

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50466/2017
(22) Anmeldetag: 02.06.2017
(45) Veröffentlicht am: 15.05.2025

(51) Int. Cl.: **G01R 31/08** (2006.01)
G01R 31/11 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
WO 2013113627 A1
DE 19935867 A1

(73) Patentinhaber:
OMICRON Energy Solutions GmbH
12099 Berlin (DE)

(74) Vertreter:
Patentanwälte Pinter & Weiss OG
1040 Wien (AT)

(54) **Überprüfung eines Energieübertragungsnetzes und Lokalisierung einer Fehlerstelle in einem Energieübertragungskabel**

(57) Zur Lokalisierung einer Fehlerstelle (6) in einem Energieübertragungskabels (1) werden folgende Schritte durchgeführt:

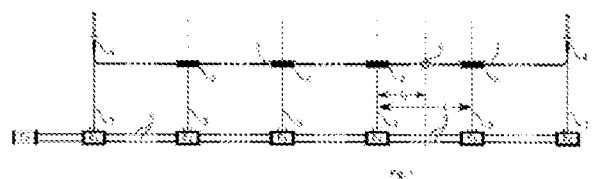
Erfassen eines ersten Zeitpunkts, zu welchem ein bestimmter Teilentladungspuls in dem Energieübertragungskabel (1) an einem ersten Messpunkt (E_1), welcher an einem Ende des Energieübertragungskabels (1) angeordnet ist, erfasst wird.

Erfassen eines zweiten Zeitpunkts, zu welchem der bestimmte Teilentladungspuls in dem Energieübertragungskabel (1) an einem zweiten Messpunkt (E_6), welcher an dem anderen Ende des Energieübertragungskabels (1) angeordnet ist, erfasst wird.

Bestimmen einer Fehlerstelle (6) entlang des Energieübertragungskabels (1), an welcher der bestimmte Teilentladungspuls erzeugt wurde, abhängig von dem ersten und dem zweiten Zeitpunkt. Bestimmen eines dritten und eines vierten Messpunkts aus einer Menge von in dem Energieübertragungskabel angeordneten Messpunkten (E_1 - E_6) derart, dass der dritte und der vierte Messpunkt einen Abschnitt des Energieübertragungskabels (1) begrenzen, in welchem die Fehlerstelle (6) liegt und sich kein weiterer der Messpunkte befindet.

Erfassen eines dritten Zeitpunkts, zu welchem ein weiterer bestimmter Teilentladungspuls in dem Energieübertragungskabel (1) an dem dritten Messpunkt erfasst wird.

Erfassen des vierten Zeitpunkts, zu welchem der weitere bestimmte Teilentladungspuls an dem vierten Messpunkt erfasst wird. Korrigieren der bestimmten Fehlerstelle (6) abhängig von dem dritten und dem vierten Zeitpunkt.



Beschreibung

ÜBERPRÜFUNG EINES ENERGIEÜBERTRAGUNGSNETZES UND LOKALISIERUNG EINER FEHLERSTELLE IN EINEM ENERGIEÜBERTRAGUNGSKABEL

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft zum einen die Überprüfung eines Energieübertragungsnetzes auf Fehler (z.B. auf Fehler in der Isolierung) und zum anderen die Lokalisierung eines solchen Fehlers, indem eine Fehlerstelle in einem Energieübertragungskabel lokalisiert wird.

[0002] Zur Überprüfung eines Energieübertragungsnetzes und insbesondere zur Lokalisierung einer Fehlerstelle wird nach dem Stand der Technik nur an einem Messpunkt des Energieübertragungsnetzes ein Ereignis (z.B. die Auswirkungen einer Teilentladung) erfasst. Indem der Zeitpunkt, zu welchem dieses Ereignis an dem Messpunkt auftritt, und ein weiterer Zeitpunkt, zu welchem eine Reflektion dieses Ereignisses an dem Messpunkt auftritt, bestimmt werden, kann dann die Fehlerstelle lokalisiert werden.

[0003] Diese bekannte Lokalisierung der Fehlerstelle in einem Energieübertragungsnetz oder genauer in einem Energieübertragungskabel des Energieübertragungsnetzes ist allerdings recht ungenau. Daher stellt sich die vorliegende Erfindung die Aufgabe, die Lokalisierung einer Fehlerstelle in einem Energieübertragungskabel gegenüber dem Stand der Technik zu verbessern. Da die Lösung dieser Aufgabe auf einer möglichst genauen Bestimmung eines Zeitpunkts basiert, zu welchem ein bestimmtes Ereignis an einem bestimmten Messpunkt des Energieübertragungsnetzes auftritt, umfasst die erfindungsgemäße Aufgabe zusätzlich eine möglichst genaue Bestimmung dieses Zeitpunkts.

[0004] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch ein Verfahren zur Lokalisierung einer Fehlerstelle nach Anspruch 1, durch ein Verfahren zur Überprüfung eines Energieübertragungsnetzes nach Anspruch 5, sowie durch ein System nach Anspruch 8 oder 10 gelöst. Die abhängigen Ansprüche beschreiben vorteilhafte und bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung.

[0005] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zur Lokalisierung einer Fehlerstelle in einem Energieübertragungskabel bereitgestellt, wobei das erfindungsgemäße Verfahren folgende Schritte umfasst:

- Erfassen eines ersten Zeitpunkts, zu welchem ein bestimmter Teilentladungspuls, der an der Fehlerstelle entsteht, in dem Energieübertragungskabel an einem ersten Messpunkt, welcher an einem Ende des Energieübertragungskabels angeordnet ist, erfasst wird. Der erste Zeitpunkt definiert demnach, wann sich die Auswirkungen einer bestimmten an der Fehlerstelle entstehenden Teilentladung über das Energieübertragungskabel bis zu dem ersten Messpunkt ausgebreitet haben. Die Ausbreitung der Auswirkungen der Teilentladung umfasst dabei insbesondere eine Ladungsdämpfung und benötigte Zeit, um sich entlang des Energieübertragungskabels auszubreiten.
- Erfassen eines zweiten Zeitpunkts, zu welchem der bestimmte Teilentladungspuls in dem Energieübertragungskabel an einem zweiten Messpunkt, welcher an dem anderen Ende des Energieübertragungskabels angeordnet ist, erfasst wird. In gleicher Weise wie der erste Zeitpunkt definiert der zweite Zeitpunkt, wann sich die Auswirkungen des bestimmten Teilentladungspulses bzw. der bestimmten Teilentladung über das Energieübertragungskabel bis zu dem zweiten Messpunkt ausgebreitet haben.
- Bestimmen der Fehlerstelle entlang des Energieübertragungskabels, an welcher der bestimmte Teilentladungspuls bzw. die bestimmte Teilentladung erzeugt wurde, in Abhängigkeit von dem ersten dem zweiten Zeitpunkt. Wie später noch genau erläutert wird, kann insbesondere unter Kenntnis der Länge des Energieübertragungskabels und der Ausbreitungsgeschwindigkeit des Teilentladungspulses auf dem Energieübertragungskabel die Fehlerstelle als Abstand von dem ersten Messpunkt oder zweiten Messpunkt recht genau bestimmt werden.

