

(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
19. März 2020 (19.03.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/052942 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G01R 15/14 (2006.01) G01R 35/00 (2006.01)
G01R 15/18 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/072663

(22) Internationales Anmeldedatum:

26. August 2019 (26.08.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2018 122 314.5

12. September 2018 (12.09.2018) DE

(71) Anmelder: SMA SOLAR TECHNOLOGY AG

[DE/DE]; Sonnenallee 1, 34266 Niestetal (DE).

(72) Erfinder: PUTZ, Martin; Huttenplatz 5, 34119 Kassel (DE). AUST, Steffen; Goethestrasse 68, 34119 Kassel (DE). FULD, Berthold; Am Steingritz 54, 61352 Bad Homburg (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, 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, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: ASSEMBLY FOR DETERMINING A TOTAL CURRENT IN A LINE

(54) Bezeichnung: ANORDNUNG ZUR BESTIMMUNG EINES GESAMTSTROMS IN EINER LEITUNG

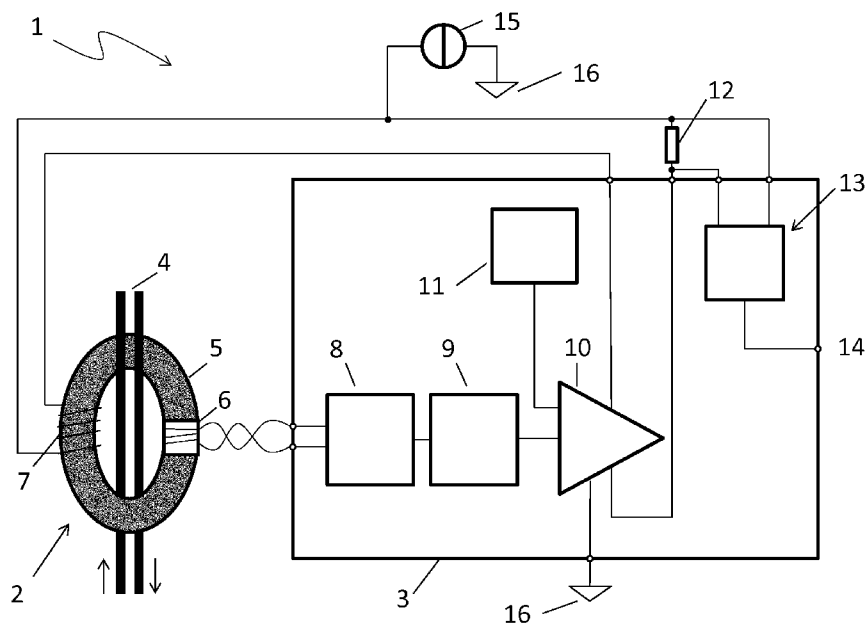


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to an assembly (1) for determining a total current in a line (4). The assembly (1) comprises a magnetic core (5), which surrounds the line (4) and comprises a field probe (6) and a compensation winding (7), and an electronic measuring unit (3) which is connected to the field probe (6) and is designed to supply a compensation current to a compensation current circuit surrounding the compensation winding (7) in order to regulate a magnetic flux in the core (5) to null, said flux being measured by the field probe (6), and provide the compensation current amount as a measurement signal for the total current to be determined in the line (4). The assembly (1) additionally has a test current source (15) which is designed to supply an additional test current to the compensation current circuit during a testing phase in order to verify the function of the assembly (1) using a change in the measurement



(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)

signal. The compensation current circuit has a shunt resistor (12), wherein the measurement signal is generated from a voltage drop across the shunt resistor (12), and the test current source (15) is connected to a connection between the shunt resistor (12) and the compensation winding (7). The invention likewise relates to a method for testing the function of such an assembly (1).

(57) **Zusammenfassung:** Es wird eine Anordnung (1) zur Bestimmung eines Betriebsstroms Gesamtstroms in einer Leitung (4) offenbart. Die Anordnung (1) umfasst einen die Leitung (4) umfangenden magnetischen Kern (5) mit einer Feldsonde (6) und einer Kompensationswicklung (7), und eine mit der Feldsonde (6) verbundene Messelektronik (3), die dazu eingerichtet ist, einen Kompensationsstrom in einen die Kompensationswicklung (7) umfassenden Kompensationsstromkreis einzuspeisen, um ein von der Feldsonde (6) gemessenen magnetischen Fluss im Kern (5) zu Null zu regeln, und die Höhe des Kompensationsstroms als Messsignal für den zu bestimmenden Betriebsstrom Gesamtstrom in dem der Leiter Leitung (4) bereitzustellen. Die Anordnung (1) weist weiterhin eine Prüfstromquelle (15) auf, die dazu eingerichtet ist, während einer Prüfphase einen zusätzlichen Prüfstrom in den Kompensationsstromkreis einzuspeisen, um die Funktion der Anordnung (1) anhand einer Änderung des Messsignals zu verifizieren. Der Kompensationsstromkreis weist hierbei einen Shuntwiderstand (12) auf, wobei das Messsignal aus einer über den Shuntwiderstand (12) abfallenden Spannung erzeugt wird, und wobei die Prüfstromquelle (15) mit einem Anschluss zwischen dem Shuntwiderstand (12) und der Kompensationswicklung (7) angeschlossen ist. Ein Verfahren zur Funktionsüberprüfung einer solchen Anordnung (1) ist ebenfalls offenbart.

Anordnung zur Bestimmung eines Gesamtstroms in einer Leitung

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Bestimmung eines Gesamtstroms in einer Leitung, sowie ein Verfahren zur Funktionsüberprüfung einer solchen Anordnung.

