

19



LE GOUVERNEMENT  
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG  
Ministère de l'Économie

11

N° de publication :

LU505821

<https://patent.public.lu/fo-eregister/view/>

12

## BREVET D'INVENTION

B1

21

N° de dépôt: LU505821

51

 Int. Cl.:  
G01R 19/25, G01R 15/14

22

Date de dépôt: 18/12/2023

30

Priorité:

73

 Titulaire(s):  
PHOENIX CONTACT GMBH & CO. KG – 32825  
Blomberg (Deutschland)

43

Date de mise à disposition du public: 19/06/2025

72

 Inventeur(s):  
EMME Christoph – Deutschland

47

Date de délivrance: 19/06/2025

DX

Date d'expiration: 18/12/2043

74

 Mandataire(s):  
PHOENIX CONTACT GMBH & CO. KG –  
32825 Blomberg (Deutschland)

85

Date d'entrée en phase nationale:

86

N° de dépôt de la demande internationale:

54

**Vorrichtung zur Bereitstellung von digitalen Strommesswerten und System zur Verarbeitung von digitalen Strommesswerten.**

57

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung (10) und ein System (20) zur Bereitstellung von digitalen Strommesswerten, umfassend eine unterbrechungsfreie Strommesseinrichtung (100), die einen analogen Strommesswert einer Messung eines Wechselstroms bereitstellt, einer Datenübertragungskomponente (110) zum Senden und Empfangen von Datenübertragungssignalen, einer Recheneinheit (120) zur Steuerung der Datenübertragungskomponente (110), wobei die Recheneinheit (120) dazu ausgebildet ist, einen bearbeiteten digitalen Strommesswert auf Basis des analogen Strommesswerts als Datenübertragungssignale über die Datenübertragungskomponente (110) zum Senden bereitzustellen, und eine Stromversorgung (130), die von der Datenübertragungskomponente (110) elektrisch versorgt wird.

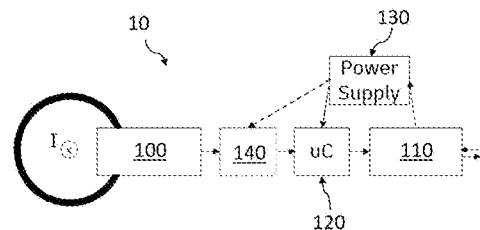


Fig. 1

**Vorrichtung zur Bereitstellung von digitalen Strommesswerten und System zur Verarbeitung von digitalen Strommesswerten** LU505821

5 Die vorliegende Erfindung betrifft das Bereitstellen von digitalen Strommesswerten zur weiteren maschinellen Verarbeitung. Dabei werden Strommesswerte durch unterbrechungsfreie Strommesseinrichtungen ermittelt, die zum Beispiel als Rogowski-Spule, als Hallsensor oder ähnliches ausgebildet sein können. Dabei werden die unterbrechungsfreien Strommesseinrichtungen so zur Strommessung angeordnet, dass die unterbrechungsfreien Strommesseinrichtungen die stromführenden Leiter und Elemente nicht unterbrechen. Dies ist insbesondere für die Leitung hoher Ströme von Vorteil.

10 Diese Strommesseinrichtungen liefern in der Regel schwache analoge Messsignale an weiterführende Bauteile, sodass zu deren sicherer und flexibler Handhabung entweder strikte Anordnungs- und Bauraumvorgaben einzuhalten sind und ergänzend oder alternativ eine Digitalwandlung der analogen Messsignale zur Weiterverarbeitung notwendig ist.

15 So ist bei der Weiterleitung von schwachen analogen Signalen neben der korrekten Erfassbarkeit der eigentlichen Signalgröße auch ein erhebliches Störpotential zum Beispiel durch elektromagnetische Einflüsse, Verbindungselementen oder ähnliches vorhanden. Diese elektromagnetischen Einflüsse, Übergangswiderstände und ähnliches können Störungen in die Leitung einkoppeln und so das Messsignal verfälschen. Entsprechende Schirmmaßnahmen sind in aller Regel kostenintensiv.

20 Nachteilig bei der Digitalumwandlung der analogen Messsignale nahe an der Messstelle ist die Notwendigkeit einer Bereitstellung einer eigenen Spannungsversorgung (Speisung) für die Digitalumwandlung und möglicher weiterer Bauteile, die für viele unterbrechungsfreie Strommesseinrichtungen als solche verzichtbar ist. So braucht zum Beispiel eine Rogowski-Spule keine eigene Spannungsversorgung zur Ermittlung der Strommesswerte, die von wenigen Ampere bis 25 einigen 1.000A reichen können.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zu Grunde, eine Vorrichtung und ein System bereitzustellen, bei dem die strikten Anordnungs- und Bauraumvorgaben von unterbrechungsfreien Strommesseinrichtungen und weiterführenden Bauteile gelockert wird ohne einer Bereitstellung zusätzlicher Spannungsversorgung (Speisung) zumindest für die übrigen Bauteile nahe der 30 Messstelle.

Die Aufgabe wird mit den Merkmalen jedes der unabhängigen Ansprüche gelöst. Zweckmäßige Ausgestaltungen und vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

35 Ausführungsbeispiele der Erfindung, die wahlweise miteinander kombinierbar sind, sind im Folgenden unter teilweiser Bezugnahme auf die Figuren offenbart. Insbesondere sind Merkmale, die im Kontext der Vorrichtung genannt sind, auch entsprechend im Verfahren realisierbar, beispielsweise durch einen Schritt des Bereitstellens des entsprechenden Merkmals oder durch einen Schritt des Ausführens einer Funktion der Vorrichtung. Ferner kann die Vorrichtung jedes im Kontext des Verfahrens genannte Merkmal umfassen und kann dazu ausgebildet sein, einen jeden im Kontext 40 des Verfahrens genannten Schritt auszuführen.

Ein erster Aspekt betrifft eine Vorrichtung zur Bereitstellung von digitalen Strommesswerten. Die Vorrichtung umfasst eine unterbrechungsfreie Strommesseinrichtung, die einen analogen Strommesswert einer Messung eines Wechselstroms bereitstellt. Weiter umfasst die Vorrichtung eine Datenübertragungskomponente zum Senden und Empfangen von Datenübertragungssignalen.

Ergänzend umfasst die Vorrichtung eine Recheneinheit zur Steuerung der Datenübertragungskomponente. Dabei ist die Recheneinheit dazu ausgebildet, einen bearbeiteten digitalen Strommesswert auf Basis des analogen Strommesswerts als Datenübertragungssignale über die Datenübertragungskomponente zum Senden bereitzustellen. Weiter umfasst die Vorrichtung eine Stromversorgung (Speisung), die von der Datenübertragungskomponente elektrisch versorgt wird.

Unterbrechungsfreie Strommesseinrichtungen können häufig nachträglich in einer Schaltung platziert und installiert werden, ohne eine Auftrennung oder Unterbrechung von elektrischen Leitern zu bewirken, deren Strom ermittelt werden soll. Dabei wird der Strom in der Regel berührungslos gemessen. Entsprechend kann eine Prüfung und ergänzend oder alternativ eine Zertifizierung der Schaltung vor der Anordnung der unterbrechungsfreien Strommesseinrichtung erfolgen. Weiter können typisch Ströme von ca. 100A bis mehrere tausend Ampere (zum Beispiel bis und größer als 10.000A) gemessen werden, ohne Bauteile in die stromführenden Elemente einzuschleifen. Bei vielen Bauformen einer unterbrechungsfreien Strommesseinrichtung muss lediglich der Leiter mit dem zu messenden Strom von der Einrichtung umfasst werden. Bekannte Beispiele sind eine Rogowski-Spule oder so genannte Stromwandler, die in geschlossener Ring-Ausführung oder auch in Klappausführung zur Verfügung stehen. Alternativ stehen auch Hallgeneratoren zur berührungslosen Strommessung zur Verfügung, die im Gegensatz zu der Rogowski-Spule mit einem Steuerstromkreis arbeiten.

Die digitalen Strommesswerte werden gemäß des gewählten Übertragungsstandards übermittelt, zum Beispiel im Ethernet-Format oder anderen vereinbarten Standards. Dabei kann ergänzend ein Erfassungszeitpunkt des Strommesswertes und alternativ oder ergänzend Daten zur Identifizierung und optional zur Parametrierung der Erfassungseinrichtung bei der Übermittlung der Strommesswerte mit umfasst sein. Sie können auch einen Hinweis auf einen Trigger enthalten, der die Erfassung des Strommesswertes veranlasst hat.

Eine Datenübertragungskomponente zum Senden und Empfangen von Datenübertragungssignalen kann zur drahtlosen Übertragung der Daten und alternativ oder ergänzend zur drahtbehafteten Übertragung von Daten ausgebildet sein. Drahtbehaftete Übertragung kann an Standards ausgerichtet sein, zum Beispiel als Feldbus. Bekannte Feldbusvarianten sind Interbus, Profibus, Profinet, Ethernet, EtherCAT, CAN-Bus und HART. Einige dieser Standards können eine Speisung der Datenübertragungskomponente umfassen. Dies kann zum Beispiel bei Ethernet der Fall sein (Power over Ethernet, PoE), wo in verschiedenen Energieklassen Leistungen bis zu 90Watt bereitgestellt werden, mit der die Datenübertragungskomponenten und gegebenenfalls weitere Komponenten gespeist werden können. Ergänzend können Datenübertragungskomponenten die Handhabung des jeweiligen Datenübertragungsprotokolls, die Kodierung und gegebenenfalls die Modulation der zu übertragenden Daten übernehmen. Datenübertragungskomponenten können auch einen Stand-By Modus integrieren, der nach einer vorgegebenen Inaktivitätszeit der Datenübertragung eingenommen werden kann. Der Stand-By Modus kann wieder verlassen werden auf Grund einer Signalisierung zur Übertragung anstehender Daten in zumindest eine Übertragungsrichtungen oder bei anderen Ereignissen.

