

(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
17. Dezember 2020 (17.12.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/249363 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01K 11/32 (2006.01) *G01L 1/24* (2006.01)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2020/063773
(22) Internationales Anmeldedatum:
18. Mai 2020 (18.05.2020)
(25) Einreichungssprache: Deutsch
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
(30) Angaben zur Priorität:
10 2019 116 233.5
14. Juni 2019 (14.06.2019) DE
(71) Anmelder: **LEONI KABEL GMBH** [DE/DE]; An der La-
ende 3, 91154 Roth (DE).

(72) Erfinder: **SAENGER, Reiko**; Telleweg 31, 98724 Lau-
scha (DE). **SAYINC, Hakan**; Viechtacher Str. 36, 10318
Berlin (DE). **RIEDEL, Peter**; Im Semmicht 1a, 07751 Je-
na (DE). **SCHADOW, Oliver**; Am Kiebitzfehn 1A, 14532
Stahnsdorf (DE).

(74) Anwalt: **FRENKEL, Matthias**; WUESTHOFF & WU-
ESTHOFF Patentanwälte, PartG mbB, Schweigerstrasse 2,
81541 München (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, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN,
KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO,

(54) Title: MONITORING THE STATE OF OVERVOLTAGE PROTECTION COMPONENTS

(54) Bezeichnung: ZUSTANDSUEBERWACHUNG VON UEBERSPANNUNGSSCHUTZKOMPONENTEN

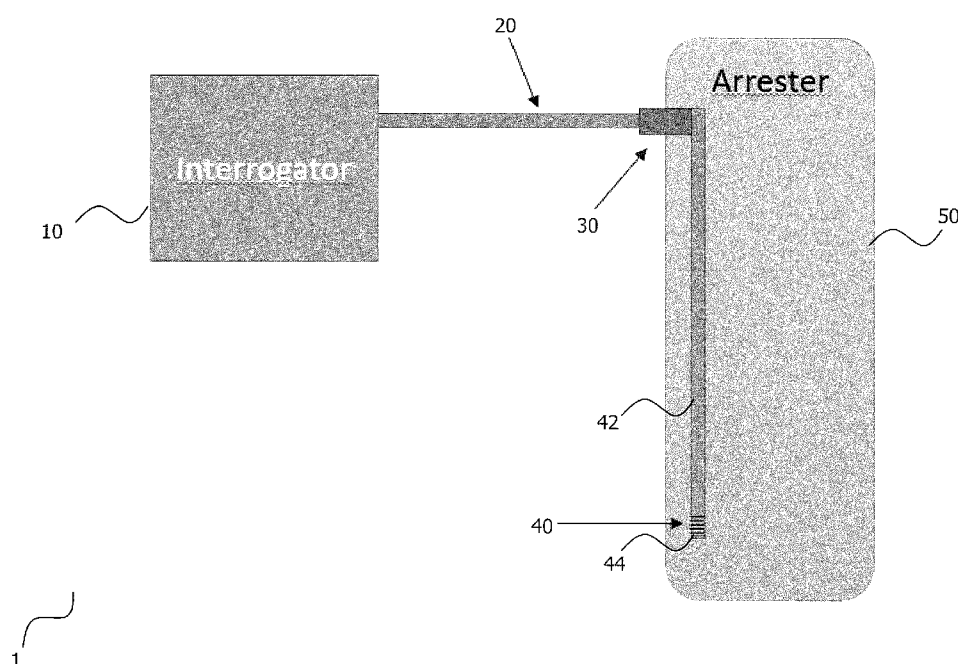


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a system and a method for monitoring the state of at least one overvoltage protection component. The system has a transmission unit and a connection assembly coupled to the transmission unit. The system additionally has at least one measuring assembly coupled to the connection assembly. The at least one measuring assembly is designed to be arranged in at least one overvoltage protection component. The system additionally has an analysis unit coupled to the at least one measuring assembly.

(57) Zusammenfassung: Es werden ein System und ein Verfahren zur Zustandsüberwachung mindestens einer Überspannungsschutzkomponente vorgeschlagen. Das System weist eine Sendeeinheit und eine mit der Sendeeinheit gekoppelte Verbindungsanordnung auf. Das System weist ferner mindestens eine mit der Verbindungsanordnung gekoppelte Messanordnung auf. Die mindestens eine

NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,
SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)
- mit geänderten Ansprüchen gemäss Artikel 19 Absatz 1

Zustandsüberwachung von Überspannungsschutzkomponenten

5 Die vorliegende Erfindung betrifft im Allgemeinen die Zustandsüberwachung von Überspannungsschutzkomponenten. Im Speziellen betrifft die vorliegende Erfindung ein System und ein Verfahren zur Zustandsüberwachung von mindestens einer Überspannungsschutzkomponente.

10 Überspannungen können zur Beschädigung elektrischer und elektronischer Komponenten führen. Zum Beispiel können Überspannungen durch direkte oder nahegelegene Blitzeinschläge, durch einen elektromagnetischen Puls, durch elektrostatische Entladungen oder durch Schaltvorgänge im Stromnetz und in Geräten entstehen und dementsprechend teilweise erhebliche Momentanleistungen haben.

15 Zum Schutz vor derartigen Überspannungen werden heutzutage je nach Einsatzzweck verschiedene Geräte, Komponenten oder Bauelemente eingesetzt. Als Überspannungsableiter kommen z.B. Funkenstrecken, gasgefüllte Überspannungsableiter (auch als Gasableiter bezeichnet), Varistoren oder Suppressordioden in Betracht. Mit
20 Suppressordioden werden insbesondere die Signaleingänge von elektrischen Geräten bei kleinen Spannungen gesichert. Varistoren schützen den Netzspannungseingang von Geräten oder gefährdete Stellen der Stromnetze (z.B. Gebäude-Blitzschutz, Ein- und Ausgänge von Großtransformatoren und Bahnstrom-Unterwerken). Mit Gasableitern schützt man Signal- und teilweise auch Netzleitungen, wenn sehr hohe Ableiten-
25 ergien erwartet werden.

Überspannungsableiter und Überspannungsschutzkomponenten sowie Hochspannungsschutzkomponenten im Allgemeinen sind aufgrund ihrer Funktion, nämlich dem
30 Schutz vor teilweise sehr hohen Spannungen, teilweise starken Belastungen ausgesetzt. Die starken Belastungen können zu Beschädigungen bis hin zum Ausfall von Überspannungsschutzkomponenten führen.

Zur Behebung dieser Problematik werden entsprechende Überspannungsschutzsysteme oftmals überdimensioniert, um eine gewünschte Ausfallsicherheit zu gewähr-
35 leisten. Die Überdimensionierung führt zu einer ineffizienten Dimensionierung derartiger Systeme und Anlagen. Eine effizientere Dimensionierung von Überspannungsschutzsystemen ist wünschenswert. Eine effizientere Dimensionierung erfordert

jedoch eine idealerweise gezielte, genaue und/oder zeitnahe Überwachung von Überspannungsschutzkomponenten eines Überspannungsschutzsystems.

Es besteht daher ein Bedarf nach einer gezielten, genauen und/oder zeitnahen Überwachung von Überspannungsschutzkomponenten.

Gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung wird ein System zur Zustandsüberwachung von mindestens einer Überspannungsschutzkomponente bereitgestellt. Das System weist eine Sendeeinheit und eine mit der Sendeeinheit gekoppelte Verbindungsanordnung auf. Das System weist ferner mindestens eine mit der Verbindungsanordnung gekoppelte Messanordnung auf. Die mindestens eine Messanordnung ist in oder an mindestens einer Überspannungsschutzkomponente anordenbar. Anders ausgedrückt ist die mindestens eine Messanordnung dazu ausgebildet, in oder an mindestens einer Überspannungsschutzkomponente angeordnet zu werden. Anders ausgedrückt ist die mindestens eine Messanordnung zur Anordnung in oder an mindestens einer Überspannungsschutzkomponente ausgebildet. Das System weist ferner eine mit der mindestens einen Messanordnung gekoppelte Auswerteeinheit auf. Die Sendeeinheit ist dazu ausgebildet, ein Signal auszusenden. Die Sendeeinheit und die Verbindungsanordnung sind derart gekoppelt, dass das Signal in die Verbindungsanordnung einkoppelbar ist. Die Verbindungsanordnung ist derart ausgebildet und angeordnet, das eingekoppelte Signal in Richtung der mindestens einen Messanordnung zu leiten. Die Verbindungsanordnung und die mindestens eine Messanordnung sind derart miteinander gekoppelt, dass das Signal in die mindestens eine Messanordnung einkoppelbar ist. Die mindestens eine Messanordnung ist dazu ausgebildet, das Signal in Abhängigkeit eines Zustands der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente derart zu reflektieren, dass von der Auswerteeinheit aus dem reflektierten Signal Informationen über den Zustand der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente ableitbar sind.

Mit dem System kann ein Zustand der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente gezielt und/oder genau und/oder zeitnah überwacht werden. Aus dem Zustand der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente kann auf eine normale / anormale Funktionsweise der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente geschlossen werden. Beispielsweise kann ein anormaler Zustand auf ein Problem in und/oder eine Beschädigung der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente hindeuten.

Auch wenn hierin jeweils nur auf ein Signal Bezug genommen wird, so können auf entsprechende Weise mehrere Signale Verwendung finden. Die Sendeeinheit ist demgemäß dazu ausgebildet, mehrere Signale auszusenden.

5 Das Signal kann ein optisches Signal sein. Bei dem optischen Signal kann es sich um ein analoges optisches Signal handeln. Die optische Sendeeinheit kann dazu ausgebildet sein, ein optisches Signal, beispielsweise ein analoges optisches Signal, auszusenden. In diesem Fall kann die Sendeeinheit als optische Sendeeinheit bezeichnet werden. Die Messanordnung kann dazu ausgebildet sein, ein optisches Signal, be-
10 spielsweise ein analoges optisches Signal, zu reflektieren. In diesem Fall kann die Messanordnung als analoge optische Messanordnung bezeichnet werden.

Das Signal kann ein digital modulierte Signal sein. Bei dem digital modulierten Signal kann es sich um ein wertdiskretes und zeitkontinuierliches Signal handeln. Die
15 digitale Sendeeinheit kann dazu ausgebildet sein, ein digital modulierte Signal auszusenden. In diesem Fall kann die Sendeeinheit als digitale Sendeeinheit bezeichnet werden. Das digital modulierte Signal kann beispielsweise nach seiner durch die Sendeeinheit erfolgten Aussendung in ein optisches Signal umgewandelt werden. In diesem Fall kann das Signal beispielsweise als digitales optisches Signal bezeichnet
20 werden. Zum Beispiel kann das digital modulierte Signal nach seiner Aussendung aber vor seiner Einkopplung in die Verbindungsanordnung in ein optisches Signal umgewandelt werden. Die Messanordnung kann dazu ausgebildet sein, ein digital modulierte Signal oder ein digitales optisches Signal zu reflektieren. In diesem Fall kann die Messanordnung als digitale optische Messanordnung bezeichnet werden.

25 Die mindestens eine Überspannungsschutzkomponente kann als mindestens ein Überspannungsableiter ausgebildet sein oder Teil eines Überspannungsableiters sein. Die Auswerteeinheit kann die Sendeeinheit aufweisen oder umgekehrt kann die Sendeeinheit die Auswerteeinheit aufweisen. Die Sendeeinheit und die Auswerteeinheit
30 können zusammen in einer gemeinsamen Einheit (Sende-/Auswerteeinheit) angeordnet sein. Alternativ können die Sendeeinheit und die Auswerteeinheit voneinander getrennt in verschiedenen Entitäten angeordnet sein.

Die mindestens eine Messanordnung kann eine Faser und eine mit der Faser verbundene Messkomponente aufweisen. Die Faser der mindestens einen Messanordnung
35 ist derart ausgebildet und angeordnet, das Signal in Richtung der Messkomponente der mindestens einen Messanordnung zu leiten. Die Faser kann als optische Faser ausgebildet sein. Die optische Faser kann als zumindest teilweise optisch leitfähig

angesehen werden. Im Falle der Verwendung eines optischen Signals, z.B. eines analogen optischen Signals oder eines digitalen optischen Signals, kann die optische Faser das optische Signal leiten.

5 Die Messkomponente kann als optisch wirkende / optische Messkomponente ausgebildet sein. Die Messkomponente kann ein Faser-Bragg-Gitter aufweisen oder als Faser-Bragg-Gitter ausgebildet sein. Zusätzlich oder alternativ kann die Messkomponente ein oder mehrere Kristalle aufweisen oder als einer oder mehrere Kristalle ausgebildet sein. Zusätzlich oder alternativ kann die Messkomponente ein oder mehrere fluoreszierende Farbstoffe aufweisen oder als einer oder mehrere fluoreszierende Farbstoffe ausgebildet sein.

15 Gemäß einem Ausführungsbeispiel weist die Verbindungsanordnung ein mit der Auswerteeinheit gekoppeltes Erdkabel auf. Gemäß dem Ausführungsbeispiel weist die Verbindungsanordnung einen mit dem Erdkabel und der mindestens einen Messanordnung gekoppelten Isolator auf. Der Isolator kann zumindest teilweise optisch isolierende Eigenschaften haben. Anders ausgedrückt kann der Isolator zumindest teilweise oder abschnittsweise ein Material aufweisen, in dem ein optisches Signal sich nicht ausbreiten kann. Zusätzlich oder alternativ kann der Isolator zumindest teilweise elektrisch isolierende Eigenschaften haben. Anders ausgedrückt kann der Isolator zumindest teilweise oder abschnittsweise ein Material aufweisen, in dem ein elektrischer Strom nicht fließen kann. Die Sendeeinheit ist dazu ausgebildet, ein Signal auszusenden. Das Erdkabel ist mit der Sendeeinheit derart gekoppelt, dass das von der Sendeeinheit ausgesendete Signal in das Erdkabel einkoppelbar ist. Das Erdkabel ist derart ausgebildet und angeordnet, das eingekoppelte Signal durch das Erdkabel in Richtung des Isolators zu leiten. Der Isolator weist mindestens einen Leiter, z.B. mindestens einen optischen Leiter, beispielsweise mindestens einen Lichtwellenleiter, auf und ist mit dem Erdkabel derart gekoppelt, dass das durch das Erdkabel in Richtung des Isolators geleitete Signal in den mindestens einen Leiter, z.B. den mindestens einen optischen Leiter, beispielsweise den mindestens einen Lichtwellenleiter, des Isolators einkoppelbar ist. Der mindestens eine Leiter, z.B. der mindestens eine optische Leiter, beispielsweise der mindestens eine Lichtwellenleiter, des Isolators ist derart ausgebildet und angeordnet, das in den mindestens einen Leiter, z.B. den mindestens einen optischen Leiter, beispielsweise den mindestens einen Lichtwellenleiter, eingekoppelte optische Signal durch den mindestens einen Leiter, z.B. den mindestens einen optischen Leiter, beispielsweise den mindestens einen Lichtwellenleiter, in Richtung der mindestens einen Messanordnung zu leiten. Die mindestens eine Messanordnung und der Isolator sind derart miteinander bei-

spielsweise lösbar gekoppelt, dass das durch den mindestens einen Leiter, z.B. den mindestens einen optischen Leiter, beispielsweise den mindestens einen Lichtwellenleiter, des Isolators in Richtung der mindestens einen Messanordnung geleitete Signal in die Messanordnung einkoppelbar ist. Zum Beispiel können die mindestens eine
5 Messanordnung und der Isolator derart miteinander beispielsweise lösbar gekoppelt sein, dass das durch den mindestens einen Leiter, z.B. den mindestens einen optischen Leiter, beispielsweise den mindestens einen Lichtwellenleiter, des Isolators in Richtung der mindestens einen Messanordnung geleitete Signal in die mindestens eine Faser der mindestens einen Messanordnung einkoppelbar ist.