In leistungselektronischen Geräten ist eine Strommessung an vielen Stellen erforderlich. Hierzu werden unter anderem Betriebsstromsensoren eingesetzt, die einen ringförmigen magnetischen Kern aufweisen, der um eine stromführende Leitung, die sowohl einen einzelnen Leiter als auch eine Mehrzahl von Leitern umfassen kann, herum angeordnet wird, so dass ein Strom in der Leitung einen magnetischen Fluss im Kern hervorruft. Der magnetische Kern weist eine Feldsonde auf, die den magnetischen Fluss im Kern bestimmt. Um den magnetischen Kern herum ist weiterhin eine Kompensationswicklung angeordnet und mit einer Messelektronik verbunden, die zur Erzeugung eines Kompensationsstroms eingerichtet ist. Die Messelektronik ist ebenfalls mit der Feldsonde verbunden und regelt im Betrieb den Kompensationsstrom derart, dass der durch die Feldsonde bestimmte magnetische Fluss zu Null wird. Der hierzu erforderliche Kompensationsstrom wird in ein Messsignal umgewandelt, das mit dem in der stromführenden Leitung fließenden Gesamtstrom korreliert. Die Messelektronik wird in der Regel als integrierte Schaltung bereitgestellt.

Als spezielle Form von Betriebsstromsensoren werden Differenzstromsensoren häufig zur Überwachung einer Isolation eines elektronischen Geräts eingesetzt. Hierzu werden die leistungsführenden Leiter des elektronischen Geräts, mit denen das Gerät mit einer weiteren Einrichtung, beispielsweise einer Energiequelle oder einem Verteilnetz, verbunden ist, dahingehend überwacht, dass die gerichtete Summe der Ströme auf den Leitern, also bei zwei Leitern die Differenz der Ströme, Null ist. Bei Vorliegen eines Isolationsfehlers im Gerät fließt ein Anteil des Stroms zum Beispiel über Erde ab, so dass diese Summe von Null abweicht. Die zu überwachenden Leiter werden bei Differenzstromsensoren als Ausführung von Betriebsstromsensoren als eine beide Leiter umfassende Leitung gemeinsam durch den magnetischen Kern geführt, so dass entgegengerichtete Stromkomponenten sich gegenseitig auslöschen und nur gleichgerichtete Stromkomponenten durch den Differenzstromsensor erfasst werden.

Da die Isolationsüberwachung relevant für die Betriebssicherheit des elektronischen Geräts ist, wird eine Prüfbarkeit der Funktion der Überwachungsvorrichtung gefordert. Eine solche Prüfung kann in bekannter Weise über eine zusätzliche Prüfwicklung auf dem magnetischen Kern erfolgen, über die während eines Prüfschritts mittels eines Prüfstroms eine zusätzliche

magnetische Flusskomponente erzeugt wird, die im funktionstüchtigen Zustand des Differenzstromsensors durch den Kompensationsstrom der Messelektronik zusätzlich kompensiert wird. Die Änderung des Kompensationsstroms beziehungsweise des Messsignals wird auf der Basis des Prüfstroms mit einem Erwartungswert verglichen und bei Abweichung von diesem als Fehlfunktion des Differenzstromsensors diagnostiziert.

Weiterhin ist aus der Schrift EP 1956384 A2 eine Stromsensoranordnung bekannt, bei der eine Teststromquelle in einen Kompensationskreis der Sensoranordnung eingebunden ist. Hierdurch ergibt sich der Nachteil, dass zusätzliche Anschlussleitungen zur Ausgabe des Testsignals vorgesehen werden müssen.

Es ist Aufgabe dieser Erfindung, eine Anordnung zur Bestimmung eines Gesamtstroms auf einer Leitung hinsichtlich seiner Funktionstüchtigkeit überprüfbar zu machen, ohne dass eine Prüfwicklung erforderlich ist. Weiterhin ist es Aufgabe dieser Erfindung, ein Prüfverfahren für eine solche Anordnung aufzuzeigen.

Die Aufgabe wird gelöst durch eine Anordnung zur Bestimmung eines Gesamtstroms in einer Leitung mit den Merkmalen des unabhängigen Anspruchs 1.

Eine erfindungsgemäße Anordnung zur Bestimmung eines Gesamtstroms in einer Leitung umfasst einen magnetischen Kern mit einer Feldsonde und einer Kompensationswicklung, und eine mit der Feldsonde verbundene Messelektronik, die dazu eingerichtet ist, einen Kompensationsstrom über einen Kompensationsstromkreis in die Kompensationswicklung einzuspeisen, um einen von der Feldsonde gemessenen magnetischen Fluss im Kern zu Null zu regeln, und die Höhe des Kompensationsstroms als Messsignal für den zu bestimmenden Gesamtstrom in der Leitung bereitzustellen. Die Anordnung weist weiterhin eine Prüfstromquelle auf, die dazu eingerichtet ist, während einer Prüfphase einen zusätzlichen Prüfstrom in den Kompensationsstromkreis einzuspeisen, um die Funktion der Anordnung anhand einer Änderung des Messsignals zu verifizieren. Durch die Einspeisung des zusätzlichen Prüfstroms in den Kompensationsstromkreis wird die Notwendigkeit einer zusätzlichen Prüfwicklung vermieden, so dass eine kostengünstigere Realisierung einer Prüffunktion möglich wird.

Zur Erweiterung des Prüfumfangs kann die Messelektronik weiterhin dazu eingerichtet sein, zur Entmagnetisierung des magnetischen Kerns einen abklingenden Wechselstrom zu erzeugen, wobei das Messsignal während der Erzeugung des abklingenden Wechselstroms zur Verifikation der Funktion der Anordnung genutzt wird. Hierdurch kann auch ein Drahtbruch in der Kompensationswicklung zuverlässig erfasst werden.

In der erfindungsgemäßen Anordnung weist der Kompensationsstromkreis weiterhin einen Shuntwiderstand auf, wobei das Messsignal aus einer über den Shuntwiderstand abfallenden Spannung erzeugt wird, und wobei die Prüfstromquelle mit einem Anschluss zwischen dem Shuntwiderstand und der Kompensationswicklung angeschlossen ist, so dass ein von der Prüfstromquelle eingespeister Prüfstrom sich in Stromanteile aufteilen kann, die über die Kompensationswicklung oder den Shuntwiderstand fließen. Da ein über die Kompensationswicklung fließender Prüfstromanteil bei korrekter Funktion der Regelkette von dieser kompensiert wird, so dass lediglich ein Prüfstromanteil über den Shuntwiderstand als Messsignal nachweisbar wäre, kann durch die Prüfstromquelle beziehungsweise das erfindungsgemäße Verfahren die korrekte Wirkung der gesamten Regelkette der Messelektronik geprüft werden.