Weiter können bei der Datenübertragungskomponente alternativ oder ergänzend auch drahtlose Übertragungsstandards eingesetzt werden, wobei die Stromversorgung der Vorrichtung ebenfalls drahtlos erfolgen kann. Dabei kann die Stromversorgung zum Beispiel als induktive Stromversorgung ausgebildet sein, die inzwischen erhebliche Verbreitung findet.

Die Recheneinheit kann als Mikroprozessor ausgebildet sein. Sie kann zugehörige Speicher und Ein-/Ausgabeschnittstellen umfassen. Sie kann einen Stand-By Modus umfassen zur Reduzierung ihres

Stromverbrauchs in solchen Phasen. Die Recheneinheit kann die übrigen Komponenten der Vorrichtung steuern, insbesondere die Datenübertragungskomponente, eine Stromversorgung und alternativ oder ergänzend einen Analog-Digitalwandler. Die Recheneinheit ist weiter dazu ausgebildet, einen bearbeiteten digitalen Strommesswert auf Basis des analogen Strommesswerts als Datenübertragungssignale über die Datenübertragungskomponente zum Senden bereitzustellen. Optional kann die Recheneinheit auch eine phasenweise Digitalisierung ermöglichen, wobei zwischen den Phasen auch eine analoge Übertragung des Strommesswertes möglich sein kann. Weiter kann die Recheneinheit einen Messzyklus mit Phasenlage der gemessenen Wechsellspannung/Wechselstrom synchronisieren, die zum Beispiel auf einer Stromschiene ermittelt werden. So kann für den Empfänger eine  $\cos(\phi)$ -Bestimmung und Wirkleistungsbestimmung ermöglicht werden.

Eine Stromversorgung speist die Komponenten der Vorrichtung. Dabei wird die Stromversorgung selbst von der Datenübertragungseinrichtung gespeist. Die Stromversorgung oder die Recheneinheit kann optional die Übertragungs-Stromversorgung der Datenübertragungseinrichtung parametrieren, zum Beispiel in Bezug auf die einzustellende Klasse der Übertragungs-Stromversorgung. Ihrerseits kann die Stromversorgung die verschiedenen Komponenten differenziert versorgen. So kann bezüglich der Versorgungsspannung, eines Stand-By Modus oder von Stromstärkeklassen eine individuelle oder gruppenbezogenen Unterscheidung der einzelnen gespeisten Komponenten oder Komponentengruppen einstellbar sein. Ein Ground-Signal der Stromversorgung kann als Referenzspannung bei der Digitalisierung der abgegriffenen Spannung genutzt werden. So kann eine Potenzialtrennung zwischen den meist mit dem Stromnetz verbundenen Leistungskreisen und der Steuerelektronik erreicht werden.

Die Vorrichtung kann eine permanente Erfassung und Speicherung der analogen Strommesswerte umfassen. Abweichend dazu können die daraus abgeleiteten digitalen Strommesswerte periodisch oder auf Anfrage übertragen werden und ergänzend oder alternativ dann, wenn der zugehörige Speicher voll ist. Weiter kann eine Übertragung bei abweichenden Messwerten veranlasst werden, wenn die Abweichung einen Schwellwert überschreitet. Optional kann die Vorrichtung einen Spannungsabgriff für Leistungsmessung umfassen.

Vorteilhaft kann so auf eine durch eine lokale Versorgungsspannung gespeiste Stromversorgung verzichtet werden, was eine Kosten- und Platzeinsparung bewirken kann. Insbesondere kann die Stromversorgung individualisiert auf die mögliche eigene Versorgung (Speisung) sowie die Versorgung der von ihr versorgten Komponenten der Vorrichtung eingerichtet werden.

In Ausführungsbeispielen kann die Strommessenrichtung als Rogowski-Spule, als Hallsensor, als Aufsteckstromwandler, als Rohrstab-Stromwandler oder als Wickelstromwandler ausgebildet sein.

Dabei ist die Rogowski-Spule vorteilhaft für einem nachträglichen Einbau in die Schaltung vorzusehen, da diese nicht verändert werden muss. Ein Hallsensor kann auch für die Messung von Gleichströmen eingesetzt werden. Ein Aufsteckstromwandler bietet eine platzsparende Realisierung einer unterbrechungsfreien Strommessenrichtung. Er kann sowohl als feststehender Ring als auch klappbar zur nachträglichen Montage in einer Schaltung ausgebildet sein. Rohrstab-Stromwandler eignen sich besonders für eine kompakte Bauweise. Wickelstromwandler eignen sich besonders für niedrige primäre Bemessungsstromstärken.

In anderen Ausführungsbeispielen kann die Vorrichtung einen Analog-Digital-Umsetzer umfassen, der zum Empfang des analogen Ausgangssignals der unterbrechungsfreien Strommessenrichtung ausgebildet ist. Der Analog-Digital-Umsetzer kann weiter ausgebildet sein, um einen digitalen Strommesswert zu erzeugen, der auf dem analogen Strommesswert basiert. Weiter kann die Stromversorgung dazu ausgebildet sein, den Analog-Digital-Umsetzer und alternativ oder ergänzend

die Recheneinheit elektrisch zu versorgen, wobei die Versorgung individuell auf den Analog-Digital-Umsetzer und die Recheneinheit einstellbar sein kann. Weiter kann die Stromversorgung einen Schlaf-Modus zumindest für den Analog-Digital-Umsetzer und alternativ oder ergänzend für die Recheneinheit umfassen. Dabei kann optional die Länge und alternativ oder ergänzend auch der Zeitpunkt der Schlaf-Modi für den Analog-Digital-Umsetzer und für die Recheneinheit voneinander abweichen. Weiter kann die Stromversorgung voneinander abweichende Spannungen für den Analog-Digital-Umsetzer und/oder die Recheneinheit bereitstellen.

Vorteilhaft kann so die Digitalisierung mit handelsüblichen Analog/Digital-Bauelementen erreicht werden bei gleichzeitiger größerer Freiheit in der Wahl der Typen, zum Beispiel in Bezug auf die Versorgungsspannung (Speisung) und deren Betrieb.

In Ausführungsbeispielen können die Strommesseinrichtung, der Analog-Digital-Umsetzer, die Datenübertragungskomponente, die Recheneinheit und die Stromversorgung in einem Gehäuse angeordnet sein. Ergänzend oder alternativ kann die Vorrichtung eine Spannungsmesseinrichtung in dem Gehäuse umfassen, deren Messwerte zusammen mit den Messwerten der Strommesseinrichtung bei einer Leistungsermittlung berücksichtigt werden können.

Das Gehäuse kann Befestigungselemente für Halteschienen aufweisen, die zum Beispiel in einem Schaltschrank montierbar sein können. Weiter kann das Gehäuse Signal- und ergänzend oder alternativ Einstellelemente umfassen, mit denen die Vorrichtung eine Signalisierung von zum Beispiel Betriebs- oder Fehlerzuständen vornehmen kann. Einstellelemente können als Schalter, zum Beispiel als DIP (Dual in-line Package) -Schalter ausgeführt sein. Die Spannungsmesseinrichtung kann dabei als berührende Komponente des Stromleiters, zum Beispiel der Stromschiene, ausgebildet sein. Diese Komponente kann mechanisch beweglich ausgeführt sein.

Vorteilhaft kann so eine robuste Handhabung der Vorrichtung insbesondere bei der Installation ermöglicht werden bei gleichzeitiger Identifizierung von Betriebsparametern im Einsatz.

In Ausführungsbeispielen kann die Datenübertragungskomponente als lokaler Netzwerkanschluss oder als entfernter Netzwerkanschluss ausgebildet sein. Als lokaler Netzanschluss kann sie zum Beispiel mit mehreren die digitalen Strommesswerte weiterverarbeitenden Komponenten auf einer Leiterplatte oder auf Leiterplatten eines Gehäuses angeordnet sein. Dabei kann der lokale Netzwerkanschluss oder der entfernte Netzwerkanschluss als drahtgebundener Netzwerkanschluss oder als kabelloser Netzwerkanschluss ausgebildet sein, wobei mit dem kabellosen Netzwerkanschluss auch eine kabellose Energieversorgung angeordnet ist. Der entfernte Netzwerkanschluss kann drahtgebunden ausgeführt sein und eine Stromversorgung der Vorrichtung umfassen. Er kann einem der bekannten Feldbusse entsprechen, die oben weiter detailliert sind.

Vorteilhaft können so die jeweils zweckmäßigsten Komponenten zum Einsatz kommen, was die Effektivität der Vorrichtung erhöht.

In anderen Ausführungsbeispielen kann der Netzwerkanschluss als Ethernet, Interbus, Profibus, Profinet, EtherCAT, CAN-Bus, HART oder zellulares Netzwerk ausgebildet sein. Optional kann die Recheneinheit zumindest ein erstes Protokoll des Netzwerkanschlusses oder ein weiteres Protokoll des Netzwerkanschlusses ausführen.