- Bestimmen eines dritten und eines vierten Messpunkts aus einer Menge von in dem oder entlang des Energieübertragungskabels angeordneten Messpunkten. Der dritte und der vierte Messpunkt werden dabei derart bestimmt, dass sie einen Abschnitt des Energieübertragungskabels begrenzen, in welchem die Fehlerstelle, deren Lage im vorherigen Schritt bestimmt wurde, liegt und sich kein weiterer der Messpunkte befindet. In diesem Schritt werden demnach mit dem dritten und vierten Messpunkt zwei Messpunkte aus der Menge der Messpunkte bestimmt, zwischen denen die Fehlerstelle liegt und welche den geringsten möglichen Abstand unter allen Messpunkten zu der Fehlerstelle aufweisen.
- Erfassen eines dritten Zeitpunkts, zu welchem ein weiterer bestimmter Teilentladungspuls in dem Energieübertragungskabel an dem dritten Messpunkt erfasst wird.
- Erfassen eines vierten Zeitpunkts, zu welchem der weitere bestimmte Teilentladungspuls an dem vierten Messpunkt erfasst wird. Diese beiden letzten Schritte sind den beiden ersten Schritten des erfindungsgemäßen Verfahrens sehr ähnlich, nur dass bei den letzten Schritten die Messpunkte (d.h. der dritte und der vierte Messpunkt) dichter an der Fehlerstelle angeordnet sind als bei den beiden ersten Schritten des erfindungsgemäßen Verfahrens.
- Korrigieren der bestimmten Fehlerstelle abhängig von dem dritten und dem vierten Zeitpunkt. Anhand des dritten und des vierten Zeitpunkts kann die Lage der Fehlerstelle besser bestimmt werden, als anhand des ersten und des zweiten Zeitpunkts, da sich der dritte und der vierte Messpunkt dichter an der Fehlerstelle befinden, als der erste und der zweite Messpunkt. Unter dem Korrigieren der bestimmten Fehlerstelle wird dabei insbesondere verstanden, dass die Lage der bestimmten Fehlerstelle genauer bestimmt wird.

[0006] Indem erfindungsgemäß die Bestimmung der Lage der Fehlerstelle oder die Lokalisierung der Fehlerstelle anhand von zwei Messpunkten, welche jeweils bildlich gesprochen rechts und links von der Fehlerstelle in dem Energieübertragungskabel angeordnet sind, erfolgt, kann die Lokalisierung der Fehlerstelle wesentlich genauer vorgenommen werden, als nach dem Stand der Technik, bei welchem mit nur einem Messpunkt und der Reflektion des Teilentladungspulses gearbeitet wird. Darüber hinaus erfolgt die Lokalisierung der Fehlerstelle vorteilhafterweise quasi zweistufig. In einer ersten Stufe wird die Fehlerstelle grob lokalisiert, um anhand dieser groben Lokalisierung zwei Messpunkte (d.h. den dritten und den vierten Messpunkt) optimal (d.h. möglichst dicht an der Fehlerstelle) auszuwählen. Anhand dieser optimal ausgewählten zwei Messpunkte kann dann in der zweiten Stufe die Lage der Fehlerstelle vorteilhafterweise sehr genau bestimmt werden.

[0007] Unter einem Messpunkt wird dabei insbesondere eine Kabelverbindung (Joint) oder ein Kabelabschluss (Termination) verstanden.

[0008] Das Erfassen bzw. Messen der Teilentladung an einem bestimmten Messpunkt erfolgt dabei insbesondere auf statistische Art und Weise. Das Erfassen bzw. Messen wird dabei anhand von vielen Ereignissen (Teilentladungen) wiederholt vorgenommen, um Fehler in der Korrelation zu vermeiden.

[0009] Das Erfassen eines Zeitpunkts, zu welchem ein bestimmter Teilentladungspuls in dem Energieübertragungskabel an einem bestimmten Messpunkt erfasst wird, setzt voraus, dass an dem bestimmten Messpunkt zwischen dem bestimmten Teilentladungspuls und einem anderen Teilentladungspuls unterschieden werden kann. Anders ausgedrückt setzt die vorliegende Erfindung voraus, dass die Auswirkungen derselben Teilentladung an der Fehlerstelle an dem ersten (dritten) und zweiten (vierten) Messpunkt erfasst werden, um anhand der Zeitpunkte den Ort der Fehlerstelle lokalisieren zu können.

[0010] Die Unterscheidung zwischen Teilentladungspulsen kann beispielsweise anhand von Eigenschaften der zu vergleichenden Teilentladungspulse erfolgen. Beispielsweise kann der jeweils an dem bestimmten Messpunkt erfasste Teilentladungspuls abhängig von einem auf dem Energieübertragungskabel übertragenen Energieimpuls und anhand eines Zeitpunktes, zu welchem der Teilentladungspuls beispielsweise bestimmte Eigenschaften aufweist, analysiert wer-

den, um dadurch den bestimmten Teilentladungspuls von anderen Teilentladungspulsen unterscheiden zu können. Dieses Vorgehen zum Erfassen eines Zeitpunkts, zu welchem ein bestimmter Teilentladungspuls in dem Energieübertragungskabel an einem bestimmten Messpunkt erfasst wird, ist nach dem Stand der Technik bekannt, weshalb es hier nicht weiter vertieft wird.

[0011] Gemäß einer bevorzugten erfindungsgemäßen Ausführungsform wird die Fehlerstelle als Abstand l_f von dem dritten Messpunkt anhand der folgenden Gleichung (1) bestimmt:

$$l_f = \frac{v_{PD}}{2} (t_3 - t_4) + \frac{l}{2} \quad (1)$$

[0012] Dabei entspricht t_3 dem dritten Zeitpunkt, t_4 dem vierten Zeitpunkt, v_{PD} der Ausbreitungsgeschwindigkeit des Teilentladungspulses (d.h. der Auswirkungen der Teilentladung) entlang des Energieübertragungskabels und l der Länge des Abschnitts des Energieübertragungskabels, welcher von dem dritten und vierten Messpunkt begrenzt wird.

[0013] Es sei angemerkt, dass die Gleichung (1) auch eingesetzt werden kann, um die Fehlerstelle abhängig von dem ersten und dem zweiten Zeitpunkt zu bestimmen. In diesem Fall entspricht t_3 dem ersten Zeitpunkt, t_4 dem zweiten Zeitpunkt l der Länge des Energieübertragungskabels, welches von dem ersten Messpunkt bzw. dem einen Ende bis zu dem zweiten Messpunkt bzw. dem anderen Ende des Energieübertragungskabels verläuft. Der Abstand l_f definiert in diesem Fall den Abstand der Fehlerstelle von dem ersten Messpunkt bzw. dem einen Ende des Energieübertragungskabels.