Die Prüfstromquelle ist in einer Ausführung zur Verifikation der Funktion der Anordnung in einem zusätzlichen oder alleinigen Prüfschritt dazu eingerichtet, einen Prüfstrom als Wechselstrom mit einer Schwingungsdauer oder als Stromimpuls mit einer Impulsdauer zu erzeugen, die kleiner als eine Reaktionszeit der Regelung der Steuerschaltung gewählt ist. In diesem Fall wird der über die Kompensationswicklung fließende Prüfstromanteil zumindest nicht vollständig über die Regelkette kompensiert, was an einem gegenüber einer vollständig kompensierbaren Prüfstromform geänderten Messsignal nachweisbar ist. Hierbei kann auch eine Dynamik der Regelkette geprüft und mit Vorgabewerten verglichen werden.

Bei einer Ausführung der Prüfstromquelle als bipolare Stromquelle kann der Prüfungsumfang hinsichtlich der Reaktion der Regelkette der Messelektronik auf unterschiedlich gerichtete Flussänderungen im Kern erweitert werden.

In einer besonders vorteilhaften Ausführung wird die vorstehend beschriebene Anordnung zur Bestimmung eines Gesamtstroms als Differenzstromsensor in einem Wechselrichter verwendet. Die Leitung, deren Gesamtstrom bestimmt werden soll, umfasst hierbei insbesondere die gemeinsam durch den Kern geführten Leiter, deren Differenzstrom zu überwachen ist. Die Anordnung kann zur Überwachung des Differenzstroms sowohl AC-seitig als auch DC-seitig eingesetzt sein.

In einem weiteren Aspekt der Erfindung umfasst ein Verfahren zur Funktionsüberprüfung einer Anordnung zur Bestimmung eines Gesamtstroms in einer Leitung, wobei die Anordnung einen magnetischen Kern, mit einer Feldsonde und einer Kompensationswicklung und eine mit der Feldsonde verbundenen Messelektronik aufweist, die dazu eingerichtet ist, einen Kompensationsstrom in die Kompensationswicklung einzuspeisen, um ein von der Feldsonde gemessenes Feld zu Null zu regeln und die Höhe des Kompensationsstroms als Messsignal bereitzustellen, folgende Schritte:

- zeitweises Einspeisen eines zusätzlichen Prüfstroms in den Kompensationsstromkreis und

Erfassen einer zur Einspeisung korrespondierenden Änderung des Messsignals,
- Anzeigen einer Fehlfunktion des Stromsensors, wenn die Änderung nicht einer zum Prüfstrom korrespondierenden Referenzänderung entspricht,
- Anregen eines abklingenden Wechselstroms in der Kompensationswicklung und Erfassen eines Messsignals während des Anregens des abklingenden Wechselstroms, und
- Anzeigen einer Fehlfunktion des Stromsensors, wenn das mit dem abklingenden Wechselstrom erfasste Messsignal nicht einem Referenzmesssignal entspricht.

Die Referenzänderung beziehungsweise das Referenzmesssignal kann beispielsweise an einer ordnungsgemäß funktionierenden Anordnung bestimmt und in einer Auswerteeinheit hinterlegt werden.

Die Möglichkeit, einen solchen abklingender Wechselstrom zu erzeugen, wird in der Regel von einer Entmagnetisiervorrichtung in der Messelektronik bereitgestellt, um bei Bedarf einen permanenten magnetischen Fluss in dem Kern des Stromsensors zu eliminieren, der andernfalls das Messergebnis des Stromsensors verfälschen würde. Die Entmagnetisierung mittels des abklingenden Wechselstroms beziehungsweise der damit verknüpfte Prüfschritt wird bevorzugt ausgeführt, wenn der Betrag eines durch den Stromsensor zu bestimmenden Gesamtstroms unter einem vorgegebenen Restwert liegt.

Es ist von Vorteil, dass unterschiedliche Fehlfunktionen, beispielsweise in Form von unterschiedlichen Fehlersignalen, angezeigt werden, wenn die Änderung nicht der zum Prüfstrom korrespondierenden Referenzänderung entspricht, beziehungsweise wenn das mit dem abklingenden Wechselstrom erfasste Messsignal nicht dem zugehörigen Referenzmesssignal entspricht. Der letztere Fall kann auf einen Drahtbruch im Kompensationsstromkreis hinweisen, der erstere Fall kann durch einen Kurzschluss oder Teilkurzschluss in der Kompensationswicklung verursacht sein. Andere Fehlerursachen, insbesondere ähnlich- oder gleichwirkende Ursachen, sollen hierbei aber nicht ausgeschlossen werden.

Im Folgenden wird die Erfindung mithilfe von Figuren dargestellt, von denen

Fig. 1 eine erste erfindungsgemäße Ausführung einer Anordnung zur Bestimmung eines Gesamtstroms;

Fig. 2 eine zweite erfindungsgemäße Ausführung einer Anordnung zur Bestimmung eines Gesamtstroms;

Fig. 3 eine erste bevorzugte Ausführung einer Prüfstromquelle; sowie

Fig. 4 eine zweite bevorzugte Ausführung einer Prüfstromquelle zeigen.

Fig. 1 zeigt eine erfindungsgemäße Ausführung einer Anordnung 1 zur Bestimmung eines Gesamtstroms. Der zu bestimmende Gesamtstrom ist durch einen oder mehrere Leiter, die eine gemeinsame Leitung 4 bilden, durch einen magnetischen Kern 5 geführt. Hier sind zwei Leiter als Leitung 4 gemeinsam durch den Kern 5 geführt, so dass der im Kern 5 erzeugte Fluss durch die gerichtete Summe der Ströme der beiden Leiter bestimmt ist. Bei entgegengerichteten Stromanteilen entspricht dies der Differenz der Strombeträge auf den einzelnen Leitern.

