

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Überwachen eines Versorgungsnetzes. Solche Vorrichtungen werden auch als PE-Monitor bezeichnet.

[0002] Die DE 10 2011 101 530 A1 zeigt ein Verfahren, bei dem eine Schleifenimpedanz eines Stromkreises bestimmt und in Abhängigkeit von der bestimmten Schleifenimpedanz die Ladevorrichtung von dem Energieversorgungssystem entkoppelt wird.

[0003] Die DE 10 2020 124 143 A1 zeigt eine elektrische Messanordnung zur Überwachung eines Schutzleiterwiderstands.

[0004] Die DE 10 2015 207 456 B3 zeigt ein Isolationsüberwachungsgerät.

[0005] Die DE 10 2018 121 320 A1 zeigt ein Verfahren zur Steuerung einer fahrzeugexternen Ladevorrichtung.

[0006] Die DE 10 2020 130 764 A1 zeigt ein Verfahren zum Steuern eines Ladevorgangs.

[0007] Die DE 198 26 410 A1 zeigt ein Verfahren zur Isolations- und Fehlerstromüberwachung.

[0008] Die DE 10 2019 132 071 A1 zeigt eine Vorrichtung zur Überwachung eines Versorgungsnetzes.

[0009] Es ist eine Aufgabe der Erfindung, eine neue Vorrichtung zum Überwachen eines Versorgungsnetzes bereitzustellen.

[0010] Diese Aufgabe wird gelöst durch den Gegenstand des Anspruchs 1.

[0011] Eine Vorrichtung zum Überwachen eines Versorgungsnetzes mit aktiven Leitern und einem Schutzleiter weist einen ersten Anschluss, einen zweiten Anschluss, einen dritten Anschluss, einen Stromsteller, eine Strommessvorrichtung und eine Signalerfassungsanordnung auf, welcher erste Anschluss mit einem ersten aktiven Leiter des Versorgungsnetzes verbindbar ist, welcher dritte Anschluss mit einer Leitung verbunden ist und mit dem Schutzleiter des Versorgungsnetzes verbindbar ist, und welcher Stromsteller dazu ausgebildet ist, einen Stromfluss zu erzeugen, welcher Stromfluss bei Anschluss des Versorgungsnetzes mit einem ersten Anteil in mindestens einer ersten Stromschleife und anteilig in mindestens einer zweiten Stromschleife fließt, welche mindestens eine erste Stromschleife das Versorgungsnetz umfasst, welche mindestens eine zweite Stromschleife nicht das Versorgungsnetz umfasst, welche Vorrichtung dazu

ausgebildet ist, über den Stromsteller den Stromfluss mit einem Wechselstromsignal zu erzeugen, welche Signalerfassungsanordnung dazu ausgebildet ist, ein erstes Signal an einem vorgegebenen ersten Punkt der mindestens einen ersten Stromschleife zu erfassen und der Auswertevorrichtung ein Signalerfassungsanordnungssignal zuzuführen, welches erste Signal eine erste Information über die Impedanz der mindestens einen ersten Stromschleife aufweist, welches Signalerfassungsanordnungssignal abhängig ist vom ersten Signal, welche Strommessvorrichtung dazu ausgebildet ist, ein zweites Signal zu erfassen welches zweite Signal eine zweite Information über den ersten Anteil des durch den Stromsteller erzeugten Stromflusses in der mindestens einen ersten Stromschleife aufweist, und welche Auswertevorrichtung dazu ausgebildet ist, in Abhängigkeit vom Signalerfassungsanordnungssignal und vom zweiten Signal ein Auswertesignal zu erzeugen, welches abhängig ist von der Impedanz der mindestens einen ersten Stromschleife.

[0012] Der vom Stromsteller erzeugte Strom kann anteilig in der mindestens einen ersten Stromschleife und in der mindestens einen zweiten Stromschleife fließen. Da für die Auswertung der Impedanz des Stromnetzes nur der Strom durch die mindestens eine erste Stromschleife relevant ist, kann die Auswertung der Impedanz besser mit Hilfe des zweiten Signals erfolgen, der eine Information über die Stromhöhe hat. Die Stromhöhe ist wiederum proportional zur Beeinflussung der Spannung in Abhängigkeit von der Impedanz. Daher kann die Impedanz mit Hilfe des zweiten Signals genauer untersucht werden, und es können verbesserte absolute Berechnungen erfolgen. Das zweite Signal kann entweder eine zweite Information über den ersten Anteil des Stromflusses von jeweils einer einzelnen der mindestens einen ersten Stromschleife haben, oder es kann eine Information über den ersten Anteil des Stromflusses von einer Mehrzahl der ersten Stromschleifen haben.

[0013] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform weist die Strommessvorrichtung einen Widerstand auf, welcher Widerstand in der mindestens einen ersten Stromschleife und nicht in der mindestens einen zweiten Stromschleife angeordnet ist, und die Strommessvorrichtung ist dazu ausgebildet, das erste Signal über die am Widerstand abfallende Spannung zu erfassen. Dies ergibt eine unmittelbare Messung des relevanten Stroms an der geeigneten Stelle.

[0014] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform weist die Strommessvorrichtung eine erste Wicklung auf, welche erste Wicklung in der mindestens einen ersten Stromschleife und nicht in der mindestens einen zweiten Stromschleife um die erste Leitung herum angeordnet ist, um den durch die erste Leitung zum dritten Anschluss fließenden Strom zu

erfassen. Auch hier kann eine unmittelbare Messung des relevanten Stroms an der geeigneten Stelle erfolgen.

[0015] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform weist die Strommessvorrichtung eine zweite Wicklung auf, welche zweite Wicklung um die aktiven Leiter herum angeordnet ist und dazu ausgebildet ist, den Summenstrom der durch die aktiven Leiter fließenden Ströme zu erfassen. Eine solche Strommessvorrichtung wird auch als Summenstrommessvorrichtung bezeichnet, und sie wird ebenfalls verwendet, um eine Kompensation der Ableitströme zu ermöglichen. Daher ermöglicht die zusätzliche Nutzung dieser ggf. vorhandenen Strommessvorrichtung den Schaltungsaufwand.

[0016] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform weist das Wechselstromsignal mindestens eine erste Frequenz auf, und die Auswertevorrichtung ist dazu ausgebildet, bei der Auswertung des zweiten Signals den Stromfluss im Frequenzbereich der mindestens einen ersten Frequenz auszuwerten. Hierdurch kann der relevante Stromfluss isoliert werden, und insbesondere ein durch Ableitströme hervorgerufener Stromfluss in anderen Frequenzbereichen kann entfernt werden.

[0017] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist die Auswertevorrichtung dazu ausgebildet, eine Fourieranalyse des zweiten Signals durchzuführen und ein Frequenzspektrum zu erzeugen, und bei der Auswertung des zweiten Signals das Frequenzspektrum im Bereich der mindestens einen ersten Frequenz auszuwerten. Dies ermöglicht eine vergleichsweise genaue Betrachtung vorgegebener Frequenzbereiche.

[0018] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform weist die mindestens eine erste Stromschleife eine Stromschleife auf, welche den Stromsteller, den dritten Anschluss, das Versorgungsnetz, den ersten Anschluss und wieder den Stromsteller umfasst.

[0019] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist die Signalerfassungsanordnung dazu ausgebildet, als erstes Signal ein die Spannung am ersten Anschluss charakterisierendes Signal zu erfassen. Diese Art der Erfassung benötigt einen vergleichsweise geringen Schaltungsaufwand.

[0020] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist der zweite Anschluss mit einem zweiten aktiven Leiter des Versorgungsnetzes verbindbar, die mindestens eine erste Stromschleife weist eine zusätzliche Stromschleife auf, welche den Stromsteller, den dritten Anschluss, das Versorgungsnetz, den zweiten Anschluss und wieder den Stromsteller umfasst, und die Signalerfassungsanordnung ist dazu ausgebildet, ein drittes Signal an einem vorgegebenen zwei-

ten Punkt der zusätzlichen Stromschleife zu erfassen, welches dritte Signal eine dritte Information über die Impedanz der zusätzlichen Stromschleife aufweist, und das Signalerfassungsanordnungssignal ist abhängig vom ersten Signal und vom dritten Signal. Bei Versorgungsnetzen ohne Neutralleiter ermöglicht diese Vorrichtung eine vorteilhafte Auswertung.

[0021] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform weist das Wechselstromsignal eine Messfrequenz auf, welche im Bereich 75 Hz bis 625 Hz liegt, bevorzugt im Bereich 100 Hz bis 590 Hz. Diese Messfrequenzen haben sich als vorteilhaft erwiesen, da die Störung durch die Netzfrequenzen vergleichsweise gering ist.

[0022] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist der Stromsteller als Stromregler ausgebildet. Dies ermöglicht eine sehr genaue Stromstellung.

[0023] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist die Auswertevorrichtung dazu ausgebildet, das Signalerfassungsanordnungssignal durch ein Bandpass-Filter zu filtern, um eine Dämpfung im Bereich der Netzfrequenz zu bewirken. Die Auswertung wird hierdurch verbessert, da das Bandpassfilter im Bereich der Netzfrequenz zu einer starken Dämpfung führt.

[0024] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist das Bandpass-Filter als aktives Filter ausgebildet. Aktive Filter können mit vergleichsweise scharfen Grenzfrequenzen ausgestaltet werden.

[0025] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist die Vorrichtung dazu ausgebildet, einen Anschluss an einen Verbraucher zu ermöglichen. Insbesondere bei Verbrauchern können die zweiten Stromschleifen entstehen.