[0014] Darüber hinaus ist es erfindungsgemäß möglich, dass zum ersten, zweiten, dritten und vierten Zeitpunkt am ersten, zweiten, dritten bzw. vierten Messpunkt jeweils derselbe Teilentladungspuls bzw. die Auswirkungen derselben Teilentladung, wenn auch mit unterschiedlicher Dämpfung, erfasst werden. In diesem Fall entspricht der bestimmte Teilentladungspuls demnach dem weiteren bestimmten Teilentladungspuls.

[0015] Beispielsweise können alle Messpunkte so ausgelegt sein, dass sie jeweils die Zeitpunkte bestimmen und abspeichern, zu welchen sie Teilentladungspulse erfassen. In einem anschließenden Auswertungsschritt kann dann für denselben Teilentladungspuls ermittelt werden, wann dieser Teilentladungspuls an dem ersten, zweiten, dritten und vierten Messpunkt erfasst wurde, woraus dann die Lage der Fehlerstelle ermittelt werden kann, wie es vorab beschrieben ist.

[0016] Gemäß einer weiteren bevorzugten erfindungsgemäßen Ausführungsform entspricht der erste, der zweite, der dritte und der vierte Zeitpunkt jeweils einem entsprechenden Zeitpunkt, zu welchem eine Information über den jeweiligen Teilentladungspuls von Steuermitteln erfasst wird. Gemäß der weiteren Ausführungsform wird zusätzlich eine jeweilige Zeitverzögerung bestimmt, welche sich durch die Übertragung der jeweiligen Information von dem entsprechenden Messpunkt zu den Steuermitteln ergibt. Der jeweilige Zeitpunkt wird dann um die entsprechende Zeitverzögerung korrigiert.

[0017] Gemäß dieser weiteren Ausführungsform überträgt eine erste, zweite, dritte und vierte Messeinheit, welche mit dem ersten, zweiten, dritten bzw. vierten Messpunkt verbunden ist, die entsprechende Information über den entsprechenden Teilentladungspuls an die Steuermittel, sobald die jeweilige Messeinheit an dem zugehörigen Messpunkt den entsprechenden Teilentladungspuls erfasst hat. Die Steuermittel bestimmen und korrigieren die Lage der Fehlerstelle dann abhängig von dem ersten, zweiten, dritten und vierten Zeitpunkt, zu welchem die jeweilige Information die Steuermittel erreicht, wobei dabei die jeweilige Zeitverzögerung, welche sich durch die Übertragung der jeweiligen Information von dem entsprechenden Messpunkt bzw. von der entsprechenden Messeinheit zu den Steuermitteln ergibt, berücksichtigt wird.

[0018] Auf welche Art und Weise die jeweilige Zeitverzögerung für die Übertragung der jeweiligen Information von der entsprechenden Messeinheit zu den Steuermitteln bestimmt wird, wird im Folgenden noch genauer dargelegt.

[0019] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird auch ein Verfahren zur Überprüfung eines Energieübertragungsnetzes bereitgestellt. Dabei umfasst das Verfahren zur Überprüfung des Energieübertragungsnetzes folgende Schritte:

- Erfassen eines Ereignisses (z.B. eines Teilentladungspulses oder der Auswirkungen einer Teilentladung) an einem Messpunkt oder einer Messeinheit, welche mit dem Messpunkt verbunden ist.
- Übertragen einer Information über das Ereignis von dem Messpunkt an Steuermittel. Sobald insbesondere die mit dem Messpunkt verbundene Messeinheit das Ereignis erfasst, wird eine entsprechende Information an die Steuermittel übertragen.
- Erfassen eines Zeitpunkts, zu welchen die Information über das Ereignis von den Steuermitteln erfasst wird. Der Zeitpunkt definiert somit, wann die Information über das Ereignis die Steuermittel erreicht.
- Bestimmen einer Zeitverzögerung, welche sich durch eine Übertragung der Information von dem Messpunkt oder der mit dem Messpunkt verbundenen Messeinheit zu den Steuermitteln ergibt.
- Korrigieren des Zeitpunktes abhängig von der bestimmten Zeitverzögerung. Durch die Korrektur des Zeitpunktes um die Zeitverzögerung spiegelt der Zeitpunkt vorteilhafterweise genau den Zeitpunkt wieder, zu welchem das Ereignis am jeweiligen Messpunkt erfasst wurde.
- Überprüfen des Energieübertragungsnetzes in Abhängigkeit von dem Ereignis und dem korrigierten Zeitpunkt.

[0020] Da der korrigierte Zeitpunkt quasi dem Zeitpunkt entspricht, zu welchem das zu erfassende Ereignis an dem jeweiligen Messpunkt erfasst wurde, kann die Überprüfung des Energieübertragungsnetzes vorteilhafterweise basierend auf diesem Zeitpunkt ausgeführt werden. Dadurch können insbesondere Überprüfungen des Energieübertragungsnetzes genauer durchgeführt werden, bei welchen der jeweilige Zeitpunkt, zu welchem ein Ereignis an mehreren verschiedenen Messpunkten auftritt, eine Rolle spielt. Gerade wenn mehrere Messpunkte unterschiedlich weit von den Steuermitteln entfernt sind, spielt die Übertragungszeit von den jeweiligen Messpunkten oder Messeinheiten, welche mit den jeweiligen Messpunkten verbunden sind, eine Rolle, um den zeitlichen Abstand zwischen den Zeitpunkten zu bestimmen, zu welchen dasselbe Ereignis oder die Auswirkungen desselben Ereignisses an den jeweiligen Messpunkten aufgetreten ist. Durch die erfindungsgemäße Berücksichtigung der Zeitverzögerung können die Zeitpunkte, zu welchen dasselbe Ereignis oder die Auswirkungen desselben Ereignisses an den jeweiligen Messpunkten, aufgetreten ist, im Vergleich zum Stand der Technik genauer festgelegt werden, wodurch die darauf basierende Überprüfung des Energieübertragungsnetzes ebenfalls genauer ausgeführt werden kann.