Das Ethernet ist eine Technik, die Software und Hardware für kabelgebundene Datennetze spezifiziert, welche ursprünglich für lokale Datennetze gedacht war. Sie ermöglicht den Datenaustausch in Form von Datenframes zwischen den in einem lokalen Netz angeschlossenen Geräten. Der Interbus ist ein Feldbussystem für einen breiten Einsatz in einem Unternehmen. Ein Interbus deckt verschiedene Applikationsbereiche ab, von Sensor/Aktor-Ebene in der Prozess-

Automatisierung bis zu Überwachungs-PCs. Der Profibus ist ein standardisiertes Bus-System für die industrielle Kommunikation und Datenübertragung, vor allem in der Automatisierungstechnik. Es ist ein Multi-Master-System, was bedeutet, dass mehrere Komponenten als Master die Kommunikationsabläufe steuern können. Das Profinet (PROFINET) ist der offene Industrial-Ethernet-Standard der PROFIBUS Nutzerorganisation. Für die Kommunikation werden international etablierte IT-Standards, wie TCP/IP, genutzt. EtherCAT ist ein Echtzeit-Ethernet. Das in IEC-Standard 61158 offengelegte Protokoll eignet sich für harte wie weiche Echtzeitanforderungen in der Automatisierungstechnik. Der CAN-Bus ist ein Bus-System mit einer Datenübertragungsgeschwindigkeit von bis zu 1 Mbit/s, der den seriellen Datenaustausch zwischen Steuergeräten ermöglicht. HART ist der globale Standard für das Senden und Empfangen digitaler Informationen über analoge 4-20-mA-Stromschleifen, die die überwiegende Mehrheit der Feldinstrumente mit verteilten Steuerungssystemen verbinden. Ein zelluläres Netzwerk ist eine Art von Kommunikationsnetz, das aus einer Reihe miteinander verbundener Zellen besteht, die jeweils Datenübertragungen senden und empfangen können. Dieser Netzwerktyp wird üblicherweise für Mobiltelefonnetze und andere drahtlose Netze verwendet.

Vorteilhaft können so die jeweils zweckmäßigsten Verfahren und Standards oder Quasistandards zum Einsatz kommen, was die Effektivität der Vorrichtung erhöht.

In weiteren Ausführungsbeispielen kann die Vorrichtung ein Triggersignal empfangen zum Erfassen des analogen Strommesswerts. Dabei kann die getriggerte Erfassung des Strommesswerts eine zusätzliche Erfassung in einem zeitlichen Erfassungsraster des Strommesswerts bilden. Alternativ kann die getriggerte Erfassung des Strommesswerts eine einzelne Erfassung des Strommesswerts sein. Weiter kann die getriggerte Erfassung des Strommesswerts der Beginn einer Erfassung in einem zeitlichen Erfassungsraster des Strommesswerts bilden. Das Triggersignal kann seinerseits einen Erfassungszeitpunkt für den analogen Strommesswert umfassen. Ergänzend oder alternativ kann ein Ausgabeformat des analogen Strommesswertes umfasst sein. Weiter ergänzend oder alternativ kann eine Skalierungsanweisung zum Erfassen des analogen Strommesswertes und ergänzend oder alternativ eine Kodierungsanweisung des analogen Strommesswertes umfasst sein.

Das Triggersignal kann von einer zentralen Empfangsvorrichtung der Strommesswerte übermittelt werden. Es kann dabei als gemäß dem genutzten Übertragungsstandard kodiertes Signal an die Vorrichtung übermittelt werden. Es kann eine Identifizierung umfassen, die zum Beispiel bei der Übermittlung des gemäß Triggersignal erfassten Strommesswertes wiederverwendet wird. Es kann auch in Abhängigkeit von Strommessungen von weiteren Vorrichtungen übermittelt werden. Weiter kann das Triggersignal eine Parametrierung der durchzuführenden Stromwertmessung umfassen, die die ergänzend zu den oben genannten Parameter-Einstellungen der Strommesseinrichtung umfassen kann.

Vorteilhaft kann so eine dynamische und flexible Steuerung der Strommesswerterfassung erreicht werden.

Ein zweiter Aspekt betrifft ein System zur Verarbeitung von digitalen Strommesswerten. Das System umfasst eine Vorrichtung gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung beziehungsweise deren Ausführungsbeispielen. Das System umfasst weiterhin eine Empfangsvorrichtung zum Empfang des bearbeiteten digitalen Strommesswertes. Die Empfangsvorrichtung führt eine weitere Verarbeitung des bearbeiteten digitalen Strommesswertes durch, die eine Ermittlung der mit der Strommesseinrichtung ermittelten Ströme umfasst.

Die Empfangsvorrichtung kann in einem für die Vorrichtung genutzten lokalen Netzwerk angeschlossen sein, zum Beispielen einem Ethernet-Netzwerk. Alternativ kann sie auch über eine zusätzliche Übertragungseinrichtung an die Vorrichtung angeschlossen sein, die ein zelluläres

Mobilfunknetz, eine Cloud oder dergleichen umfassen kann. So können die Vorrichtung und die Empfangseinrichtung voneinander abweichende Übertragungseinrichtungen nutzen. Alternativ kann die Empfangseinrichtung auch Bestandteil der Cloud sein. Die Verarbeitungsschritte der Empfangseinrichtung können Schwellwerte des Strommesswertes, eine Speicherung des Strommesswertes, eine Auswertung einer historischen Entwicklung des Strommesswertes und ähnliche Funktionen umfassen. Sie kann auch eine Rückmeldung an die Vorrichtung umfassen, die zum Beispiel eine Parametrierung des Strommesseinrichtung oder der Vorrichtung umfassen kann. Dies kann weiter eine Stand-By Anweisung an die Vorrichtung umfassen, den optional parametrisierten Trigger zu einer weiteren Strommessung, eine Anmeldeaufforderung oder -bestätigung der Vorrichtung und dergleichen mehr. Entsprechend ist die Empfangseinrichtung neben dem Empfang der digitalen Strommesswerte auch für den Empfang weiterer Signale der Vorrichtung ausgebildet. Weiter kann die Empfangseinrichtung auch Signale an weitere Einrichtungen übermitteln und von ihnen empfangen. Beispielsweise kann eine Über- oder Unterschreitung eines Schwellwertes eine Meldung an eine Wartungseinheit oder Steuereinheit auslösen, um zum Beispiel eine Störung anzuzeigen. Des Weiteren ist eine Funktionsänderung der Funktionen der Empfangseinrichtung möglich, zum Beispiel eine Anpassung an eine geänderte Vorrichtung, insbesondere deren Strommesseinrichtung.

Vorteilhaft kann so ein Teil der Verarbeitung aus der Vorrichtung in die Empfangseinrichtung verlegt werden und eine Flexibilisierung der Funktionen des Systems erreicht werden.

In Ausführungsbeispielen kann die Empfangsvorrichtung ausgebildet sein zum Empfang und zur Verarbeitung von zumindest eines weiteren bearbeiteten digitalen Strommesswerts einer weiteren Vorrichtung. Die Verarbeitung der Empfangsvorrichtung kann ein Ermitteln des mit der weiteren Strommesseinrichtung ermittelten weiteren Stroms umfassen.

Durch die Verbindung der Empfangsvorrichtung mit mehreren Vorrichtungen kann die Empfangsvorrichtung als zentrale Einrichtung wirken. Entsprechend können die von den verschiedenen Vorrichtungen empfangenen Messdaten (Strommesswerte) zueinander in Beziehung gesetzt werden. Davon abhängig kann an eine Steuerung der Vorrichtungen und ergänzend oder alternativ an weitere Einrichtungen außerhalb des Systems Signale übermittelt werden und deren Erwidern empfangen und ausgewertet werden. Eine Anordnung der Empfangsvorrichtung in der Cloud kann eine kostengünstige und flexible Ausgestaltung der Empfangseinrichtung sein.

Zum Beispiel kann die Ermittlung des Stroms in der Empfangsvorrichtung auf Basis des digitalen Strommesswertes eine Skalierung in Bezug auf die verschiedenen Strommesseinrichtungen umfassen. So können zum Beispiel verschiedene Typen von Rogowski-Spulen verschiedene analoge Strommesswerte für den gleichen zu messenden Strom erzeugen. Entsprechendes gilt für verschiedene Typen von Strommesseinrichtungen. Somit ist eine Weiterverarbeitung des digitalen Strommesswertes notwendig.

Vorteilhaft kann so der Funktionsumfang der Empfangseinrichtung erweitert werden und eine kostengünstige und flexible Realisierung erreicht werden.

In anderen Ausführungsbeispielen kann die Empfangsvorrichtung eine Software umfassen zur Isolierung von Anwendungen mit Hilfe von Containervirtualisierung. Diese kann optional als Docker Software in einem Softwarecontainer und alternativ oder ergänzend zur Ausführung in einer Cloud und alternativ oder ergänzend zur Ausführung in einer PLCnext Umgebung ausgebildet sein.

Containervirtualisierung umfasst ein Zusammenfassen von Softwarecode mit den für die Ausführung des Codes erforderlichen Betriebssystembibliotheken und Abhängigkeiten zu einer einzigen ausführbaren Datei, die als Container bezeichnet wird und in jeder Infrastruktur konsistent

ausgeführt werden kann. Entsprechend kann die Realisierung der Empfangseinrichtung als Container ohne weitere oder nur geringen Anpassungen in verschiedenen Umgebungen eingesetzt werden. Diese können zum Beispiel Clouds, Server, Rechner in lokalen Netzwerken oder ähnliche Einrichtungen umfassen. LU505821

- 5 Docker-Software ist eine freie Software zur Isolierung von Anwendungen mit Hilfe der Containervirtualisierung. Docker vereinfacht die Bereitstellung von Anwendungen, weil sich Container, die alle nötigen Pakete enthalten, leicht als Dateien transportieren und installieren lassen.

