

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
20. August 2020 (20.08.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/164998 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01R 21/133 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2020/052880

(22) Internationales Anmeldedatum:
05. Februar 2020 (05.02.2020)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2019 103 270.9
11. Februar 2019 (11.02.2019) DE

(71) Anmelder: **BECKHOFF AUTOMATION GMBH**
[DE/DE]; Hülshorstweg 20, 33415 Verl (DE).

(72) **Erfinder:** ASSION, Fabian; Windelsbleicher Str. 132, 33647 Bielefeld (DE). ENS, Jakob; Tulpenstiege 1, 33428 Harsewinkel (DE). LIENEN, Christian; Biekehöhe 5, 33129 Delbrück (DE).

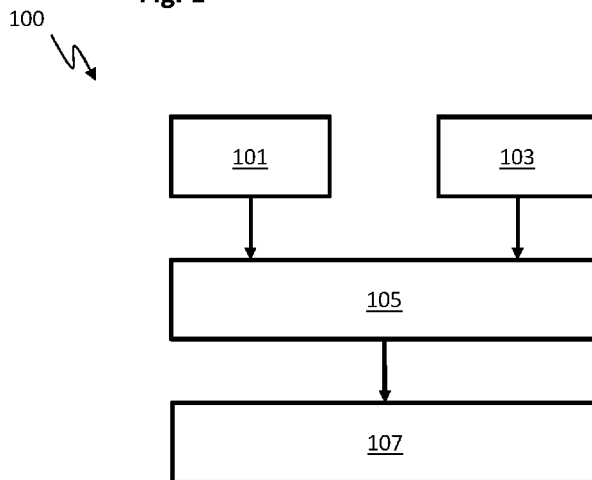
(74) **Anwalt:** PATENTANWALTSKANZLEI WILHELM & BECK; Prinzenstr. 13, 80639 München (DE).

(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,

(54) **Title:** METHOD FOR THE DISTRIBUTED DETERMINATION OF ELECTRICAL POWER

(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN ZUR VERTEILTEN ELEKTRISCHEN LEISTUNGSBESTIMMUNG

Fig. 1



(57) **Abstract:** The invention relates to a method (100) for the distributed determination of the electrical power of at least one load (605) which is connected to a voltage source (601) via a voltage path (603), wherein a voltage measuring device (607) determines a supply voltage U of the voltage source (601) at a voltage measuring point (613) on the voltage path (603), and wherein at least one current measuring device (609) determines a load current I of the load (605) at a current measuring point (615) on the voltage path (603), said method comprising the following: in a voltage measuring step (101), the voltage measuring device (607) records voltage measurement values DPU of the supply voltage U , in order to determine a voltage profile TCU of the load voltage U ; in a current measuring step (103), the at least one current measuring device (609) records current measurement values DPI of a load current I of the at least one load (605), in order to determine a current profile TCI of the load current I ; in an analysis step (105), the voltage measurement values DPU of the supply voltage U and/or the current measurement values DPI of the load current I are analysed using an analysis function AF , in order to determine voltage characteristics $AFPU$ of the voltage profile TCU of the supply voltage U and/or current characteristics $AFPI$ of the current profile TCI of the load current I ; and, in a power value determination step (107), at least one power value L is determined, taking into consideration the voltage characteristics $AFPU$ and/or the current characteristics $AFPI$.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren (100) zur verteilten elektrischen Leistungsbestimmung zumindest eines Verbrauchers (605), der über einen Spannungspfad (603)



WO 2020/164998 A1

SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

mit einer Spannungsquelle (601) verbunden ist, wobei eine Spannungsmesseinrichtung (607) eine Versorgungsspannung U der Spannungsquelle (601) an einem Spannungsmesspunkt (613) auf dem Spannungspfad (603) bestimmt, und wobei zumindest eine Strommesseinrichtung (609) einen Verbraucherstrom I des Verbrauchers (605) an einem Strommesspunkt (615) auf dem Spannungspfad (603) bestimmt, umfassend: Aufnehmen von Spannungsmesswerten DPU der Versorgungsspannung U durch die Spannungsmesseinrichtung (607) zur Bestimmung eines Spannungsverlaufs TCU der Versorgungsspannung U in einem Spannungsmessschritt (101), Aufnehmen von Strommesswerten DPI eines Verbraucherstroms I des zumindest einen Verbrauchers 605 durch die zumindest eine Strommesseinrichtung 609 zur Bestimmung eines Stromverlaufs TCI des Verbraucherstroms I in einem Strommessschritt (103), Analysieren der Spannungsmesswerte DPU der Versorgungsspannung U und/oder der Strommesswerte DPI des Verbraucherstroms I mit einer Analysefunktion AF in einem Analyseschritt (105), um Spannungskenngrößen AFPU des Spannungsverlaufs TCU der Versorgungsspannung U und/oder Stromkenngrößen AFPI des Stromverlaufs TCI des Verbraucherstroms I zu bestimmen, und Ermitteln zumindest eines Leistungswerts L unter Berücksichtigung der Spannungskenngrößen AFPU und/oder der Stromkenngrößen AFPI in einem Leistungswertermittlungsschritt (107).

Beschreibung

VERFAHREN ZUR VERTEILTEN ELEKTRISCHEN LEISTUNGSBESTIMMUNG

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur verteilten
elektrischen Leistungsbestimmung für ein System mit zumindest
einem Verbraucher. Die Erfindung betrifft ferner ein System
zur verteilten Leistungsbestimmung. Die Erfindung betrifft
zusätzlich ein Computerprogramm zum Ausführen eines
10 Verfahrens zur verteilten Leistungsbestimmung und ein
Speichermedium mit dem Computerprogramm.

Die Patentanmeldung beansprucht die Priorität der deutschen
Patentanmeldung 10 2019103270.9, deren Offenbarungsgehalt
15 hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

Stand der Technik

Bei einer verteilten Leistungsbestimmung werden Strom und
20 Spannung eines Systems mit wenigstens einem Verbraucher an
verschiedenen Stellen des Systems aufgenommen. Gegenüber
einer Leistungsbestimmung, bei der Spannung und Strom an
derselben Stelle im System bestimmt werden, beispielsweise
direkt beim Verbraucher, kann eine verteilte
25 Leistungsbestimmung, speziell in Systemen mit mehreren
Verbrauchern, den Vorteil ergeben, dass lediglich eine
Spannungsmessung für mehrere Verbraucher durchgeführt werden
muss. Der bei der Spannungsmessung bestimmte Wert für die
Versorgungsspannung wird in Kombination mit den jeweils an
30 den Stellen der Verbraucher bestimmten Verbraucherströmen zur
Bestimmung der Leistung verwendet. Hierdurch können
Hardwarekomponenten eingespart werden, da nicht für jeden
Verbraucher eine individuelle Spannungsmesseinrichtung
benötigt wird, sondern eine Spannungsmesseinrichtung für eine
35 Mehrzahl von Verbrauchern ausreicht.

Aus dem Dokument WO 2013/009942 A1 ist ein Verfahren zur verteilten Leistungsbestimmung bekannt, bei dem eine Spannungsmessung an einem Punkt und eine Strommessung an einem anderen Punkt in einem System mit wenigstens einem Verbraucher durchgeführt wird.

Problematisch in den aus dem Stand der Technik bekannten Systemen zur verteilten Leistungsbestimmung ist jedoch die Übertragung der aufgenommenen Strom- und Spannungswerte zur Bestimmung der Leistung. Da Messwerte für Strom und Spannung an verschiedenen Stellen im System und von unterschiedlichen Systemkomponenten aufgenommen werden, muss wenigstens ein Datensatz von der einen Systemkomponente an eine weitere Systemkomponente übermittelt werden, um unter Berücksichtigung der aufgenommenen Spannung und des aufgenommenen Stroms die entsprechende Leistung bestimmen zu können.

Bei Wechselspannung wird im Stand der Technik die Leistung auf Basis von Effektivwerten für Strom und Spannung bestimmt. Dies ist unter anderem darauf gegründet, dass zur exakten Bestimmung der Leistung auf Momentanwerte für Strom und Spannung zurückgegriffen werden müsste. Dies würde jedoch das Übermitteln großer Datenmengen bedeuten, was bei derzeitigen Systemen zu Problemen führt.

Die Bestimmung der Leistung basierend auf Effektivwerten für Strom und Spannung ist jedoch ebenfalls nicht zufriedenstellend. Effektivwerte für Strom und Spannung stellen eine starke Vereinfachung gegenüber den tatsächlichen Momentanwerten dar und ein Großteil der in den Momentanwerten enthaltene Information gehen bei der Vereinfachung zu Effektivwerten verloren. Speziell bei Systemen mit vergleichsweise hohen Anteilen an Oberfrequenzen in Strom und Spannung führen diese Vereinfachungen zu Messungenauigkeiten in der Leistungsbestimmung.

Offenbarung der Erfindung

Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe kann darin gesehen werden, ein effizientes Verfahren zur verteilten elektrischen Leistungsbestimmung eines Systems mit zumindest einem Verbraucher, ein System zur verteilten elektrischen Leistungsbestimmung und ein Speichermedium mit einem Computerprogramm zum Ausführen eines Verfahrens zur verteilten elektrischen Leistungsbestimmung bereitzustellen.

10

Die Aufgabe wird mittels der Gegenstände der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der jeweils abhängigen Ansprüche.

15

Nach einem Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren zur verteilten elektrischen Leistungsbestimmung zumindest eines Verbrauchers bereitgestellt, der über einen Spannungspfad mit einer Spannungsquelle verbunden ist, wobei eine Spannungsmesseinrichtung eine Versorgungsspannung der Spannungsquelle an einem Spannungsmesspunkt auf dem Spannungspfad bestimmt, und wobei zumindest eine Strommesseinrichtung einen Versorgungsstrom des Verbrauchers an einem Strommesspunkt auf dem Spannungspfad bestimmt. Das Verfahren umfasst die Verfahrensschritte: Aufnehmen von

20

Spannungsmesswerten der Versorgungsspannung durch die Spannungsmesseinrichtung zur Bestimmung eines Spannungsverlaufs der Versorgungsspannung in einem Spannungsmessschritt, Aufnehmen von Strommesswerten eines Verbraucherstroms des zumindest einen Verbrauchers durch die

25

zumindest eine Strommesseinrichtung zur Bestimmung eines Stromverlaufs des Verbraucherstroms in einem Strommessschritt, Analysieren der Spannungsmesswerte der Versorgungsspannung und/oder der Strommesswerte des Verbraucherstroms mit einer Analysefunktion in einem

30

Analyseschritt, um Spannungskenngrößen des Spannungsverlaufs der Versorgungsspannung und/oder Stromkenngrößen des Stromverlaufs des Verbraucherstroms zu bestimmen, und

35

Ermitteln zumindest eines Leistungswerts unter Berücksichtigung der Spannungskenngrößen und/oder der Stromkenngrößen in einem Leistungswertermittlungsschritt.

- 5 Hierdurch wird erreicht, dass ein effizientes Verfahren zur verteilten Leistungsbestimmung in einem System mit zumindest einem Verbraucher bereitgestellt werden kann.

10 Durch die verteilte Leistungsbestimmung, worunter im Folgenden eine Leistungsbestimmung verstanden wird, bei der Spannung und Strom an unterschiedlichen Stellen im System gemessen werden, kann eine Reduzierung der benötigten Hardware bewirkt werden.

15 Besonders in Systemen mit einer Mehrzahl von Verbrauchern kann mit nur einer Spannungsmesseinrichtung und einer Mehrzahl von den einzelnen Verbrauchern zugeordneten Strommessenrichtungen eine Leistungsbestimmung für jeden der Verbraucher erreicht werden.

20 Eine individuelle Spannungsmessung für jeden Verbraucher kann vermieden werden. Diese sind speziell für Systeme unvorteilhaft, in denen die Versorgungsspannung für die verschiedenen Verbraucher lediglich geringfügig variiert.

25 Lokale Spannungsmessungen für jeden Verbraucher bringen in solchen Systemen gegenüber einer einzigen globalen Spannungsmessung der Versorgungsspannung für das gesamte System keine zusätzliche Information und sind folglich redundant.

30 Eine verteilte Leistungsbestimmung setzt jedoch voraus, dass zur Bestimmung wenigstens eines Leistungswerts Spannungsmesswerte der Versorgungsspannung und/oder Strommesswerte des Verbraucherstroms von der
35 Spannungsmesseinrichtung und/oder von der Strommessenrichtung zu einer entsprechenden Systemkomponente übermittelt werden, von der die jeweiligen Messwerte der

Spannung und des Stroms zur Bestimmung einer entsprechenden Leistung herangezogen werden, wobei die Messwerte Spannungsmesswerte und/oder Strommesswerte umfassen.

- 5 Diesbezüglich wird der Vorteil erreicht, dass im vorliegenden Verfahren zur Übertragung der aus den aufgenommenen Spannungs- und Strommesswerten erhaltenen Information bezüglich der Versorgungsspannung und/oder des Verbraucherstroms ein vergleichsweise geringes Datenvolumen
- 10 übermittelt werden muss. Hierdurch ist eine schnellere Übertragung der Daten und damit verbunden eine schnellere Leistungsbestimmung für die einzelnen Verbraucher des Systems ermöglicht.
- 15 Aufgrund der höheren Informationsdichte der Kenngrößen, wobei die Kenngrößen durch Spannungs- und/oder Strommesswerte gebildet sein können, gegenüber nichtanalyisierten Spannungs- und Strommesswerten kann darüber hinaus mit der Übermittlung von Spannungskenngrößen und/oder Stromkenngrößen ein höherer
- 20 Informationsgehalt pro übertragenem Datenvolumen erzielt werden. Bei einem vorbestimmten maximal übertragbaren Datenvolumen können die übertragenen Kenngrößen damit einen höheren Informationsgehalt übertragen, als dies bei Spannungs- beziehungsweise Strommesswerten des gleichen Datenvolumens
- 25 möglich wäre. Beispielsweise können Kenngrößen übermittelt werden, die einen Satz von Spannungs- und/oder Strommesswerten entsprechen, dessen Datenvolumen das maximal übertragbare Datenvolumen übersteigen würde. Alternativ können auch Kenngrößen zu mehreren Sätzen von Spannungs-
- 30 und/oder Strommesswerten übermittelt werden, während aufgrund des hohen Datenvolumens der einzelnen Datensätze der Spannungs- und/oder Strommesswerte nicht alle Datensätze gleichzeitig übermittelbar wären.
- 35 Die aufgenommenen Spannungsmesswerte der Versorgungsspannung und/oder die Strommesswerte des Versorgungsstroms werden vor dem Übermitteln an die entsprechende Systemkomponente zur

Leistungsbestimmung eines Analyseprozesses unterzogen. In der Datenanalyse werden Spannungskenngrößen des Spannungsverlaufs der Versorgungsspannung und/oder Stromkenngrößen des Stromverlaufs des Verbraucherstroms ermittelt.

5

Die ermittelten Spannungsgrößen und/oder Stromkenngrößen werden darauffolgend an die Systemkomponente übermittelt, die unter Berücksichtigung der Spannungsgrößen und/oder Stromkenngrößen die Leistung des jeweiligen Verbrauchers bestimmt. Anstatt der aufgenommenen Spannungs- und/oder Strommesswerte werden somit die Spannungskenngrößen und/oder Stromkenngrößen übermittelt, wodurch eine substantielle Reduktion der zu übermittelnden Datenmengen erreicht wird.

15 Die Spannungsmesswerte oder die Strommesswerte werden analysiert und die Spannungskenngrößen oder die Stromkenngrößen ermittelt in Abhängigkeit davon, welche der Spannungsmesswerte beziehungsweise der Spannungskenngrößen oder der Strommesswerte beziehungsweise der Stromkenngrößen
20 übermittelt werden sollen. Sollen sowohl Spannungs- als auch Strommesswerte zur Bestimmung des wenigstens einen Leistungswerts zu der entsprechenden Systemkomponente übermittelt werden, werden sowohl die Spannungsmesswerte analysiert und die Spannungskenngrößen ermittelt als auch die
25 Strommesswerte analysiert und die Stromkenngrößen ermittelt.

Es werden ausschließlich Kenngrößen von der Spannungsmesseinrichtung oder der zumindest einen Strommesseinrichtung an die jeweilige Systemkomponente, die
30 die Leistungsbestimmung durchführt, übermittelt. Eine Übermittlung von Spannungs- oder Strommesswerten findet nicht statt.

Die Bestimmung der Leistung erfolgt unter Berücksichtigung
35 der Spannungskenngrößen und/oder Stromkenngrößen. Beispielsweise können die Kenngrößen derart ausgebildet sein,

dass eine Multiplikation der Spannungskenngrößen und Stromkenngrößen zu einem entsprechenden Leistungswert führt.

5 Eine Rücktransformation der Spannungskenngrößen und Stromkenngrößen in die entsprechenden Spannungs- und Strommesswerte ist ebenfalls möglich. Die Leistungsbestimmung erfolgt in diesem Fall unter Berücksichtigung der Spannungs- und Strommesswerte. Die entsprechende Rücktransformation kann durch die zur Leistungsbestimmung dienende Systemkomponente
10 durchgeführt werden, nachdem die Spannungskenngrößen und/oder Stromkenngrößen von der Spannungsmesseinrichtung und/oder der zumindest einen Strommeseinrichtung an die entsprechende Leistungskomponente übermittelt worden ist.

15 Das Datenvolumen der zu übermittelnden Spannungskenngrößen oder Stromkenngrößen ist erheblich herabgesetzt zu einem Datenvolumen der Spannungsmesswerte oder der Strommesswerte. Die Kenngrößen sind hierbei so gewählt, dass der Informationsgehalt der Spannungskenngrößen oder der
20 Stromkenngrößen dem Informationsgehalt der Spannungsmesswerte oder der Strommesswerte entspricht. Mindestens durch eine Rücktransformation der Spannungskenngrößen und/oder Stromkenngrößen in die Spannungs- und/oder Strommesswerte kann der Informationsgehalt wiederhergestellt werden.

25 Ein Verlauf, insbesondere der Versorgungsspannung, welcher auch als Spannungsverlauf bezeichnet wird, oder des Verbraucherstroms, welcher auch als Stromverlauf bezeichnet wird, ist im Folgenden eine zeitliche Entwicklung der
30 Versorgungsspannung oder des Verbraucherstroms und ist durch die jeweiligen Spannungsmesswerte oder Strommesswerte bestimmt. Der Spannungsverlauf oder Stromverlauf kann durch eine passende mathematische Funktion beziehungsweise durch einen entsprechenden Graph der Funktion wiedergegeben werden.

35 Eine Analysefunktion ist im Folgenden eine mathematische Funktion, die zur Analyse der Spannungsmesswerte und der

Strommesswerte verwendet wird, und die geeignet ist, die Spannungsmesswerte und die Strommesswerte wiederzugeben und die entsprechenden Spannungsverläufe der Versorgungsspannung und Stromverläufe des Verbraucherstroms zu beschreiben.

5

Eine Analysefunktion im vorliegenden Sinne kann auch eine jeweilige Umkehrfunktion umfassen, die den Analysevorgang auf den Ausgang zurückführt. Voraussetzung hierbei ist jedoch, dass die Umkehrfunktion eine eindeutige Zuordnung der
10 Kenngröße und der zu analysierenden Messwerte ermöglicht, sodass die Umkehrfunktion unter Berücksichtigung der Kenngrößen eindeutig die Messwerte wiedergibt.

Kenngrößen sind im Folgende Größen beziehungsweise Parameter
15 der Analysefunktion, die einen Informationsgehalt bezüglich der Verläufe der jeweiligen Messwerte transportieren können. Beispielsweise können Kenngrößen, Parameter einer Anpassungsfunktion sein, mittels der Messwerte analysiert werden, indem über eine Variation der Kenngrößen die
20 Anpassungsfunktion an die zu analysierenden Daten angepasst wird, wobei die analysierenden Daten durch Spannungs- und/oder Strommesswerte gebildet sein können.

Die Kenngrößen können beispielsweise auch weitere Größen
25 sein, die mittels der Datenanalyse aus den Messwerten extrahiert werden. Die Analysefunktion kann in einem derartigen Fall im weitesten Sinne als eine Handlungsvorschrift zur Durchführung der Analyse und zur Extraktion der Kenngrößen sein.

30

Die Kenngrößen transportieren damit einen eindeutigen Informationsgehalt bezüglich der aufgenommenen Messwerte. Unter Berücksichtigung der jeweiligen Analysefunktion ermöglichen die Kenngrößen eine eindeutige Wiedergabe der
35 Messwerte und eine Beschreibung des Verlaufs.

Die Kenngrößen und die Analysefunktion stehen dabei in einem Verhältnis, dass die Kenngrößen Parameter der Analysefunktion sind. Nehmen die jeweiligen Kenngrößen durch die vorangegangene Analyse der Messwerte die passenden Werte an,
5 lassen sich die jeweiligen Messwerte durch die Analysefunktion unter Berücksichtigung der Kenngrößen darstellen und wiedergeben.

Nach einer Ausführungsform wird die Analyse der
10 Spannungsmesswerte der Versorgungsspannung in dem Analyseschritt von der Spannungsmesseinrichtung durchgeführt, wobei die Analyse der Strommesswerte des Verbraucherstroms in dem Analyseschritt von der zumindest einen Strommesseinrichtung durchgeführt wird.

15 Hierdurch wird der technische Vorteil erreicht, dass zur Ermittlung der Leistung keine Messwerte übertragen werden müssen.

20 Durch die Analyse der Spannungsmesswerte der Versorgungsspannung in der Spannungsmesseinrichtung und/oder der Strommesswerte des Verbraucherstroms in der zumindest einen Strommesseinrichtung und durch das damit verbundene Erstellen der entsprechenden Spannungskenngrößen und/oder
25 Stromkenngrößen kann vermieden werden, dass ganze Sätze von aufgenommenen Messwerten der Versorgungsspannung und/oder des Verbraucherstroms zu Bestimmung eines entsprechenden Leistungswerts an die jeweilige Systemkomponente übermittelt werden müssen.

30 Statt der aufgenommenen Messwerte werden ausschließlich die ermittelten Kenngrößen übermittelt. Durch die Wahl der Kenngrößen derart, dass unter Berücksichtigung der jeweiligen Analysefunktion die entsprechenden Messwerte wiedergegeben
35 werden können, transportieren die Spannungskenngrößen und/oder Stromkenngrößen einen Informationsgehalt, welcher dem Informationsgehalt der Messwerte entsprechen kann.

Nach einer Ausführungsform umfasst der Analyseschritt der Spannungsmesswerte und/oder der Strommesswerte die Verfahrensschritte: Durchführen einer Spektralanalyse, insbesondere einer diskreten Fourier-Analyse, der Spannungsmesswerte und/oder der Strommesswerte in einem Spektralanalyseschritt, Erstellen eines Spannungsfrequenzspektrums der Versorgungsspannung auf Basis der Spektralanalyse der Spannungsmesswerte und/oder eines Stromfrequenzspektrums des Verbraucherstroms auf Basis der Spektralanalyse der Strommesswerte in einem Spektralerstellungsschritt, Reduzieren des Spannungsfrequenzspektrums der Versorgungsspannung und/oder des Stromfrequenzspektrums des Verbraucherstroms auf Frequenzen einer Spannungsgrundfrequenz und von ersten n Spannungsobertfrequenzen der Versorgungsspannung und/oder auf Frequenzen einer Stromgrundfrequenz und von ersten n Stromobertfrequenzen des Verbraucherstroms in einem Reduktionsschritt, und Identifizieren der Spannungsspektralwerte für Frequenzen der Spannungsgrundfrequenz und der ersten n Spannungsobertfrequenzen der Versorgungsspannung als Spannungskenngrößen und/oder der Stromspektralwerte für Frequenzen der Stromgrundfrequenz und der ersten n Stromobertfrequenzen des Verbraucherstroms als Stromkenngrößen in einem Spektralwertidentifikationsschritt.