[0026] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist die Vorrichtung an einen Verbraucher angeschlossen.

[0027] Weitere Einzelheiten und vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den im Folgenden beschriebenen und in den Zeichnungen dargestellten, in keiner Weise als Einschränkung der Erfindung zu verstehenden Ausführungsbeispielen sowie aus den Unteransprüchen. Es zeigt

Fig. 1 eine Vorrichtung zum Überwachen eines Versorgungsnetzes mit einem Stromsteller und einer Signalerfassungsanordnung,

Fig. 2 das Frequenzspektrum eines Signalerfassungsanordnungssignals,

Fig. 3 das Frequenzspektrum des Signalerfassungsanordnungssignals von **Fig. 2** nach Anwendung eines Tiefpass-Filters,

Fig. 4 ein Tiefpass-Filter, und

Fig. 5 eine weitere Ausführungsform einer Vorrichtung zum Überwachen eines Versorgungsnetzes mit einem Stromsteller und einer Signalerfassungsanordnung,

[0028] Im Folgenden sind gleiche oder gleichwirkende Teile mit den gleichen Bezugszeichen versehen und werden üblicherweise nur einmal beschrieben. Die Beschreibung ist figurenübergreifend aufeinander aufbauend, um unnötige Wiederholungen zu vermeiden.

[0029] **Fig. 1** zeigt eine Vorrichtung 20 zum Überwachen eines Versorgungsnetzes 10.

[0030] Die Vorrichtung 20 hat einen Anschluss 21 (bzw. 21') mit einer Leitung 51, einen Anschluss 24 (bzw. 24') mit einer Leitung 54 sowie einen Schutzleiteranschluss 25 (bzw. 25') mit einer Leitung 55. Der Schutzleiteranschluss 25 ist mit einem Schutzleitersymbol 99 verbunden, das auch an anderer Stelle der Schaltung als Symbol für eine leitende Verbindung mit dem Schutzleiteranschluss 25 verwendet wird.

[0031] Die Vorrichtung 20 ist beispielhaft an ein Versorgungsnetz 10 vom Typ US split phase angeschlossen, wie es insbesondere in den USA verwendet wird. Ein solches Versorgungsnetz wird auch als Einphasen-Dreileiternetz bezeichnet. Das Versorgungsnetz 10 hat einen Punkt 13, welcher über eine erste Wechselspannungsquelle 11 mit dem Anschluss 21 (HOT1) verbunden und über eine Wechselspannungsquelle 12 mit dem Anschluss 24 (HOT2) verbunden ist. Der Punkt 13 ist über einen Erdungsanschluss 199 geerdet und mit dem Schutzleiteranschluss 25 (PE) verbunden. Die Wechselspannungsquellen 11, 12 sind beispielsweise die Sekundärseite eines Transformators, und der Punkt 13 ist eine Mittelanzapfung auf der Sekundärseite. Die Leiter 51, 54 werden als aktive Leiter bezeichnet, da über diese im Regelfall der Strom fließt. Im vorliegenden Fall sind die aktiven Leiter 51, 54 mit HOT1 bzw. HOT2 des US split phase-Versorgungsnetzes verbunden. Bei einem europäischen Netz könnten beispielsweise die Leiter 51, 54 mit den Anschlüssen L1 bzw. N verbunden sein.

[0032] Ein Verbraucher 15 ist beispielhaft über Leitungen 151, 154, 155 an den Anschlüssen 21, 24 und 25 bzw. 25' sowie über Leitungen 152, 153 an zusätzlichen Anschlüssen 22, 23 angeschlossen und kann Leistung aus dem Versorgungsnetz 10 entnehmen bzw. aus dem Versorgungsnetz gespeist werden. Über die Leitungen 22, 23 kann beispielsweise ein Anschluss der Phasen L2, L3 bei einem europäischen Drehstrom-Versorgungsnetz mit den aktiven Anschlüssen L1, L2, L3, N erfolgen. Der Schutzleiter PE wird dagegen nicht als aktiver

Anschluss bezeichnet, da über ihn im Regelfall kein Strom fließen sollte.

[0033] Die Vorrichtung 20 hat einen Widerstand 60 und einen Widerstand 62. Die Leitung 51 ist über den Widerstand 60 mit einem Punkt 61 verbunden, und der Punkt 61 ist über den Widerstand 62 mit der Leitung 54 verbunden. Den Widerständen 60 und 62 ist jeweils ein Kondensator 63 bzw. 64 parallel geschaltet. Der Punkt 61 ist über einen Stromsteller 44 mit einem Punkt 42 verbunden, und der Punkt 42 ist über einen Widerstand 40 und über einen Widerstand 240 mit dem Anschluss 25 verbunden. Die Widerstände 60, 62 bewirken einen Spannungsteiler.

[0034] Ein Netzteil 46 ist mit der Leitung 51 und mit der Leitung 54 verbunden, und die Ausgangsspannungen des Netzteils 46 werden über Leitungen 65, 66 dem Stromsteller 44 zugeführt. An der Leitung 65 beträgt die Spannung des Netzteils 46 bspw. + 15 V, und an der Leitung 66 bspw. - 15 V.

[0035] Eine Analysevorrichtung 28 hat einen Differenzbildner 32 und eine Auswertevorrichtung 30.

[0036] Eine Signalerfassungsanordnung 31 ist beispielhaft dazu ausgebildet, ein erstes Signal SIG1 an der Leitung 51 zu erfassen, ein zweites Signal SIG2 an der Leitung 54 zu erfassen und der Auswertevorrichtung 30 ein Signalerfassungssignal SIG3 zuzuführen. Die Signalerfassungsanordnung 31 hat beispielhaft einen Addierer 67, 68, welcher dazu ausgebildet, das Signalerfassungssignal SIG3 als Summensignal des ersten Signals SIG1 und des zweiten Signals SIG2 zu bilden. Im Ausführungsbeispiel hat der Addierer 67, 68 einen Widerstand 67, über welchen die Leitung 51 mit einem Punkt 69 verbunden ist, und einen Widerstand 68, über welchen die Leitung 54 mit dem Punkt 69 verbunden ist. Die Widerstände 67, 68 wirken als Spannungsteiler und erzeugen am Punkt 69 im Falle des Anschlusses eines Versorgungsnetzes vom Type US split phase ein niedriges Potenzial. Dies kann auch als virtueller Neutralleiter bezeichnet werden. Das niedrige Potenzial kann auch auf andere Art erzeugt werden, beispielsweise durch einen Spannungsregler.

[0037] Der Widerstand 240 ist näher am Anschluss 25 angeordnet als der Widerstand 40, und die Leitung 155 geht zwischen den Widerständen 240 und 40 von der Leitung 55 ab. Der Widerstand 240 ist zwischen den Punkten 241 und 242 an der Leitung 55 angeschlossen, und die Punkte 241, 242 sind über Leitungen 243, 244 mit einer Strommessvorrichtung 246 verbunden, welche den Strom beispielsweise durch eine Spannungsmessung erfasst. Die Strommessvorrichtung 246 gibt ein Signal SIGI2 aus, welches eine Information über den durch den Widerstand 240 fließenden Strom aufweist. Die

Strommessvorrichtung 246 könnte alternativ den Strom durch eine Wicklung um die Leitung 55 messen, vgl. **Fig. 5**.

[0038] Eine Strommessvorrichtung 252 weist eine Wicklung 251 um die Leitungen 51, 54, 152 und 153 der Anschlüsse 21, 22, 23, 24 der aktiven Leiter auf. Die Wicklung 251 umschließt nicht die Leitung 55 des Schutzleiteranschlusses 25, wie dies schematisch angedeutet ist. Die Strommessvorrichtung 252 ist dazu ausgebildet, ein erste Summe der durch die aktiven Leitungen fließenden Ströme charakterisierendes Signal SIGI2 zu erzeugen. Die Summe entspricht einem Differenzstrom und tritt insbesondere dann auf, wenn Strom nicht zwischen den Aktivleiteranschlüssen 21, 22, 23, 24 fließt, sondern zwischen einem oder mehreren der Aktivleiteranschlüsse 21, 22, 23, 24 und dem Schutzleiteranschluss 25. Solche Ströme entstehen beispielsweise durch Filterkondensatoren bzw. durch Kapazitäten. Wenn keine Ableitströme auftreten, ist der Differenzstrom bzw. gleich bedeutend der Summenstrom Null, und es wird keine resultierende Spannung in die Wicklung 251 induziert. Wenn dagegen Ableitströme auftreten und nicht durch Kompensationsströme kompensiert werden, ist der Differenzstrom ungleich Null. Daher entspricht der gemessene Differenzstrom vom Betrag her dem Strom zum Schutzleiteranschluss 25, jedoch ggf. mit umgekehrtem Vorzeichen, abhängig von der Wicklungsrichtung der Wicklung 251.

[0039] Sowohl die Strommessvorrichtung 252 als auch die Strommessvorrichtung 246 enthalten eine Information über den durch den Anschluss 25 fließenden Strom.

[0040] Der Auswertevorrichtung 30 werden die Signale SIGI1 und/oder SIGI2 zugeführt.

[0041] Die Auswertevorrichtung 30 ist mit dem Punkt 69 verbunden und erhält über diesen Punkt 69 das Signalerfassungsanordnungssignal SIG3.