Der Kern 5 weist weiterhin eine Feldsonde 6 und eine Kompensationswicklung 7 auf, die beide mit Eingängen einer Messelektronik 3 verbunden sind, die als integrierter Schaltkreis realisiert sein kann. Die Feldsonde 6 erzeugt ein Signal, das dem magnetischen Fluss im Kern 5 entspricht, und gibt dieses Signal über Anschlussleitungen an eine Schnittstelle 8 der Messelektronik 3 weiter. Das Signal wird dann über einen an der Schnittstelle angeschlossenen Filter 9 weiter verarbeitet und das weiter verarbeitete Signal steuert einen Treiber 10 an. Der Treiber 10 erzeugt in Abhängigkeit des verarbeiteten Signals einen Kompensationsstrom, der an Kompensationsstromausgängen, an denen über einen Shuntwiderstand 12 die Kompensationswicklung anschlossen ist, bereitgestellt wird.

Eine über den Shuntwiderstand 12 abfallende Spannung wird über Eingangsanschlüsse eines Messverstärkers 13 der Messelektronik 3 verstärkt und als Messsignal für die Höhe des Kompensationsstroms und somit für die Höhe des den magnetischen Fluss im Kern 5 verursachenden Betriebsstroms an einem Signalausgang 14 bereitgestellt. Die aus der Feldsonde 6, der Schnittstelle 8, dem Filter 9 und dem Treiber 10 gebildete Regelkette ist derart ausgebildet, dass ein Kompensationsstrom solcher Höhe auf die Kompensationswicklung 7 gegeben wird, dass der durch die Feldsonde 6 gemessene magnetische Fluss im Kern 5 zu Null geregelt wird.

Um zu verhindern, dass eine permanente Restmagnetisierung des Kerns 5 eine Verfälschung des Messsignals, insbesondere einen Offset verursacht, ist die Messelektronik mit einer aktivierbaren Entmagnetisiervorrichtung 11 ausgestattet, die bei ihrer Aktivierung mithilfe des Treibers 10 einen Wechselstrom auf die Kompensationswicklung einspeist. Die Frequenz des Wechselstroms wird hierbei sukzessive erhöht, so dass dessen Amplitude wegen der dabei steigenden Impedanz der Kompensationswicklung 7 bis auf nahezu Null abklingt. Die Einwirkung der aus der Feldsonde 6, der Schnittstelle 8 und dem Filter 9 gebildeten Regelkette auf den Treiber 10 wird hierfür vorübergehend deaktiviert.

Zu Prüfzwecken ist an die Kompensationswicklung parallel zum Treiber 10 eine aktivierbare Prüfstromquelle 15 derart angeschlossen, dass der Strom der Prüfstromquelle 15 sich in einen über die Kompensationswicklung 7 und einen über den Shuntwiderstand 12 fließenden

Anteil aufteilt. Die Prüfstromquelle 15 ist hier weiterhin mit einem Referenzpotenzial 16 verbunden, das auch ein Versorgungspotenzial des Treibers 10 darstellt. Die Prüfstromquelle 15 kann bei Aktivierung einen Prüfstrom in Form eines Rechteck-Impulses vorgegebener Dauer und Stromstärke erzeugen, es kann aber auch bei Verwendung einer bipolaren Prüfstromquelle ein Wechselstrom mit wechselndem Vorzeichen als Prüfstrom erzeugt werden. Sofern die Dauer des Anliegens des Prüfstroms ausreichend lang gewählt wird, dass die Regelkette vollständig auf den durch den Prüfstrom erzeugten zusätzlichen magnetischen Fluss reagieren kann, wird der Treiber 10 einen um die Höhe des Prüfstroms geänderten Strombetrag bereitstellen, so dass diese Änderung als geänderter Spannungsabfall am Shuntwiderstand 12 und über den Messverstärker 13 als entsprechend geändertes Messsignal bestimmbar ist. Ein Kurzschluss oder Teilkurzschluss in der Kompensationswicklung 7 als zu bestimmender Fehler bewirkt, dass der Prüfstrom keinen oder einen geringeren magnetischen Fluss im Kern 5 als erwartet verursacht, so dass die Änderung des Signals der Feldsonde geringer als erwartet ausfällt und der Regelkreis einen veränderten, in der Regel erhöhten Kompensationsstrom bereitstellt, der wiederum im Vergleich zum Fall einer nicht kurzgeschlossenen Kompensationswicklung 7 zu einem geänderten Messsignal führt. Ein Vergleich der Änderung des Messsignals mit einer Referenzänderung, die der erwarteten Änderung entspricht, erlaubt es daher, diese Fehlerart zu erkennen.

Ein Drahtbruch im Kompensationsstromkreis kann so nicht zuverlässig ermittelt werden. Hierzu kann aber die Entmagnetisierungsvorrichtung 11 genutzt werden. Eine Aktivierung der Entmagnetisierungsvorrichtung 11 sollte einen dem Entmagnetisierungsstrom entsprechenden zusätzlichen Spannungsabfall am Shuntwiderstand 12 und damit eine entsprechende Änderung des Messsignals zur Folge haben. Wird die erwartete Änderung des Messsignals bei Aktivierung der Entmagnetisierungsvorrichtung 11 nicht erreicht, kann auf einen Drahtbruch im Kompensationsstromkreis geschlossen werden.

Die Anordnung 1 gemäß Fig. 2 unterscheidet sich von der Anordnung aus Fig. 1 dadurch, dass die Prüfstromquelle 15 direkt in den Kompensationsstromkreis eingebunden ist und dadurch, dass der Messverstärker 13 konkret als Operationsverstärker mit vorgeschaltetem resistiven Spannungsteiler ausgeführt ist. Weiterhin speist in der Anordnung 1 gemäß Fig. 2 die Entmagnetisierungsvorrichtung 11 den von ihr erzeugten Wechselstrom unter Umgehung des Treibers 10 direkt in den Kompensationsstromkreis ein. Die einzelnen beschriebenen Unterschiede zwischen den Ausführungsformen der Fig. 1 und den Ausführungsformen der Fig. 2 können auch beliebig ausgetauscht werden, um weitere Ausführungsformen einer erfindungsgemäßen Anordnung zu bilden.

Fig. 3 zeigt eine vorteilhafte Ausgestaltung einer Prüfstromquelle 15. Durch Anlegen eines PWM-Signals an dem Steueranschluss 21 des Schalters 20 wird bewirkt, dass die Spannungsquelle 22 einen temperaturstabilen Prüfstrom an den Ausgängen 23, 24 der Prüfstromquelle 15 bereitstellt. Die Höhe des Prüfstroms ist über den Tastgrad des PWM-Signals variabel einstellbar und abschaltbar.