10 Die hierin genannten Verbindungen oder Kopplungen können eine oder mehrere Steckverbindungen aufweisen oder eine oder mehrere Spleißverbindungen aufweisen oder als eine oder mehrere Steckverbindungen oder als eine oder mehrere Spleißverbindungen ausgebildet sein.

15 Der Zustand der Überspannungsschutzkomponente kann eine Temperatur, eine Zugspannung, eine Druckspannung und/oder einen Feuchtegrad der Überspannungsschutzkomponente aufweisen oder eine Temperatur, eine Zugspannung, eine Druckspannung und/oder ein Feuchtegrad der Überspannungsschutzkomponente
20 sein.

Mit dem System kann der Zustand, beispielsweise eine Temperatur, eine Zugspannung, eine Druckspannung und/oder einen Feuchtegrad, mindestens einer Überspannungsschutzkomponente genau überwacht werden. Dabei kann unter
25 Zugspannung und/oder Druckspannung der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente eine auf die mindestens eine Überspannungsschutzkomponente wirkende Zugspannung und/oder Druckspannung verstanden werden. Aus der Temperatur, der Zugspannung, der Druckspannung und/oder dem Feuchtegrad der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente kann auf eine normale / anormale Funktionsweise der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente geschlossen werden. Beispielsweise kann eine zu hohe Temperatur der mindestens einen
30 Überspannungsschutzkomponente auf ein Problem in der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente oder auf eine Degradation der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente hindeuten. Im Falle einer Degradation fließen vermehrt Fehlerströme, die, aufgrund des Widerstands der Überspannungsschutzkomponente, in Wärme umgesetzt werden, die zu einer Temperaturzunahme führt.
35

Das System kann eine Verbindungseinrichtung aufweisen. Die Verbindungseinrichtung ist dazu ausgebildet, den Isolator mit der mindestens einen Messanordnung und/oder mit der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente beispielsweise lösbar zu koppeln oder zu verbinden.

5

Mit Hilfe der Verbindungseinrichtung lässt sich der Isolator mit der mindestens einen Messanordnung und/oder mit der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente beispielsweise lösbar koppeln oder verbinden. Zudem kann das Signal über die Verbindung / Kopplung des Isolators mit der mindestens einen Messanordnung und/oder mit der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente mittels der Verbindungseinrichtung von dem Isolator zu der mindestens einen Messanordnung und/oder von dem Isolator zu der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente geleitet werden oder umgekehrt. Die Verbindungseinrichtung ist insbesondere außenbereichstauglich ausgestaltet. Beispielsweise kann die Verbindungseinrichtung für alle denkbaren klimatischen Bedingungen im Außenbereich ausgestaltet sein. Zudem kann die Verbindungseinrichtung eine für die jeweilige Anwendung geeignete oder ausreichende Hochspannungsfestigkeit aufweisen.

10

15

20

25

30

Die Verbindungseinrichtung kann als Steckverbindung/Steckverbinder ausgebildet sein oder eine Steckverbindung/einen Steckverbinder aufweisen. Die Verbindungseinrichtung kann eine Verbindungskomponente und einen mit der Verbindungskomponente verbundenen Stecker aufweisen. Die Verbindungskomponente kann mindestens eine Faser, z.B. eine optische Faser, aufweisen. Die Faser der Verbindungskomponente ist derart mit dem Isolator verbindbar oder verbunden, dass das durch den mindestens einen Leiter, z.B. den mindestens einen optischen Leiter, beispielsweise den mindestens einen Lichtwellenleiter, des Isolators geleitete beispielsweise optische Signal in die mindestens eine Faser, z.B. optische Faser, der Verbindungskomponente einkoppelbar ist. Der Stecker ist dazu ausgebildet, eine lösbare Kopplung oder Verbindung zwischen der Verbindungskomponente und der mindestens einen Messanordnung und/oder der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente herzustellen.

35

Die Verbindungskomponente ist insbesondere außenbereichstauglich ausgestaltet. Beispielsweise kann die Verbindungskomponente für alle denkbaren klimatischen Bedingungen im Außenbereich ausgestaltet sein. Zudem kann die Verbindungskomponente eine für die jeweilige Anwendung geeignete oder ausreichende Hochspannungsfestigkeit aufweisen. Der Stecker kann außenbereichstauglich ausgestaltet sein. Der Stecker kann beispielsweise wasserdicht sein. Zusätzlich oder alternativ kann der

Stecker ein metallisches Material aufweisen oder aus einem metallischen Material gebildet sein. Die lösbare Verbindung zwischen der Verbindungskomponente und der mindestens einen Messanordnung und/oder der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente über den Stecker ermöglicht eine vergleichsweise einfache und risikoarme Installation.

Das System kann eine an der mindestens einen Messanordnung und/oder an der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente anbringbare Kopplungsvorrichtung aufweisen. Die Kopplungsvorrichtung kann mit dem Stecker lösbar verbindbar sein. Die Kopplungsvorrichtung kann ausgebildet sein, den Übergang zwischen dem Stecker und der mindestens einen Messanordnung und/oder der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente abzudichten. Dadurch kann keine funktionsstörende Feuchtigkeit in die mindestens eine Messanordnung und/oder in die mindestens eine Überspannungsschutzkomponente eindringen. Das Signal kann den Übergang zwischen dem Stecker und der mindestens einen Messanordnung und/oder der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente jedoch passieren.

Die Faser der mindestens einen optischen Messanordnung kann mit dem Stecker derart koppelbar sein, dass das Signal über den Stecker in die Faser, z.B. die optische Faser, einkoppelbar ist. Beispielsweise kann die Faser der mindestens einen Messanordnung derart ausgebildet und angeordnet sein, dass sie von dem Stecker oder von der Kopplungsvorrichtung zu der Messkomponente der mindestens einen Messanordnung verläuft.

Die Faser kann beispielsweise mit der Messkomponente in einen Platzhalter der oder in der Überspannungsschutzkomponente eingebettet sein. Spezifische Details hierzu werden im späteren Verlauf beschrieben.

Das System kann ferner die mindestens eine Überspannungsschutzkomponente aufweisen. Anders ausgedrückt kann die mindestens eine Überspannungsschutzkomponente Teil des Systems sein.

Die mindestens eine Überspannungsschutzkomponente kann beispielsweise mindestens einen Varistor aufweisen oder als mindestens ein Varistor ausgebildet sein.

Varistoren sind spannungsabhängige Widerstände. Sie verändern ihren Widerstandswert in Abhängigkeit der anliegenden Spannung. Daher werden sie auch spannungsabhängiger Widerstand (auf Englisch: Voltage Dependent Resistor (VDR)) genannt. Der Widerstandswert eines Varistors nimmt bei zunehmender Spannung ab. Bei

sinkender Spannung steigt der Widerstandswert. Von einer bestimmten Spannung an wird der Varistor niederohmig und verhindert dadurch einen weiteren Spannungsanstieg. Der oben genannte Platzhalter kann zum Beispiel bei der Herstellung der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente zwischen Varistoren /
5 Varistorblöcken der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente eingebaut sein. Die Varistoren / Varistorblöcke können mit Hilfe der mindestens einen Messanordnung durch das System auf ihren Zustand, z.B. auf ihre Temperatur, überwacht werden. Dementsprechend kann das Signal derart an der Messkomponente der mindestens einen Messanordnung in Abhängigkeit des Zustands, z.B. der Temperatur,
10 eines oder mehrerer Varistoren z.B. verändert und reflektiert werden, dass von der Auswerteeinheit aus dem reflektierten Signal Informationen über den Zustand, z.B. die Temperatur, des einen oder der mehreren Varistoren ableitbar sind.

Anders ausgedrückt ist ein Varistor ein elektrischer Widerstand, welcher einen spannungsabhängigen Widerstand aufweist (variable resistor = Varistor). Varistoren gibt es z.B. auf der Basis von Silizium-Carbid (Silizium-Karbid) und Metall-Oxid. Heutzutage werden oftmals Metall-Oxid Varistoren (MOV) eingesetzt.

Beispielsweise kann die mindestens eine Überspannungsschutzkomponente mindestens einen Metalloxid-Varistor (MOV), beispielsweise mehrere MOVs, aufweisen oder als mindestens ein MOV, beispielsweise als mehrere MOVs, ausgebildet sein. Das heißt, die oben genannten Varistoren können jeweils als MOV-Varistor ausgebildet sein. MOVs / MOV-Varistoren sind spezielle Varistoren, d.h. ebenfalls Schutzbauteile, deren Widerstandswert spannungsabhängig ist. MOV-Varistoren haben im Normalzustand einen sehr großen Widerstand. Oberhalb einer bestimmten Schwellspannung fällt der Widerstandswert abrupt. Im Falle einer Überspannung reagieren MOV-Varistoren sehr schnell, normalerweise innerhalb von Nanosekunden, und leiten die Überspannung entsprechend schnell ab.

Die mindestens eine Messanordnung ist beispielsweise derart mit der Verbindungsanordnung gekoppelt, dass das an oder in der mindestens einen Messanordnung in Abhängigkeit des Zustands, z.B. der Temperatur, der mindestens einen Messanordnung reflektierte Signal in die Verbindungsanordnung einkoppelbar ist. Die Verbindungsanordnung ist beispielsweise derart ausgebildet und angeordnet, das
35 reflektierte Signal in Richtung der Auswerteeinheit zu leiten. Die Verbindungsanordnung ist mit der Auswerteeinheit beispielsweise derart gekoppelt, dass das reflektierte Signal in die Auswerteeinheit einkoppelbar ist. Die Auswerteeinheit ist beispielsweise dazu ausgebildet, aus dem reflektierten Signal Informationen über den

Zustand, z.B. die Temperatur, der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente abzuleiten. Die Sendeeinheit und die Auswerteeinheit können am gleichen Ort, z.B. in einer gemeinsamen Entität, angeordnet sein. In diesem Fall kann der Weg des Signals von der Sendeeinheit zu der Messanordnung zumindest weitestgehend dem Weg des Signals von der Messanordnung zu der Auswerteeinheit entsprechen. Alternativ können die Sendeeinheit und die Auswerteeinheit an unterschiedlichen Orten angeordnet sein. In diesem Fall kann der Weg des Signals von der Sendeeinheit zu der Messanordnung dadurch von dem Weg des Signals von der Messanordnung zu der Auswerteeinheit abweichen, dass an einer Stelle des Wegs, z.B. vor der Sendeeinheit, ein Strahlteiler angeordnet ist, der dazu ausgebildet ist, das reflektierte Signal zu der Auswerteeinheit umzuleiten.

Die mindestens eine Messkomponente der mindestens einen Messanordnung ist beispielsweise derart mit der Faser der mindestens einen Messanordnung verbunden, dass das an der mindestens einen Messkomponente der mindestens einen Messanordnung in Abhängigkeit des Zustands, z.B. der Temperatur, der mindestens einen Messanordnung reflektierte Signal in die Faser der mindestens einen Messanordnung einkoppelbar ist. Die Faser der mindestens einen Messanordnung ist beispielsweise derart ausgebildet und angeordnet, das reflektierte Signal in Richtung der Verbindungsanordnung zu leiten. Die Faser ist beispielsweise derart mit der Verbindungsanordnung gekoppelt, dass das reflektierte Signal in die Verbindungsanordnung einkoppelbar ist. Die Verbindungsanordnung ist beispielsweise derart ausgebildet und angeordnet, das reflektierte Signal in Richtung der Auswerteeinheit zu leiten. Die Verbindungsanordnung ist mit der Auswerteeinheit beispielsweise derart gekoppelt, dass das reflektierte Signal von der Auswerteeinheit auswertbar ist. Die Auswerteeinheit ist beispielsweise dazu ausgebildet, aus dem reflektierten Signal Informationen über den Zustand, z.B. die Temperatur, der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente abzuleiten.

Das System kann eine mit der Auswerteeinheit verbundene Recheneinheit aufweisen. Die Recheneinheit ist dazu ausgebildet, aus den Informationen über den Zustand, z.B. die Temperatur, der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente eine Ausfallwahrscheinlichkeit der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente zu ermitteln. Hierfür können beispielsweise Grenzwerte definiert werden. Diese können, zum Beispiel, die Grundtemperatur im Betrieb beschreiben oder aber die Abklingzeit nach einem Ereignis wie einem Blitzschlag. Dies ist z.B. über eine Lookup-Table realisierbar. Alternativ kann das System selbstlernend ausgelegt sein und Grenzwerte über eine langfristige Messung des Normalzustandes selbst ermitteln.

Die Recheneinheit kann drahtlos und/oder drahtgebunden mit der Auswerteeinheit verbunden sein. Über die drahtlose und/oder drahtgebundene Verbindung können die Recheneinheit und die Auswerteeinheit miteinander kommunizieren. Beispielsweise kann die Auswerteeinheit der Recheneinheit über die drahtlose und/oder drahtgebundene Verbindung die Informationen über den Zustand, z.B. die Temperatur, der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente übermitteln.

Die Recheneinheit kann dazu ausgebildet sein, einen möglichen Ausfall der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente festzustellen, wenn die ermittelte Ausfallwahrscheinlichkeit der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente einen vorbestimmten Grenzwert überschreitet. Zusätzlich oder alternativ kann die Recheneinheit dazu ausgebildet sein, einen möglichen Ausfall der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente festzustellen, wenn die ermittelte Ausfallwahrscheinlichkeit der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente um einen vorbestimmten Wert von einer ermittelten Ausfallwahrscheinlichkeit einer oder mehrerer weiterer der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente abweicht.

Die Recheneinheit kann dazu ausgebildet sein, vor dem möglichen Ausfall der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente zu warnen, wenn die ermittelte Ausfallwahrscheinlichkeit der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente einen vorbestimmten Grenzwert überschreitet. Zusätzlich oder alternativ kann die Recheneinheit dazu ausgebildet sein, vor dem möglichen Ausfall der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente zu warnen, wenn die ermittelte Ausfallwahrscheinlichkeit der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente um einen vorbestimmten Wert von einer ermittelten Ausfallwahrscheinlichkeit einer oder mehrerer weiterer der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente abweicht.

Die Warnung kann mit Hilfe eines optischen und/oder akustischen Signals erfolgen. Rein beispielhaft seien hier eine Warnung über eine automatisch generierte E-Mail oder eine Pop-up Meldung auf einem Smartphone, Tablet oder einem anderen Gerät genannt.

Die mindestens eine Überspannungsschutzkomponente kann als eine Vielzahl von Überspannungsschutzkomponenten ausgebildet sein. Jede der Vielzahl von Überspannungsschutzkomponenten kann eine hierin beschriebene Messanordnung aufweisen. Anders ausgedrückt, falls mehrere Überspannungsschutzkomponenten zu überwachen sind, kann in jeder der mehreren Überspannungsschutzkomponenten

jeweils eine der mindestens einen Messanordnung angeordnet/vorhanden sein. Jede der mindestens einen Messanordnung kann jeweils eine Faser, z.B. optische Faser, und eine mit der Faser verbundene Messkomponente aufweisen. Jede der Vielzahl von Überspannungsschutzkomponenten kann, wie beschrieben, auf ihren Zustand, z.B. ihre Temperatur, überwacht werden.

Die mindestens eine Überspannungsschutzkomponente kann zum Überspannungsschutz einer Serienkompensation eines Energiesystems ausgebildet sein. Insbesondere kann die mindestens eine Überspannungsschutzkomponente zum Überspannungsschutz einer Serienkompensation, wie z.B. einer in Serie geschalteten Kondensatoren-Bank, eines Energiesystems, ausgebildet sein. Eine derartige Serienkompensation, wie z.B. eine in Serie geschaltete Kondensator-Bank, wird als fixe Serienkompensation (FSC; Englisch: Fixed Series Compensation) bezeichnet. Generell wird die Serienkompensation in Energiesystemen, wie Stromübertragungssystemen, genutzt, um die Übertragungskapazität von Leitungen durch Steuerung der Impedanz zu erhöhen, um die Leitungsimpedanz aktiv zu steuern (und dadurch die allgemeine Netzstabilität zu steigern) und/oder, besonders in Gegenden mit einer hohen Blitzschlag-Wahrscheinlichkeit, um die schnelle Wiederherstellung des Betriebs zu ermöglichen (da z.B. ein thyristorgeschützter Kondensator nach einer Störung nicht heruntergekühlt werden muss). Als Beispiele für die Serienkompensation seien an dieser Stelle Festkondensatoren sowie thyristor-geschaltete Kondensatoren genannt.