[0042] Die Signale SIGI1 und SIGI2 enthalten zum einen eine Auswirkung des durch den Stromsteller 44 erzeugten Stromflusses in Form eines Wechselstromsignals mit mindestens einer vorgegebenen Frequenz und zum anderen ggf. zusätzliche Ableitströme, die über den Anschluss 25 fließen.

[0043] Bevorzugt ist die Auswertevorrichtung 30 dazu ausgebildet, bei der Auswertung der Signale SIGI1, SIGI2 den anteiligen Stromfluss im Frequenzbereich der mindestens einen vorgegebenen Frequenz auszuwerten, da man damit die Auswirkung des durch den Stromsteller 44 erzeugten Anteils der Signale SIGI1, SIGI2 isolieren und von den Ableitströmen trennen kann. Dies ermöglicht eine genauere Auswertung.

[0044] Bevorzugt ist die Auswertevorrichtung 30 dazu ausgebildet, eine Fourieranalyse des Signals SIGI1, SIGI2 durchzuführen und ein Frequenzspektrum zu erzeugen. Bei der Auswertung des Signals SIGI1, SIGI2 kann das Frequenzspektrum im Bereich der mindestens einen vorgegebenen Frequenz ausgewertet werden, und hierdurch kann man die Größe des durch den Stromsteller 44 mit der vorgegebenen Frequenz erzeugten Stroms ermitteln.

[0045] Der Differenzbildner 32 ist über eine Leitung 71 mit der Leitung 51 verbunden und über eine Leitung 72 mit der Leitung 54 verbunden. Das Ausgangssignal des Differenzbildners 32 charakterisiert die Differenz $U_{21} - U_{24}$ der Spannung U_{21} am Anschluss 21 und der Spannung U_{24} am Anschluss 24 und wird der Auswertevorrichtung 30 über eine Leitung 33 zugeführt. Es kann beispielsweise als Differenzbildner 32 ein Vergleicher verwendet werden, oder ein Subtrahierer. Der Differenzbildner 32 kann auch als Messschaltung ausgebildet werden, welche die Netzspannung für die Auswertevorrichtung 30 sowohl vom Pegel als auch von den Störungen her aufbereitet.

[0046] Die Auswertevorrichtung 30 hat eine Frequenzmessvorrichtung 348, welche dazu ausgebildet ist, einen die Netzfrequenz f_N charakterisierenden Frequenzmesswert $f_{N,M}$ zu ermitteln. Bevorzugt wird die Messfrequenz f_M in Abhängigkeit vom Frequenzmesswert $f_{N,M}$ bestimmt.

[0047] Die Auswertevorrichtung 30 ist über eine Leitung 73 mit dem Stromsteller 44 verbunden, und über die Leitung 73 kann dem Stromsteller 44 ein Signal I_S als Sollwert für den durch den Stromsteller 44 zu erzeugenden Strom zugeführt werden. Der Punkt 42 ist über eine Leitung 74 mit der Auswertevorrichtung 30 verbunden. Am Punkt 42 liegt wegen des Widerstands 40 eine Spannung vor, welche abhängig ist von der durch den Stromsteller 44 erzeugten Stromstärke. Die Spannung fällt am Punkt 42 gegenüber dem Potenzial am Schutzleitersymbol 99 an. Der Widerstand 40 wirkt somit als Strommessvorrichtung und erfasst ein den durch den Stromsteller 44 erzeugten Strom I_I charakterisierendes Messsignal $I_{I,M}$, welches über die Leitung 74 an die Auswertevorrichtung 30 übertragen wird.

[0048] Der Stromsteller 44 ist bevorzugt als Stromregler ausgebildet.

[0049] Es folgen beispielhafte Werte für einige der Bauteile der Schaltungsanordnung:

Widerstände 60, 62, 67, 68	44 kOhm
Kondensatoren 63, 64	1 μ F
Widerstand 40	510 Ohm

Funktionsweise

[0050] Der vom Stromsteller 44 erzeugte Strom I_I kann in einer ersten Stromschleife 81 über den Widerstand 40, den Widerstand 240, den Anschluss 25, die Wechselstromquelle 11, den Anschluss 21 und den Widerstand 60 bzw. den Kondensator 63 zum Stromsteller 44 fließen.

[0051] Da die Impedanz des Kondensators 63 für den Messstrom I_I , der ein Wechselstrom ist, niedriger ist als der Widerstand 60, fließt der Messstrom I_I hauptsächlich über den Kondensator 63. Der Widerstandsteiler mit den Widerständen 60, 62 erzeugt bei einem Stromnetz vom Typ US split phase bei symmetrischen Amplituden und Widerständen einen virtuellen Neutralleiter bzw. zumindest einen Punkt mit niedriger Spannung. Hierdurch kann der Strom durch den Stromsteller 44 leicht eingepreßt werden.

[0052] Eine weitere Stromschleife 84 ist möglich, bei der der vom Stromsteller 44 erzeugte Strom I_I über den Widerstand 40, den Widerstand 240, den Anschluss 25, die Wechselstromquelle 12, den Anschluss 24, den Widerstand 62 bzw. den Kondensator 64 zurück zum Stromsteller 44 fließen kann.

[0053] Anders ausgedrückt weist die erste Stromschleife 81 den Kondensator 63 auf, dessen erster Anschluss in Richtung zum ersten Anschluss 21 verschaltet ist und dessen zweiter Anschluss in Richtung zum Stromsteller 44 verschaltet ist. Der Widerstand 60 ist parallel zum Kondensator 63 verschaltet.

[0054] In gleicher Weise weist die zweite Stromschleife 84 den Kondensator 64 auf, dessen erster Anschluss in Richtung zum zweiten Anschluss 24 verschaltet ist und dessen zweiter Anschluss in Richtung zum Stromsteller 44 verschaltet ist. Der Widerstand 62 ist parallel zum Kondensator 64 verschaltet.

[0055] Schematisch ist ein Widerstand 14 im Versorgungsnetz 10 zwischen dem Anschluss 25 und dem Punkt 13 eingezeichnet. Während die Anschlüsse 21 und 24 über die Wechselspannungsquellen 11, 12 üblicherweise niederohmig verbunden sind, ist dies beim Schutzleiter PE nicht immer der Fall. Dies kann auf einer defekten Leitung beruhen. Zudem existieren Versorgungsnetze 10, bei denen der Schutzleiter PE überhaupt nicht vorhanden ist oder hochohmig verbunden ist. Da der Schutzleiter PE am Anschluss 25 üblicherweise für die Erdung metallischer Gehäuse des Verbrauchers 15 verwendet wird, kann die durch die Erdung hervorgerufene Schutzwirkung bzw. Schutzklasse nicht erfüllt werden, wenn keine niederohmige Verbindung des Anschlusses 25 mit dem Schutzleiter PE vorhanden ist. Aus diesem Grund soll durch die Vorrichtung 20 überprüft werden, ob auf der Seite des Versorgungsnetzes 10 der Widerstand 14 niederohmig oder hoch-

ohmig ist. Diese Überwachung kann dadurch erfolgen, dass der Strom, der in den Stromschleifen 81 bzw. 84 fließt, abhängig ist vom Widerstand 14 und von den übrigen Widerständen 60, 40 bzw. 62, 40. Da der Widerstand 14 auf der Seite des Versorgungsnetzes 10 ist, kann dieser nicht direkt gemessen werden. Der Spannungsabfall am Widerstand 60 bzw. 62 und der Spannungsabfall am Widerstand 14 sind jedoch abhängig vom Widerstand 40, und die Spannung bzw. der Strom an der Leitung 51 und auch an der Leitung 54 enthalten eine Information über den Einfluss des Widerstands 14 in Abhängigkeit von dem vom Stromsteller 44 erzeugten Strom.

[0056] Im Ausführungsbeispiel sind die Leitungen 51 und 54 mit den Signalen SIG1 bzw. SIG2 über den Spannungsteiler aus den Widerständen 67 und 68 miteinander verbunden, und das Signal SIG3 am Punkt 69 wird der Auswertevorrichtung 30 zugeführt.

[0057] Ein erstes Problem bei der Überwachung des Versorgungsnetzes 10 ist, dass bspw. der Verbraucher 15 ein EMV-Filter mit Y-Kapazitäten aufweist, welche eine kapazitive Verbindung zwischen dem Anschluss 25 und dem Anschluss 21 bzw. zwischen dem Anschluss 25 und dem Anschluss 24 bewirken. Dies hat zur Folge, dass bei den Stromschleifen 81 und 84 ein Wechselstrom auch in einem Parallelpfad über die Y-Kapazitäten fließen kann. Ein durch den Stromsteller 44 erzeugter konstanter Gleichstrom würde nicht über die Y-Kapazitäten fließen, da diese nur bei Wechselströmen oder sich ändernden Gleichströmen leiten. Bei Gleichströmen besteht jedoch das Problem, dass diese zu einem Fehlerstrom führen können, der zu einem Auslösen eines ggf. vorhandenen Fehlerstrom-Schutzschalters führen würde. Die vom Stromsteller 44 erzeugten Ströme dürfen daher nur relativ gering sein.

[0058] Dies führt zum nächsten Problem, da an den aktiven Leitern 51 und 54 hohe Spannungen von mehreren hundert Volt anliegen können, der durch den Stromsteller 44 erzeugte Strom dagegen im Milliampere-Bereich liegen muss und daher nur zu einer Beeinflussung der Spannung an den Leitungen 51 bzw. 54 im mV-Bereich führt. Dies ergibt ein sehr schlechtes Signal-Rausch-Verhältnis, und die Auswertung ist schwierig.

