

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: **A 1716/2006**

(22) Anmeldetag: **16.10.2006**

(43) Veröffentlicht am: **15.06.2008**

(51) Int. Cl.⁸: **H02H 7/00** (2006.01),
H02G 7/00 (2006.01),
H02J 13/00 (2006.01),
G08B 21/00 (2006.01)

(73) Patentanmelder:

TECHNISCHE UNIVERSITÄT GRAZ
A-8010 GRAZ (AT)
FORSCHUNGSHOLDING TU GRAZ GMBH
A-8010 GRAZ (AT)

(72) Erfinder:

ZANGL HUBERT DR.
GRAZ (AT)
BRETTERKLIEBER THOMAS DIPL.ING.
LIEBOCH (AT)
BRASSEUR GEORG DR.
WIEN (AT)

(54) **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ÜBERWACHUNG VON FREILEITUNGEN**

(57) Verfahren zur Überwachung von Freileitungen mit Hilfe einer Überwachungsvorrichtung mit einem oder mehreren Sensoren wobei zwischen wenigstens zwei Elektroden im elektrischen Feld tun die Freileitung eine Spannung abgegriffen wird und damit elektrische Energie für die Versorgung von Komponenten der Überwachungsvorrichtung zur Verfügung gestellt wird.

ZUSAMMENFASSUNG ÜBERWACHUNG VON FREILEITUNGEN

Verfahren zur Überwachung von Freileitungen mit Hilfe einer Überwachungsvorrichtung mit einem oder mehreren Sensoren wobei zwischen wenigstens zwei Elektroden im elektrischen Feld um die Freileitung eine Spannung abgegriffen wird und damit elektrische Energie für die Versorgung von Komponenten der Überwachungsvorrichtung zur Verfügung gestellt wird.

ÜBERWACHUNG VON FREILEITUNGEN

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und ein Vorrichtung zur automatischen Überwachung von Freileitungen.

Freileitungen werden zur Übertragung von elektrischer Energie eingesetzt. Dabei fließt elektrischer Strom durch die Leitungen. Dieser Strom führt unweigerlich zu einer Erwärmung des Leiters durch ohmsche Verluste.

Um die Verluste gering zu halten, werden häufig Hochspannungsleitungen eingesetzt, da bei diesen die gleiche Energie pro Zeiteinheit (Leistung) bei geringeren Strömen übertragen werden kann.

Die verlustbedingte Erwärmung führt bei unzureichender Kühlung zu einer Ausdehnung des Leitermaterials. Unzureichende Kühlung wird dabei einerseits durch hohe Umgebungstemperaturen, andererseits durch geringe Luftbewegung begünstigt.

Eine Verlängerung des Leiters führt dazu, dass der Durchhang des Leiterseils zunimmt. Dadurch sinkt der Abstand zwischen dem Leiter und dem Boden sowie gegebenenfalls vorhandenen anderen Objekten. Aufgrund der hohen elektrischen Spannungen ist ein bestimmter Mindestabstand zwischen den Leitern und anderen Objekten sowie dem Boden erforderlich. Neben der Erwärmung und der damit verbundenen Ausdehnung können auch andere Umgebungsbedingungen wie beispielsweise starke Winde dazu führen, dass der Abstand zwischen den Leitern und anderen Objekten zu kleine Werte annimmt.

Zur Vermeidung eines kritischen Durchhanges kann der Strom im Leiter reduziert werden. Dadurch wird jedoch eine Umverteilung der Energieflüsse im Stromnetz erforderlich, was zu erhöhten Betriebskosten führt. Derartige Umverteilungen sollen daher nur erfolgen, wenn sie zur Vermeidung kritischer Betriebszustände unbedingt erforderlich sind. Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, kritische Betriebszustände zu erkennen und an eine Steuerzentrale weiterzuleiten, um Kosten zu vermeiden.