Die fixe Serienkompensation wird beispielsweise eingesetzt, um die Leistungsfähigkeit von großen Stromübertragungs-Systemen zu optimieren. Durch die Installation eines kapazitiven Blindwiderstands in Serienschaltung auf einer langen Freileitung (typischerweise über 200 km), wird sowohl die Winkelabweichung als auch der Spannungsabfall reduziert, was die Belastbarkeit und Stabilität der Leitung erhöht. Für die technologische Lösung der Serienkompensation werden seriengeschaltete Kondensatoren in Übertragungsleitungen eingesetzt. Die Geräte sind auf einer Plattform untergebracht, die vollständig vom Spannungssystem isoliert ist. Der Kondensator und der Überspannungsschutz sind beide auf der (Stahl-)Plattform untergebracht. Der Überspannungsschutz ist ein Schlüsselfaktor für die Auslegung, da die Kondensatorbank dem durchlaufenden Fehlerstrom selbst bei einer schweren, nahegelegenen Störung, z.B. einem Blitzeinschlag in die Überleitung, standhalten muss. Der primäre Überspannungsschutz weist typischerweise nicht lineare Varistoren, eine Schnell-schutzeinrichtung (CapThor) und einen schnellen Umgehungsschalter auf. Der Sekundärschutz wird oftmals durch bodenmontierte Elektronik ermöglicht, die auf Signale des optischen Stromwandlers der Hochspannungsschaltung reagiert.

Der Überspannungsschutz einer fixen Serienkompensation weist üblicherweise mehrere übereinandergestapelte Varistoren, normalerweise MOVs, auf. Die Varistoren können eine sogenannte Kolumne bzw. einen Arrestor bilden. Tritt im System eine hohe Spannung auf, schalten die Varistoren in Durchlassrichtung und wandeln diese Überspannung in Wärme um. Auf einer FSC-Plattform sind mehrere, für gewöhnlich bis zu 22 Arrestoren/Arrester parallel geschaltet, die zusammen die Anlage gegenüber nicht vorhersehbaren Effekten schützen. Anbieter solcher Anlagen versuchen, möglichst die Anzahl der Arrestor zu verringern, jedoch gibt es bislang keine Möglichkeit, die benötigte Menge an Arrestoren sauber zu kalkulieren.

Der innere Aufbau eines Arrestors ist für gewöhnlich segmentiert. In einem Arrestor kann es demnach Bauteile mit relevanten Funktionen wie auch die bereits genannten Platzhalter geben, die zur Erreichung einer gewissen Bauhöhe beitragen. Diese Platzhalter werden manchmal auch als Spacer bezeichnet. In diese Platzhalter kann die oben genannte Faser, beispielsweise optische Faser, eingebracht werden. Die Faser kann im Arrestor jedoch auch an anderen Stellen oder Bauteilen angeordnet werden. Die Messkomponente kann jeweils an den Varistoren, z.B. MOVs, angeordnet sein. Beispielsweise können Fasern jeweils an oder in einem zugehörigen Platzhalter eines Arrestors angeordnet sein und Messkomponenten können jeweils an einem zugehörigen Varistor, z.B. MOV, angeordnet sein.

Wie beschrieben, degradieren Varistoren im Laufe ihrer Einsatzzeit durch unterschiedliche Effekte, wie beispielsweise Eindringen von Feuchtigkeit, lokale Entladungen durch schlechten Kontakt zwischen Varistoren, Kontamination im Gehäuse, welche zu ungeeigneter Spannungsverteilung im Stapel führt, und mechanische Schäden durch thermische Überlastung z.B. nach einem Hochstrom-Ereignis.

Varistoren sind bei der Überschreitung eines kritischen Spannungswertes dauerhaft leitfähig und müssen daher ausgetauscht werden, da ansonsten ein Einschalten der Anlage nicht mehr möglich ist. Der verursachende Varistor kann mit bislang verfügbaren Systemen nicht ohne weiteres erkannt werden. Daher sind lange Ausfallzeiten zu erwarten. Die hierin beschriebene Zustandsüberwachung von Varistoren bietet die Möglichkeit einer genauen und/oder gezielten Vorhersage bezüglich der Lebensdauer und/oder Wartungszyklen eines Arrestors bzw. einzelner Varistoren.

Das hierin beschriebene, an der Messkomponente reflektierte Signal, z.B. analoge optische Signal, kann durch die Auswerteeinheit so weiterverarbeitet werden, dass

die Daten von der Recheneinheit, wie Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA)-Systemen, verarbeitet werden können. Anders ausgedrückt können von der mindestens einen Messanordnung und der Auswerteeinheit Rohdaten bereitgestellt werden, die dann von einer auf der Recheneinheit laufenden Software weiterverarbeitet werden, um mögliche Ausfälle der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente zu berechnen und ggf. vor diesen vorsorglich zu warnen. Damit kann eine gezielte Wartung frühzeitig geplant werden.

Zudem kann die betroffene Überspannungsschutzkomponente ermittelt werden. Beispielsweise kann hierfür das System mindestens einen Schalter, z.B. mindestens einen optischen Schalter, aufweisen. Gemäß einer möglichen Ausgestaltung kann pro Arrester ein Schalter vorgesehen sein. Gemäß einer weiteren möglichen Ausgestaltung kann pro Varistor ein Schalter vorgesehen sein. Unabhängig von der genauen Anzahl an Schaltern ist bei Messung der Zustand des Schalters bzw. der Schalter bekannt und damit auch der Ort, an dem gemessen wird. Die Messung erfolgt daher mit direkter Rückverfolgbarkeit zur Überspannungsschutzkomponente, wie z.B. zum Varistor. Dadurch kann die betroffene Überspannungsschutzkomponente, z.B. abhängig von der Anzahl der Schalter, zumindest genauer oder sogar genau benannt werden und der Austausch kann zumindest gezielter oder sogar gezielt erfolgen. Die aufwändige Suche nach dem fehlerhaften Teil, d.h. der fehlerhaften Überspannungsschutzkomponente, kann reduziert werden oder beispielsweise komplett entfallen. Bei aus dem Stand der Technik bekannten Systemen werden in festgeschriebenen Zyklen Überprüfungen der Kernkomponenten vorgenommen. Mit dem möglichst genauen Wissen um den Zustand der Komponenten kann man die Wartungszyklen auf ein notwendiges oder vorgeschriebenes Minimum reduzieren. Als Frühwarnsystem lässt sich die Recheneinheit und die darauf laufende Software mit Gewittervorhersagen koppeln / kombinieren. Blitzeinschläge können beispielsweise zu Beschädigungen führen. Blitzeinschläge führen für gewöhnlich jedoch nicht zu einem kompletten Ausfall. Diese Beschädigungen können mit dem System detektiert werden. Die Wahrscheinlichkeit, dass ein erneuter Blitzeinschlag die vorgeschädigte Überspannungsschutzkomponente letztendlich komplett versagen lässt (was wiederum zum Abschalten der kompletten Anlage führt) ist (extrem) hoch. Ein rechtzeitiger Austausch der betroffenen Überspannungsschutzkomponente beugt daher dem Ausfall der Anlage vor.

Mit Hilfe des beschriebenen Systems wird daher eine Lösung bereitgestellt, mit der unter anderem im Außenbereich Hochspannungskomponenten wie Überspannungsschutzkomponenten hinsichtlich ihres Zustands, z.B. ihrer Temperatur, überwacht

werden können. Bestehende Systeme zur Trafo-Überwachung haben keine von Erd- bis Hochspannungspotential führende Übertragungsstrecken. Die technischen Eckdaten solcher existierender Lösungen sowie deren Preisgefüge machen diese Lösungen unattraktiv.

5

Gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren zur Zustandsüberwachung von mindestens einer Überspannungsschutzkomponente bereitgestellt. Das Verfahren wird durch das System gemäß dem ersten Aspekt ausgeführt. Das Verfahren weist folgende Schritte auf: Aussenden eines Signal mittels der Sendeeinheit; Einkoppeln des ausgesendeten Signal in die Verbindungsanordnung; Leiten des eingekoppelten Signals durch die Verbindungsanordnung in Richtung der mindestens einen Messanordnung; Einkoppeln des durch die Verbindungsanordnung in Richtung der mindestens einen Messanordnung geleiteten Signals in die mindestens eine Messanordnung; Reflektieren des Signals in oder an der mindestens einen Messanordnung in Abhängigkeit des Zustands der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente derart, dass von der Auswerteeinheit aus dem reflektierten Signal Informationen über den Zustand der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente ableitbar sind.

10

15

20

Auch wenn einige Details nur in Bezug auf das System gemäß dem ersten Aspekt beschrieben wurden, können diese entsprechend in dem Verfahren gemäß dem zweiten Aspekt realisiert sein/werden.

Die vorliegende Offenbarung soll weiter anhand von Figuren erläutert werden. Diese Figuren zeigen schematisch:

25

Figur 1 eine mögliche Ausgestaltung eines Systems zur Zustandsüberwachung mindestens einer Überspannungsschutzkomponente gemäß einem Ausführungsbeispiel;

30

Figur 2a eine mögliche Ausgestaltung einer Messanordnung des Systems aus Figur 1 gemäß einem Ausführungsbeispiel;

Figur 2b eine mögliche Ausgestaltung einer Messanordnung des Systems aus Figur 1 gemäß einem Ausführungsbeispiel;

35

Figur 3 eine mögliche Ausgestaltung eines Systems zur Zustandsüberwachung mindestens einer Überspannungsschutzkomponente gemäß einem Ausführungsbeispiel;

Figur 4 eine mögliche Ausgestaltung eines Systems zur Zustandsüberwachung mindestens einer Überspannungsschutzkomponente gemäß einem Ausführungsbeispiel;

Figur 5 eine mögliche Ausgestaltung eines Systems zur Zustandsüberwachung mindestens einer Überspannungsschutzkomponente gemäß einem Ausführungsbeispiel; und

Figur 6 eine mögliche Ausgestaltung einer Verbindungseinrichtung des Systems aus einer der Figuren 1 oder 3 bis 5.

Im Folgenden werden, ohne hierauf beschränkt zu sein, spezifische Details dargelegt, um ein vollständiges Verständnis der vorliegenden Offenbarung zu liefern. Es ist einem Fachmann jedoch klar, dass die vorliegende Offenbarung in anderen Ausführungsbeispielen verwendet werden kann, die von den nachfolgend dargelegten Details abweichen können. Beispielsweise werden im Folgenden spezifische Konfigurationen und Ausgestaltungen eines Systems beschrieben, die nicht als einschränkend anzusehen sind. Beispielsweise wird die Erfindung nachfolgend teilweise in Bezug auf ihre Verwendung mit einer fixen Serienkompensation beschrieben. Die Erfindung ist jedoch nicht auf diese Anwendung beschränkt.

Die fixe Serienkompensation (engl.: fixed series compensation (FSC)) ist eine bevorzugte Lösung, um die Leistungsfähigkeit von großen Stromübertragungs-Systemen zu optimieren. Durch die Installation eines kapazitiven Blindwiderstands in Serienschaltung auf einer langen Freileitung (typischerweise über 200 km), wird sowohl die Winkelabweichung als auch der Spannungsabfall reduziert, was die Belastbarkeit und Stabilität der Leitung erhöht. Für die technologische Lösung der Serienkompensation werden seriengeschaltete Kondensatoren (Kondensator-Bänke) in Übertragungsleitungen eingesetzt. Die Geräte sind normalerweise auf einer Plattform untergebracht, die vollständig vom Spannungssystem isoliert ist. Der Kondensator und der Überspannungsschutz sind beide auf der (Stahl-)Plattform untergebracht. Der Überspannungsschutz ist von besonderer Bedeutung für die Auslegung, da die Kondensatorbank dem durchlaufenden Fehlerstrom selbst bei einer schweren nahegelegenen Störung, z.B. einem Blitzeinschlag in die Überleitung, standhalten muss.

Der primäre Überspannungsschutz beinhaltet typischerweise nicht lineare Varistoren, eine Schnellschutzeinrichtung (CapThor) und einen schnellen Umgehungsschalter. Der Sekundärschutz wird durch bodenmontierte Elektronik ermöglicht, die auf Signale des optischen Stromwandlers der Hochspannungsschaltung reagiert.

5

Der Überspannungsschutz weist übereinandergestapelte Varistoren, üblicherweise Metalloxid-Varistoren (MOV) auf, die eine Kolumne bzw. einen Arrester bilden. Ein Varistor ist ein elektrischer Widerstand, welcher einen spannungsabhängigen Widerstand aufweist (variable resistor = Varistor). Varistoren gibt es auf der Basis von Silizium-Carbid (Silizium-Karbid) und Metall-Oxid. Heutzutage finden die genannten Metall-Oxid Varistoren (MOV) weite Verbreitung.

10

15

Tritt im System eine hohe Spannung auf, schalten die Varistoren in Durchlassrichtung und wandeln diese Überspannung in Wärme um. Auf einer FSC-Plattform sind mehrere, und normalerweise bis zu 22 Arrestoren parallel geschaltet, die zusammen die Anlage gegenüber nicht vorhersehbaren Effekten schützen. Jedoch macht in Summe diese Schutzfunktion alleine ca. 20% der Gesamtsystemkosten aus. Aus diesem Grund wird versucht, möglichst die Anzahl der Arrestor zu verringern. Jedoch gibt es hierfür bislang keine zuverlässige Möglichkeit, die benötigte Menge an Arrestoren genau zu kalkulieren.

20

25

Varistoren degradieren im Laufe ihrer Einsatzzeit durch unterschiedliche Effekte, wie beispielsweise Eindringen von Feuchtigkeit, lokale Entladungen durch schlechten Kontakt zwischen Varistoren, Kontamination im Gehäuse, welche zu ungeeigneter Spannungsverteilung im Varistor-Stapel führt, sowie mechanische Schäden durch thermische Überlastung nach einem Hochstrom-Ereignis.

30

Varistoren sind bei der Überschreitung eines kritischen Spannungswertes dauerhaft leitfähig und müssen ausgetauscht werden, da ansonsten ein Einschalten der Anlage nicht mehr möglich ist. Der verursachende Varistor kann nicht ohne weiteres erkannt werden. Daher sind lange Ausfallzeiten zu erwarten. Die Zustandsüberwachung von Varistoren ist gewünscht, um eine genaue Vorhersage bezüglich der Lebensdauer und Wartungszyklen eines Arresters bzw. einzelner Varistoren zu treffen.

35

Eine derartige Zustandsüberwachung von MOVs ist derzeit noch nicht zuverlässig möglich. Aktuelle Ansätze können in optische, elektrische und thermische Messprinzipien unterteilt werden. Als optisches Messgerät ist derzeit nur der optisch-elektrische Ansprechmelder (Surge Counter) bekannt. Dieser misst die Anzahl der Überhö-

gen und versieht diese mit einem Zeitstempel. Elektrische Ausführungen solcher Zähler sind ebenfalls bekannt. Bei den elektrischen Messprinzipien kann man weiterhin Leckstrommesser (leakage current meter), eine Messung der dritten harmonischen Frequenz (Third Harmonic Current Measure) und Teilentladungsmesser (Partial Discharge Detection) unterscheiden.