Hierdurch wird der technische Vorteil erreicht, dass durch die Spektralanalyse die Versorgungsspannung und/oder der Verbraucherstrom anteilmäßig in jeweils eine Grundfrequenz, wobei die Grundfrequenz durch eine Spannungsgrundfrequenz und/oder eine Stromgrundfrequenz gebildet sein kann, und bis zu n Obertfrequenzen, wobei die Obertfrequenzen durch eine Spannungsobertfrequenz und/oder eine Stromobertfrequenz gebildet sein können, aufgeteilt werden kann.

Die über die diskrete Fourier-Analyse bestimmten Spektralwerte der Versorgungsspannung und/oder des Verbraucherstroms für die jeweilige Grundfrequenz beziehungsweise die Grundfrequenz und die ersten n
5 Oberfrequenzen stellen die Spannungskenngrößen und Stromkenngrößen dar. Die entsprechende Fourier-Reihe, in der die Spektralwerte als Reihenparameter fungieren, dient als Analysefunktion, mittels der die Spannungs- und Strommesswerte wiedergegeben werden können.

10

Neben dem Vorteil einer Reduzierung des Datenvolumens der zu übermittelnden Datenpakete, indem anstatt einer Übermittlung der Messwerte lediglich entsprechende Kenngrößen, die Spektralwerte für die Grund- und Oberfrequenzen, übermittelt
15 werden, wird der Vorteil erreicht, dass durch die Aufspaltung der Versorgungsspannung und/oder des Verbraucherstroms in Grund- und Oberfrequenzen eine detaillierte Bestimmung verschiedener Spannungswerte und/oder Stromwerte ermöglicht ist.

20

Beispielsweise können neben der Scheinleistung auch die Wirkleistung, die Blindleistung oder die Verzerrungsblindleistung bestimmt werden. Hierdurch ist es ermöglicht, den Einfluss der Oberfrequenzen zu betrachten.

25

Somit können Fehler, die beispielsweise bei einer Bestimmung der Leistung auf Basis von Effektivwerten für Strom und Spannung, bei der ein Einfluss von Oberfrequenzen vernachlässigt wird, vermieden werden.

30

Unter einer Grundfrequenz eines periodischen Signals wird die maßgebliche Frequenz des Signals verstanden, über die die längste Periode des periodischen Signals bestimmt ist. Die Grundfrequenz ist die niedrigste Frequenz der periodischen Anteile des periodischen Signals. Oberfrequenzen weisen

35

hingegen Frequenzzahlen auf, die ein ganzzahliges Vielfaches der Grundfrequenz sind. Im Folgenden können Grundwellen, Grundschrwingungen und Grundfrequenzen synonym

verwendet werden. Zu verstehen ist ein periodischer Anteil eines periodischen Spannungs- oder Stromsignals mit der Frequenz der Grundfrequenz des Signals. Analoges gilt für die Begriffe Oberwelle, Oberschwingung und Oberfrequenz, die
5 ebenfalls synonym verwendet werden können.

Nach einer Ausführungsform umfasst der Spektralanalyseschritt ferner, Ermitteln von wenigstens einem Spannungsgleichanteil der Versorgungsspannung und/oder von wenigstens einem
10 Stromgleichanteil des Verbraucherstroms, wobei im Spektralidentifikationsschritt der wenigstens eine Spannungsgleichanteil als eine Spannungskenngröße und/oder der wenigstens eine Stromgleichanteil als eine Stromkenngröße identifiziert wird.

15 Hierdurch wird der Vorteil einer präziseren Spektralanalyse erreicht.

Nach einer Ausführungsform umfasst der Analyseschritt der
20 Spannungsmesswerte und/oder der Strommesswerte die Verfahrensschritte: Durchführen eines Anpassungsprozesses einer Anpassungsfunktion an die Spannungsmesswerte und/oder die Strommesswerte in einem Anpassungsschritt, Ermitteln von Spannungsparametern der Anpassungsfunktion, wobei die
25 Anpassungsfunktion mit den Spannungsparametern den Spannungsverlauf der Versorgungsspannung beschreibt, und/oder von Stromparametern der Anpassungsfunktion in einem Parameterermittlungsschritt, wobei die Anpassungsfunktion mit den Stromparametern den Stromverlauf des Verbraucherstroms
30 beschreibt, und Identifizieren der Spannungsparameter der Anpassungsfunktion als Spannungskenngrößen und/oder der Stromparameter der Anpassungsfunktion als Stromkenngrößen in einem Parameteridentifikationsschritt.

35 Hierdurch wird der technische Vorteil erreicht, dass eine einfache Analyse der Spannungsmesswerte der

Versorgungsspannung und/oder der Strommesswerte des Verbraucherstroms bereitgestellt werden kann.

Eine Anpassungsfunktion ist im Folgenden eine mathematische
5 Funktion, die geeignet ist, in einem Anpassungsprozess
mittels Variation entsprechender Parameter an die jeweiligen
zu analysierenden Messwerte angepasst zu werden, sodass die
angepasste Funktion die entsprechenden Messwerte wiedergibt
und einen Verlauf der Messwerte beschreibt.

10

Mit den entsprechend variierten Parametern ermöglicht die
Anpassungsfunktion eine eindeutige Wiedergabe der Messwerte
und Beschreibung des Verlaufs der Messwerte. Die
Anpassungsfunktion kann den Anforderungen entsprechend
15 gewählt werden. Beispielsweise kann eine möglichst komplexe
Anpassungsfunktion mit einer hohen Anzahl zu variierender
Parameter gewählt werden, um so eine möglichst exakte
Anpassung der Anpassungsfunktion an die Messwerte und ein
möglichst präzises Ergebnis für die zu bestimmende Leistung
20 zu erreichen.

Beispielsweise kann aber auch eine vergleichsweise einfach
gestaltete Anpassungsfunktion mit einer vergleichsweise
geringeren Anzahl von Parametern gewählt werden, um eine
25 möglichst schnelle Analyse zu erreichen, die wenig
Prozessorleistung benötigt. Die Anpassungsfunktion kann der
Analysefunktion entsprechen.

Nach einer Ausführungsform umfasst das Verfahren ferner den
30 Verfahrensschritt: Synchronisieren der
Spannungsmesseinrichtung und der zumindest einen
Strommeseinrichtung auf eine Referenzzeit in einem
Synchronisationsschritt, wobei die Spannungsmesseinrichtung
und die zumindest eine Strommeseinrichtung jeweils eine
35 lokale Zeit bestimmen, und wobei die lokale Zeit der
Spannungsmesseinrichtung und die lokale Zeit der zumindest

einen Strommesseinrichtung in Bezug auf die Referenzzeit angepasst werden.

Hierdurch kann erreicht werden, dass die Messungen, wobei die
5 Messungen durch Spannungsmesswerte und Strommesswerte
gebildet sein können, der Versorgungsspannung und des
Verbraucherstroms aufeinander abstimbar sind. So kann
gewährleistet werden, dass bei der verteilten
Leistungsbestimmung, bei der Strom und Spannung an
10 unterschiedlichen Stellen im System gemessen werden, die
jeweiligen Messungen zu aufeinander abgestimmten Zeiten
durchgeführt werden, und so ein aussagekräftiges Ergebnis für
die Leistungsbestimmung erzielt werden kann.

15 Nach einer Ausführungsform umfasst die Synchronisation der
Spannungsmesseinrichtung und der zumindest einen
Strommesseinrichtung in dem Synchronisationsschritt das
Ermitteln einer Phasenverschiebung zwischen dem
Spannungserlauf der Versorgungsspannung und dem Stromverlauf
20 des Verbraucherstroms in einem
Phasenverschiebungsermittlungsschritt.

Hierdurch wird der technische Vorteil erreicht, dass mittels
der ermittelten Phasenverschiebung eine Synchronisation der
25 jeweiligen Messungen von Versorgungsspannung und
Verbraucherstrom erreicht wird.

Nach einer Ausführungsform ist der zumindest eine
Leistungswert eine Wirkleistung, eine Blindleistung, eine
30 Verzerrungsblindleistung oder eine Gesamtscheinleistung.

Hierdurch wird der technische Vorteil erreicht, dass eine
präzise Bestimmung der Leistung ermöglicht ist. Somit kann in
jeder Messung ein hoher Informationsgehalt erreicht werden,
35 indem verschiedene Faktoren der Leistung zugänglich sind.

Nach einem zweiten Aspekt der Erfindung wird ein System zur verteilten elektrischen Leistungsbestimmung bereitgestellt, das eine Spannungsquelle zum Bereitstellen einer Versorgungsspannung, zumindest einen Verbraucher, der über

5 zumindest einen Spannungspfad mit der Spannungsquelle verbunden ist, eine Spannungsmesseinrichtung zur Messung der Versorgungsspannung an einem Spannungsmesspunkt auf dem Spannungspfad, zumindest eine Strommeseinrichtung zur

10 Messung eines Versorgungsstroms des Verbrauchers an einem Strommesspunkt auf dem Spannungspfad, eine Prozessoreinheit zum Erstellen zumindest eines Leistungswerts, und einer Steuerungseinheit zum Ansteuern der Spannungsmesseinrichtung und der zumindest einen Strommeseinrichtung umfasst, wobei die Spannungsmesseinrichtung ausgebildet ist,

15 Spannungsmesswerte der Versorgungsspannung aufzunehmen, um einen Spannungsverlauf der Versorgungsspannung zu bestimmen, die Spannungsmesswerte mit einer Analysefunktion zu analysieren, um Spannungskenngrößen des Spannungsverlaufs der Versorgungsspannung zu bestimmen, ein erstes Datenpaket zu

20 erstellen, das die Spannungskenngrößen umfasst, und das erste Datenpaket an die zumindest eine Prozessoreinheit zu übermitteln, wobei die zumindest eine Strommeseinrichtung ausgebildet ist, Strommesswerte des Verbraucherstroms aufzunehmen, um einen Stromverlauf des Verbraucherstroms zu

25 bestimmen, die Strommesswerte mit der Analysefunktion zu analysieren, um Stromkenngrößen des Stromverlaufs des Verbraucherstroms zu bestimmen, ein zweites Datenpaket zu erstellen, das die Stromkenngrößen umfasst, und das zweite Datenpaket an die zumindest eine Prozessoreinheit zu

30 übermitteln, und wobei die zumindest eine Prozessoreinheit ausgebildet ist, zumindest einen Leistungswert unter Berücksichtigung der Spannungskenngrößen und/oder der Stromkenngrößen zu ermitteln.

35 Hierdurch wird der technische Vorteil erreicht, dass ein effizientes System zur verteilten Leistungsbestimmung bereitgestellt werden kann.

Die Spannungsmesseinrichtung und die zumindest eine Strommesseinrichtung nehmen an verschiedenen Orten im System Spannungsmesswerte für die Versorgungsspannung und Strommesswerte für den Verbraucherstrom auf. Damit können
5 speziell bei Systemen mit einer Mehrzahl von Verbrauchern zusätzliche Spannungsmesseinrichtungen mit den damit verbundenen Verkabelungen eingespart werden, die bei einer Spannungs- und Strommessung an einem Ort für jeden der
10 Verbraucher benötigt werden.

In den jeweiligen Spannungs- und Strommesseinrichtungen können die aufgenommenen Messwerte in Bezug auf bestimmte Kenngrößen analysiert werden. Die jeweiligen
15 Spannungskenngrößen und Stromkenngrößen können in ersten Datenpaketen und zweiten Datenpaketen geordnet werden, wobei Spannungskenngrößen in ersten Datenpaketen und Stromkenngrößen in zweiten Datenpaketen zusammengeführt sind.

20 Durch das Erstellen der Spannungskenngrößen und Stromkenngrößen und das Einordnen der Spannungskenngrößen und Stromkenngrößen in erste Datenpakete und zweite Datenpakete kann vermieden werden, dass zur Leistungsbestimmung ganze Sätze von Spannungsmesswerten und Strommesswerten übermittelt
25 werden müssen.

Die ersten Datenpakete und/oder zweiten Datenpakete können von der Spannungsmesseinrichtung und/oder von der zumindest einen Strommesseinrichtung an eine Prozessoreinheit
30 übermittelt werden, in der eine Leistungsbestimmung unter Berücksichtigung der Spannungskenngrößen und/oder Stromkenngrößen durchführbar ist.

Die Prozessoreinheit ist ausgebildet, unter Berücksichtigung
35 der Spannungskenngrößen und/oder Stromkenngrößen eine Bestimmung der jeweiligen Leistung durchzuführen.

Hierzu kann die Prozessoreinheit die Spannungskenngrößen und die Stromkenngrößen zur Leistungsbestimmung berücksichtigen.

Die Prozessoreinheit kann ebenfalls eine Analyse mit der
5 Analysefunktion von Spannungsmesswerten oder Strommesswerten durchführen, die zuvor nicht analysiert und nicht übermittelt wurden.

Die Prozessoreinheit kann ebenfalls eine Rücktransformation
10 von Spannungskenngrößen oder Stromkenngrößen in die entsprechenden Spannungsmesswerte oder Strommesswerte durchführen. Hierzu verwendet die Prozessoreinheit die eindeutige Umkehrfunktion der Analysefunktion. In diesem Fall kann die Prozessoreinheit zur Bestimmung der Leistung die
15 Spannungsmesswerte und die Strommesswerte berücksichtigen.

Nach einer Ausführungsform sind die Spannungsmesseinrichtung, die zumindest eine Strommesseinrichtung und die Prozessoreinheit ausgebildet, eine Spektralanalyse,
20 insbesondere eine diskrete Fourier-Analyse, der Spannungsmesswerte und/oder der durchzuführen, ein Spannungsfrequenzspektrum der Versorgungsspannung auf Basis der Spektralanalyse der Spannungsmesswerte und/oder ein Stromfrequenzspektrum des Verbraucherstroms auf Basis der
25 Spektralanalyse der Strommesswerte zu erstellen, das Spannungsfrequenzspektrum der Versorgungsspannung und/oder das Stromfrequenzspektrum des Verbraucherstroms auf Spannungsspektralwerte einer Spannungsgrundfrequenz und von
30 ersten n Spannungsoberfrequenzen der Versorgungsspannung und/oder auf Stromspektralwerte einer Stromgrundfrequenz und von ersten n Stromoberfrequenzen des Verbraucherstroms zu reduzieren, und die Spannungsspektralwerte für Frequenzen der Spannungsgrundfrequenz und der ersten n
Spannungsoberfrequenzen der Versorgungsspannung als
35 Spannungskenngrößen und/oder die Stromspektralwerte für Frequenzen der Stromgrundfrequenz und der ersten n

Stromoberfrequenzen des Verbraucherstroms als Stromkenngrößen zu identifizieren.

Hierdurch wird der technische Vorteil erreicht, dass mit dem System eine Spektralanalyse der Versorgungsspannung und/oder des Verbraucherstroms vorgenommen werden kann, und auf diese Weise die Versorgungsspannung und/oder der Verbraucherstrom anteilmäßig in jeweils eine Grundfrequenz und bis zu n Oberfrequenzen aufgeteilt werden kann.

10

Durch die Spektralanalyse kann neben dem Vorteil einer Reduzierung des Datenvolumens der zu übermittelnden Datenpakete durch die Übermittlung der Spektralwerte für die Grund- und Oberfrequenzen statt der Spannungsmesswerte und/oder Strommesswerte durch die Aufspaltung der Versorgungsspannung und/oder des Verbraucherstroms in Grund- und Oberfrequenzen eine detaillierte Bestimmung verschiedener Spannungswerte und Stromwerte erreicht werden.

20

Beispielsweise können neben der Scheinleistung auch die Wirkleistung, die Blindleistung oder die Verzerrungsblindleistung bestimmt werden. Hierdurch ist es ermöglicht, den Einfluss der Oberfrequenzen der Versorgungsspannung und des Verbraucherstroms zu betrachten. Somit können Fehler, die beispielsweise bei einer Bestimmung der Leistung auf Basis von Effektivwerten für Strom und Spannung, bei der ein Einfluss von Oberfrequenzen vernachlässigt wird, vermieden werden.

30

Nach einer Ausführungsform sind die Spannungsmesseinrichtung, die zumindest eine Strommesseinrichtung und die Prozessoreinheit ausgebildet, einen Anpassungsprozess einer Anpassungsfunktion an die Spannungsmesswerte und/oder die Strommesswerte durchzuführen, Spannungsparameter und/oder Stromparameter der Anpassungsfunktion zu bestimmen, und die Spannungsparameter der Anpassungsfunktion als

35

Spannungskenngrößen und/oder die Stromparameter der Anpassungsfunktion als Stromkenngrößen zu identifizieren.

Hierdurch wird der technische Vorteil erreicht, dass eine
5 einfache Analyse der Spannungsmesswerte der Versorgungsspannung und/oder der Strommesswerte des Verbraucherstroms bereitgestellt werden kann.

Nach einer Ausführungsform umfasst das System ferner
10 zumindest eine Kommunikationsverbindung zwischen der Spannungsmesseinrichtung und der zumindest einen Prozessoreinheit und/oder der zumindest einen Strommesseinrichtung und der zumindest einen Prozessoreinheit zum Übermitteln des ersten Datenpakets von der
15 Spannungsmesseinrichtung an die zumindest eine Prozessoreinheit und/oder des zweiten Datenpakets von der zumindest einen Strommesseinrichtung an die zumindest eine Prozessoreinheit.

Hierdurch wird der technische Vorteil erreicht, dass die
20 ersten und/oder zweiten Datenpakete zwischen der Spannungsmesseinrichtung, der zumindest einen Strommesseinrichtung und/oder der einer externen Prozesseinheit übermittelt werden können.

25 Nach einer Ausführungsform ist die zumindest eine Prozessoreinheit in der Spannungsmesseinrichtung und/oder in der zumindest einen Strommesseinrichtung ausgebildet oder eine externe Prozessoreinheit.

30 Hierdurch wird erreicht, dass die Leistungsbestimmung sowohl in der Spannungsmesseinrichtung, in der zumindest einen Strommesseinrichtung oder in einer externen Prozessoreinheit durchgeführt werden kann.

35 Hierdurch wird der technische Vorteil einer hohen Flexibilität erreicht. Die Bestimmung der Leistung kann in

der zumindest einen Strommesseinrichtung durchgeführt werden, hierzu müssen die Spannungskenngrößen von der Spannungsmesseinrichtung zur Strommesseinrichtung übertragen werden.

5

Die Leistungsbestimmung kann auch in der Spannungsmesseinrichtung vorgenommen werden. Dies wiederum setzt voraus, dass die Stromkenngrößen von der zumindest einen Strommesseinrichtung zur Spannungsmesseinrichtung
10 übertragen werden.

Bei der Bestimmung der Leistung in der Spannungsmesseinrichtung oder der zumindest einen Strommesseinrichtung müssen entweder die Spannungskenngrößen
15 und die Stromkenngrößen oder die Spannungsmesswerte und die Strommesswerte vorliegen.

Für den Fall, dass nur ein Datensatz übermittelt werden musste, weil die Prozessoreinheit in der
20 Spannungsmesseinrichtung oder der Strommesseinrichtung ausgebildet ist, und somit nur die Spannungsmesswerte oder die Strommesswerte in die entsprechenden Spannungskenngrößen oder die Stromkenngrößen umgewandelt wurden, müssen zur Bestimmung der Leistung durch die Prozessoreinheit aus den
25 jeweils bis dato nichtanalyisierten Spannungsmesswerten oder Strommesswerten entsprechende Spannungskenngrößen oder Stromkenngrößen bestimmt werden.

Alternativ ist auch eine Rücktransformation der
30 Spannungskenngrößen oder Stromkenngrößen durch die Prozessoreinheit möglich, sodass die Leistungsbestimmung auf Basis der Spannungsmesswerte und der Strommesswerte durchgeführt werden kann.

35 Die Prozessoreinheit ist ausgebildet die Spannungskenngrößen und/oder Stromkenngrößen aus den Spannungs- und/oder Strommesswerten zu erstellen. Die Prozessoreinheit ist

ebenfalls ausgebildet, eine Rücktransformation der Spannungskenngrößen und/oder Stromkenngrößen in die entsprechenden Spannungsmesswerte und/oder Strommesswerte durchzuführen.

5

Alternativ kann die Leistungsbestimmung auch in einer externen Prozessoreinheit durchgeführt werden. Hierzu müssen sowohl die Spannungskenngrößen von der Spannungsmesseinrichtung als auch die Stromkenngrößen von der
10 zumindest einen Strommeseinrichtung an die externe Prozessoreinheit übermittelt werden.

Nach einer Ausführungsform ist die Kommunikationsverbindung des Systems ein Bussystem, bei dem Informationen der
15 Spannungsmesseinrichtung und der zumindest einen Strommeseinrichtung von der zumindest einen Strommeseinrichtung gelesen werden kann, oder ein zentralisiertes Master-Slave System, bei dem die Information der Spannungsmesseinrichtung über einen zentralen Master an
20 die zumindest eine Strommeseinrichtung gesendet wird.

Hierdurch wird der technische Vorteil einer verlässlichen und schnellen Datenübertragung erreicht.

25 Nach einer weiteren Ausführungsform sind die Spannungsmesseinrichtung und die zumindest eine Strommeseinrichtung zueinander synchronisierbar, wobei die Spannungsmesseinrichtung und die zumindest eine Strommeseinrichtung hierzu jeweils eine lokale individuelle
30 Zeitbestimmung aufweisen, und wobei die lokalen individuellen Zeitbestimmungen der Spannungsmesseinrichtung und der zumindest einen Strommeseinrichtung auf eine globale Referenzzeit des Systems abstimmbare sind.

35 Hierdurch kann gewährleistet werden, dass trotz der Messungen der Versorgungsspannung durch die Spannungsmesseinrichtung und des Verbraucherstroms durch die zumindest eine

Strommesseinrichtung an verschiedenen Stellen im System beide Messungen zeitlich aufeinander abgestimmt werden können, um so ein aussagekräftiges Ergebnis für die Leistungsbestimmung auf Basis der Messergebnisse für Spannung und Strom der Spannungsmesseinrichtung und der Strommesseinrichtung zu erzielen.

Nach einer Ausführungsform umfasst das System eine Mehrzahl von Verbrauchern, die jeweils mit der Spannungsquelle verbunden sind.

Hierdurch wird der technische Vorteil erreicht, dass eine verteilte Leistungsbestimmung für eine Mehrzahl von Verbrauchern erreicht wird.

Nach einem dritten Aspekt der Erfindung wird ein Computerprogramm bereitgestellt, umfassend Befehle, die bei der Ausführung des Computerprogramms durch einen Computer oder die Steuerungseinheit diese veranlassen, ein Verfahren zur verteilten elektrischen Leistungsbestimmung auszuführen.

Nach einem vierten Aspekt der Erfindung wird ein maschinenlesbares Speichermedium bereitgestellt, auf dem das erfindungsgemäß Computerprogramm gespeichert ist.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand von bevorzugten Ausführungsformen näher erläutert. Hierbei zeigen:

Fig. 1 ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens zur verteilten elektrischen Leistungsbestimmung gemäß einer ersten Ausführungsform;

Fig. 2 ein Ablaufdiagramm des Verfahrens zur verteilten elektrischen Leistungsbestimmung gemäß einer weiteren Ausführungsform;

Fig. 3 eine schematische Abbildung einer Spektralanalyse des Verfahrens zur verteilten elektrischen Leistungsbestimmung gemäß einer weiteren Ausführungsform;

5 Fig. 4 eine schematische Abbildung einer Versorgungsspannung und eines Verbraucherstroms des Verfahrens zur verteilten elektrischen Leistungsbestimmung gemäß einer weiteren Ausführungsform;

10 Fig. 5 ein Ablaufdiagramm des Verfahrens zur verteilten elektrischen Leistungsbestimmung gemäß einer weiteren Ausführungsform;

15 Fig. 6 eine schematische Abbildung eines Systems zur verteilten elektrischen Leistungsbestimmung gemäß einer Ausführungsform;

20 Fig. 7 eine schematische Abbildung eines Ethernet-Netzwerkaufbaus mit einem Ethernet-Koppler und einer Spannungsmesseinrichtung und zumindest einer Strommesseinrichtung, die ringförmig an den Ethernet-Koppler angeschlossen sind und die eine Verarbeitung eines Ethernet-Telegramms im Durchlauf ausführen, gemäß einer Ausführungsform;

25 Fig. 8 eine schematische Abbildung des Ethernet-Netzwerkbaus in Fig. 7 gemäß einer weiteren Ausführungsform;

30 Fig. 9 eine schematische Abbildung eines ersten Datenpakets des Verfahrens zur verteilten elektrischen Leistungsbestimmung gemäß einer weiteren Ausführungsform; und

35 Fig. 10 eine schematische Abbildung eines Speichermediums mit einem Computerprogramm zur Ausführung des Verfahrens zur verteilten elektrischen Leistungsbestimmung.