In Fig. 4 ist eine weitere, konkretisierte Ausgestaltung einer Prüfstromquelle 15 gezeigt, bei der der Schalter 20 als MOSFET ausgeführt und ein Tiefpass-Filter dem Schalter 20 nachgeschaltet ist.

Dem Fachmann ist klar, dass auch andere, insbesondere ohnehin im Gerät vorhandene Stromquellen oder Spannungsquellen als Prüfstromquelle 15 eingesetzt werden können, sofern der durch sie eingespeiste Prüfstrom bekannt ist oder anderweitig bestimmt werden kann.

Bezugszeichenliste

1	Anordnung
2	Betriebsstromsensor
3	Messelektronik
4	Leitung
5	Kern
6	Feldsonde
7	Kompensationswicklung
8	Schnittstelle
9	Filter
10	Treiber
11	Entmagnetisiervorrichtung
12	Shuntwiderstand
13	Messverstärker
14	Signalausgang
15	Prüfstromquelle
16	Referenzpotenzial
20	Schalter
21	Steueranschluss
22	Spannungsquelle
23	Ausgang
24	Ausgang

Patentansprüche:

1. Anordnung (1) zur Bestimmung eines Gesamtstroms in einer Leitung (4), umfassend:
 - einen die Leitung (4) umfassenden magnetischen Kern (5) mit einer Feldsonde (6) und einer Kompensationswicklung (7), und
 - eine mit der Feldsonde (6) verbundene Messelektronik (3), die dazu eingerichtet ist, einen Kompensationsstrom in einen die Kompensationswicklung (7) umfassenden Kompensationsstromkreis einzuspeisen, um ein von der Feldsonde (6) gemessenen magnetischen Fluss im Kern (5) zu Null zu regeln, und die Höhe des Kompensationsstroms als Messsignal für den zu bestimmenden Gesamtstrom in der Leitung (4) bereitzustellendadurch gekennzeichnet, dass
die Anordnung (1) weiterhin eine Prüfstromquelle (15) aufweist, die dazu eingerichtet ist, während einer Prüfphase einen zusätzlichen Prüfstrom in den Kompensationsstromkreis einzuspeisen, um die Funktion der Anordnung (1) anhand einer Änderung des Messsignals zu verifizieren,
wobei der Kompensationsstromkreis einen Shuntwiderstand (12) aufweist, wobei das Messsignal aus einer über den Shuntwiderstand (12) abfallenden Spannung erzeugt wird, und wobei die Prüfstromquelle (15) mit einem Anschluss zwischen dem Shuntwiderstand (12) und der Kompensationswicklung (7) angeschlossen ist.
2. Anordnung (1) nach Anspruch 1, wobei die Messelektronik (3) weiterhin dazu eingerichtet ist, zur Entmagnetisierung des magnetischen Kerns (5) einen abklingenden Wechselstrom zu erzeugen, wobei das Messsignal während der Erzeugung des Wechselstroms zur Verifikation der Funktion der Anordnung (1) genutzt wird.
3. Anordnung (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Prüfstromquelle (15) zur Verifikation der Funktion der Anordnung (1) dazu eingerichtet ist, einen Prüfstrom als Wechselstrom mit einer Schwingungsdauer oder als Stromimpuls mit einer Impulsdauer zu erzeugen, die kleiner als eine Reaktionszeit der Regelung der Messelektronik (13) gewählt ist.
4. Anordnung (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Prüfstromquelle (15) als bipolare Stromquelle ausgeführt ist.
5. Verfahren zur Funktionsüberprüfung einer Anordnung (1) zur Bestimmung eines Gesamtstroms in einer Leitung (4), wobei die Anordnung (1) einen magnetischen Kern (5) mit einer Feldsonde (6) und einer Kompensationswicklung (7), und eine mit der Feldsonde (6) verbundene Messelektronik (13) umfasst, die dazu eingerichtet ist, einen Kompensationsstrom in die Kompensationswicklung (7) einzuspeisen, um ein von der Feldsonde (6) gemessenes Feld zu Null zu regeln, und die Höhe des

Kompensationsstrom als Messsignal bereitzustellen, das Verfahren umfassend:

- zeitweises Einspeisen eines zusätzlichen Prüfstroms in den Kompensationsstromkreis und Erfassen einer zur Einspeisung korrespondierenden Änderung des Messsignals,
 - Anzeigen einer Fehlfunktion der Anordnung (1), wenn die Änderung nicht einer zum Prüfstrom korrespondierenden Referenzänderung entspricht,
 - Anregen eines abklingenden Wechselstroms in der Kompensationswicklung (7) und Erfassen eines Messsignals während des Anregens des abklingenden Wechselstroms, und
 - Anzeigen einer Fehlfunktion der Anordnung (1), wenn das mit dem abklingenden Wechselstrom erfasste Messsignal nicht einem Referenzmesssignal entspricht.
6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei unterschiedliche Fehlfunktionen angezeigt werden, wenn die Änderung nicht der zum Prüfstrom korrespondierenden Referenzänderung entspricht, beziehungsweise wenn das mit dem abklingenden Wechselstrom korrespondierende Messsignal nicht dem zum Prüfstrom korrespondierenden Referenzmesssignal entspricht.
7. Verwendung der Anordnung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4 als Differenzstromsensor, insbesondere in einem Wechselrichter.