10 PLCnext ist ein Ökosystem für die industrielle Automatisierung bestehend aus offener Hardware, modularer Engineering-Software, globaler Community und digitalem Software-Marktplatz. Es wird von der Firma Phoenix Contact propagiert.

Vorteilhaft kann so die Erstellung der Empfangsvorrichtung beschleunigt werden und ihre Adaption an verschiedene Ökosysteme erleichtert werden.

15 In weiteren Ausführungsbeispielen kann die Empfangseinrichtung dazu ausgebildet sein, die erste Vorrichtung und die weitere Vorrichtung zu registrieren. In diesem Zusammenhang kann die Empfangseinrichtung dazu ausgebildet sein, der registrierten Vorrichtung oder der weiteren registrierten Vorrichtung das Triggersignal zu übermitteln. Weiter kann die Empfangseinrichtung dazu ausgebildet sein, eine Parametrierung des Triggersignals durchzuführen.

20 Eine Registrierung der Vorrichtung in der Empfangseinrichtung kann als einfache Anmeldung ausgebildet sein. Alternativ oder ergänzend kann die Registrierung Prüfungen und ergänzend oder alternativ Meldungen umfassen. Die Prüfungen kann eine Zulässigkeitsprüfung der Registrierung beinhalten, die zumindest einen der Aspekte Prüfung mit Listen (Black List, White List), Plausibilitätsprüfung oder Authentisierung umfasst. Die Prüfung kann auch einen Kontakt zu weiteren Einrichtungen außerhalb des Systems umfassen.

25 Das registrierungsbezogene Triggersignal kann parametrierbar sein, ähnlich wie das allgemeine Triggersignal, wie oben beschrieben.

30 Neben der Vorrichtung und der weiteren Vorrichtung können ergänzend viele weitere Vorrichtungen in der Empfangseinrichtung registriert werden. Dabei kann die Registrierung auch voneinander abweichende Eigenschaften der Vorrichtungen durch voneinander abweichende Registrierungsschritte berücksichtigen. Auch die Dokumentation voneinander abweichender Eigenschaften der Vorrichtungen kann als Teil der Registrierung ausgebildet sein.

Vorteilhaft kann so die Kopplung von Vorrichtung und Empfangseinrichtung gesteuert und dokumentiert werden, sodass unerwünschte Kopplungen unterbunden werden können.

In Ausführungsbeispielen kann das von der Vorrichtung und der weiteren Vorrichtung an der Empfangseinrichtung empfangene Datenübertragungssignal auf dem Triggersignal basieren.

35 Das Signal (Datenübertragungssignal) kann eine Vielzahl von Parametern umfassen und zum Beispiel alternativ oder in Ergänzung von durch das Triggersignal getriggerte digitale Strommesswerte Eigenschaften, Fehlermeldungen oder Zustandssignalisierungen der Vorrichtung umfassen.

Vorteilhaft kann so eine effiziente Signalisierung erreicht werden, die zusammenfassend eine Vielzahl von Informationen in einem Signal übermitteln kann.

40 In anderen Ausführungsbeispielen kann die weitere Vorrichtung eine Mehrzahl von weiteren Vorrichtungen umfassen. Die digitalen Strommesswerte der Vorrichtung und die digitalen Strommesswerte der weiteren Vorrichtungen können miteinander in Beziehung gesetzt werden.

Optional können in Ergänzung oder alternativ zu den digitalen Strommesswerten auch digitale Spannungsmesswerte der Vorrichtung und digitale Spannungsmesswerte der weiteren Vorrichtung miteinander in Beziehung gesetzt werden.

5 Das Erfassen beider Messwerttypen (digitaler Spannungsmesswert und digitaler Strommesswert) kann zu einer Leistungsmessung der Vorrichtung genutzt werden. Entsprechend können Schwellwerte oder historische Vergleiche oder dergleichen auch Leistungsaspekte umfassen. Die Leistung kann sowohl in der Vorrichtung als auch in der Empfangseinrichtung ermittelt und weiterverarbeitet werden.

10 Das miteinander in Beziehung setzen von Parametern (zum Beispiel der digitalen Strommesswerte) verschiedener Vorrichtungen schafft eine Datenbasis, aus der individuelle Abweichungen einzelner Vorrichtungen oder Gruppen von Vorrichtungen ermittelt werden können.

Vorteilhaft kann so die Messwertverarbeitung auf Vergleiche zwischen den verschiedenen Vorrichtungen ausgedehnt werden, die eine verbesserte Steuerung, Fehlererkennung und Wartungsnotwendigkeitsprognose ermöglichen.

15 In weiteren Ausführungsbeispielen kann die Empfangseinrichtung zumindest eine Anomalie-Erkennung des bearbeiteten digitalen Strommesswertes und ergänzend oder alternativ des bearbeiteten Spannungsmesswertes umfassen. Die Anomalie-Erkennung kann pro Vorrichtung und ergänzend oder alternativ für die Zusammenschau der Vorrichtung und die weitere Vorrichtung ausgebildet sein.

20 Eine Anomalieerkennung unterscheidet sich von einer Fehlermeldung dadurch, dass die Vorrichtung noch im vorgesehenen Bereich arbeitet und entsprechend Messwerte liefert, die aber von den Messwerten einer Mehrzahl von Vorrichtungen charakteristisch abweichen. Diese Abweichungen können von einer schleichenden Verschlechterung der Bauteile der Vorrichtung verursacht sein und somit eine Fehlinformation übermitteln, die ohne Vergleich mit den anderen Messwerten anderer  
25 Vorrichtungen nicht entdeckbar sind.

Vorteilhaft kann eine Verbesserung der Funktionsüberwachung der Vorrichtungen erreicht werden.

In Ausführungsbeispielen kann die Anomalie-Erkennung auf Algorithmen für künstliche Intelligenz (KI) basieren.

30 Künstliche Intelligenz (KI) zeichnet sich durch eigenes Lernvermögen aus, basierend auf bereitgestellten Trainingsdaten. Entsprechend kann zum Beispiel die Anomalieerkennung durch KI verbessert werden, indem erkannte und bewertete Abweichungen einzelner Vorrichtungen oder Gruppen von Vorrichtungen im Kontext der Trainingsdaten bewertet werden. So können zum Beispiel Anomalieklassen gebildet werden, die mit weiteren Parametern versehen zu verschiedenen Reaktionen führen können. Als Beispiel kann eine Temperatur- oder Druckabhängigkeit der  
35 Strommesseinrichtungen zu Abweichungen an bestimmten Orten zu bestimmten Zeiten oder anderen Parametern erkannt werden, was auch zu gezielten Korrekturen einiger digitaler Messwerte führen kann. Auch eine vorausschauende Wartung (fachsprachlich: Predictive Maintenance) kann auf den KI-Aussagen basieren.

40 Vorteilhaft kann so eine Verfeinerung einer sich stets verbessernden Einschätzung der Betriebsbereitschaft der einzelnen Vorrichtungen erreicht werden, was auch die zumindest temporäre Veränderung der Messwerte umfassen kann.

Nachfolgend wird die Erfindung unter Bezugnahme auf die anliegenden Zeichnungen anhand bevorzugter Ausführungsformen, die wahlweise miteinander kombinierbar sind, näher erläutert.

Es zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung der Vorrichtung zur Bereitstellung von digitalen Strommesswerten,
- 5 Fig. 2 eine schematische Darstellung eines Gehäuses einer Strommesseinrichtung in einer ersten Ausführungsform,
- Fig. 3A eine schematische Darstellung einer Datenübertragungskomponente in einer ersten Ausführungsform,
- 10 Fig. 3B eine schematische Darstellung einer Datenübertragungskomponente in einer zweiten Ausführungsform,
- Fig. 4 eine schematische Darstellung eines Systems zur Verarbeitung von digitalen Strommesswerten,
- Fig. 5 eine schematische Darstellung eines Systems zur Verarbeitung von digitalen Strommesswerten in einer ersten Ausführungsform,
- 15 Fig. 6 eine schematische Darstellung eines Systems zur Verarbeitung von digitalen Strommesswerten in einer zweiten Ausführungsform.

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung der Vorrichtung 10 zur Bereitstellung von digitalen Strommesswerten. Die Vorrichtung 10 zur Bereitstellung von digitalen Strommesswerten umfasst eine unterbrechungsfreie Strommesseinrichtung 100, die einen analogen Strommesswert einer

20 Messung eines Wechselstroms bereitstellt. Weiter umfasst die Vorrichtung eine Datenübertragungskomponente 110 zum Senden und Empfangen von Datenübertragungssignalen und eine Recheneinheit 120 zur Steuerung der Datenübertragungskomponente 110. Die Pfeile an der Datenübertragungskomponente 110 stehen für den Datenaustausch mit anzuschließenden Netzwerken oder dergleichen. Die Recheneinheit 120 ist dazu ausgebildet, einen bearbeiteten

25 digitalen Strommesswert auf Basis des analogen Strommesswerts als Datenübertragungssignale über die Datenübertragungskomponente 110 zum Senden bereitzustellen. Weiter umfasst die Vorrichtung eine Stromversorgung 130, die von der Datenübertragungskomponente elektrisch versorgt wird.