Bei den sogenannten Surge Countern werden zwei Elektroden parallel zueinander angeordnet. Im Fall einer Aktivierung eines MOVs entsteht ein Stromüberschlag zwischen den Elektroden, welcher zu einem optischen Signal führt, welches mit einer optischen Faser gemessen und mit einem Empfänger ausgewertet werden kann. Da das Messprinzip auf einem Überschlag zwischen den Elektroden basiert, führt es unweigerlich zu einer Degradation der Elektrodenoberfläche. Nach Herstellerangaben müssen die Elektroden im Fall einer Degradation für einen unterbrechungsfreien Betrieb ausgetauscht werden. Die Messung findet optisch statt. Auch lässt sich die Dauer und Anzahl der Überschläge erfassen. Allerdings kann, ohne das Gerät aufzuschrauben, nicht festgestellt werden, ob die Elektroden degradiert sind (Einschüsse aufweisen). Ferner wird nach Unwettern eine generelle Überprüfung dieser Messgeräte empfohlen. Die Messmethode weist einen hohen Wartungsaufwand allein für die eingebauten Elektroden auf. Der Wartungsaufwand erhöht sich, wenn bedacht wird, dass auch das optische Faserende beim Blitzeinschlag Beeinträchtigungen erfährt. Es ist ferner unklar, wie mit der Zeit das optische Faserende bei Überschlägen degradiert (Lichtbögen sind eine etablierte Methode optische Fasern zu schmelzen; die Faser ist hier bei jeder MOV Aktivierung einem Lichtbogen ausgesetzt). Schließlich lässt die optische Messung des Überschlags keine Kaskadierung / Zusammenfassung von mehreren Sensoren und einem einzigen Empfänger zu (die Messung muss kontinuierlich erfolgen, um keinen Überschlag zu verpassen; das Messfenster beträgt ms, d.h. wenn man Schalter einbaut, wird möglicherweise ein Ereignis verpasst; bei einer Kaskadierung lässt sich nicht identifizieren, welches Ereignis von welchem Arrester bzw. von welcher Kolumne kommt).

Ferner sind Leckstrommesser bekannt. Hierbei handelt es sich um Messgeräte zur Ermittlung des Leckstroms. Der Leckstrom setzt sich zusammen aus einem resistiven Strom (5-20 %, 10 μ A – hunderte μ A) und einem kapazitiven Strom (80-95 %, 0.2 mA – 0.3 mA). Da der Leckstrom vom kapazitiven Strom dominiert wird, ist die fehlerarme Messung des Widerstandsstroms in der Praxis äußerst anfällig für elektromagnetisches Rauschen. Es werden diverse Kompensationsmethoden genutzt, um den resistiven Strom vom kapazitiven Strom zu unterscheiden, wie beispielsweise eine konstante Phasenverschiebungsmethode, eine modifizierte „shift current“ Me-

thode, eine Multikoeffizienten Kompensationsmethode, eine aktive Leistungsmessung, eine Methode der kleinsten Quadrate etc. Am weitesten verbreitet genutzt werden 1) Oszilloskope mit sensitiven Spannungs- und resistiven Stromtastköpfen sowie die 2) Dritte Harmonische Methode. Es sind Geräte bekannt, die Entladungen mit Amplituden oberhalb von 10 A erkennen, den gesamten Leckstrom und den resistiven Strom auswerten und Statistiken erstellen. Die Auswertung basiert auf der Analyse der dritten Harmonischen. Die Daten können aus einer Entfernung von 60 m (optional 120 m) ausgelesen werden, sodass das Servicepersonal keine Zugangsbe-
rechtigung für die Unter- oder Substation braucht. Das Gerät braucht keine externe Stromzufuhr, da es durch Solarzellen und das anliegende elektrische Feld betrieben werden kann.

Insgesamt sind Leckstrommesser relativ kostengünstig. Jedoch ist eine digitale Signalbearbeitung notwendig. Ferner ist nach IEC 60099-5 die Nutzung dieser Methode für die Berechnung des Widerstandsstroms und das Online-Monitoring tatsächlich durch das auftretende elektromagnetische Rauschen limitiert. In der Regel hängen die Messergebnisse z.T. von der Art und Weise der Erdung ab. Die alleinige Messung hoher Widerstandsströme lässt nicht direkt auf eine Beschädigung des Arresters schließen. Weiterführende Messungen sind notwendig.

Ferner sind Third Harmonic Current Sensoren bekannt. Die nichtlineare Charakteristik von MOVs führt zu harmonischen Frequenzen im Spektrum. Ein Spannungsverlauf mit idealem sinusförmigem Verlauf würde nicht zu harmonischen Anteilen der Stromstärke führen. Das Vorhandensein harmonischer Anteile im Spannungsverlauf führt zu einem Anteil der dritten harmonischen Frequenz. Der harmonische Anteil hängt von der Amplitude des resistiven Stroms und dem Grad der Nichtlinearität (Funktion der Spannung und der Temperatur) ab. Die dritte Harmonische setzt sich zusammen aus einem kapazitiven und einem resistiven Stromanteil. Alterungserscheinungen führen stets zur Erhöhung des resistiven Anteils. Um den resistiven Anteil des Leckstroms zu bestimmen, ist es eine gängige Methode, den Anteil der dritten Harmonischen zu messen und mit einem Korrekturfaktor in den resistiven Anteil umzurechnen. Allerdings ist der Stromfluss durch den Widerstand von der Temperatur abhängig. Ferner ist für die numerische Analyse aufwändige und teure Technik für die Online-Messung notwendig. Schließlich wird eine digitale Signalverarbeitung benötigt.

Ferner sind Teilentladungsmesser (partial discharge measurement) bekannt. Ein Teilentladungsmesser detektiert lokalisierte elektrische Überschläge in Festkörpern

oder Flüssigkeiten, welche bei Anlegen hoher Spannung auftreten. Dabei wird mit einem Detektor die tatsächliche bewegte Ladung in Piko-Coulomb in Abhängigkeit von der Zeit gemessen. Die Messprozedur berücksichtigt die Detektion, Klassifizierung und Lokalisierung der Entladung. Derartige Messungen sind kostenintensiv. Es sind kaum tragbare Geräte verfügbar. Die Unterscheidung vom Untergrundrauschen ist nicht trivial. Zudem treten Teilentladungen nur bei feuchter Witterung auf.

Ferner ist die Messung der Strom-Spannungskennlinie (Vref Testing) bekannt. Ein MOV hat eine charakteristische nichtlineare Strom-Spannungskennlinie, welche durch den Hersteller bei der Weitergabe bereitgestellt wird. Durch eine Alterung des Arresters ändert sich diese im Laufe der Lebensdauer. Eine Messung der Kennlinie und ein Abgleich mit der vom Hersteller bereitgestellten Kennlinie (Messung bei Referenzspannung V_{ref} bei fester Stromstärke) lässt auf den Alterungszustand zurückschließen. Dieses Vorgehen ist nur sinnvoll, um einen einzelnen MOV zu messen, der vom Gesamtsystem isoliert werden muss. Das Verfahren ist kostenintensiv. Ein Zugang zur Installation ist notwendig.

Ferner sind thermische Kameras (Thermal cameras) bekannt. Mit einer thermischen Kamera lässt sich die Temperatur eines Arresters aus einer Entfernung von mehreren zehn Metern bestimmen. Dabei kann ein Unterschied von ca. 10°C zwischen belasteten Arrestern auf eine Störung eines Arresters schließen lassen. Thermische Kameras sind kostengünstig und arbeiten berührungsfrei und schnell (keine Installation notwendig). Allerdings weist ein Arrester nur bei Belastung eine thermische Signatur auf und kann im unbelasteten Fall nicht bewertet werden. Es muss jeder Arrester einzeln gemessen werden. Ferner ist das Sichtfeld eingeschränkt. (=Eingeschränktes Messfeld (Abschattung der Sicht durch umliegende Installationen)). Eine Langzeiteinrichtung ist nicht verfügbar.

Bei den oben genannten Lösungen bieten sich nur das Leakage Current Meter und der Surge Counter als festinstallierte Zustandsüberwachung an. Diese haben jedoch zahlreiche, teilweise oben genannte Nachteile. Es besteht ein Handlungsbedarf für eine verbesserte Messmethode und ein verbessertes Überwachungssystem.

Figur 1 zeigt ein System zur Zustandsüberwachung von mindestens einer Überspannungsschutzkomponente. Das System 1 weist eine Sendeeinheit 10 auf. Das System 1 weist eine mit der Sendeeinheit 10 gekoppelte Verbindungsanordnung 20 auf. Das System 1 weist ferner mindestens eine mit der Verbindungsanordnung 20 gekoppelte Messanordnung 40 auf. In dem Beispiel aus Figur 1 ist die Verbindungsanordnung 20

über eine Verbindungseinrichtung 30 mit der Messanordnung 40 gekoppelt. Die Messanordnung 40 ist zur Anordnung in oder an mindestens einer Überspannungsschutzkomponente 50 ausgebildet. Die Überspannungsschutzkomponente 50 ist in dem Beispiel aus Figur 1 als Teil eines Arresters, wie z.B. als Varistor eines Arresters, oder als Arrester ausgebildet. Die Messanordnung 40 weist, rein beispielhaft, eine Faser 42 und eine mit der Faser 42 verbundene Messkomponente 44 auf.

Eine Draufsicht eines Beispiels für eine Messanordnung 40 ist in den Figuren 2a und 2b gezeigt. In diesem Beispiel weist die Messanordnung 40 ein metallisches Gehäuse 46 auf. Die Faser 42 wird über einen Schutzschlauch 48 in das metallische Gehäuse 46 geführt. Die Faser 42 weist die Form einer Spule oder Spirale auf und windet sich in dem metallischen, zylindrischen Gehäuse 46 spiralförmig oder bei Draufsicht kreisförmig nach oben oder nach unten. An einem Ende der Faser 42 ist eine Messkomponente 44 angeordnet. Bei dem zylindrischen metallischen Gehäuse 46 kann es sich um den oben beschriebenen Platzhalter eines Arresters handeln, beispielsweise des Arresters aus Figur 1.

Die Messkomponente 44 kann ein Faser-Bragg-Gitter aufweisen oder als Faser-Bragg-Gitter ausgebildet sein. Beispiele für Messanordnungen 40 mit einem solchen Faser-Bragg-Gitter sind, in Zusammenhang mit anderen Komponenten des Systems 1, in den Figuren 3 und 4 gezeigt. Die Zustandsüberwachung der Überspannungsschutzkomponente 50 (z.B. eines Teils des Arresters oder des Arresters) aus Figur 1 kann wie folgt erfolgen.

In den Figuren 3 und 4 ist das System 1 beispielhaft als optisches System ausgebildet, d.h. das System 1 arbeitet mit einem optischen Signal. Dementsprechend werden in Bezug auf die Figuren 3 und 4 einige der Komponenten als optische Komponenten bezeichnet. Gemäß Figur 3 weist das System 1 eine mit der mindestens einen optischen Messanordnung 40 gekoppelte Auswerteeinheit 12 auf. Die Sendeeinheit 10 ist dazu ausgebildet ist, ein optisches Signal auszusenden. Ein beispielhaftes Spektrum 82 des optischen Signals ist in Figur 3 gezeigt. Ein beispielhafter Wellenlängenverlauf des optischen Signals ist in Figur 4 gezeigt.

Die optische Sendeeinheit 10 und die optische Verbindungsanordnung 20 (der Einfachheit halber nicht gezeigt in Figuren 3 und 4) sind derart gekoppelt, dass das optische Signal in die optische Verbindungsanordnung 20 eingekoppelt wird. Die optische Verbindungsanordnung 20 ist derart ausgebildet und angeordnet ist, das eingekoppelte optische Signal in Richtung der mindestens einen optischen Messan-

ordnung 40 zu leiten. Die optische Verbindungsanordnung 20 und die mindestens eine optische Messanordnung 40 sind derart, beispielsweise über die Verbindungseinrichtung 30 aus Figur 1, miteinander gekoppelt, dass das optische Signal in die optische Faser 42 der mindestens einen optischen Messanordnung 40 eingekoppelt wird. Die optische Faser 42 und die optische Messkomponente 44 der mindestens einen optischen Messanordnung 40 sind derart miteinander verbunden, dass das optische Signal in Richtung der optischen Messkomponente 44 geleitet wird. Die optische Messkomponente 44 der mindestens einen Messanordnung 40 ist dazu ausgebildet, dass optische Signal in Abhängigkeit eines Zustands der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente 50 zu reflektieren. Dadurch ergibt sich ein reflektiertes Spektrum 86 des optischen Signals (siehe Figur 3) oder ein reflektierter Wellenlängenbereich des optischen Signals (siehe Figur 4). Ein anderer Teil des optischen Signals wird an der optischen Messkomponente 44 transmittiert. Dadurch ergibt sich ein transmittiertes Spektrum 84 des optischen Signals (siehe Figur 3) oder ein transmittierter Wellenlängenbereich des optischen Signals (siehe Figur 4). Die Auswerteeinheit 12 ist ausgebildet, aus dem reflektierten optischen Signal Informationen über den Zustand der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente 50 abzuleiten. Beispielsweise ist die Auswerteeinheit 12 ausgebildet, aus dem reflektierten Spektrum des optischen Signals (Figur 3) oder dem reflektierten Wellenlängenbereich des optischen Signals (Figur 4) Informationen über den Zustand der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente 50 abzuleiten. Insbesondere kann das an der optischen Messkomponente 44 reflektierte Signal (mit dem reflektierten Spektrum oder dem reflektierten Wellenlängenbereich) durch die optische Faser 42 in Richtung der Auswerteeinheit 12 geleitet werden. Das reflektierte Signal kann nach Verlassen der optischen Faser 42 beispielsweise mittels eines Strahlteilers gezielt auf die Auswerteeinheit 12 gelenkt werden.

Die faseroptische Zustandsüberwachung kann, wie genannt, mittels sogenannter Faser-Bragg-Gitter (FBG) als Messkomponente 44 durchgeführt werden. Diese Komponenten weisen eine lokale Brechungsindexstruktur (Länge ca. 20 mm) auf, welche bei einer ausgewählten Signalwellenlänge ein optisches Signal, wie ein Lasersignal, um einen vorbestimmten Grad reflektieren und/oder transmittieren ähnlich zu einem Spiegel. Wenn äußere Einflüsse, wie z.B. Zugspannung, Druckspannung, Temperatur oder Feuchte auf eine solche Komponente wirken, ändert sich der Grad der Reflexion bzw. Transmission bei der ausgewählten Wellenlänge messbar. Dadurch ändern sich das reflektierte Spektrum bzw. der reflektierte Wellenlängenbereich des optischen Signals. Diese Änderung gegenüber dem Normalzustand kann von der Auswerteeinheit 12 erkannt werden.

Die faseroptische Sensorik kann, wie beschrieben, für die Zustandsmessung eines oder mehrerer MOVs herangezogen werden. Dafür kann ein Metallzylinder mit der in Figuren 2a und 2b dargestellten Konstruktion genutzt werden. Die Dimensionen des Metallzylinders können an den zu vermessenden MOV angepasst werden. Beispielsweise kann es sich bei dem Metallzylinder um einen Platzhalter eines Arresters handeln. Um die Leitfähigkeit von Strom und Temperatur des Metallzylinders variieren zu können, können unterschiedliche Materialien ausgewählt werden (Aluminiumlegierungen, Kupfer, etc.). Da die optische Messmethode auf Reflexion basiert, kann die Reflektivität des FBGs hoch gewählt werden (50-99,99 %), um das zu messende Signal zu maximieren und somit eine möglichst simple Messtechnik nutzen zu können. Die zirkulare oder spiralförmige Verlegung der Faser 42 kompensiert eine mögliche radial wirkende Zugspannung, welche durch eine thermische Ausdehnung des Metallzylinders in Abhängigkeit von der Temperatur zustande kommt.

Alternativ zu einer zylindrischen Verlegung der Faser 42 ist auch eine geradlinige Verlegung der Faser 42 möglich. In diesem Fall kann die Faser 42 in einem zusätzlichen Gehäuse (z.B. einem Edelstahlröhrchen) fixiert werden, um die thermisch bedingte Zugspannung zu entkoppeln.