Fig. 1 zeigt ein Ablaufdiagramm des Verfahrens 100 zur verteilten elektrischen Leistungsbestimmung zumindest eines in Fig. 6 näher gezeigten Verbrauchers 605 gemäß einer ersten Ausführungsform. Zum besseren Verständnis wird das Verfahren
5 stets im Zusammenhang mit dem Aufbau entsprechend Fig. 6 beschrieben.

Der Verbraucher 605 ist über einen Spannungspfad 603 mit einer Spannungsquelle 601 verbunden. Eine
10 Spannungsmesseinrichtung 607 bestimmt eine Versorgungsspannung U der Spannungsquelle 601 an einem Spannungsmesspunkt 613 auf dem Spannungspfad 603 und zumindest eine Strommesseinrichtung 609 bestimmt einen Verbraucherstrom I des Verbrauchers 605 an einem
15 Strommesspunkt 615 auf dem Spannungspfad 603.

Gemäß Fig. 1 umfasst das Verfahren 100 zur verteilten elektrischen Leistungsbestimmung die Verfahrensschritte:
Aufnehmen von Spannungsmesswerten DPU der Versorgungsspannung
20 U durch die Spannungsmesseinrichtung 607 zur Bestimmung eines Spannungsverlaufs TCU der Versorgungsspannung U in einem Spannungsmessschritt 101, Aufnehmen von Strommesswerten DPI eines Verbraucherstroms I des zumindest einen Verbrauchers 605 durch die zumindest eine Strommesseinrichtung 609 zur
25 Bestimmung eines Stromverlaufs TCI des Verbraucherstroms I in einem Strommessschritt 103, Analysieren der Spannungsmesswerte DPU der Versorgungsspannung U und/oder der Strommesswerte DPI des Verbraucherstroms I mit einer Analysefunktion AF in einem Analyseschritt 105, um
30 Spannungskenngrößen $AFPV$ des Spannungsverlaufs TCU der Versorgungsspannung U und/oder Stromkenngrößen $AFPI$ des Stromverlaufs TCI des Verbraucherstroms I zu bestimmen, und Ermitteln zumindest eines Leistungswerts L unter Berücksichtigung der Spannungskenngrößen $AFPV$ des
35 Spannungsverlaufs TCU der Versorgungsspannung U und/oder der Stromkenngrößen $AFPI$ des Stromverlaufs TCI der

Verbraucherstroms I in einem Leistungswertermittlungsschritt 107.

Zur verteilten Bestimmung einer elektrischen Leistung von
5 zumindest einem elektrischen Verbraucher 605 werden in dem
Spannungsmessschritt 101 durch die Spannungsmesseinrichtung
607 Spannungsmesswerte DPU der Versorgungsspannung U des
Verbrauchers 605 aufgenommen. Die Spannungsmesseinrichtung
607 nimmt hierbei die Spannungsmesswerte DPU an einem
10 Spannungsmesspunkt 613 auf.

In dem Strommessschritt 103, der zeitlich simultan zum
Spannungsmessschritt 101 durchgeführt werden kann, werden
durch die Strommesseinrichtung 609 an einem vom
15 Spannungsmesspunkt 613 verschiedenen Strommesspunkt 615
Strommesswerte DPI des Verbraucherstroms I des zumindest
einen Verbrauchers 605 aufgenommen.

Zur verteilten elektrischen Leistungsbestimmung werden somit
20 an zwei räumlich voneinander getrennten Messpunkten
Spannungs- und Strommessungen durchgeführt.

Die Aufnahme der Spannungsmesswerte DPU im
Spannungsmessschritt 101 und die Aufnahme der Strommesswerte
25 DPI im Strommessschritt 103 durch die
Spannungsmesseinrichtung 607 und die Strommesseinrichtung 609
kann die Aufnahme einer Vielzahl von Spannungsmesswerten DPU
im Spannungsmessschritt 101 und die Aufnahme einer Vielzahl
von Strommesswerten DPI im Strommessschritt 103 umfassen. Die
30 Aufnahme der Messwerte kann kontinuierlich stattfinden. Sie
kann aber auch auf einen vorbestimmten Messzeitraum
beschränkt sein. Vorzugsweise werden die Spannungsmesswerte
DPU und Strommesswerte DPI während aufeinander abgestimmten
ersten Zeitintervallen T1 und zweiten Zeitintervallen T2
35 aufgenommen, wobei in den ersten Zeitintervallen T1
Spannungsmesswerte DPU und in den zweiten Zeitintervallen T2
Strommesswerte DPI aufgenommen werden.

Durch die Aufnahme der Spannungsmesswerte DPU im Spannungsmessschritt 101 und Strommesswerte DPI im Strommessschritt 103 können Spannungsverläufe TCU der Versorgungsspannung U und Stromverläufe TCI des Verbraucherstroms I erstellt werden. Die Spannungsverläufe TCU und Stromverläufe TCI beschreiben hierbei die zeitliche Entwicklung der Versorgungsspannung U und des Verbraucherstroms I und sind durch die jeweils aufgenommenen Spannungsmesswerte DPU und Strommesswerte DPI definiert. Die Spannungsverläufe TCU und Stromverläufe TCI können durch eine entsprechend gewählte Analysefunktion AF beschrieben werden.

Nach Aufnahme der Spannungsmesswerte DPU im Spannungsmessschritt 101 und nach Aufnahme der Strommesswerte DPI im Strommessschritt 103 werden in dem Analyseschritt 105 die Spannungsmesswerte DPU und/oder die Strommesswerte DPI einer Datenanalyse unterzogen. Es können entweder die Spannungsmesswerte DPU oder die Strommesswerte DPI analysiert werden. Abweichend können auch die Spannungsmesswerte DPU und die Strommesswerte DPI analysiert werden. Welche der beiden Datensätze analysiert werden, kann davon abhängig gemacht werden, welche der Spannungsmesswerte DPU und der Strommesswerte DPI zu einer Bestimmung zumindest eines Leitungswerts L in einem weiteren Verlauf des Verfahrens 100 an eine Prozessoreinheit 611 übermittelt werden sollen.

Es können die Spannungsmesswerte DPU oder die Strommesswerte DPI, die zur Leistungsbestimmung von der Spannungsmesseinrichtung 607 oder der Strommesseinrichtung 609 übermittelt werden sollen, im Analyseschritt 105 analysiert werden. Nichtanalysierte Spannungsmesswerte DPU oder Strommesswerte DPI werden nicht übermittelt.

Die Analyse der Spannungsmesswerte DPU wird von der Spannungsmesseinrichtung 607 im Analyseschritt 105 durchgeführt, während die Strommesswerte DPI von der

Strommesseinrichtung 609 im Analyseschritt 105 analysiert werden.

Die Analyse der Spannungsmesswerte DPU und/oder der
5 Strommesswerte DPI umfasst eine Analyse der jeweiligen
Messwerte mit einer ausgewählten Analysefunktion AF im
Analyseschritt 105. Eine Analysefunktion AF ist hierbei eine
mathematische Funktion oder eine mathematische
10 Handlungsvorschrift, die geeignet ist, aus den
Spannungsmesswerten DPU und/oder den Strommesswerten DPI
Spannungskenngrößen AFPU und Stromkenngrößen AFPI der
Spannungsverläufe TCU und der Stromverläufe TCI zu bestimmen.

Spannungskenngrößen AFPU und Stromkenngrößen AFPI können
15 hierbei beispielsweise Parameter der Analysefunktion AF sein,
die bei der Analyse entsprechend variiert werden, um die
Analysefunktion AF an die Spannungsmesswerte DPU und/oder an
die Strommesswerte DPI anzunähern. Derartige Parameter sind
damit geeignet, die Spannungsverläufe TCU und die
20 Stromverläufe TCI der jeweiligen Spannungsmesswerte DPU und
der Strommesswerte DPI unter Berücksichtigung der jeweiligen
Analysefunktion AF eindeutig zu charakterisieren.

Die Analysefunktion AF ist bei Analyse der Spannungsmesswerte
25 DPU und der Strommesswerte DPI identisch. Auch sind die
Parameter der Analysefunktion AF, die während des
Analyseprozesses variiert werden, für beide Analysen der
Spannungsmesswerte DPU und der Strommesswerte DPI identisch.

30 Die durch die jeweiligen Analysen im Analyseschritt 105
erhaltenen Spannungskenngrößen AFPU und Stromkenngrößen AFPI
sind lediglich unterschiedliche Zahlenwerte derselben
Parameter.

35 Die Wahl der Parameter kann von der Wahl der Analysefunktion
AF abhängen.

Die Spannungskenngrößen AFPU und Stromkenngrößen AFPI sind aber nicht auf Parameter der Analysefunktion AF beschränkt. Alternativ können die Spannungskenngrößen AFPU und Stromkenngrößen AFPI auch aus anderen Größen, die mittels der Anwendung der Analysefunktion AF auf die Spannungsmesswerte DPU und/oder Strommesswerte DPI bestimmt werden können. Voraussetzung ist jedoch, dass aus den Spannungskenngrößen AFPU und Stromkenngrößen AFPI in eindeutiger Weise die jeweiligen Spannungsmesswerte DPU und Strommesswerte DPI wiederherstellbar sind. Dies kann erfordern, dass die jeweilige durch die Analysefunktion AF ausgedrückte Handlungsvorschrift eindeutig umkehrbar ist.

Die Anzahl und die technische Bedeutung der Spannungskenngrößen AFPU und der Stromkenngrößen AFPI hängen direkt mit der Wahl der Analysefunktion AF zusammen und können zwischen verschiedenen Analysefunktionen AF stark variieren.

Nach Analyse der Spannungsmesswerte DPU und/oder der Strommesswerte DPI im Analyseschritt 105 wird in dem Leistungswertermittlungsschritt 107 zumindest ein Leistungswert L unter Berücksichtigung der im Analyseschritt 105 erstellten Spannungskenngrößen AFPU und/oder Stromkenngrößen AFPI ermittelt.

Hierzu werden wenigstens die Spannungskenngrößen AFPU von der Spannungsmesseinrichtung 607 oder die Stromkenngrößen AFPI von der Strommesseinrichtung 609 an eine Prozessoreinheit 611 übermittelt, mittels der die Leistungsbestimmung gemäß dem Leistungswertermittlungsschritt 107 durchgeführt wird.

Vorzugsweise werden im Analyseschritt 105 diejenigen Messwerte, sprich die Spannungsmesswerte DPU oder die Strommesswerte DPI oder beide, analysiert, die an die Prozessoreinheit 611 übermittelt werden sollen.

Die Prozessoreinheit 611 kann in der Spannungsmesseinrichtung 607 ausgebildet sein. In diesem Fall werden im Analyseschritt 105 die Strommesswerte DPI analysiert und es werden Stromkenngrößen AFPI bestimmt, um diese von der
5 Strommesseinrichtung 609 an die Spannungsmesseinrichtung 607 und die darin ausgebildete Prozessoreinheit 611 zu übermitteln.

Die Prozessoreinheit 611 kann aber auch in der zumindest
10 einen Strommesseinrichtung 609 ausgebildet sein. In diesem Fall werden im Analyseschritt 105 die Spannungsmesswerte DPU analysiert und die Spannungskenngrößen AFPU bestimmt, um diese dann von der Spannungsmesseinrichtung 607 an die Strommesseinrichtung 609 und die darin ausgebildete
15 Prozessoreinheit 611 zu übermitteln.

Abweichend kann die Prozessoreinheit 611 jedoch ebenfalls eine externe Prozessoreinheit 611 sein, die weder in der Spannungsmesseinrichtung 607 noch in der Strommesseinrichtung
20 609 ausgebildet ist. In diesem Fall werden im Analyseschritt 105 sowohl die Spannungsmesswerte DPU als auch die Strommesswerte DPI analysiert und entsprechend die Spannungskenngrößen AFPU und die Stromkenngrößen AFPI bestimmt und sowohl die Spannungskenngrößen AFPU als auch die
25 Stromkenngrößen AFPI an die externe Prozessoreinheit 611 übermittelt.

In dem Leitungswertermittlungsschritt 107 wird zumindest ein Leistungswert L unter Berücksichtigung der
30 Spannungskenngrößen AFPU und/oder Stromkenngrößen AFPI ermittelt.

Für den Fall, dass die Prozessoreinheit 611 in der Spannungsmesseinrichtung 607 oder der Strommesseinrichtung
35 609 ausgebildet und im Analyseschritt 105 nur die Spannungsmesswerte DPU oder die Strommesswerte DPI analysiert und die entsprechenden Spannungskenngrößen AFPU oder

- Stromkenngrößen AFPI bestimmt und an die Prozessoreinheit 611 übermittlelt wurden, können zur Ermittlung des zumindest einen Leistungswerts L im Leistungswertermittlungsschritt 107 in der Prozessoreinheit 611 die jeweils nichtanalysierten Spannungsmesswerte DPU oder Strommesswerte DPI mit der Analysefunktion AF analysiert und die entsprechenden Spannungskenngrößen AFPU oder Stromkenngrößen AFPI bestimmt werden.
- 5
- 10 Ist die Prozessoreinheit 611 beispielsweise in der Spannungsmesseinrichtung 607 ausgebildet und sind im Analyseschritt 105 die Strommesswerte DPI analysiert und die Stromkenngrößen AFPI bestimmt worden, um diese von der Strommesseinrichtung 609 an die Spannungsmesseinrichtung 607 und die darin ausgebildete Prozessoreinheit 611 zu übermitteln, können im Leistungswertermittlungsschritt 107 die Spannungsmesswerte DPU analysiert und die Spannungskenngrößen AFPU bestimmt werden.
- 15
- 20 Für den Fall, dass die Prozessoreinheit 611 in der Strommesseinrichtung 609 ausgebildet ist und im Analyseschritt 105 die Spannungsmesswerte DPU analysiert und die Spannungskenngrößen AFPU bestimmt worden sind, können analog im Leistungswertermittlungsschritt 107 die Strommesswerte DPI analysiert und die Stromkenngrößen AFPI bestimmt werden.
- 25

Die Ermittlung des zumindest einen Leistungswerts L durch die Prozessoreinheit 611 findet dann auf Basis der Spannungskenngrößen AFPU und der Stromkenngrößen AFPI in dem Leistungswertermittlungsschritt 107 statt.

30

Hierzu können beispielsweise die Spannungskenngrößen AFPU und die Stromkenngrößen AFPI miteinander multipliziert werden.

35 Die Art und Weise der Bestimmung des zumindest einen Leistungswerts L kann aber von der Wahl der

Spannungskenngrößen AFPU und der Stromkenngrößen AFPI abhängig sein.

Alternativ kann auch eine Rücktransformation der übertragenen
5 Spannungskenngrößen AFPU oder Stromkenngrößen AFPI in die entsprechenden Spannungsmesswerte DPU oder Strommesswerte DPI durch die Prozessoreinheit 611 erfolgen.

Ist beispielsweise die Prozessoreinheit 611 in der
10 Strommesseinrichtung 609 ausgebildet und wurden demzufolge im Analyseschritt 105 die Spannungsmesswerte DPU analysiert und die Spannungskenngrößen AFPU bestimmt und an die Prozessoreinheit 611 übermittelt, während die Strommesswerte DPI im Analyseschritt 105 nicht analysiert wurden, können im
15 Leistungswertermittlungsschritt 107 von der Prozessoreinheit 611 die Spannungskenngrößen AFPU in die Spannungsmesswerte DPU zurücktransformiert werden.

Die Ermittlung des zumindest einen Leistungswerts L findet
20 dann auf Basis der Spannungsmesswerte DPU und der Strommesswerte DPI statt.

Eine Rücktransformation von Spannungskenngrößen AFPU oder
Stromkenngrößen AFPI in entsprechende Spannungsmesswerte DPU
25 oder Strommesswerte DPI kann beispielsweise durch eine Anwendung einer Umkehrfunktion der Analysefunktion AF oder durch eine umkehrende Handlungsvorschrift zur der durch die Analysefunktion AF bestimmten mathematischen Handlungsvorschrift auf die jeweiligen Spannungskenngrößen
30 AFPU oder Stromkenngrößen AFPI erfolgen.

Für den Fall, dass die Prozessoreinheit 611 als externe
Prozessoreinheit 611 ausgebildet ist, liegen der
Prozessoreinheit 611 vorzugsweise die Spannungskenngrößen
35 AFPU und Stromkenngrößen AFPI vor, da diese zur Übermittlung von der Spannungsmesseinrichtung 607 beziehungsweise von der Strommesseinrichtung 609 an die Prozessoreinheit 611 im

Analyseschritt 105 aus den entsprechenden Spannungsmesswerten DPU und den Strommesswerten DPI bestimmt worden sind.

Die Ermittlung des zumindest einen Leistungswert L kann
5 somit auf Basis der übermittelten Spannungskenngrößen AFPV
und der Stromkenngrößen AFPI durchgeführt werden.

Alternativ können aber auch Rücktransformationen der
Spannungskenngrößen AFPV und Stromkenngrößen AFPI in die
10 entsprechenden Spannungsmesswerte DPU und die Strommesswerte
DPI vorgenommen werden und die Ermittlung des zumindest einen
Leistungswerts L auf Basis der Spannungsmesswerte DPU und der
Strommesswerte DPI durchgeführt werden.

15 Fig. 2 zeigt ein Ablaufdiagramm des Verfahrens 100 zur
verteilten elektrischen Leistungsbestimmung gemäß einer
weiteren Ausführungsform.

Sofern nicht anderslautend beschrieben, umfasst das Verfahren
20 100 in Fig. 2 die unter Fig. 1 beschriebenen Schritte.

Gemäß Fig. 2 werden in einem Synchronisationsschritt 209 die
Spannungsmesseinrichtung 607 und die Strommeseinrichtung 609
auf eine Referenzzeit synchronisiert.

25 Das Ziel der Synchronisation der Spannungsmesseinrichtung 607
und der zumindest einen Strommeseinrichtung 609 im
Synchronisationsschritt 209 ist es, die Aufnahme der
Spannungsmesswerte DPU durch die Spannungsmesseinrichtung 607
30 im Spannungsmessschritt 101 und die Aufnahme der
Strommesswerte DPI durch die Strommeseinrichtung 609 im
Strommessschritt 103 zeitlich aufeinander abzustimmen. Auf
diese Weise kann gewährleistet werden, dass die an
unterschiedlichen Spannungsmesspunkten 613 und
35 Strommesspunkten 615 aufgenommenen Spannungsmesswerte DPU und
Strommesswerte DPI für eine Bestimmung des zumindest einen

Leistungswerts L verwendet werden können und ein aussagekräftiges Ergebnis erzielt werden kann.

Zur Synchronisation gemäß dem Synchronisationsschritt 209
5 können die Spannungsmesseinrichtung 607 und die
Strommesseinrichtung 609 jeweils eine individuelle lokale
Zeitbestimmung aufweisen. Beispielsweise können die
Spannungsmesseinrichtung 607 und die zumindest eine
10 Strommesseinrichtungen 609 jeweils eine eigene unabhängige
lokale Uhr aufweisen, die eine individuelle unabhängige
Zeitbestimmung für die jeweilige Messeinrichtung ermöglicht.

Die lokalen Uhren der Spannungsmesseinrichtung 607 und der
Strommesseinrichtung 609 können dann zur Synchronisation
15 gemäß dem Synchronisationsschritt 209 in Relation zu einer
von den lokalen Uhren unabhängigen globalen Referenzuhr
gesetzt werden, indem jeweils die Abweichungen der lokalen
Uhren von der globalen Referenzuhr bestimmt werden.

20 Alternativ kann auch eine der lokalen Uhren der
Spannungsmesseinrichtung 607 und der Strommesseinrichtung 609
als globale Uhr bestimmt werden. Eine Synchronisation gemäß
dem Synchronisationsschritt 209 erfolgt in diesem Fall
analog, indem die lokalen Zeiten der lokalen Uhren in
25 Relation zu der Referenzzeit der Referenzuhr gesetzt werden.

Hierzu können beispielsweise von der Referenzuhr Zeitsignale
an die lokalen Uhren gesendet werden, mittels derer die
lokalen Uhren die lokal bestimmte Zeit in Relation zur
30 Referenzzeit setzen können.

Gemäß Fig. 2 umfasst die Analyse der Spannungsmesswerte DPU
und/oder der Strommesswerte DPI im Analyseschritt 105 das
Durchführen einer Spektralanalyse in einem
35 Spektralanalyseschritt 201.

Die Spektralanalyse der Spannungsmesswerte DPU und/oder der Strommesswerte DPI im Spektralanalyseschritt 201 wird insbesondere durch eine Fourier-Analyse beziehungsweise eine diskrete Fouriertransformation realisiert.

5

Die Fourier-Analyse, insbesondere die diskrete Fouriertransformation, der Spannungsmesswerte DPU und/oder der Strommesswerte DPI ermöglicht eine Zerlegung der durch die Spannungsmesswerte DPU dargestellten Versorgungsspannung U und/oder des durch die Strommesswerte DPI dargestellten Verbraucherstroms I in periodische Bestandteile der Versorgungsspannung U und des Verbraucherstroms I mit Grundfrequenzen und Oberfrequenzen.

15 Ferner erlaubt die Fourier-Analyse, insbesondere die diskrete Fouriertransformation, eine Bestimmung der jeweiligen periodischen Bestandteile mit Spannungsgrundfrequenz U_0 , Stromgrundfrequenzen I_0 , Spannungsoberfrequenzen U_1, \dots, U_n , und Stromoberfrequenzen I_1, \dots, I_n der zu analysierenden
20 Versorgungsspannung U und/oder dem zu analysierenden Verbraucherstrom I.

Hierzu lassen sich aus der Fourier-Analyse Spannungsspektralwerte SDU_0 und/oder Stromspektralwerte SDI_0
25 der Spannungsgrundfrequenz U_0 und/oder der Stromgrundfrequenz I_0 und Spannungsspektralwerte SDU_1, \dots, SDU_n und Stromspektralwerte SDI_1, \dots, SDI_n der Spannungsoberfrequenzen U_1, \dots, U_n , und der Stromoberfrequenz I_1, \dots, I_n sowie der Spannungsgleichanteil SDU_{n+1} der Versorgungsspannung U und der
30 Stromgleichanteil SDI_{n+1} des Verbraucherstroms I bestimmen.

Die Spannungsspektralwerte $SDU_0, SDU_1, \dots, SDU_n$, und der Spannungsgleichanteil SDU_{n+1} und die Stromspektralwerte $SDI_0, SDI_1, \dots, SDI_n$, und der Stromgleichanteil SDI_{n+1} sind hierbei
35 Zahlenwerte der anteilmäßigen Verteilung der jeweiligen periodischen Bestandteile der periodischen Versorgungsspannung U inklusive des Spannungsgleichanteils

und des periodischen Verbraucherstroms I inklusive des Stromgleichanteils darstellen.

5 Darüber hinaus lassen sich Spannungsphasenwinkel $\Phi_{U_1}, \dots, \Phi_{U_n}$ der Spannungsoberfrequenzen U_1, \dots, U_n , und Stromphasenwinkel $\Phi_{I_1}, \dots, \Phi_{I_n}$ der Stromoberfrequenzen I_1, \dots, I_n in Relation zur Spannungsgrundfrequenz U_0 , und der Stromgrundfrequenz I_0 bestimmen.

10 Für eine nähere Beschreibung der Durchführung einer Fourier-Analyse beziehungsweise einer diskreten Fourier-Transformation wird auf entsprechende Ausführungen aus dem Stand der Technik verwiesen.

15 In der beschriebenen Ausführungsform kann beispielsweise die Handlungsvorschrift der diskreten Fouriertransformation die Analysefunktion AF sein.