Bei bestimmten Umgebungsbedingungen, beispielsweise bei tiefer Temperatur und hoher Luftfeuchtigkeit, kann es zur Vereisung von Leiterseilen kommen. Durch das zusätzliche Gewicht kommt es einerseits wieder zu einem stärkeren Durchhang, andererseits wird das Leiterseil einer stärkeren Zugbelastung ausgesetzt. Es ist daher eine weitere Aufgabe der Erfindung, Vereisungen auf Leiterseilen zu erkennen.

Wird ein vereistes Leiterseil aufgrund geänderter Energieflüsse im Netz mit einem größeren Strom beaufschlagt, so kommt es zu einer Erwärmung des Leiterseils, wodurch auch das Eis am Leiterseil erwärmt wird. Bei ausreichender Erwärmung kann die innere Schicht der Vereisung schmelzen und das Eis kann sich im Weiteren vom Leiter lösen. Die herabfallenden Eisbrocken können Personen oder Objekte, die sich unterhalb der Leiter befinden, treffen und verletzen beziehungsweise beschädigen. Es ist daher eine weitere Aufgabe der Erfindung, kritische Vereisungen von Leiterseilen zu vermeiden.

Zur Lösung der angeführten Aufgaben werden erfindungsgemäß Sensoren eingesetzt. Diese Sensoren messen beispielsweise den Abstand zu anderen Objekten, die Temperatur des Leiterseils oder den Vereisungsgrad. Es existieren im Stand der Technik verschiedene Verfahren, wie diese Größen bestimmt werden können. Zur Messung des Abstandes gegenüber anderen Objekten sind im Stand der Technik beispielsweise Verfahren mit Mikrowellen, Laserstrahlen und Ultraschall bekannt.

Im Weiteren ist es erforderlich, die gemessenen Daten an eine Steuerzentrale weiterzuleiten. Auch hier wurden drahtlose Übertragungsverfahren vorgeschlagen, bei denen die Daten von der Überwachungseinrichtung an eine Vermittlungseinrichtung übertragen werden.

Allen bekannten Verfahren ist gemein, dass sowohl die Sensoren als auch die Datenübertragung mit elektrischer Energie versorgt werden müssen. Eine Möglichkeit ist die Versorgung mittels Batterien. Diese Variante erfordert jedoch, dass in regelmäßigen Abständen Batterien getauscht werden müssen. Für einen Wartungsfreien Betrieb sind Batterien daher unerwünscht.

Ein anderes Verfahren verwendet ein transformatorisches Prinzip, um aus dem Leiterstrom Energie für die Versorgung der Komponenten abzuzweigen. Ein Nachteil dieser Anordnung ist, dass bei kleinen Leiterströmen kaum Leistung zur Versorgung der Überwachungseinrichtung zur Verfügung steht.

Es ist daher eine Aufgabe der Erfindung, eine Art der Energieversorgung zur Verfügung zu stellen, die einerseits wartungsfrei und andererseits unabhängig von den Leiterströmen ist.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, dass der unvermeidlich Verschiebungsstrom zwischen dem Leiter und der Umgebung zur Versorgung der Überwachungseinrichtung herangezogen wird.

Es ist eine weitere Aufgabe der Erfindung, die elektrischen Feldstärken in jenen Bereichen, in denen sich die elektrischen und elektronischen Komponenten der Überwachungseinrichtung befinden, auf einem für diese Komponenten unkritischen Maß zu halten.

