(19) SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 721 390 A1

(51) Int. Cl.: G01R 19/25 (2006.01)
G01H 3/08 (2006.01)
G01R 31/62 (2020.01)
G01H 1/00 (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 001390/2023

(22) Anmeldedatum: 12.12.2023

(43) Anmeldung veröffentlicht: 30.06.2025

(71) Anmelder:
BKW Energie AG, Viktoriaplatz 2
3013 Bern (CH)

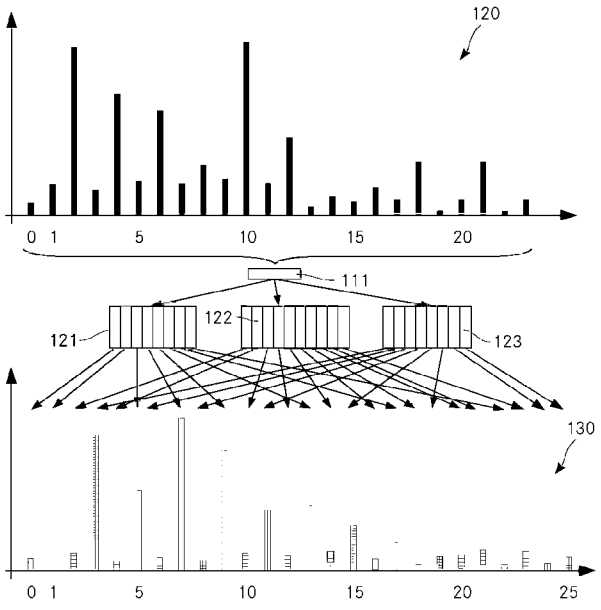
(72) Erfinder:
Maurice Ramackers, 8834 Schindellegi (CH)
Peter Werren, 3860 Meiringen (CH)
Philippe Rothermann, 1712 Tafers (CH)
Lukas Heiniger, 4500 Solothurn (CH)

(74) Vertreter:
Keller Schneider Patent- und Markenanwälte AG (Bern),
Eigerstrasse 2 Postfach
3000 Bern 14 (CH)

(54) Verfahren zur Gewinnung von Informationen über die Stromqualität an einem Standort

(57) Die Erfindung betrifft eine Verfahren zur Gewinnung von Informationen über die Stromqualität an einem Standort. Zunächst wird ein akustisches Signal gewonnen, indem Geräusche einer Einrichtung, die vom zu beurteilenden Strom durchflossen wird und aufgrund dessen vibriert, akustisch erfasst werden. Durch Vorverarbeitung des akustischen Signals wird ein vorverarbeitetes Signal gewonnen. Dieses wird zur Erzeugung eines akustischen Spektrums (120) transformiert. Schliesslich wird als Information über die Stromqualität ein Stromspektrum (130) und/oder ein Spannungsspektrum gewonnen, indem ein Regressionsmodell (121, 122, 123) auf das akustische Spektrum (120) angewandt wird.

Ferner betrifft die Erfindung ein Computerprogramm sowie ein System zur Gewinnung von Informationen über die Stromqualität an einem Standort.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Gewinnung von Informationen über die Stromqualität an einem Standort. Sie betrifft weiter ein Computerprogramm zur Durchführung eines solchen Verfahrens und ein System zur Gewinnung von Informationen über die Stromqualität an einem Standort.

Stand der Technik

[0002] Die stetig zunehmende Anzahl von nicht-linearen Verbrauchern im Niederspannungsnetz, z. B. Schaltnetzteilen, führt zu einer zunehmenden Verzerrung der Netzspannung. Die nicht-linearen Verbraucher verursachen harmonische Ströme, welche über die Netzimpedanz zu harmonischen Spannungen führen. Eine hohe Verzerrung der Netzspannung führt im schlimmsten Fall zu Schäden von Verbrauchern. Um die Verzerrung der Netzspannung zu begrenzen schreibt die Europäische Norm EN 50160 Merkmale der Spannung in öffentlichen Elektrizitätsversorgungsnetzen Grenzwertpegel für die einzelnen Spannungsharmonischen vor, welche der Netzbetreiber einhalten muss.

[0003] Die Erfassung der Spannungsharmonischen erfolgt herkömmlich mit sogenannten PQ-Messgeräten. Die damit gemessenen Spannungen werden mit einer Fast-FourierTransformation (FFT) in ihre Oberwellen zerlegt. Anhand dieser Zerlegung wird geprüft, ob die Amplituden der einzelnen Oberwellen die Vorgaben der Norm einhalten oder überschreiten. Die Montage und Demontage solcher PQ-Messgeräte sind allerdings mit einem verhältnismässig hohen Aufwand verbunden, und stellen auch bei sorgfältigem Arbeiten immer ein gewisses Sicherheitsrisiko dar. Die Messgeräte sind zudem verhältnismässig teuer.

[0004] Es ist bekannt, dass harmonische Ströme in Mittelspannungs- und Niederspannungstransformatoren zu erhöhten Geräuschemissionen führen können. Es wurden deshalb bereits Ansätze skizziert, wie anhand von Geräuschmessungen Störungen von solchen Transformatoren detektiert und z. T. auch Informationen über die Stromqualität am Standort des Transformators ermittelt werden können.

[0005] So beschreibt die EP 3 794 361 B1 (Maschinenfabrik Reinhausen GmbH) ein Verfahren zur Zustandsanalyse eines induktiven Betriebsmittels, z. B. eines Leitungstransformators in einem Energieversorgungsnetz. Dabei werden ein akustisches Referenzsignal und zeitlich veränderliche Betriebsgrössen des Betriebsmittels während eines Referenzzeitraums aufgezeichnet und daraus ein Regressionsmodell erstellt, das das akustische Referenzsignal durch die Betriebsgrössen als unabhängige Variablen beschreibt. Während des Betriebs wird dann der Zustand des Betriebsmittels anhand einer Abweichung eines Produktivdatensatzes von modellierten Werten bewertet. Das beschriebene Verfahren ermöglicht die Erkennung von Abweichungen des aktuellen Zustands des Betriebsmittels vom Zustand im Referenzzeitraum; zur Beurteilung der Stromqualität wird aber nichts ausgesagt.

[0006] Die WO 2022/042812 A1 (Okto Acoustics APS) beschreibt ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Analyse des Zustands und der Stromqualität von Transformatoren in Stromnetzen. Dabei wird ein vibroakustisches Signal des Transformators aufgenommen, mittels FFT werden darin vibroakustische Harmonische identifiziert, und die Amplitude und Phase dieser vibroakustischen Harmonischen werden berechnet. Aus den Amplituden- und Phasenwerten der vibroakustischen Harmonischen wird die harmonische Zusammensetzung des Laststroms des Transformators ermittelt. Zusätzlich wird ein vom Transformator emittiertes elektromagnetisches Signal erfasst und/oder eine Temperatur des Transformators, und aus den vibroakustischen Informationen und diesem zusätzlichen Signal wird schliesslich das Analyseergebnis generiert.

[0007] Dieses Verfahren ist aufgrund der weiteren benötigten Sensorsignale relativ aufwändig.

Darstellung der Erfindung

[0008] Aufgabe der Erfindung ist es, ein dem eingangs genannten technischen Gebiet zugehörendes Verfahren zur Gewinnung von Informationen über die Stromqualität an einem Standort schaffen, welches einfach umsetzbar ist.