In einem Spektrumerstellungsschritt 203 wird als Ergebnis der
20 Spektralanalyse beziehungsweise der Fourier-Analyse der Spannungsmesswerte DPU und/oder der Strommesswerte DPI ein Spannungsfrequenzspektrum SDU der Versorgungsspannung U und/oder ein Stromfrequenzspektrum SDI des Verbraucherstroms I erstellt.

25 In dem jeweiligen Spannungsfrequenzspektrum SDU der Versorgungsspannung U oder dem Stromfrequenzspektrum SDI des Verbraucherstroms I ist die anteilmäßige Zusammensetzung der Versorgungsspannung U oder des Verbraucherstroms I aus
30 periodischen Bestandteilen unterschiedlicher Frequenzen dargestellt.

Die Versorgungsspannung U oder der Verbraucherstrom I können über eine Linearkombination von Sinus- oder Kosinus-
35 Funktionen der im jeweiligen Spannungsfrequenzspektrum SDU oder Stromfrequenzspektrum SDI ermittelten Frequenzen dargestellt werden, wobei die im Spannungsfrequenzspektrum

SDU oder Stromfrequenzspektrum SDI dargestellten Anteile der jeweiligen Frequenzen als Faktoren der Sinus- oder Kosinus-Funktionen mit der jeweiligen Frequenz dienen.

- 5 In einer Fourier-Analyse wird eine derartige Linearkombination durch eine entsprechende Fourier-Reihe dargestellt.

In einem Reduktionsschritt 205 wird das
10 Spannungsfrequenzspektrum SDU der Versorgungsspannung U und/oder das Stromfrequenzspektrum SDI des Verbraucherstroms I auf die Frequenzen einer Spannungsgrundfrequenz U_0 und/oder Stromgrundfrequenz I_0 und der ersten n Spannungsoberfrequenzen U_1, \dots, U_n und/oder der ersten n
15 Stromoberfrequenzen I_1, \dots, I_n reduziert. Zusätzlich werden der Spannungsgleichanteil SDU_{n+1} und/oder der Stromgleichanteil SDI_{n+1} bestimmt.

Der Spannungsgleichanteil SDU_{n+1} und der Stromgleichanteil
20 SDI_{n+1} stellen hierbei das arithmetische Mittel der periodischen Versorgungsspannung U und des periodischen Verbraucherstroms I dar.

Die Spannungsgrundfrequenz U_0 , die Stromgrundfrequenz I_0 , die
25 ersten n Spannungsoberfrequenzen U_1, \dots, U_n und die ersten n Stromoberfrequenzen I_1, \dots, I_n stellen die anteilsmäßig dominanten Bestandteile des Spannungsfrequenzspektrums SDU der Versorgungsspannung U und des Stromfrequenzspektrums SDI des Verbraucherstroms I dar. Bestandteile mit anderen
30 Frequenzen können hingegen vernachlässigt werden.

Die Bestandteile der Spannungsgrundfrequenz U_0 , der Stromgrundfrequenz I_0 , der ersten n Spannungsoberfrequenzen U_1, \dots, U_n und der ersten n Stromoberfrequenzen I_1, \dots, I_n und des
35 Spannungsgleichanteils SDU_{n+1} und des Stromgleichanteils SDI_{n+1} sind damit ausreichend in einer wie oben beschriebenen Linearkombination den Spannungsverlauf TCU der

Versorgungsspannung U oder den Stromverlauf TCI des Verbraucherstroms I zu beschreiben.

Darüber hinaus werden Spannungsphasenwinkel $\Phi_{U1}, \dots, \Phi_{Un}$ der
5 ersten n Oberschwingungen mit den ermittelten
Spannungsoberfrequenzen U_1, \dots, U_n zur Grundschwingung mit der
Spannungsgrundfrequenz U_0 der Versorgungsspannung U und/oder
entsprechende Stromphasenwinkel $\Phi_{I1}, \dots, \Phi_{In}$ der ersten n
Oberschwingungen mit den ermittelten Stromoberfrequenzen
10 I_1, \dots, I_n zur Grundschwingung mit der Stromgrundfrequenz I_0 des
Verbraucherstroms I ermittelt.

In einem Spektralwertidentifikationsschritt 207 werden
darauffolgend die Spannungsspektralwerte SDU_0 der
15 Spannungsgrundfrequenz U_0 , die Spannungsspektralwerte
 SDU_1, \dots, SDU_n der ersten n Spannungsoberfrequenzen U_1, \dots, U_n und
die entsprechenden Spannungsphasenwinkel $\Phi_{U1}, \dots, \Phi_{Un}$ der
Versorgungsspannung U als Spannungskenngrößen AFPU und die
Stromspektralwerte SDI_0 der Stromgrundfrequenz I_0 , die
20 Stromspektralwerte SDI_1, \dots, SDI_n der ersten n
Stromoberfrequenzen I_1, \dots, I_n und die entsprechenden
Stromphasenwinkel $\Phi_{I1}, \dots, \Phi_{In}$ des Verbraucherstroms I als
Stromkenngrößen AFPI identifiziert.

25 Zusätzlich werden der Spannungsgleichanteil SDU_{n+1} als weitere
Spannungskenngröße AFPU und der Stromgleichanteil SDI_{n+1} als
weitere Stromkenngröße AFPI identifiziert.

Mittels der wie oben beschriebenen Linearkombinationen von
30 Sinus- oder Kosinus-Funktionen der Spannungsgrundfrequenz U_0
und der ersten n Spannungsoberfrequenzen U_1, \dots, U_n und des
Spannungsgleichanteils SDU_{n+1} beziehungsweise der
Stromgrundfrequenz I_0 und der ersten n Stromoberfrequenzen
 I_1, \dots, I_n und des Stromgleichanteils SDI_{n+1} können mit den
35 entsprechenden Spannungsspektralwerten SDU_0, \dots, SDU_n für die
Spannungsgrundfrequenz U_0 und die Spannungsoberfrequenzen
 U_1, \dots, U_n und mit dem Spannungsgleichanteil SDU_{n+1} sowie mit den

Stromspektralwerten SDI_0, \dots, SDI_n für die Stromgrundfrequenz I_0 und die Stromoberfrequenzen I_1, \dots, I_n und mit dem Stromgleichanteil SDI_{n+1} als Faktoren der Linearkombinationen der Spannungsverlauf TCU der Versorgungsspannung U und der Stromverlauf TCI des Verbraucherstroms I wiedergegeben werden.

Die Anzahl der Spannungsoberfrequenzen U_1, \dots, U_n oder Stromoberfrequenzen I_1, \dots, I_n , die bei der Analyse der Versorgungsspannung U oder des Verbraucherstroms I berücksichtigt werden, ist variabel und je nach Anforderung beliebig wählbar. Eine höhere Anzahl berücksichtigter Oberfrequenzen kann zu einer höheren Genauigkeit der Analyse führen.

Nach Identifikation der Spannungsspektralwerte SDU_0 für die Spannungsgrundfrequenz U_0 und der Spannungsspektralwerte SDU_1, \dots, SDU_n für die ersten n Spannungsoberfrequenzen U_1, \dots, U_n , und des Spannungsgleichanteils SDU_{n+1} als Spannungskenngrößen AFPU und/oder der Identifikation der Stromspektralwerte SDI_0 für die Stromgrundfrequenz I_0 und der Stromspektralwerte SDI_1, \dots, SDI_n für die ersten n Stromoberfrequenzen I_1, \dots, I_n , und des Stromgleichanteils SDI_{n+1} als Stromkenngrößen AFPI, werden diese Kenngrößen in dem Leistungswertermittlungsschritt 107 zu Ermittlung des zumindest einen Leistungswertes L verwendet.

Abhängig davon, welche der Spannungsmesswerte DPU oder der Strommesswerte DPI mittels der Spektralanalyse im Spektralanalyseschritt 201 analysiert worden sind, sieht die Ermittlung des zumindest einen Leistungswerts L gemäß dem Leistungswertermittlungsschritt 107 eine weitere Analyse der jeweils bis dahin nichtanalyisierten Spannungsmesswerte DPU oder Strommesswerte DPI mittels der oben beschriebenen Spektralanalyse durch die Prozessoreinheit 611 im Spektralanalyseschritt 201 vor.

Nach erfolgreicher Bestimmung der Spannungskenngrößen AFPU oder Stromkenngrößen AFPI durch die Analyse der bis dahin nichtanalyisierten Spannungsmesswerte DPU oder Strommesswerte DPI kann der zumindest eine Leistungswert L auf Basis der Spannungskenngrößen AFPU und Stromkenngrößen AFPI ermittelt werden.

Sind beispielsweise im Analyseschritt 105 die Spannungsmesswerte DPU analysiert und die Spannungskenngrößen AFPU bestimmt, die Strommesswerte DPI jedoch nicht analysiert, werden in dem folgenden Leistungswertermittlungsschritt 107 durch die Prozessoreinheit die Strommesswerte DPI analysiert und die Stromkenngrößen AFPI bestimmt.

Sind im Analyseschritt 105 die Strommesswerte DPI analysiert und die Stromkenngrößen AFPI bestimmt, die Spannungsmesswerte DPU jedoch nicht analysiert, ist entsprechend analog zu verfahren.

Sind im Analyseschritt 105 sowohl die Spannungsmesswerte DPU als auch die Strommesswerte DPI analysiert und die Spannungskenngrößen AFPU und die Stromkenngrößen AFPI bestimmt, können im Leistungswertermittlungsschritt 107 die Spannungskenngrößen AFPU und die Stromkenngrößen AFPI zur Bestimmung des zumindest einen Leistungswerts L herangezogen werden.

Hierzu lassen sich beispielsweise die Spannungskenngrößen AFPU, insbesondere die Spannungsspektralwerte SDU_0, \dots, SDU_n für die Spannungsgrundfrequenz U_0 und die Spannungsoberfrequenzen U_1, \dots, U_n , und der Spannungsgleichanteil SDU_{n+1} zu einem Spannungsvektor \mathbf{U} zusammenfassen, der die Spannungsspektralwerte der Spannungsgrundfrequenz U_0 und der ersten n Spannungsoberfrequenzen U_1, \dots, U_n und den Spannungsgleichanteil

SDU_{n+1} der Versorgungsspannung U umfasst, wobei der Index T den transponierten Vektor kennzeichnet.

$$\mathbf{U} = [SDU_0, SDU_1, \dots, SDU_n, SDU_{n+1}]^T$$

5

Analog lassen sich die Stromkenngrößen AFPI, insbesondere die Stromspektralwerte SDI_0, \dots, SDI_n der Stromgrundfrequenz I_0 und Stromoberfrequenzen I_1, \dots, I_n , und der Stromgleichanteil SDI_{n+1} zu einem Stromvektor \mathbf{I} zusammenfassen, der die

10 Stromspektralwerte der Stromgrundfrequenz I_0 und der ersten n Stromoberfrequenzen I_1, \dots, I_n und den Stromgleichanteil SDI_{n+1} des Verbraucherstroms I umfasst.

$$\mathbf{I} = [SDI_0, SDI_1, \dots, SDI_n, SDI_{n+1}]^T$$

15

Aus den beiden Spannungsvektor \mathbf{U} und Stromvektor \mathbf{I} lässt sich im Folgenden eine Matrix $\underline{\mathbf{S}}$ der Scheinleistung S erstellen, wobei \mathbf{I}^* den komplex konjugierten Stromvektor \mathbf{I} der Stromkenngrößen AFPI beziehungsweise der Harmonischen, sprich

20 der Stromgrundfrequenz I_0 und der ersten n Stromoberfrequenzen I_1, \dots, I_n , des Versorgungsstroms I bezeichnet.

$$\underline{\mathbf{S}} = \mathbf{U} \times \mathbf{I}^* = \begin{bmatrix} SDU_0 \cdot SDI_0^* & \dots & SDU_0 \cdot SDI_{n+1}^* \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ SDU_{n+1} \cdot SDI_0^* & \dots & SDU_{n+1} \cdot SDI_{n+1}^* \end{bmatrix}$$

25 Hieraus lassen sich sowohl die Wirkleistung P , die Blindleistung Q als auch die Verzerrungsblindleistung D bestimmen.

Die Wirkleistung P ergibt sich aus Summation der Realteile

30 der Diagonale der Matrix $\underline{\mathbf{S}}$ der Scheinleistung, für die die Matrixeinträge $SDU_i \cdot SDI_j^*$ identische Indizes i und j aufweisen, wobei i und j die Zeilen- und Spalteneinträge der Matrix $\underline{\mathbf{S}}$ beschreiben, sodass gilt $\Re\{SDU_i \cdot SDI_i^*\}, \forall i \leq n + 1$

$$P = \sum_{i=0}^{n+1} \Re\{SDU_i \cdot SDI_i^*\}$$

Die analoge Summation der Imaginärteile der Diagonaleinträge mit identischen Indizes für $SDU_i \cdot SDI_j^*$ ergibt die Blindleistung Q.

$$5 \quad Q = \sum_{i=0}^{n+1} \Im\{SDU_i \cdot SDI_i^*\}$$

Die Verzerrungsblindleistung D ergibt sich hingegen über eine Summation aller weiteren Matrixeinträge, für die die Indizes für $SDU_i \cdot SDI_j^*$ verschieden sind.

$$10 \quad D = \sqrt{\sum_{i \neq j; i, j \leq n+1} SDU_i \cdot SDI_j^*}$$

Die Gesamtscheinleistung S erfolgt aus einer Summation der Quadrate der Wirkleistung P, der Blindleistung Q und der Verzerrungsblindleistung D.

$$15 \quad S = \sqrt{P^2 + Q^2 + D^2}$$

Die Analyse der Spannungsmesswerte DPU und der Strommesswerte DPI auf Basis einer Spektralanalyse, insbesondere einer diskreten Fouriertransformation, ermöglicht folglich die Bestimmung verschiedener Anteile der Gesamtscheinleistung S.

Alternativ ist im Leistungswertermittlungsschritt 107 auch eine Rücktransformation der Spannungskenngrößen AFPU und Stromkenngrößen AFPI in die entsprechenden Spannungsmesswerte DPU und Strommesswerte DPI möglich.

Eine derartige Rücktransformation kann beispielsweise dadurch erzielt werden, dass eine entsprechende Fourier-Rücktransformation der ermittelten Spannungsspektralwerte SDU_0, \dots, SDU_n für die Grundfrequenz U_0 und die Oberfrequenzen U_1, \dots, U_n der Versorgungsspannung U oder der Stromspektralwerte SDI_0, \dots, SDI_n für die Grundfrequenz I_0 und die Oberfrequenzen I_1, \dots, I_n des Verbraucherstroms I in die entsprechenden Spannungsmesswerte DPU oder Strommesswerte DPI durchgeführt

wird. Sind im Analyseschritt 105 Spannungsmesswerte DPU oder Strommesswerte DPI nicht analysiert worden, bleiben diese unverändert.

5 Eine Ermittlung des zumindest einen Leistungswerts L ist dann unter Berücksichtigung der so erhaltenen Spannungsmesswerte DPU und der Strommesswerte DPI im Leistungsermittlungsschritt 107, beispielsweise durch eine Multiplikation einzelner Spannungsmesswerte DPU und Strommesswerte DPI, ermöglicht.

10

In einer Ausführungsform kann die diskrete Fouriertransformation als eine schnelle Fouriertransformation durchgeführt werden.

15 Fig. 3 zeigt eine schematische Abbildung einer Spektralanalyse des Verfahrens 100 zur verteilten elektrischen Leistungsbestimmung gemäß einer weiteren Ausführungsform.

20 Unter Berücksichtigung der Fig. 3 wird noch einmal in illustrativer Form die Vorgehensweise der oben beschriebenen Spektralanalyse beschrieben.

Fig. 3 ist aus Gründen der Übersichtlichkeit der Darstellung auf die Versorgungsspannung U beschränkt. Das in Fig. 3 Dargestellte lässt sich aber analog auf den Verbraucherstrom I übertragen.

25 In dem Versorgungsspannung U gegen Zeit t Diagramm, welches auch als Diagramm a) bezeichnet sein kann, ist ein zeitlicher Spannungsverlauf TCU der Versorgungsspannung U dargestellt. Die in dem Diagramm a) dargestellte Kurve dient jedoch lediglich zu illustrativen Zwecken und soll keinen realen zeitlichen Spannungsverlauf TCU einer Versorgungsspannung U
35 darstellen.

Der dargestellte Spannungsverlauf TCU zeigt den, wenn auch nur andeutungsweise erkennbaren, periodischen Verlauf einer Grundschwingung mit Spannungsgrundfrequenz U_0 , der jedoch durch Oberschwingungen mit Spannungsoberschwingungen U_1, \dots, U_n überlagert und entsprechend verzerrt ist. Die dargestellte Versorgungsspannung U ergibt sich damit aus einer Überlagerung eines periodischen Spannungssignals der Spannungsgrundfrequenz U_0 und verschiedenen Spannungssignalen der Spannungsoberschwingungen U_1, \dots, U_n und des Spannungsgleichanteils SDU_{n+1} .

Mittels der Spektralanalyse gemäß dem Spektralanalyseschritt 201 lassen sich die einzelnen periodischen Spannungssignale nach Frequenzen separieren.

Dies ist für die Spannungsgrundfrequenz U_0 , die erste Spannungsoberschwingung U_1 und die zweite Spannungsoberschwingung U_2 mit den drei Sinus-Funktionen unterschiedlicher Frequenz dargestellt. Die hier dargestellten Sinus-Funktionen sind lediglich illustrativer Natur und beschreiben keine realen Grund- und Oberschwingungen einer Versorgungsspannung U .

In Diagramm b), in dem Spannungsspektralwerte SDU_0, \dots, SDU_n für die Grundfrequenz U_0 und Oberschwingungen U_1, \dots, U_n der Versorgungsspannung U gegen die Frequenz f aufgetragen sind, ist das entsprechende Spannungsfrequenzspektrum SDU der in Diagramm a) dargestellten Spannungsverlauf TCU der Versorgungsspannung U dargestellt.

Die einzelnen Bestandteile zur Versorgungsspannung U sind in Diagramm b) anteilmäßig nach ihrer jeweiligen Frequenz aufgetragen. Die drei in Diagramm b) als Peaks dargestellten Spannungsspektralwerte SDU_0, SDU_1, SDU_2 entsprechen den drei Sinus-Funktionen mit der Spannungsgrundfrequenz U_0 und den Spannungsoberschwingungen U_1, U_2 . Die Höhe der jeweiligen Peaks stellt zahlenmäßig den Anteil dar, den die jeweiligen Grund- und Oberwellen in dem in Diagramm a) dargestellten

Spannungsverlauf TCU ausmachen. In Bezug auf die drei
dargestellten Sinus-Funktionen entsprechen die Höhen der
Peaks, sprich die Zahlenwerte der Spannungsspektralwerte
SDU₀, SDU₁, SDU₂, den Amplituden der entsprechenden Sinus-
5 Funktionen.

Der Spannungsgleichanteil SDU_{n+1} entspricht diesbezüglich
einem konstanten Offset der Versorgungsspannung U gegenüber
der Y-Achse.

10

Bei der Reduktion des Spannungsfrequenzspektrums SDU der
Versorgungsspannung U auf die Spannungsgrundfrequenz U₀ und
die Spannungsoberfrequenzen U₁, ..., U_n gemäß dem
Reduktionsschritt 205 werden aus einem

15

Spannungsfrequenzspektrum SDU, vergleichbar zu dem in
Diagramm b), nur die Spannungsspektralwerte SDU₀, SDU₁, ..., SDU_n
der Spannungsgrund- und Spannungsoberfrequenzen U₀, U₁, ..., U_n
berücksichtigt.

20

Bei der Identifikation der Spannungsspektralwerte
SDU₀, SDU₁, ..., SDU_n der Spannungsgrundfrequenz U₀ und der
Spannungsoberfrequenzen U₁, ..., U_n als Spannungskenngrößen AFPU
gemäß dem Spektralwertidentifikationsschritt 207 umfassen die
Spannungskenngrößen AFPU n+1 Zahlenpaare bestehend aus einem
25 Frequenzwert der jeweiligen Spannungsgrundfrequenz U₀ oder
Spannungsoberfrequenz U₁, ..., U_n und einem Zahlenwert, der den
Anteil der entsprechenden Frequenz an dem Spannungsverlauf
TCU der Versorgungsspannung U aufweist, sprich dem jeweiligen
Spannungsspektralwert SDU₀, SDU₁, ..., SDU_n. Ferner können die
30 Spannungskenngrößen AFPU wenigstens einen zusätzlichen Wert
für den Spannungsgleichanteil SDU_{n+1} umfassen.

35

Fig. 4 zeigt eine schematische Abbildung einer
Versorgungsspannung U und eines Verbraucherstroms I des
Verfahrens 100 zur verteilten elektrischen
Leistungsbestimmung gemäß einer weiteren Ausführungsform.

Dargestellt sind ein Spannungs-Zeit-Diagramm, in dem ein zeitlicher Spannungsverlauf TCU einer Versorgungsspannung U dargestellt ist, und ein Strom-Zeit-Diagramm, in dem ein zeitlicher Stromverlauf TCI eines Verbraucherstroms I dargestellt ist.

Sowohl die Versorgungsspannung U als auch der Verbraucherstrom I sind zur Vereinfachung der Illustration als reine Sinusspannung und reiner Sinusstrom dargestellt. In der Realität können natürlich sowohl die Versorgungsspannung U als auch der Verbraucherstrom I deutlich von einer reinen Sinusspannung oder einem reinen Sinusstrom abweichen.

Weiter ist im Spannungs-Zeit-Diagramm ein erstes Zeitintervall T_1 mit einem ersten Startzeitpunkt t_U gekennzeichnet. Dieses erste Zeitintervall T_1 kennzeichnet die Zeitspanne, über die im Spannungsmessschritt 101 von der Spannungsmesseinrichtung 607 Spannungsmesswerte DPU der Versorgungsspannung U aufgenommen werden. Diese Spannungsmesswerte DPU sind im Spannungs-Zeit-Diagramm beispielhaft durch fünf Spannungsmesswerte DPU dargestellt. Es können aber über das ganze erste Zeitintervall T_1 eine hohe Anzahl von Spannungsmesswerten DPU aufgenommen werden.

Das Strom-Zeit-Diagramm weist ein analoges zweites Zeitintervall T_2 mit einem zweiten Startzeitpunkt t_I auf, das die Zeitspanne beschreibt, über die im Strommessschritt 103 von der Strommesseinrichtung 609 Strommesswerte DPI des Verbraucherstroms I aufgenommen werden. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind in dem Strom-Zeit-Diagramm keine Strommesswerte DPI dargestellt.

Das erste Zeitintervall T_1 und das zweite Zeitintervall T_2 sind gleichlang und beschreiben damit eine identische Zeitspanne, in der Spannungsmesswerte DPU und Strommesswerte DPI aufgenommen werden.

Das erste Zeitintervall T_1 und das zweite Zeitintervall T_2 sind jedoch zeitlich zueinander verschoben und weisen unterschiedliche Startzeitpunkte t_U , t_I auf.

5 Über die Synchronisation gemäß dem Synchronisationsschritt 209 kann durch einen Abgleich der ersten und zweiten Startzeitpunkten t_U , t_I der ersten und zweiten Zeitintervalle T_1 , T_2 zu der globalen Referenzzeit eine Phasenverschiebung $\Delta\Phi$ der Versorgungsspannung U und des Verbraucherstroms I
10 bestimmt werden. Mittels dieser Phasenverschiebung $\Delta\Phi$ zur Synchronisation gemäß dem Synchronisationsschritt 209 kann eine entsprechende Korrektur der aufgenommenen Spannungsmesswerte DPU oder Strommesswerte DPI durchgeführt werden.