Die Erfindung löst das Problem der Energieversorgung dadurch, dass in einem Abstand zum Leiter wenigstens eine Elektrode angebracht wird. Durch das elektrische Feld, dass sich zwischen dem Leiter und der Umgebung aufbaut, liegen der Leiter und die Elektroden nicht auf dem selben elektrischen Potential. Durch die Potentialdifferenz kann über eine elektrische Verbindung ein elektrischer Strom getrieben werden und somit elektrische Energie zur Verfügung gestellt werden. Erfindungsgemäß wird mit dieser Energie wenigstens ein Teil der Überwachungseinrichtung versorgt. Dazu kann es notwendig sein, dass die Energie in einem Zwischenspeicher angesammelt werden muss, um dann für einen bestimmte Zeitraum genügend elektrische Leistung zur Verfügung zu stellen, dass der Betrieb der Überwachungseinrichtung ermöglicht wird (diskontinuierlicher Betrieb). Weiters kann eine Anpassung von Spannung und Strom (beispielsweise mittels Transformatoren) erforderlich sein.

Das Problem der hohen elektrischen Feldstärken wird dadurch gelöst, dass die oben angeführten Elektroden auch dazu verwendet werden, das elektrische Feld zu formen. Da über die elektrische Belastung zwischen den Elektroden die Potentialdifferenz beeinflusst wird, ist es möglich, die Feldstärken zwischen Elektroden zu reduzieren. Dabei kann immer auch der Leiter selbst als eine Elektrode verwendet werden.

Eine vorteilhafte Möglichkeit zur drahtlosen Datenübermittlung ergibt sich dadurch, dass die Elektroden selbst als Sendeantennen verwendet werden können. Dazu wird ein Signal, das gegenüber der Netzfrequenz eine hohe Frequenz aufweist, zwischen zwei Elektroden angelegt. Beispielsweise kann das Leiterseil als eine dieser Elektroden verwendet werden. Dadurch können sämtliche Teile, die für die Erzeugung des Sendesignals erforderlich sind, in einem Bereich mit reduzierter elektrischer Feldstärke betrieben werden.

Die Funktionsweise sowie beispielhafte Ausführungsformen werden in den folgenden Abbildungen näher beschrieben.

Abb. 1 illustriert das elektrische Feld um einen Leiter ohne die Anwesenheit einer Überwachungseinrichtung.

Abb. 2 zeigt eine schematische Darstellung der Kopplungskapazitäten und der elektrischen Ströme ohne die Anwesenheit einer Überwachungseinrichtung.

Abb. 3 zeigt eine schematische Darstellung der Kopplungskapazitäten und der elektrischen Ströme bei Anwesenheit der Überwachungseinrichtung.

Abb. 4 zeigt Äquipotentiallinien um einen Leiter ohne die Anwesenheit einer Überwachungseinrichtung.

Abb. 5 zeigt Äquipotentiallinien um einen Leiter bei Anwesenheit einer Überwachungseinrichtung.

Abb. 6 zeigt eine schematische Darstellung der Verwendung der Elektroden als Sendeantennen.

In Abbildung 1 sind Äquipotentiallinien 2 (geschlossene Linienzüge) und die orthogonal dazu stehenden elektrische Feldlinien 3 um einen Leiter 1 dargestellt. In einem elektrischen Wechselfeld muss ein dielektrischer Verschiebungsstrom fließen, der jeweils dem elektrischen Feld, das sich wiederum als Gradient des elektrischen Potentials darstellt, proportional ist. Ein hoher Gradient des elektrischen Potentials ist dabei an Stellen gegeben, an denen die Äquipotentiallinien 2 eine große Dichte aufweisen, also insbesondere in der Nähe des Leiters 1. Zur Vereinfachung kann die Anordnung als verteilter Kondensator angesehen werden. In Abbildung 2 ist die gleiche Anordnung wie in Abbildung 1 in einem elektrischen Ersatzschaltbild dargestellt, wobei beispielhaft zwei Teilkapazitäten 4 dargestellt sind. Durch diese Kapazitäten fließt ein Verschiebestrom 5, der der Frequenz, der Spannungsdifferenz zwischen den Anschlüssen und dem Kapazitätswert proportional ist.