[0009] Die Lösung der Aufgabe ist durch die Merkmale des Anspruchs 1 definiert. Gemäss der Erfindung umfasst das Verfahren folgende Schritte:

a) Gewinnen eines akustischen Signals durch akustische Erfassung der Geräusche einer Einrichtung, die vom zu beurteilenden Strom durchflossen wird und aufgrund dessen vibriert;

b) Gewinnen eines vorverarbeiteten Signals durch Vorverarbeitung des akustischen Signals;

c) Transformation des vorverarbeiteten Signals zur Erzeugung eines akustischen Spektrums;

d) Gewinnen eines Strom- und/oder Spannungsspektrums als Information über die Stromqualität, durch Anwendung eines Regressionsmodells auf das akustische Spektrum.

[0010] Vorliegend soll das akustische Signal Geräusche im hörbaren Frequenzbereich repräsentieren, insbesondere im Frequenzbereich von 15 Hz - 20 kHz. Es ist nicht zwingend, dass dieser gesamte Frequenzbereich erfasst wird oder dass

Schwingungen mit tieferen oder höheren Frequenzen nicht erfasst bzw. herausgefiltert werden. Insbesondere repräsentiert aber das akustische Signal alle Geräusche mit einer bestimmten Mindestlautstärke in einem Frequenzbereich von 90 Hz - 10 kHz.

[0011] Die Vorverarbeitung des akustischen Signals kann insbesondere eine Rauschreduzierung und/oder ein Herausrechnen von Umgebungsgeräuschen umfassen.

[0012] Das akustische Spektrum umfasst (akustische) Amplituden und Phasen. Es deckt eine Grundfrequenz und mehrere Harmonische ab.

[0013] Die Transformation des vorverarbeiteten Signals zur Erzeugung eines akustischen Spektrums erfolgt insbesondere mittels einer schnellen Fouriertransformation (Fast Fourier Transform, FFT). Grundsätzlich sind andere Transformationen, z. B. die Wavelet-Transformation ebenfalls zur Transformation vom Zeit- in den Frequenzraum einsetzbar.

[0014] Das Stromspektrum bzw. das Spannungsspektrum, namentlich die Amplituden und gegebenenfalls Phasen der Oberschwingungen (Harmonischen), ist ein guter Ausgangspunkt zur Beurteilung der Stromqualität. Insbesondere hohe Amplituden bei höheren Harmonischen oder starke Phasenverschiebungen sind ein Zeichen für eine beeinträchtigte Stromqualität.

[0015] Ein erfindungsgemässes System zur Gewinnung von Informationen über die Stromqualität an einem Standort umfasst:

a) einen Sensor zur akustischen Erfassung der Geräusche einer Einrichtung, die vom zu beurteilenden Strom durchflossen wird und aufgrund dessen vibriert, und zum Gewinnen eines akustischen Signals anhand der erfassten Geräusche;

b) ein erstes Verarbeitungsmodul zur Vorverarbeitung des akustischen Signals zum Gewinnen eines vorverarbeiteten Signals;

c) ein zweites Verarbeitungsmodul zur Transformation des vorverarbeiteten Signals zur Erzeugung eines akustischen Spektrums; und

d) ein drittes Verarbeitungsmodul zur Anwendung eines Regressionsmodells auf das akustische Spektrum zum Gewinnen eines Strom- und/oder Spannungsspektrums als Information über die Stromqualität.

[0016] Es hat sich gezeigt, dass ein enger Zusammenhang zwischen dem akustischen Spektrum und dem Stromspektrum besteht. Dies erklärt sich dadurch, dass die von den Stromharmonischen verursachten magnetischen Wechselfelder die vom Strom durchflossene Einrichtung in zusätzliche Schwingungen höherer Frequenz versetzen. Diese Schwingungen sind akustisch messbar und in einem akustischen Spektrum abbildbar. Analog wird davon ausgegangen, dass auch zwischen dem akustischen Spektrum und dem Spannungsspektrum ein enger Zusammenhang besteht.

[0017] Allerdings haben Versuche gezeigt, dass von der Amplitude (bzw. Phase) einer bestimmten akustischen Harmonischen nicht direkt auf eine bestimmte Strom- oder Spannungsharmonische geschlossen werden kann. Es ist vielmehr notwendig, mehrere akustische Harmonische zu betrachten, um die Amplitude einer Stromharmonischen bzw. einer Spannungsharmonischen zu bestimmen. Mithilfe eines Regressionsmodells lässt sich die Zuordnung machen.

[0018] Das erfindungsgemässe Verfahren und das erfindungsgemässe System dienen insbesondere zur schnellen und einfachen Gewinnung einer ersten Abschätzung der Stromqualität. Mit dem Begriff „Stromqualität" werden vorliegend Eigenschaften der in einem Netzabschnitt fliessenden Ströme, insbesondere hinsichtlich Stromstärke und/oder Spannung, bezeichnet, die für den ordnungsgemässen Betrieb des Netzes und daran angeschlossener Einrichtungen relevant sind. Die zur Gewinnung der Abschätzung benötigte Einrichtung kann kostengünstig zur Verfügung gestellt werden, und die Messung erfordert keine elektrische Kontaktierung der vom Strom durchflossenen Einrichtung. Entsprechend können aufwändige Sicherheitsmassnahmen entfallen. Falls die erste Abschätzung der Stromqualität Hinweise auf Mängel ergibt, kann immer noch, in einem zweiten Schritt, die klassische Messung nachgeholt werden. Es ist somit nicht notwendig, dass das erfindungsgemässe Verfahren bzw. System normgemässe Ergebnisse liefert.

[0019] Bei der Einrichtung handelt es sich insbesondere um einen Transformator eines Stromversorgungsnetzes. Das Stromversorgungsnetz dient der Verteilung elektrischer Energie von Erzeugern an Verbraucher, z. B. industrielle Abnehmer und Haushalte. Das vorliegende Verfahren eignet sich insbesondere zur Verwendung mit Transformatoren mit Nennleistungen von 100 - 2'500 kVA und Betriebsspannungen bis 36 kV. Es kann sich z. B. um ölgefüllte Transformatoren handeln.

[0020] Solche Transformatoren werden insbesondere in so genannten Transformatorenstationen oder Unterwerken eingesetzt. Aufgrund des ihn durchfliessenden Stroms wird ein solcher Transformator in Schwingungen versetzt, die ohne Weiteres hörbar und Rahmen des erfindungsgemässen Verfahrens und Systems erfassbar sind. Bei den erwähnten Leistungen und Spannungen sind bei herkömmlichen Stromqualitätsmessungen umfangreiche Sicherheitsmassnahmen zu treffen, die solche Messungen langwierig und teuer machen. Sie werden deshalb vergleichsweise selten durchgeführt. Das erfindungsgemässe System und Verfahren ermöglichen eine schnellere, kostengünstigere und damit entsprechend häufigere Erfassung der Stromqualität an solchen Transformatoren.

[0021] Bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung handelt es sich bei der Einrichtung um einen an ein Stromversorgungsnetz angebundenen Lautsprecher. Der Lautsprecher wandelt die entsprechenden Wechselspannungen in Geräusche um, die dann akustisch erfasst werden können. Die Anbindung des Lautsprechers kann durch direkte leitende Kontaktierung erfolgen, z. B. an einer Haushaltssteckdose, wobei in der Regel eine Schnittstelle zur analogen Vorverarbeitung zwischen der Kontaktierung und dem Lautsprecher zwischengeschaltet ist. An Stellen, wo eine direkte leitende Kontaktierung nicht ohne weiteres möglich ist, z. B. im Bereich eines Hausanschlusses, kann die Schnittstelle auch kapazitiv oder induktiv an die vom zu beurteilenden Strom durchflossene Leitung angekoppelt werden.

