



SCHWEIZERISCHE Eidgenossenschaft
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 709 416 A2

(51) Int. Cl.: G01R 21/08 (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 00478/14

(71) Anmelder:
phi-sens gmbh, Industriestrasse 21
5200 Brugg (CH)

(22) Anmeldedatum: 28.03.2014

(72) Erfinder:
Thomas Ingold, 5600 Lenzburg (CH)
Thomas Marti, 4310 Rheinfelden (CH)
Felix H. Wullschleger, 5018 Erlinsbach (CH)

(43) Anmeldung veröffentlicht: 30.09.2015

(74) Vertreter:
Felber & Partner AG Patentanwälte, Dufourstrasse 116
Postfach
8034 Zürich (CH)

(54) Verfahren und Vorrichtung für die permanente Strommessung in den Kabel-Verteilkabinen der 230V/400V-Netzebene.

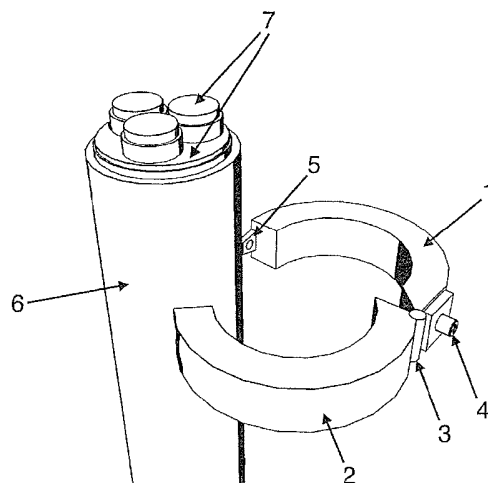
(57) Das erfindungsgemässe Verfahren dient zum permanenten, berührungslosen Messen von Stromstärken an einer Einzelleiter- oder Mehrleiter-Ummantlung (6), indem

a) um die Ummantlung (6) eine Manschette angelegt wird, sodass sie die Ummantlung (6) mit ihren inliegenden Leitern (7) ringförmig umschliesst, und in welcher Manschette um ihren Umfang verteilt mehrere Magnetfeldsensoren angeordnet und ausgerichtet sind,

b) die aufgrund des in den umschlossenen isolierten Leitern (7) fliessenden Stromes erzeugten Magnetfelder durch die Magnetfeldsensoren vermessen und als elektronische Daten erfasst werden,

c) mittels empirisch zuvor ermittelten Algorithmen zur Relation zwischen den Stromstärken in den einzelnen Leitern (7) und den dadurch erzeugten Magnetfeldern die effektiv fliessenden Stromstärken in den einzelnen Leitern (7) errechnet werden, als Datengrundlage für die Bewirtschaftung von Stromverteilungsnetzen und Weiterleitung an einen Server.

Eine erfindungsgemässe Vorrichtung zur Umsetzung des Verfahrens schliesst eine um eine Einzelleiter- oder Mehrleiter-Ummantlung (6) befestigbare Manschette ein, in der über ihren Umfang verteilt mehrere Magnetfeldsensoren angeordnet sind.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren für eine permanente indirekte Strommessung an den Verteilkkabinen der 230 V/400 V Netzebene, um Daten über die dort zu- oder wegfließenden Ströme erfassen zu können, sowie die gewonnenen Daten für die Netzsteuerung so einsetzen zu können, dass die Netze stabiler und homogener betrieben werden können. Die Erfindung betrifft auch eine spezielle Vorrichtung für die indirekte Strommessung, um dieses Verfahren umsetzen zu können.

[0002] Die kommunikative Vernetzung sämtlicher Beteiligter auf dem Strommarkt zu einem Gesamtsystem mit übergeordnetem Netzmanagement wird als smart grid («intelligentes Stromnetz») bezeichnet. Dabei werden sämtliche Daten von Stromerzeugern, Speicheranlagen, Netzbetreibern und Verbrauchern in Realzeit gemessen, ausgewertet, überwacht und verwaltet, mit dem Ziel, die Stromerzeugung und die Netzbelastung durch geschickte Steuerung von Kraft- und Speicherwerken möglichst homogen zu halten.

[0003] Mittlerweile kommt es immer häufiger vor, dass dezentrale Stromerzeugungsanlagen an das Übertragungs- und Verteilungsnetz angeschlossen werden. Dabei handelt es sich zumeist um kleinere Energielieferanten, welche ihren Strom aus fossilen Brennstoffen oder aus erneuerbaren Quellen wie beispielsweise durch Photovoltaik, Solarthermik, Windkraft oder sonstigen Verfahren erzeugen. Solche Anlagen speisen den erzeugten Strom meist direkt in die unteren Spannungsebenen ein, vorwiegend ins Niederspannungsnetz, was eine immer komplexere Struktur des zugrunde liegenden Systembetriebs erfordert, damit die Netzstabilität weiterhin gewährleistet ist.

[0004] Für die smart grids relevant sind insbesondere Zustandsinformationen und Lastflussdaten von Erzeugungsanlagen, Verbrauchern und Transformatorstationen. Um die relevanten Daten in das Kommunikationsnetz von Seiten der Endverbraucher einzuspeisen, kommen bislang sogenannte smart meters («intelligente Zähler») zum Einsatz. Letztere messen den effektiven Stromverbrauch sowie die Nutzungszeit der Endverbraucher und leiten die Informationen über die eingebaute Fernkommunikation an die verantwortlichen Energieversorgungsunternehmen weiter.

[0005] Das smart metering Verfahren findet Anwendung seit den 1990er Jahren. Während früher nur bei Grossverbrauchern solche intelligenten Stromzähler eingebaut wurden, kommen sie seit einigen Jahren zunehmend auch in Personenhaushalten zum Einsatz. Es gibt bereits zahlreiche Länder, welche den Einsatz von intelligenten Zählern im Rahmen der Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit gesetzlich verordnen, namentlich in der Europäischen Union. Aber auch die USA, Kanada, die Türkei, Australien und Neuseeland haben den Einsatz von smart meters in grösserem Umfang entweder schon umgesetzt oder zumindest beschlossen. Der Trend hin zur Erfassung von Stromverbraucherdaten ist klar erkennbar.