In Abbildung 3 ist beispielhaft dargestellt, wie mit Hilfe einer zusätzlichen Elektrode 6 eine elektrische Spannung abgegriffen werden kann. Über einen optionalen Transformator 7 wird die Spannung auf eine für den Betrieb elektrischer oder elektronischer Komponenten 8 geeignete Größe gewandelt und der weiteren Schaltung als Quelle zur Verfügung gestellt. Die Kopplungskapazitäten 4a und der Verschiebestrom 5a werden gegenüber den Kopplungskapazitäten 4 und den Verschiebeströmen 5 aus Abbildung 2 durch die zusätzliche Elektrode modifiziert.

Abbildung 4 und Abbildung 5 zeigen die Wirkung der Formgebung für das elektrische Feld, die mit der vorliegenden Erfindung erzielt werden kann. Während in Abbildung 4 in der Nähe des Leiters 1 große Feldstärken (große Dichte der Äquipotentiallinien) vorhanden sind, kann innerhalb der zylindrisch um den Leiter angeordneten Elektrode 6 in Abbildung 5 die Feldstärke stark reduziert werden. Die Ursache liegt darin begründet, dass zwischen den Elektroden nicht nur ein Verschiebestrom sondern auch ein Konduktionsstrom fließt und

daher die effektive Impedanz reduziert wird. Wird in einer Serienschaltung eine Impedanz verkleinert so reduziert sich in der Folge auch der Spannungsabfall an dieser Impedanz. Daher reduziert sich die Spannungsdifferenz zwischen Leiter und Elektrode mit zunehmender Belastung. Die Lastimpedanz ist wiederum durch die Überwachungseinrichtung bestimmbar und somit auch die Potentialdifferenz. Im Bereich innerhalb der Elektrode ist die elektrische Feldstärke daher stark reduziert und der Betrieb von elektrischen und/oder elektronischen Einrichtungen wird ermöglicht.

In Abbildung 6 ist beispielhaft dargestellt, wie eine Elektrode als Sendeantenne für die drahtlose Datenübermittlung verwendet werden kann. Über die Leitungen 9 wird ein von einem Teil der Einheit 8a generiertes Signal zwischen Leiterseil 1 und Elektrode 6 angelegt. Die Elektrode 6 bildet gemeinsam mit dem Leiterseil eine Antenne, die das Signal in Form von elektromagnetischen Wellen abstrahlt. In einer Abwandlung dieser Anordnung kann das Signal auch in Form von mechanischen Wellen (Ultraschall) an die Elektrode 6 übertragen werden und dann in Form von Schallwellen abgestrahlt werden.

Verschiedenste Sensoren können im Weiteren innerhalb oder – sofern sie für die Feldstärken geeignet sind – auch außerhalb des feldreduzierten Raumes angebracht werden. Elektronische Weiterverarbeitung und Aufbereitung für drahtlose oder drahtgebundene Übermittlung kann jedoch im feldreduzierten Raum erfolgen. Dabei sind insbesondere Sensoren zur Überwachung des Vereisungsgrades, wobei hier beispielsweise kapazitive oder Mikrowellensensoren eingesetzt werden können, und Sensoren zur Überwachung des Abstandes zu anderen Objekten, beispielsweise mittels Mikrowellen-, Laserstrahl- oder Ultraschall-Abstandsmessung, vorzusehen.