[0022] Der Lautsprecher und gegebenenfalls Komponenten zur Aufbereitung seines Ansteuersignals können so gestaltet werden, dass stromqualitätsrelevante Aspekte in den erzeugten Geräuschen besonders deutlich abgebildet werden. Dazu kann beispielsweise der Frequenzgang eines eingesetzten Schallwandlers entsprechend gewählt werden und/oder die Wechselspannungen werden durch analoge und/oder digitale Bauteile (z. B. Filterkreise oder digitale Signalprozessoren) geeignet gewandelt.

[0023] In einer weiteren Ausführungsform handelt es sich bei der Einrichtung um eine netzversorgte Türklingel. Netzversorgte Türklingeln sind üblicherweise ständig über einen Klingeltrafo mit der Netz-Stromversorgung verbunden. Dies führt oft zu Vibrationen, die sich akustisch erfassen lassen. Grundsätzlich sind diese Vibrationen geeignet, mit dem erfindungsgemässen Verfahren erfasst und verarbeitet zu werden, um Informationen zur Stromqualität zu generieren.

[0024] Somit können in einem mit einer entsprechenden Türklingel versehenen Haushalt auf einfache Weise und ohne zusätzliche Hardware Messungen zur Stromqualität durchgeführt werden.

[0025] Bevorzugt wird das akustische Signal mittels mindestens eines Sensors gewonnen, der aus folgenden Sensortypen ausgewählt ist:

a) ein Mikrofon;

b) ein Vibrationssensor;

c) ein Videosensor mit einer Verarbeitungseinrichtung zur Extraktion des akustischen Signals aus Videoinformationen.

[0026] Mikrofone sind kostengünstig verfügbar. Grundsätzlich sind Mikrofone jeglicher Bauweise einsetzbar, z. B. dynamische Mikrofone oder Kondensatormikrofone. Die Mikrofone können eine hohe Empfindlichkeit aufweisen, so dass die Geräusche aus grosser Entfernung zuverlässig erfasst werden können. Mikrofone mit einer geringeren Empfindlichkeit bzw. grosser Richtwirkung sind dann von Vorteil, wenn Störgeräusche aus anderen Richtungen ausgeblendet werden sollen. In solchen Fällen sind auch Vibrationssensoren, z. B. Piezosensoren, vorteilhaft. Sie müssen allerdings den Erzeuger des Geräusches direkt kontaktieren, was insbesondere bei Anlagen, die von starken Strömen durchflossen oder hohe Spannungen aufweisen, unerwünscht sein kann. Videosensoren ermöglichen eine zielgerichtete Erfassung von Vibrationen ohne direkte Kontaktierung.

[0027] Es können mehrere Sensoren parallel eingesetzt werden. Der Einsatz mehrerer Sensoren desselben Typs kann insofern vorteilhaft sein, als durch eine geeignete Ansteuerung bzw. Signalauswertung eine Richtwirkung erhalten werden kann. Ferner ergibt sich im Hinblick auf mögliche Störungen eine Redundanz. Schliesslich kann die Empfindlichkeit oder Abdeckung verbessert werden, indem Sensoren mit unterschiedlichen Empfindlichkeiten, Ausrichtungen bzw. Frequenzgängen kombiniert werden.

[0028] Bei einem Einsatz mehrerer Sensoren unterschiedlicher Typen können die oben erwähnten Vorteile kombiniert werden. Es kann zudem im Einzelfall dasjenige Signal ausgewählt werden, welches die höchste Qualität, z. B. das beste Signal-/Rauschverhältnis, bietet.

[0029] In einer bevorzugten Ausführungsform ist der Sensor ein Mikrofon eines persönlichen mobilen Endgeräts. Der Sensor umfasst also insbesondere ein Mikrofon, das in ein persönliches mobiles Endgerät integriert ist. Persönliche mobile Endgeräte, z. B. Smartphones, Tabletcomputer oder Notebookcomputer, sind mit einem oder mehreren Mikrofonen ausgestattet. Sie sind ohne Weiteres verfügbar und mit leistungsfähiger Hardware zur Verarbeitung des gewonnen akustischen Signals ausgestattet. Auf den Endgeräten können Anwendungen (Apps) zum Ablauf gebracht werden, die das erfindungsgemässe Verfahren bzw. Teilschritte davon ausführen. Ebenfalls stellen die persönlichen mobilen Endgeräte regelmässig Schnittstellen zur Kommunikation mit anderen lokalen Geräten bzw. mit entfernten Servern und Geräten über das Internet bereit. Das jeweilige mobile Endgerät kann zur Durchführung unterschiedlicher Schritte des erfindungsgemässen Verfahrens eingesetzt werden. Es sind z. B. folgende Varianten denkbar:

Schritt		Var. I	Var. II	Var. III	Var. IV	Var. V
a)	Gewinnen des akustischen Signals	mob. Endgerät	mob. Endgerät	mob. Endgerät	mob. Endgerät	mob. Endgerät

Schritt		Var. I	Var. II	Var. III	Var. IV	Var. V
b)	Vorverarbeitung akust. Signal	mob. Endgerät	mob. Endgerät	mob. Endgerät	Server	Server
c)	Transformation (FFT)	mob. Endgerät	mob. Endgerät	mob. Endgerät	Server	Server
d)	Gewinnen Strom- bzw. Spannungs-spektrum	mob. Endgerät	Server	Server	Server	Server
	Anzeige Ergebnisse	mob. Endgerät	mob. Endgerät	Server / Drittgerät	mob. Endgerät	Server / Drittgerät

[0030] Dabei können die Schritte auf dem mobilen Endgerät und auf dem entfernten Server (bzw. den entfernten Servern) zeitlich unmittelbar aufeinanderfolgend ablaufen, oder das akustische Signal oder spätere Verarbeitungsergebnisse werden für eine gewisse Zeit auf dem Endgerät oder dem Server zwischengespeichert, z. B. bis eine Übermittlung möglich ist oder um mehrere Messungen gemeinsam zu verarbeiten.

[0031] Die unmittelbar zeitlich aufeinanderfolgende Ausführung hat den Vorteil, dass der Nutzer unmittelbar nach der Gewinnung des akustischen Signals anhand des Strom- bzw. Spannungsspektrums oder zusätzlich generierter Qualitätsinformationen abschätzen kann, ob die Messung korrekt erfolgt ist oder ob sie wiederholt werden muss.

[0032] Bevorzugt umfasst die Vorverarbeitung des akustischen Signals eine endgeräteabhängige Normalisierung des akustischen Signals, insbesondere eine endgerätetypabhängige Normalisierung.

[0033] Unterschiedliche Endgeräte, insbesondere Endgeräte unterschiedlicher Typen, weisen andere Empfindlichkeiten und Frequenzgänge auf. Dies äussert sich in Unterschieden im gewonnen akustischen Signal. Damit diese nicht zu endgeräteabhängigen Fehlern beim gewonnenen Strom- bzw. Spannungsspektrum führen, werden mit Vorteil bereits die gewonnenen akustischen Signale (analog) normalisiert.

[0034] In bevorzugten Ausführungsformen erfolgt die Normalisierung in Abhängigkeit des Endgerätetyps (inklusive gegebenenfalls der Endgeräteversion). In anderen Ausführungsformen erfolgt die Normalisierung spezifisch für das konkrete Endgerät, insbesondere aufgrund einer vorgängigen I<alibrierung. Bei der I<alibrierung kann beispielsweise ein vorgegebenes Referenzsignal akustisch mit dem Endgerät erfasst und ausgewertet werden.

[0035] Alternativ kann die Berücksichtigung endgeräteabhängiger Einflüsse erst bei der Gewinnung des Strom- bzw. Spannungsspektrums oder bei dessen Interpretation erfolgen.