15

Für den Fall, dass beispielsweise die lokale Uhr der Spannungsmesseinrichtung 607 als globale Referenzuhr dient, kann der erste Startzeitpunkt t_U als ein Zeitstempel 915 dienen. Indem dieser Zeitstempel 915 von der
20 Spannungsmesseinrichtung 607 an die Strommeseinrichtung 609 übermittelt wird, kann ein Abgleich des ersten Startzeitpunkts t_U mit den jeweiligen zweiten Startzeitpunkten t_I der Strommeseinrichtungen 609 zur Synchronisation der Strommeseinrichtung 607 und der
25 Strommeseinrichtungen 609 führen, indem die lokalen Uhren der Strommeseinrichtungen 609 zur Referenzuhr der Spannungsmesseinrichtung 607 in Relation gesetzt wird.

Fig. 5 zeigt ein Ablaufdiagramm des Verfahrens 100 zur
30 verteilten elektrischen Leistungsbestimmung gemäß einer weiteren Ausführungsform.

Sofern nicht anderslautend beschrieben, umfasst das Verfahren 100 in Fig. 5 die unter Fig. 1 und Fig. 2 beschriebenen
35 Schritte.

Gemäß Fig. 5 wird die Analyse der Spannungsmesswerte DPU und/oder der Strommesswerte DPI gemäß dem Analyseschritt 105 dadurch realisiert, dass gemäß einem Anpassungsschritt 501 ein Anpassungsprozess einer Anpassungsfunktion an die zu analysierenden Spannungsmesswerte DPU und/oder Strommesswerte DPI durchgeführt wird.

Ein Anpassungsprozess kann ein Prozess sein, in dem durch Variation entsprechender Parameter einer mathematischen Anpassungsfunktion diese an die zu analysierenden Spannungsmesswerte DPU und/oder Strommesswerte DPI angepasst wird, sodass nach erfolgreicher Anpassung die Anpassungsfunktion die Spannungsmesswerte DPU und/oder die Strommesswerte DPI wiedergibt und die jeweiligen Spannungsverläufe TCU oder Stromverläufe TCI beschreibt.

Bei der Anpassung wird für die Spannungsmesswerte DPU und die Strommesswerte DPI jeweils die gleiche Anpassungsfunktion verwendet. Auch werden zur Anpassung an die Spannungsmesswerte DPU und die Strommesswerte DPI die gleichen Parameter variiert.

Die Anpassung der Anpassungsfunktion an die Spannungsmesswerte DPU ergibt gemäß einem Parameterermittlungsschritt 503 damit Spannungsparameter PU während die Anpassung der Anpassungsfunktion an die Strommesswerte DPI Stromparameter PI ergibt.

Die Spannungsparameter PU und die Stromparameter PI beschreiben hierbei die tatsächlichen Zahlenwerte, die für die jeweiligen Parameter der Anpassungsfunktion durch den Anpassungsprozess der Anpassungsfunktion an die Spannungsmesswerte DPU oder die Strommesswerte DPI erhalten werden. Die Spannungsparameter PU und die Stromparameter PI sind daher lediglich unterschiedliche Zahlenwerte desselben Parameters, und dadurch charakterisiert, dass sie durch die Anpassungsprozesse der Anpassungsfunktion an die

Spannungsmesswerte DPU und die Strommesswerte DPI erhalten werden.

Die Art der Parameter, die zur Anpassung der
5 Anpassungsfunktion an die Spannungsmesswerte DPU oder die
Strommesswerte DPI ausgewählt und variiert werden sind von
der gewählten Anpassungsfunktion abhängig. Die Wahl der
geeigneten Anpassungsfunktion kann wiederum vom
10 Spannungsverlauf TCU der Versorgungsspannung U und/oder vom
Stromverlauf TCI des Verbraucherstroms I der
Spannungsmesswerte DPU und/oder Strommesswerte DPI abhängen.

Bei erfolgreicher Anpassung der Anpassungsfunktion an die
Spannungsmesswerte DPU und/oder die Strommesswerte DPI werden
15 in einem Parameteridentifikationsschritt 505 die
Spannungsparameter PU als Spannungskenngrößen AFPU und/oder
die Stromparameter PI als Stromkenngrößen AFPI identifiziert.

In dem darauffolgenden Leistungswertermittlungsschritt 107
20 wird unter Berücksichtigung der Spannungskenngrößen AFPU
und/oder Stromkenngrößen AFPI zumindest ein Leistungswert L
ermittelt.

Sind im Analyseschritt 105 Spannungsmesswerte DPU oder
25 Strommesswerte DPI nicht analysiert worden, sieht die
Ermittlung des zumindest einen Leistungswerts L gemäß dem
Leistungswertermittlungsschritt 107 eine weitere Analyse
dieser bis dahin nichtanalysierten Spannungsmesswerte DPU
oder Strommesswerte DPI mittels des Anpassungsprozesses vor.

30
Nach erfolgreicher Bestimmung der Spannungskenngrößen AFPU
oder Stromkenngrößen AFPI durch die Analyse der bis dahin
nichtanalysierten Spannungsmesswerte DPU oder Strommesswerte
DPI kann der zumindest eine Leistungswert L auf Basis der
35 Spannungskenngrößen AFPU und der Stromkenngrößen AFPI
ermittelt werden.

Alternativ können auch die im Analyseschritt 105 mittels des Anpassungsprozesses der Anpassungsfunktion an die Spannungsmesswerte DPU und/oder Strommesswerte DPI bestimmten Spannungskenngrößen AFPU oder Stromkenngrößen AFPI in die
5 entsprechenden Spannungsmesswerte DPU und/oder Strommesswerte DPI rücktransformiert werden.

Eine derartige Rücktransformation kann beispielsweise dadurch erzielt werden, dass in die angepasste Anpassungsfunktion, in
10 die die Spannungsparameter PU oder Stromparameter PI eingesetzt sind und die folglich den Spannungsverlauf TCU der Versorgungsspannung U oder den Stromverlauf TCI des Verbraucherstroms I der Spannungsmesswerte DPU oder der Strommesswerte DPI beschreibt, den jeweiligen Messwerten
15 entsprechende Zeitwerte eingesetzt werden, um so die entsprechenden Spannungsmesswerte DPU oder Strommesswerte DPI zu erzielen.

Sind im Analyseschritt 105 Spannungsmesswerte DPU oder
20 Strommesswerte DPI nicht analysiert und keine entsprechenden Spannungskenngrößen AFPU oder Stromkenngrößen AFPU bestimmt worden, bleiben diese Spannungsmesswerte DPU oder Strommesswerte DPI im Folgenden unverändert.

25 Eine Leistungsbestimmung des zumindest einen Leistungswerts L ist dann unter Berücksichtigung der so erhaltenen Spannungsmesswerte DPU und Strommesswerte DPI, beispielsweise durch eine Multiplikation einzelner Spannungsmesswerte DPU und Strommesswerte DPI, ermöglicht.

30 Fig. 6 zeigt eine schematische Abbildung eines Systems 600 zur verteilten elektrischen Leistungsbestimmung gemäß einer Ausführungsform.

35 Gemäß Fig. 6 umfasst das System 600 zur verteilten elektrischen Leistungsbestimmung eine Spannungsquelle 601 zum Bereitstellen einer Versorgungsspannung U, zumindest einen

Verbraucher 605, der über einen Spannungspfad 603 mit der
Spannungsquelle 601 verbunden ist, eine
Spannungsmesseinrichtung 607 zur Messung der
Versorgungsspannung U an einem Spannungsmesspunkt 613 auf dem
5 Spannungspfad 603, zumindest eine Strommeseinrichtungen 609
zur Messung eines Versorgungsstroms I des Verbrauchers 605 an
einem Strommesspunkt 615 auf dem Spannungspfad 603, eine
Prozessoreinheit 611 zum Ermitteln zumindest eines
Leistungswerts L und eine Steuerungseinheit 617 zum Ansteuern
10 der Spannungsmesseinrichtung 607 und der zumindest einen
Strommeseinrichtung 609.

Die Spannungsmesseinrichtung 607 ist ausgebildet,
Spannungsmesswerte DPU der Versorgungsspannung U aufzunehmen,
15 um einen Spannungsverlauf TCU der Versorgungsspannung U zu
bestimmen, und die Spannungsmesswerte DPU mit einer
Analysefunktion AF zu analysieren, um Spannungskenngrößen
AFPV des Spannungsverlaufs TCU der Spannungsmesswerte DPU zu
bestimmen.

20 Ferner ist die Spannungsmesseinrichtung 607 ausgebildet, ein
erstes Datenpaket DP1 zu erstellen, das die
Spannungskenngrößen AFPV umfasst, und das erste Datenpaket
DP1 an die zumindest eine Prozessoreinheit 611 zu
25 übermitteln.

Die zumindest eine Strommeseinrichtung 609 ist ausgebildet,
Strommesswerte DPI der Verbraucherstroms I aufzunehmen, um
einen Stromverlauf TCI des Verbraucherstroms I zu bestimmen,
30 und die Strommesswerte DPI mit der Analysefunktion AF zu
analysieren, um Stromkenngrößen AFPI des Stromverlaufs TCI
der Strommesswerte DPI zu bestimmen.

Darüber hinaus ist die Strommeseinrichtung 609 ausgebildet,
35 ein zweites Datenpaket DP2 zu erstellen, das die
Stromkenngrößen AFPI umfasst, und das zweite Datenpaket DP2
an die zumindest eine Prozessoreinheit 611 zu übermitteln.

Die zumindest eine Prozessoreinheit 611 ist ausgebildet, zumindest einen Leistungswert L unter Berücksichtigung der Spannungskenngrößen AFPU und/oder der Stromkenngrößen AFPI zu
5 ermitteln.

Das System 600 weist ferner eine Steuerungseinheit 617 auf, mittels der die Spannungsmesseinrichtung 607 und die Strommessenrichtungen 609 angesteuert beziehungsweise
10 mittels der eine verteilte Leistungsbestimmung initialisiert werden kann. Die Steuerungseinheit 617 kann als eine interne im System integrierte Steuerungseinheit 617 oder als eine externe Steuerungseinheit 617 ausgebildet sein.

15 Die Steuerungseinheit 617, die Spannungsmesseinrichtung 607 und die Strommessenrichtungen 609 können miteinander über eine Kommunikationsverbindung 619 verbunden sein. Die Kommunikationsverbindung 619 kann ein Datenbus sein, der wiederum beispielsweise durch ein Feldbussystem realisiert
20 sein kann. Die Kommunikation zwischen der Steuerungseinrichtung 607 und der Spannungsmesseinrichtung 607 und den Strommessenrichtung 609 kann über eine Datenkommunikation über den Datenbus erfolgen, beispielsweise über den Austausch entsprechender Datenpakete. Die
25 Datenpakete können hierbei die Anforderungen bestimmter Busprotokolle erfüllen und beispielsweise als Ethernet-Protokolle oder EtherCAT-Protokolle ausgebildet sein.

In Fig. 6 umfasst das System 600 drei Verbraucher 605, die
30 jeweils über den Spannungspfad 603 mit der Spannungsquelle 601 verbunden sind. Jeder der Verbraucher 605 weist eine Strommessenrichtung 609 auf, die in Reihe zu dem jeweiligen Verbraucher 605 geschaltet ist, um den Verbraucherstrom I des jeweiligen Verbrauchers 605 zu bestimmen. Eine höhere oder
35 niedrigere Anzahl von Verbrauchern 605 wäre aber ebenfalls denkbar.

In Fig. 6 liefert die Spannungsquelle 601 eine dreiphasige Wechselspannung. Die Erfindung soll jedoch nicht hierauf beschränkt sein.

5 In der Ausführungsform in Fig. 6 weist jede der Strommesseinrichtungen 609 einen Prozessor 611 auf, der in der jeweiligen Strommesseinrichtung 609 ausgebildet ist.

Es ist jedoch auch denkbar, den Prozessor 611 in der
10 Spannungsmesseinrichtung 607 anzuordnen oder als einen externen Prozessor 611 auszubilden.

Die eine Spannungsmesseinrichtung 607 und die drei Strommesseinrichtungen 609 sind über eine
15 Kommunikationsverbindung 619 miteinander verbunden, über die die Spannungsmesseinrichtung 607 in der Lage ist, ein erstes Datenpaket DP1 mit Spannungskenngrößen DPU aus einer Analyse der Spannungsmesswerte DPU der Versorgungsspannung U an die einzelnen Strommesseinrichtungen 609 zu übermitteln.

20

Dieses erste Datenpaket DP1 kann beispielweise in ein Busprotokoll eines Bussystems eingebunden sein.

Beispielsweise kann ein solches Busprotokoll durch ein Ethernet-Telegramm ET beziehungsweise durch ein EtherCAT-
25 Telegramm realisiert sein.

Zu einer verteilten Leistungsbestimmung von zumindest einem Leistungswert L nimmt die Spannungsmesseinrichtung 607 an einem Spannungsmesspunkt 613 Spannungsmesswerte DPU der
30 Versorgungsspannung U gemäß dem Spannungsmessschritt 101 des Verfahrens 100 zur verteilten Leistungsbestimmung auf.

Die Strommesseinrichtungen 609 nehmen gemäß dem Strommessschritt 103 an Strommesspunkten 615 Strommesswerte
35 DPI des Verbraucherstroms I auf.

Die Spannungsmesspunkte 613 und die Strommesspunkte 615 sind räumlich an verschiedenen Stellen im System 600 angeordnet.

5 Darauffolgend analysiert die Spannungsmesseinrichtung 607 die Spannungsmesswerte DPU mit einer Analysefunktion AF und erstellt Spannungskenngrößen AFPU gemäß dem Analyseschritt 105 des Verfahrens 100.

10 Beispielsweise kann die Spannungsmesseinrichtung 607 zur Analyse der Spannungsmesswerte DPU im Analyseschritt 105 eine Spektralanalyse gemäß dem Spektralanalyseschritt 201, dem Spektrumerstellungsschritt 203, dem Reduktionsschritt 205 und dem Spektralwertidentifikationsschritt 207 durchführen.

15 Alternativ kann die Spannungsmesseinrichtung 607 auch eine Analyse der Spannungsmesswerte DPU mit einer Anpassungsfunktion gemäß dem Anpassungsschritt 501, dem Parameterermittlungsschritt 503 und dem Parameteridentifikationsschritt 505 durchführen.

20 Darauffolgend erstellt die Spannungsmesseinrichtung 607 ein erstes Datenpaket DP1 mit den Spannungskenngrößen AFPU und übermittelt dieses über die Kommunikationsverbindung 619 an die Strommesseinrichtungen 609.

25 Die Strommesseinrichtungen 609 nehmen im Strommessschritt 103 Strommesswerte DPI auf und können bereits im Analyseschritt 105 diese, beispielsweise mittels der Spektralanalyse gemäß dem Spektralanalyseschritt 201, dem
30 Spektrumerstellungsschritt 203, dem Reduktionsschritt 205 und dem Spektralwertidentifikationsschritt 207, analysieren und die Stromkenngrößen AFPI bestimmen.

35 Alternativ können die Strommesseinrichtungen 609, beziehungsweise die hierin ausgebildeten Prozessoreinheiten 611, auch erst in einem Leistungswertermittlungsschritt 107 die Strommesswerte DPI analysieren und Stromkenngrößen AFPI

bestimmen, um auf Basis der Spannungskenngrößen AFPU und der Stromkenngrößen AFPI den zumindest einen Leistungswert L zu ermitteln.

5 Ebenfalls möglich ist eine Rücktransformation der im ersten Datenpaket DP1 an die Strommesseinrichtungen 609 übermittelten Spannungskenngrößen AFPU in die Spannungsmesswerte DPU durch die Strommesseinrichtungen 609, beziehungsweise durch die darin ausgebildeten
10 Prozessoreinheiten 611, um auf Basis der Spannungsmesswerte DPU und Strommesswerte DPI den zumindest einen Leistungswert L zu ermitteln.

Zur Synchronisation der Spannungsmesseinrichtung 607 und der
15 Strommesseinrichtungen 609 weisen die Spannungsmesseinrichtung 607 und die Strommesseinrichtungen 609 jeweils eine individuelle lokale Zeitbestimmung (nicht dargestellt) auf. Beispielsweise können die Spannungseinrichtung 607 und die Strommesseinrichtungen 609
20 mit jeweils einer lokalen Uhr ausgebildet sein.

Die Synchronisation kann gemäß dem Synchronisationsschritt 209 mittels eines Abgleichs der internen lokalen Uhren der Spannungseinrichtung 607 und der Strommesseinrichtungen 609
25 mit einer globalen Zeitbestimmung, beispielsweise einer globalen Referenzuhr des Systems 600, erzielt werden.

Beispielsweise kann auch eine der lokalen Uhren der Spannungsmesseinrichtung 607 und der Strommesseinrichtungen
30 609 als globale Referenzuhr dienen. Hierbei können die lokalen Uhren, die nicht als globale Referenzuhr dienen, mit der globalen Referenzuhr abgeglichen werden, indem die jeweilige Spannungsmesseinrichtung 607 oder die Strommesseinrichtung 609, die mit der globalen Referenzuhr
35 ausgebildet ist, entsprechende Zeitbestimmungen an die jeweils anderen Spannungsmesseinrichtungen 607 oder Strommesseinrichtungen 609 sendet, mittels denen die lokalen

Uhren der Spannungsmesseinrichtung 607 oder der Strommesseinrichtungen 609 abgeglichen werden können.

Für das in Fig. 6 gezeigte System 600, bei dem die Spannungsmesseinrichtung 607 vor den Strommesseinrichtungen 609 angeordnet ist, kann die lokale Uhr der Spannungsmesseinrichtung 607 als globale Referenzuhr ausgebildet sein.

Zur Synchronisation kann von der Spannungsmesseinrichtung 607 eine Referenzuhrzeit der globalen Referenzuhr an die Strommesseinrichtungen 609 mittels eines ersten Datenpakets DP1 übermittelt werden, sodass die lokalen Uhren der Strommesseinrichtungen 609 zur Referenzuhrzeit der Referenzuhr in Relation gesetzt werden können.

Die Datenübertragung der ersten Datenpakete DP1 und/oder zweiten Datenpakete DP2 zwischen der Spannungsmesseinrichtung 607 und/oder der Strommesseinrichtungen 609, beziehungsweise den in diesen ausgebildeten Prozessoreinheiten 611, kann mittels der Kommunikationsverbindung 619 realisiert sein, die in Fig. 6 zwischen der Spannungsmesseinrichtung 607 und den Strommesseinrichtungen 609 ausgebildet ist.

Wie bereits oben erwähnt können die Steuerungseinheit 617, die Spannungsmesseinrichtung 607 und die Strommesseinrichtungen 609 in ein Feldbussystem, beispielsweise in ein Ethernet-Netzwerk, eingebunden sein.

Bei Ethernet-Netzwerken sind die Mehrzahl von Teilnehmern, auch Knoten genannt, über ein gemeinsames Übertragungsmedium miteinander verbunden, wobei eine Verkapselung der zu übermittelnden Daten in sogenannten Ethernet-Datenpaketen, im Weiteren auch als Ethernet-Telegramme bezeichnet, mit einem vorgegebenen Format vorgenommen wird.

Das Ethernet besteht aus drei Bereichen, dem Übertra-
gungsmedium und den Netzwerk-Schnittstellen, d. h. der Hard-
ware, der Menge von Protokollen, die den Zugriff auf das
Übertragungsmedium steuern, und der Ethernet-Paketform. Das
5 Ethernet stellt dabei grundsätzlich ein Busnetz dar, wobei
beliebige Netzwerktopologien, z.B. Stern-, Bus- oder Baum-
netze verwendet werden können.

Die Ethernet-Datenübertragung findet üblicherweise mithilfe
10 des CSMA/CD-Zugriffsverfahrens statt, bei dem eine
Datenübertragung nur durchgeführt wird, wenn das Netz ruhig
ist, sprich zu diesem Zeitpunkt keine weiteren Daten
übertragen werden. Darüber hinaus ist ein
Kollisionsverhinderungsmechanismus vorgesehen.

15 Das Ethernet-Datenpaket selbst kann dabei eine Datenlänge von
bis zu 1500 Bytes aufweisen, wobei die Daten mittels Header
und Trailer, die eine Anfangskennung, die Ziel- und
Quelladresse, den Datenpakettyp und den
20 Fehlererkennungsmechanismus angeben, verkapselt sind.

Das Ethernet hat sich als Kommunikationsstandard für Netz-
werkssysteme vor allem in der Bürokommunikation durchgesetzt,
da Standard-Hardware-Komponenten und -Software-Protokolle ge-
25 nutzt werden können und darüber hinaus hohe Datenübertra-
gungsraten möglich sind. Aus diesem Grund ist es auch wün-
schenswert, den Ethernet-Standard in industrieller Umgebung
bei der Datenübertragung, insbesondere von Steuerungsaufgaben
nutzen zu können.

30 Das wesentliche Problem besteht hierbei in der mangelnden
Echtzeitfähigkeit des Ethernet-Standards, so dass
Automatisierungsaufgaben mit Echtzeitanwendungen in der Regel
von Ethernet-Kommunikationsnetzen getrennt in eigenständigen
35 Steuerungsbaugruppen, sogenannten Feldbussystemen,
durchgeführt werden.

Um den Ethernet-Standard und ein entsprechend ausgelegtes Netzwerk auf einfache und kostengünstige Weise auch zur Ausführung von Automatisierungsaufgaben, insbesondere solche, bei denen die einzelnen, an der Steuerung beteiligten Teilnehmer, Prozessdaten von nur wenigen Bytes benötigen, verwenden zu können, kann ein Netzwerkaufbau realisiert werden, bei dem ein zusätzlicher Netzwerk-Koppler, im weiteren auch Ethernet-Koppler bezeichnet, vorgesehen ist, der eine externe Schnittstelle zur Anbindung an ein Ethernet-Netzwerk aufweist.

Fig. 7 zeigt eine schematische Abbildung eines Ethernet-Netzwerkaufbaus 700 mit einem Ethernet-Klemmensystem 701, das an einen externen Datenbus 703 eines Ethernet-Netzwerks angeschlossen ist.

Das Ethernet-Klemmensystem 701 umfasst einen Ethernet-Koppler 702 und eine Spannungsmesseinrichtungsklemme 709 und zumindest eine Strommesseinrichtungsklemme 711. Der Ethernet-Koppler 702 und die jeweiligen Spannungs- und Strommesseinrichtungsklemmen 709, 711 sind mechanisch und elektrisch miteinander verbunden. Selbstverständlich können zwischen dem Ethernet-Koppler 702, der Spannungsmesseinrichtungsklemme 709 und/oder der Strommesseinrichtungsklemme 711 weitere elektronische Klemmen in das Ethernet-Klemmensystem 701 eingebunden sein.

Die Spannungsmesseinrichtungsklemme 709 und die Strommesseinrichtungsklemmen 711 sind als Ethernet-Klemmen ausgebildet und dienen jeweils dazu, die Spannungsmesseinrichtung 607 (in Fig. 7 nicht dargestellt) und die Strommesseinrichtung 609 (in Fig. 7 nicht dargestellt) in das Ethernet-Netzwerk, insbesondere den externen Datenbus 703 einzubinden.

Der Ethernet-Koppler 702, die Spannungsmesseinrichtungsklemme 709 und die Strommesseinrichtungsklemme 711 sind

untereinander über einen internen Datenbus 713 verbunden, der zur Datenkommunikation dient.

Mittels des Ethernet-Kopplers 702 ist das Ethernet-
5 Klemmensystem 701 an den externen Datenbus 703 angeschlossen.
Über den externen Datenbus 703 sind die jeweils mit der
Spannungsmesseinrichtungsklemme 709 und der
Strommesseinrichtungsklemme 711 verbundene
Spannungsmesseinrichtung 607 und Strommesseinrichtung 609
10 über die Steuerungseinheit 617 ansteuerbar. Die
Steuerungseinheit 617 (in Fig. 7 nicht dargestellt) ist mit
dem externen Datenbus 703 verbunden. In Fig. 7 ist die
Kommunikationsverbindung 619 des Systems 600 in Fig. 6 durch
den externen Datenbus 703 und den internen Datenbus 713
15 realisiert.

Zur Steuerung der Spannungsmesseinrichtung 607 und der
Strommesseinrichtung 609 durch die Steuerungseinheit 617 kann
die Steuerungseinheit 617 Ethernet-Telegramme ET an die
20 Spannungsmesseinrichtungsklemme 709 und die
Strommesseinrichtungsklemme 711 aussenden, in denen die
entsprechenden Anweisungen der Steuerungseinheit 617 an die
Spannungsmesseinrichtung 607 und der Strommesseinrichtung 609
enthalten sind.