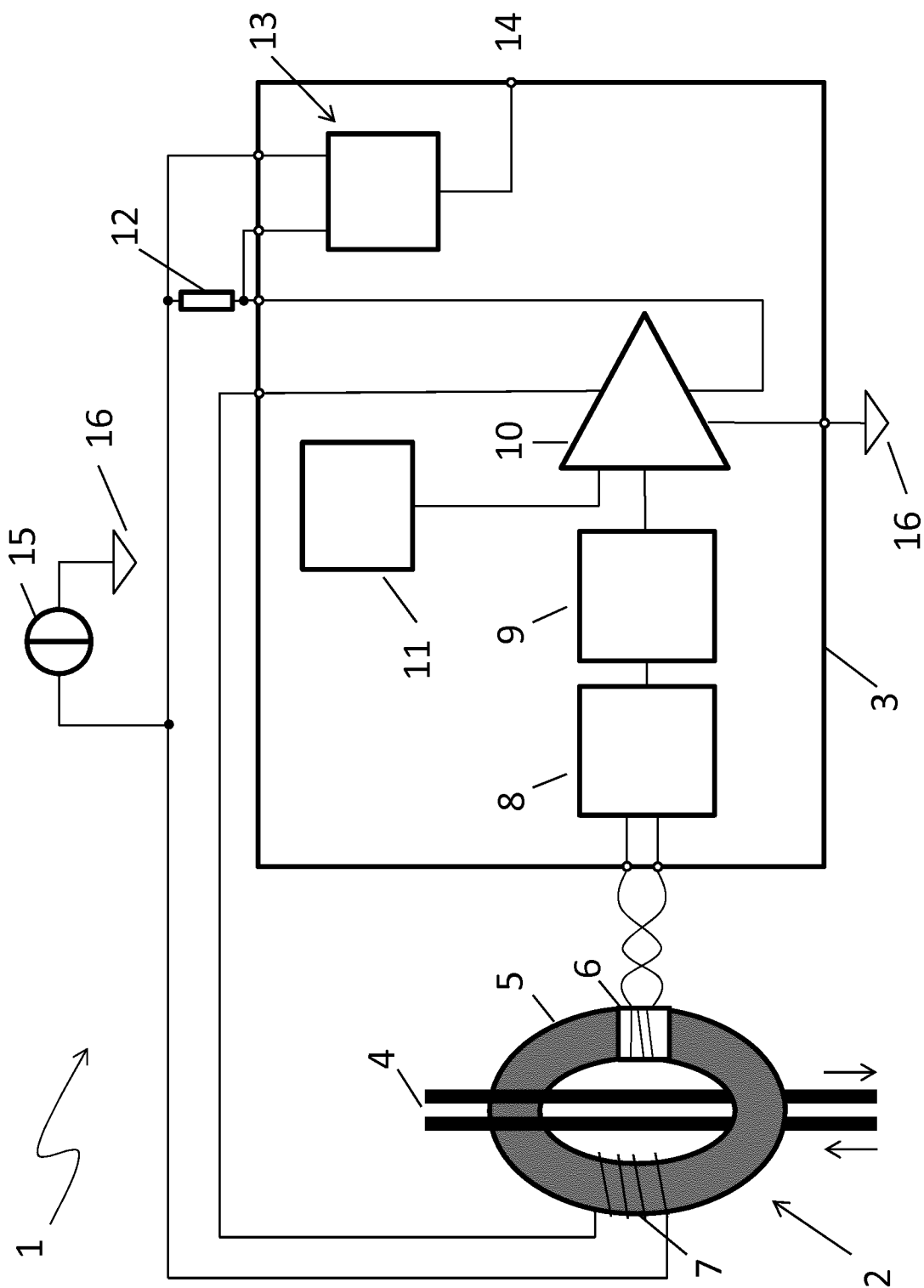


Fig. 1

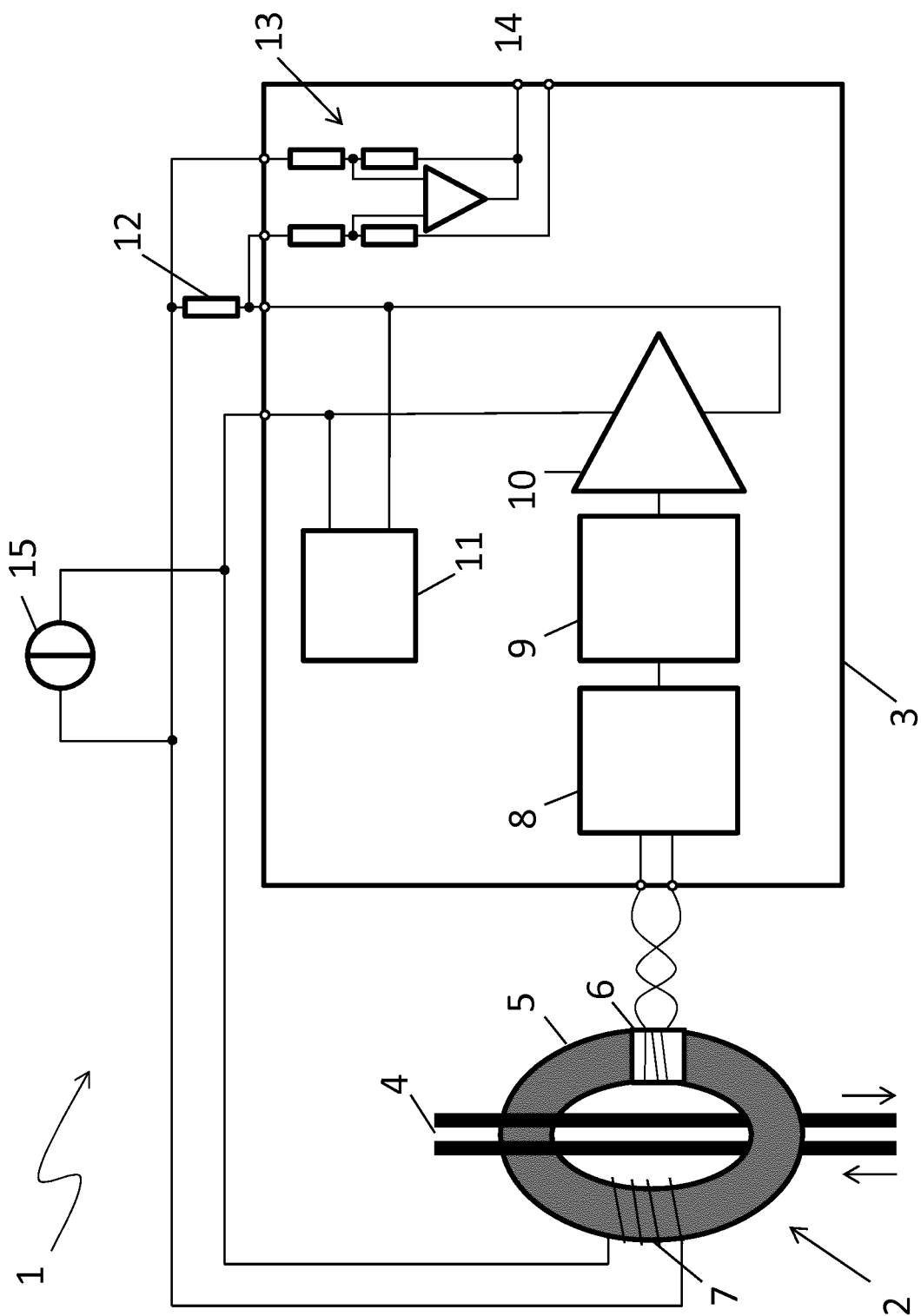


Fig. 2

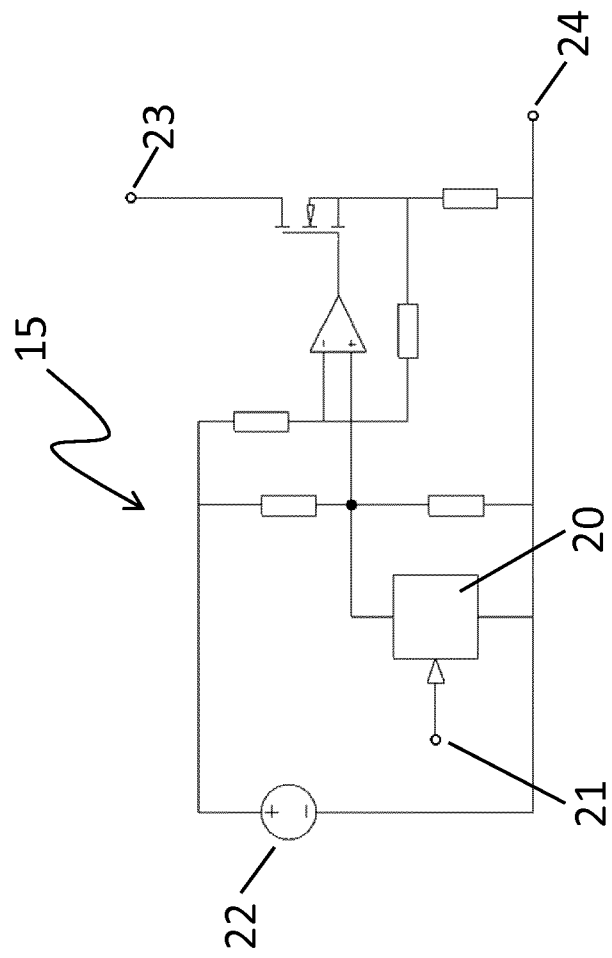


Fig. 3

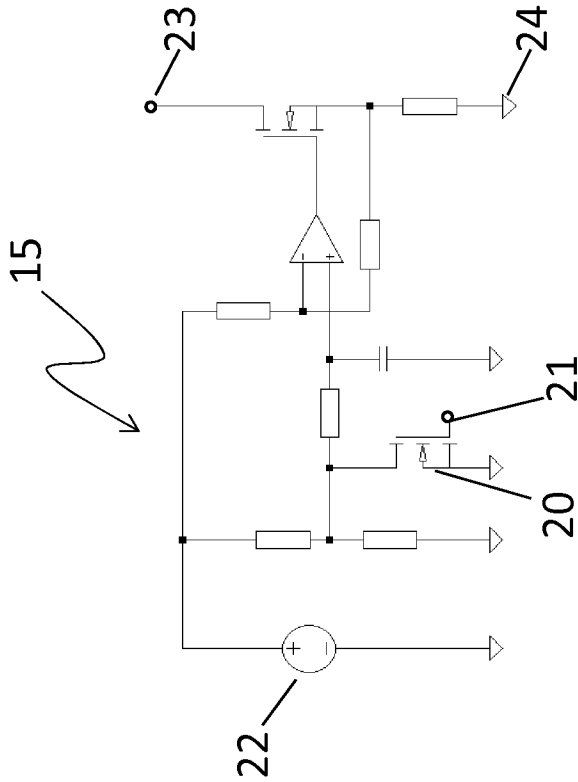


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/072663

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G01R 15/14(2006.01)i; G01R 15/18(2006.01)i; G01R 35/00(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	DE 10204425 A1 (VACUUMSCHMELZE GMBH & CO KG [DE]) 28 August 2003 (2003-08-28)	1-4
Y	paragraph [0018] - paragraph [0021]; claim 1; figures 1-3	5-7
X	EP 1956384 A2 (VACUUMSCHMELZE GMBH & CO KG [DE]) 13 August 2008 (2008-08-13)	1-4
Y	cited in the application paragraph [0025]; figure 3	5-7
A	EP 2757382 A2 (SEMIKRON ELEKTRONIK GMBH [DE]) 23 July 2014 (2014-07-23) paragraph [0025] - paragraph [0028]; figure 1	1-7
A	WO 2011072934 A1 (SB LIMOTIVE CO LTD [KR]; SB LIMOTIVE GERMANY GMBH [DE] ET AL.) 23 June 2011 (2011-06-23) page 3, line 11 - page 8, line 25; figures 1-3	1-7
A	DE 102013207277 A1 (VACUUMSCHMELZE GMBH & CO KG [DE]) 23 October 2014 (2014-10-23) paragraph [0016] - paragraph [0021]; figure 1	1-7
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ 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 29 November 2019		Date of mailing of the international search report 11 December 2019
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/EP2019/072663

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 102013204298 A1 (VACUUMSCHMELZE GMBH & CO KG [DE]) 18 September 2014 (2014-09-18) paragraph [0016] - paragraph [0022]; figure 1	1-7
A	TEXAS INSTRUMENTS. "Sensor Signal Conditioning IC for Closed-Loop Magnetic Current Sensor" <i>INTERNET CITATION</i> , 01 October 2006 (2006-10-01), pages 1-33, Retrieved from the Internet: http://www.datasheetdir.com/DRV401+download [retrieved on 1077] XP002687347 the whole document	1-7
A	WO 2005106506 A1 (VACUUMSCHMELZE GMBH & CO KG [DE]; PREUSSE NORBERT [DE]) 10 November 2005 (2005-11-10) claims 1-15; figure 1	1-7
A	DE 10045194 A1 (SIEMENS AG [DE]) 28 March 2002 (2002-03-28) claim 1; figure 1	1-7
Y	US 2012314332 A1 (FRIES JEFFREY MICHAEL [US] ET AL) 13 December 2012 (2012-12-13) paragraph [0034]; figure 2	5-7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/072663