Damit wird eine faseroptische Messmethode für die Ermittlung des Zustands, z.B. der Temperatur einer Überspannungsschutzkomponente 50, z.B. einem MOV, bereitgestellt. Mit Hilfe einer Temperatursensorik kann ein signifikanter Mehrwert hinsichtlich Funktions- / Alterungsüberwachung von Arrestern und vorausschauender/vorhersagender Wartung (Predictive Maintenance) der Gesamtanlage erzielt werden.

Figur 5 zeigt schematisch eine mögliche Ausgestaltung eines Systems 1 gemäß einem Ausführungsbeispiel. Auch das System 1 aus Figur 5 wird beispielhaft unter Aussendung eines optischen Signals beschrieben. Die Aussendung anderer Signale und deren beispielsweise Umwandlung (nach Aussendung) in optische Signale ist denkbar; das System 1 kann in diesem Fall auf die Aussendung solcher anderer Signale angepasst werden. Das System 1 weist eine Steueranlage 2 auf, beispielhaft in Figur 5 dargestellt in Form eines Steuerhauses. In der Steueranlage 2 ist eine Sendeeinheit 10 vorgesehen. Ferner weist das System 1 ein Erdkabel 22 auf. Das Erdkabel 22 ist mit der Sendeeinheit 10 über eine Koppelstelle 14 gekoppelt / verbunden. Das Erdkabel 22 ist Teil der zuvor genannten Verbindungsanordnung 20. Ferner weist das System 1 einen Isolator 26 auf. Der Isolator 26 ist mit dem Erdkabel 22

über eine Koppelstelle 24 gekoppelt / verbunden. Der Isolator 26 ist Teil der zuvor genannten Verbindungsanordnung 20. Ferner weist das System 1 mindestens eine Überspannungsschutzkomponente 50 auf. In Figur 5 sind, rein beispielhaft und ohne hierauf beschränkt zu sein, vier Überspannungsschutzkomponenten 50 gezeigt, die nachfolgend alle mit dem Bezugszeichen 50 bezeichnet und in der Figur 5 zusätzlich mit den Bezeichnungen 1, 2, 3 und n versehen sind, um anzudeuten, dass jede beliebige Anzahl von 1 bis n an Überspannungsschutzkomponenten 50 vorgesehen sein kann. Die Überspannungsschutzkomponenten 50 sind mit dem Isolator 26 über eine Verbindungseinrichtung 30 verbunden. Rein beispielhaft sind in Figur 5 die Überspannungsschutzkomponenten 50 jeweils als Arrester oder Teil eines Arresters ausgebildet. Jeder der Arrester weist einen oder mehrere Varistoren auf. Ferner weist das System 1 eine Recheneinheit 70 auf.

Ferner sind in Figur 5 mehrere seriengeschaltete Kondensatoren gezeigt, die zusammen eine in Serie geschaltete Kondensator-Bank (FSC) 60 bilden. Die FSC 60 ist zwar in Figur 5 gezeigt, jedoch nicht notwendigerweise Teil des Systems 1.

Dem optischen Weg aus Figur 5 folgend werden die Hardware-Komponenten des Systems 1 und deren Einzelkomponenten im Detail erläutert.

Die Auswerteeinheit 12 und die Sendeeinheit 10 sind beispielhaft in Figur 5 eine gemeinsame Einheit (auch als Interrogator bezeichnet), d.h. beispielhaft sind die Sendeeinheit 10 und die Auswerteeinheit 12 zu einer gemeinsamen Einheit verschmolzen. Die Sendeeinheit 10 kann alternativ auch eine von der Auswerteeinheit 12 separate Entität sein. Die Sendeeinheit 10 ist dazu ausgebildet, analoge optische Signale auszusenden. Im Folgenden wird hiervon auf eines dieser analogen optischen Signale als optisches Signal Bezug genommen. Die Sendeeinheit 10 ist mit dem Erdkabel 22 derart über die Koppelstelle 14 gekoppelt, dass das optische Signal in eine oder mehrere in dem Erdkabel 22 angeordnete optische Fasern eingekoppelt wird.

Das Erdkabel 22 ist dazu ausgebildet, das optische Signal zwischen Sendeeinheit 10 / Auswerteeinheit 12 und Isolator 26 zu übertragen. So ist das Erdkabel 22 zum einen ausgebildet, das in das Erdkabel 22 von der Sendeeinheit 10 über die Koppelstelle 14 eingekoppelte Signal in Richtung des Isolators 26 zu leiten / zu führen. Das Erdkabel 22 ist für den Einsatz im Außenbereich ausgebildet. Daher erfüllt das Erdkabel 22 Anforderungen der UV-Beständigkeit, Erdverlegbarkeit, Halogenfreiheit, Flammwidrigkeit und/oder die Kompatibilität mit der inzwischen verbindlichen Bauprodukteverordnung der Europäischen Union (EU).

Der Isolator 26 ist für den Einsatz im Außenbereich ausgestaltet. Beispielsweise ist der Isolator 26 als sogenannter Kompositisolator (Composite-Isolator) ausgestaltet. Der Isolator 26 weist ferner einen oder mehrere optische Leiter, beispielsweise
5 Lichtwellenleiter (LWL), auf, der/die durch den Isolator 26 geführt wird/werden (in Figur 5 nicht separat dargestellt). Der Isolator 26 ist über eine Koppelstelle 24 mit dem Erdkabel 22 derart gekoppelt, dass das optische Signal von dem Erdkabel 22 in den optischen Leiter, beispielsweise den LWL, des Isolators 26 eingekoppelt wird.

10 Der Isolator 26 ist mit den Überspannungsschutzkomponenten 50 über eine Verbindungseinrichtung 30 verbunden. Die Verbindungseinrichtung 30 ist außenbereichstauglich ausgestaltet. Ferner weist die Verbindungseinrichtung 30 eine ausreichende Hochspannungsfestigkeit auf. Im Inneren der Verbindungseinrichtung 30 verlaufen ein oder mehrere optische Leiter, beispielsweise LWL, oder optische
15 Fasern, der bzw. die das optische Signal leiten.

Die Verbindungseinrichtung 30 kann beispielsweise als Steckverbindung 30 ausgestaltet sein, wie sie beispielhaft in Figur 6 dargestellt ist. Am Ende der Verbindungseinrichtung 30 ist ein Stecker 32 vorgesehen, der ebenfalls in Figur 6 beispielhaft
20 dargestellt ist. Die Steckverbindung 30 und damit auch der Stecker 32 sind außenbereichstauglich ausgestaltet. Der Stecker 32 ermöglicht eine lösbare Verbindung zu den Überspannungsschutzkomponenten 50. Dies ermöglicht eine einfache und risikoarme Installation. Die Steckverbindung 30 und damit auch der Stecker 32 sind wasserdicht und metallisch.

25 Der (wasserdichte) Stecker 32 wird während der Installation an eine Art Kuppelung/Kupplung angesteckt, die am oberen Ende jeder Überspannungsschutzkomponente 50 angebracht ist. Diese Kuppelung/Kopplung dichtet den Übergang zwischen Stecker 32 und Überspannungsschutzkomponenten 50 so ab, dass keine funktionsstörende Feuchtigkeit in die Überspannungsschutzkomponenten 50 eindringen kann und trotzdem das optische Signal (das Lichtsignal) diesen Übergang passieren kann.
30 In der Figur 5 ist die Kuppelung/Kupplung als eine Wanddurchführung ausgebildet oder weist eine Wanddurchführung auf.

35 In jeder Überspannungsschutzkomponente 50 ist jeweils eine optische Messanordnung 40 vorgesehen. Beispielsweise befindet sich im Inneren jeder Überspannungsschutzkomponente 50 jeweils eine Messanordnung 40. Diese Messanordnung 40 ist z.B. auf der Eingangsseite mit einem Stecker 34 versehen, welcher innen während

der Herstellung der jeweiligen Überspannungsschutzkomponente 50 an die Kupp-
lung/Kopplung angesteckt wird. Von dort führt jeweils eine hochtemperaturgeeignete
optische Faser 42 zu der Messkomponente 44 jeder Messanordnung 40. Jede der
Überspannungsschutzkomponenten 50 kann eine derartige optische Faser 42 aufwei-
5 sen. Diese optische Faser 42 ist mit der Messkomponente 44 in einen Platzhalter
eines Arresters eingebettet, der bei der Herstellung der Überspannungsschutzkom-
ponenten 50 beispielsweise zwischen die Varistoren, z.B. MOVs oder MOV-Blöcke,
der Überspannungsschutzkomponenten 50 eingebaut wird. Diese MOVs oder MOV-
Blöcke werden auf ihren Zustand überwacht. Diese Einbettung der jeweiligen
10 Messanordnung 40, beispielsweise der Faser 42 und/oder der Messkomponente 44,
in den Platzhalter erfolgt derart, dass idealerweise keinerlei mechanischer Stress auf
die Messanordnung 40, insbesondere die Messkomponente 44, wirkt/entsteht, da die
MOVs oder MOV-Blöcke bei der Fertigstellung der jeweiligen Überspannungsschutz-
komponente 50 mit Druck fixiert werden, welcher auch auf den Platzhalter wirkt.
15 Druck wird jedoch auch von der Messanordnung 40, insbesondere der Messkompo-
nente 44, erkannt. Dieser Druck soll aber nicht gemessen werden. Beispielsweise soll
lediglich die Temperatur jedes MOVs oder jedes MOV-Blocks oder jeder Überspan-
nungsschutzkomponente 50 oder jedes Arresters ermittelt werden, und so könnte
Druck die Messwerte (dramatisch) verfälschen.

20 Das optische Signal wird an der Messkomponente 44, die auch als Messsonde be-
zeichnet werden kann, verändert und zurückreflektiert. Auf dem gleichen Weg in die
andere Richtung gelangt das reflektierte optische Signal zu der Auswerteeinheit 12,
beispielhaft als Teil der Sendeeinheit 10. Anders ausgedrückt ist die Messkomponen-
25 te 44 jeder der Messanordnungen 40 (jeder der Überspannungsschutzkomponenten
50) mit ihrer zugehörigen optischen Faser 42 derart verbunden, dass das an der
jeweiligen Messkomponente 44 in Abhängigkeit des Zustands, z.B. der Temperatur,
der jeweiligen Überspannungsschutzkomponente 50 veränderte und reflektierte
optische Signal in die optische Faser 42 eingekoppelt wird. Die jeweilige optische
30 Faser 42 ist derart ausgebildet und angeordnet, das reflektierte optische Signal in
Richtung des Isolators 26 zu leiten. Die jeweilige optische Faser 42 ist derart mit dem
Isolator 26 gekoppelt, dass das reflektierte optische Signal in den optischen Leiter,
beispielsweise LWL, des Isolators 26 eingekoppelt wird. Der optische Leiter, bei-
spielsweise LWL, des Isolators 26 ist derart ausgebildet und angeordnet, das reflek-
35 tierte optische Signal in Richtung des Erdkabels 22 zu leiten. Das Erdkabel 22 ist
derart ausgebildet und angeordnet, das reflektierte optische Signal in Richtung der
Auswerteeinheit 12 zu leiten. Das Erdkabel 22 ist mit der Auswerteeinheit 12 derart
gekoppelt, dass das reflektierte optische Signal in die Auswerteeinheit 12 einkoppel-

bar ist. Die Auswerteeinheit 12 ist beispielsweise dazu ausgebildet, aus dem reflektierten optischen Signal Informationen über den Zustand, z.B. die Temperatur, der Überspannungsschutzkomponenten 50 abzuleiten. Das reflektierte optische Signal kann somit von der Auswerteeinheit 12 gelesen, analysiert und in Temperaturwerte übersetzt werden. Die Temperaturwerte können über eine oder mehrere Schnittstellen ausgelesen und an die Recheneinheit 70, z.B. ein Rechenzentrum, weitergeleitet werden.

In der Recheneinheit 70 kann eine Weiterverarbeitung der Daten erfolgen. Beispielsweise können die mit Hilfe der oben beschriebenen Hardware-Komponenten erhaltenen Daten in eine Software der Recheneinheit 70 eingespielt werden. Diese vergleicht die Messwerte aller überwachten Überspannungsschutzkomponenten 50 und warnt, wenn ein oder mehrere Überspannungsschutzkomponenten 50 sich anders verhalten als die restlichen. Anhand des Schaltzustands mindestens eines in dem System 1 vorgesehenen optischen Schalters lässt sich die jeweilige Überspannungsschutzkomponente 50 zumindest näherungsweise ermitteln, an welcher die Messung durchgeführt wird. Der Schaltzustand des optischen Schalters kann beispielsweise die jeweilige Überspannungsschutzkomponente 50 genau identifizieren. Das System 1 kann beispielsweise einen solchen Schalter aufweisen. Alternativ kann in dem System 1 pro Arrester ein solcher Schalter vorgesehen sein. Alternativ kann in dem System 1 pro Überspannungsschutzkomponente 50 oder pro Varistor (z.B. pro MOV) ein solcher Schalter vorgesehen sein. Da man die Messstellen identifizieren kann, kann auch zumindest annähernd genau gesagt werden, welche der Überspannungsschutzkomponenten 50 sich außergewöhnlich verhält und ein Austausch kann gezielt vorgenommen werden. Dies reduziert die Abschaltzeit der Anlage enorm. Es können auch Tendenzen erkannt werden und nach einem Schema frühzeitig ein Austausch empfohlen werden. Das reale Verhalten der Überspannungsschutzkomponenten 50 (deren Layout auf theoretischen Modellen basiert) kann ebenfalls anhand der Software genauer spezifiziert werden. Dadurch könnte sich eventuell die zu verbauende Anzahl der Überspannungsschutzkomponenten 50 reduzieren. Sämtliche Regeln (wann reagiert die Software wie und welche Warnmeldungen oder Empfehlungen spricht sie aus) können innerhalb der Software definiert werden. Dadurch können projektspezifische Anforderungen (die jedes Mal anders sind) erfüllt werden und dennoch gibt es einen Mehrwert.

Die oben erläuterte Zustandsmessung kann in Bezug auf das Beispiel einer Temperaturüberwachung in folgenden zwei Schritten zusammengefasst werden.

In einem ersten Schritt kann durch die langfristige Messung der Temperatur diverser Typen von MOVs eine Korrelation zwischen der Temperatur, der Strom-Spannungskennlinie und dem (Alterungs-)Zustand der MOVs hergestellt werden. Hierfür können gezielt Belastungstests an MOVs durchgeführt werden (z.B. elektrische Entladungen), bei denen die Abklingkurve der Temperatur gemessen wird. Der Verlauf kann gefittet und die Fit-Koeffizienten für die vorliegenden MOV-Typen können bestimmt werden. Weiterhin können die Strom-Spannungskennlinien bestimmt und die Temperatur in Abhängigkeit von der Stromstärke gemessen werden. Gemessen über die Stromstärke wird sich bei einem stärker gealterten MOV bei einem festen Stromwert eine höhere Temperatur einstellen als bei einem weniger gealterten MOV. Diese Tendenz ist ebenfalls für den Verlauf der Spannung zu erwarten.

In einem zweiten Schritt kann durch eine Korrelation von Umwelteinflüssen (z.B. Wetterdaten, Blitzeinschläge) mit der gemessenen Temperatur für bekannte Stromstärken und Spannungen basierend auf den Daten aus dem ersten Schritt eine Bewertung des (Gesundheits-)Zustands des/jedes MOVs vorgenommen werden. Dabei können als Alarmschwellen Absolutwerte der Temperatur dienen. Ebenso kann eine Mustererkennung mit neuronalen Netzen betrieben werden, welche eine Korrelation zwischen Ereignissen/Events im Netz, dem Wetter und dem Temperaturverlauf herstellt. Beispielsweise wird sich für gewöhnlich eine Serie von Blitzeinschlägen auf den zeitlichen Verlauf der Temperatur des MOVs bemerkbar machen. Die auf diese Weise verarbeiteten Daten aus der Recheneinheit 70 oder einer mit der Recheneinheit 70 verbundenen Speichereinheit, wie z.B. einer Cloud, können zu einer Warnmeldung an den Endnutzer umgewandelt werden. Somit kann der Ausfall eines ganzen Arresters vermieden werden. Durch die Vorhersagbarkeit von Ausfällen ergibt sich ein wesentlicher Mehrwert.