Die unterbrechungsfreie Strommesseinrichtung 100 kann zum Beispiel als Rogowski-Spule, als Hallsensor, als Aufsteckstromwandler, als Rohrstab-Stromwandler oder als Wickelstromwandler

30 ausgebildet sein.

Die Vorrichtung kann einen Analog-Digital-Umsetzer 140 umfassen, der zum Empfang des analogen Ausgangssignals der unterbrechungsfreien Strommesseinrichtung 100 ausgebildet ist, wobei der Analog-Digital-Umsetzer 140 weiter ausgebildet sein kann, einen digitalen Strommesswert zu erzeugen. Die Stromversorgung 130 ist dann dazu ausgebildet, den Analog-Digital-Umsetzer 140 und

35 die Recheneinheit 120 elektrisch zu versorgen, also die Versorgungsspannung (Speisung) für den Analog-Digital-Umsetzer 140 und die Recheneinheit 120 bereitzustellen.

Dabei kann die Stromversorgung 130 einen Schlaf-Modus umfassen für den Analog-Digital-Umsetzer 140 und ergänzend oder alternativ für die Recheneinheit 120. Alternativ oder ergänzend kann die Stromversorgung 130 voneinander abweichende Spannungen für den Analog-Digital-Umsetzer 140

40 und/oder die Recheneinheit 120 bereitstellen. Optional kann die Länge der Schlaf-Modi für den Analog-Digital-Umsetzer und/oder die Recheneinheit voneinander abweichen.

Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung eines Gehäuses 150 einer unterbrechungsfreien Strommesseinrichtung 100 in einer ersten Ausführungsform. Die unterbrechungsfreie Strommesseinrichtung 100, der optionale Analog-Digital-Umsetzer 140 (ADC), die Datenübertragungskomponente 110 (hier als Ethernet dargestellt), die Recheneinheit 120 ( $\mu\text{C}$ ), und die Stromversorgung 130 (Power Supply) sind in einem Gehäuse 150 angeordnet. Die Vorrichtung 10 kann optional eine Spannungsmesseinrichtung (nicht gezeigt) in dem Gehäuse umfassen, deren Messwerte zusammen mit den Messwerten der unterbrechungsfreien Strommesseinrichtung 100 bei einer Leistungsermittlung berücksichtigt werden.

Fig. 3A zeigt eine schematische Darstellung einer Datenübertragungskomponente 110 der Vorrichtung 10 in einer ersten Ausführungsform. Die Datenübertragungskomponente 110 ist als lokaler Netzwerkanschluss oder als entfernter Netzwerkanschluss ausgebildet. Der lokale Netzwerkanschluss oder der entfernte Netzwerkanschluss ist als drahtgebundener Netzwerkanschluss 180 ausgebildet.

Dabei kann der drahtgebundene Netzwerkanschluss 180 als Ethernet, Interbus, Profibus, Profinet, Ethernet, EtherCAT, CAN-Bus, HART ausgebildet sein. Optional kann die Recheneinheit 120 zumindest ein erstes Protokoll 160 des drahtgebundenen Netzwerkanschlusses 180 oder ein weiteres Protokoll 165 des drahtgebundenen Netzwerkanschlusses 180 ausführen.

Weiter optional kann die Vorrichtung 10 ein Triggersignal 170 empfangen zum Erfassen des analogen Strommesswertes. Optional kann das Triggersignal einen Erfassungszeitpunkt für den analogen Strommesswert und ergänzend oder alternativ ein Ausgabeformat des analogen Strommesswertes umfassen. Ergänzend oder alternativ kann eine Skalierungsanweisung zum Erfassen des analogen Strommesswertes und darüber hinaus ergänzend oder alternativ eine Kodierungsanweisung des analogen Strommesswertes umfasst sein.

Fig. 3B zeigt eine schematische Darstellung einer Datenübertragungskomponente 110 der Vorrichtung 10 in einer zweiten Ausführungsform. Dabei unterscheidet sich Figur 3B von Figur 3A dadurch, dass an Stelle des drahtgebundenen Netzwerkanschlusses 180 der kabellose Netzwerkanschluss 190 tritt. Dieser kann zum Beispiel als Anschluss an ein zelluläres Mobilfunknetz (zum Beispiel ein 5G Netzwerk) oder an ein WLAN-Netz ausgebildet sein. Die übrigen Merkmale sind identisch zu Fig. 3A.

Fig. 4 zeigt eine schematische Darstellung eines Systems 20 zur Verarbeitung von digitalen Strommesswerten. Dies umfasst die Vorrichtung 10 gemäß des ersten Aspekts und optional einen oder mehrere seiner Ausführungsbeispiele. Weiter umfasst das Systems 20 eine Empfangsvorrichtung 30 zum Empfang des bearbeiteten digitalen Strommesswertes, wobei in der Empfangsvorrichtung 30 eine weitere Verarbeitung des bearbeiteten digitalen Strommesswertes durchgeführt wird. Die weitere Verarbeitung umfasst eine Ermittlung der mit der Strommesseinrichtung ermittelten Ströme.

Die Signalisierung zwischen der Vorrichtung 10 und der Empfangsvorrichtung 30 kann über ein oder mehrere Entitäten geführt werden, zum Beispiel über eine Cloud 330 oder ergänzend oder alternativ über eine PLCnext (Produktname der Firma Phoenix Contact) Umgebung 340.

Fig. 5 zeigt eine schematische Darstellung eines Systems 20 zur Verarbeitung von digitalen Strommesswerten in einer ersten Ausführungsform. Gezeigt ist die Empfangsvorrichtung 30, die ausgebildet ist zum Empfang und zur Verarbeitung eines bearbeiteten digitalen Strommesswertes der Vorrichtung 15 und zumindest einem weiteren bearbeiteten digitalen Strommesswert einer weiteren Vorrichtung 15. Die Verarbeitung umfasst ein Ermitteln des mit der Strommesseinrichtung 100

ermittelten Stroms und ein Ermitteln des von der weiteren Strommesseinrichtung 100 ermittelten weiteren Stroms.

Optional umfasst die Empfangsvorrichtung 30 eine Software 310 zur Isolierung von Anwendungen mit Hilfe von Containervirtualisierung, die optional als Docker Software in einem Softwarecontainer ausgeführt sein kann. Alternativ oder ergänzend kann die Ausführung der Software in einer Cloud 330 und/oder zur Ausführung in einer PLCnext Umgebung 340 angeordnet sein (nicht gezeigt). Die Signalisierung zwischen der Vorrichtung 10 und der Empfangsvorrichtung 30 kann über eine oder mehrere Entitäten geführt werden, zum Beispiel über eine Cloud 330 und ergänzend oder alternativ über eine PLCnext (Produktname der Firma Phoenix Contact) Umgebung 340.

Fig. 6 zeigt eine schematische Darstellung eines Systems 20 zur Verarbeitung von digitalen Strommesswerten in einer zweiten Ausführungsform. Diese umfasst die Empfangseinrichtung 30, die ausgebildet ist, die erste Vorrichtung 10 und die weitere Vorrichtung 15 zu registrieren 320. Weiter ist die Empfangseinrichtung 30 ausgebildet, der registrierten Vorrichtungen 10 oder der weiteren registrierten Vorrichtung 15 ein Triggersignal 170 zu übermitteln. Optional kann die Empfangseinrichtung 30 dazu ausgebildet sein, eine Parametrierung des Triggersignals 170 (nicht gezeigt) durchzuführen.

Ergänzend kann das von der Vorrichtung 10 und der weiteren Vorrichtung 15 an der Empfangseinrichtung 30 empfangene Datenübertragungssignal auf dem Triggersignal 170 basieren (nicht gezeigt). Weiter ergänzend kann die weitere Vorrichtung 15 eine Mehrzahl von weiteren Vorrichtungen 15 umfassen (nicht gezeigt). Somit können die digitalen Strommesswerte der Vorrichtung 10 und die digitalen Strommesswerte der weiteren Vorrichtungen 15 miteinander in Beziehung gesetzt werden (nicht gezeigt). Optional können auch die digitalen Spannungsmesswerte der Vorrichtung 10 und die digitalen Spannungsmesswerte der weiteren Vorrichtungen 15 miteinander in Beziehung gesetzt werden.

Weiter optional kann die Empfangseinrichtung 30 eine Anomalie-Erkennung 350 des bearbeiteten digitalen Strommesswertes umfassen. Die Anomalie-Erkennung 350 kann pro Vorrichtung 10, 15 und ergänzend oder alternativ für die Zusammenschau der Vorrichtung 10 und der weiteren Vorrichtung(en) 15 ausgebildet sein.

Schließlich kann die Anomalie-Erkennung 350 auf Algorithmen für künstliche Intelligenz basieren (nicht gezeigt).