25 Der Ethernet-Koppler 702 weist eine externe Schnittstelle 705
und eine interne Schnittstelle 707 zur Anbindung des
Ethernet-Klemmensystems 701 an den externen Datenbus 703 auf
und dient dazu, den externen Datenbus 703 und den internen
30 Datenbus 713, der zur Datenkommunikation innerhalb des
Ethernet-Klemmensystems 701 dient, miteinander zu verbinden
und eine Datenübertragung zwischen beiden Systemen zu
realisieren.

35 In der in Fig. 7 gezeigten Ausführungsform ist der Ethernet-
Koppler 702 mit der externen Schnittstelle 705 direkt an den
externen Datenbus 703 angeschlossen, der als

Übertragungsmedium beispielsweise ein Koaxialkabel, ein Twisted-Pair-Kabel oder ein Glasfaserkabel aufweisen kann.

Die externe Schnittstelle 705 und die interne Schnittstelle
5 707 weisen jeweils eine Empfangseinheit RX und eine Sendeeinheit TX auf, mittels denen Ethernet-Telegramme ET empfangen und gesendet werden können.

Mittels der Empfangseinheit RX der externen Schnittstelle 705
10 empfängt der Ethernet-Koppler 702 ein von der Steuerungseinheit 617 über den externen Datenbus 703 ausgesendetes Ethernet-Telegramm ET und sendet dieses Ethernet-Telegramm ET mittels der Sendeeinheit TX der internen Schnittstelle 707 über den internen Datenbus 713 an
15 die Spannungsmesseinrichtungsklemme 709 und die Strommeseinrichtungsklemme 711 des Klemmensystems 701.

Die Spannungsmesseinrichtungsklemme 709 und die Strommeseinrichtungsklemme 711 weisen jeweils ebenfalls eine
20 Empfangseinheit RX auf, mit der Ethernet-Telegramme ET empfangen werden können, und eine Sendeeinheit TX auf, mit der Ethernet-Telegramme ET gesendet werden können.

Das vom Ethernet-Koppler 702 über den internen Datenbus 713
25 ausgesendete Ethernet-Telegramm ET (in der Fig. 7 als das obere Ethernet-Telegramm ET dargestellt) wird von der Spannungsmesseinrichtungsklemme 709 über die Empfangseinheit RX empfangen.

30 Die Spannungsmesseinrichtungsklemme 709 liest das empfangene Ethernet-Telegramm ET in dem für die Spannungsmesseinrichtungsklemme 709 bestimmten Abschnitt des Ethernet-Telegramms ET aus.

35 Beispielsweise entnimmt die Spannungsmesseinrichtungsklemme 709 aus den jeweils für sie bestimmten Anweisungen des Ethernet-Telegramms ET die Aufforderungen an die

Spannungsmesseinrichtung 607, Spannungsmesswerte DPU aufzunehmen, zu analysieren und Spannungskenngrößen AFPU zu bestimmen und/oder die Spannungskenngrößen AFPU auszugeben.

- 5 Beispielsweise können diese Spannungskenngrößen AFPU bereits in erste Datenpakete DP1 in das Ethernet-Telegramm ET eingefügt werden.

10 Darauffolgend fügt die Spannungsmesseinrichtungsklemme 709 beispielsweise Spannungsmesswerte DPU oder Spannungskenngrößen AFPU der Spannungsmesseinrichtung 607 in den entsprechenden Abschnitt des Ethernet-Telegramms ET ein.

15 Das Auslesen und das Einfügen der Daten ist durch die Pfeile zwischen der Spannungsmesseinrichtungsklemme 709 und dem Ethernet-Telegramm ET dargestellt.

20 Darauffolgend sendet die Spannungsmesseinrichtungsklemme 709 das Ethernet-Telegramm ET mittels der Sendeeinheit TX über den internen Datenbus 713 an die Strommesseinrichtungsklemme 711.

Die Übertragungsrichtung ist durch die Pfeile entlang des internen Datenbusses 713 gekennzeichnet.

- 25 Die Strommesseinrichtungsklemme 711 empfängt das Ethernet-Telegramm ET durch die Empfangseinheit RX und liest dieses aus.

30 Die Strommesseinrichtungsklemme 711 entnimmt dem Ethernet-Telegramm ET wiederum dem für die Strommesseinrichtungsklemme 711 bestimmten Abschnitt die entsprechenden Anweisungen und fügt beispielsweise Strommesswerte DPI oder Stromkenngrößen AFPI der Strommesseinrichtung 609 in das Ethernet-Telegramm ET ein.

35

Das Auslesen und das Einfügen der Daten ist durch die Pfeile zwischen der Strommesseinrichtungsklemme 711 und dem

Ethernet-Telegramm ET (in diesem Fall das untere Ethernet-Telegramm) dargestellt.

5 Darauffolgend sendet die Strommesseinrichtungsklemme 711 das Ethernet-Telegramm ET wieder an den Buskoppler 702, der das Ethernet-Telegramm ET über die externe Schnittstelle 705 und den externen Datenbus 703 an die Steuerung 617 zur Auswertung der jeweiligen Daten zurücksendet.

10 Das obere und das untere Ethernet-Telegramm ET stellen beide dasselbe Ethernet-Telegramm ET dar und sollen verdeutlichen, dass nach Abarbeitung der jeweiligen Anweisungen des Ethernet-Telegramms ET durch die Spannungs- und Strommesseinrichtungsklemmen 709, 711 das Ethernet-Telegramm
15 ET wieder an den Buskoppler 702 zurückgesendet wird. Das oben beschriebene Ethernet-Telegramm ET setzt sich aus einem Header mit der Empfangskennung und der Ziel- und Quelladresse, einem Datenbereich sowie einem Trailer, der eine Paketlänge und einen Fehlererkennungsmechanismus angibt,
20 zusammen.

Der zwischen dem Header und dem Trailer vorgesehene Datenbereich enthält die für die Steuerungsaufgabe notwendigen Prozessdaten, die vorzugsweise ein gesamtes
25 Prozessabbild wiedergeben. Diese Prozessdaten sind wiederum vorzugsweise in für die einzelnen Teilnehmer der Steuerungsaufgabe erforderlichen Datenblöcken für die Spannungsmesseinrichtungsklemme 709 beziehungsweise die Spannungsmesseinrichtung 607 und die
30 Strommesseinrichtungsklemme 711 beziehungsweise die Strommesseinrichtungen 609 gruppiert.

Die Prozessdaten können Anweisungen an die jeweiligen Teilnehmer umfassen, bestimmte Prozessschritte durchzuführen.
35 Beispielsweise können die Prozessdaten Anweisungen an die Spannungsmesseinrichtung 607 und/oder Strommesseinrichtungen 609 umfassen, Spannungsmesswerte DPU oder Strommesswerte DPI

aufzunehmen oder diese zu analysieren und Spannungskenngrößen AFPU oder Stromkenngrößen AFPI zu erstellen, beziehungsweise zumindest einen Leistungswert L zu bestimmen.

- 5 Auch können die Prozessdaten bereits erstellte Spannungskenngrößen AFPU und/oder Stromkenngrößen AFPI zur Übermittlung zwischen der Spannungsmesseinrichtung 607 und den Strommeseinrichtung 609 umfassen.
- 10 In Fig. 8 ist eine weitere Ausführungsform des Ethernet-Netzwerkaufbaus 700 in Fig. 7 gezeigt. In dieser Ausführungsform ist der Ethernet-Netzwerkaufbau 700 mit einer Zweikanal-Leitung dargestellt.
- 15 Im Unterschied zu Fig. 7 weisen in Fig. 8 die Spannungsmesseinrichtungsklemme 709 und die Strommeseinrichtungsklemme 711 jeweils zwei Empfangseinheiten RX und zwei Sendeeinheiten TX auf.
- 20 In Fig. 8 durchläuft das vom Ethernet-Koppler 702 an die Spannungsmesseinrichtungsklemme 709 gesendete Ethernet-Telegramm ET alle Klemmen des Ethernet-Klemmensystems 701 und wird von der letzten Strommeseinrichtungsklemme 711 des Klemmensystems 701 durch alle angeschlossenen Klemmen des
25 Ethernet-Klemmensystems 701, also im dargestellten Fall zumindest durch die Spannungsmesseinrichtungsklemme 709 hindurch, an den Ethernet-Koppler 702 zurückgesendet.
- 30 Jedoch findet ein Auslesen des Ethernet-Telegramms ET und ein Einfügen von Daten in das Ethernet-Telegramm ET durch die Spannungsmesseinrichtungsklemme 709 und die Strommeseinrichtungsklemme 711 nur auf der Hinrichtung statt.
- 35 Das Auslesen und Einfügen ist durch die Pfeile zum oberen Ethernet-Telegramm ET und von diesem zu der

Spannungsmesseinrichtungsklemme 709 und der Strommesseinrichtungsklemme 711 dargestellt.

Auf der Rückrichtung findet keine Abarbeitung des Ethernet-Telegramms ET statt, sondern das Ethernet-Telegramm ET wird
5 nur weitergeleitet.

Sofern in dem Ethernet-Klemmensystem 701 ein Ethernet-Telegramm ET entsprechend dem EtherCAT-Standard verwendet wird und der Ethernet-Koppler 702, die
10 Spannungsmesseinrichtungsklemme 709 und die Strommesseinrichtungsklemme 711 entsprechend dem EtherCAT-Standard ausgebildet sind, ist ein Austausch der Daten zwischen dem Ethernet-Telegramm ET und der Spannungsmesseinrichtungsklemme 709 und der
15 Strommesseinrichtungsklemme 711 im Durchlauf möglich. Die Vorteile dieser Vorgehensweise sind, dass aufgrund der Verarbeitung des Ethernet-Telegramms ET im Durchlauf keine nennenswerten Verzögerungen bei der Datenverarbeitung entstehen und somit kurze Reaktionszeiten, wie sie für eine
20 Echtzeitanwendung erforderlich sind, eingehalten werden können.

Fig. 9 zeigt eine schematische Abbildung eines ersten Datenpakets DP1 des Systems 600 zur verteilten elektrischen
25 Leistungsbestimmung gemäß einer weiteren Ausführungsform.

Zur Übermittlung der in der Spannungsmesseinrichtung 607 und/oder den Strommesseinrichtungen 609 erstellten Spannungskenngrößen AFPU und/oder Stromkenngrößen AFPI können
30 diese in erste Datenpakete DP1 und/oder zweite Datenpakete DP2 zusammengefasst werden.

Zur Übermittlung können die ersten Datenpakete DP1 und/oder zweiten Datenpakete DP2 beispielsweise in die oben
35 beschriebenen Ethernet-Telegramme ET eingefügt werden.

In Fig. 9 ist ein durch die Spannungsmesseinrichtung 607 erstelltes erstes Datenpaket DP1 dargestellt. Ein durch die Strommeseinrichtung 607 erstelltes zweites Datenpaket DP2 kann eine analoge Datenstruktur wie das erste Datenpaket DP1 aufweisen, in dem die Stromkenngrößen AFPI analog zu den in Fig. 7 dargestellten Spannungskenngrößen AFPV angeordnet sein können. Um Wiederholungen zu vermeiden, wird im Folgenden im Wesentlichen der Aufbau des ersten Datenpakets DP1 beschrieben.

10

Gemäß Fig. 9 weist das erste Datenpaket DP1 einen Datenrahmen 901 auf, der eine Mehrzahl von Datenabschnitten 900 umfasst. Die einzelnen Datenabschnitte 900 des ersten Datenpakets DP1 umfassen verschiedene Betriebsdaten und weisen in der dargestellten Ausführungsform eine Größe von 4 Byte (jeweils mit einem Doppelpfeil gezeichnet) auf.

15

In Fig. 9 umfassen die Datenabschnitte 900 Spannungskenngrößen AFPV der Versorgungsspannung U, die in dem Analyseschritt 105 mittels einer Analyse von Spannungsmesswerten DPU erstellt worden sind.

20

In der Ausführungsform in Fig. 9 sind die Spannungskenngrößen AFPV mittels einer Spektralanalyse der Spannungsmesswerte DPU gemäß dem Spektralanalyseschritt 201, dem Spektrumerstellungsschritt 203, dem Reduktionsschritt 205 und dem Spektralwertidentifikationsschritt 207 analysiert. Die Spannungskenngrößen AFPV umfassen damit Informationen bezüglich der Spannungsgrund- und Spannungsoberfrequenzen U_0, U_1, \dots, U_n und Spannungsspektralwerte $SDU_0, SDU_1, \dots, SDU_n$ der Spannungsgrundfrequenz U_0 und der ersten n Spannungsoberfrequenzen U_1, \dots, U_n sowie dem Spannungsgleichanteil SDU_{n+1} der Versorgungsspannung U.

25

30

35

Bei einer Analyse der Spannungsmesswerte DPU gemäß dem Analyseschritt 105, die nicht mittels einer Spektralanalyse gemäß dem Spektralanalyseschritt 201, dem

Spektrumerstellungsschritt 203, dem Reduktionsschritt 205 und dem Spektralwertidentifikationsschritt analysiert wurden, kann die Aufteilung des ersten Datenpakets DP1 von der in Fig. 9 dargestellten Aufteilung abweichen.

5

Der erste Datenabschnitt 903 umfasst eine Kanalnummer 913 und einen Zeitstempel 915.

Die Kanalnummer 913 kennzeichnet die Phase der gegebenenfalls mehrphasigen Versorgungsspannung U , für die von der Spannungsmesseinrichtung 607 die Spannungsmesswerte DPU aufgenommen wurden.

Der Zeitstempel 915 kann beispielsweise der Startzeitpunkt t_U des ersten Zeitintervalls T_1 sein, das die Zeitspanne zur Aufnahme der Spannungsmesswerte DPU bestimmt. Der Zeitstempel 915 beziehungsweise der erste Startzeitpunkt t_U dient zur Synchronisation der Spannungsmesseinrichtung 607 und der Strommesseinrichtungen 609 und wird daher innerhalb des ersten Datenpakets DP1 an die Prozessoreinheit 611 oder die Strommesseinrichtungen 609 übermittelt.

Mit der Kanalnummer 913 und dem Zeitstempel 915 ist die jeweilige Prozessoreinheit 611 in der Lage, die in dem ersten Datenpaket DP1 übermittelten Spannungskenngrößen AFPU auf entsprechende Strommesswerte DPI beziehungsweise Stromkenngrößen AFPI zu synchronisieren.

Der zweite Datenabschnitt 905 umfasst die Frequenzzahl der Spannungsgrundfrequenz U_0 der Versorgungsspannung. Mit der Spannungsgrundfrequenz U_0 lassen sich alle Spannungsoberschwingungen U_1, \dots, U_n der Versorgungsspannung U als ganzzahlige Vielfache der Spannungsgrundfrequenz U_0 bestimmen.

35

Der dritte Datenabschnitt 907 umfasst den entsprechenden Spannungsgleichanteil SDU_{n+1} .

Der vierte Datenabschnitt 909 umfasst den Spannungsspektralwert SDU_0 der Spannungsgrundfrequenz U_0 .

- 5 Der fünfte Datenabschnitt 911 umfasst den Spannungsspektralwert SDU_1 der ersten Spannungsoberfrequenz U_1 .

- Der sechste Datenabschnitt 912 umfasst einen
10 Spannungsphasenwinkel Φ_{U1} der ersten Oberschwingung in Bezug auf die Grundschwingung.

- In den folgenden Abschnitten folgen paarweise die Spannungsspektralwerte SDU_2, \dots, SDU_n und die jeweiligen
15 Spannungsphasenwinkeln $\Phi_{U2}, \dots, \Phi_{Un}$ der 2-ten bis n-ten Spannungsoberfrequenzen U_2, \dots, U_n .

- Das derart gestaltete erste Datenpaket DP1 umfasst damit eine Anzahl von $4+2*(n-1)$ Abschnitten, wobei n die Anzahl der
20 bestimmten Spannungsoberfrequenzen U_1, \dots, U_n zur Spannungsgrundfrequenz U_0 der Versorgungsspannung U ist. Da jeder Abschnitt eine Datentypgröße von 4 Bytes aufweist, weist der Datenrahmen 701 eine Gesamtdatengröße von
 $n_{BYTES}=(4+2*(n-1))*4$ auf.

- 25 Je nach Anzahl n der bestimmten Spannungsoberfrequenzen U_1, \dots, U_n können die Anzahl der Anschnitte und die Größe des zu übermittelnden ersten Datenpakets DP1 variieren.

- 30 Ein erstes Datenpaket DP1 gemäß Fig. 9 weist einen vergleichbaren Informationsgehalt zu den entsprechenden Spannungsmesswerten DPU auf. Wie oben dargestellt können durch die Spannungsspektralwerte $SDU_0, SDU_1, \dots, SDU_n$, den Spannungsgleichanteil SDU_{n+1} und die jeweiligen
35 Spannungsphasenwinkeln $\Phi_{U1}, \dots, \Phi_{Un}$ der Spannungsgrundfrequenz U_0 und der ersten n Spannungsoberfrequenzen U_1, \dots, U_n die

Scheinleistung S , die Wirkleistung P , die Blindleistung Q oder die Verzerrungsblindleistung D bestimmt werden.

Durch eine entsprechende Rücktransformation können die Spannungsspektralwerte $SDU_0, SDU_1, \dots, SDU_n$ unter Berücksichtigung der jeweiligen Spannungsphasenwinkeln $\Phi_{U_1}, \dots, \Phi_{U_n}$ der Spannungsgrundfrequenz U_0 und der ersten n Spannungsoberfrequenzen U_1, \dots, U_n und dem Spannungsgleichanteil SDU_{n+1} in die Spannungsmesswerte DPU rücktransformiert werden.

10

Die Gesamtdatengröße des ersten Datenpakets $DP1$ ist jedoch wesentlich kleiner als ein die Spannungsmesswerte DPU umfassendes Datenpaket, das einen zum ersten Datenpaket $DP1$ vergleichbaren Informationsgehalt aufweist kann.

15

Fig. 10 zeigt eine schematische Abbildung eines Speichermediums 1001 mit einem Computerprogramm 1000 zur Ausführung des Verfahrens 100 zur Steuerung eines Automatisierungsprozesses.

20

Bezugszeichenliste

	100	Verfahren zur verteilten elektrischen Leistungsbestimmung
5	101	Spannungsmessschritt
	103	Strommessschritt
	105	Analyseschritt
	107	Leistungswertermittlungsschritt
10	201	Spektralanalyseschritt
	203	Spektrumerstellungsschritt
	205	Reduktionsschritt
	207	Spektralwertidentifikationsschritt
	209	Synchronisationsschritt
15	U	Versorgungsspannung
	I	Verbraucherstrom
	DPU	Spannungsmesswert
	DPI	Strommesswert
20	TCU	Spannungsverlauf
	TCI	Stromverlauf
	AF	Analysefunktion
	AFPU	Spannungskenngröße
	AFPI	Stromkenngröße
25	U_0	Spannungsgrundfrequenz
	U_1, \dots, U_n	erste n Spannungsoberschwingungen
	$\Phi_{U1}, \dots, \Phi_{Un}$	Spannungsphasenwinkel der ersten n Oberschwingungen zur Grundschwingungen der Spannungsversorgung
30	I_0	Stromgrundfrequenz
	I_1, \dots, I_n	erste n Stromoberschwingungen
	$\Phi_{I1}, \dots, \Phi_{In}$	Stromphasenwinkel der ersten n Oberschwingungen zur Grundschwingungen dem Verbraucherstrom
35	SD	Frequenzspektrum
	SDU	Spannungsfrequenzspektrum

	SDU_0	Spannungsspektralwert der Grundfrequenz der Versorgungsspannung
	SDU_1, \dots, SDU_n	Spannungsspektralwerte der ersten n Oberfrequenzen der Versorgungsspannung
5	SDU_{n+1}	Spannungsgleichanteil
	SDI	Stromfrequenzspektrum
	SDI_0	Stromspektralwert der Grundfrequenz des Verbraucherstroms
10	SDI_1, \dots, SDI_n	Stromspektralwerte der ersten n Oberfrequenzen der Verbraucherstroms
	SDI_{n+1}	Stromgleichanteil
	PU	Spannungsparameter
	PI	Stromparameter
	DP1	erstes Datenpaket
15	DP2	zweites Datenpaket
	t	Zeit
	f	Frequenz
	t_U	erster Startzeitpunkt
20	t_I	zweiter Startzeitpunkt
	T1	erstes Zeitintervall
	T2	zweites Zeitintervall
	$\Delta\Phi$	Phasenverschiebung
25	401	Phasenverschiebungsermittlungsschritt
	501	Anpassungsschritt
	503	Spannungsparameterermittlungsschritt
	505	Parameteridentifikationsschritt
30	600	System zur verteilten elektrischen Leistungsbestimmung
	601	Spannungsquelle
	603	Spannungspfad
35	605	Verbraucher
	607	Spannungsmesseinrichtung
	609	Strommeseinrichtung

	611	Prozessoreinheit
	613	Spannungsmesspunkt
	615	Strommesspunkt
	617	Steuerungseinheit
5	619	Kommunikationsverbindung
	700	Ethernet-Netzwerkaufbau
	701	Ethernet-Klemmensystem
	701	Ethernet-Koppler
10	703	externer Datenbus
	705	externe Schnittstelle
	707	interne Schnittstelle
	709	Spannungsmesseinrichtungsklemme
	711	Strommesseinrichtungsklemme
15	713	interner Datenbus
	RX	Empfangseinheit
	TX	Sendeeinheit
	ET	Telegramm
20	900	Datenabschnitt
	901	Datenrahmen
	903	erster Datenabschnitt
	905	zweiter Datenabschnitt
	907	dritter Datenabschnitt
25	909	vierter Datenabschnitt
	911	fünfter Datenabschnitt
	913	Kanalnummer
	915	Zeitstempel
30	1001	Speichermedium
	1000	Computerprogramm
	P	Wirkleistung
	Q	Blindleistung
35	D	Verzerrungsblindleistung
	S	Gesamtscheinleistung
	L	Leistungswert

Patentansprüche

1. Verfahren (100) zur verteilten elektrischen Leistungsbestimmung zumindest eines Verbrauchers (605), der über einen Spannungspfad (603) mit einer Spannungsquelle (601) verbunden ist, wobei eine Spannungsmesseinrichtung (607) eine Versorgungsspannung (U) der Spannungsquelle (601) an einem Spannungsmesspunkt (613) auf dem Spannungspfad (603) bestimmt, und wobei zumindest eine Strommeseinrichtung (609) einen Verbraucherstrom (I) des Verbrauchers (605) an einem Strommesspunkt (615) auf dem Spannungspfad (603) bestimmt, die Verfahrensschritte umfassend:

Aufnehmen von Spannungswerten (DPU) der Versorgungsspannung (U) durch die Spannungsmesseinrichtung (607) zur Bestimmung eines Spannungsverlaufs (TCU) der Versorgungsspannung (U) in einem Spannungsmessschritt (101);

Aufnehmen von Strommesswerten (DPI) eines Verbraucherstroms (I) des zumindest einen Verbrauchers (605) durch die zumindest eine Strommeseinrichtung (609) zur Bestimmung eines Stromverlaufs (TCI) des Verbraucherstroms (I) in einem Strommessschritt (103);

Analysieren der Spannungsmesswerte (DPU) der Versorgungsspannung (U) und/oder der Strommesswerte (DPI) des Verbraucherstroms (I) mit einer Analysefunktion (AF) in einem Analyseschritt (105), um Spannungskenngrößen (AFPU) des Spannungsverlaufs (TCU) der Versorgungsspannung (U) und/oder Stromkenngrößen (AFPI) des Stromverlaufs (TCI) des Verbraucherstroms (I) zu bestimmen, wobei die Analyse der Spannungsmesswerte (DPU) der Versorgungsspannung (U) in dem Analyseschritt (105) von der Spannungsmesseinrichtung (607) durchgeführt wird, und/oder wobei die Analyse der Strommesswerte (DPI) des Verbraucherstroms (I) in dem Analyseschritt (105) von der zumindest einen Strommeseinrichtung (609) durchgeführt wird;

Übermitteln der Spannungskenngrößen (AFPU) durch die Spannungsmesseinrichtung (607) an eine Prozessoreinheit (611) und/oder Übermitteln der Stromkenngrößen (AFPI) durch die
5 zumindest eine Strommesseinrichtung (609) an die Prozessoreinheit (611); und

Ermitteln zumindest eines Leistungswerts (L) unter Berücksichtigung der Spannungskenngrößen (AFPU) des
10 Spannungsverlaufs (TCU) der Versorgungsspannung (U) und/oder der Stromkenngrößen (AFPI) des Stromverlaufs (TCI) des Verbraucherstroms (I) durch die Prozessoreinheit (611) in einem Leistungswertermittlungsschritt (107).