[0036] Im Rahmen des erfindungsgemässen Verfahrens und Systems können Sensormodule eingesetzt werden, die das akustische Signal oder das (ganz oder teilweise) vorverarbeitete Signal über ein Netzwerk an das erste bzw. zweite Verarbeitungsmodul übermitteln. Die Sensormodule können mittels eines kurzreichweitigen drahtlosen Netzes (z. B. Bluetooth) mit einem persönlichen mobilen Endgerät kommunizieren, das dann die oben genannten Aufgaben - mit Ausnahme der Gewinnung des akustischen Signals und gegebenenfalls Schritten der Vorverarbeitung - übernimmt. Ebenso möglich ist die Anbindung der Sensormodule über an sich bekannte IoT-Infrastrukturen, basierend z. B. auf Thread oder ZigBee.

[0037] Die zu übertragenden Informationen können i. W. kontinuierlich oder paketweise übertragen werden. Die lokale Vorverarbeitung kann insbesondere genutzt werden, um den Dateninhalt zu komprimieren bzw. zu reduzieren und damit die Übertragungszeit bzw. den Stromverbrauch für die Übertragung zu reduzieren. Letzteres ist insbesondere bei batteriegespeisten Sensormodulen von Bedeutung.

[0038] Bevorzugt ist das Regressionsmodell aus einem der folgenden ausgewählt:

a) Ridge Regression;

b) Lasso-Regression;

c) Elastic Net Regression;

d) Support Vector Regression;

e) Random Forest Regression.

[0039] Es hat sich herausgestellt, dass diese Regressionsmodelle gut geeignet sind, um ein Stromspektrum aus einem akustischen Spektrum zu gewinnen. Es wird davon ausgegangen, dass mithilfe dieser Regressionsmodelle auch ein Spannungsspektrum aus einem akustischen Spektrum gewonnen werden kann.

[0040] Weitere Modelle können für die Regression eingesetzt werden, z. B. Gradient Boosing, künstliche neuronale Netze usw.

[0041] In bestimmten Ausführungsformen wird zur Ermittlung einer ersten Amplitude einer ersten vorgegebenen Harmonischen des Strom- bzw. Spannungsspektrums ein erstes Regressionsmodell verwendet, und zur Ermittlung einer zweiten Amplitude einer zweiten vorgegebenen Harmonischen des Strom- bzw. Spannungsspektrums wird ein zweites Regressionsmodell verwendet, dass vom ersten Regressionsmodell unterschiedlich ist. Entsprechend können auch für die Stromharmonischen einerseits und die Spannungsharmonischen andererseits unterschiedliche Regressionsmodelle zum Einsatz kommen.

[0042] Dabei wird insbesondere derselbe Inputvektor sowohl mit dem ersten als auch mit dem zweiten Regressionsmodell zur Gewinnung der entsprechenden Amplituden verarbeitet. Es hat sich gezeigt, dass je nach der zu ermittelnden Harmonischen unterschiedliche Regressionsmodelle am verlässlichsten sind. Durch eine selektive Vorgabe verschiedener Regressionsmodelle für die verschiedenen Harmonischen lässt sich die Gesamtqualität des Ergebnisses deshalb verbessern.

[0043] Bevorzugt umfasst die Vorverarbeitung des akustischen Signals eine Filterung des akustischen Signals, wobei Filterparameter für die Filterung von der Einrichtung, die vom zu beurteilenden Strom durchflossen wird, abhängig sind, insbesondere von einem Gerätetyp der Einrichtung.

[0044] Verschiedene Einrichtungen, auch Einrichtungen desselben Typs, z. B. Transformatoren, haben unterschiedliche akustische Eigenschaften. Wenn diese durch eine Filterung des akustischen Signals einander angeglichen werden können, z. B. durch eine selektive Equalisierung mittels eines digitalen Signalprozessors (DSP), lässt sich - zumindest für eine Gruppe von Einrichtungen - dasselbe Regressionsmodell mit denselben Parametern verwenden, was eine unabhängige Ermittlung der Regressionsparameter für jeden einzelnen Gerätetyp unnötig macht.

[0045] Alternativ werden für unterschiedliche Gerätetypen separate Regressionsmodelle bzw. -parameter verwendet.

[0046] In bestimmten Ausführungsformen werden im Rahmen des Verfahren zunächst Referenzinformationen gewonnen, indem anhand von Strom- bzw. Spannungsmessungen an der Einrichtung ein Strom- bzw. Spannungsspektrum bestimmt wird, während simultan das akustische Signal erfasst wird. Bei nachfolgenden Messvorgängen an derselben Einrichtung werden dann die Referenzinformationen bei der Vorverarbeitung des akustischen Signals, dem Gewinnen des Strom- bzw. Spannungsspektrums und/oder einer Weiterverarbeitung des Strom- bzw. Spannungsspektrums herangezogen.

[0047] Werden einrichtungsspezifische Referenzinformationen erhoben, die einen unmittelbaren Zusammenhang zwischen einem akustischen Signal und Strommessungen abbilden, so können anhand der Unterschiede zwischen dem akustischen Signal späterer Messungen und dem Referenzsignal Aussagen zu einer Änderung des Strom- bzw. Spannungsspektrums bzw. zur Stromqualität gewonnen werden. Die Referenzinformationen können bei der Filterung des akustischen Signals herangezogen werden, bei einer Aktualisierung bzw. geräteabhängigen I<alibration des Regressionsmodells (bevorzugt) oder in einem Korrektur-/Interpretationsschritt gestützt auf das gewonnene Strom- bzw. Spannungsspektrum.

[0048] In den drei Phasen können weitere Daten (die zum Netz bzw. zur Einrichtung verfügbar sind) mitverarbeitet werden.

[0049] Mit Vorteil wird das Strom- bzw. Spannungsspektrum automatisch analysiert, um mindestens eine der folgenden Informationen zu generieren:

a) ein Qualitätsmass für die Stromqualität;

b) ein Alarmsignal zur Information über Störungen oder ein Unterschreiten einer Mindeststromqualität;

c) ein Steuersignal für eine Komponente eines Stromversorgungsnetzes.

[0050] Das Alarmsignal kann über verschiedene I<anäle weitergeleitet bzw. ausgegeben werden. Interessant ist es insbesondere in Systemen, die eine (quasi-)permanente Überwachung der jeweiligen Einrichtung ermöglichen. Ähnliches gilt für die Generierung von Steuersignalen. Diese ermöglicht eine Regelung der Komponente zur Sicherstellung einer vorgegebenen Stromqualität.

[0051] Bevorzugt umfasst das akustische Spektrum mindestens die zweite bis zwanzigste Harmonische, und das Stromspektrum umfasst mindestens die erste bis dreizehnte, insbesondere mindestens die erste bis siebzehnte, Harmonische. Wird das erfindungsgemässe Verfahren im Zusammenhang mit einem Transformator eines Stromversorgungsnetzes eingesetzt, ergeben sich in einem tiefen Frequenzbereich bis ca. 150-200 Hz (Grundfrequenz, 1., 2. und ggf. 3. Harmonische) primär gerätetypabhängige Geräuschkomponenten. Interessant sind primär die höheren Harmonischen. Insgesamt werden bevorzugt Frequenzen von 40 Hz bis 3'000 Hz, insbesondere 50 - 2'500 Hz, herangezogen.

[0052] Das Verfahren wird insbesondere durch ein entsprechendes Computerprogramm zum Ablauf gebracht. Dieses kann auf einem Gerät ablaufen oder mehrere Module umfassen, die auf mehreren Geräten ablaufen und miteinander zusammenwirken.