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
DE	10204425	A1	28 August 2003	NONE	
EP	1956384	A2	13 August 2008	DE 102007006219 A1	14 August 2008
				EP 1956384 A2	13 August 2008
EP	2757382	A2	23 July 2014	CN 103941070 A	23 July 2014
				DE 102013200636 A1	17 July 2014
				EP 2757382 A2	23 July 2014
				KR 20140093183 A	25 July 2014
WO	2011072934	A1	23 June 2011	CN 102656467 A	05 September 2012
				DE 102009054943 A1	22 June 2011
				EP 2513655 A1	24 October 2012
				JP 2013513808 A	22 April 2013
				KR 20120093444 A	22 August 2012
				US 2012319473 A1	20 December 2012
				WO 2011072934 A1	23 June 2011
DE	102013207277	A1	23 October 2014	DE 102013207277 A1	23 October 2014
				US 2014312892 A1	23 October 2014
				US 2017248636 A1	31 August 2017
DE	102013204298	A1	18 September 2014	NONE	
WO	2005106506	A1	10 November 2005	DE 102004021495 A1	24 November 2005
				EP 1754069 A1	21 February 2007
				US 2007252577 A1	01 November 2007
				WO 2005106506 A1	10 November 2005
DE	10045194	A1	28 March 2002	CN 1461413 A	10 December 2003
				DE 10045194 A1	28 March 2002
				EP 1317673 A1	11 June 2003
				US 2004204875 A1	14 October 2004
				WO 0223204 A1	21 March 2002
US	2012314332	A1	13 December 2012	US 2012314332 A1	13 December 2012
				WO 2012170298 A1	13 December 2012

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. G01R15/14 G01R15/18 G01R35/00
 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	DE 102 04 425 A1 (VACUUMSCHMELZE GMBH & CO KG [DE]) 28. August 2003 (2003-08-28)	1-4
Y	Absatz [0018] - Absatz [0021]; Anspruch 1; Abbildungen 1-3	5-7

X	EP 1 956 384 A2 (VACUUMSCHMELZE GMBH & CO KG [DE]) 13. August 2008 (2008-08-13)	1-4
	in der Anmeldung erwähnt	
Y	Absatz [0025]; Abbildung 3	5-7

A	EP 2 757 382 A2 (SEMIKRON ELEKTRONIK GMBH [DE]) 23. Juli 2014 (2014-07-23)	1-7
	Absatz [0025] - Absatz [0028]; Abbildung 1	

	-/-	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" 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

29. November 2019

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

11/12/2019

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	WO 2011/072934 A1 (SB LIMOTIVE CO LTD [KR]; SB LIMOTIVE GERMANY GMBH [DE] ET AL.) 23. Juni 2011 (2011-06-23) Seite 3, Zeile 11 - Seite 8, Zeile 25; Abbildungen 1-3 -----	1-7
A	DE 10 2013 207277 A1 (VACUUMSCHMELZE GMBH & CO KG [DE]) 23. Oktober 2014 (2014-10-23) Absatz [0016] - Absatz [0021]; Abbildung 1 -----	1-7
A	DE 10 2013 204298 A1 (VACUUMSCHMELZE GMBH & CO KG [DE]) 18. September 2014 (2014-09-18) Absatz [0016] - Absatz [0022]; Abbildung 1 -----	1-7
A	TEXAS INSTRUMENTS: "Sensor Signal Conditioning IC for Closed-Loop Magnetic Current Sensor", INTERNET CITATION, 1. Oktober 2006 (2006-10-01), Seiten 1-33, XP002687347, Gefunden im Internet: URL: http://www.datasheetdir.com/DRV401+download [gefunden am 1077] das ganze Dokument -----	1-7
A	WO 2005/106506 A1 (VACUUMSCHMELZE GMBH & CO KG [DE]; PREUSSE NORBERT [DE]) 10. November 2005 (2005-11-10) Ansprüche 1-15; Abbildung 1 -----	1-7
A	DE 100 45 194 A1 (SIEMENS AG [DE]) 28. März 2002 (2002-03-28) Anspruch 1; Abbildung 1 -----	1-7
Y	US 2012/314332 A1 (FRIES JEFFREY MICHAEL [US] ET AL) 13. Dezember 2012 (2012-12-13) Absatz [0034]; Abbildung 2 -----	5-7

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/072663

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 10204425	A1	28-08-2003	KEINE
EP 1956384	A2	13-08-2008	DE 102007006219 A1 14-08-2008 EP 1956384 A2 13-08-2008
EP 2757382	A2	23-07-2014	CN 103941070 A 23-07-2014 DE 102013200636 A1 17-07-2014 EP 2757382 A2 23-07-2014 KR 20140093183 A 25-07-2014
WO 2011072934	A1	23-06-2011	CN 102656467 A 05-09-2012 DE 102009054943 A1 22-06-2011 EP 2513655 A1 24-10-2012 JP 2013513808 A 22-04-2013 KR 20120093444 A 22-08-2012 US 2012319473 A1 20-12-2012 WO 2011072934 A1 23-06-2011
DE 102013207277	A1	23-10-2014	DE 102013207277 A1 23-10-2014 US 2014312892 A1 23-10-2014 US 2017248636 A1 31-08-2017
DE 102013204298	A1	18-09-2014	KEINE
WO 2005106506	A1	10-11-2005	DE 102004021495 A1 24-11-2005 EP 1754069 A1 21-02-2007 US 2007252577 A1 01-11-2007 WO 2005106506 A1 10-11-2005
DE 10045194	A1	28-03-2002	CN 1461413 A 10-12-2003 DE 10045194 A1 28-03-2002 EP 1317673 A1 11-06-2003 US 2004204875 A1 14-10-2004 WO 0223204 A1 21-03-2002
US 2012314332	A1	13-12-2012	US 2012314332 A1 13-12-2012 WO 2012170298 A1 13-12-2012