Mit anderen Worten kann die Erfindung wie folgt beschrieben werden: Bekannt ist, dass herkömmliche Rogowski-Spulen als Sensoren für Wechselstrom im AC-Bereich eingesetzt werden. Die herkömmliche Rogowski-Spule besitzt einen Spannungsausgang und wird als Sensor an zum Beispiel Energiezählern oder Strommessgeräten angeschlossen. Dabei ist die Eingangsgröße der Wechselstrom in dem von der Rogowski-Spule umschlossenen Leiter. Dieser kann zwischen 0A und 10.000A und mehr sein. Die Ausgangsgröße ist eine dem Eingangsstrom entsprechende Spannung. In Ausführungsformen (zum Beispiel der PACT RCP-D95 von PHOENIX CONTACT) entspricht ein der Ausgangsspannung entsprechender 100mA Ausgangsstrom (dem analogen Strommesswert) einem Eingangsstrom von 1000A. Der analoge Spannungswert muss von einer als Gerät ausgeführten Auswerteeinheit (zum Beispiel der EMpro von PHOENIX CONTACT) durch einen Analog-Digitalwandler 140 (ADC) abgetastet und digitalisiert werden. Dabei muss der Auswerteeinheit bekannt sein, welches Teilungsverhältnis für die Rogowski-Spule relevant ist.

Die Daten der erfinderischen Rogowski-Spule (Ausführungsbeispiel der Vorrichtung 10) können direkt als digitale Werte zur Verfügung gestellt werden. Dann braucht die bisher verwendete Auswerteeinheit vorteilhaft keine Kenntnisse mehr über das Teilungsverhältnis der eingesetzten

Rogowski-Spule als solche (Strommeseinrichtung 100) haben. Eine entsprechende Umwandlung in der Auswerteeinheit entfällt. Die erfinderische Rogowski-Spule (Ausführungsbeispiel der Vorrichtung 10) könnte zum Beispiel einen 64bit Wert zur Verfügung stellen unter Berücksichtigung des Teilungsverhältnisses. Außerdem entfällt die Beschränkung der Messkanäle auf eine maximale Anzahl von Rogowski-Spulen oder dergleichen durch die Auswerteeinheit, da die digitalen Werte (digitalen Strommesswerte) über ein Kommunikationsprotokoll auch von vielen erfinderischen Rogowski-Spulen (Ausführungsbeispiel der Vorrichtungen 10) abgeholt werden können. Zusätzlich entfällt die Notwendigkeit einer physischen Präsenz einer Auswerteeinheit. Die Auswertung der digitalen Messwerte kann geografisch entfernt durchgeführt werden, zum Beispiel in einem Cloudservice (Empfangsvorrichtung 30).

Erfinderisch wird in einem Ausführungsbeispiel die auswertende Elektronik mit einem hochauflösenden Analog-Digital-Umsetzer 140 (ADC) direkt im Gehäuse der Rogowski-Spule eingebaut. Der durch den ADC digitalisierte Wert wird durch eine Recheneinheit 120 verarbeitet und auf zum Beispiel einer Ethernet Schnittstelle (110 Datenübertragungskomponente) für Ethernet-fähige Protokolle zur Verfügung gestellt. Die Spannungsversorgung (lokale Speisung) wird ebenfalls über die Ethernet-Schnittstelle mit einer Speisung aus dem Ethernet (fachsprachlich Power over Ethernet Protokoll (PoE)) abgehandelt, wobei die PoE-Speisung eine interne Stromversorgung 130 speist. Die Elektronik (Datenübertragungskomponente 110, Recheneinheit 120, Stromversorgung 130, Analog-Digital-Umsetzer 140) muss der Umgebung angepasst gegen EMV (elektromagnetisch Verträglichkeit) -Einflüsse geschirmt werden.

Ausführungsbeispiele der erfinderischen Vorrichtung 10 und des erfinderischen Systems 20 umfassen einen Power Save Mode, bei dem Teile der Vorrichtung 10 oder die gesamte Vorrichtung 10 vorübergehend in einen Stand-By Modus versetzt werden kann. Der Stand-By Modus kann durch ein Wecksignal eines Timerablaufs beendet werden. Weiter ist ein Aushandeln einer Ethernet (PoE) Energie-Klasse von mehreren Energieklassen zur Versorgung der Vorrichtung 10 möglich.

Vorteilhaft ergeben sich durch die Erfindung ein deutlich verringerter Verkabelungsaufwand zusammen mit Einsparung von separaten Geräten (Auswerteeinheiten, zum Beispiel EMpro), eine Verringerung des CO<sub>2</sub> Ausstoßes bei Herstellung und Betrieb von Vorrichtung 10 und System 30, eine Verringerung der Ausfallwahrscheinlichkeit (fachsprachlich Mean Time To Failure (MTTF)) sowie die Verbindbarkeit mit überlagertem System, zum Beispiel Leit- oder Wartungsrechnern.

Weiter ergibt sich die Möglichkeit einer Im-Voraus-Wartung (fachsprachlich Predictive-Maintenance). Das ist eine Vorhersage, die insbesondere Fehler- oder Ausfallvorhersagen treffen kann. Dies kann auf Basis von Summenfunktion des gesamte Systems 20 einschließlich seiner Mehrzahl von Vorrichtungen 10 erfolgen. In Ausführungsformen können die Predictive-Maintenance-Ergebnisse auch zur Parametrierung der Vorrichtungen 10 und ergänzend oder alternativ des Systems 20 führen. Beispielhaft kann bei Temperaturabweichungen einzelner Vorrichtungen gegenüber einem Durchschnitt der Vorrichtungen die Stand-By Zeit der betroffenen Vorrichtungen 10 verlängert werden. Alternativ oder in Kombination mit den Stand-By Zeiten können die Zeiträume zwischen Triggerimpulsen 170 vergrößert werden. Auch kann für vergleichbare Systeme 20 eine Voreinstellung für deren Arbeitsbereiche auf Basis der Predictive-Maintenance-Ergebnisse erreicht werden (fachsprachlich TeachIn Mode).

Obwohl die Erfindung in Bezug auf exemplarische Ausführungsbeispiele beschrieben worden ist, ist für Fachkundige ersichtlich, dass verschiedene Änderungen vorgenommen werden können und Äquivalente als Ersatz verwendet werden können. Ferner können viele Modifikationen vorgenommen werden, um eine bestimmte Einbausituation oder eine bestimmte Schaltungsanordnung an die Lehre der Erfindung anzupassen. Folglich ist die Erfindung nicht auf die

offenbarten Ausführungsbeispiele beschränkt, sondern umfasst alle Ausführungsbeispiele, die in den LU505821 Bereich der beigefügten Patentansprüche fallen.

**Bezugszeichen**

	10	Vorrichtung
	15	Weitere Vorrichtung
5	20	System
	30	Empfangsvorrichtung
	100	Unterbrechungsfreie Strommesseinrichtung
	110	Datenübertragungskomponente
	120	Recheneinheit
10	130	Stromversorgung
	140	Analog-Digital-Umsetzer
	150	Gehäuse
	160	Erstes Protokoll
	165	Weiteres Protokoll
15	170	Triggersignal
	180	Drahtgebundener Netzwerkanschluss
	190	Kabelloser Netzwerkanschluss
	310	Software
	320	Registrierung
20	330	Cloud
	340	PLCnext Umgebung
	350	Anomalie-Erkennung

**Ansprüche**

LU505821

1. Vorrichtung (10) zur Bereitstellung von digitalen Strommesswerten, umfassend:
- 5 eine unterbrechungsfreie Strommesseinrichtung (100), die einen analogen Strommesswert einer Messung eines Wechselstroms bereitstellt,
- einer Datenübertragungskomponente (110) zum Senden und Empfangen von Datenübertragungssignalen,
- 10 einer Recheneinheit (120) zur Steuerung der Datenübertragungskomponente (110), wobei die Recheneinheit (120) dazu ausgebildet ist, einen bearbeiteten digitalen Strommesswert auf Basis des analogen Strommesswerts als Datenübertragungssignale über die Datenübertragungskomponente (110) zum Senden bereitzustellen, und
- eine Stromversorgung (130), die von der Datenübertragungskomponente (110) elektrisch versorgt wird.
2. Vorrichtung (10) gemäß Anspruch 1,
- 15 wobei die Strommesseinrichtung (100) als Rogowski-Spule, als Hallsensor, als Aufsteckstromwandler, als Rohrstab-Stromwandler oder als Wickelstromwandler ausgebildet ist.
3. Vorrichtung (10) gemäß Anspruch 1 oder 2,
- wobei die Vorrichtung (10) einen Analog-Digital-Umsetzer (140) umfasst, der zum Empfang des analogen Ausgangssignals der unterbrechungsfreien Strommesseinrichtung (100) ausgebildet ist,
- 20 wobei der Analog-Digital-Umsetzer (140) weiter ausgebildet ist, einen digitalen Strommesswert zu erzeugen,
- wobei die Stromversorgung (130) ausgebildet ist, den Analog-Digital-Umsetzer (140) und die Recheneinheit (120) elektrisch zu versorgen, und/oder
- wobei die Stromversorgung einen Schlaf-Modus zumindest für den Analog-Digital-Umsetzer
- 25 und/oder die Recheneinheit umfasst, und/oder
- wobei die Stromversorgung voneinander abweichende Spannungen für den Analog-Digital-Umsetzer und/oder die Recheneinheit bereitstellt, optional
- wobei die Länge der Schlaf-Modi für den Analog-Digital-Umsetzer und/oder die Recheneinheit voneinander abweichen.
- 30 4. Vorrichtung (10) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3,
- wobei die Strommesseinrichtung (100), der Analog-Digital-Umsetzer (140), die Datenübertragungskomponente (110), die Recheneinheit (120) und die Stromversorgung (130) in einem Gehäuse (150) angeordnet sind und/oder
- wobei die Vorrichtung (10) eine Spannungsmesseinrichtung in dem Gehäuse umfasst, deren
- 35 Messwerte zusammen mit den Messwerten der Strommesseinrichtung (100) bei einer Leistungsermittlung berücksichtigt wird.