[0021] Gemäß einer bevorzugten erfindungsgemäßen Ausführungsform des Verfahrens zur Überprüfung des Energieübertragungsnetzes wird die Information über das Ereignis von dem Messpunkt (oder von der mit dem Messpunkt verbundenen Messeinheit) über mindestens einen weiteren Messpunkt (oder über mindestens eine weitere mit einem Messpunkt verbundene Messeinheit) zu den Steuermitteln übertragen. Dabei ist der Messpunkt (oder die Messeinheit), der mindestens eine weitere Messpunkt (oder die mindestens eine weitere Messeinheit) und die Steuermittel über Leitungen miteinander verbunden, über welche die Information übertragen wird. Die Bestimmung der Zeitverzögerung umfasst bei dieser Ausführungsform zum einen eine Bestimmung einer Laufzeit der Information über die Leitungen und zum anderen eine Bestimmung einer Verarbeitungszeit des jeweiligen Messpunkts (oder der jeweiligen mit dem Messpunkt verbundenen Messeinheit), um die Information an dem jeweiligen Messpunkt (Messeinheit) zu erfassen und weiterzuleiten.

[0022] Bei dieser Ausführungsform sind die Messpunkte oder Messeinheiten beispielsweise über die Daisy-Chain-Technik miteinander verbunden. Eine Information wird dabei von der aussendenden Messeinheit an die nächste in Richtung der Steuermittel liegende Messeinheit weitergeleitet, welche dann ihrerseits die Information an die nächste in Richtung der Steuermittel liegende Messeinheit weiterleitet, usw., bis die Information schließlich die Steuermittel erreicht.

[0023] Wenn man sich den Messpunkt (Messeinheit), an welchem das Ereignis erfasst wird, den

mindestens einen weiteren Messpunkt (Messeinheit) und die Steuermittel jeweils als eine Einheit vorstellt, welche über die Leitungen in der Daisy-Chain-Technik verbunden sind, kann die Zeitverzögerung Δt durch folgende Gleichung (2) berechnet werden.

$$\Delta t = \sum_{i=0}^x \frac{(RXBW_i - RSFW_i)}{2} - \frac{(TXBW_{i+1} - TXFW_{i+1})}{2} \quad (2)$$

[0024] Dabei entspricht $RXBW_j$ dem Zeitpunkt, zu dem ein bestimmtes Datenpaket an der j-ten Einheit in einer Rückwärtsrichtung empfangen wird. $RXFW_j$ entspricht dem Zeitpunkt, zu dem das bestimmte Datenpaket an der j-ten Einheit in einer Vorwärtsrichtung empfangen wird. $TXBW_j$ entspricht dem Zeitpunkt, zu dem das bestimmte Datenpaket an der j-ten Einheit in der Rückwärtsrichtung gesendet wird. $TXFW_j$ entspricht dem Zeitpunkt, zu dem das bestimmte Datenpaket an der j-ten Einheit in der Vorwärtsrichtung gesendet wird. x entspricht der Anzahl der weiteren Messpunkte (Messeinheiten), welche zwischen den Steuermitteln und dem Messpunkt (Messeinheit), an welchem das Ereignis erfasst wurde, liegen. Die Steuermittel (E_0) entsprechen der 0-ten Einheit, und der Messpunkt entspricht der $x+1$ -ten Einheit (E_1 - E_6).

[0025] Es sei angemerkt, dass das erfindungsgemäße Verfahren zur Lokalisierung einer Fehlerstelle mit dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Überprüfung eines Energieübertragungsnetzes kombiniert werden kann. Indem insbesondere bei der Erfassung des ersten, zweiten, dritten oder vierten Zeitpunkts die Zeitverzögerung, welche sich durch die Übertragung der Information über den entsprechenden Teilentladungspuls von dem jeweiligen Messpunkt zu den Steuermitteln ergibt, berücksichtigt wird, kann die Erfassung bzw. Bestimmung des jeweiligen Zeitpunkts, zu welchem der Teilentladungspuls an dem entsprechenden Messpunkt erfasst wurde, wesentlich genauer durchgeführt werden.

[0026] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird auch ein System zur Lokalisierung einer Fehlerstelle in einem Energieübertragungskabel bereitgestellt. Dabei umfasst das erfindungsgemäße System Steuermittel und mehrere Messeinheiten.

[0027] Eine erste dieser Messeinheiten ist mit einem ersten Messpunkt, welcher an einem Ende des Energieübertragungskabels angeordnet ist, verbunden, während eine zweite dieser Messeinheiten mit einem zweiten Messpunkt, welcher an dem anderen Ende des Energieübertragungskabels angeordnet ist, verbunden ist. Jede Messeinheit ist ausgestaltet, um jeweils einen Teilentladungspuls an dem mit der jeweiligen Messeinheit verbundenen Messpunkt in dem Energieübertragungskabel zu erfassen. Das System ist ausgestaltet, um mittels der ersten Messeinheit einen ersten Zeitpunkt zu erfassen, zu welchem ein bestimmter Teilentladungspuls an dem ersten Messpunkt von der ersten Messeinheit erfasst wird, und um mittels der zweiten Messeinheit einen zweiten Zeitpunkt zu erfassen, zu welchem der bestimmte Teilentladungspuls an dem zweiten Messpunkt von der zweiten Messeinheit erfasst wird. Das System ist darüber hinaus ausgestaltet, um mittels der Steuermittel abhängig von dem ersten und dem zweiten Zeitpunkt eine Fehlerstelle entlang des Energieübertragungskabels zu bestimmen, an welcher der bestimmte Teilentladungspuls erzeugt wurde. Mittels der Steuermittel bestimmt das System dann einen dritten Messpunkt und einen vierten Messpunkt derart, dass der dritte und der vierte Messpunkt einen Abschnitt des Energieübertragungskabels begrenzen, in welchem die Fehlerstelle liegt und sich kein weiterer Messpunkt befindet, welcher mit einer der Messeinheiten verbunden ist. Mit einer dritten Messeinheit, welche mit dem dritten Messpunkt verbunden ist, erfasst das System einen dritten Zeitpunkt, zu welchem ein weiterer bestimmter Teilentladungspuls an dem dritten Messpunkt von der dritten Messeinheit erfasst wird, und mit einer vierten Messeinheit, welche mit dem vierten Messpunkt verbunden ist, erfasst das System einen vierten Zeitpunkt, zu welchem der weitere bestimmte Teilentladungspuls an dem vierten Messpunkt von der vierten Messeinheit erfasst wird. Schließlich korrigiert das System mittels der Steuermittel abhängig von dem dritten und dem vierten Zeitpunkt die bestimmte Fehlerstelle.

[0028] Die Vorteile des erfindungsgemäßen Systems entsprechen im Wesentlichen den Vorteilen des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Lokalisierung einer Fehlerstelle, welche vorab im Detail ausgeführt sind, so dass hier auf eine Wiederholung verzichtet wird.