PATENTANSPRÜCHE

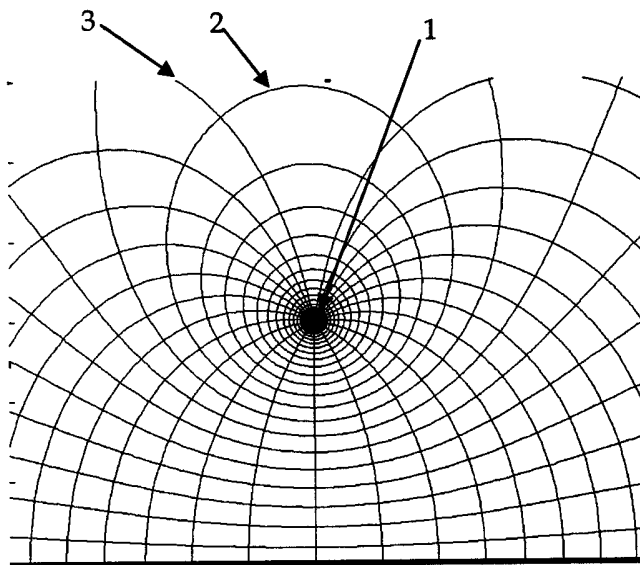
1. Verfahren zur Überwachung von Freileitungen mit Hilfe einer Überwachungs-
vorrichtung mit einem oder mehreren Sensoren, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen we-
nigstens zwei Elektroden im elektrischen Feld um die Freileitung eine Spannung
abgegriffen wird und damit elektrische Energie für die Versorgung von Komponenten
der Überwachungs-
vorrichtung zur Verfügung gestellt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1. dadurch gekennzeichnet, dass die elektrische Energie
akkumuliert wird und wenigstens eine Komponente der Überwachungs-
vorrichtung dis-
kontinuierlich mit Energie versorgt wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1. und 2. dadurch gekennzeichnet, dass das Leiter-
seil als eine der Elektroden, an denen die Spannung abgegriffen wird, verwendet wird.
4. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1. bis 3. dadurch gekennzeichnet,
dass eine Temperatur mit einer Sensoreinrichtung gemessen wird.
5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1. bis 4. dadurch gekennzeichnet,
dass die Luftfeuchtigkeit mit einer Sensoreinrichtung gemessen wird.
6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1. bis 5. dadurch gekennzeichnet,
dass der Abstand zu Objekten in der Umgebung gemessen wird.
7. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1. bis 6. dadurch gekennzeichnet,
dass der Grad der Vereisung oder anderer Zusatzbeladung gemessen wird.
8. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1. bis 7., dadurch gekennzeichnet
dass die Messdaten drahtlos zu einer Vermittlungsstation übermittelt werden.
9. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1. bis 7., dadurch gekennzeichnet,
dass die Messdaten über das Leiterseil zu einer Vermittlungsstation übermittelt werden.
10. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1. bis 9. dadurch gekennzeichnet,
dass wenigstens einer Elektrode ein Sendesignal zugeführt wird.
11. Vorrichtung zur Überwachung von Freileitungen mit Hilfe eines oder mehrere Sensoren,
dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens zwei Elektroden im elektrischen Feld um die

Freileitung vorhanden sind, zwischen denen eine Spannungsabgriff vorhanden ist und mit dem die Versorgungsleitungen von Komponenten der Überwachungseinrichtung verbunden sind.