[0006] Ein Nachteil der smart metering Methode ist ihre Unrentabilität. Zwar wird auf gesetzlicher Ebene betont, dass der Einsatz von Stromzählern angesichts der potentiellen Stromeinsparung verhältnismässig sein soll. De facto ergeben die Studien, dass sich die intelligente Stromzähl-Methode gemessen an wirtschaftlichen Kriterien bei weitem nicht lohnt. Vorliegende Zahlen geben 20- bis 30fach höhere Betriebskosten an als die von den Energieversorgern geschätzten Geldbeträge an potentieller Stromeinsparung.

[0007] Die Installation eines smart meters erfordert den Einlass eines Installateurs in Firmen- oder private Räumlichkeiten, und nach der Installation muss der intelligente Zähler regelmässig gewartet werden, damit seine Zuverlässigkeit auch garantiert ist. Neben den reinen Kosten des Wartungsbetriebs bei einem flächendeckenden Einsatz der intelligenten Zähler ist auch der Bedarf an Personal und Zeit für die Wartung nicht zu unterschätzen. Insbesondere wenn in Zukunft jeder Einzelhaushalt mit einem solchen Stromzähler ausgerüstet sein soll, bedeutet dies einen enormen Personalaufwand seitens der Betreiberunternehmen und somit eine ineffiziente Bewirtschaftung.

[0008] Der Umgang mit smart metering ist auch unter weiteren Gesichtspunkten kritisch. Insbesondere kann ein Datenmissbrauch nicht ausgeschlossen werden, wenn sensitive Daten von Tausenden von Einzelhaushalten an einen zentralen Server übermittelt werden. Durch die Verbraucherprofile lassen sich ziemlich genaue Rückschlüsse auf die Lebensgewohnheiten der Kunden ziehen. Dies geht soweit, dass selbst ein konsumiertes Fernsehprogramm aufgrund seiner spezifischen Variation im Stromverbrauch rekonstruiert werden kann. Es gibt zahlreiche Problematiken, die mit einer Digitalisierung solch sensibler Daten auftreten können, auch rückwirkend. Insofern erscheint die Angst, wonach smart metering die Entwicklung einer Gesellschaft aus 'gläsernen' Bürgern begünstigt, durchaus berechtigt.

[0009] Eine der grösseren Herausforderungen der Zustandsdatenerfassung im Verteilnetz entsteht aufgrund der in Abschnitt [0003] erwähnten dezentralen Stromerzeugungsanlagen, die einen vermehrt polydirektionalen Lastfluss hervorrufen. Diesen zu erfassen, zu überwachen und womöglich zu regulieren ist eine nichttriviale Aufgabe, die von den smart meters ohne flächendeckenden Rollout unmöglich bewältigt werden kann. Somit ist das heute bereitgestellte Datenmaterial für die Netzplanung, Netzanalyse, den Netzbetrieb und das Netzmanagement auf der Ebene der Verteilnetze unzulänglich. Auf der tiefsten Netzebene, dem lokalen Verteilnetz, stehen zum Beispiel in der Schweiz erst gar keine entsprechenden Daten zur Verfügung. Die an den Hausanschlüssen angebrachten smart meters beziehen sich auf den individuellen Stromverbraucher und machen ein Netzmanagement zum jetzigen Zeitpunkt nur sehr begrenzt möglich. Bis ein flächendeckender Einsatz von smart meters zum Einsatz kommt, wird noch einige Zeit vergehen.

[0010] In der Schweiz als Beispiel werden die verschiedenen Netzebenen wie folgt definiert:

- a. Netzebene 1 (NE 1) – Höchstspannungsebene: ≥ 220 kV
- b. Netzebene 2, 4 und 6 (NE 2, 4 und 6) – Transformierungsebenen

- c. Netzebene 3 (NE 3) – Hochspannungsebene: > 36 kV und < 220 kV
- d. Netzebene 5 (NE 5) – Mittelspannungsebene: > 1 kV und ≤ 36 kV
- e. Netzebene 7 (NE 7) – Niederspannungsebene: 1 kV und tiefer

[0011] Niederspannungsnetze zur Feinverteilung der Energie umfassen gewöhnlich mehrere Kabelstränge, welche von Kabelverteilkabinen ausgehend Einzel- und Mehrfamilienhäuser, typischerweise Häusergruppen, als Anschlussnutzer in der näheren Umgebung versorgen.

[0012] Angesichts der erwähnten Problematiken stellt sich die Frage, ob die smart meter Methode tatsächlich die richtige ist für eine Datenerfassung zur Überwachung, Fehleranalyse und Optimierung des Netzmanagements und der Netzplanung im Niederspannungsbereich, namentlich für die Netzebene NE 7, oder ob sie sich darauf beschränken sollte, ein Kommunikationstool zwischen Endkonsument und entsprechendem Produzent für Abrechnung und Kostenoptimierung zu sein.

[0013] Für die einfache Strommessung im Bereich der Verteilkabinen (NE 7) besteht bislang die einzige Möglichkeit in der Verwendung sogenannter Zangenstrommesser. Diese messen die elektrische Stromstärke auf indirekte Weise, ohne dass der Stromkreis aufgetrennt werden muss. Hierzu wird der Zangenstrommesser manuell um den Leiter oder die Stromschiene angelegt. Bei sogenannten Allstrom-Zangen-Amperemeter ist ein Magnetfeldsensor in einen Luftspalt des Zangen-Kernteils eingebaut. Dieser Sensor misst die magnetische Wirkung des Leiterstroms. Die schwachen Signale werden nach Verstärkung abgegriffen und auf dem Messwertdisplay des Strommessgeräts angezeigt.