[0029] Schließlich wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung ein System zur Überprüfung eines

Energieübertragungsnetzes bereitgestellt, welches ebenfalls Steuermittel und mehrere Messeinheiten umfasst. Dabei ist jede dieser Messeinheiten mit einem jeweiligen Messpunkt innerhalb des Energieübertragungsnetzes verbunden. Jede Messeinheit ist ausgestaltet, um ein Ereignis an dem jeweiligen Messpunkt zu erfassen und um eine Information über dieses Ereignis an die Steuermittel weiterzuleiten. Die Steuermittel sind ausgestaltet, um die Information von den Messeinheiten zu erfassen und um einen Zeitpunkt zu erfassen, zu welchem die Information über das Ereignis von den Steuermitteln erfasst wird. Das System ist ausgestaltet, eine Zeitverzögerung zu bestimmen, welche sich durch eine Übertragung der Information von der Messeinheit, welche das Ereignis erfasst, zu den Steuermitteln ergibt. Die Steuermittel sind weiter ausgestaltet, um den Zeitpunkt um die Zeitverzögerung zu korrigieren, so dass der korrigierte Zeitpunkt widerspiegelt, wann das Ereignis an dem jeweiligen Messpunkt erfasst wurde. Schließlich ist das System ausgestaltet, um das Energieübertragungsnetz abhängig von dem Ereignis und dem korrigierten Zeitpunkt zu überprüfen.

[0030] Die Vorteile des erfindungsgemäßen Systems zur Überprüfung des Energieübertragungsnetzes entsprechen im Wesentlichen den Vorteilen des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Überprüfung des Energieübertragungsnetzes, welche vorab im Detail ausgeführt sind, so dass hier auf eine Wiederholung verzichtet wird.

[0031] In ähnlicher Weise wie die beiden erfindungsgemäßen Verfahren können die beiden erfindungsgemäßen Systeme kombiniert werden. Dadurch kann der jeweilige Zeitpunkt, zu welchem ein bestimmter Teilentladungspuls von der jeweiligen Messeinheit an dem zugehörigen Messpunkt erfasst wird, abhängig von der Zeitverzögerung bestimmt werden, welche sich durch die Übertragung der Information über den erfassten Teilentladungspuls von der jeweiligen Messeinheit an die Steuermittel ergibt.

[0032] Durch die vorliegende Erfindung kann eine Teilentladung in einem Hochspannungskabel vorteilhafterweise mit einer Genauigkeit von 2 m lokalisiert werden.

[0033] Im Folgenden wird die vorliegende Erfindung anhand bevorzugter erfindungsgemäßer Ausführungsformen mit Bezug zu den Figuren im Detail beschrieben.

[0034] In Fig. 1 ist ein Hochspannungskabel mit Messpunkten dargestellt, welche jeweils mit Messeinheiten verbunden sind, die ihrerseits mit Steuermitteln verbunden sind.

[0035] In Fig. 2 ist die erfindungsgemäße Verbindung von drei Messeinheiten mit den Steuermitteln im Detail dargestellt.

[0036] In Fig. 1 ist ein Hochspannungskabel 1 dargestellt, welches an seinen beiden Enden jeweils mit einem Kabelabschluss 4 abgeschlossen ist. Entlang des Hochspannungskabels 1 sind an verschiedenen Stellen Verbindungsstücke 2 angeordnet, durch welche das Hochspannungskabel 1 in verschiedene Abschnitte unterteilt wird. Jedes dieser Verbindungsstücke 2 und jeder der beiden Kabelabschlüsse 4 ist über ein Messkabel mit einer Messeinheit E_1 - E_6 verbunden. Es sei darauf hingewiesen, dass auch deutlich mehr als sechs Messeinheiten erfindungsgemäß eingesetzt werden können.

[0037] Die Messeinheiten E_1 bis E_6 sind wiederum über Glasfaserkabel 5 in der Daisy-Chain-Technik (z.B. bis zu 20 km) miteinander verbunden, wobei die Messeinheit E_1 ihrerseits ebenfalls über ein Glasfaserkabel mit einer Steuerung E_0 verbunden ist.

[0038] Zwischen der vierten Messeinheit E_4 und der fünften Messeinheit E_5 befindet sich eine Fehlerstelle 6, an welcher Teilentladungspulse erzeugt werden. Das heißt, an der Fehlerstelle 6 im Hochspannungskabel 1 finden Teilentladungen statt, deren Auswirkungen in Form von Teilentladungspulsen, welche sich entlang des Hochspannungskabels 1 ausbreiten, an den Messeinheiten E_1 bis E_6 erfasst werden können. Der Abstand zwischen zwei entlang des Hochspannungskabels 1 benachbarten Messpunkten, welche durch ein Verbindungsstück 2 oder durch einen Kabelabschluss 4 realisiert werden, ist jeweils bekannt. Beispielhaft ist in Fig. 1 der Abstand l zwischen dem vierten Messpunkt und dem fünften Messpunkt eingezeichnet. Die Aufgabe des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Lokalisierung einer Fehlerstelle 6 ist es, den Abstand l_f zwischen einem Messpunkt 2; 4 und der Fehlerstelle 6 möglichst genau zu bestimmen.

[0039] Zur Lösung dieser Aufgabe bzw. zur Lokalisierung der Fehlerstelle 6 wird in einem ersten Schritt einer ersten Stufe ein erster Zeitpunkt bestimmt, zu welchem ein bestimmter Teilentladungspuls, welcher an der Fehlerstelle 6 erzeugt wird, an einem Ende des Hochspannungskabels 1 (am ersten Messpunkt 4), welches mit der ersten Messeinheit E_1 verbunden ist, erfasst wird. In einem zweiten Schritt der ersten Stufe wird in ähnlicher Weise ein zweiter Zeitpunkt bestimmt, zu welchem der bestimmte Teilentladungspuls am anderen Ende des Hochspannungskabels 1 (am sechsten Messpunkt 4), welches mit der sechsten Messeinheit E_6 verbunden ist, erfasst wird. Bei Kenntnis der Länge des Hochspannungskabels 1 (d.h. des Abstands zwischen dem ersten und dem sechsten Messpunkt) und der Ausbreitungsgeschwindigkeit des Teilentladungspulses entlang des Hochspannungskabels 1 kann anhand der vorab beschriebenen Gleichung (1) beispielsweise der Abstand zwischen dem ersten Messpunkt und der Fehlerstelle 6 recht genau bestimmt werden.

[0040] Anhand des derart bestimmten Abstands ist die Lage der Fehlerstelle 6 innerhalb des Hochspannungskabels 1 bekannt. Anhand der Lage können nun die beiden Messpunkte entlang des Hochspannungskabels 1 bestimmt werden, welche am dichtesten an der Fehlerstelle 6 liegen. Die beiden derart bestimmten Messpunkte (vierter und fünfter Messpunkt in Fig. 1) begrenzen einen Abschnitt des Hochspannungskabels 1, in welchem zum einen die Fehlerstelle 6 liegt und in welchem zum anderen kein einziger weiterer Messpunkt 2 liegt. Mit diesen beiden derart bestimmten Messpunkten wird die Lokalisierung der Fehlerstelle 6 in der gleichen Weise, wie es vorab beschrieben ist, wiederholt.