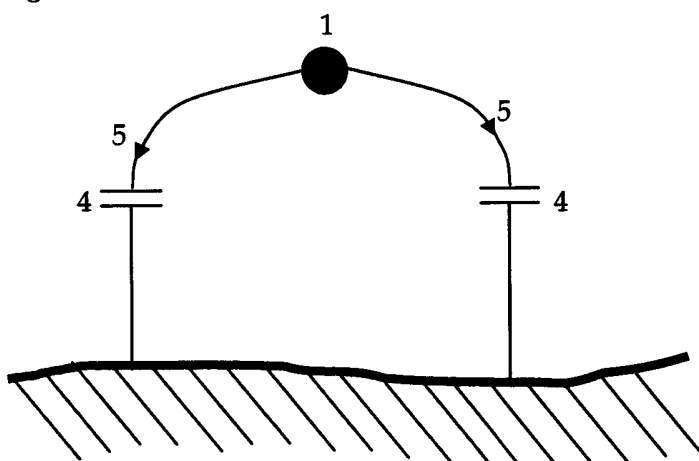
12. Vorrichtung nach Anspruch 11. dadurch gekennzeichnet, dass eine Sensoreinrichtung zur Messung der Temperatur vorgesehen ist.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11. und 12. dadurch gekennzeichnet, dass eine Sensoreinrichtung zur Messung der Luftfeuchtigkeit vorgesehen ist.
14. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 11. bis 13. dadurch gekennzeichnet, dass eine Sensoreinrichtung zur Messung des Abstandes zu Objekten in der Umgebung vorgesehen ist.
15. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 11. bis 14. dadurch gekennzeichnet, dass eine Sensoreinrichtung zur Messung der Vereisung oder anderer Zusatzbelastung des Leiterseils vorgesehen ist.
16. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 11. bis 15., dadurch gekennzeichnet, dass eine drahtlose Datenübermittlungseinrichtung vorgesehen ist.
17. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 11. bis 16. dadurch gekennzeichnet, dass eine Sensoreinrichtung zur Nachrichtenübertragung über das Leiterseil vorgesehen ist.
18. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 11. bis 17. dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Elektrode derart gestaltet ist, dass in einem Bereich um das Leiterseil die elektrische Feldstärke auf ein für den Betrieb sensorischer, elektronischer oder elektrischer Komponenten geeignetes Maß reduziert wird.
19. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 11. bis 18. dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens einer Elektrode mit einer Sendeeinrichtung verbunden ist.