[0014] Solche Stromzangen sind allerdings auf Messungen an Einzelleitern beschränkt. Bei mehradrigen Leitern, wie diese in den Verteilkabinen üblich sind, und bei denen es mindestens einen Hin- und Rückleiter gibt, kompensieren sich die entgegengesetzt gerichteten Magnetfelder zumeist, woraus ein Nettostromfluss von Null resultiert. Bei der Wartung im typischen Fall von Netzkabeln der Schutzklasse I (dreiadrige Kabel) muss für eine Stromstärkenmessung der Kabelmantel abisoliert werden, damit jede einzelne Ader zugänglich gemacht werden kann, was mit entsprechendem Aufwand verbunden ist.

[0015] Die in den Abschnitten [0013] und [0014] erwähnten Zangenstrommesser bzw. Stromzangen werden bisher fast ausschliesslich für Wartungszwecke genutzt. Hierzu sind sie nur kurz im Einsatz, bis die nötigen Daten ermittelt worden sind. Danach werden die Zangen vom betreffenden Stromleiter gelöst und bis zum nächsten Gebrauch versorgt. Eine Messvorrichtung für dauerhaftes Messen in Form solcher Zangen existiert bis dato nicht. Die Herausforderung für eine solche Messvorrichtung ist u.a. eine praktikable Anordnung in der Verteilkabine. Die Platzverhältnisse in den Kabinen sind bescheiden und es fehlen auch Anschlussmöglichkeiten an elektronische Geräte zur Weiterverarbeitung der Messdaten.

[0016] Die Aufgabe dieser Erfindung ist es deshalb, ein Verfahren zum berührungslosen und permanenten Messen von Stromstärken in ummantelten Leitern zu schaffen, wobei die Ummantelung einen oder mehrere isolierte Leiter einschliessen kann. Ziel des Verfahrens ist es, damit ein sensorbasiertes Planungsinstrument zu schaffen, das die untersten Spannungsnetzebenen, NE 6 und NE 7, abdeckt und hierfür die zur Netzanalyse und zum effizienten Netzbetrieb und dazu im Besonderen die zur Überwachung und Fehleranalyse erforderlichen Daten für den Netzbetreiber zur Verfügung stellt, um die Netze stabiler und homogener betreiben zu können und damit die Versorgungssicherheit für Anschlussnutzer zu erhöhen.

[0017] Hierzu ist es des Weiteren eine Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens zu schaffen, nämlich eine Vorrichtung zum permanenten berührungslosen Messen von Stromstärken in ummantelten Leitern, wobei die Ummantelung einen oder mehrere isolierte Leiter einschliessen kann. Die einzelnen Leiter können dabei im ummantelten Leiterkabel auch verdreht und verdreht und oder wie für Aussenleiter typisch konzentrisch angeordnet sein. Die Vorrichtung soll einfach aufgebaut und leicht montierbar sein. Sie soll es ermöglichen, ohne die auszumessenden Kabelstränge für die Messung abhängen zu müssen, hinreichend genaue Daten zu liefern, um anhand des Mess-Verfahrens die ermittelten Stromstärken und weitere relevante technische Parameter angeben zu können. Diese Datenbeschaffung soll durch besagte Vorrichtung und das mit ihr betriebene Verfahren permanent, effizient und mit möglichst geringem Aufwand vonstattengehen. Zudem soll der einfache Bau der Vorrichtung es ermöglichen, sie zu erschwinglichen Preisen anbieten zu können.

[0018] Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zum permanenten, berührungslosen Messen von Stromstärken in ummantelten Leitern, wobei die Ummantelung einen oder mehrere isolierte Leiter einschliesst, und sich das Verfahren dadurch auszeichnet, dass

- a) um die Ummantelung eine Manschette angelegt wird, sodass sie die Ummantelung mit ihren inliegenden Leitern ringförmig umschliesst, und in welcher Manschette um ihren Umfang verteilt mehrere Magnetfeldsensoren angeordnet und ausgerichtet sind,
- b) die aufgrund des in den umschlossenen, isolierten Leitern fließenden Stromes erzeugten Magnetfelder durch die Magnetfeldsensoren vermessen und als elektronische Daten erfasst werden,
- c) mittels empirisch zuvor ermittelten Algorithmen zur Relation zwischen den Stromstärken in den einzelnen Leitern und den dadurch erzeugten Magnetfeldern die effektiv fließenden Stromstärken in den einzelnen Leitern

errechnet werden, als Datengrundlage für die Bewirtschaftung von Stromverteilungsnetzen und Weiterleitung an einen Server.

[0019] Die Aufgabe wird des Weiteren gelöst durch eine Vorrichtung zum permanenten, berührungslosen Messen von Stromstärken in ummantelten Leitern, wobei die Ummantelung einen einzelnen oder mehrere isolierte Leiter einschliesst, und sich die Vorrichtung dadurch auszeichnet, dass sie als öffnensfähige Manschette ausgebildet ist, mit welcher die Ummantelung umschliessbar ist, und in welcher Manschette über ihren Umfang verteilt mehrere Magnetfeldsensoren angeordnet sind.

[0020] Anhand der Zeichnungen wird diese Vorrichtung näher beschrieben und ihre Funktion, ihr Gebrauch und das mit ihr durchführbare Verfahren werden erläutert.

[0021] Es zeigt:

- Fig. 1: Die Vorrichtung in Form einer als Sensor wirkenden Manschette beim Anlegen um eine Ummantelung mit drei Stromleitern im Innern und konzentrischem Aussenleiter;
- Fig. 2: Die Vorrichtung in Form einer als Sensor wirkenden Manschette gesondert dargestellt, leicht geöffnet, mit einem für das bessere Verständnis transparenten Blick auf die darin angeordneten Magnetfeldsensoren;
- Fig. 3: Drei zu vermessende Stromleiter im Querschnitt dargestellt, umgeben von kreisförmig angeordneten, schematisch dargestellten Magnetfeldsensoren;
- Fig. 4: Vier Messbilder zu jeweils drei Stromleitern, mit Vorrichtungen erzeugt, in denen die Magnetfeldsensoren unterschiedlich angeordnet sind;
- Fig. 5: Die Vorrichtung in Form einer als Sensor wirkenden Manschette um eine Ummantelung angelegt, im Einsatz;
- Fig. 6: Eine Verteilkabine mit geöffneter Tür und einem vergrösserten Ausschnitt der Kabel-Eingänge in die Verteilkabine, mit einer an einer einzelnen Ummantelung angelegten Manschette.