[0053] Das Computerprogramm bildet insbesondere eine so genannte App, die das Verfahren auf einem mobilen Endgerät (z. B. Smartphone, Tablet, Notebook-Computer) zum Ablauf bringen kann. Dabei werden verschiedene Hardwarekompo-

nenten des Endgeräts genutzt. Diese schliessen namentlich den zentralen Rechner (Computer), Ein-/Ausgabemittel (insbesondere einen Touchscreen), I<ommunikationsschnittstellen (z. B. für lokale Direktverbindungen via Bluetooth oder zur Anbindung an ein globales Netz via WLAN oder Mobilfunk) sowie das integrierte Mikrofon bzw. integrierte Mikrofone ein.

[0054] Aus der nachfolgenden Detailbeschreibung und der Gesamtheit der Patentansprüche ergeben sich weitere vorteilhafte Ausführungsformen und Merkmalskombinationen der Erfindung.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0055] Die zur Erläuterung des Ausführungsbeispiels verwendeten Zeichnungen zeigen:

Fig. 1	eine schematische Darstellung des Einsatzes des erfindungsgemässen Systems zur Stromqualitätsmessung in einer Transformatorenstation;
Fig. 2	ein Flussdiagramm eines erfindungsgemässen Verfahrens zur Stromqualitätsmessung und
Fig. 3	eine Darstellung der Verarbeitung des akustischen Signals zur Gewinnung eines Stromspektrums.

[0056] Grundsätzlich sind in den Figuren gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen versehen.

Wege zur Ausführung der Erfindung

[0057] Die Figur 1 ist eine schematische Darstellung des Einsatzes des erfindungsgemässen Systems zur Stromqualitätsmessung in einer Transformatorenstation. Die Transformatorenstation 2 ist Teil eines Stromverteilungsnetzes 1 und mit dessen übergeordneten Abschnitt 1.1 und deren untergeordneten Netzabschnitt 1.2 verbunden. Zentrales Element der Transformatorenstation 2 ist der Transformator 3, der zur Wandlung der Mittelspannung im übergeordneten Abschnitt 1.1 in Niederspannung für den untergeordneten Abschnitt 1.2 dient. Beim Transformator handelt es sich im Rahmen des Ausführungsbeispiels um einen flüssigkeitsgefüllten Verteiltransformator mit einer Nennleistung von 630 kVA. Der Transformator 3 ist in einem Gebäude angeordnet, zu dem Personal des Betreibers des Stromverteilungsnetzes für Unterhalts- und Wartungsarbeiten Zugang hat.

[0058] Soll nun die Stromqualität am Standort der Transformatorenstation 2, namentlich im untergeordneten Netzabschnitt 1.2, gemessen werden, kann ein Mitarbeiter des Netzbetreibers die Transformatorenstation 2 betreten. Er wird bereits dann einen Brummton wahrnehmen, der vom Transformator 3 herrührt. Das Brummen wird durch das vom durchfliessenden Strom verursachte Magnetfeld und die Eisenbleche bzw. den Eisenkern des Transformators 3 verursacht.

[0059] Der Mitarbeiter kann nun mit seinem persönlichen Endgerät 10 erste Messungen zur Bestimmung der Stromqualität durchführen. Beim Endgerät 10 handelt es sich im dargestellten Ausführungsbeispiel um ein gängiges Smartphone mit einem Touchscreen 11 als primäre Ein-/Ausgabeeinrichtung, einem Mikrofon 12, das die Aufzeichnung von Umgebungsgeräuschen zulässt, einem Prozessor 13 und einer Kommunikationsschnittstelle, insbesondere für ein Mobilfunknetz.

[0060] Auf dem Endgerät 10 ist eine Applikation (App) installiert, die die Durchführung der Messungen ermöglicht. Diese weist den Mitarbeiter an, das Endgerät 10 mit dem Mikrofon 12 auf den Transformator 3 auszurichten und in einem bestimmten Abstandsbereich zum Transformator 3 (z. B. 1-3m) zu positionieren. Anschliessend kann der Messprozess ausgelöst werden. In dessen Rahmen werden die Umgebungsgeräusche während einer gewissen Zeitdauer erfasst. Dies kann fest vorgegeben sein (z. B. 10 s), oder die Messperiode wird beendet, sobald die Applikation feststellt, dass ausreichende akustische Daten erfasst wurden.

[0061] In einem ersten Verarbeitungsmodul 13.1 des Endgeräts 10 wird das akustische Signal vorverarbeitet. In einem zweiten Verarbeitungsmodul erfolgt eine Fast-FourierTransformation (FFT) zur Gewinnung eines akustischen Spektrums. Dieses wird dann über das Mobilfunknetz an einen Server 20 zur weiteren Verarbeitung übertragen. Der Server umfasst ein Verarbeitungsmodul 21 zur Gewinnung eines Stromspektrums aus dem empfangenen akustischen Spektrum mithilfe eines oder mehrerer Regressionsmodelle. Dazu greift das Verarbeitungsmodul 21 auf eine Datenbank 22 mit endgerät- und/oder transformatorenabhängigen Parametern zurück. Diese Vorgänge sind weiter unten näher beschrieben.

[0062] Sobald das Stromspektrum vorliegt kann dieses und/oder davon abgeleitete Informationen vom Server 20 über das Mobilfunknetz an das Endgerät 10 übertragen werden. Die entsprechenden Informationen können dann auf dem Touchscreen 11 des Endgeräts 10 angezeigt werden. Alternativ oder zusätzlich werden die verarbeiteten Ergebnisse der Messung (und gegebenenfalls auch die Rohdaten) in der Datenbank 22 gespeichert und über eine serverseitige Applikation bzw. eine Programmierschnittstelle (API) berechtigten Personen (insbesondere des Betreibers des Stromverteilungsnetzes) zugänglich gemacht.

[0063] Die Übertragung zwischen dem Endgerät 10 und dem Server 20 kann quasi in Echtzeit erfolgen. Weil in Transformatorenstationen oft kein Mobilfunkempfang gewährleistet ist, kann die Übertragung in beiden Richtungen jeweils verzögert zu einem Zeitpunkt erfolgen, in dem die Mobilfunkverbindung besteht.

[0064] Die Figur 2 ist ein Flussdiagramm eines erfindungsgemässen Verfahrens zur Stromqualitätsmessung. In einem ersten Schritt 101 wird das akustische Signal generiert. Dieses repräsentiert die Geräusche in der Transformatorenstation

2 während der erwähnten Messperiode. Das akustische Signal wird in einem zweiten Schritt 102 endgeräteabhängig vorverarbeitet, namentlich mithilfe eines A/D-Wandlers in ein digitales Signal gewandelt und mit Hilfe eines digitalen Signalprozessors (DSP) endgeräteabhängig equalisiert. Die entsprechenden Parameter werden in der Applikation vorgehalten. Die Equalisierung sorgt dafür, dass die (digitalisierten) akustischen Signale unabhängig vom verwendeten Endgerät gewissen allgemeinen Vorgaben entsprechen. Insbesondere werden endgeräteabhängig Frequenzgänge angeglichen, so dass die Empfindlichkeit der vorverarbeiteten Signale unabhängig vom Endgerät vergleichbar ist. In einem weiteren Schritt 103 wird dann das equalisierte Signal gefiltert, um Störgeräusche zu eliminieren. Dazu kann zum einen ein geeignet parametrisierter Bandpassfilter eingesetzt werden, z. B. ein Filter, der nicht interessierende Frequenzen unterhalb von 40 Hz bzw. oberhalb von 3'000 Hz herausfiltert. Zum anderen kann das akustische Signal automatisch zeitlich beschnitten werden, um kurze Zeitintervalle mit Störgeräuschen zu entfernen. Ebenfalls kann das Signal verarbeitet werden, um Einflüsse der Raumakustik in der Transformatorenstation 2 zu eliminieren bzw. zu equalisieren.