[0059] Versuche haben ergeben, dass die Erzeugung eines Gleichstromsignals durch den Stromsteller 44 zur Messung des Widerstands der Stromschleifen 81, 84 messtechnisch schwierig auszuwerten ist. Fehlerstrom-Schutzschalter haben einen Auslösegrenzwert von bspw. 20 mA Fehlerstrom. Da fast jeder Verbraucher 15 bspw. durch die Y-Kapazitäten Fehlerströme erzeugt, könnte ein durch den Stromsteller 44 erzeugter Strom allenfalls wenige Milliampere betragen.

[0060] Es wurden daher Versuche mit einem durch den Stromsteller 40 erzeugten Wechselstrom durchgeführt. Die Frequenz des Versorgungsnetzes beträgt üblicherweise 50 Hz oder 60 Hz. Für eine möglichst geringe Beeinflussung der Messung durch die Netzfrequenz ist es vorteilhaft, wenn die Messfrequenz deutlich kleiner oder deutlich größer als die Netzfrequenz ist. Bei einer sehr niedrigen Messfrequenz f_M erhöht sich die Gefahr, dass ein Fehlerstrom-Schutzschalter durch den Wechselstrom ausgelöst wird. Fehlerstrom-Schutzschalter lösen bspw. aus, wenn der Fehlerstrom über zwei Perioden der Netzfrequenz über einem vorgegebenen Maximalwert liegt. Bei Frequenzen, die höher sind als die Netzfrequenz, mittelt sich der durch den Messstrom I_I verursachte Fehlerstrom über die einzelnen Perioden weitgehend aus, und ein Auslösen des Fehlerstrom-Schutzschalters wird vermieden. Ein weiterer Effekt ergibt sich durch die Y-Kondensatoren, die bspw. im Verbraucher 15 vorgesehen sind. Die Impedanz ist proportional zum Kehrwert der Frequenz des Wechselstroms. Mit steigender Frequenz sinkt somit die Impedanz. Da die Stromschleifen 81 bzw. 84 über das Versorgungsnetz 10 verlaufen sollen und nicht über die Y-Kondensatoren, ist es vorteilhaft, wenn die Y-Kondensatoren eine möglichst hohe Impedanz haben. Denn dann fließt der Strom I_I hauptsächlich über das Versorgungsnetz 10. Im Ergebnis ist eine möglichst niedrige Frequenz vorteilhaft.

[0061] Die Betrachtung ergibt, dass jeder Frequenzbereich einen Vorteil und einen Nachteil hat. Als vorteilhafter Frequenzbereich für die Messung hat sich der Bereich zwischen 75 Hz und 625 Hz herausgestellt, weiter bevorzugt der Bereich 100 Hz bis 590 Hz. Ein weiterer zu berücksichtigender Punkt ist, dass die Messfrequenz nicht einem ungeraden Vielfachen der Netzfrequenz entsprechen sollte, da bei diesen Frequenzen Oberschwingungen der Netzfrequenz auftreten können. Als besonders vorteilhaft haben sich Messfrequenzen im Bereich 175 ± 23 Hz, 225 ± 23 Hz, 275 ± 23 Hz, 325 ± 23 Hz und 375 ± 23 Hz erwiesen.

[0062] Der Widerstand 14 auf der Seite des Versorgungsnetzes 10 beträgt beispielsweise 2-3 Ohm, und als Schwelle für einen zu hohen Widerstand 14 kann bevorzugt ein Widerstand von 200 Ohm oder 250 Ohm angenommen werden.

[0063] Die Signalerfassungsanordnung 31 kann das erste Signal SIG1 bzw. das zweite Signal SIG2 an unterschiedlichen Punkten der ersten Stromschleife 81 bzw. zweiten Stromschleife 84 erfassen. Bevorzugt liegen die Punkte im Bereich der Vorrichtung 20 zwischen der vom Anschluss 25 abgewandten Seite des Stromstellers 44 und dem Anschluss 21 für das Signal SIG1 und im Bereich der Vorrichtung 20 zwischen der vom Anschluss 25 abgewandten

Seite des Stromstellers 44 und dem Anschluss 24 für das Signal SIG2. Die Signale SIG1 und SIG2 charakterisieren somit die Spannung am ersten Anschluss 21.

[0064] Das Signalerfassungsanordnungssignal SIG3 ist durch das Zusammenführen der Signale SIG1 und SIG2 am Punkt 69 sowohl abhängig vom Signal SIG1 als auch vom Signal SIG2 und enthält die Information über die Impedanz der jeweiligen Stromschleife 81 und 84.

[0065] Es können auch beide Signale SIG1 und SIG2 als getrennte Signale der Auswertevorrichtung 30 zugeführt werden und separat ausgewertet werden. Dies ermöglicht eine Bestimmung einer möglichen Asymmetrie des Widerstands 14 in Richtung des Anschlusses 21 bzw. 24. Die einzelnen Auswerteeinheiten der Auswertevorrichtung 30 müssen aber in einem solchen Fall zumindest teilweise doppelt vorgesehen werden, um die Auswertung der getrennten Signale durchzuführen.

[0066] Messungen und Untersuchungen haben ergeben, dass der durch den Stromsteller 44 erzeugte Strom I_I nicht ausschließlich durch den Anschluss 25 fließt, sondern über den Verbraucher 15 kann ebenfalls eine Stromschleife 83 entstehen, bei der der Strom I_I vom Stromsteller 44 über den Widerstand 40, die Leitung 155, den Verbraucher 15, die Leitung 154 und den Kondensator 64 zurück zum Stromsteller 44 fließt. Im Verbraucher 15 führen beispielsweise Filterkondensatoren oder Spulen zu einem möglichen Stromfluss zwischen den Leitungen 154, 155. Wenn der Verbraucher 15 beispielsweise ein Ladegerät in einem Fahrzeug ist, ist die Impedanz des Verbrauchers 15 zwischen den Leitungen 154, 155 üblicherweise nicht bekannt und auch nicht konstant.

[0067] In der Praxis teilt sich der durch den Stromsteller 144 erzeugte Strom auf die Stromschleifen 81, 84 und 83 anteilig auf. Der tatsächlich durch den Anschluss 25 fließende Strom ist daher geringer als der vom Stromsteller 144 erzeugte Strom I_I . Für eine genauere Auswertung der Impedanz der Stromschleifen 81 und/oder 84 ist es daher vorteilhaft, den tatsächlich durch die entsprechende Stromschleife fließenden Strom, also den Anteil des Stroms I_I zu ermitteln, der durch die entsprechende Stromschleife fließt. Dies ist wie oben ausgeführt über die Strommessvorrichtungen 252 und/oder 246 möglich. Daher werden die Signale SIG1 und/oder SIG2 der Auswertevorrichtung 30 zugeführt. Messungen haben ergeben, dass durch die zusätzliche Berücksichtigung des Signals der Strommessvorrichtung 252 und/oder 246 die Genauigkeit der Auswertung um bis zu 20 % verbessert werden kann.

[0068] Die Auswertevorrichtung 30 ist dazu ausgebildet, in Abhängigkeit vom Signalerfassungsanordnungssignal SIG3 und von den Signalen SIG11 und/oder SIG12 ein Auswertesignal OUT zu erzeugen, welches abhängig ist von der Impedanz der ersten Stromschleife 81 und/oder zweiten Stromschleife 84. Das Auswertesignal OUT kann entweder intern in der Auswertevorrichtung 30 verwendet werden oder aber an andere Geräte weitergegeben werden. In einem Fahrzeug kann das Auswertesignal OUT beispielsweise über einen CAN-Bus zur Verfügung gestellt werden, in Abhängigkeit vom Auswertesignal OUT kann die Verbindung zur Stromversorgung 10 unterbrochen werden, und/oder eine Fehleranzeige kann in Abhängigkeit vom Auswertesignal OUT erfolgen.

[0069] Das Auswertesignal OUT kann beispielsweise eine oder mehrere der folgenden Informationen umfassen:

- Qualitative Angabe, ob die Impedanz im zulässigen Bereich ist oder nicht
- Quantitative Angabe der Impedanz des Widerstands 14
- Quantitative Angabe der Gesamtimpedanz einer der Stromschleifen 81, 84 oder beider Stromschleifen 81, 84
- Information auf Grund des Messsignals I_I_M, ob das Messsignal gemäß der Vorgabe erzeugt ist

[0070] Bei der Auswertung des Signalerfassungsanordnungssignals SIG3 ist es vorteilhaft, die Auswirkung des Kondensators 63 bzw. 64 und ggf. zusätzlich einer Wicklung in der Stromversorgung 10, beispielsweise einer Sekundärwicklung der Wechselspannungsquellen 11, 12 bei einem US split phase Versorgungsnetz 10 zu berücksichtigen. Diese können zu einer Phasenverschiebung des Signalerfassungsanordnungssignals SIG3 gegenüber dem Messstrom I_I führen. Bevorzugt erfolgt eine Kalibrierung der Vorrichtung 20.

[0071] Bevorzugt werden sowohl der Widerstand (Realteil) als auch der kapazitive Anteil (allgemein: Imaginärteil) ermittelt.