[0022] Die Fig. 1 zeigt die Vorrichtung in Form einer als Sensor wirkenden Manschette. Sie besteht aus einer ringförmigen, öffnensfähigen Manschette, mit welcher eine Ummantelung 6 umschliessbar ist, welche einen oder mehrere Leiter 7 enthält. In dieser Figur enthält die Ummantelung 6 sowohl drei Phasenleiter als auch einen konzentrischen Aussenleiter. Die Ummantelung 6 kann dabei eine Abschirmung in Form eines Kupfergeflechtes einschliessen. Die hier gezeigte ringförmige Manschette besteht aus zwei Halbschalen 1,2 als Gabelfinger, die an der Gabelwurzel durch ein Scharnier 3 mit elektrischem Anschluss 4 verbunden sind. Auf der gegenüberliegenden Seite des Scharniers 3 ist ein Manschettenverschluss 5 angeordnet, der beim Schliessen der beiden Halbschalen 1,2 lösbar einrastet. Für die Montage wird die Manschette im geöffneten Zustand wie gezeigt um eine Ummantelung 6 angelegt. Die beiden Gabelfinger werden dabei gespreizt. Wenn diese Gabelfinger die Endposition erreicht haben, umfassen sie die Ummantelung 6 um ihren gesamten Umfang so, dass die Manschette sicher an der Ummantelung 6 gehalten ist, indem die beiden Halbschalen 1,2 entlang der Umfanglinie der Ummantelung 6 zu liegen kommen. Anstelle von zwei Halbschalen 1,2 kann eine solche Messvorrichtung bzw. Manschette auch aus einem einzigen, elastischen, an einer Stelle unterteilten Stück bestehen oder aber aus mehr als zwei gegeneinander bewegbaren Manschettenanteilen, welche im geschlossenen Zustand die Ummantelung 6 umfassen und dafür zusammensteckbar sind. Sobald der Manschettenverschluss 5 eingerastet ist, kann die Vorrichtung selbstständig und dauerhaft die Stromflüsse der einzelnen Leiter 7 im Innern der Ummantelung 6 messen. Die Daten aus der Messung werden über den Anschluss 4 an der Manschette einem Rechnersystem (Mikrocontroller) zugeführt, welcher die Auswertung vornimmt und daraus die Ströme in den einzelnen Leitern berechnet. Dieses Rechnersystem ist durch eine intelligente Kommunikationseinrichtung an ein Kommunikationsnetz gekoppelt, wodurch die Daten in den zentralen Server eines Netzbetreiberunternehmens eingelesen werden.

[0023] Um die Funktionsweise der Strommessung für diese Vorrichtung zu verstehen, wird in Fig. 2 die Ring-Manschette mit teilweiser Innenansicht dargestellt. Ersichtlich sind die einzelnen Magnetfeldsensoren 8, deren jeweilige Mittelachsen entlang einer zwischen dem inneren und äusseren Gabelzangenrand mittig verlaufenden Kreislinie angeordnet sind. Dabei handelt es sich um eindimensionale Feldsensoren in Form von Platten oder Plättchen, welche in üblichen Strommessungsverfahren eingesetzt werden. Sie weisen daher eine Front- und eine etwas kleinere Rückplatte auf. Im Folgenden wird für ihre Ausrichtung stets auf die Frontplatte Bezug genommen. Diese Magnetfeldsensoren 8 nehmen in der vorliegenden abgebildeten Anordnung wechselweise eine von zwei verschiedenen Ausrichtungen orthogonal zueinander ein, wobei ihre Plattenebenen mit der Umfangsline jeweils einen spitzen Winkel einschliessen. Bei den Magnetfeldsensoren handelt es sich um Sensoren, die ein Magnetfeld auf beliebige Art und Weise vermessen können. Als Beispiel sind Hall-Sensoren oder magnetoresistive Sensoren zu nennen.

[0024] Die Fig.3 veranschaulicht in schematischer Darstellung anhand einer Querschnittsansicht eine weitere wechselweise Anordnung von Magnetsensoren 8, wobei die sie umgebende Ring-Manschette in dieser Ansicht ausgeblendet ist. Die drei Leiter 7 in der Mitte sind von 16 Sensoren 8 umgeben, dargestellt als Polygone, deren Frontplatten wechselweise

einmal radial zum Zentrum der Manschette und einmal orthogonal dazu ausgerichtet sind. Die schwarzen Pfeile deuten in die jeweiligen Richtungen, in der die eindimensionalen Sensoren 8 das Magnetfeld hauptsächlich detektieren. Diese richtungskomplementären Daten liefern in ihrer Gesamtheit eine Bestandsaufnahme der Magnetfelder über den gesamten Kabelquerschnitt. Entsprechend kann bei zweidimensionalen Feldsensoren, die in zwei Richtungen sensitiv sind, auf eine wechselweise Ausrichtung verzichtet werden.