[0065] Im nächsten Schritt 104 wird das vorverarbeitete akustische Signal mittels Fast-FourierTransformation in ein akustisches Spektrum gewandelt. Von Interesse sind dabei insbesondere Frequenzen von 50 Hz bis 2'000 - 3'000 Hz. Auf dem Server 20 wird dann das erhaltene akustische Spektrum mittels mehrerer Regressionsmodelle analysiert, um ein Stromspektrum zu erhalten (Schritt 105). Dieser Prozess ist in der Figur 3 visualisiert.

[0066] Das dargestellte akustische Spektrum 120 umfasst hier die Grundfrequenz („0. Harmonische“) sowie die 1.-23. Harmonische. Bei einer Grundfrequenz von 50 Hz deckt es somit den Bereich von 50-2'050 Hz ab. Das akustische Spektrum 120 repräsentiert den gesamten während der Messung erfassten Zeitraum (allenfalls reduziert um aufgrund von Störgeräuschen herausgeschnittene Intervalle). Es ist gut ersichtlich, dass im akustischen Spektrum 120 primär die Harmonischen gerader Ordnung ausgeprägt sind. Die Amplituden der Harmonischen bilden einen Eingangsvektor 111 für die Regressionsmodelle 121, 122, 123. Diese können ausgehend vom Eingangsvektor 111 die Amplituden von Stromharmonischen in einem Stromspektrum bestimmen. Bei den Regressionsmodellen 121, 122, 123 handelt es sich zum einen um unterschiedliche Typen von Regressionsmodellen, ausgewählt aus den folgenden:

- Ridge Regression
- Lasso Regression
- ElasticNet Regression
- SVR - Support Vector Regression
- Random Forest Regression

[0067] Zum anderen werden für jede zu bestimmende Stromharmonische unterschiedliche Parameter vorgehalten. Die Parameter wurden in einem Supervised-Learning-Prozess bestimmt (siehe unten). Die Auswahl des für eine bestimmte Stromharmonische genutzten Regressionsmodells erfolgt anhand des sog. R2-Scores. Dieser gibt an, wie gut ein Modell die abhängige Variable (die Vorhersagevariable) aus dem Eingangsvektor 111 bestimmen kann. Ein R2-Wert von 1 bedeutet, dass das Modell perfekt die Variationen in der abhängigen Variable erklärt, während ein Wert von 0 anzeigt, dass das Modell keine Verbesserung gegenüber einer einfachen Durchschnittsvorhersage bietet.

[0068] Das Stromspektrum umfasst die Grundfrequenz und die 1.-25. Harmonische. Harmonische, deren Amplituden mit dem ersten Regressionsmodell 121 ermittelt wurden, sind mit einer schräg verlaufenden Schraffur dargestellt. Harmonische, deren Amplituden mit dem zweiten Regressionsmodell 122 ermittelt wurden sind horizontal schraffiert dargestellt. Harmonische, deren Amplituden mit dem dritten Regressionsmodell 123 ermittelt wurden, sind kariert dargestellt.

[0069] Das Stromspektrum zeigt primär Harmonische ungerader Ordnung. Das Spektrum bzw. davon abgeleitete Informationen werden in einem letzten Schritt 106 angezeigt. Dies kann wie erwähnt auf dem Endgerät eines Benutzers erfolgen, über eine serverseitige Applikation („Dashboard“) oder eine Programmierschnittstelle (API).

[0070] Die Parameter der Regressionsmodelle wurden wie erwähnt im Rahmen eines Supervised-Learning-Prozesses erhalten. Dazu wurde gleichzeitig das akustische Signal erfasst und das Stromspektrum in vorbekannter Weise, mit einem entsprechenden Messgerät, angeschlossen an die Sekundärseite des Transformators, bestimmt. Aus dem akustischen Spektrum wurde dann wie oben beschrieben der Eingangsvektor gewonnen. Im Rahmen des Supervised Learning wurden dann diejenigen Parameter der verschiedenen Regressionsmodelle ermittelt, die aus einer Anzahl an Eingangsvektoren die Amplituden der jeweiligen Stromharmonischen im Stromspektrum bestmöglich errechnen.

[0071] Insbesondere aufgrund der aufwändigen Messungen zum Erhalt der Trainingsdaten für das Stromspektrum kann nur eine beschränkte Anzahl an Samples gewonnen werden. Es kann von Vorteil sein, ausgehend von den realen Samples zusätzlich synthetische, aber dennoch repräsentative, Samples zu erzeugen, um die Statistik zu verbessern. Dazu können an sich bekannte Data-Augmentation-Verfahren eingesetzt werden.

[0072] In einer ersten Variante werden für verschiedene Transformatorentypen individuelle Auswahlen von Regressionsmodellen und entsprechende individuelle Parameter ermittelt und bei der Verarbeitung der Messergebnisse verwendet.

[0073] In einer zweiten Variante werden Daten auf Stufe akustisches Signal, akustisches Spektrum und/oder Stromspektrum in Abhängigkeit des Transformatorentyps equalisiert, z. B. anhand einiger weniger Vergleichsmessungen. So kann die Menge der benötigten Trainingsdaten erheblich reduziert werden.

[0074] Die Erfindung ist nicht auf das beschriebene Ausführungsbeispiel beschränkt. Das beschriebene Verfahren und das beschriebene System können wie erwähnt auch zur Gewinnung eines Spannungsspektrums als weiteren Indikator für die Stromqualität eingesetzt werden. Wie oben erwähnt kann es auch auf andere stromdurchflossene Einrichtungen als Transformatoren angewandt werden. Anstelle oder zusätzlich zum persönlichen Endgerät können dedizierte Sensormodule eingesetzt werden. Details der Signalverarbeitung, betreffend z. B. die Auswahl der Regressionsmodelle oder die Reihenfolge der angewandten Filter, können anders gewählt werden. Schliesslich sind Varianten denkbar, bei denen das aktuelle akustische Spektrum mit einem Referenzspektrum verglichen wird und Aussagen zur Stromqualität basierend auf diesem Vergleich getroffen werden.

[0075] Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Erfindung ein Verfahren zur Gewinnung von Informationen über die Stromqualität an einem Standort schafft, welches einfach umsetzbar ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Gewinnung von Informationen über die Stromqualität an einem Standort, umfassend folgende Schritte:
   a) Gewinnen eines akustischen Signals durch akustische Erfassung der Geräusche einer Einrichtung, die vom zu beurteilenden Strom durchflossen wird und aufgrund dessen vibriert;
   b) Gewinnen eines vorverarbeiteten Signals durch Vorverarbeitung des akustischen Signals;
   c) Transformation des vorverarbeiteten Signals zur Erzeugung eines akustischen Spektrums;
   d) Gewinnen eines Stromspektrums und/oder eines Spannungsspektrums als Information über die Stromqualität, durch Anwendung eines Regressionsmodells auf das akustische Spektrum.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei der Einrichtung um einen Transformator eines Stromversorgungsnetzes handelt.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei der Einrichtung um einen an ein Stromversorgungsnetz angebundenen Lautsprecher handelt.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei der Einrichtung um eine netzversorgte Türklingel handelt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das akustische Signal mittels mindestens eines Sensors gewonnen wird, der aus folgenden Sensortypen ausgewählt ist:
   a) ein Mikrofon;
   b) ein Vibrationssensor;
   c) ein Videosensor mit einer Verarbeitungseinrichtung zur Extraktion des akustischen Signals aus Videoinformationen.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor ein Mikrofon eines persönlichen mobilen Endgeräts ist.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorverarbeitung des akustischen Signals eine endgeräteabhängige Normalisierung des akustischen Signals umfasst, insbesondere eine endgerätetypabhängige Normalisierung.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Regressionsmodell aus einem der folgenden ausgewählt ist:
   a) Ridge Regression;
   b) Lasso-Regression;
   c) Elastic Net Regression;
   d) Support Vector Regression;
   e) Random Forest Regression.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass zur Ermittlung einer ersten Amplitude einer ersten vorgegebenen Harmonischen des Stromspektrums bzw. des Spannungsspektrums ein erstes Regressionsmodell verwendet wird und dass zur Ermittlung einer zweiten Amplitude einer zweiten vorgegebenen Harmonischen des Stromspektrums bzw. des Spannungsspektrums ein zweites Regressionsmodell verwendet wird, dass vom ersten Regressionsmodell unterschiedlich ist.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorverarbeitung des akustischen Signals eine Filterung des akustischen Signals umfasst, wobei Filterparameter für die Filterung von der Einrichtung, die vom zu beurteilenden Strom durchflossen wird, abhängig sind, insbesondere von einem Gerätetyp der Einrichtung.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, weiter umfassend den Schritt der Bestimmung eines Stromspektrums anhand von Strommessungen an der Einrichtung bzw. der Bestimmung eines Spannungsspektrums anhand von Spannungsmessungen an der Einrichtung und der simultanen Erfassung des akustischen Signals zur Gewinnung von