5. Vorrichtung (10) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4,  
wobei die Datenübertragungskomponente (110) als lokaler Netzwerkanschluss oder als entfernter Netzwerkanschluss ausgebildet ist, und wobei der lokale Netzwerkanschluss oder der entfernte Netzwerkanschluss als drahtgebundener Netzwerkanschluss (180) oder als kabelloser Netzwerkanschluss (190) ausgebildet ist.
6. Vorrichtung (10) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5,  
wobei der Netzwerkanschluss als Ethernet, Interbus, Profibus, Profinet, Ethernet, EtherCAT, CAN-Bus, HART oder zelluläres Netzwerk ausgebildet ist, optional  
wobei die Recheneinheit (120) zumindest ein erstes Protokoll (160) des Netzwerkanschlusses oder ein weiteres Protokoll (165) des Netzwerkanschlusses ausführt.
7. Vorrichtung (10) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6,  
wobei die Vorrichtung (10) ein Triggersignal (170) empfängt zum Erfassen des analogen Strommesswerts, optional  
wobei das Triggersignal (170) einen Erfassungszeitpunkt für den analogen Strommesswert und/oder ein Ausgabeformat des analogen Strommesswertes und/oder eine Skalierungsanweisung zum Erfassen des analogen Strommesswertes und/oder eine Kodierungsanweisung des analogen Strommesswertes umfasst.
8. System (20) zur Verarbeitung von digitalen Strommesswerten, umfassend:  
eine Vorrichtung (10) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, und  
eine Empfangsvorrichtung (30) zum Empfang des bearbeiteten digitalen Strommesswertes, wobei die Empfangsvorrichtung (30) dazu ausgebildet ist, eine weitere Verarbeitung des bearbeiteten digitalen Strommesswertes durchzuführen, und wobei die weitere Verarbeitung eine Ermittlung der mit der Strommesseinrichtung ermittelten Ströme umfasst.
9. System (20) gemäß Anspruch 8,  
wobei die Empfangsvorrichtung (30) ausgebildet ist zum Empfang und zur Verarbeitung von zumindest eines weiteren bearbeiteten digitalen Strommesswertes einer weiteren Vorrichtung (15), wobei die Verarbeitung ein Ermitteln des mit der weiteren Strommesseinrichtung ermittelten weiteren Stroms umfasst.
10. System (20) gemäß einem der Ansprüche 8 und 9,  
wobei die Empfangsvorrichtung (30) eine Software (310) umfasst zur Isolierung von Anwendungen mit Hilfe von Containervirtualisierung, optional als Docker-Software in einem Softwarecontainer, und/oder zur Ausführung in einer Cloud (330) und/oder zur Ausführung in einer Umgebung (340) einer speicherprogrammierbaren Steuerung.
11. System (20) gemäß einem der Ansprüche 8 bis 10,  
wobei die Empfangseinrichtung (30) dazu ausgebildet ist, die erste Vorrichtung (10) und die weitere Vorrichtung (15) zu registrieren (320),  
wobei die Empfangseinrichtung (30) ausgebildet ist, der registrierten Vorrichtung (10) oder der weiteren registrierten Vorrichtung (15) das Triggersignal (170) zu übermitteln, optional

wobei die Empfangseinrichtung (30) dazu ausgebildet ist, eine Parametrierung des Triggersignals (170) durchzuführen.

12. System (20) gemäß einem der Ansprüche 8 bis 11,

5 wobei das von der Vorrichtung (10) und der weiteren Vorrichtung (15) an der Empfangseinrichtung (30) empfangene Datenübertragungssignal auf dem Triggersignal (170) basiert.

13. System (20) gemäß einem der Ansprüche 8 bis 12,

wobei die weitere Vorrichtung (15) eine Mehrzahl von weiteren Vorrichtungen (15) umfasst,

wobei die digitalen Strommesswerte der Vorrichtung (10) und die digitalen Strommesswerte der weiteren Vorrichtung (15) miteinander in Beziehung gesetzt werden, optional

10 wobei die digitalen Spannungsmesswerte der Vorrichtung (10) und die digitalen Spannungsmesswerte der weiteren Vorrichtung (15) miteinander in Beziehung gesetzt werden.

14. System (20) gemäß einem der Ansprüche 8 bis 13,

15 wobei die Empfangseinrichtung (30) zumindest eine Anomalie-Erkennung (350) des bearbeiteten digitalen Strommesswertes umfasst, wobei die Anomalie-Erkennung (350) pro Vorrichtung (10, 15) und /oder für die Zusammenschau der Vorrichtung (10) und die weitere Vorrichtung (15) ausgebildet ist.

15. System (20) nach Anspruch 14,

wobei die Anomalie-Erkennung (350) auf Algorithmen für maschinelles Lernen basiert.