[0025] In Fig. 4 sind verschiedene Datenbilder dargestellt, erzeugt mit verschiedenen Ausführungsmöglichkeiten der Messvorrichtung für ein und dieselbe Kabelkonfiguration. Dort, wo die Magnetfeldlinien dicht nebeneinander stehen, sind schwarze Bereiche zu erkennen, entsprechend den gemessenen Werten für die Magnetfeldstärken. Es ist hier zu beachten, dass zu den einen jeweils intensiv eingefärbten Flächen um die Sensoren 8, welche positive Werte für die gemessenen Magnetfelder repräsentieren, Komplementärflächen gehören, die hier ebenso schwarz eingefärbt sind, jedoch entsprechend negative Werte für die Magnetfelder repräsentieren. Negative Werte sind so zu interpretieren, dass die jeweiligen Stellen für die Messung nicht relevant sind. Nur die Bereiche mit positiven Messwerten (tatsächliche Stromflüsse) werden in der Rechnung erfasst. In der Figur oben rechts zum Beispiel ist die Antennencharakteristik bei einem für diese Leiterkonfiguration optimalen Setup mit 16 eindimensionalen, wechselweise mit einem positiven und negativen 45°-Winkel zur Radialen ausgerichteten Magnetfeldsensoren 8 zu erkennen. Auf eine über die Abbildung gelegte Kompassrose bezogen weisen die schwarzen Bereiche zwischen 260° und 015° positive Magnetfeldwerte auf, während im übrigen Kompassbereich die schwarzen Bereiche durchwegs negative Magnetfeldwerte repräsentieren. In einem farbigen Bild können die Plus/Minus-Werte mit unterschiedlichen Farben unterscheidbar gemacht werden. Ein sehr ähnliches Bild, nämlich jenes oben links, ergibt sich, wenn stattdessen nur halb so viele, also 8 Sensoren in doppelt so grossen Abständen angeordnet sind, die aber je ein Kreuzprofil bilden und deshalb in zwei Dimensionen detektieren können. Entsprechend kann das Messbild eines Setups mit wechselweise orthogonal zueinander ausgerichteten Sensoren an N Positionen stets mit demjenigen Messbild eines Setups mit zweidimensionalen Sensoren an N/2 Positionen verglichen werden kann. Als weiterer Vergleich sind die Messwtergebnisse für zwei leicht veränderte Sensoranordnungen in den Abbildungen links und rechts unten dargestellt. Im Fall von 16 eindimensionalen Sensoren mit komplett radialer Ausrichtung einer Senkrechten auf den Sensorfrontplatten ergibt sich das Messbild links unten und im Fall einer tangentialen Ausrichtung der Senkrechten auf den Sensorfrontplatten ergibt sich das Messbild rechts unten.

[0026] Die optimale Anordnung der Magnetfeldsensoren 8 innerhalb der Manscheten-Halbschalen 1,2 ist abhängig von der jeweiligen Lage der Leiter 7 innerhalb der Ummantelung 6. Somit sind verschiedene Anordnungen der Sensoren 8 mit Ausrichtungen in beliebigen Richtungen möglich. Die Sensoren 8 können in ihren Ausrichtungen entlang beliebiger Achsen verstellbar sein. Bei bekannter Position der Stromleiter 7, beispielsweise bei geführten Leiterschienen, kann daher mit einer fixen Anordnung von Sensoren 8 gemessen werden. Bei supponierter Lage der Leiter 7 kann die optimale Sensoranordnung empirisch aus den ermittelten Daten bestimmt werden. Die Anordnung der Magnetfeldsensoren 8 ist hierzu in zweierlei Weise verstellbar: Sowohl die Positionierung der Sensoren 8 entlang der Umfangslinie der Manscheten-Halbschalen 1,2 als auch der Winkel zwischen der Senkrechten auf die Sensorplatten und der Tangente an die Umfangslinie der Gabelfinger an der spezifischen Sensorposition ist verstellbar. Durch die unterschiedlichen Anordnungen und Ausrichtungen der Sensoren 8 werden verschiedene Messwerte erfasst und von einem Rechnersystem, welcher als Mikrocontroller wirken kann, schliesslich zu einem ganzheitlichen Bild zusammengefügt.

[0027] Eine mögliche Anordnung der Magnetfeldsensoren 8 auf der Umfangslinie der Manschette kann also so gewählt sein, dass für bestimmte Platten eine Senkrechte auf der jeweiligen Frontplatte radial zum Zentrum des von der Manschette gebildeten Ringes zeigt, und einige Magnetfeldsensoren auf einer Umfangslinie der Manschette so ausgerichtet sind, dass eine Senkrechte auf der Frontplatte mit der Umfangslinie der Manschette einen spitzen Winkel einschliesst.

[0028] In einer weiteren Variante kann die Anordnung so gewählt sein, dass die Platten der Magnetfeldsensoren 8 auf einer Umfangslinie der Manschette in Umfangsrichtung abwechselungsweise so angeordnet sind, dass eine Senkrechte auf der Frontplatte mit der Umfangslinie der Manschette gegen das Manschettencentrum hin einen spitzen Winkel einschliesst, und die Frontplatte des nächstfolgenden Magnetfeldsensors 8 auf der Umfangslinie der Manschette so ausgerichtet ist, dass eine Senkrechte auf der Frontplatte mit der Umfangslinie der Manschette von der Manschette weg gerichtet einen spitzen Winkel einschliesst, usw.

[0029] In jedem Fall werden die Daten aller Magnetfeldsensoren 8 einem Rechnersystem zugeführt, welches die Auswertung der Daten vornimmt und daraus die Ströme in den einzelnen Leitern 7 berechnet.

[0030] Die Fig. 5 zeigt die Vorrichtung mit ihren Magnetfeldsensoren 8 im Einsatz, gezeigt am Beispiel einer Ummantelung 6 mit vier Leitern 7 in ihrem Innern, nämlich drei Phasenleitern und einem konzentrischen Aussenleiter. Die drei Phasenleiter 7 sind einzeln sowie zusätzlich gegen den konzentrischen Aussenleiter isoliert. Die Strommessung in den jeweiligen Leitern 7 erfolgt durch die in den beiden Manscheten-Halbschalen 1,2 befindlichen Magnetfeldsensoren 8. Ist die Manschette einmal so angebracht worden, bedarf sie keiner Verschiebung mehr, es sei denn zu Wartungszwecken an der Manschette selbst. Die Magnetfeldstärken werden durch die Magnetfeldsensoren 8 permanent gemessen und an das Rechnersystem übertragen, das die relevanten Stromstärken in den einzelnen Leitern 7 ermittelt. Somit arbeitet dieser Stromsensor weitestgehend selbstständig.