Referenzinformationen, wonach bei nachfolgenden Messvorgängen an derselben Einrichtung die Referenzinformationen bei der Vorverarbeitung des akustischen Signals, dem Gewinnen des Stromspektrums bzw. des Spannungsspektrums und/oder einer Weiterverarbeitung des Stromspektrums bzw. des Spannungsspektrums herangezogen werden.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Stromspektrum und/oder das Spannungsspektrum automatisch analysiert wird, um mindestens eine der folgenden Informationen zu generieren:
a) ein Qualitätsmass für die Stromqualität;
b) ein Alarmsignal zur Information über Störungen oder ein Unterschreiten einer Mindeststromqualität;
c) ein Steuersignal für eine Komponente eines Stromversorgungsnetzes.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass das akustische Spektrum mindestens die zweite bis zwanzigste Harmonische umfasst und dass das Stromspektrum mindestens die erste bis dreizehnte, insbesondere mindestens die erste bis siebzehnte, Harmonische umfasst.

14. Computerprogramm, umfassend Befehle die bei der Ausführung des Programms durch einen Computer diesen veranlassen, das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13 durchzuführen.

15. System zur Gewinnung von Informationen über die Stromqualität an einem Standort, umfassend:
a) einen Sensor zur akustischen Erfassung der Geräusche einer Einrichtung, die vom zu beurteilenden Strom durchflossen wird und aufgrund dessen vibriert, und zum Gewinnen eines akustischen Signals anhand der erfassten Geräusche;
b) ein erstes Verarbeitungsmodul zur Vorverarbeitung des akustischen Signals zum Gewinnen eines vorverarbeiteten Signals;
c) ein zweites Verarbeitungsmodul zur Transformation des vorverarbeiteten Signals zur Erzeugung eines akustischen Spektrums; und
d) ein drittes Verarbeitungsmodul zur Anwendung eines Regressionsmodells auf das akustische Spektrum zum Gewinnen eines Stromspektrums und/oder eines Spannungsspektrums als Information über die Stromqualität.

16. System nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor ein Mikrofon umfasst, das in ein persönliches mobiles Endgerät integriert ist.