Somit wird ein System 1 (Messsystem) zur Temperaturüberwachung (zum Temperaturmonitoring) von Überspannungsschutzkomponenten 50 (Komponenten auf Hochspannungsebene) bereitgestellt. Das System 1 kann beispielsweise zum effizienteren Layout von FSC-Anlagen verwendet werden sowie zur Reduzierung von Ausfallzeit (Downtime) und zur Reduzierung des Wartungsaufwands solcher Anlagen. Fallen derartige Anlagen aus, ist das Netz ineffizient und kostet den Betreiber viel Geld in sehr kurzer Zeit. Das System 1 erhöht demnach die Effizienz von FSC-Anlagen.

Ferner wird heutzutage die Anzahl der MOVs in FSC-Anlagen basierend auf uralten thermalen Modellen dimensioniert. Diese Modelle sind oftmals nicht realistisch oder führen zu (völlig) überdimensionierten Anlagen. Die durch das System 1 bereitge-

stellte Monitoring-Funktion kann dabei helfen, die Dimensionierung der Anlagen zu reduzieren. Auch dies führt zu Effizienzsteigerungen.

5 Ferner kann mit dem System 1 die Ausfallzeit von Mittelspannungsanlagen reduziert werden. Wartungsintervalle werden planbar. Bei Defekten kann das defekte Bauteil aus der Ferne identifiziert werden und das nötige Ersatzteil geplant beschafft werden. Dies ergibt in Summe erhebliche Effizienzvorteile für Betreiber von Mittelspannungsanlagen. Gegebenenfalls kann ein solches System 1 für Versicherer von Interesse sein, um Risiken abfangen zu können.

10 Auch wenn das System 1 in Bezug auf derartige FSC-Anlagen beschrieben wurde, ist die Anwendbarkeit des Systems 1 nicht hierauf beschränkt. Es kann beispielsweise auch für Ladekabel im Bereich der e-Mobilität (e-Mobility) eingesetzt werden. Des Weiteren kann das System 1 auch in anderen Bereichen verwendet werden, in denen
15 Überspannungsschutzkomponenten 50, wie Arrester im Allgemeinen oder Überspannungsableiter (Surge Arrester) im Speziellen, zum Einsatz kommen. Auch dort kann das System 1 zur Zustandsüberwachung verwendet werden. Ein weiteres Beispiel ist die Temperaturmessung anderer elektrischer Bauteile im Hochspannungsumfeld (High Voltage (HV)-Umfeld) mit planarer Oberfläche.

Patentansprüche

- 5 1. System zur Zustandsüberwachung von mindestens einer Überspannungsschutzkomponente, wobei das System aufweist:
- eine Sendeeinheit;
 - eine mit der Sendeeinheit gekoppelte Verbindungsanordnung;
 - mindestens eine mit der Verbindungsanordnung gekoppelte Messanordnung,
- 10 die in oder an mindestens einer Überspannungsschutzkomponente anordenbar ist; und
- eine mit der mindestens einen Messanordnung gekoppelte Auswerteeinheit;
- wobei
- die Sendeeinheit dazu ausgebildet ist, ein Signal auszusenden,
- 15 die Sendeeinheit und die Verbindungsanordnung derart gekoppelt sind, dass das Signal in die Verbindungsanordnung einkoppelbar ist,
- die Verbindungsanordnung derart ausgebildet und angeordnet ist, das eingekoppelte Signal in Richtung der mindestens einen Messanordnung zu leiten,
 - die Verbindungsanordnung und die mindestens eine Messanordnung derart
- 20 miteinander gekoppelt sind, dass das Signal in die mindestens eine Messanordnung einkoppelbar ist, und
- die mindestens eine Messanordnung dazu ausgebildet ist, das Signal derart in Abhängigkeit eines Zustands der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente zu reflektieren, dass von der Auswerteeinheit aus dem reflektierten Signal Infor-
- 25 mationen über den Zustand der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente ableitbar sind.
2. System nach Anspruch 1, wobei die mindestens eine Messanordnung eine Faser und eine mit der Faser verbundene Messkomponente aufweist.
- 30 3. System nach Anspruch 2, wobei die Faser der mindestens einen Messanordnung derart ausgebildet und angeordnet ist, dass in die mindestens eine Messanordnung eingekoppelte Signal in Richtung der Messkomponente der mindestens einen Messanordnung zu leiten.
- 35 4. System nach Anspruch 2 oder 3, wobei die Messkomponente: ein Faser-Bragg-Gitter aufweist oder als Faser-Bragg-Gitter ausgebildet ist; oder

ein oder mehrere Kristalle aufweist oder als ein oder mehrere Kristalle ausgebildet ist; oder

ein oder mehrere fluoreszierende Farbstoffe aufweist als ein oder mehrere fluoreszierende Farbstoffe ausgebildet ist.

5

5. System nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Verbindungsanordnung aufweist:

- ein mit der Sendeeinheit gekoppeltes Erdkabel; und

- einen mit dem Erdkabel und der mindestens einen Messanordnung gekoppel-

10

ten Isolator; wobei

die Sendeeinheit und das Erdkabel derart miteinander gekoppelt sind, dass das von der Sendeeinheit ausgesendete Signal in das Erdkabel einkoppelbar ist,

das Erdkabel derart ausgebildet und angeordnet ist, das eingekoppelte Signal durch das Erdkabel in Richtung des Isolators zu leiten,

15

der Isolator mindestens einen Leiter, beispielsweise einen Lichtwellenleiter, aufweist und mit dem Erdkabel derart gekoppelt ist, dass das durch das Erdkabel in Richtung des Isolators geleitete Signal in den mindestens einen Leiter des Isolators einkoppelbar ist,

20

der mindestens eine Leiter des Isolators derart ausgebildet und angeordnet ist, das in den mindestens einen Leiter eingekoppelte Signal durch den mindestens einen Leiter in Richtung der mindestens einen Messanordnung zu leiten, und

der Isolator derart mit der mindestens einen Messanordnung lösbar gekoppelt ist, dass das durch den mindestens einen Leiter des Isolators in Richtung der mindestens einen Messanordnung geleitete Signal in die mindestens Messanordnung einkoppelbar ist.

25

6. System nach Anspruch 5, wobei das System ferner eine Verbindungseinrichtung aufweist und die Verbindungseinrichtung aufweist:

30

- eine Verbindungskomponente mit mindestens einer Faser, die derart mit dem Isolator verbindbar oder verbunden ist, dass das durch den Leiter des Isolators geleitete Signal in die mindestens eine Faser der Verbindungskomponente einkoppelbar ist; und

- einen mit der Verbindungskomponente verbundenen Stecker, der dazu ausgebildet ist, eine lösbare Verbindung zwischen der Verbindungskomponente und der mindestens einen Messanordnung herzustellen.

35

7. System nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei
die mindestens eine Messanordnung derart mit der Verbindungsanordnung
koppelbar oder gekoppelt ist, dass das reflektierte Signal in die Verbindungsanord-
nung einkoppelbar ist,
die Verbindungsanordnung derart ausgebildet und angeordnet ist, dass in die
Verbindungsanordnung eingekoppelte Signal in Richtung der Auswerteeinheit zu
leiten,
die Verbindungsanordnung und die Auswerteeinheit derart gekoppelt sind,
dass das reflektierte Signal in die Auswerteeinheit einkoppelbar ist, und
die Auswerteeinheit dazu ausgebildet ist, aus dem reflektierten Signal Infor-
mationen über den Zustand der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente
abzuleiten.
8. System nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei das System eine mit der
Auswerteeinheit verbundene Recheneinheit aufweist, die dazu ausgebildet ist, aus
den Informationen über den Zustand der mindestens einen Überspannungsschutz-
komponente eine Ausfallwahrscheinlichkeit der mindestens einen Überspannungs-
schutzkomponente zu ermitteln.
9. System nach Anspruch 8, wobei die Recheneinheit dazu ausgebildet ist, einen
möglichen Ausfall der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente festzu-
stellen, wenn die ermittelte Ausfallwahrscheinlichkeit der mindestens einen Über-
spannungsschutzkomponente einen vorbestimmten Grenzwert überschreitet
und/oder wenn die ermittelte Ausfallwahrscheinlichkeit der mindestens einen Über-
spannungsschutzkomponente um einen vorbestimmten Wert von einer ermittelten
Ausfallwahrscheinlichkeit einer oder mehrerer weiterer der mindestens einen Über-
spannungsschutzkomponente abweicht.
10. System nach Anspruch 8 oder 9, wobei die Recheneinheit dazu ausgebildet ist,
vor dem möglichen Ausfall der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente
zu warnen, wenn die ermittelte Ausfallwahrscheinlichkeit der mindestens einen Über-
spannungsschutzkomponente einen vorbestimmten Grenzwert überschreitet
und/oder wenn die ermittelte Ausfallwahrscheinlichkeit der mindestens einen Über-
spannungsschutzkomponente um einen vorbestimmten Wert von einer ermittelten
Ausfallwahrscheinlichkeit einer oder mehrerer weiterer der mindestens einen Über-
spannungsschutzkomponente abweicht.

11. System nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei der Zustand der Überspannungsschutzkomponente eine Temperatur, eine Zugspannung, eine Druckspannung und/oder einen Feuchtegrad der Überspannungsschutzkomponente aufweist oder wobei der Zustand der Überspannungsschutzkomponente eine Temperatur, eine
5 Zugspannung, eine Druckspannung und/oder ein Feuchtegrad der Überspannungsschutzkomponente ist.

12. System nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei die mindestens eine Überspannungsschutzkomponente als eine Vielzahl von Überspannungsschutzkomponenten ausgebildet ist.
10

13. System nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei die mindestens eine Überspannungsschutzkomponente einen Varistor aufweist oder als Varistor ausgebildet ist, insbesondere einen Metalloxid-Varistor aufweist oder als Metalloxid-Varistor ausgebildet ist; und/oder
15

wobei das von der Sendeeinheit ausgesendete Signal ein optisches Signal oder ein digital moduliertes Signal ist.

14. System nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei die mindestens eine Überspannungsschutzkomponente zum Überspannungsschutz einer Serienkompensation eines Energiesystems ausgebildet ist, insbesondere zum Überspannungsschutz einer in Serie geschalteten Kondensatoren-Bank eines Energiesystems.
20

15. Verfahren zur Zustandsüberwachung von mindestens einer Überspannungsschutzkomponente mittels des Systems nach einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:
25

- Aussenden eines Signals mittels der Sendeeinheit;
- Einkoppeln des ausgesendeten Signals in die Verbindungsanordnung;
- Leiten des in die Verbindungsanordnung eingekoppelten Signals durch
30 die Verbindungsanordnung in Richtung der mindestens einen Messanordnung;

- Einkoppeln des über die Verbindungsanordnung in Richtung der mindestens einen Messanordnung geleiteten Signals in die mindestens eine Messanordnung; und

- Reflektieren des optischen Signals in oder an der mindestens einen
35 Messanordnung in Abhängigkeit des Zustands der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente derart, dass von der Auswerteeinheit aus dem reflektierten Signal Informationen über den Zustand der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente ableitbar sind.

GEÄNDERTE ANSPRÜCHE

beim Internationalen Büro eingegangen am 23. Oktober 2020 (23.10.2020)

1. System zur Zustandsüberwachung von mindestens einer Überspannungsschutzkomponente, wobei das System aufweist:

- eine Sendeeinheit;
- eine mit der Sendeeinheit gekoppelte Verbindungsanordnung;
- mindestens eine mit der Verbindungsanordnung gekoppelte Messanordnung,

die in oder an mindestens einer Überspannungsschutzkomponente anordenbar ist;

und

- eine mit der mindestens einen Messanordnung gekoppelte Auswerteeinheit;

wobei

die Sendeeinheit dazu ausgebildet ist, ein Signal auszusenden,

die Sendeeinheit und die Verbindungsanordnung derart gekoppelt sind, dass

das Signal in die Verbindungsanordnung einkoppelbar ist,

die Verbindungsanordnung derart ausgebildet und angeordnet ist, das eingekoppelte Signal in Richtung der mindestens einen Messanordnung zu leiten,

die Verbindungsanordnung und die mindestens eine Messanordnung derart miteinander gekoppelt sind, dass das Signal in die mindestens eine Messanordnung

einkoppelbar ist, und

die mindestens eine Messanordnung dazu ausgebildet ist, das Signal derart in Abhängigkeit eines Zustands der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente zu reflektieren, dass von der Auswerteeinheit aus dem reflektierten Signal Informationen über den Zustand der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente ableitbar sind,

wobei die mindestens eine Messanordnung eine Faser und eine mit der Faser verbundene Messkomponente aufweist,

wobei die Faser der mindestens einen Messanordnung derart ausgebildet und angeordnet ist, dass in die mindestens eine Messanordnung eingekoppelte Signal in

Richtung der Messkomponente der mindestens einen Messanordnung zu leiten

wobei die Messkomponente:

ein Faser-Bragg-Gitter aufweist oder als Faser-Bragg-Gitter ausgebildet ist.

2. System nach Anspruch 1, wobei die Messkomponente:

ein oder mehrere Kristalle aufweist oder als ein oder mehrere Kristalle ausgebildet ist; oder

ein oder mehrere fluoreszierende Farbstoffe aufweist als ein oder mehrere fluoreszierende Farbstoffe ausgebildet ist.

3. System nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Verbindungsanordnung aufweist:

- ein mit der Sendeeinheit gekoppeltes Erdkabel; und
- einen mit dem Erdkabel und der mindestens einen Messanordnung gekoppelten Isolator; wobei

die Sendeeinheit und das Erdkabel derart miteinander gekoppelt sind, dass das von der Sendeeinheit ausgesendete Signal in das Erdkabel einkoppelbar ist,

das Erdkabel derart ausgebildet und angeordnet ist, das eingekoppelte Signal durch das Erdkabel in Richtung des Isolators zu leiten,

der Isolator mindestens einen Leiter, beispielsweise einen Lichtwellenleiter, aufweist und mit dem Erdkabel derart gekoppelt ist, dass das durch das Erdkabel in Richtung des Isolators geleitete Signal in den mindestens einen Leiter des Isolators einkoppelbar ist,

der mindestens eine Leiter des Isolators derart ausgebildet und angeordnet ist, das in den mindestens einen Leiter eingekoppelte Signal durch den mindestens einen Leiter in Richtung der mindestens einen Messanordnung zu leiten, und

der Isolator derart mit der mindestens einen Messanordnung lösbar gekoppelt ist, dass das durch den mindestens einen Leiter des Isolators in Richtung der mindestens einen Messanordnung geleitete Signal in die mindestens Messanordnung einkoppelbar ist.

4. System nach Anspruch 3, wobei das System ferner eine Verbindungseinrichtung aufweist und die Verbindungseinrichtung aufweist:

- eine Verbindungskomponente mit mindestens einer Faser, die derart mit dem Isolator verbindbar oder verbunden ist, dass das durch den Leiter des Isolators geleitete Signal in die mindestens eine Faser der Verbindungskomponente einkoppelbar ist; und

- einen mit der Verbindungskomponente verbundenen Stecker, der dazu ausgebildet ist, eine lösbare Verbindung zwischen der Verbindungskomponente und der mindestens einen Messanordnung herzustellen.