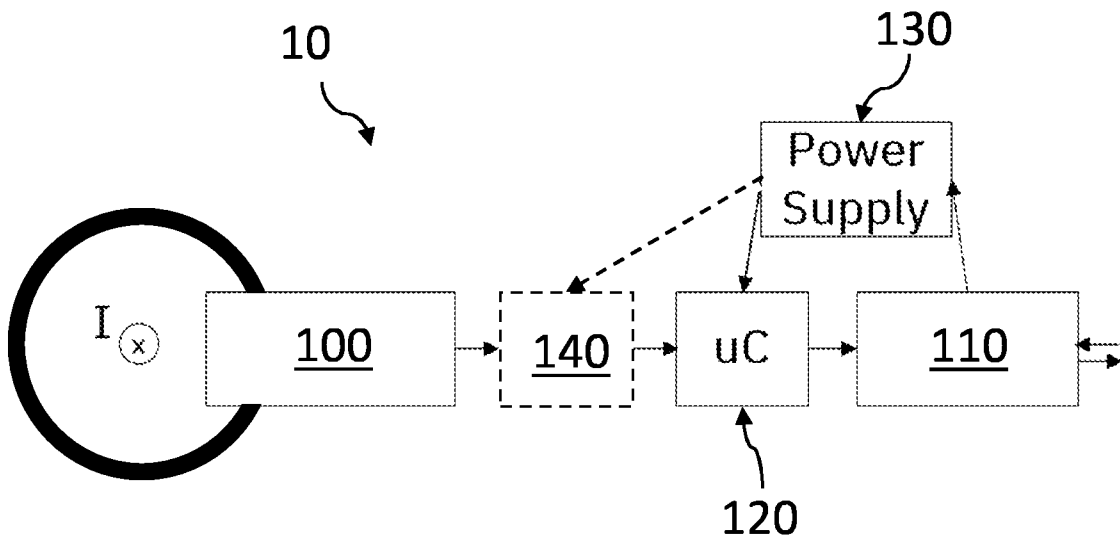


Fig. 1

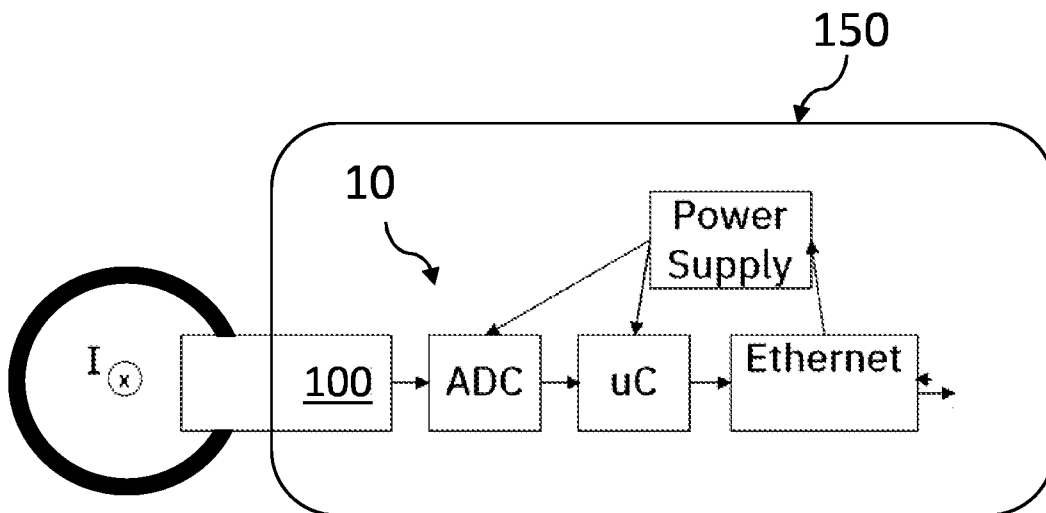
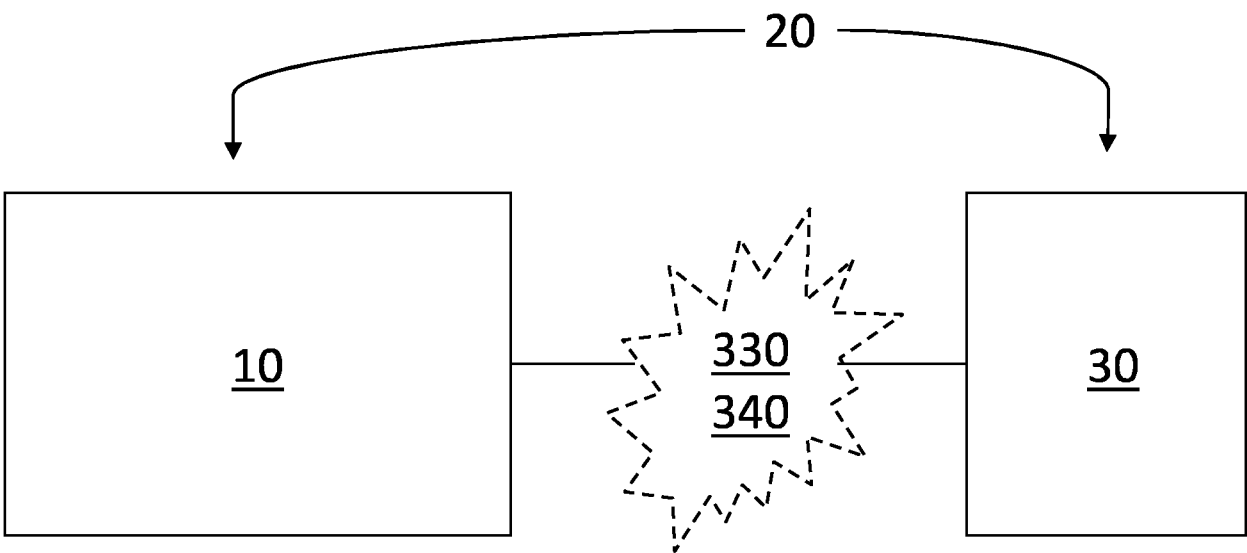
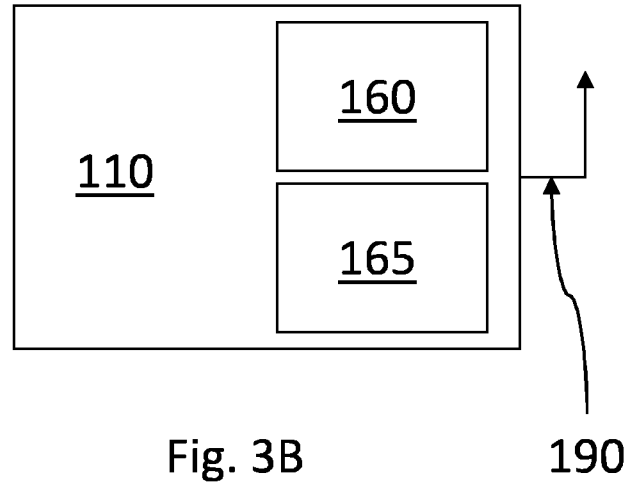
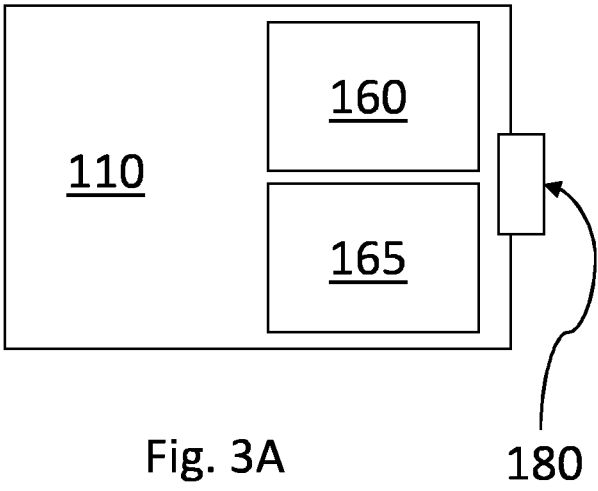


Fig. 2



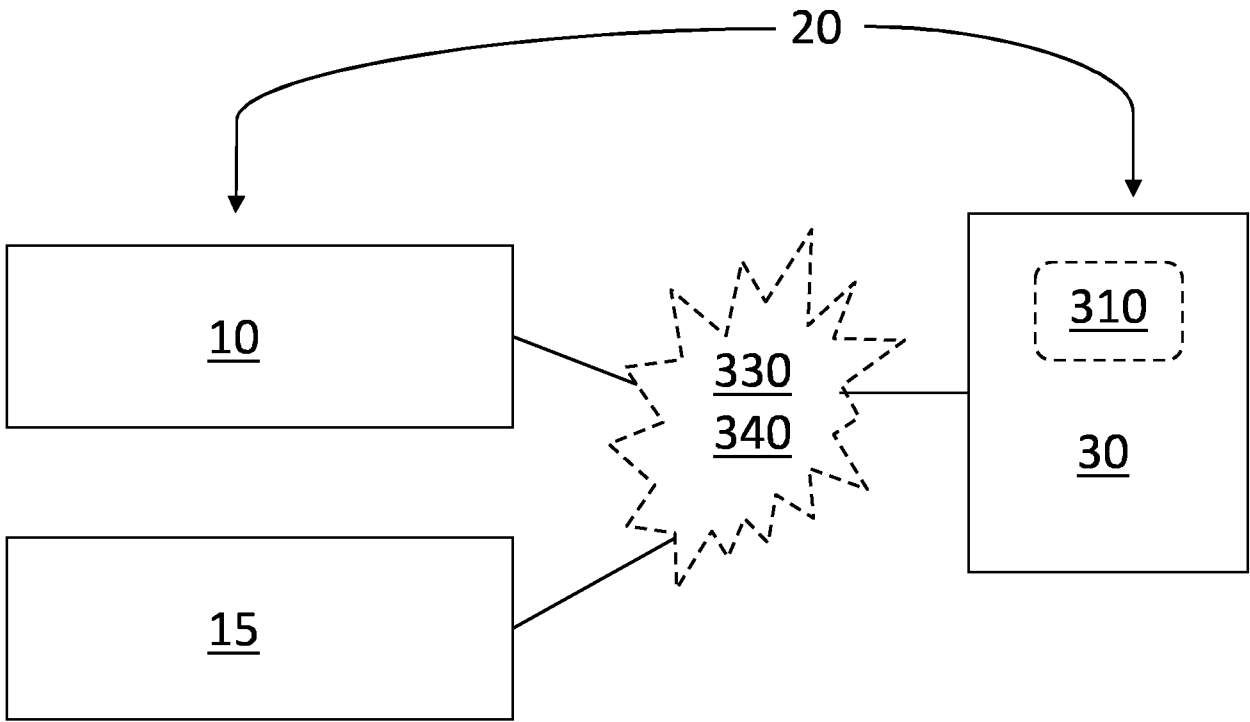


Fig. 5

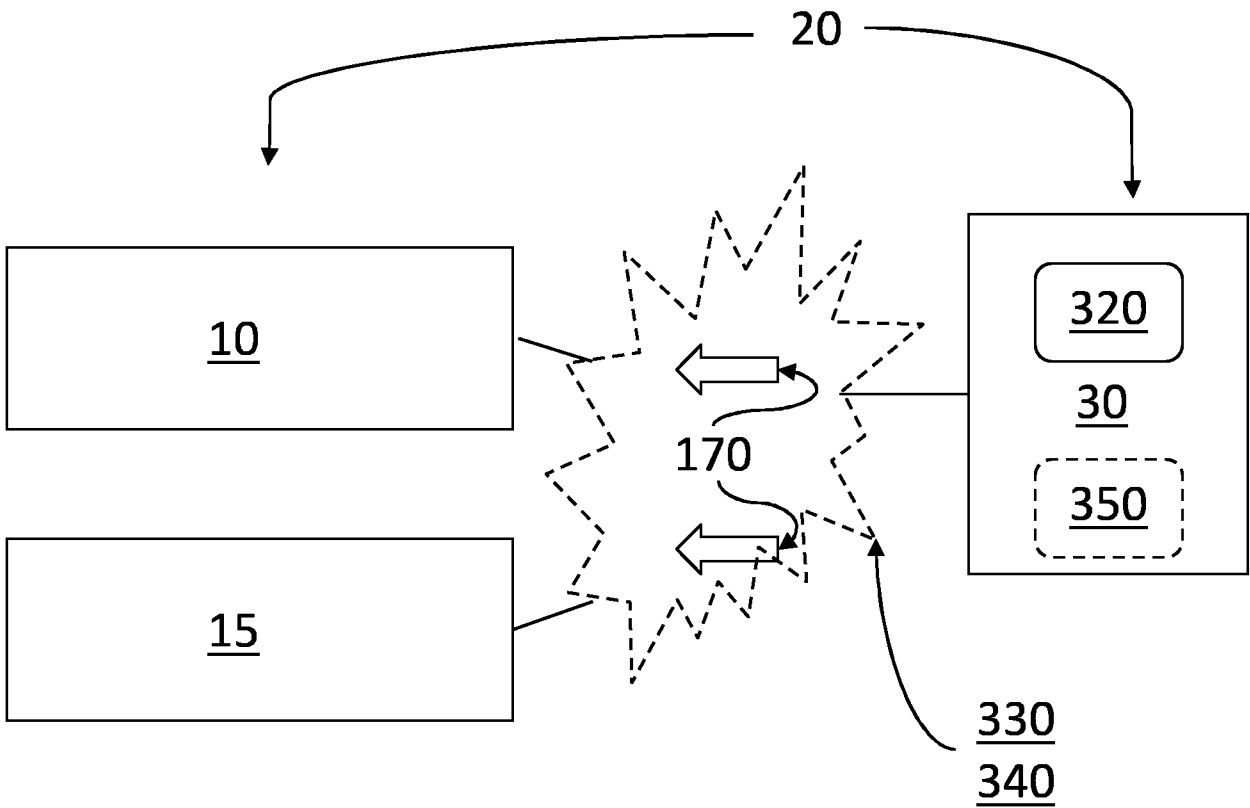


Fig. 6