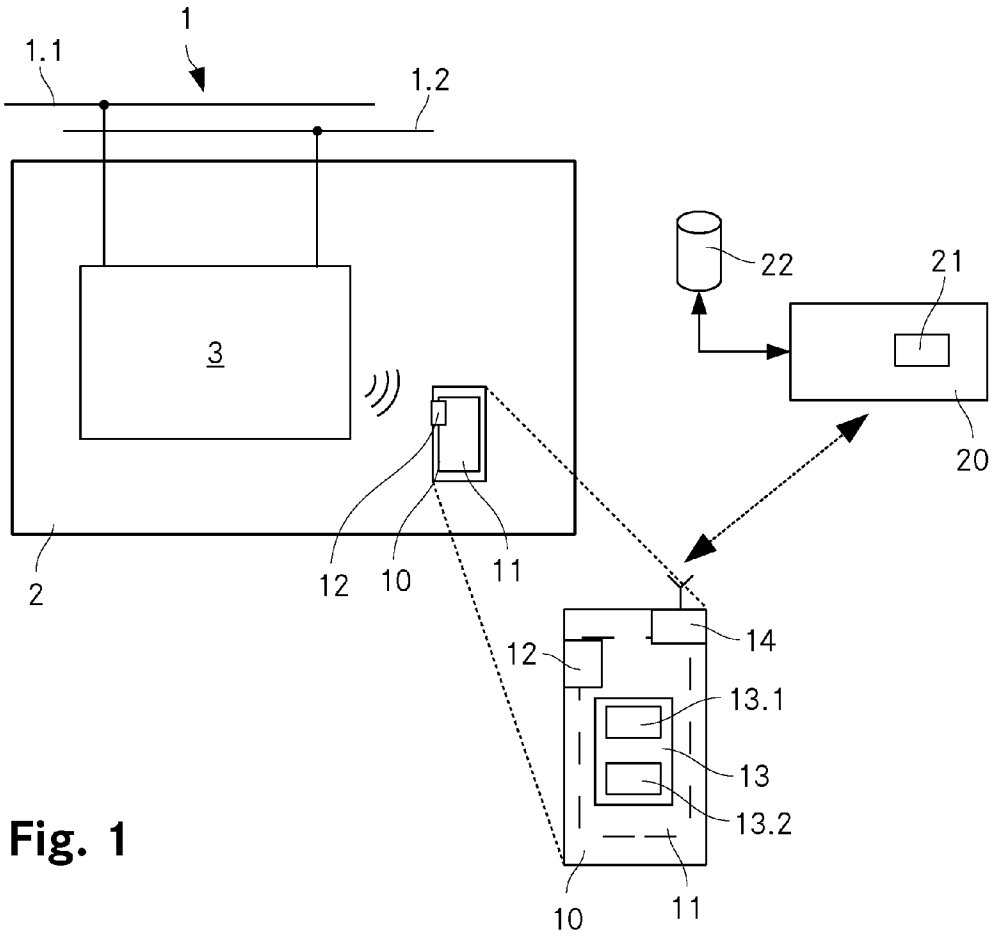

1
1.1
1.2
3
22
21
20
2
12
10
11
14
12
13.1
13
13.2
10
11

Fig. 1

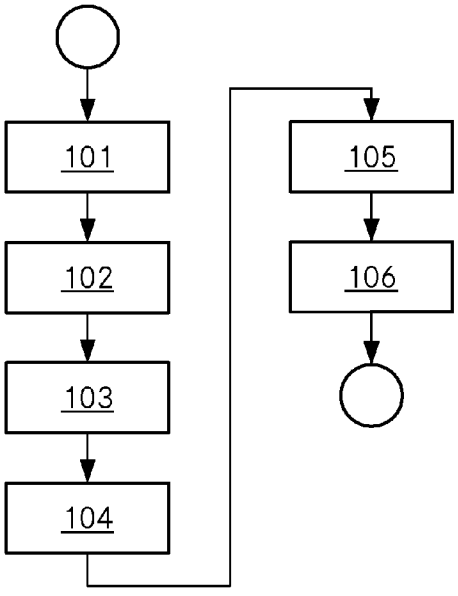

101
102
103
104
105
106

Fig. 2

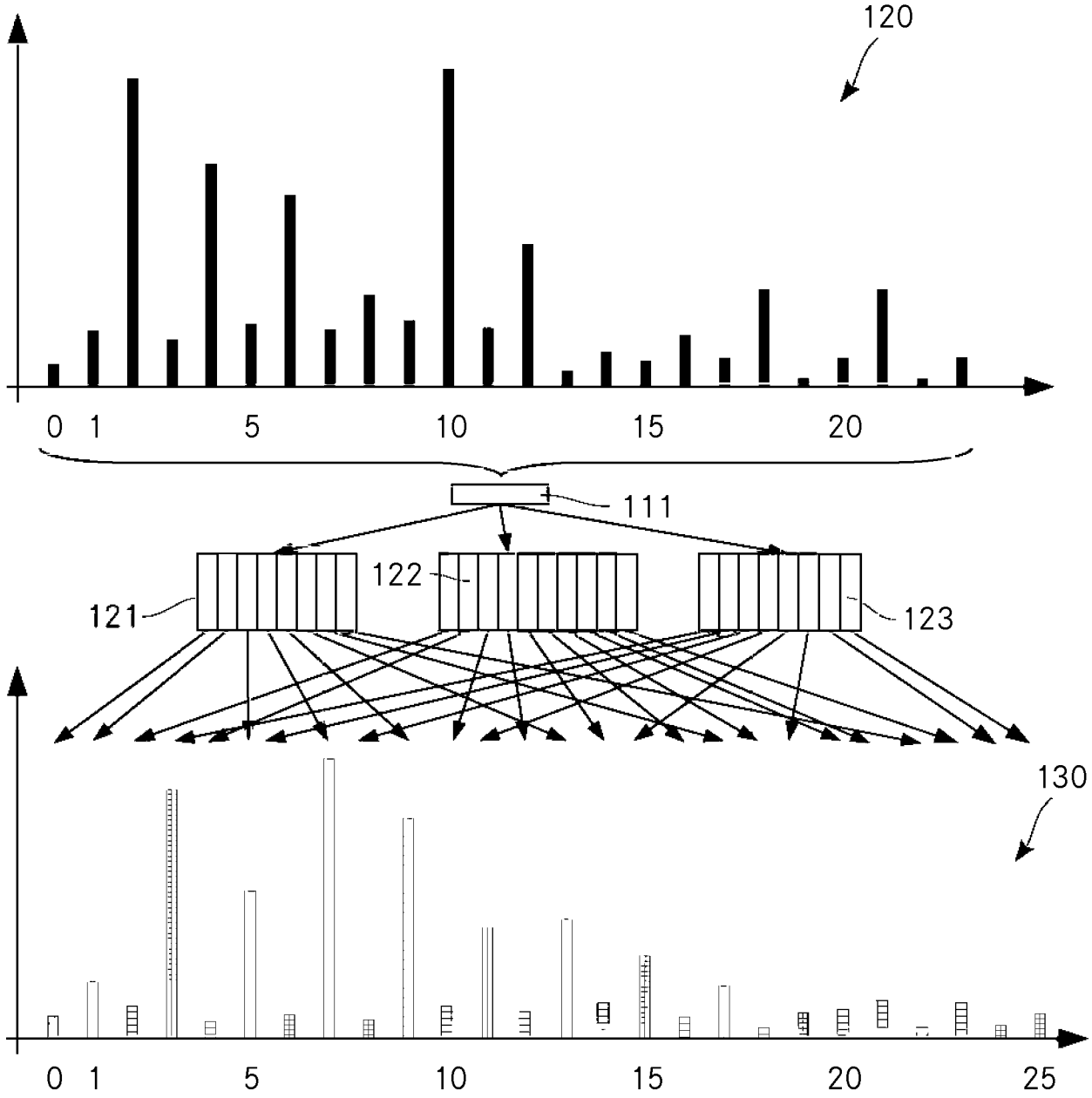


Fig. 3

VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT
AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

BERICHT ÜBER DIE RECHERCHE INTERNATIONALER ART

KENNZEICHNUNG DER NATIONALEN ANMELDUNG	AKTENZEICHEN DES ANMELDERS ODER ANWALTS
	28280 CH
Nationales Aktenzeichen 13902023	Anmeldedatum 12-12-2023
Anmeldeland CH	Beanspruchtes Prioritätsdatum
Anmelder (Name) BKW Energie AG	
Datum des Antrags auf eine Recherche Internationaler Art 28-03-2024	Nummer, die die internationale Recherchenbehörde dem Antrag auf eine Recherche internationaler Art zugeteilt hat SN86080

I. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (treffen mehrere Klassifikationssymbole zu, so sind alle anzugeben)

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPC) oder sowohl nach der nationalen Klassifikation als auch nach der IPC

Siehe Recherchenbericht

II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff

Klassifikationssystem	Klassifikationssymbole
IPC	Siehe Recherchenbericht

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

III. ☐ **EINIGE ANSPRÜCHE HABEN SICH ALS NICHT RECHERCHIERBAR ERWIESEN** (Bemerkungen auf Ergänzungsbogen)

IV. ☐ **MANGELNDE EINHEITLICHKEIT DER ERFINDUNG** (Bemerkungen auf Ergänzungsbogen)

Formblatt PCT/ISA 201 A (11/2000)

BERICHT ÜBER DIE RECHERCHE INTERNATIONALER ART

Nr. des Antrags auf Recherche
CH 13902023

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G01R31/62 G01H1/00
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G01R G01H

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 VERÖFFENTLICHUNGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 8 849 587 B1 (LIGHTLE NEAL FREDRICK [US] ET AL) 30. September 2014 (2014-09-30)	1-10, 12-16
Y	* Spalte 1, Zeilen 40-56 * * Spalte 3, Zeilen 38-63 * * Spalte 5, Zeilen 38-48 * * Spalte 5, Zeile 55 - Spalte 6, Zeile 7 * * Spalte 6, Zeilen 13-57 * * Spalte 7, Zeilen 50-56 *	11
X	WO 2022/042812 A1 (OKTO ACOUSTICS APS [DK]) 3. März 2022 (2022-03-03) * Seite 14, Zeile 11 - Seite 16, Zeile 11; Abbildung 5 *	1-16
Y	EP 2 409 398 B1 (EBERLE GMBH & CO KG A [DE]) 16. Januar 2013 (2013-01-16)	11
A	* Absätze [0008] - [0019] *	1-10, 12-16

☐ 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" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem 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 Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem 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 anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des tatsächlichen Abschlusses der Recherche internationaler Art	Absendedatum des Berichts über die Recherche internationaler Art
26. Juni 2024	

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Jedlicska, István

1

Formblatt PCT/ISA/201 (Blatt 2) (Januar 2004)

BERICHT ÜBER DIE RECHERCHE INTERNATIONALER ART

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Nr. des Antrags auf Recherche
CH 13902023

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 8849587	B1 30-09-2014	KEINE	
WO 2022042812	A1 03-03-2022	AU 2021332948 A1	04-05-2023
		BR 112023003651 A2	09-05-2023
		CA 3191288 A1	03-03-2022
		CL 2023000565 A1	29-09-2023
		EP 4204775 A1	05-07-2023
		JP 2023541233 A	29-09-2023
		US 2024103098 A1	28-03-2024
		WO 2022042812 A1	03-03-2022
EP 2409398	B1 16-01-2013	DE 102009014333 A1	30-09-2010
		EP 2409398 A2	25-01-2012
		WO 2010108473 A2	30-09-2010

Formblatt PCT/ISA/201 (Anhang Patentfamilie) (Januar 2004)