[0072] Fig. 2 zeigt beispielhaft den Dynamikumfang des Signalerfassungsanordnungssignals SIG3 am Punkt 69. Dargestellt ist der Pegel des Signalerfassungsanordnungssignals SIG3 am Punkt 69, aufgetragen über die Frequenz. Die Darstellung des Pegels über die Frequenz erhält man beispielsweise durch Fouriertransformation des Signalerfassungsanordnungssignals SIG3, und eine solche Fouriertransformation wird bevorzugt in der Auswertevorrichtung 30 durchgeführt, beispielsweise durch eine FFT (Fast Fourier Transformation). Der Stromsteller 44

hat eine Messfrequenz f_M von 300 Hz verwendet, und die Gesamtkapazität der Y-Kondensatoren wurde mit $C_y = 2 \mu\text{F}$ relativ groß angenommen. Zudem wurde eine Asymmetrie der Spannungen zwischen den Anschlüssen HOT1 und HOT2 von 20 Vp angenommen. Bei der Netzfrequenz f_N beträgt der Pegel ca. 16 dB, und bei der Messfrequenz f_M beträgt der Pegel -20 dB. Der Pegelabstand des Signalerfassungsanordnungssignals SIG3 zur Netzasymmetrie beträgt somit -36 dB. Ein guter Analog/Digital-Wandler hat bspw. eine Auflösung von 12 Bit. Dies ergibt 4096 mögliche unterschiedliche Werte. Eine Messung des Signals am Punkt 69 und eine Aussteuerung des Analog/Digital-Wandlers auf die maximal auftretende Asymmetrie der Netzspannung führt dazu, dass der zusätzlich durch den Strom I_I hervorgerufene Effekt mit dem Analog/Digital-Wandler nicht bzw. nur sehr schlecht auflösbar ist. Auch Analog/Digital-Wandler mit einer höheren Auflösung von 24 Bit haben ggf. Auflösungsschwierigkeiten bei einem solchen Signal-Rausch-Verhältnis. Zudem sind solch hochauflösende Analog/Digital-Wandler vergleichsweise teuer.

[0073] Fig. 3 zeigt den Dynamikumfang eines gefilterten Signals SIG3" nach der Anwendung eines Bandpass-Filters (vgl. Fig. 4) auf das Signalerfassungsanordnungssignals SIG3 am Punkt 69. Das Bandpass-Filter ist dazu ausgebildet, den Frequenzbereich des Signalerfassungsanordnungssignals SIG3 in einem Frequenzbereich (Band) um 300 Hz herum durchzulassen, aber im Frequenzbereich oberhalb und unterhalb der Messfrequenz f_M das Signalerfassungsanordnungssignal SIG3 zu dämpfen. Das Bandpass-Filter wurde als analoges Bandpass-Filter ausgebildet, und es hat eine Pegelabsenkung von -18 dB im Bereich der Netzfrequenz f_N . Die Frequenzskala ist gegenüber der Skala von Fig. 2 verschoben, die Netzfrequenz ist jedoch wie in Fig. 2 beispielhaft bei 50 Hz, und die Messfrequenz bei 300 Hz. Der Pegel des Signals SIG3 im Bereich der Netzfrequenz f_N ist von ca. 16 dB auf ca. -3 dB gesunken, und die Messfrequenz f_M liegt bei ca. -21 dB. Bei einem Pegelabstand zwischen dem Signal und der Phase von -21 dB (bzw. -18 dB) ist eine direkte Messung unter Verwendung eines üblichen Analog/Digital-Wandlers möglich.

[0074] Fig. 4 zeigt ein Bandpass-Filter 300, welches in der Auswertevorrichtung 30 verwendbar ist. Das Signal SIG3 wird über einen Widerstand 301 einem Punkt 303 zugeführt. Der Punkt 303 ist über einen Widerstand 302 mit GND 99 verbunden und über einen Widerstand 304 mit dem Plus-Eingang eines Operationsverstärkers 305 verbunden. Der Ausgang des Operationsverstärkers 305 ist mit dem Minus-Eingang des Operationsverstärkers 305 verbunden und über einen Widerstand 306 mit einem Punkt 307 verbunden. Der Punkt 307 ist über einen Kondensator 308 mit einem Punkt 312 verbunden und

über einen Kondensator 309 mit einem Punkt 310 verbunden. Der Punkt 312 ist über einen Widerstand 326 mit dem Punkt 310 verbunden, und der Punkt 310 ist mit dem Minus-Eingang eines Operationsverstärkers 311 verbunden. Der Ausgang des Operationsverstärkers 311 ist mit dem Punkt 312 verbunden. Der Punkt 312 ist über einen Widerstand 313 mit einem Punkt 315 verbunden, und der Punkt 315 ist über einen Widerstand 314 mit GND 99 verbunden und mit dem Plus-Eingang des Operationsverstärkers 311 verbunden. Der Punkt 312 ist über einen Widerstand 327 mit einem Punkt 316 verbunden. Der Punkt 316 ist über einen Kondensator 317 mit einem Punkt 319 verbunden und über einen Kondensator 318 mit einem Punkt 320 verbunden. Die Punkte 319 und 320 sind über einen Widerstand 328 miteinander verbunden. Der Punkt 320 ist mit dem Minus-Eingang eines Operationsverstärkers 321 verbunden, und der Punkt 319 ist mit einem Punkt 322 verbunden. Der Ausgang des Operationsverstärkers 321 ist mit dem Punkt 322 verbunden, und der Punkt 322 ist über einen Widerstand 323 mit einem Punkt 324 verbunden. Der Punkt 324 ist mit dem Plus-Eingang des Operationsverstärkers 321 verbunden und über einen Widerstand 325 mit GND 99 verbunden. Am Punkt 322 ist als Ergebnis der Bandpass-Filterung ein Signal SIG3' erzeugt, welches einen Pegel entsprechend dem Diagramm von Fig. 3 aufweist.

[0075] Das Bandpass-Filter 300 hat bspw. eine Mittelfrequenz von 320 Hz, und die Pegelabsenkung bei einer Netzfrequenz f_N von 60 Hz beträgt bspw. -18 dB. In Abhängigkeit vom Versorgungsnetz können natürlich auch andere Werte gewählt werden.

[0076] Das Bandpass-Filter 300 ist bevorzugt als aktives Filter ausgebildet. Das Bandpass-Filter 300 hat bevorzugt die zweite Ordnung oder eine höhere Ordnung, und bevorzugt hat es einen Verstärker. Ein Filter höherer Ordnung kann beispielsweise durch Zusammenschaltung mehrerer Filter niedrigerer Ordnung (1. und 2. Ordnung) erzeugt werden.

[0077] Fig. 5 zeigt eine weitere Ausführungsform der Vorrichtung 20 zum Überwachen eines Versorgungsnetzes 10. Das Versorgungsnetz 10 hat im Ausführungsbeispiel mindestens eine Phase L1, die am Anschluss 21 angeschlossen ist, ggf. Phasen L2, L3, sowie einen Neutralleiter N, der am Anschluss 24 angeschlossen ist. Der Neutralleiter N hat im Regelfall eine niedrige Spannung bzw. die Spannung 0 V.

[0078] Der Stromsteller 44 ist über den Widerstand 62 mit der Leitung 54 verbunden, und es kann bei Anschluss des Versorgungsnetzes 10 eine Stromschleife 84 vom Stromsteller 44 über den Widerstand 40, den Anschluss 25, das Versorgungsnetz 10, den Anschluss 24 und den Widerstand 62 zurück zum Stromsteller 44 fließen.

[0079] Zusätzlich kann eine Stromschleife 83 vom Stromsteller 44 über den Widerstand 40, die Leitung 155, den Verbraucher 15, die Leitung 154 und den Widerstand 62 zurück zum Stromsteller 44 fließen.

[0080] Der durch den Stromsteller 44 erzeugte Strom I_I teilt sich somit anteilig auf in einen Teilstrom I_{PE} in der Stromschleife 84 und einen Teilstrom I_V in der Stromschleife 83. Nur der Teilstrom I_V in der Stromschleife 84 ist geeignet, die Impedanz des Versorgungsnetzes 10 über den Schutzleiter PE zu messen. Daher ist es vorteilhaft, wie in Fig. 1 über die Strommessvorrichtung 252 den durch die Stromschleife 84 fließenden Strom I_{PE} zu messen. Im Ausführungsbeispiel hat die Strommessvorrichtung 252 eine Wicklung 253 um die zum Anschluss 25 führende Leitung 55 herum, wobei die Wicklung 253 zwischen dem Anschluss 25 und dem Anschluss der Leitung 155 zum Verbraucher 15 vorgesehen ist, um nicht den vom Stromsteller 44 über die Leitung 55 und die Leitung 155 zum Verbraucher fließenden Teilstrom I_V zu messen. Die Strommessvorrichtung 252 kann jedoch auch wie in Fig. 1 oder wie die Strommessvorrichtung 246 von Fig. 1 ausgebildet sein, oder es können mehrere Strommessvorrichtungen 246, 252 vorgesehen sein und ausgewertet werden.

[0081] Die Auswertung der Phase über den Differenzbildner 32 kann wie in Fig. 1 beschrieben erfolgen.

[0082] Der Neutralleiter N bzw. die Leitung 54 ist über den Widerstand 68 mit einem Punkt 469 verbunden. Der Punkt 469 ist über einen Widerstand 410 mit einem Punkt 411 verbunden. Der Punkt 411 ist über einen Widerstand 412 mit dem Schutzleiter 99 verbunden und über einen Widerstand 414 mit dem Punkt 69 verbunden. Der Punkt 69 ist mit der Auswertevorrichtung 30 verbunden.

[0083] Die Widerstände 68 und 410 einerseits und der Widerstand 412 andererseits bewirken eine Pegelanpassung für die Auswertevorrichtung 30, und der Widerstand 414 bewirkt eine Strombegrenzung.