[0031] Die Funktionsweise, nach welcher letztlich der Strom mit dieser Vorrichtung gemessen wird, folgt dem Ampereschen Durchflutungsgesetz: Wenn durch einen Leiter ein Strom fliesst, verursacht dies ein Magnetfeld, welches

in eindeutiger Weise mit dem Strom im Leiter korreliert. Misst man bei mehreren Leitern das resultierende Magnetfeld an genügend vielen Positionen, so lassen sich die dafür notwendigen Ströme und Positionen der Leiter eindeutig bestimmen. Durch Vorannahmen über die möglichen Leiterpositionen wird die Anzahl der notwendigen Messpunkte auf eine praktikable Anzahl reduziert. Eine geeignete Positionierung von Magnetfeldsensoren ermöglicht es, die Störanfälligkeit des Systems gegen äussere Störströme zu minimieren. Die in dieser Weise empirisch ermittelten Daten liefern die Messwerte M , die andererseits mit einem linearisierten Modell aus den (unbekannten) effektiven Strömen I und der die Geometrie der Konfiguration wiedergebenden Matrix W zu errechnen sind. Deshalb wird in einem Algorithmus zur Stromberechnung ein Ansatz für die Matrix W geschaffen und ein Stromfluss simuliert, um die so erhaltenen Werte mit der tatsächlichen Messung zu vergleichen. Um den Fehler zwischen fiktiven und realen Messwerten zu minimieren, werden die Parameter der Ansatzmatrix schrittweise so verändert, dass der Fehler durch ein Iterationsverfahren sein globales Minimum einnimmt. Unter der Annahme, dass sich die Positionen der Einzelleiter gegenüber der Messvorrichtung nicht weiter ändern, entspricht das globale Fehlerminimum der Konfiguration mit den realen Leiterpositionen, wodurch sich die Ströme eindeutig berechnen lassen.

[0032] Fig. 6 zeigt eine Verteilkabine 9 mit geöffneter Fronttür. Dabei ist der vom gestrichelten Rahmen umrandete Ausschnitt in einer Vergrößerung dargestellt. Man sieht im unteren Teil die unversehrte Ummantelung 6 und die angelegte Sensor-Vorrichtung mit ihren zwei Halbschalen 1,2, sowie im oberen Teil die zur Montage separierten Einzelleiter 7. Der Stromsensor wird im Einsatz gezeigt, d.h. mit Anschlusskabel 10 zur Kommunikationseinrichtung. Insgesamt bedarf es also nur einiger weniger solcher Vorrichtungen mit Magnetfeldsensoren 8 in ihrem Innern, um die Zustandsinformationen der gesamten Verteilkabine 9 und somit der an ihr angeschlossenen Endverbrauchergruppen zu erhalten.

[0033] Dank der so gewonnenen Daten kann der Netzbetrieb direkt auf deren Basis erfolgen. Alle Messwerte können aus einer Verteilkabine 9 gewonnen werden, worauf sie in einem Mikrocontroller ausgewertet und über Fernkommunikation in einen zentralen Server zur Weiterbearbeitung eingespeist werden. Damit wird den Stromanbietern ein Tool für die Netzplanung im Niederspannungsbereich angeboten. Die zuverlässige Datenübermittlung auf der Niederspannungsebene zwischen Hauptverteilungsbereich und Endverbraucher dient dann erstens zum Optimieren des Netzbetriebs und zweitens zur bedarfsgerechten Ausbauplanung des Netzes mit optimierten Investitionskosten.

[0034] Aufgrund der ermittelten und verfügbar gemachten Daten kann das Netzmanagement im Niederspannungsbereich effiziente Instandhaltungskonzepte mit optimierten Instandhaltungskosten erarbeiten. Eine solche Reliability Centred Maintenance (zuverlässigkeitsorientierte Instandhaltung) stützt sich auf ausfallorientierte, intervallbasierte oder periodische bis hin zu zustandsorientierter Instandhaltungsstrategien.

[0035] Ziffernverzeichnis

- 1 Erste Halbschale der Manschette
- 2 Zweite Halbschale der Manschette
- 3 Scharnier der Manschette
- 4 Elektrischer Anschluss der Manschette
- 5 Manschettenverschluss
- 6 Ummantelung
- 7 Leiter
- 8 Magnetfeldsensor
- 9 Verteilkabine
- 10 Anschlusskabel

Patentansprüche

1. Verfahren zum permanenten, berührungslosen Messen von Stromstärken in ummantelten Leitern (7), wobei die Ummantelung (6) einen oder mehrere isolierte Leiter (7) einschliesst, dadurch gekennzeichnet, dass
 - a) um die Ummantelung (6) eine Manschette angelegt wird, sodass sie die Ummantelung (6) mit ihren inliegenden Leitern (7) ringförmig umschliesst, und in welcher Manschette um ihren Umfang verteilt mehrere Magnetfeldsensoren (8) angeordnet und ausgerichtet sind,
 - b) die aufgrund des in den umschlossenen, isolierten Leitern (7) fliessenden Stromes erzeugten Magnetfelder durch die Magnetfeldsensoren (8) vermessen und als elektronische Daten erfasst werden,