FIGUREN

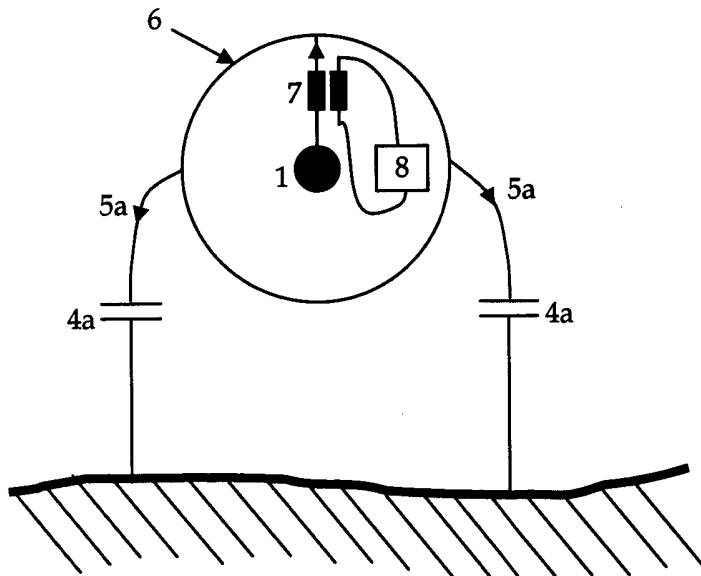
Figur 1



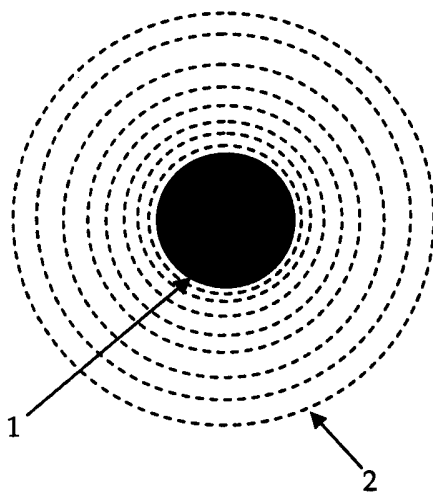
Figur 2



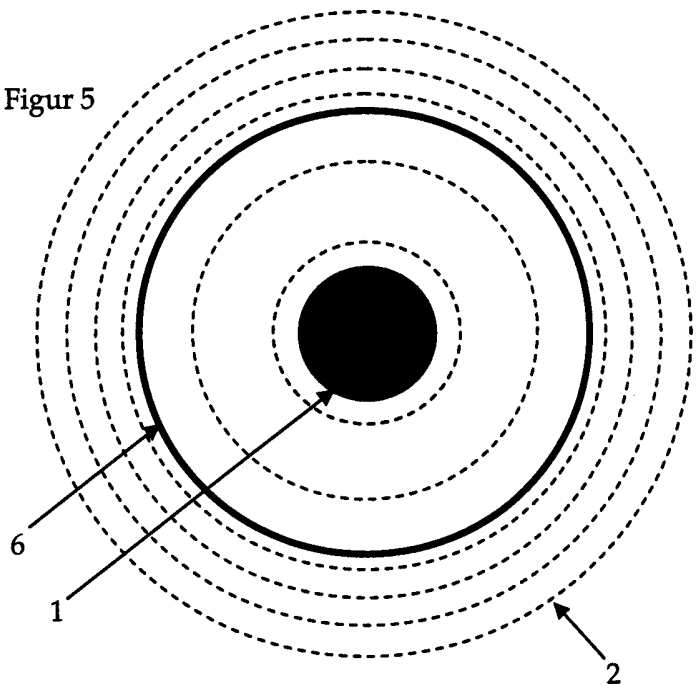
Figur 3



Figur 4



Figur 5



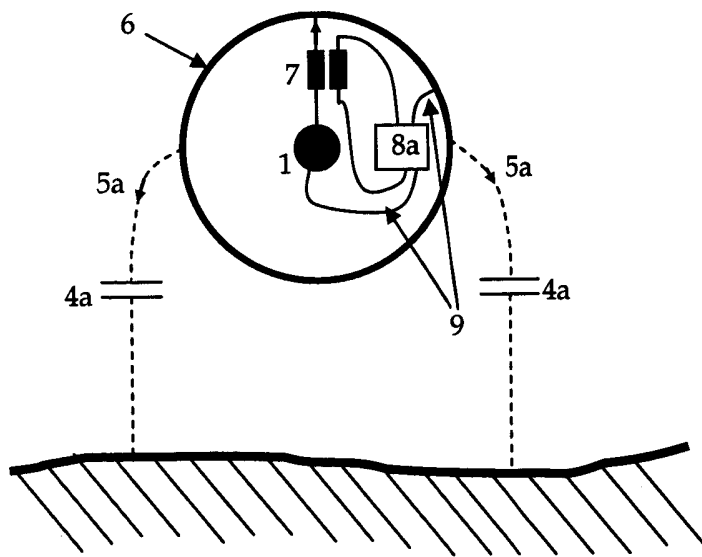


Fig 6

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Überwachung von Freileitungen mit Hilfe einer Überwachungsvorrichtung mit einem oder mehreren Sensoren, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen wenigstens zwei Elektroden im elektrischen Feld um die Freileitung eine Spannung abgegriffen wird und damit elektrische Energie für die Versorgung von Komponenten der Überwachungsvorrichtung zur Verfügung gestellt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1. dadurch gekennzeichnet, dass die elektrische Energie akkumuliert wird und wenigstens eine Komponente der Überwachungsvorrichtung diskontinuierlich mit Energie versorgt wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1. und 2. dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Leiter als eine der Elektroden, an denen die Spannung abgegriffen wird, verwendet wird.
4. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1. bis 3. dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur wenigstens eines Leiters und/oder der umgebenden Luft mit einer Sensoreinrichtung gemessen wird.
5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1. bis 4. dadurch gekennzeichnet, dass die Feuchtigkeit der die Freileitung umgebenden Luft mit einer Sensoreinrichtung gemessen wird.
6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1. bis 5. dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand zwischen wenigstens einem Leiter zu Objekten in der Umgebung mit einer Sensoreinrichtung zur Erkennung kritischer Betriebszustände, insbesondere zur Überwachung gesetzlich vorgeschriebener Mindestabstände des Leiters zu diesen Objekten, gemessen wird.
7. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1. bis 6. dadurch gekennzeichnet, dass der Grad der Vereisung wenigstens eines Leiters oder anderer Zusatzbeladungen dieses Leiters mit einer Sensoreinrichtung gemessen wird.
8. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1. bis 7. dadurch gekennzeichnet, dass die von den Sensoreinrichtungen ermittelten Messdaten drahtlos zu einer Steuerzentrale übermittelt werden.

