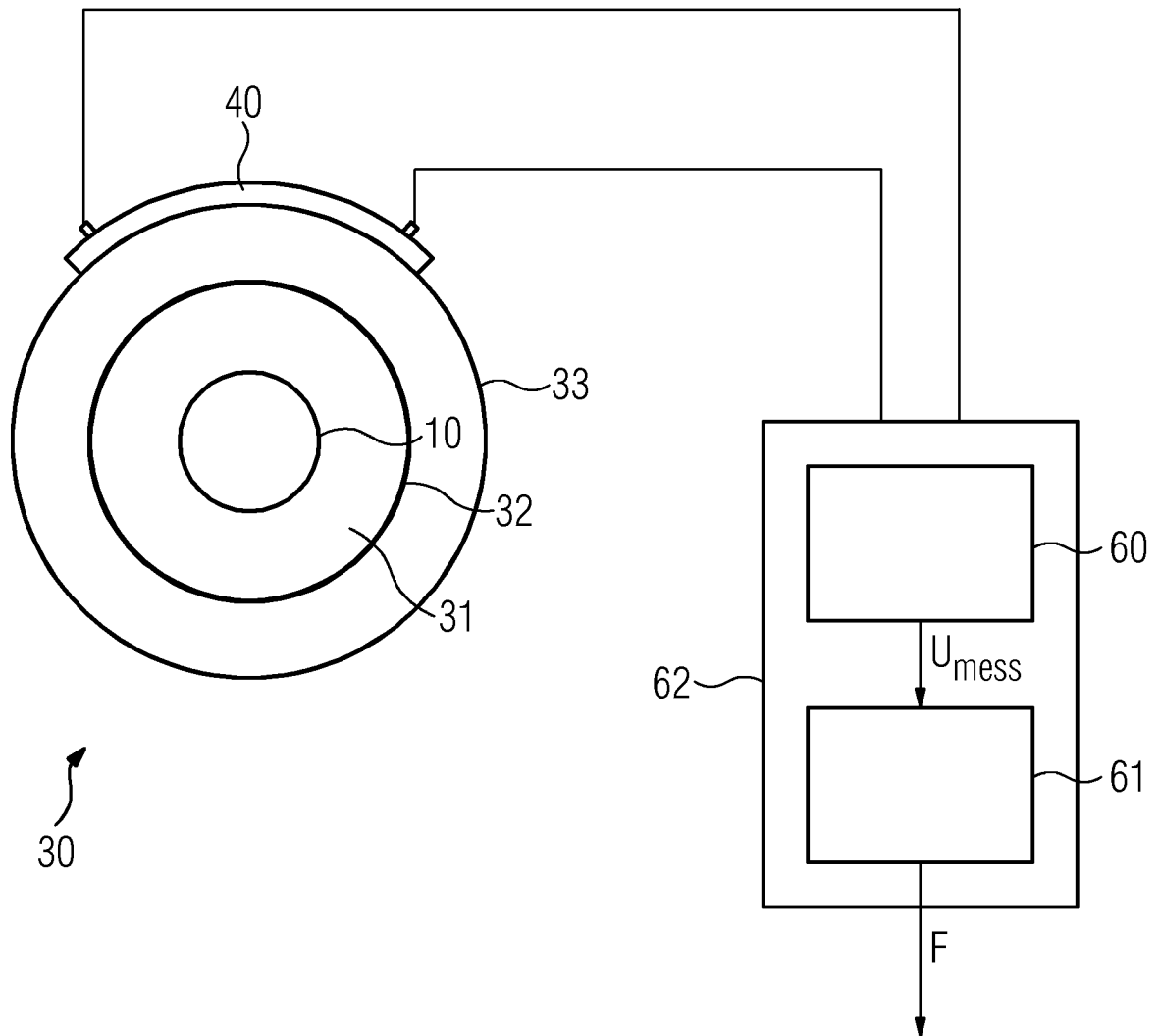


FIG 7

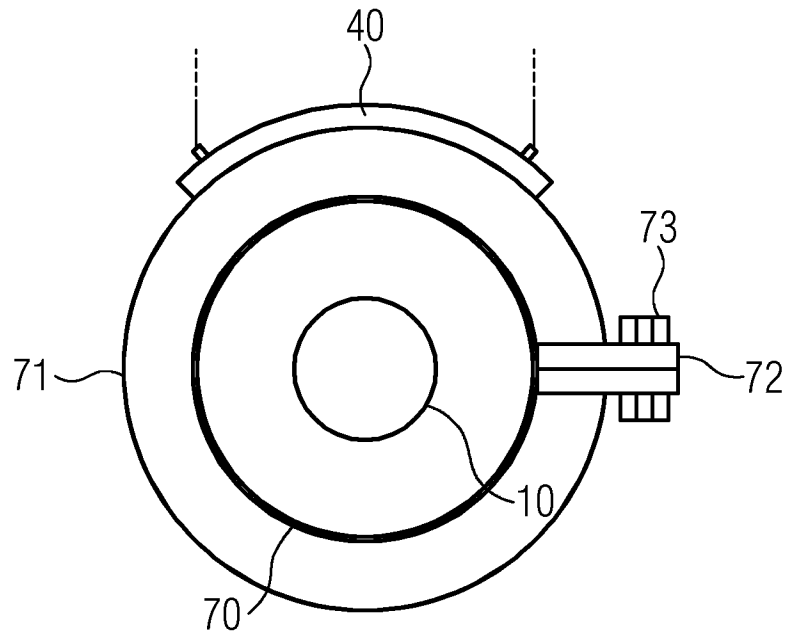


FIG 8

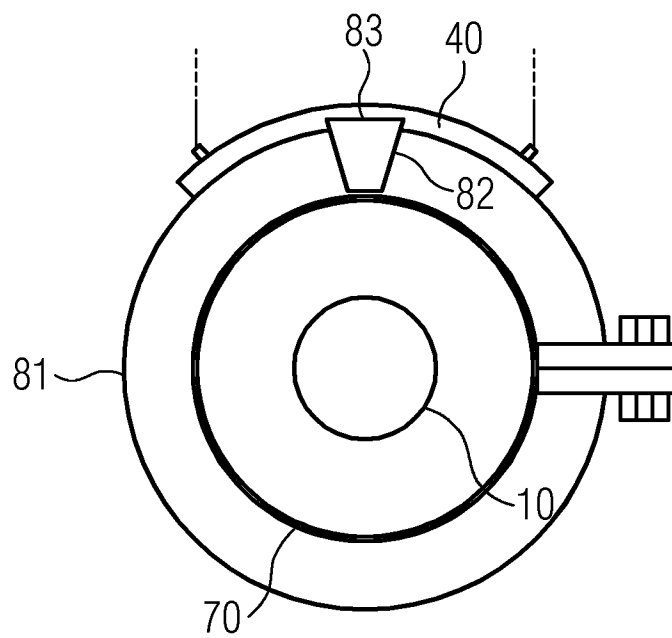


FIG 9