15 2. Verfahren (100) nach Anspruch 1, wobei der Analyseschritt (105) der Spannungsmesswerte (DPU) und/oder der Strommesswerte (DPI) die Verfahrensschritte umfasst:

Durchführen einer Spektralanalyse, insbesondere einer
20 diskreten Fourier-Analyse, der Spannungsmesswerte (DPU) und/oder der Strommesswerte (DPI) in einem Spektralanalyseschritt (201);

Erstellen eines Spannungsfrequenzspektrums (SDU) der
25 Versorgungsspannung (U) auf Basis der Spektralanalyse der Spannungsmesswerte (DPU) und/oder eines Stromfrequenzspektrums (SDI) des Verbraucherstroms (I) auf Basis der Spektralanalyse der Strommesswerte (DPI) in einem Spektrumerstellungsschritt (203);

30

Reduzieren des Spannungsfrequenzspektrums (SDU) der
Versorgungsspannung (U) und/oder des Stromfrequenzspektrums
(SDI) des Verbraucherstroms (I) auf Frequenzen einer
Spannungsgrundfrequenz (U_0) und von ersten n
35 Spannungsoberfrequenzen (U_1, \dots, U_n) der Versorgungsspannung (U) und/oder auf Frequenzen einer Stromgrundfrequenz (I_0) und von

ersten n Stromoberfrequenzen (I_1, \dots, I_n) des Verbraucherstroms (I) in einem Reduktionsschritt (205); und

Identifizieren der Spannungsspektralwerte ($SDU_0, SDU_1, \dots, SDU_n$)
5 für Frequenzen der Spannungsgrundfrequenz (U_0) und der ersten
 n Spannungsoberfrequenzen (U_1, \dots, U_n) der Versorgungsspannung
(U) als Spannungskenngrößen (AFPU) und/oder der
Stromspektralwerte ($SDI_0, SDI_1, \dots, SDI_n$) für Frequenzen der
Stromgrundfrequenz (I_0) und der ersten n Stromoberfrequenzen
10 (I_1, \dots, I_n) des Verbraucherstroms (I) als Stromkenngrößen
(AFPI) in einem Spektralwertidentifikationsschritt (207).

3. Verfahren (100) nach Anspruch 1, wobei der
Analyseschritt (105) der Spannungsmesswerte (DPU) und/oder
15 der Strommesswerte (DPI) die Verfahrensschritte umfasst:

Durchführen eines Anpassungsprozesses einer
Anpassungsfunktion an die Spannungsmesswerte (DPU) und/oder
die Strommesswerte (DPI) in einem Anpassungsschritt (501);
20

Ermitteln von Spannungsparametern (PU) der
Anpassungsfunktion, wobei die Anpassungsfunktion mit den
Spannungsparametern (PU) den Spannungsverlauf (TCU) der
Versorgungsspannung (U) beschreibt, und/oder von
25 Stromparametern (PI) der Anpassungsfunktion, wobei die
Anpassungsfunktion mit den Stromparametern (PI) den
Stromverlauf (TCI) des Verbraucherstroms (I) beschreibt, in
einem Parameterermittlungsschritt (503); und

30 Identifizieren der Spannungsparameter (PU) der
Anpassungsfunktion als Spannungskenngrößen (AFPU) und/oder
der Stromparameter (PI) der Anpassungsfunktion als
Stromkenngrößen (AFPI) in einem
Parameteridentifikationsschritt (505).
35

4. Verfahren (100) nach einem der vorangehenden Ansprüche,
ferner umfassend:

Synchronisieren der Spannungsmesseinrichtung (607) und der
zumind. einen Strommesseinrichtung (609) auf eine
Referenzzeit in einem Synchronisationsschritt (209), wobei
5 die Spannungsmesseinrichtung (607) und die zumind. eine
Strommesseinrichtung (609) jeweils eine lokale Zeit
bestimmen, und wobei die lokale Zeit der
Spannungsmesseinrichtung (607) und die lokale Zeit der
zumind. einen Strommesseinrichtung (609) in Bezug auf die
10 Referenzzeit angepasst werden.

5. Verfahren (100) nach Anspruch 4, wobei die
Synchronisation der Spannungsmesseinrichtung (607) und der
zumind. einen Strommesseinrichtung (609) in dem
15 Synchronisationsschritt (209) das Ermitteln einer
Phasenverschiebung ($\Delta\Phi$) zwischen dem Spannungsverlauf (TCU)
der Versorgungsspannung (U) und dem Stromverlauf (TCI) des
Verbraucherstroms (I) in einem
Phasenverschiebungsermittlungsschritt (401) umfasst.

20

6. Verfahren (100) nach einem der vorangehenden Ansprüche,
wobei der zumind. eine Leistungswert (L) eine Wirkleistung
(P), eine Blindleistung (Q), eine Verzerrungsblindleistung
(D) oder eine Gesamtscheinleistung (S) ist.

25

7. System (600) zur verteilten elektrischen
Leistungsbestimmung mit einer Spannungsquelle (601) zum
Bereitstellen einer Versorgungsspannung (U), zumind. einem
Verbraucher (605), der über zumind. einen Spannungspfad
30 (603) mit der Spannungsquelle (601) verbunden ist, einer
Spannungsmesseinrichtung (607) zur Messung der
Versorgungsspannung (U) an einem Spannungsmesspunkt (613) auf
dem Spannungspfad (603), zumind. einer
Strommesseinrichtungen (609) zur Messung eines
35 Versorgungsstroms (I) des Verbrauchers (605) an einem
Strommesspunkt (615) auf dem Spannungspfad (603), eine
Prozessoreinheit (611) zum Erstellen zumind. eines

Leistungswerts (L), und einer Steuerungseinheit (617) zum Ansteuern der Spannungsmesseinrichtung (607) und der zumindest einen Strommeseinrichtung (609),

5 wobei die Spannungsmesseinrichtung (607) ausgebildet ist, Spannungsmesswerte (DPU) der Versorgungsspannung (U) aufzunehmen, um einen Spannungsverlauf (TCU) der Versorgungsspannung (U) zu bestimmen, die Spannungsmesswerte (DPU) mit einer Analysefunktion (AF) zu analysieren, um
10 Spannungskenngrößen (AFPU) des Spannungsverlaufs (TCU) der Spannungsmesswerte (DPU) zu bestimmen, ein erstes Datenpaket (DP1) zu erstellen, das die Spannungskenngrößen (AFPU) umfasst, und das erste Datenpaket (DP1) an die zumindest eine
Prozessoreinheit (611) zu übermitteln;

15 wobei die zumindest eine Strommeseinrichtung (609) ausgebildet ist, Strommesswerte (DPI) der Verbraucherstroms (I) aufzunehmen, um einen Stromverlauf (TCI) des Verbraucherstroms (I) zu bestimmen, die Strommesswerte (DPI) mit der Analysefunktion (AF) zu analysieren, um
20 Stromkenngrößen (AFPI) des Stromverlaufs (TCI) der Strommesswerte (DPI) zu bestimmen, ein zweites Datenpaket (DP2) zu erstellen, das die Stromkenngrößen (AFPI) umfasst, und das zweite Datenpaket (DP2) an die zumindest eine
25 Prozessoreinheit (611) zu übermitteln; und

wobei die zumindest eine Prozessoreinheit (611) ausgebildet ist, zumindest einen Leistungswert (L) unter Berücksichtigung der Spannungskenngrößen (AFPU) und/oder der Stromkenngrößen (AFPI) zu ermitteln.
30

8. System (600) nach Anspruch 7, wobei die Spannungsmesseinrichtung (607), die zumindest eine Strommeseinrichtung (609) und die Prozessoreinheit (611) ausgebildet sind, zum Analysieren der Spannungsmesswerte (DPU) und/oder der Strommesswerte (DPI) mit der Analysefunktion (AF) ausgebildet sind:
35

eine Spektralanalyse, insbesondere eine diskrete Fourier-Analyse, der Spannungsmesswerte (DPU) und/oder der Strommesswerte (DPI) durchzuführen;

5

ein Spannungsfrequenzspektrum (SDU) der Versorgungsspannung (U) auf Basis der Spektralanalyse der Spannungsmesswerte (DPU) und/oder ein Stromfrequenzspektrum (SDI) des Verbraucherstroms (I) auf Basis der Spektralanalyse der Strommesswerte (DPI) zu erstellen;

10

das Spannungsfrequenzspektrum (SDU) der Versorgungsspannung (U) und/oder das Stromfrequenzspektrum (SDI) des Verbraucherstroms (I) auf Spannungsspektralwerte ($SDU_0, SDU_1, \dots, SDU_n$) einer Spannungsgrundfrequenz (U_0) und von ersten n Spannungsoberfrequenzen (U_1, \dots, U_n) der Versorgungsspannung (U) und/oder auf Stromspektralwerte ($SDI_0, SDI_1, \dots, SDI_n$) einer Stromgrundfrequenz (I_0) und von ersten n Stromoberfrequenzen (I_1, \dots, I_n) des Verbraucherstroms (I) zu reduzieren; und

15

die Spannungsspektralwerte ($SDU_0, SDU_1, \dots, SDU_n$) für Frequenzen der Spannungsgrundfrequenz (U_0) und der ersten n Spannungsoberfrequenzen (U_1, \dots, U_n) der Versorgungsspannung (U) als Spannungskenngrößen (AFPU) und/oder die Stromspektralwerte ($SDI_0, SDI_1, \dots, SDI_n$) für Frequenzen der Stromgrundfrequenz (I_0) und der ersten n Stromoberfrequenzen (I_1, \dots, I_n) des Verbraucherstroms (I) als Stromkenngrößen (AFPI) zu identifizieren.

20

9. System (600) nach Anspruch 7, wobei die Spannungsmesseinrichtung (607), die zumindest eine Strommesseinrichtung (609) und die Prozessoreinheit (611) ausgebildet sind, zum Analysieren der Spannungsmesswerte (DPU) und/oder der Strommesswerte (DPI) mit der

25

Analysefunktion (AF) ausgebildet sind:

30

35

einen Anpassungsprozess einer Anpassungsfunktion an die Spannungsmesswerte (DPU) und/oder die Strommesswerte (DPI) durchzuführen;

5 Spannungparameter (PU) und/oder Stromparameter (PI) der Anpassungsfunktion zu bestimmen; und

die Spannungparameter (PU) der Anpassungsfunktion als Spannungskenngrößen (AFPU) und/oder die Stromparameter (PI)
10 der Anpassungsfunktion als Stromkenngrößen (AFPI) zu identifizieren.

10. System (600) nach einem der vorangehenden Ansprüche 7 bis 9, ferner umfassend zumindest eine
15 Kommunikationsverbindung (619) zwischen der Spannungsmesseinrichtung (607) und der zumindest einen Prozessoreinheit (611) und/oder der zumindest einen Strommesseinrichtung (609) und der zumindest einen
20 Prozessoreinheit (611) zum Übermitteln des ersten Datenpakets (DP1) von der Spannungsmesseinrichtung (607) an die zumindest eine Prozessoreinheit (611) und/oder des zweiten Datenpakets (DP2) von der zumindest einen Strommesseinrichtung (609) an die zumindest eine Prozessoreinheit (611).

25 11. System (600) nach einem der voranstehenden Ansprüche 7 bis 10, wobei die zumindest eine Prozessoreinheit (611) in der Spannungsmesseinrichtung (607) und/oder in der zumindest einen Strommesseinrichtung (609) ausgebildet ist oder eine externe Prozessoreinheit (611) ist.

30

12. System (600) nach einem der voranstehenden Ansprüche 7 bis 11, wobei die Spannungsmesseinrichtung (607) und die
zumindest eine Strommesseinrichtung (609) zueinander synchronisierbar sind, wobei die Spannungsmesseinrichtung
35 (607) und die zumindest eine Strommesseinrichtung (609) hierzu jeweils eine lokale Zeit aufweisen, und wobei die lokalen Zeiten der Spannungsmesseinrichtung (607) und der

zumindest einen Strommesseinrichtung (609) auf eine globale Referenzzeit des Systems (600) abstimmbare sind.

13. Computerprogramm (1000), umfassend Befehle, die bei der
5 Ausführung des Computerprogramms (1000) durch einen Computer
oder die Steuerungseinheit (617) diese veranlassen, ein
Verfahren (100) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6
auszuführen.
- 10 14. Maschinenlesbares Speichermedium (1001), auf dem das
Computerprogramm (1000) nach Anspruch 13 gespeichert ist.