NACHGEREICHT

9. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1. bis 8. dadurch gekennzeichnet, dass die von den Sensoreinrichtungen ermittelten Messdaten mittels wenigstens eines Leiters zu einer Steuerzentrale übermittelt werden.
10. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1. bis 9. dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens einer Elektrode ein Sendesignal zur Übermittlung der von den Sensoreinrichtungen ermittelten Messdaten zugeführt wird.
11. Vorrichtung zur Überwachung von Freileitungen mit Hilfe eines oder mehrerer Sensoren (8a, 8b, 8c und 8d), dadurch gekennzeichnet, dass zwischen wenigstens zwei Elektroden (6), die sich im elektrischen Feld der Freileitung befinden, und der Überwachungsvorrichtung eine elektrische Verbindung besteht.
12. Vorrichtung nach Anspruch 11. dadurch gekennzeichnet, dass eine Sensoreinrichtung (8a) zur Messung der die Freileitung umgebenden Lufttemperatur und/oder zur Messung der Temperatur wenigstens eines Leiters (1) mit der Überwachungsvorrichtung elektrisch verbunden ist.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11. und 12. dadurch gekennzeichnet, dass eine Sensoreinrichtung (8b) zur Messung der Feuchtigkeit der die Freileitung umgebenden Luft mit der Überwachungsvorrichtung elektrisch verbunden ist.
14. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 11. bis 13. dadurch gekennzeichnet, dass eine Sensoreinrichtung (8c) zur Messung des Abstandes wenigstens eines Leiters (1) zu Objekten in der Umgebung zur Erkennung kritischer Betriebszustände, insbesondere zur Überwachung gesetzlich vorgeschriebener Mindestabstände zu diesen Objekten, mit der Überwachungsvorrichtung elektrisch verbunden ist.
15. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 11. bis 14. dadurch gekennzeichnet, dass eine Sensoreinrichtung (8d) zur Messung der Vereisung wenigstens eines Leiters (1) oder anderer Zusatzbeladungen dieses Leiters (1) mit der Überwachungsvorrichtung elektrisch verbunden ist.
16. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 11. bis 15., dadurch gekennzeichnet, dass eine drahtlose Datenübermittlungseinrichtung (9) zur Übertragung der von den Sensoreinrichtungen (8a, 8b, 8c und 8d) ermittelten Messdaten zu einer Steuerzentrale mit der Überwachungsvorrichtung elektrisch verbunden ist.

NACHGEREICHT

17. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 11. bis 16. dadurch gekennzeichnet, dass eine Datenübermittlungseinrichtung (10) zur Übertragung der von ^{den} Sensoreinrichtungen (8a, 8b, 8c und 8d) ermittelten Messdaten zu einer Steuerzentrale durch mindestens eine Leitung (11) mit wenigstens einem Leiter (1) elektrisch verbunden ist.
18. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 11. bis 17. dadurch gekennzeichnet, dass zwischen einem Leiter (1) und einer Elektrode (6) eine Impedanz, insbesondere die eines Transformators (7), geschaltet wird und die Potentialdifferenz zwischen der Elektrode (6) und dem Leiter (1) gegenüber dem ungeschalteten Zustand reduziert wird.
19. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 11. bis 18. dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Elektrode (6) durch Leitungen (13) elektrisch mit einer Datenübermittlungseinrichtung (12) zur Übertragung der von den Sensoreinrichtungen (8a, 8b, 8c und 8d) ermittelten Messdaten zu einer Steuerzentrale verbunden ist.

NACHGEREICHT