[0041] Dazu wird in einem ersten Schritt einer zweiten Stufe ein dritter Zeitpunkt bestimmt, zu welchem ein bestimmter Teilentladungspuls, welcher an der Fehlerstelle 6 seinen Ursprung hat, an dem einen bestimmten Messpunkt von der vierten Messeinheit E_4 , welche mit diesem bestimmten Messpunkt verbunden ist, erfasst wird. In einem zweiten Schritt der zweiten Stufe wird ein vierter Zeitpunkt bestimmt, zu welchem der bestimmte Teilentladungspuls an dem anderen bestimmten Messpunkt von der fünften Messeinheit E_5 , welche mit dem anderen bestimmten Messpunkt verbunden ist, erfasst wird. Wiederum anhand der Gleichung (1) kann nun der Abstand l_f zwischen dem vierten Messpunkt und der Fehlerstelle 6 bei Kenntnis des Abstands l zwischen dem vierten und dem fünften Messpunkt sehr genau bestimmt werden.

[0042] Zur Ermittlung des Zeitpunkts, zu welchem der bestimmte Teilentladungspuls an einem bestimmten Messpunkt erfasst wird, existieren erfindungsgemäß mehrere Möglichkeiten. Zum einen kann die Messeinheit, welche den Teilentladungspuls an dem an ihr angeschlossenen Messpunkt erfasst, den Zeitpunkt bestimmen, was anhand sehr genauer Zeitmesser in den Messeinheiten möglich wäre. Eine andere Möglichkeit besteht darin, dass die Messeinheit, welche den Teilentladungspuls an dem an ihr angeschlossenen Messpunkt erfasst, eine entsprechende Information, dass die Messeinheit den Teilentladungspuls erfasst hat, an die Steuerung E_0 überträgt, welche dann den Zeitpunkt bestimmt. Bei dieser zweiten Möglichkeit ist es allerdings vorteilhaft, die Zeitverzögerung zu berücksichtigen, welche durch die Übertragung der entsprechenden Information von der aussendenden Messeinheit zu der Steuerung E_0 benötigt wird. Gerade wenn die Messeinheiten E_1 bis E_6 mit der Daisy-Chain-Technik verbunden sind, wie es in Fig. 1 (und auch in Fig. 2) dargestellt ist, sollte diese Zeitverzögerung berücksichtigt werden, da diese Zeitverzögerung nicht nur durch die Laufzeit entlang des Glasfaserkabels 5, sondern auch durch die Verarbeitungszeit der zwischen der aussendenden Messeinheit und der Steuerung E_0 liegenden Messeinheiten beeinflusst wird.

[0043] Die Art und Weise, wie die Steuerung E_0 und die Messeinheiten in der Daisy-Chain-Technik miteinander verbunden sind, ist prinzipiell und mit mehr Details als in der Fig. 1 in der Fig. 2 dargestellt. Dabei sind aus darstellerischen Gründen nur drei Messeinheiten E_1 bis E_3 (anstelle der sechs Messeinheiten E_1 bis E_6 der Fig. 1) dargestellt.

[0044] Ein von der Steuerung E_0 ausgesendetes Datenpaket wird zum Zeitpunkt $TXFW_0$ an die erste Messeinheit E_1 gesendet und von der ersten Messeinheit E_1 zum Zeitpunkt $RXFW_1$ empfangen und zum Zeitpunkt $TXFW_1$ zur zweiten Messeinheit E_2 weiter gesendet, usw.. Auf dem Rückweg wird das Datenpaket zum Zeitpunkt $TXBW_3$ von der dritten Messeinheit E_3 an die zweite

Messeinheit E_2 gesendet, welche das Datenpaket zum Zeitpunkt $RXBW_2$ empfängt und zum Zeitpunkt $TXBW_2$ an die erste Messeinheit E_1 weiter sendet, usw..

[0045] Gemäß der vorab beschriebenen Gleichung (2) werden quasi die Verzögerungszeiten $\Delta t_{VZ, i, i+1}$ auf dem Weg von der Messeinheit, welche den Teilentladungspuls an ihrem Messpunkt erfasst hat, zu der Steuerung E_0 aufsummiert. Dabei beschreibt jede Verzögerungszeit $\Delta t_{VZ, i, i+1}$ die Zeitspanne, welche zur Übertragung der Information von der Messeinheit i zur benachbarten Messeinheit $i+1$ (oder umgekehrt von der Messeinheit $i+1$ zur benachbarten Messeinheit i) benötigt wird. Die Verzögerungszeit $\Delta t_{VZ, i, i+1}$ kann dabei gemäß der folgenden Gleichung (3) bestimmt werden.

$$\Delta t_{VZ, i, i+1} = \frac{(RXBW_i - RXFW_i)}{2} - \frac{(TXBW_{i+1} - TXFW_{i+1})}{2} \quad (3)$$

[0046] Der Zeitpunkt, zu welchem die Steuerung E_0 die Information erfasst, dass der Teilentladungspuls von der jeweiligen Messeinheit erfasst wurde, wird dann anhand der durch die Gleichung (2) berechnete Zeitverzögerung Δt korrigiert. Das heißt, der korrigierte Zeitpunkt wird anhand der Differenz aus dem an der Steuerung E_0 erfassten Zeitpunkt und der Zeitverzögerung Δt berechnet. Durch die Berücksichtigung der jeweiligen Zeitverzögerung können die Zeitpunkte an denen der jeweilige Teilentladungspuls an dem ersten Messpunkt (Messeinheit E_1) und an dem sechsten Messpunkt (Messeinheit E_6) sowie an dem vierten Messpunkt (Messeinheit E_4) und dem fünften Messpunkt (Messeinheit E_5) (siehe Fig. 1) sehr genau bestimmt werden, wodurch schließlich der Abstand l_f der Fehlerstelle von dem vierten Messpunkt (Messeinheit E_4) mit einer sehr hohen Genauigkeit bestimmt werden kann.