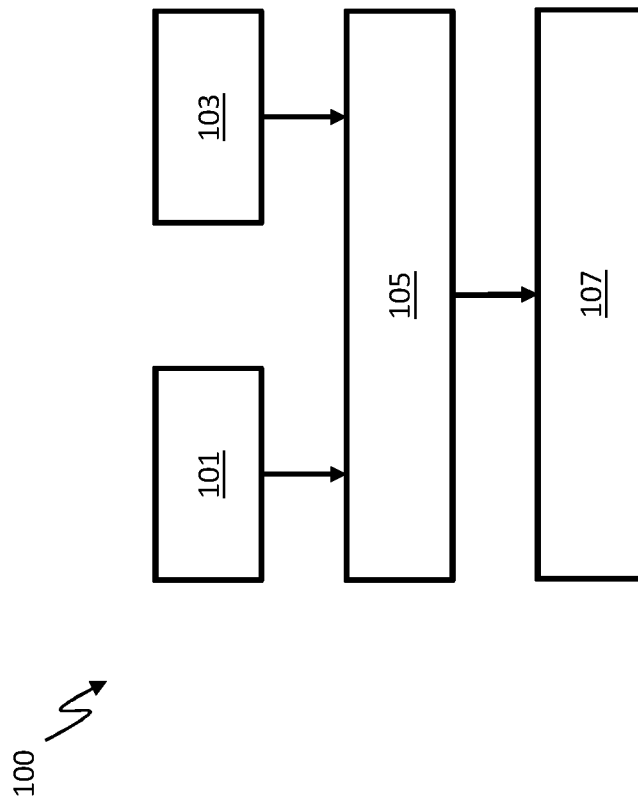


Fig. 1

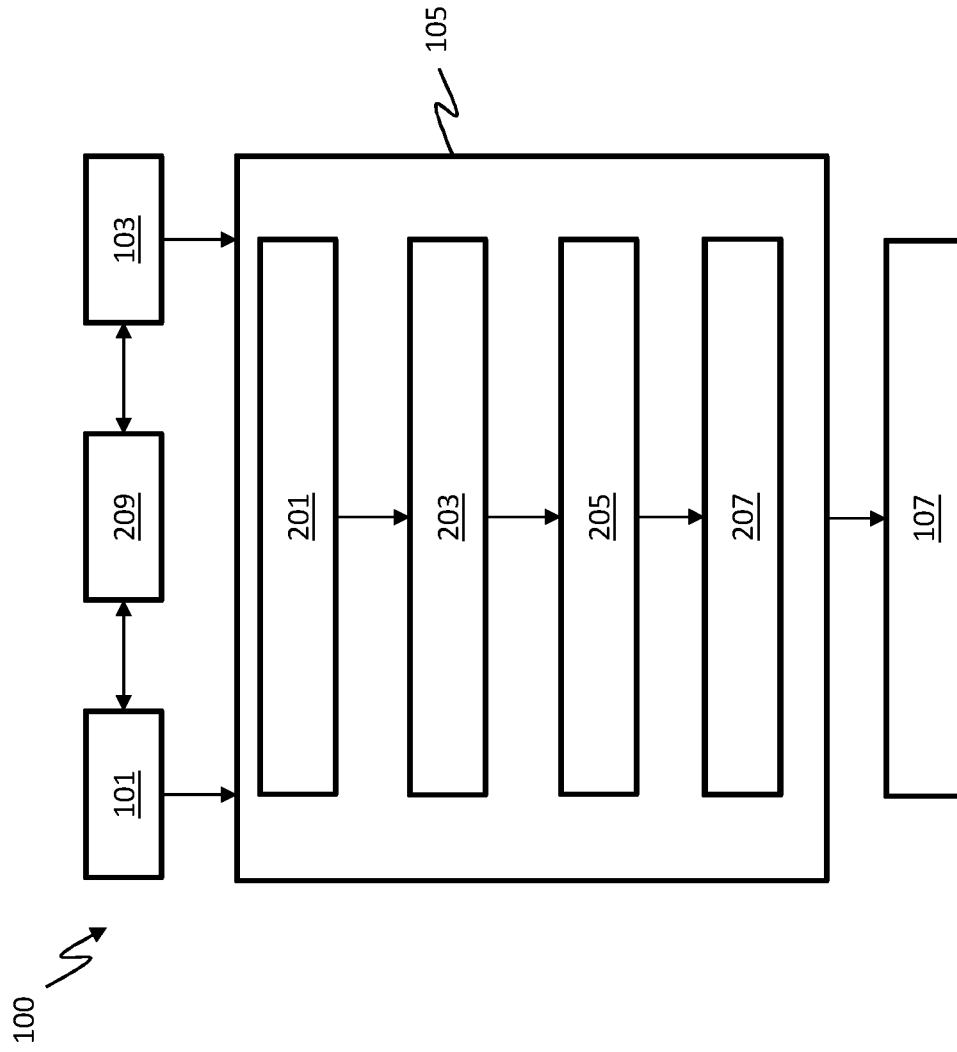


Fig. 2

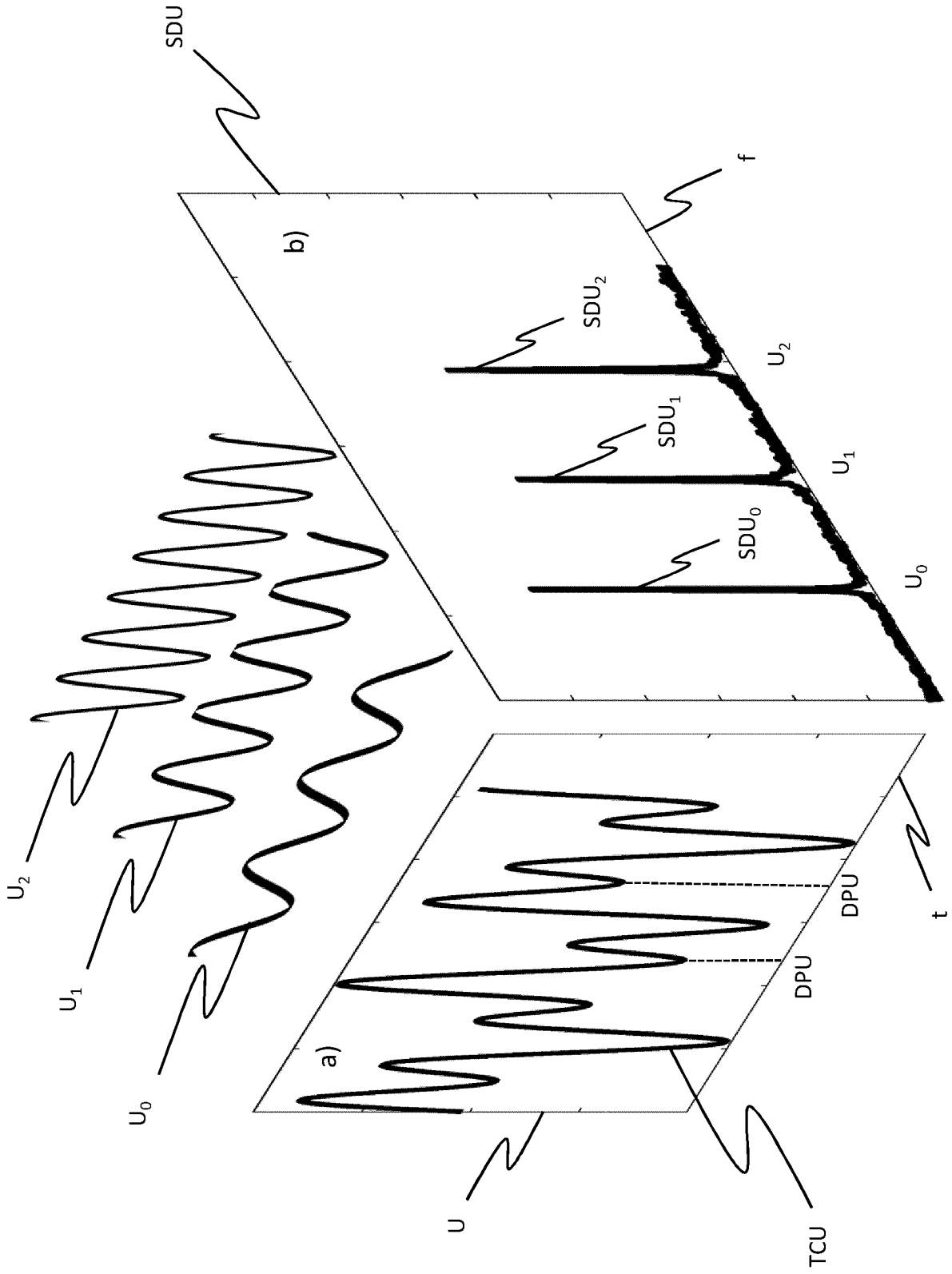


Fig. 3

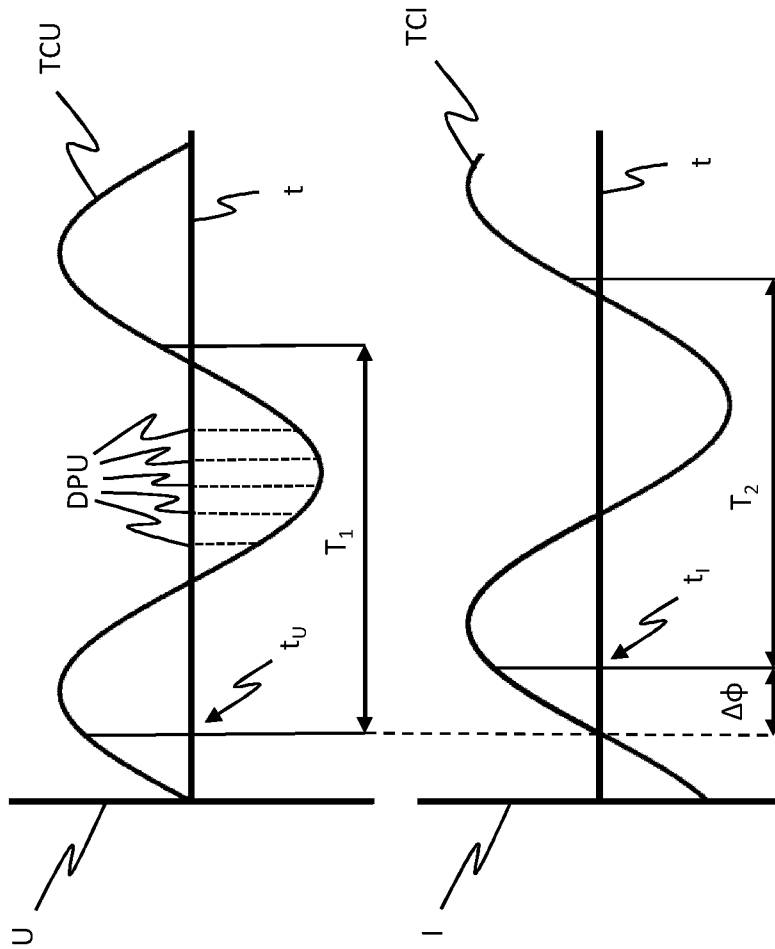


Fig. 4

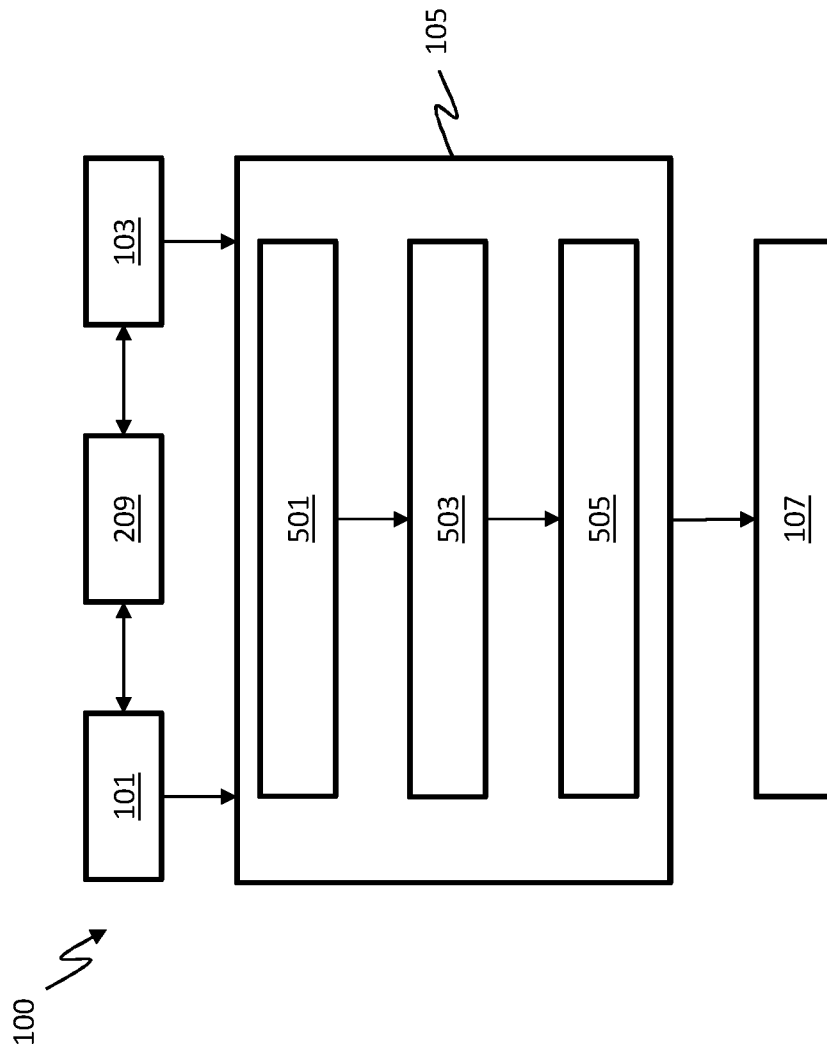


Fig. 5

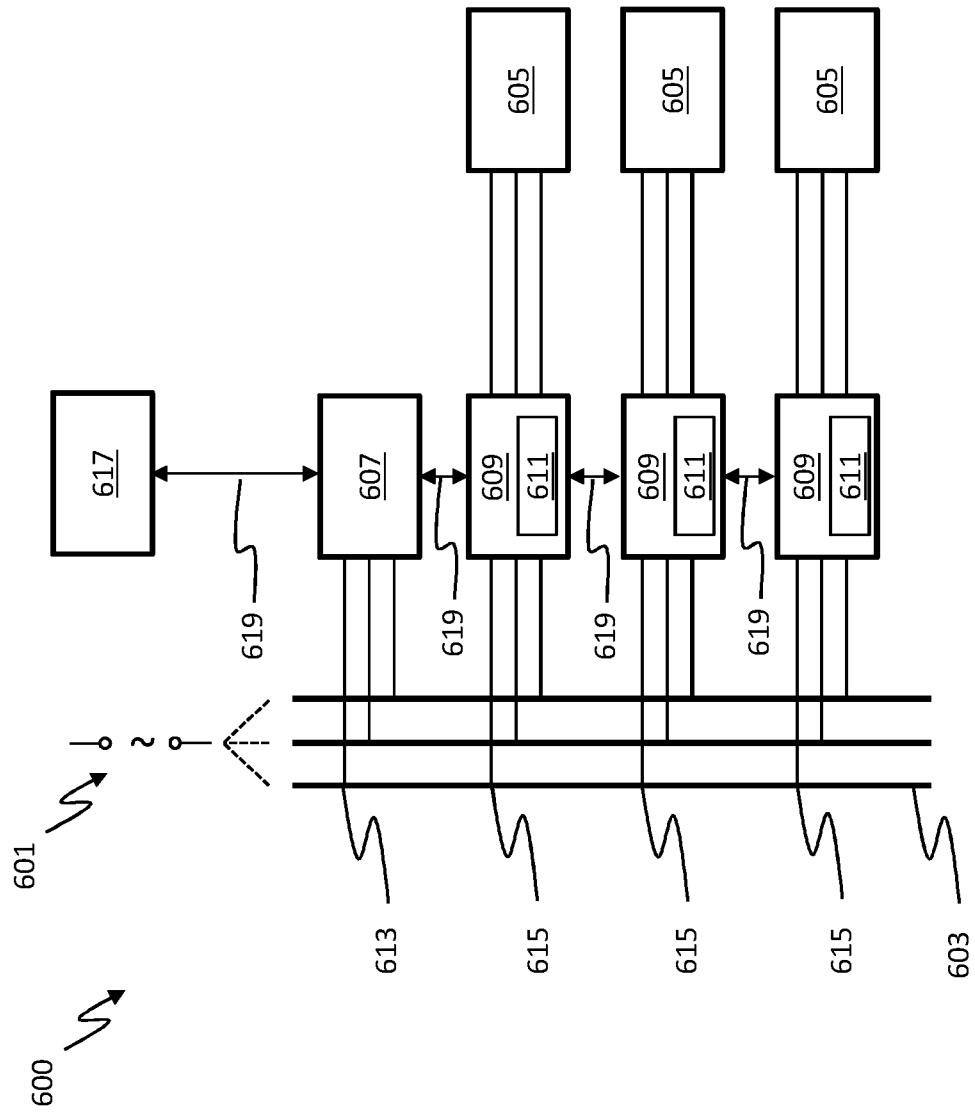


Fig. 6

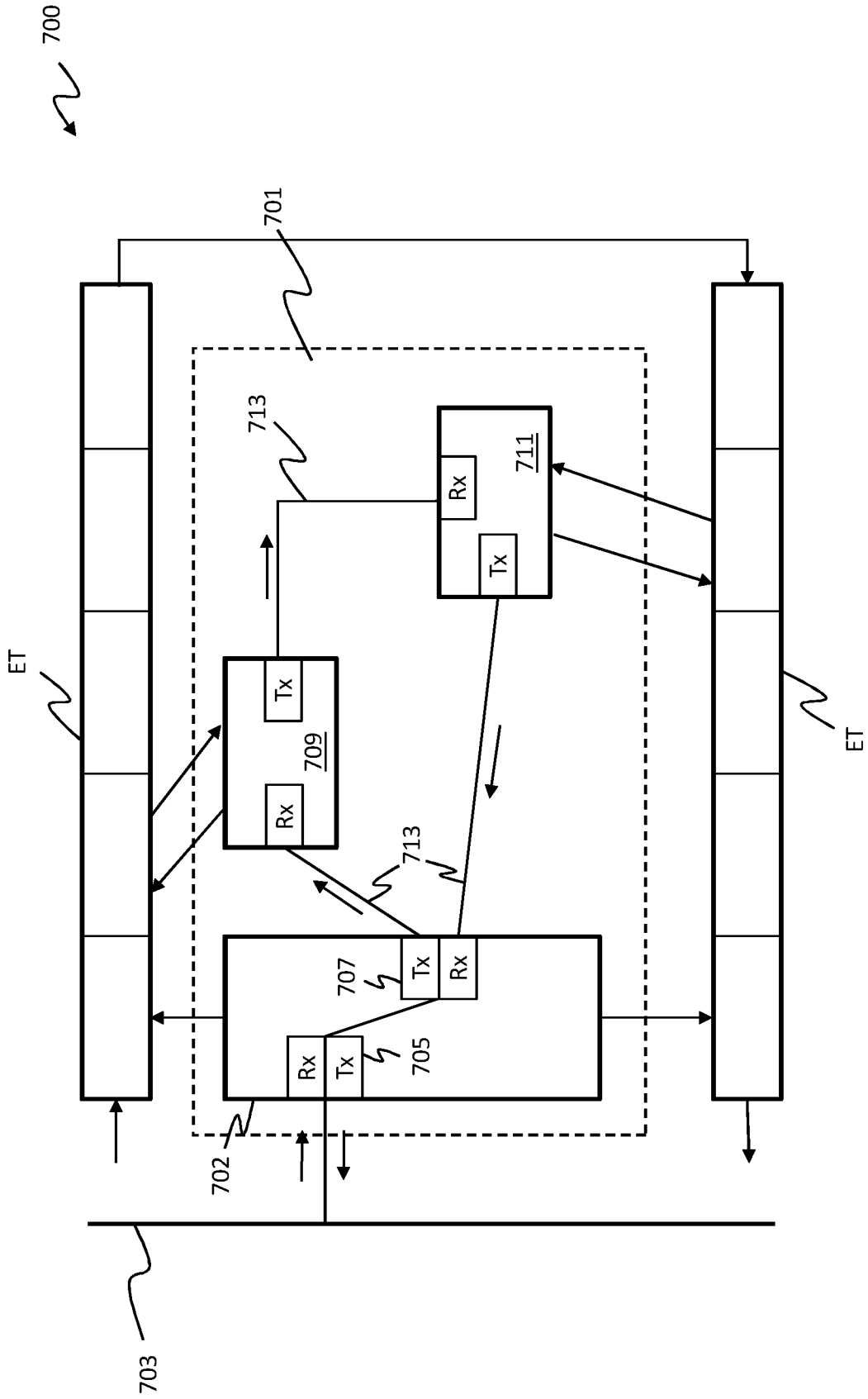


Fig. 7

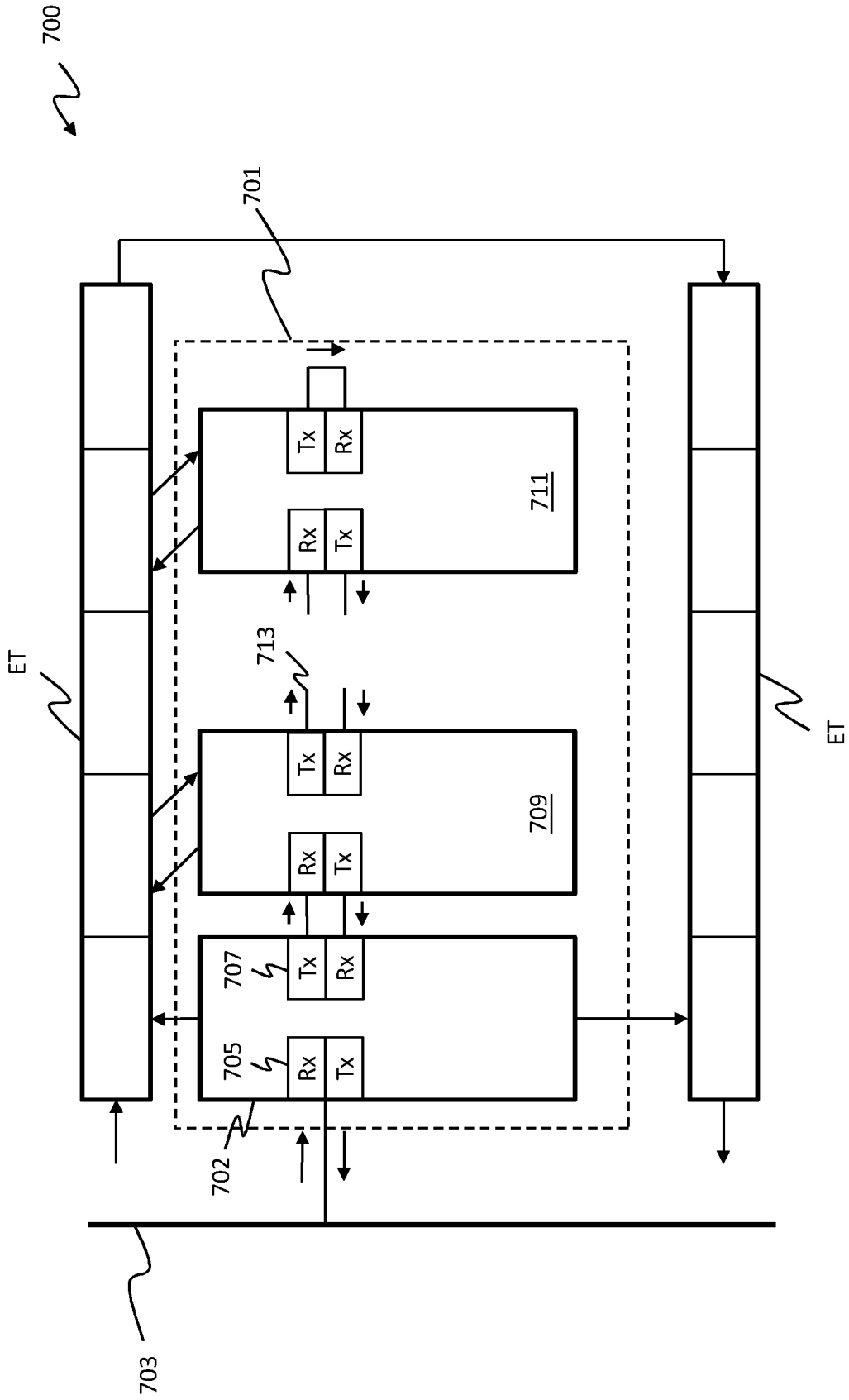
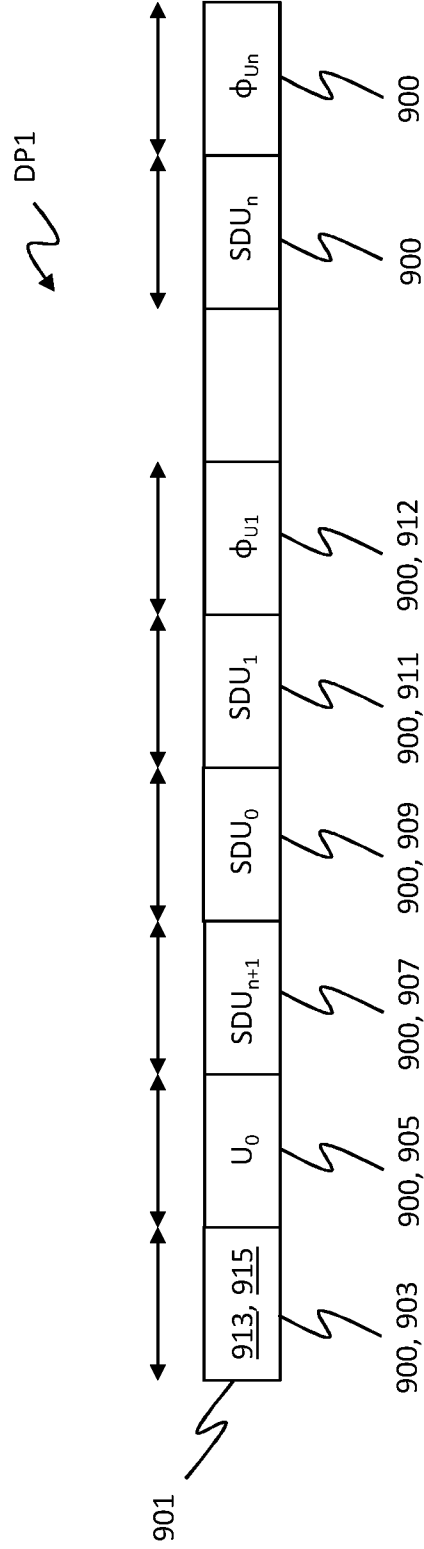


Fig. 8

Fig. 9



010/10

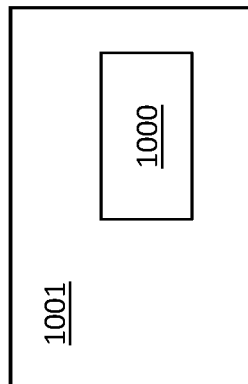


Fig. 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2020/052880

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G01R 21/133 (2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01R		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	WO 2009140777 A1 (GLOOR ENGINEERING [CH]; GLOOR ROLF [CH]; TANNER RONALD [CH]) 26 November 2009 (2009-11-26) page 8, line 6 - page 11, line 11; figures 1-3	1,2,4-8,10-14 3,9
A	EP 2903297 A1 (NITTO DENKO CORP [JP]) 05 August 2015 (2015-08-05) paragraphs [0041] - [0047], [0134]; figures 1,4	1-14
X A	US 2015145500 A1 (OSHIMA HIROTAKA [JP] ET AL) 28 May 2015 (2015-05-28) claims 1-5; figure 1	1,7,13 2-6,8-12,14
A	EP 2902792 A1 (IVY LTD [GB]) 05 August 2015 (2015-08-05) paragraph [0079] - paragraph [0082]; figure 5	1-14
X A	EP 2241898 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]) 20 October 2010 (2010-10-20) claims 1-4; figures 1-9	1,7,13 2-6,8-12,14
A	US 2008195794 A1 (BANKER PATRICIA E [US]) 14 August 2008 (2008-08-14) paragraph [0046] - paragraph [0049]; figure 1	1-14
X A	US 2005083206 A1 (COUCH PHILIP R [GB] ET AL) 21 April 2005 (2005-04-21) claims 1-15; figures 1-3	1,7,13 2-6,8-12,14
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 20 April 2020		Date of mailing of the international search report 30 April 2020
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer O'Callaghan, D Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2020/052880

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6657424 B1 (VOISINE JOHN T [US] ET AL) 02 December 2003 (2003-12-02) column 2, line 28 - column 2, line 63; figure 1	1-14
X	CA 2105095 A1 (DOBSON JOHN K [CA]; GRIFFIN JOHN D A [CA]) 01 March 1995 (1995-03-01)	1,7,13
A	paragraph [0002] - paragraph [0003]; claims 1-5; figure 1	2-6,8-12,14
A	US 4581705 A (GILKER CLYDE [US] ET AL) 08 April 1986 (1986-04-08) column 6, line 61 - column 7, line 15	1-14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2020/052880

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2009140777	A1	26 November 2009	EP	2283371	A1	16 February 2011
				WO	2009140777	A1	26 November 2009
EP	2903297	A1	05 August 2015	CN	104685900	A	03 June 2015
				EP	2903297	A1	05 August 2015
				JP	2014072561	A	21 April 2014
				KR	20150048205	A	06 May 2015
				SG	11201502300X	A	28 May 2015
				TW	201419698	A	16 May 2014
				US	2015253364	A1	10 September 2015
				WO	2014050985	A1	03 April 2014
US	2015145500	A1	28 May 2015	JP	5888421	B2	22 March 2016
				JP	WO2014027422	A1	25 July 2016
				US	2015145500	A1	28 May 2015
				WO	2014027422	A1	20 February 2014
EP	2902792	A1	05 August 2015	EP	2902792	A1	05 August 2015
				GB	2522678	A	05 August 2015
EP	2241898	A1	20 October 2010	AU	2009211720	A1	13 August 2009
				CN	101925826	A	22 December 2010
				EP	2241898	A1	20 October 2010
				HK	1146745	A1	13 December 2013
				JP	5235908	B2	10 July 2013
				JP	WO2009099082	A1	26 May 2011
				US	2010301837	A1	02 December 2010
				WO	2009099082	A1	13 August 2009
US	2008195794	A1	14 August 2008	NONE			
US	2005083206	A1	21 April 2005	NONE			
US	6657424	B1	02 December 2003	NONE			
CA	2105095	A1	01 March 1995	NONE			
US	4581705	A	08 April 1986	CA	1221418	A	05 May 1987
				GB	2135065	A	22 August 1984
				US	4581705	A	08 April 1986

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G01R21/133 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G01R		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2009/140777 A1 (GLOOR ENGINEERING [CH]; GLOOR ROLF [CH]; TANNER RONALD [CH]) 26. November 2009 (2009-11-26)	1,2,4-8, 10-14
A	Seite 8, Zeile 6 - Seite 11, Zeile 11; Abbildungen 1-3	3,9
A	----- EP 2 903 297 A1 (NITTO DENKO CORP [JP]) 5. August 2015 (2015-08-05) Absätze [0041] - [0047], [0134]; Abbildungen 1,4	1-14
X	----- US 2015/145500 A1 (OSHIMA HIROTAKA [JP] ET AL) 28. Mai 2015 (2015-05-28)	1,7,13
A	Ansprüche 1-5; Abbildung 1	2-6, 8-12,14
	----- -/-	
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
20. April 2020		30/04/2020
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter O'Callaghan, D

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 2 902 792 A1 (IVY LTD [GB]) 5. August 2015 (2015-08-05) Absatz [0079] - Absatz [0082]; Abbildung 5 -----	1-14
X	EP 2 241 898 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]) 20. Oktober 2010 (2010-10-20)	1,7,13
A	Ansprüche 1-4; Abbildungen 1-9 -----	2-6, 8-12,14
A	US 2008/195794 A1 (BANKER PATRICIA E [US]) 14. August 2008 (2008-08-14) Absatz [0046] - Absatz [0049]; Abbildung 1 -----	1-14
X	US 2005/083206 A1 (COUCH PHILIP R [GB] ET AL) 21. April 2005 (2005-04-21)	1,7,13
A	Ansprüche 1-15; Abbildungen 1-3 -----	2-6, 8-12,14
A	US 6 657 424 B1 (VOISINE JOHN T [US] ET AL) 2. Dezember 2003 (2003-12-02) Spalte 2, Zeile 28 - Spalte 2, Zeile 63; Abbildung 1 -----	1-14
X	CA 2 105 095 A1 (DOBSON JOHN K [CA]; GRIFFIN JOHN D A [CA]) 1. März 1995 (1995-03-01)	1,7,13
A	Absatz [0002] - Absatz [0003]; Ansprüche 1-5; Abbildung 1 -----	2-6, 8-12,14
A	US 4 581 705 A (GILKER CLYDE [US] ET AL) 8. April 1986 (1986-04-08) Spalte 6, Zeile 61 - Spalte 7, Zeile 15 -----	1-14

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2020/052880

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2009140777 A1	26-11-2009	EP 2283371 A1 WO 2009140777 A1	16-02-2011 26-11-2009
EP 2903297 A1	05-08-2015	CN 104685900 A EP 2903297 A1 JP 2014072561 A KR 20150048205 A SG 11201502300X A TW 201419698 A US 2015253364 A1 WO 2014050985 A1	03-06-2015 05-08-2015 21-04-2014 06-05-2015 28-05-2015 16-05-2014 10-09-2015 03-04-2014
US 2015145500 A1	28-05-2015	JP 5888421 B2 JP WO2014027422 A1 US 2015145500 A1 WO 2014027422 A1	22-03-2016 25-07-2016 28-05-2015 20-02-2014
EP 2902792 A1	05-08-2015	EP 2902792 A1 GB 2522678 A	05-08-2015 05-08-2015
EP 2241898 A1	20-10-2010	AU 2009211720 A1 CN 101925826 A EP 2241898 A1 HK 1146745 A1 JP 5235908 B2 JP WO2009099082 A1 US 2010301837 A1 WO 2009099082 A1	13-08-2009 22-12-2010 20-10-2010 13-12-2013 10-07-2013 26-05-2011 02-12-2010 13-08-2009
US 2008195794 A1	14-08-2008	KEINE	
US 2005083206 A1	21-04-2005	KEINE	
US 6657424 B1	02-12-2003	KEINE	
CA 2105095 A1	01-03-1995	KEINE	
US 4581705 A	08-04-1986	CA 1221418 A GB 2135065 A US 4581705 A	05-05-1987 22-08-1984 08-04-1986