5. System nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei

die mindestens eine Messanordnung derart mit der Verbindungsanordnung koppelbar oder gekoppelt ist, dass das reflektierte Signal in die Verbindungsanordnung einkoppelbar ist,

die Verbindungsanordnung derart ausgebildet und angeordnet ist, das in die Verbindungsanordnung eingekoppelte Signal in Richtung der Auswerteeinheit zu leiten,

die Verbindungsanordnung und die Auswerteeinheit derart gekoppelt sind,
5 dass das reflektierte Signal in die Auswerteeinheit einkoppelbar ist, und

die Auswerteeinheit dazu ausgebildet ist, aus dem reflektierten Signal Informationen über den Zustand der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente abzuleiten.

10 6. System nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei das System eine mit der Auswerteeinheit verbundene Recheneinheit aufweist, die dazu ausgebildet ist, aus den Informationen über den Zustand der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente eine Ausfallwahrscheinlichkeit der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente zu ermitteln.

15 7. System nach Anspruch 6, wobei die Recheneinheit dazu ausgebildet ist, einen möglichen Ausfall der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente festzustellen, wenn die ermittelte Ausfallwahrscheinlichkeit der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente einen vorbestimmten Grenzwert überschreitet
20 und/oder wenn die ermittelte Ausfallwahrscheinlichkeit der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente um einen vorbestimmten Wert von einer ermittelten Ausfallwahrscheinlichkeit einer oder mehrerer weiterer der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente abweicht.

25 8. System nach Anspruch 6 oder 7, wobei die Recheneinheit dazu ausgebildet ist, vor dem möglichen Ausfall der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente zu warnen, wenn die ermittelte Ausfallwahrscheinlichkeit der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente einen vorbestimmten Grenzwert überschreitet
und/oder wenn die ermittelte Ausfallwahrscheinlichkeit der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente um einen vorbestimmten Wert von einer ermittelten
30 Ausfallwahrscheinlichkeit einer oder mehrerer weiterer der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente abweicht.

35 9. System nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei der Zustand der Überspannungsschutzkomponente eine Temperatur, eine Zugspannung, eine Druckspannung und/oder einen Feuchtegrad der Überspannungsschutzkomponente aufweist oder wobei der Zustand der Überspannungsschutzkomponente eine Temperatur, eine

Zugspannung, eine Druckspannung und/oder ein Feuchtegrad der Überspannungsschutzkomponente ist.

10. System nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die mindestens eine Überspannungsschutzkomponente als eine Vielzahl von Überspannungsschutzkomponenten ausgebildet ist.

11. System nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei die mindestens eine Überspannungsschutzkomponente einen Varistor aufweist oder als Varistor ausgebildet ist, insbesondere einen Metalloxid-Varistor aufweist oder als Metalloxid-Varistor ausgebildet ist; und/oder

wobei das von der Sendeeinheit ausgesendete Signal ein optisches Signal oder ein digital moduliertes Signal ist.

12. System nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei die mindestens eine Überspannungsschutzkomponente zum Überspannungsschutz einer Serienkompensation eines Energiesystems ausgebildet ist, insbesondere zum Überspannungsschutz einer in Serie geschalteten Kondensatoren-Bank eines Energiesystems.

13. Verfahren zur Zustandsüberwachung von mindestens einer Überspannungsschutzkomponente mittels des Systems nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:

- Aussenden eines Signals mittels der Sendeeinheit;
- Einkoppeln des ausgesendeten Signals in die Verbindungsanordnung;
- Leiten des in die Verbindungsanordnung eingekoppelten Signals durch die Verbindungsanordnung in Richtung der mindestens einen Messanordnung;
- Einkoppeln des über die Verbindungsanordnung in Richtung der mindestens einen Messanordnung geleiteten Signals in die mindestens eine Messanordnung; und
- Reflektieren des optischen Signals in oder an der mindestens einen Messanordnung in Abhängigkeit des Zustands der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente derart, dass von der Auswerteeinheit aus dem reflektierten Signal Informationen über den Zustand der mindestens einen Überspannungsschutzkomponente ableitbar sind.