BEZUGSZEICHENLISTE

1	Hochspannungskabel
2	Verbindungsstück
3	Messkabel
4	Kabelabschluss
5	Glasfaserkabel
6	Fehlerstelle
E ₀	Einheit bzw. Steuerung
E ₁ - E ₆	Einheit bzw. Messeinheit
l	Länge eines Abschnitts des Hochspannungskabels
l _f	Abstand zwischen Messpunkt und Fehlerstelle
RXBW _y	Empfänger in Rückwärtsrichtung („Receiver Backward“) bei Einheit y
RXFW _y	Empfänger in Vorwärtsrichtung („Receiver Forward“) bei Einheit y
TXBW _y	Sender in Rückwärtsrichtung („Transmitter Backward“) bei Einheit y
TXFW _y	Sender in Vorwärtsrichtung („Transmitter Forward“) bei Einheit y

Patentansprüche

1. Verfahren zur Lokalisierung einer Fehlerstelle (6) in einem Energieübertragungskabel (1), welches folgende Schritte umfasst:
Erfassen eines ersten Zeitpunkts, zu welchem ein bestimmter Teilentladungspuls in dem Energieübertragungskabel (1) an einem ersten Messpunkt (E_1), welcher an einem Ende des Energieübertragungskabels (1) angeordnet ist, erfasst wird,
Erfassen eines zweiten Zeitpunkts, zu welchem der bestimmte Teilentladungspuls in dem Energieübertragungskabel (1) an einem zweiten Messpunkt (E_6), welcher an dem anderen Ende des Energieübertragungskabels (1) angeordnet ist, erfasst wird,
Bestimmen einer Fehlerstelle (6) entlang des Energieübertragungskabels (1), an welcher der bestimmte Teilentladungspuls erzeugt wurde, abhängig von dem ersten und dem zweiten Zeitpunkt,
Bestimmen eines dritten und eines vierten Messpunkts aus einer Menge von in dem Energieübertragungskabel angeordneten Messpunkten (E_1 - E_6) derart, dass der dritte und der vierte Messpunkt einen Abschnitt des Energieübertragungskabels (1) begrenzen, in welchem die Fehlerstelle (6) liegt und sich kein weiterer der Messpunkte befindet,
Erfassen eines dritten Zeitpunkts, zu welchem ein weiterer bestimmter Teilentladungspuls in dem Energieübertragungskabel (1) an dem dritten Messpunkt erfasst wird,
Erfassen eines vierten Zeitpunkts, zu welchem der weitere bestimmte Teilentladungspuls an dem vierten Messpunkt erfasst wird, und
Korrigieren der bestimmten Fehlerstelle (6) abhängig von dem dritten und dem vierten Zeitpunkt.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Fehlerstelle (6) als Abstand l_f von dem dritten Messpunkt anhand der folgenden Gleichung bestimmt wird
$$l_f = \frac{v_{PD}}{2} (t_3 - t_4) + \frac{l}{2},$$
wobei t_3 dem dritten Zeitpunkt, t_4 dem vierten Zeitpunkt, v_{PD} der Ausbreitungsgeschwindigkeit des Teilentladungspulses auf dem Energieübertragungskabel (1) und l der Länge des Abschnitts entspricht.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass der weitere bestimmte Teilentladungspuls dem bestimmten Teilentladungspuls entspricht, so dass zu dem ersten, zweiten, dritten und vierten Zeitpunkt jeweils derselbe Teilentladungspuls an dem jeweiligen Messpunkt erfasst wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass der erste Zeitpunkt, der zweite Zeitpunkt, der dritte Zeitpunkt und der vierte Zeitpunkt jeweils einem entsprechenden Zeitpunkt entsprechen, zu welchem eine Information über den entsprechenden Teilentladungspuls von Steuermitteln (E_0) erfasst wird, und dass das Verfahren zusätzlich umfasst:
Bestimmen einer jeweiligen Zeitverzögerung, welche sich durch eine Übertragung der jeweiligen Information von dem entsprechenden Messpunkt (E_1 - E_6) zu den Steuermitteln (E_0) ergibt, und
Korrigieren des jeweiligen Zeitpunktes um die entsprechende Zeitverzögerung.
5. Verfahren zur Überprüfung eines Energieübertragungsnetzes (1), welches folgende Schritte umfasst:
Erfassen eines Ereignisses an einem Messpunkt (E_1 - E_6),
Übertragen einer Information über das Ereignis von dem Messpunkt (E_1 - E_6) an Steuermittel (E_0),
Erfassen eines Zeitpunktes, zu welchem die Information über das Ereignis von den Steuermitteln (E_0) erfasst wird,

Bestimmen einer Zeitverzögerung, welche sich durch eine Übertragung der Information von dem Messpunkt (E_1 - E_6) zu den Steuermitteln (E_0) ergibt,
Korrigieren des Zeitpunktes um die Zeitverzögerung, und
Überprüfen des Energieübertragungsnetzes (1) abhängig von dem Ereignis und dem korrigierten Zeitpunkt.

6. Verfahren nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Information über das Ereignis von dem Messpunkt über mindestens einen weiteren Messpunkt zu den Steuermitteln (E_0) übertragen wird,
dass der Messpunkt, der mindestens eine weitere Messpunkt und die Steuermittel (E_0) über Leitungen (5) miteinander verbunden sind, über welche die Information übertragen wird, und
dass die Bestimmung der Zeitverzögerung eine Bestimmung einer Laufzeit der Leitungen (5) und einer Verarbeitungszeit des mindestens einen Messpunkts, um die Information an dem jeweiligen Messpunkt zu erfassen und weiterzuleiten, umfasst.
7. Verfahren nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Messpunkt, der mindestens eine weitere Messpunkt und die Steuermittel (E_0) Einheiten entsprechen, welche mittels der Leitungen (5) in einer Daisy-Chain-Technik verbunden sind,
dass die Zeitverzögerung Δt durch folgende Gleichung berechnet wird

$$\Delta t = \sum_{i=0}^x \frac{(RXBW_i - RXFW_i)}{2} - \frac{(TXBW_{i-1} - TXFW_{i+1})}{2},$$
wobei $RXBW_j$ dem Zeitpunkt entspricht, zu dem ein bestimmtes Datenpaket an der j-ten Einheit in einer Rückwärtsrichtung empfangen wird, wobei $RXFW_j$ dem Zeitpunkt entspricht, zu dem das bestimmte Datenpaket an der j-ten Einheit in einer Vorwärtsrichtung empfangen wird, wobei $TXBW_j$ dem Zeitpunkt entspricht, zu dem das bestimmte Datenpaket an der j-ten Einheit in der Rückwärtsrichtung gesendet wird, wobei $TXFW_j$ dem Zeitpunkt entspricht, zu dem das bestimmte Datenpaket an der j-ten Einheit in der Vorwärtsrichtung gesendet wird, wobei x der Anzahl des mindestens einen weiteren Messpunkts entspricht, und
wobei die Steuermittel (E_0) der 0-ten Einheit und der Messpunkt der ,x+1'-ten Einheit (E_1 - E_6) entsprechen.
8. System zur Lokalisierung einer Fehlerstelle (6) in einem Energieübertragungskabel (1),
wobei das System Steuermittel (E_0) und mehrere Messeinheiten (E_1 - E_6) umfasst,
wobei eine erste der Messeinheiten (E_1) mit einem ersten Messpunkt (4) an einem Ende des Energieübertragungskabels (1) und eine zweite der Messeinheiten (E_6) mit einem zweiten Messpunkt (4) an dem anderen Ende des Energieübertragungskabels (1) verbunden ist,
wobei die Messeinheiten (E_1 - E_6) ausgestaltet sind, um jeweils einen Teilentladungspuls an dem mit der jeweiligen Messeinheit verbundenen Messpunkt (2; 4) in dem Energieübertragungskabel (1) zu erfassen, wobei das System ausgestaltet ist,
um mittels der ersten Messeinheit (E_1) einen ersten Zeitpunkt zu erfassen, zu welchem ein bestimmter Teilentladungspuls an dem ersten Messpunkt (4) von der ersten Messeinheit (E_1) erfasst wird,
um mittels der zweiten Messeinheit (E_6) einen zweiten Zeitpunkt zu erfassen, zu welchem der bestimmte Teilentladungspuls an dem zweiten Messpunkt (4) von der zweiten Messeinheit (E_6) erfasst wird,
um mittels der Steuermittel (E_0) abhängig von dem ersten und dem zweiten Zeitpunkt eine Fehlerstelle (6) entlang des Energieübertragungskabels (1) zu bestimmen, an welcher der bestimmte Teilentladungspuls erzeugt wurde,
um mittels der Steuermittel (E_0) einen dritten Messpunkt und einen vierten Messpunkt derart zu bestimmen, dass der dritte und der vierte Messpunkt einen Abschnitt des Energieübertragungskabels (1) begrenzen, in welchem die Fehlerstelle (6) liegt und sich kein weiterer Messpunkt (2) befindet, welcher mit einer der Messeinheiten (E_1 - E_6) verbindbar ist,
um mittels einer dritten der Messeinheiten, welche mit dem dritten Messpunkt verbunden ist, einen dritten Zeitpunkt zu erfassen, zu welchem ein weiterer bestimmter Teilentladungspuls