- c) mittels empirisch zuvor ermittelten Algorithmen zur Relation zwischen den Stromstärken in den einzelnen Leitern (7) und den dadurch erzeugten Magnetfeldern die effektiv fliessenden Stromstärken in den einzelnen Leitern (7) errechnet werden, als Datengrundlage für die Bewirtschaftung von Stromverteilungsnetzen und Weiterleitung an einen Server.
2. Vorrichtung zum permanenten, berührungslosen Messen von Stromstärken in ummantelten Leitern (7), wobei die Ummantelung (6) einen einzelnen oder mehrere isolierte Leiter (7) einschliesst, dadurch gekennzeichnet, dass sie als öffnenbare Manschette ausgebildet ist, mit welcher die Ummantelung (6) umschliessbar ist, und in welcher Manschette über ihren Umfang verteilt mehrere Magnetfeldsensoren (8) angeordnet sind.
 3. Vorrichtung zum permanenten, berührungslosen Messen von Stromstärken in ummantelten Leitern (7) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Magnetfeldsensoren (8) starr um den Umfang der Manschette verteilt angeordnet sind.
 4. Vorrichtung zum permanenten, berührungslosen Messen von Stromstärken in ummantelten Leitern (7) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Magnetfeldsensoren (8) längs des Umfangs der Manschette in derselben verschiebbar angeordnet sind.
 5. Vorrichtung zum permanenten, berührungslosen Messen von Stromstärken in ummantelten Leitern (7) nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Magnetfeldsensoren (8) längs des Umfangs der Manschette in verschiedenen Ausrichtungen und um beliebige Achsen verstellbar angeordnet sind.
 6. Vorrichtung zum permanenten, berührungslosen Messen von Stromstärken in ummantelten Leitern (7) nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass sie als ringförmige Manschette mit zwei Halbschalen (1,2) ausgebildet ist, die um ein Scharnier (3) aufschwenkbar und somit öffnenbar ist, und die im geöffneten Zustand um eine Ummantelung (6) mit einem oder mehreren darin geführten Leitern (7) schliessbar ist, sodass sie diesen oder diese Leiter (7) ringförmig umschliesst.
 7. Vorrichtung zum permanenten, berührungslosen Messen von Stromstärken in ummantelten Leitern (7) nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass sie als ringförmige Manschette ausgebildet ist, die aus einem elastischen Material gefertigt ist und an einer Stelle durchtrennt ist, und die durch Erweiterung der Durchtrennung aufspreizbar und somit öffnenbar ist, und im geöffneten Zustand um eine Ummantelung (6) mit einem oder mehreren Leitern (7) darin schliessbar ist, sodass sie diesen oder diese Leiter (7) ringförmig umschliesst.
 8. Vorrichtung zum permanenten, berührungslosen Messen von Stromstärken in ummantelten Leitern (7) nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass sie als ringförmige Manschette ausgebildet ist, die aus zwei oder mehr Teilen zu einem Ring zusammensteckbar ist, und die im geöffneten oder getrennten Zustand um eine Ummantelung (6) mit einem oder mehreren Leitern (7) darin schliessbar ist, sodass sie diesen oder diese Leiter (7) ringförmig umschliesst.
 9. Vorrichtung zum permanenten, berührungslosen Messen von Stromstärken in ummantelten Leitern (7) nach einem der Ansprüche 2 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Position der Magnetfeldsensoren (8) auf einer Umfangsline der Manschette längs dieser Umfangsline variabel ist, sodass die optimale Sensorposition je nach Leiterkonfiguration empirisch ermittelbar und hernach einstellbar ist.
 10. Vorrichtung zum permanenten, berührungslosen Messen von Stromstärken in ummantelten Leitern (7) nach einem der Ansprüche 2 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausrichtung der Magnetfeldsensoren (8) in jeder Richtung verstellbar ist, sodass der optimale Winkel zwischen der Senkrechten auf die Sensorplatte und der Tangente an die Umfangsline der Manschette an der spezifischen Sensorposition je nach Leiterkonfiguration empirisch ermittelbar und hernach einstellbar ist.
 11. Vorrichtung zum permanenten, berührungslosen Messen von Stromstärken in ummantelten Leitern (7) nach einem der Ansprüche 2 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Platten der Magnetfeldsensoren (8) auf einer Umfangsline der Manschette in Umfangsrichtung abwechselungsweise so angeordnet sind, dass eine Senkrechte auf der Sensorplatte mit der Umfangsline der Manschette tangential verläuft, und die Platte des nächstfolgenden Magnetfeldsensors (8) auf der Umfangsline der Manschette so ausgerichtet ist, dass eine Senkrechte auf ihrer Platte zur Umfangsline der Manschette orthogonal verläuft, usw.
 12. Vorrichtung zum permanenten berührungslosen Messen von Stromstärken in ummantelten Leitern (7) nach einem der Ansprüche 2 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass einige Platten der Magnetfeldsensoren (8) auf einer Umfangsline der Manschette so ausgerichtet sind, dass eine Senkrechte auf der Sensorplatte radial zum Zentrum des von der Manschette gebildeten Ringes zeigt, und einige Platten der Magnetfeldsensoren (8) auf einer Umfangsline der Manschette so ausgerichtet sind, dass eine Senkrechte auf der Platte mit der Umfangsline der Manschette einen spitzen Winkel einschliesst.
 13. Vorrichtung zum permanenten berührungslosen Messen von Stromstärken in ummantelten Leitern (7) nach einem der Ansprüche 2 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Platten der Magnetfeldsensoren (8) auf einer Umfangsline der Manschette in Umfangsrichtung abwechselungsweise so angeordnet sind, dass eine Senkrechte auf der Platte mit der Umfangsline der Manschette gegen das Manschettentrum hin einen spitzen Winkel einschliesst, und die Platte des nächstfolgenden Magnetfeldsensors (8) auf der Umfangsline der Manschette so ausgerichtet ist, dass

CH 709 416 A2

eine Senkrechte auf der Platte mit der Umfangslinie der Manschette von der Manschette weg gerichtet einen spitzen Winkel einschliesst, usw.