[0084] Die Signalerfassungsanordnung 31 ist dazu ausgebildet, das erstes Signal SIG1 an der Leitung 54 zu erfassen und der Auswertevorrichtung 30 das Signalerfassungsanordnungssignal SIG3 zuzuführen.

[0085] Messungen haben ergeben, dass das Signal SIG3 in der Praxis einen Netzfrequenzanteil aufweist. Dieser kommt durch die kapazitive Kopplung über die Y-Kondensatoren. Durch Anwendung des Bandpassfilters 300 von Fig. 4 oder eines anderen Bandpassfilters kann der Netzfrequenzanteil verringert werden, und es kann eine Auswertung mit der

Auswertevorrichtung 30 von **Fig. 1** - wie beschrieben
- erfolgen.

[0086] Da üblicherweise das Versorgungsnetz 10 eine vergleichsweise niederohmige Verbindung zwischen dem Neutralleiter N und dem Schutzleiter PE hat, ist eine Messung weiterer Stromschleifen nicht erforderlich, sie kann aber ergänzend erfolgen.

[0087] Naturgemäß sind im Rahmen der vorliegenden Erfindung vielfältige Abwandlungen und Modifikationen möglich.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 10 2011 101 530 A1 [0002]
- DE 10 2020 124 143 A1 [0003]
- DE 10 2015 207 456 B3 [0004]
- DE 10 2018 121 320 A1 [0005]
- DE 10 2020 130 764 A1 [0006]
- DE 198 26 410 A1 [0007]
- DE 10 2019 132 071 A1 [0008]

Patentansprüche

1. Vorrichtung (20) zum Überwachen eines Versorgungsnetzes (10) mit aktiven Leitern (L1, L2, L3, N; HOT1, HOT2; L1, N) und einem Schutzleiter (PE),
welche Vorrichtung (20) einen ersten Anschluss (21), einen zweiten Anschluss (22), einen dritten Anschluss (25), einen Stromsteller (44), eine Strommessvorrichtung (252; 246) und eine Signalerfassungsanordnung (31) aufweist,
welcher erste Anschluss (21) mit einem ersten aktiven Leiter (L1; HOT1; N) des Versorgungsnetzes (10) verbindbar ist,
welcher dritte Anschluss (25) mit einer Leitung (55) verbunden ist und mit dem Schutzleiter (PE) des Versorgungsnetzes (10) verbindbar ist,
und welcher Stromsteller (44) dazu ausgebildet ist, einen Stromfluss (I_I) zu erzeugen, welcher Stromfluss (I_I) bei Anschluss des Versorgungsnetzes (10) mit einem ersten Anteil (I_{PE}) in mindestens einer ersten Stromschleife (81, 84) und anteilig in mindestens einer zweiten Stromschleife (83) fließt, welche mindestens eine erste Stromschleife (81, 84) das Versorgungsnetz (10) umfasst, welche mindestens eine zweite Stromschleife (83) nicht das Versorgungsnetz (10) umfasst,
welche Vorrichtung (20) dazu ausgebildet ist, über den Stromsteller (44) den Stromfluss (I_I) mit einem Wechselstromsignal zu erzeugen,
welche Signalerfassungsanordnung (31) dazu ausgebildet ist, ein erstes Signal (SIG1) an einem vorgegebenen ersten Punkt der mindestens einen ersten Stromschleife (81, 84) zu erfassen und der Auswertevorrichtung (30) ein Signalerfassungssignalsignal (SIG1; SIG3) zuzuführen, welches erste Signal (SIG1) eine erste Information über die Impedanz der mindestens einen ersten Stromschleife (81, 84) aufweist, welches Signalerfassungssignalsignal (SIG1; SIG3) abhängig ist vom ersten Signal (SIG1),
welche Strommessvorrichtung (252; 246) dazu ausgebildet ist, ein zweites Signal (SIGI1; SIGI2) zu erfassen welches zweite Signal (SIGI1; SIGI2) eine zweite Information über den ersten Anteil des durch den Stromsteller (44) erzeugten Stromflusses in der mindestens einen ersten Stromschleife (81, 84) aufweist,
und welche Auswertevorrichtung (30) dazu ausgebildet ist, in Abhängigkeit vom Signalerfassungssignalsignal (SIG1; SIG3) und vom zweiten Signal (SIGI1; SIGI2) ein Auswertesignal (OUT) zu erzeugen, welches abhängig ist von der Impedanz der mindestens einen ersten Stromschleife (81, 84).

2. Vorrichtung (20) nach Anspruch 1, bei welcher die Strommessvorrichtung (252; 246) einen Widerstand (240) aufweist, welcher Widerstand (240) in der mindestens einen ersten Stromschleife (81, 84) und nicht in der mindestens einen zweiten Strom-

schleife angeordnet ist, und die Strommessvorrichtung (246) ist dazu ausgebildet, das erste Signal (SIG1) über die am Widerstand (240) abfallende Spannung zu erfassen.

3. Vorrichtung (20) nach Anspruch 1 oder 2, bei welcher die Strommessvorrichtung (252) eine erste Wicklung (253) aufweist, welche erste Wicklung in der mindestens einen ersten Stromschleife (81, 84) und nicht in der mindestens einen zweiten Stromschleife (83) um die erste Leitung (55) herum angeordnet ist, um den durch die erste Leitung (55) zum dritten Anschluss (25) fließenden Strom (I_{PE}) zu erfassen.

4. Vorrichtung (20) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welcher die Strommessvorrichtung (252) eine zweite Wicklung (251) aufweist, welche zweite Wicklung (251) um die aktiven Leiter (L1, L2, L3, N; HOT1, HOT2; L1, N) herum angeordnet ist und dazu ausgebildet ist, den Summenstrom der durch die aktiven Leiter (L1, L2, L3, N; HOT1, HOT2; L1, N) fließenden Ströme zu erfassen.

5. Vorrichtung (20) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welcher das Wechselstromsignal (I_I) mindestens eine erste Frequenz aufweist, und bei welcher die Auswertevorrichtung (30) dazu ausgebildet ist, bei der Auswertung des zweiten Signals (SIGI1, SIGI2) den Stromfluss im Frequenzbereich der mindestens einen ersten Frequenz auszuwerten.

6. Vorrichtung (20) nach Anspruch 5, bei welcher die Auswertevorrichtung (30) dazu ausgebildet ist, eine Fourieranalyse des zweiten Signals (SIGI1, SIGI2) durchzuführen und ein Frequenzspektrum zu erzeugen, und bei der Auswertung des zweiten Signals (SIGI1, SIGI2) das Frequenzspektrum im Bereich der mindestens einen ersten Frequenz auszuwerten.

7. Vorrichtung (20) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welcher die mindestens eine erste Stromschleife (81, 84) eine Stromschleife (81) aufweist, welche den Stromsteller (44), den dritten Anschluss (25), das Versorgungsnetz (10), den ersten Anschluss (21) und wieder den Stromsteller (44) umfasst.

8. Vorrichtung (20) nach Anspruch 7, bei welcher die Signalerfassungsanordnung (31) dazu ausgebildet ist, als erstes Signal (SIG1) ein die Spannung am ersten Anschluss (21) charakterisierendes Signal zu erfassen.

9. Vorrichtung (20) nach Anspruch 7 oder 8, bei welcher der zweite Anschluss (24) mit einem zweiten aktiven Leiter (N; HOT2; L2) des Versorgungsnetzes (10) verbindbar ist, bei welcher die mindes-

tens eine erste Stromschleife (81, 84) eine zusätzliche Stromschleife (84) aufweist, welche den Stromsteller (44), den dritten Anschluss (25), das Versorgungsnetz (10), den zweiten Anschluss (24) und wieder den Stromsteller (44) umfasst, und bei welcher die Signalerfassungsanordnung (31) dazu ausgebildet ist, ein drittes Signal (SIG2) an einem vorgegebenen zweiten Punkt der zusätzlichen Stromschleife (84) zu erfassen, welches dritte Signal (SIG2) eine dritte Information über die Impedanz der zusätzlichen Stromschleife (81, 84) aufweist, und bei welcher das Signalerfassungsanordnungssignal (SIG3) abhängig ist vom ersten Signal (SIG1) und vom dritten Signal (SIG2).

10. Vorrichtung (20) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welcher das Wechselstromsignal (I_I) eine Messfrequenz (f_M) aufweist, welche im Bereich 75 Hz bis 625 Hz liegt, bevorzugt im Bereich 100 Hz bis 590 Hz.

11. Vorrichtung (20) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welcher der Stromsteller (44) als Stromregler ausgebildet ist.