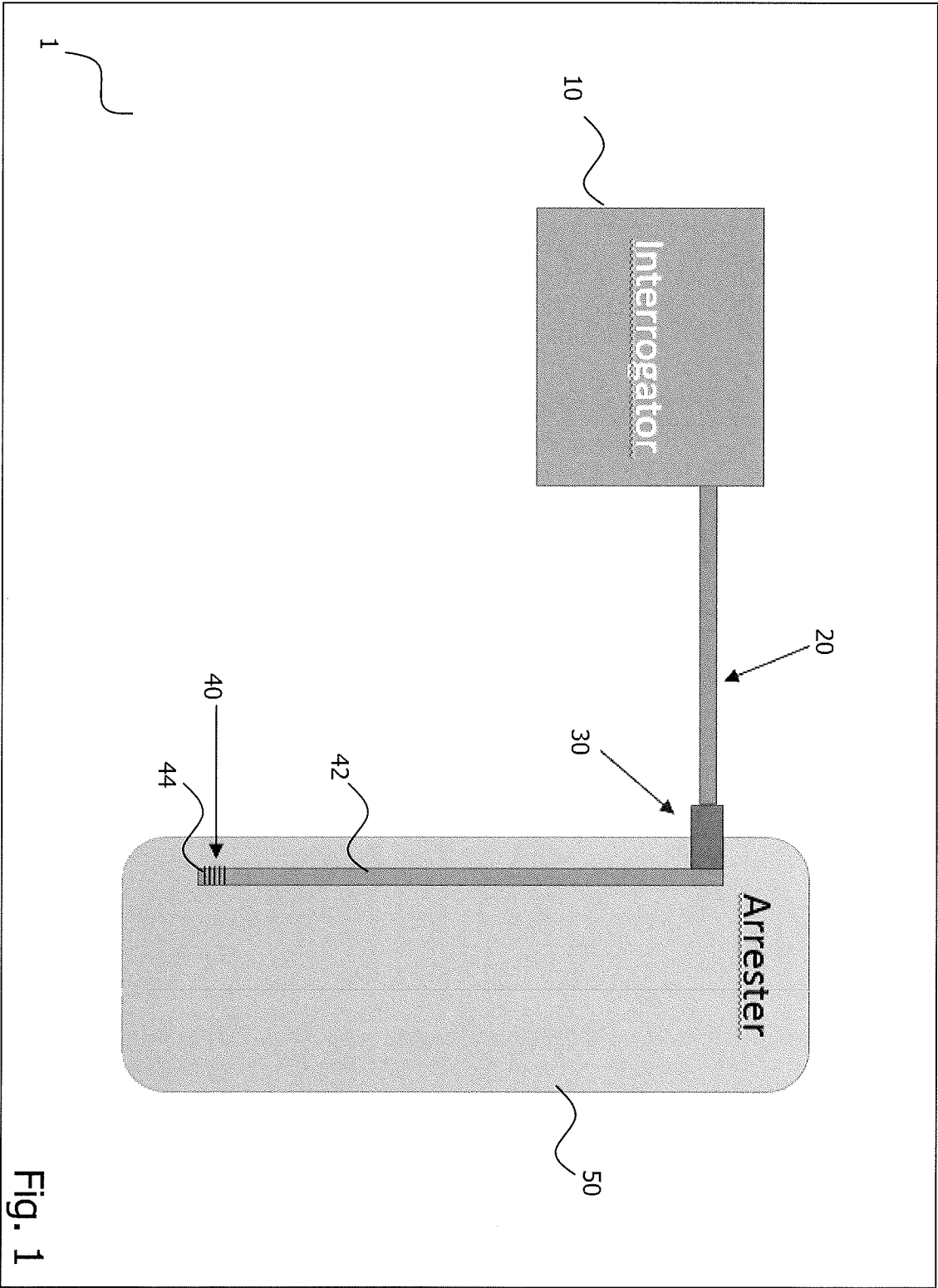


Fig. 1

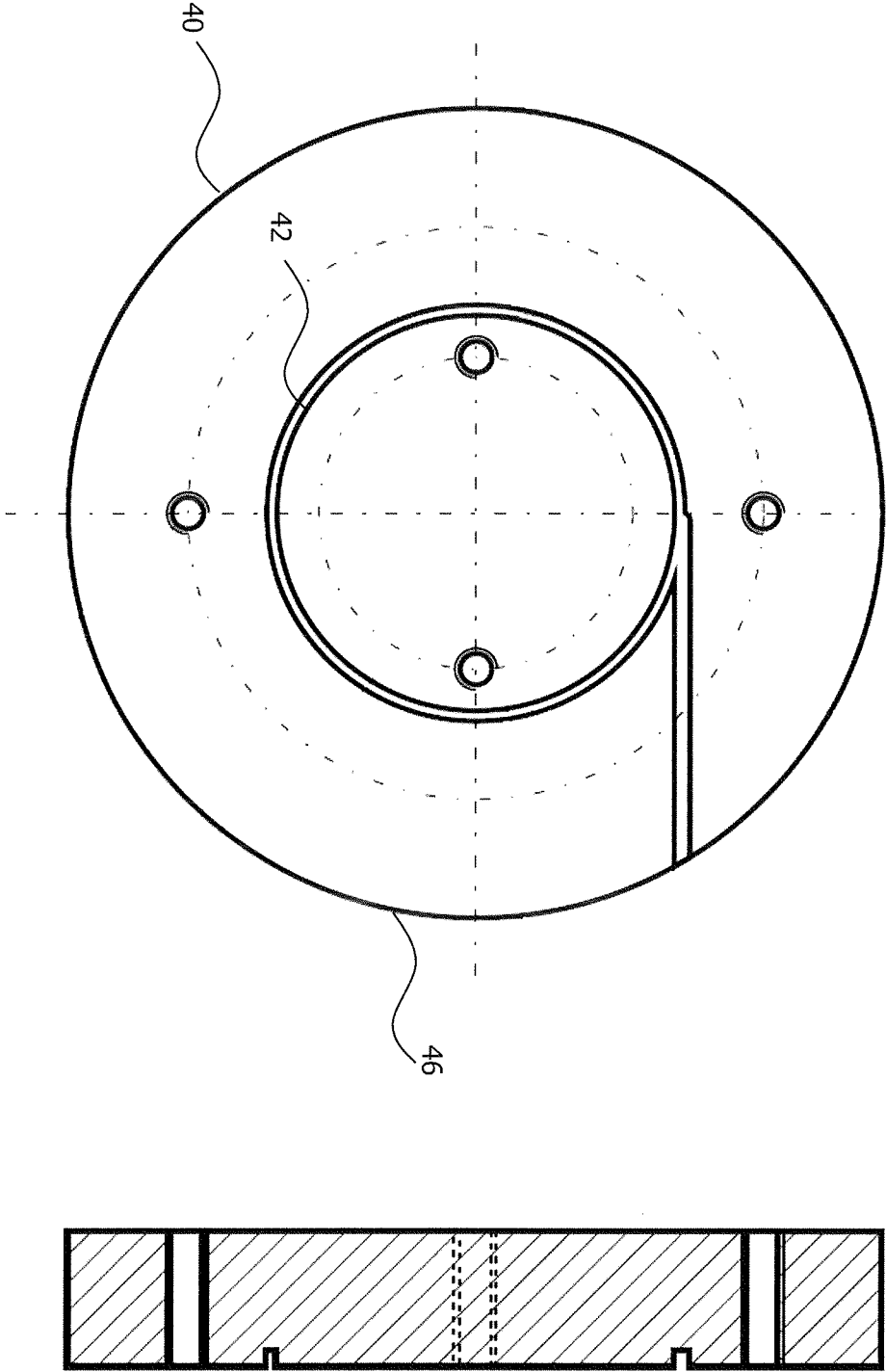


Fig. 2a

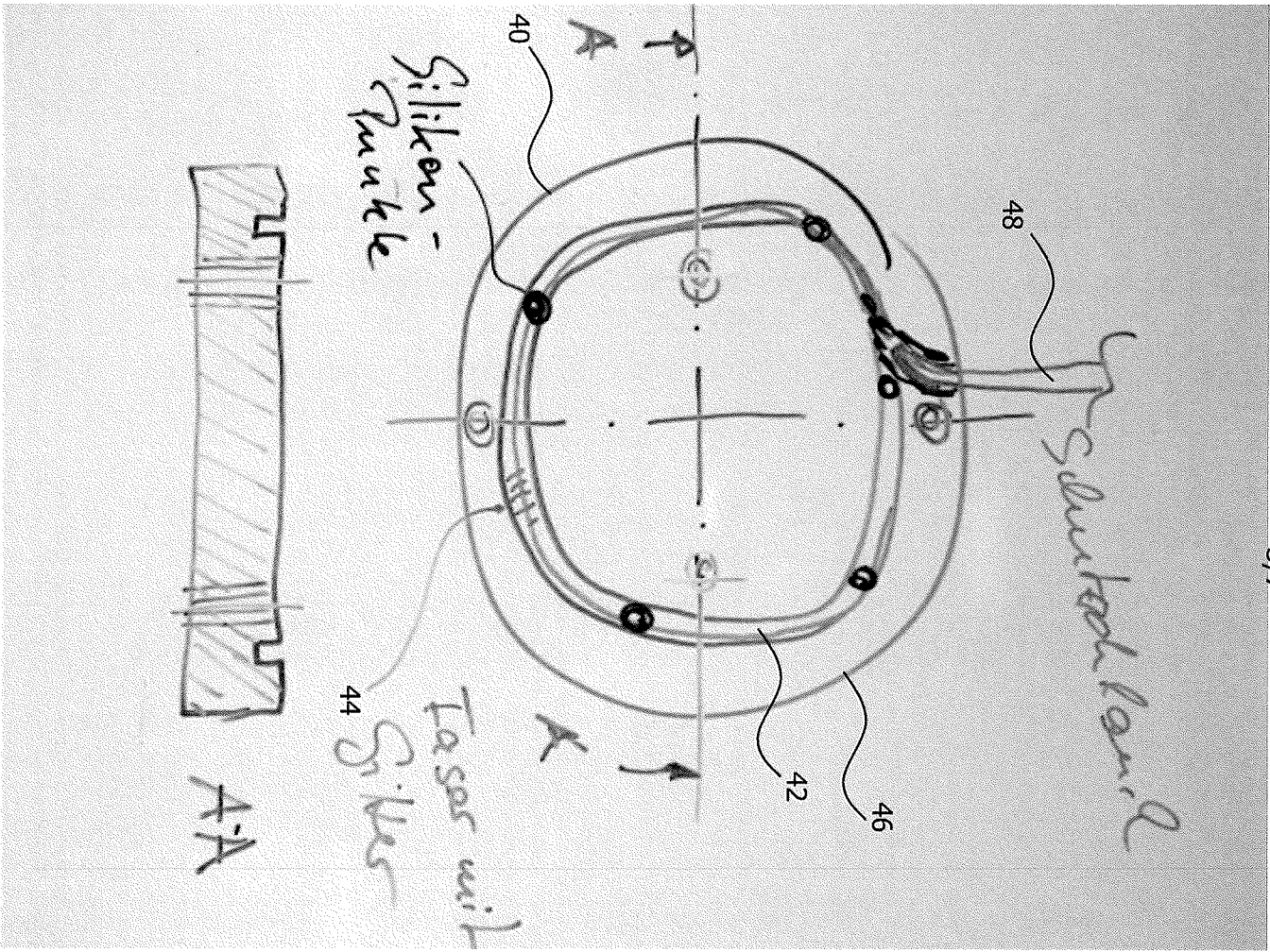


Fig. 2b

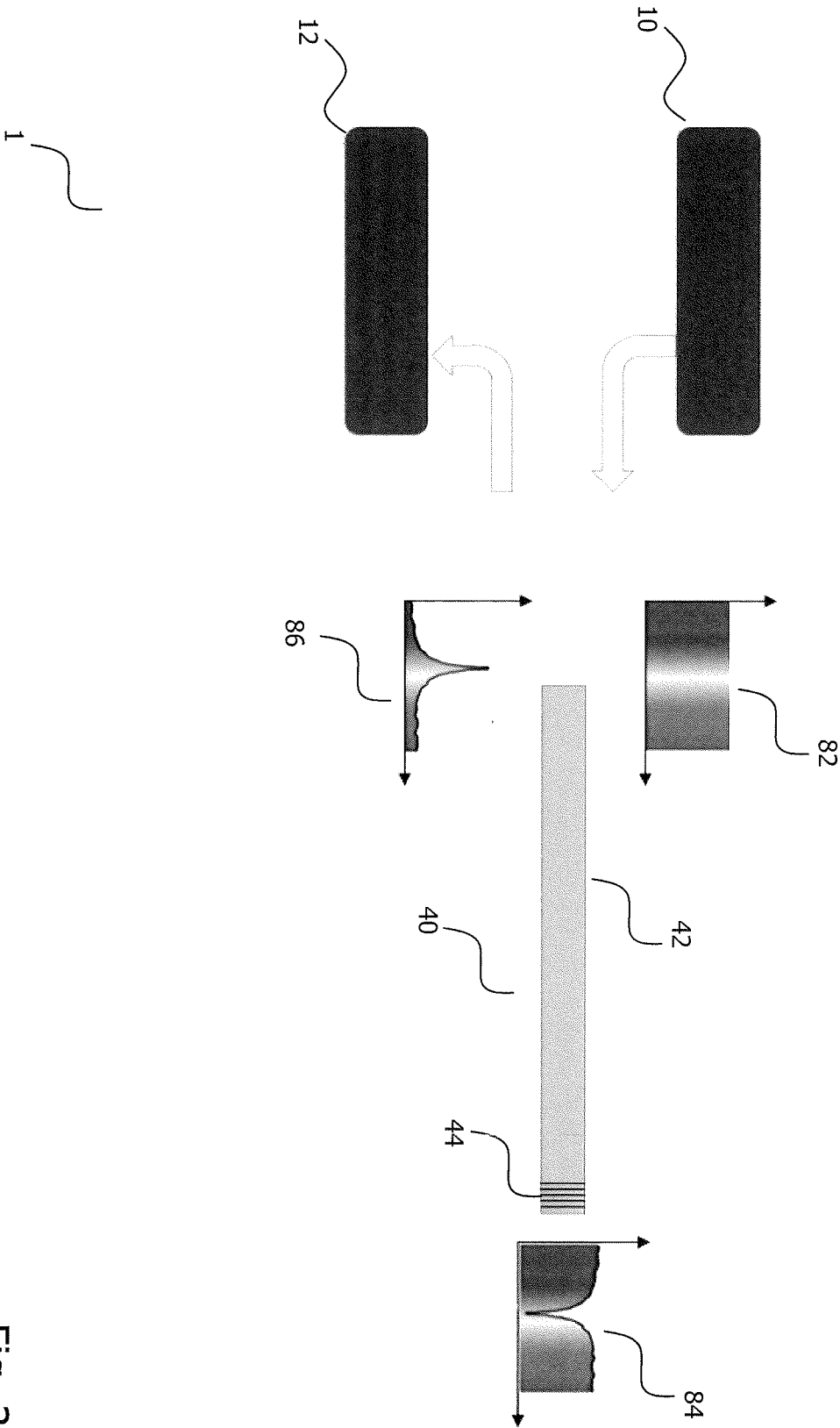


Fig. 3

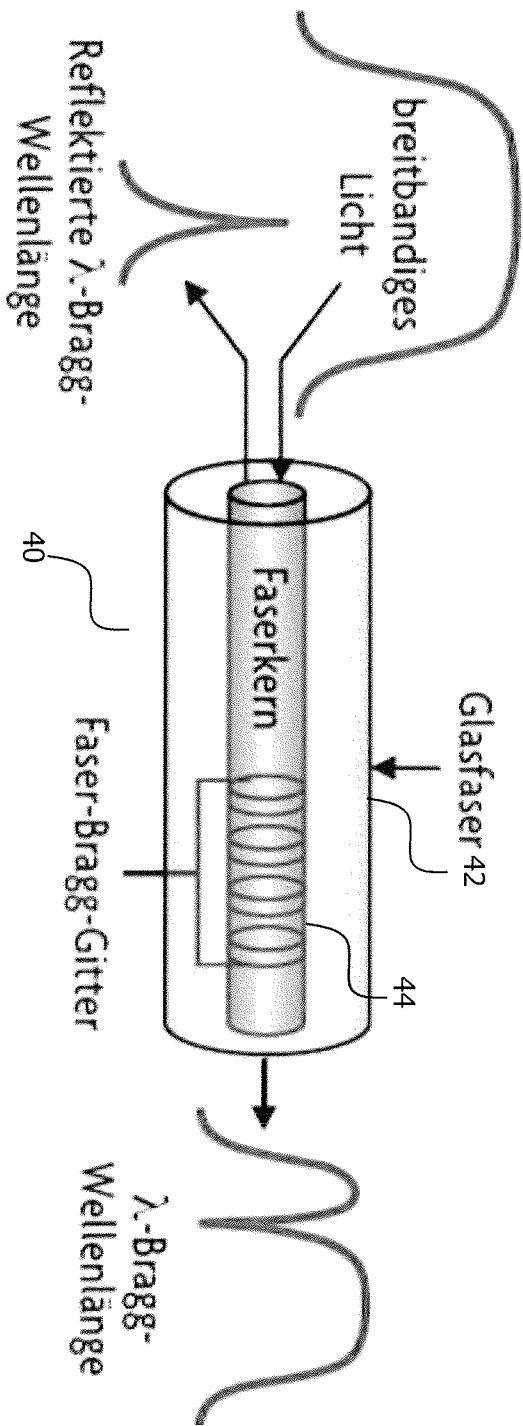


Fig. 4

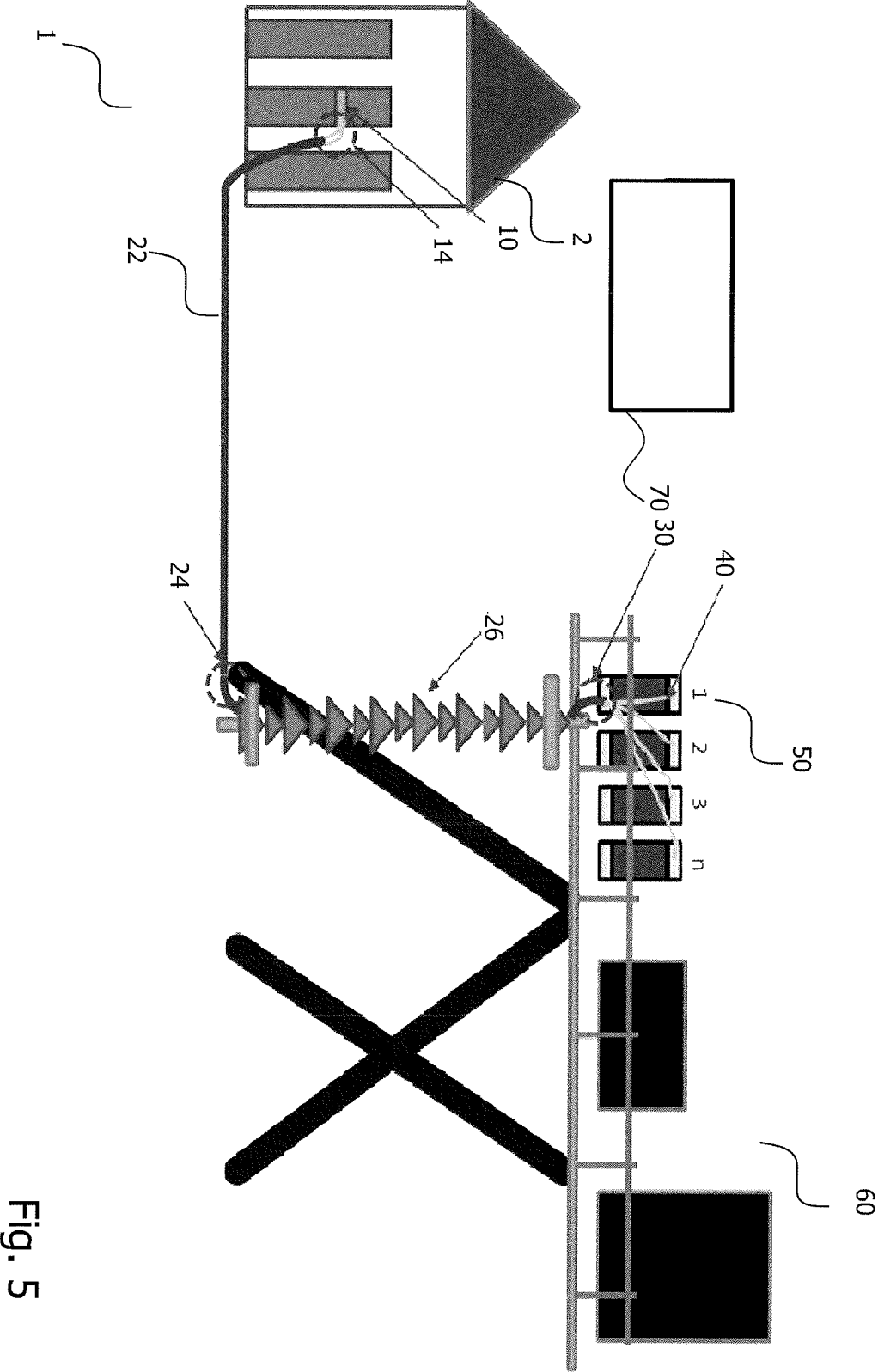


Fig. 5

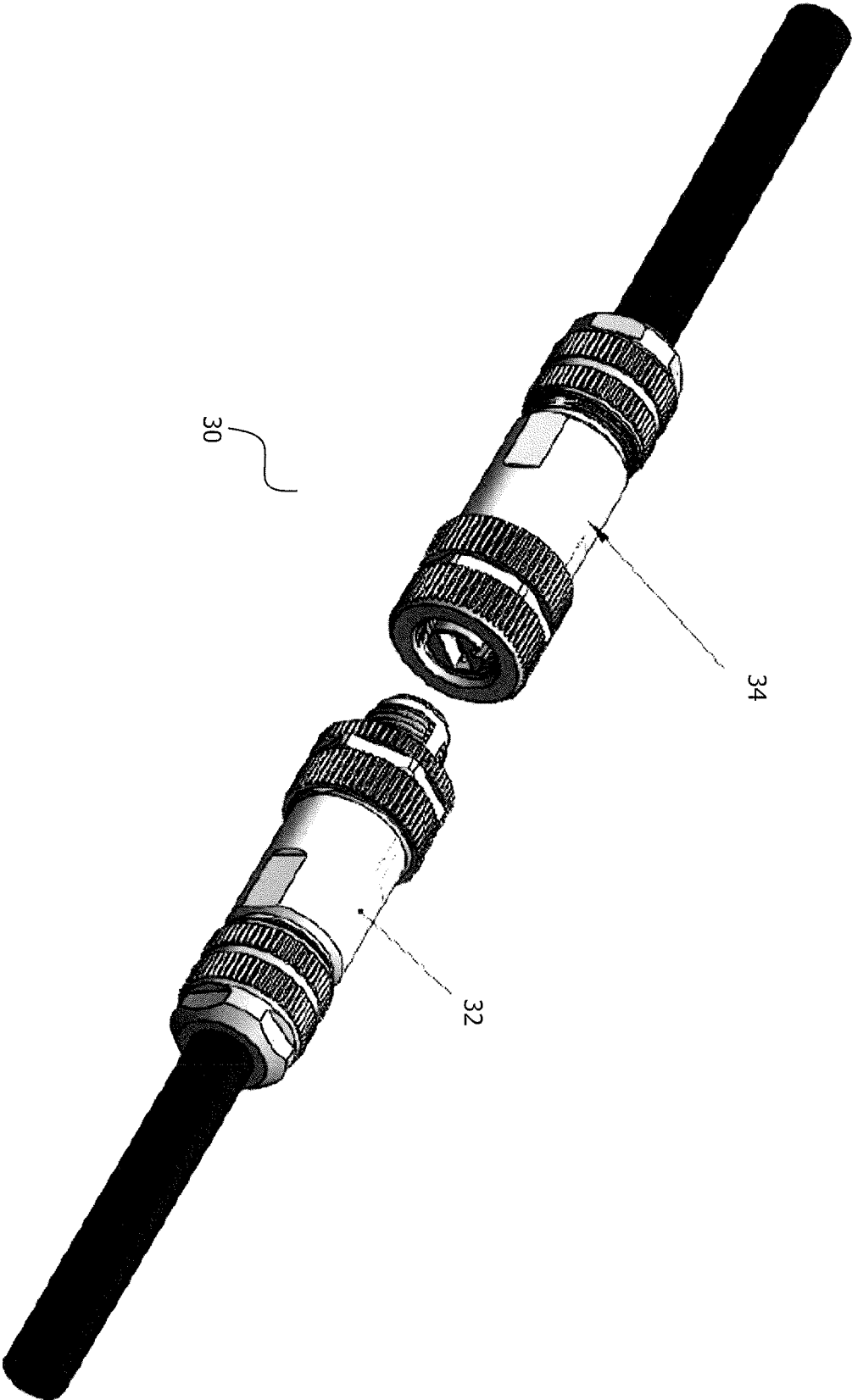


Fig.6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2020/063773

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G01K 11/32**(2006.01)i; **G01L 1/24**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01K; G01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0218893 A2 (BBC BROWN BOVERI & CIE [CH]) 22 April 1987 (1987-04-22) abstract; figures 1-4 page 8, line 18 - page 10, line 22 page 12, line 15 - page 14, line 8	1-15
A	DE 102010001197 A1 (DRAKA IND CABLE GMBH [DE]; FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]) 28 July 2011 (2011-07-28) abstract; figure 4 paragraphs [0041] - [0044]	1,5,6,15
A	CN 109115362 A (QUJING BUREAU SUPERVOLTAGE POWER TRANS CO LTD CHINA SOUTHERN POWER GRID) 01 January 2019 (2019-01-01) abstract; figure 2 paragraph [0002]	1,8-10,15

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 August 2020

Date of mailing of the international search report

24 August 2020

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

de Bakker, Michiel

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2020/063773

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
EP	0218893	A2	22 April 1987	EP	0218893	A2	22 April 1987
				JP	S6277027	A	09 April 1987
DE	102010001197	A1	28 July 2011	CN	102859332	A	02 January 2013
				DE	102010001197	A1	28 July 2011
				EP	2529188	A2	05 December 2012
				US	2012321242	A1	20 December 2012
				WO	2011089244	A2	28 July 2011
CN	109115362	A	01 January 2019	NONE			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. G01K11/32 G01L1/24
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 G01K G01L

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 218 893 A2 (BBC BROWN BOVERI & CIE [CH]) 22. April 1987 (1987-04-22) Zusammenfassung; Abbildungen 1-4 Seite 8, Zeile 18 - Seite 10, Zeile 22 Seite 12, Zeile 15 - Seite 14, Zeile 8 -----	1-15
A	DE 10 2010 001197 A1 (DRAKA IND CABLE GMBH [DE]; FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]) 28. Juli 2011 (2011-07-28) Zusammenfassung; Abbildung 4 Absätze [0041] - [0044] -----	1,5,6,15
A	CN 109 115 362 A (QUJING BUREAU SUPERVOLTAGE POWER TRANS CO LTD CHINA SOUTHERN POWER GRI) 1. Januar 2019 (2019-01-01) Zusammenfassung; Abbildung 2 Absatz [0002] -----	1,8-10, 15



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

13. August 2020

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

24/08/2020

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

de Bakker, Michiel

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2020/063773

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0218893 A2	22-04-1987	EP 0218893 A2	22-04-1987
		JP S6277027 A	09-04-1987

DE 102010001197 A1	28-07-2011	CN 102859332 A	02-01-2013
		DE 102010001197 A1	28-07-2011
		EP 2529188 A2	05-12-2012
		US 2012321242 A1	20-12-2012
		WO 2011089244 A2	28-07-2011

CN 109115362 A	01-01-2019	KEINE	