Fig. 1

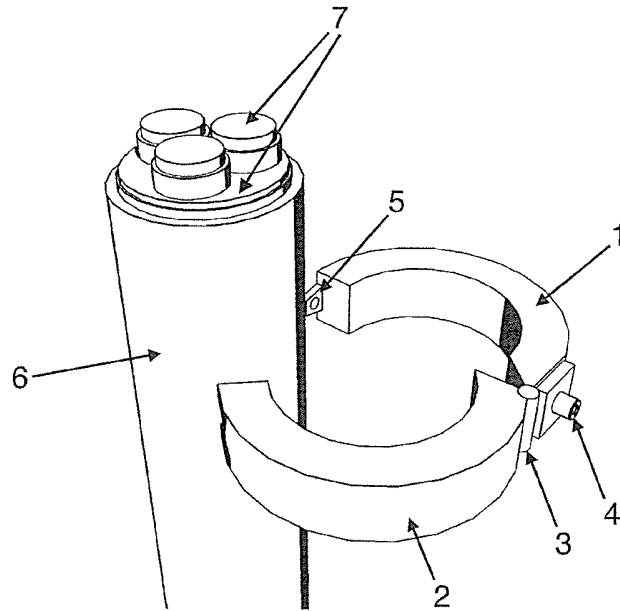


Fig. 2

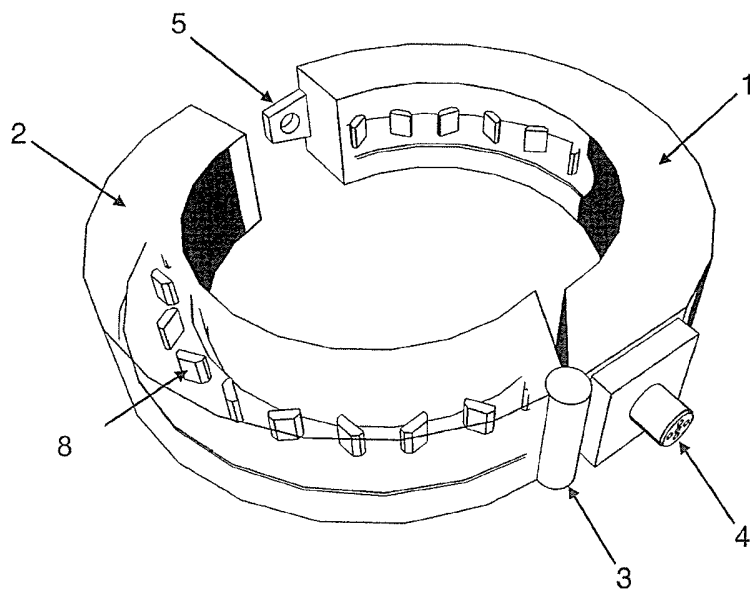


Fig. 3

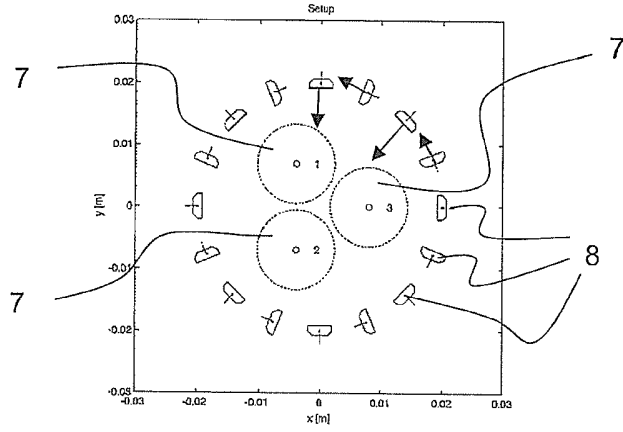


Fig. 4

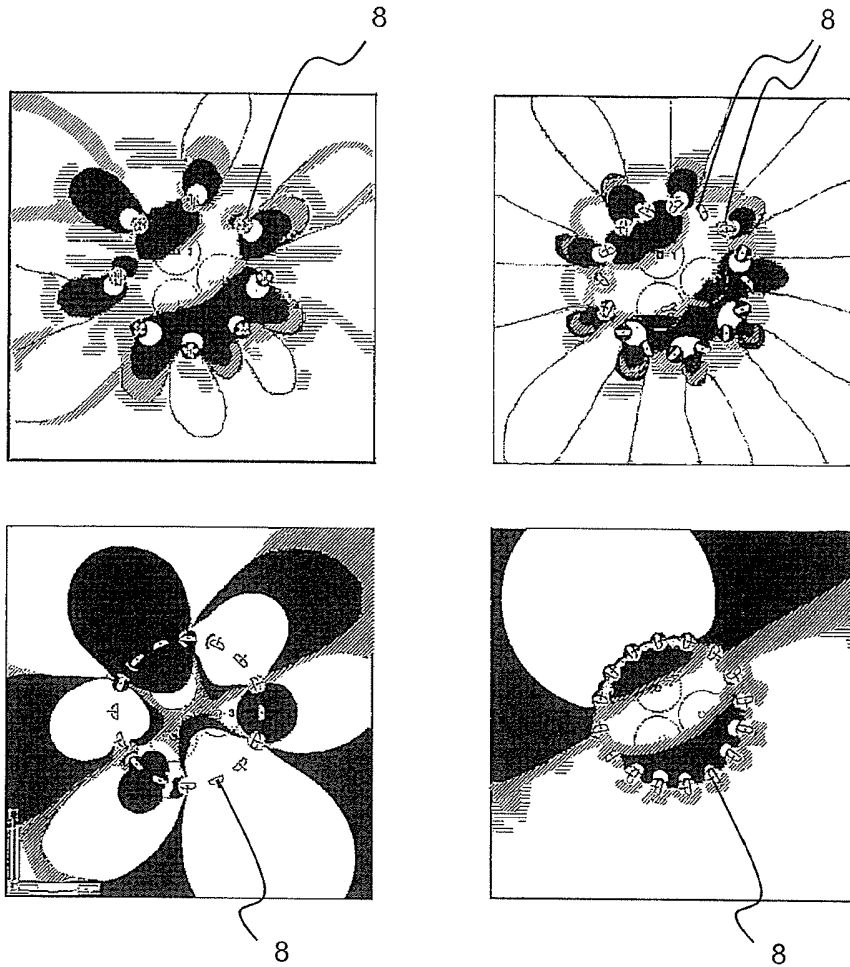


Fig. 5

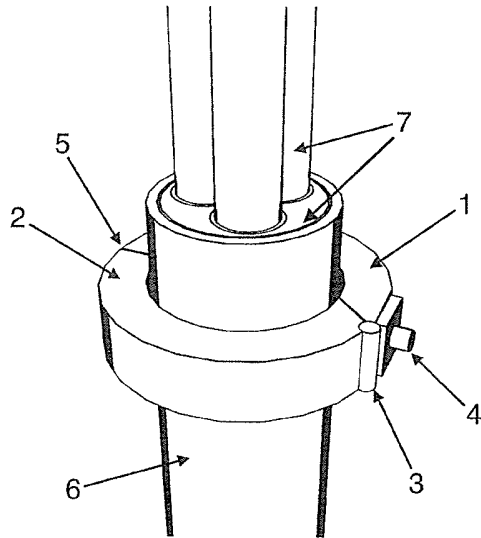


Fig. 6