12. Vorrichtung (20) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welcher die Auswertevorrichtung (30) dazu ausgebildet ist, das Signalerfassungssignal (SIG1; SIG3) durch ein Bandpass-Filter (300) zu filtern, um eine Dämpfung im Bereich der Netzfrequenz (f_N) zu bewirken, wobei bevorzugt das Bandpass-Filter (300) als aktives Filter ausgebildet ist.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

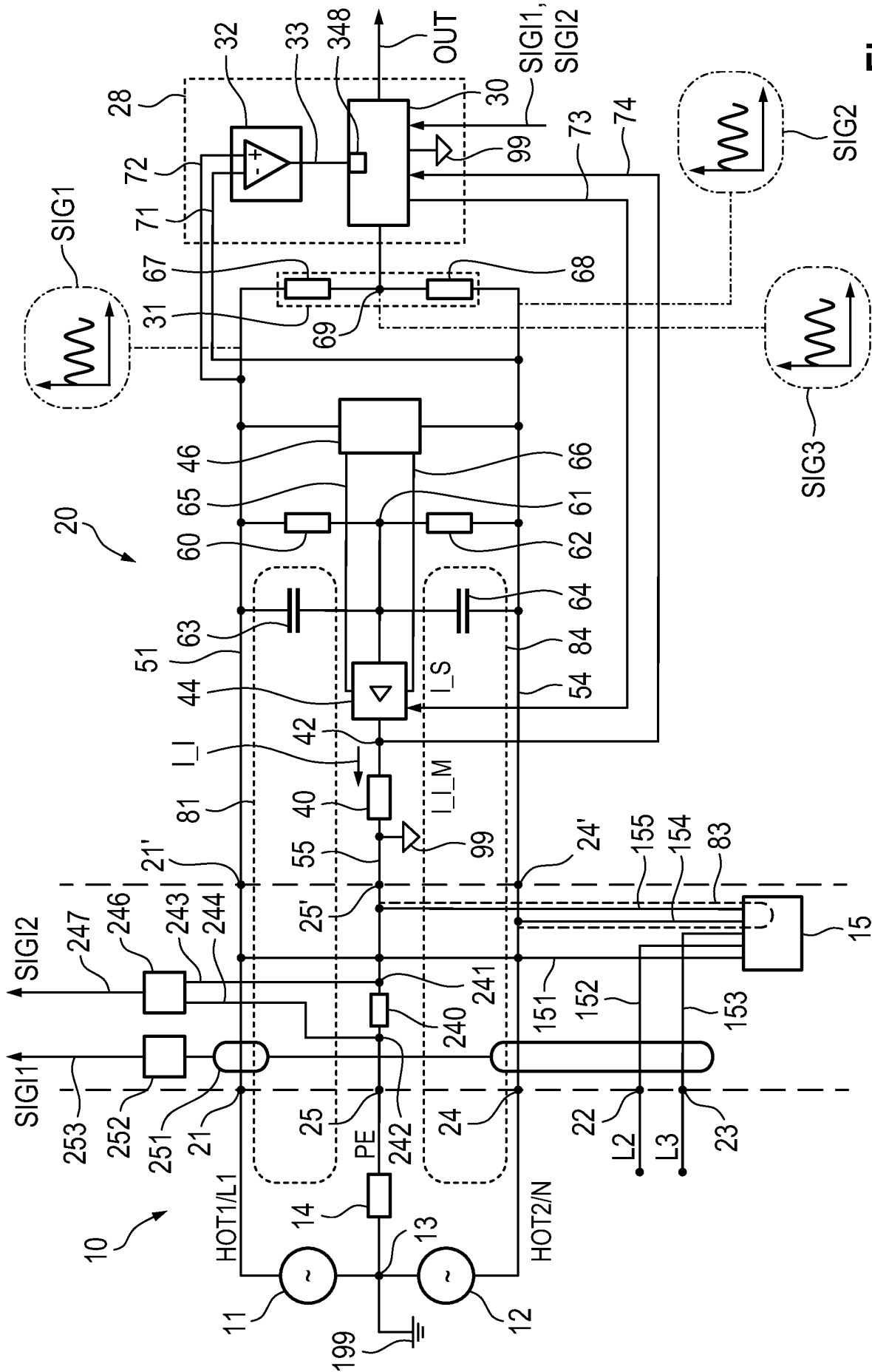


Fig. 1

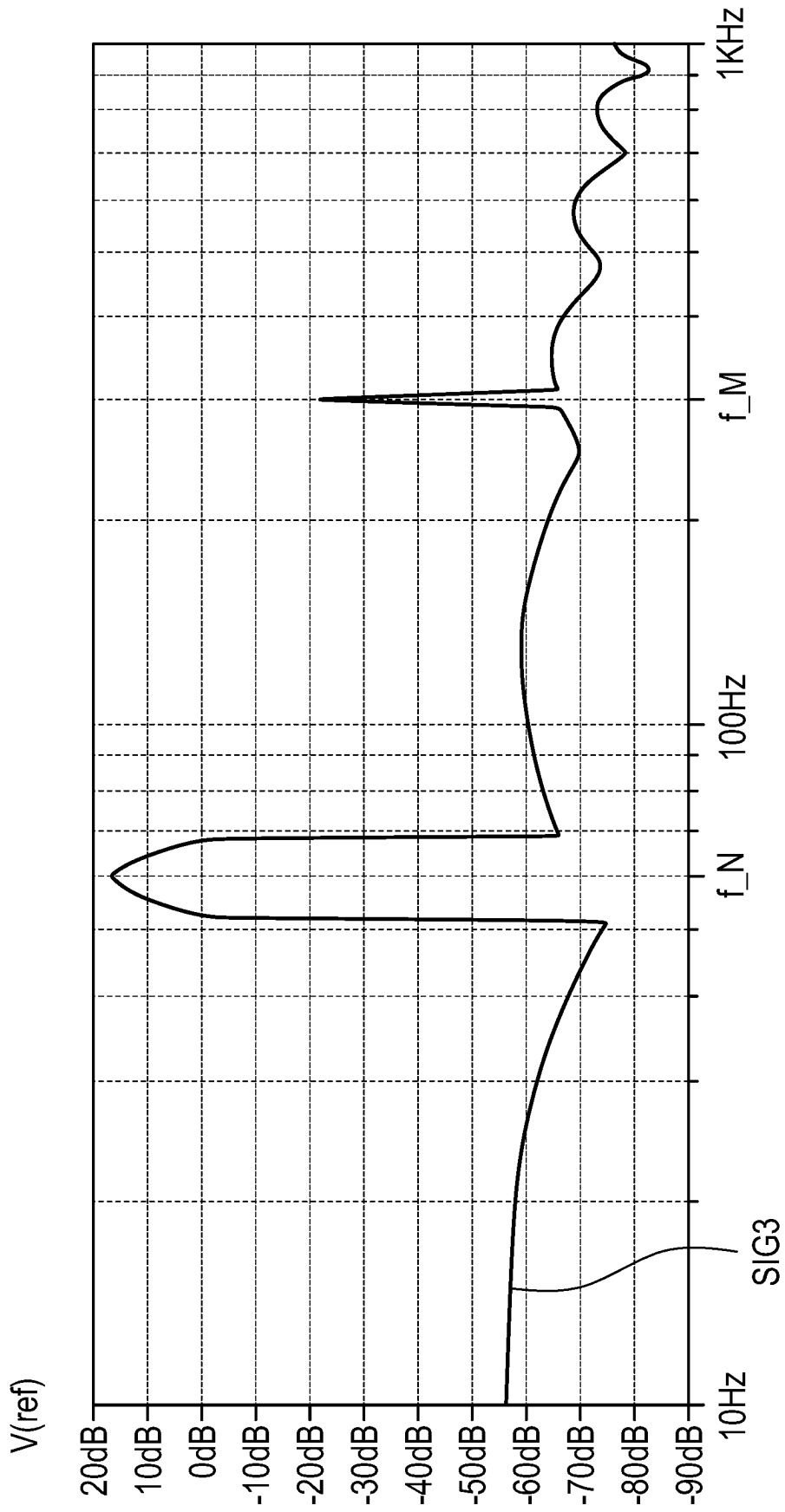


Fig. 2

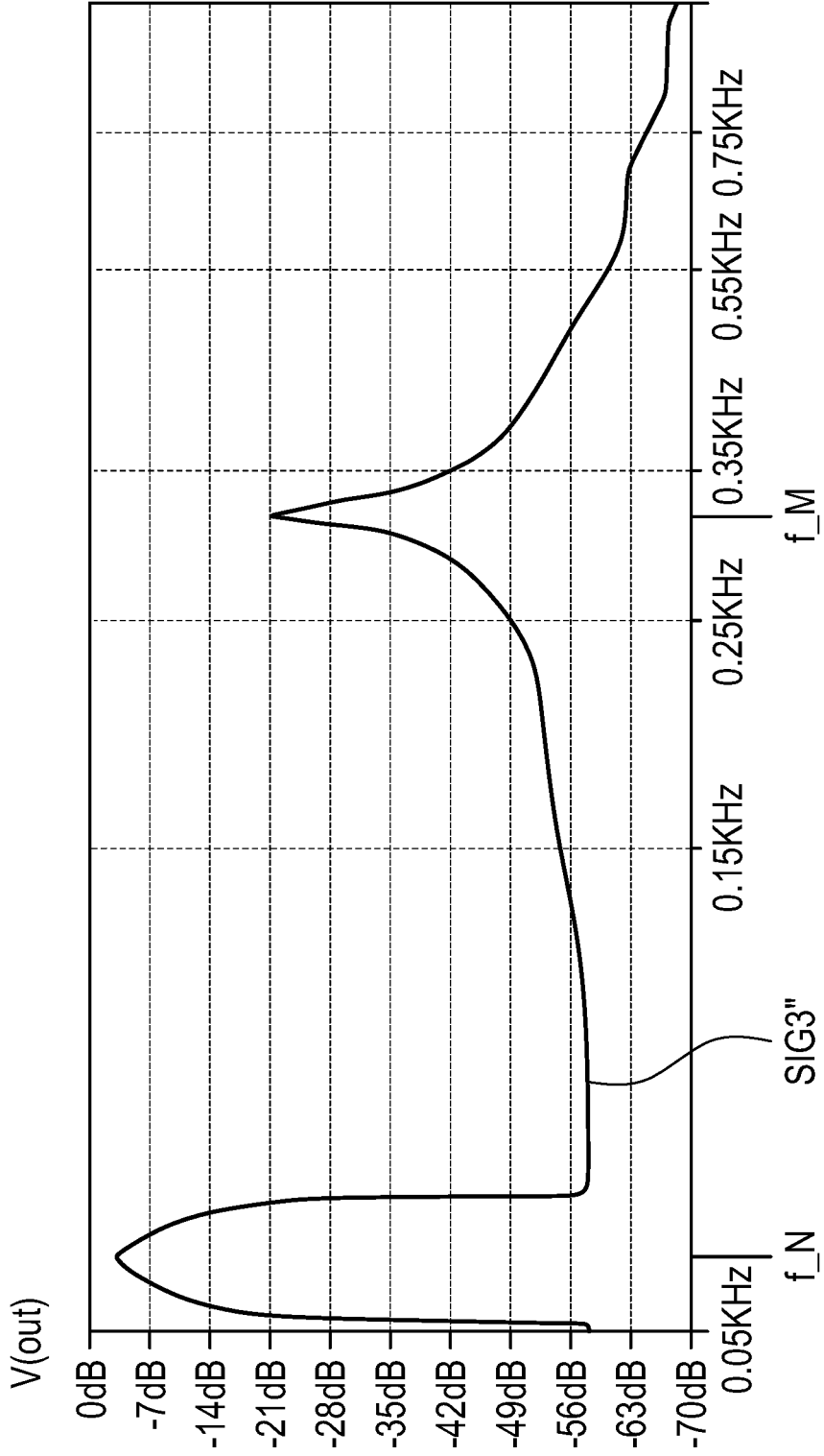


Fig. 3

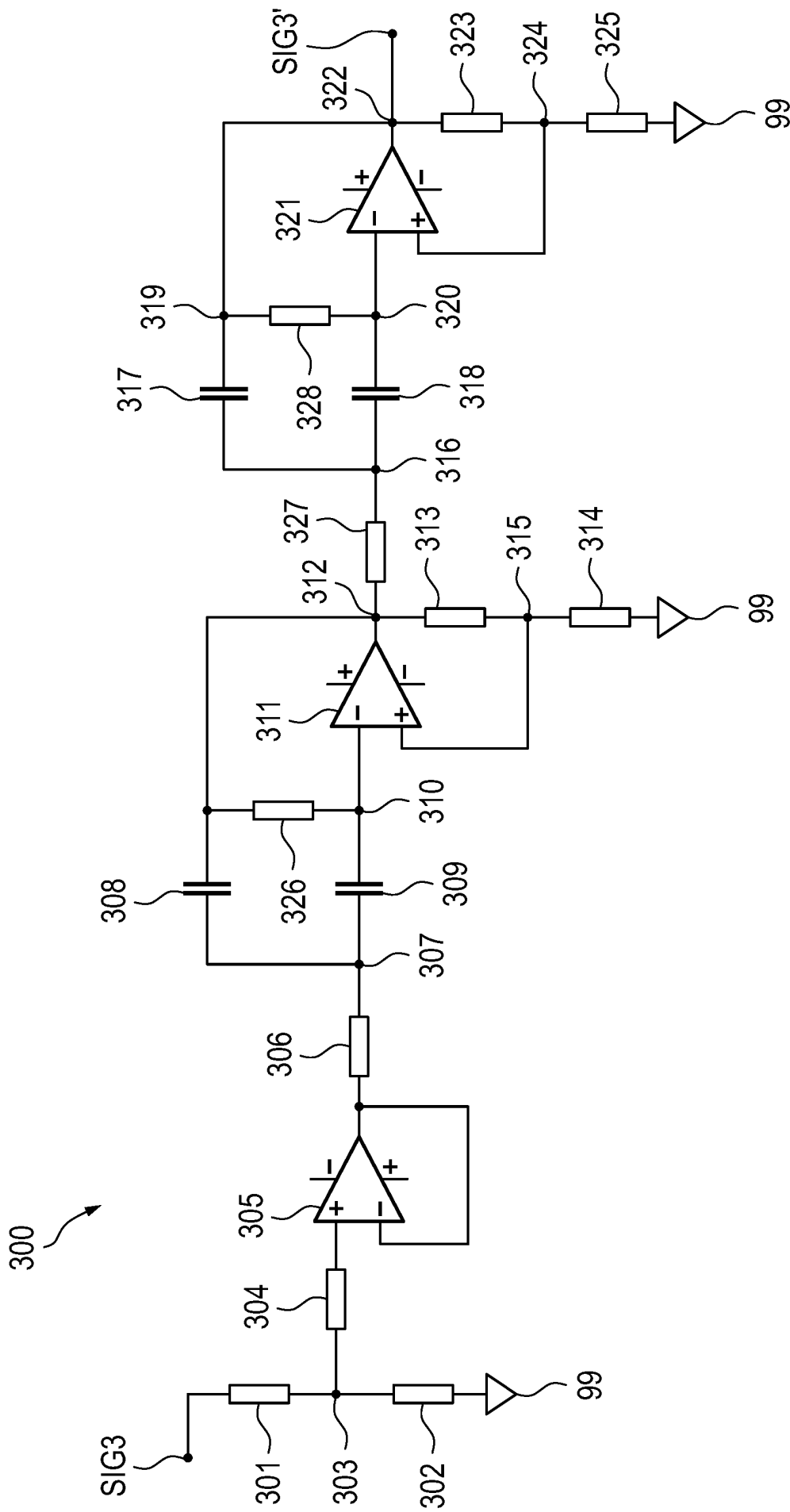


Fig. 4

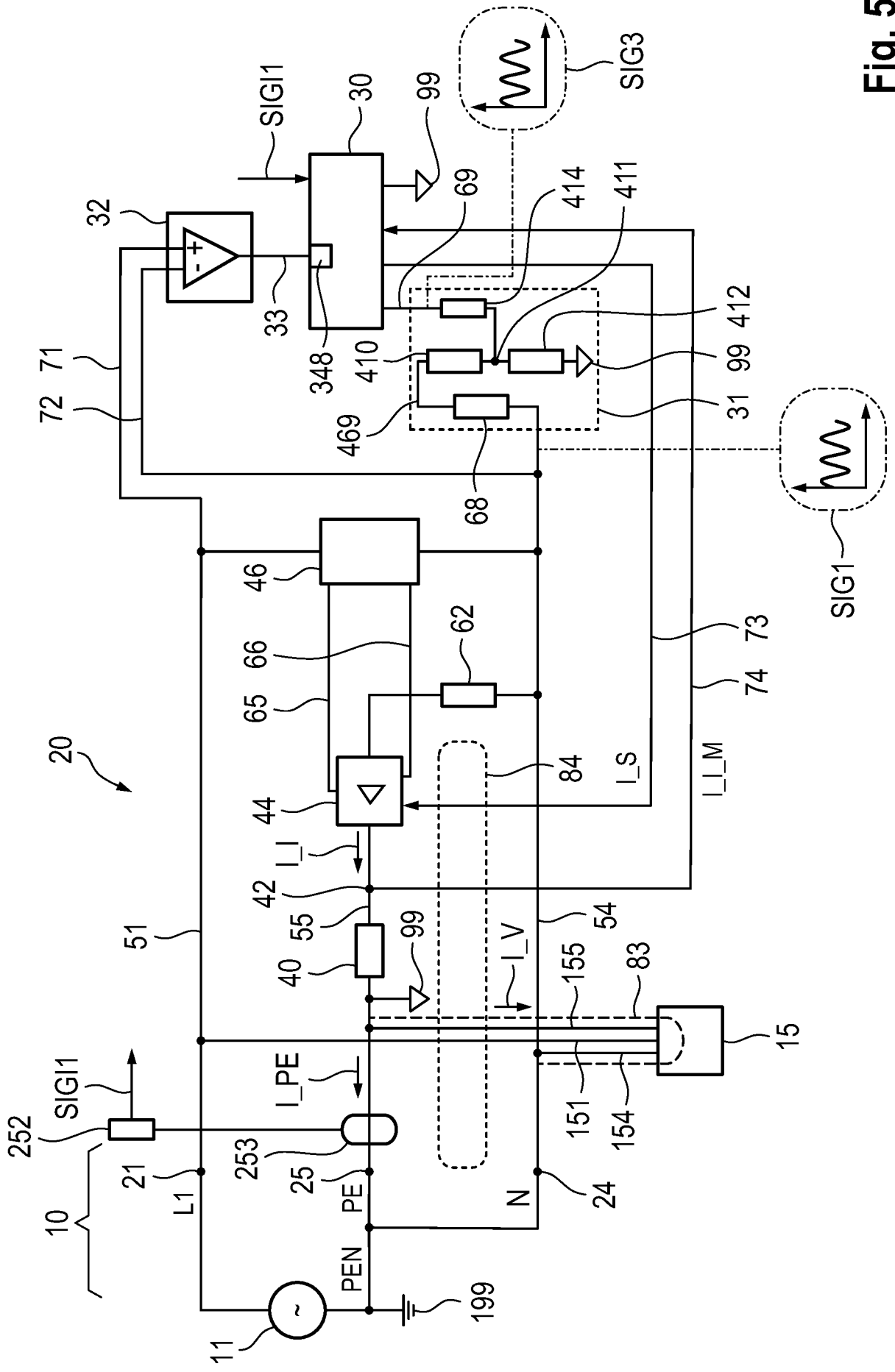


Fig. 5