an dem dritten Messpunkt von der dritten Messeinheit erfasst wird,
um mittels einer vierten der Messeinheiten, welche mit dem vierten Messpunkt verbunden ist, einen vierten Zeitpunkt zu erfassen, zu welchem der weitere bestimmte Teilentladungspuls an dem vierten Messpunkt von der vierten Messeinheit erfasst wird, und
um mittels der Steuermittel (E_0) abhängig von dem dritten und dem vierten Zeitpunkt die bestimmte Fehlerstelle (6) zu korrigieren.

9. System nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**,
dass System zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1-4 ausgestaltet ist.
10. System zur Überprüfung eines Energieübertragungsnetzes (1),
wobei das System Steuermittel (E_0) und mehrere Messeinheiten (E_1 - E_6) umfasst,
wobei jede Messeinheit (E_1 - E_6), welche mit einem jeweiligen Messpunkt (2; 4) in dem Energieübertragungsnetz (1) verbunden ist, ausgestaltet ist, um ein Ereignis an dem jeweiligen Messpunkt (2; 4) zu erfassen und um eine Information über das Ereignis an die Steuermittel (E_0) zu übertragen,
wobei die Steuermittel (E_0) ausgestaltet sind, um einen Zeitpunkt zu erfassen, zu welchem die Information über das Ereignis von den Steuermitteln (E_0) erfasst wird,
wobei das System ausgestaltet ist, um eine Zeitverzögerung zu bestimmen, welche sich durch eine Übertragung der Information von der das Ereignis erfassenden Messeinheit zu den Steuermitteln (E_0) ergibt, wobei die Steuermittel (E_0) ausgestaltet sind, um den Zeitpunkt um die Zeitverzögerung zu korrigieren und um das Energieübertragungsnetz (1) abhängig von dem Ereignis und dem korrigierten Zeitpunkt zu überprüfen.
11. System nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass System zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 5-7 ausgestaltet ist.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

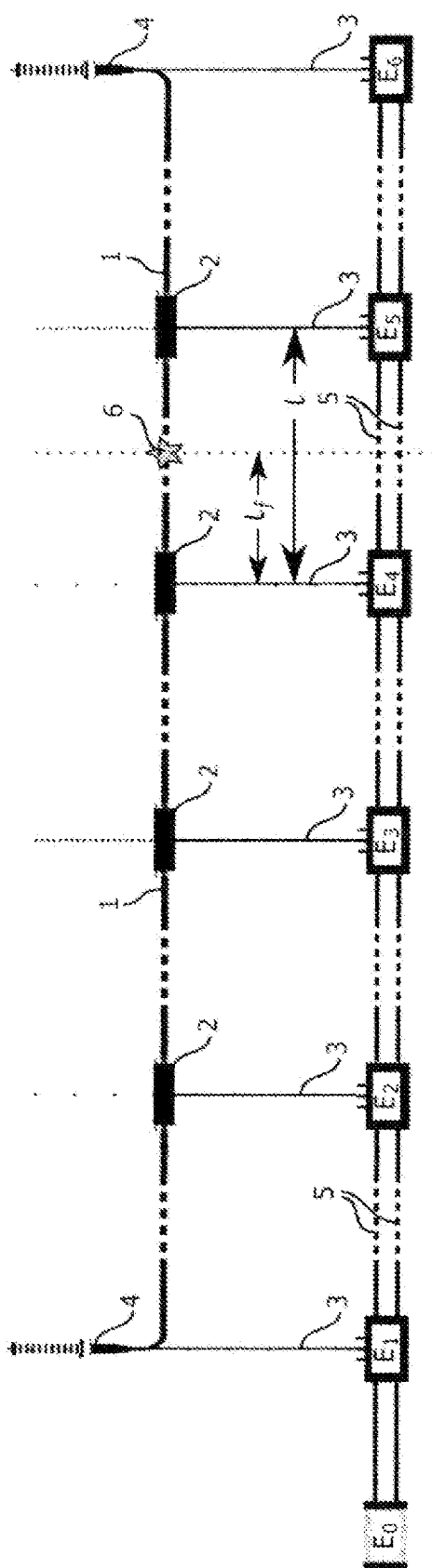


Fig. 1

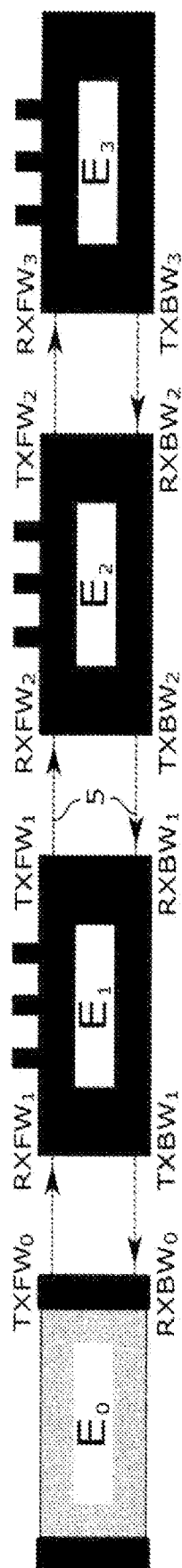


Fig. 2