(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
22. Juni 2017 (22.06.2017)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/102489 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H02H 1/00 (2006.01) *H02H 9/02* (2006.01)
G01R 31/02 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/080035

(22) Internationales Anmeldedatum:
7. Dezember 2016 (07.12.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2015 225 442.9
16. Dezember 2015 (16.12.2015) DE

(71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder: **JIN, Jiahang**; Wallfahrtsweg 6, 75417 Muehlacker (DE). **WAGNER, Arndt**; Hagstr. 29, 71735 Eberdingen (DE). **GEYER, Hans**; Gladiolenstr. 17, 70771 Leinfelden-Echterdingen (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, JP, KE, KG, 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.

(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).

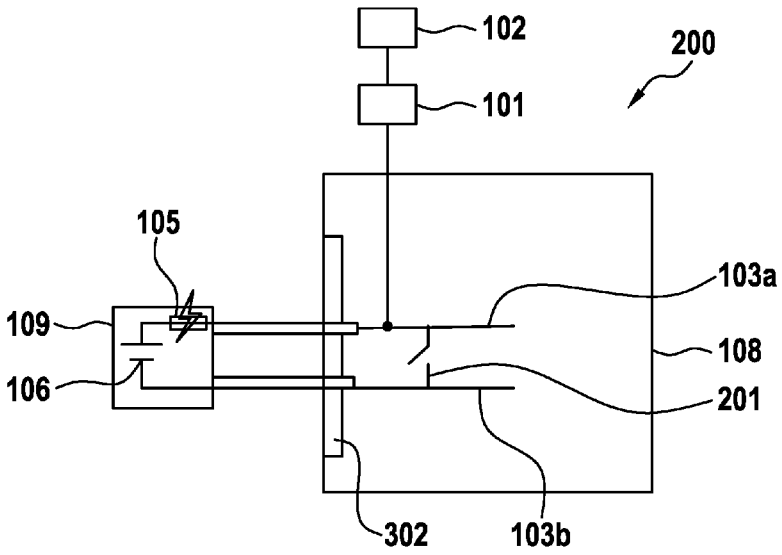
Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

(54) **Title**: ARC DETECTION DEVICE, CORRESPONDING METHOD, AND ELECTRONIC COMPONENT

(54) **Bezeichnung** : LICHTBOGEN-ERKENNUNGSVORRICHTUNG, ENTSPRECHENDES VERFAHREN UND ELEKTRONISCHES BAUTEIL

Fig. 4



(57) **Abstract**: The invention relates to a detection device (100) for detecting an arc (104a–i; 909) occurring between a first current-carrying element (103; 903a) and at least one conductive element (103b, 108; 903b, 907), comprising at least one measuring device (101; 901, 902), which is designed to measure a current (I) flowing through the first current-carrying element (103a; 903a), and an analysis device (102) which is designed to determine a frequency spectrum of the measured current (I) and to detect the arc (104a–i; 909) occurring between the first current-carrying element (103a; 903a) and the at least one conductive element (103b, 108; 903b, 907) on the basis of a high-frequency range of the determined frequency spectrum.

(57) **Zusammenfassung**: Die Erfindung betrifft eine Erkennungsvorrichtung (100) zum Erkennen eines zwischen einem ersten stromführenden Element (103a; 903a) und mindestens einem leitfähigen Element (103b, 108; 903b, 907) auftretenden Lichtbogens (104a–i; 909), mit mindestens

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2017/102489 A1

einer Messeinrichtung (101;901, 902), welche ausgebildet ist, einen durch das erste stromführende Element (103a; 903a) fließenden Strom (I) zu messen; und einer Auswerteeinrichtung (102), welche ausgebildet ist, ein Frequenzspektrum des gemessenen Stroms (I) zu bestimmenund basierend auf einem Hochfrequenzbereich des bestimmten Frequenzspektrums den zwischen dem ersten stromführenden Element (103a; 903a) und dem mindestens einen leitfähigen Element (103b, 108; 903b, 907) auftretenden Lichtbogen (104a–i; 909) zu erkennen.

Lichtbogen-Erkennungsvorrichtung, entsprechendes Verfahren und elektronisches Bauteil

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Erkennungsvorrichtung zum Erkennen eines zwischen einem ersten stromführenden Element und mindestens einem leitfähigen Element auftretenden Lichtbogens, ein elektronisches Bauteil und ein Verfahren zum Erkennen eines zwischen einem ersten stromführenden Element und einem leitfähigen Element auftretenden Lichtbogens.

Stand der Technik

Bei Hochspannungskomponenten, wie sie insbesondere in Elektro- oder Hybridfahrzeugen zum Einsatz kommen, müssen entstehende Lichtbögen schnell erkannt und geeignete Gegenmaßnahmen eingeleitet werden, bevor ein Brand verursacht oder gefährliche Spannungen von außen zugänglich werden. Lichtbögen können insbesondere beim Schließen von Schaltern oder aufgrund von im Gehäuse der Hochspannungskomponente befindlichen Metallspänen oder auch zwischen Stromleitungen und dem Gehäuse auftreten.

Aus der DE 20 2005 011 504 U1 ist ein Lichtbogenmelder bekannt, welcher Hochfrequenzempfänger umfasst, welche anhand einer von der elektrischen Leitung ausgesendeten elektromagnetischen Welle den Lichtbogen erkennt und einen Alarm ausgibt.

Offenbarung der Erfindung

Die vorliegende Erfindung schafft eine Erkennungsvorrichtung zum Erkennen eines zwischen einem ersten stromführenden Element und mindestens einem leitfähigen Element auftretenden Lichtbogens, mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1, ein elektronisches Bauteil, mit den Merkmalen des Patentanspruchs 4 und ein Verfahren zum Erkennen eines zwischen einem ersten stromführenden Element und einem leitfähigen Element auftretenden Lichtbogens, mit den Merkmalen des Patentanspruchs 10.

Die Erfindung schafft demnach eine Erkennungsvorrichtung zum Erkennen eines zwischen einem ersten stromführenden Element und mindestens einem leitfähigen Element auftretenden Lichtbogens, mit mindestens einer Messeinrichtung, welche ausgebildet ist, einen durch das erste stromführende Element fließenden Strom zu messen; und einer Auswerteeinrichtung, welche ausgebildet ist, ein Frequenzspektrum des von der Messeinrichtung gemessenen Stroms zu bestimmen und basierend auf einem Hochfrequenzbereich des bestimmten Frequenzspektrums den zwischen dem ersten stromführenden Element und dem mindestens einen leitfähigen Element auftretenden Lichtbogen zu erkennen.

Die Erfindung schafft weiter ein elektronisches Bauteil, mit einem ersten stromführenden Element, mindestens einem leitfähigen Element, und einer Erkennungsvorrichtung zum Erkennen eines zwischen dem ersten stromführenden Element und dem mindestens einen leitfähigen Element auftretenden Lichtbogens.

Schließlich schafft die Erfindung ein Verfahren zum Erkennen eines zwischen einem ersten stromführenden Element und einem leitfähigen Element auftretenden Lichtbogens, mit den Schritten: Messen eines durch das erste stromführende Element fließenden Stroms; Bestimmen eines Frequenzspektrums des gemessenen Stroms; und Erkennen eines zwischen dem ersten stromführenden Element und dem leitfähigen Element auftretenden Lichtbogens, basierend auf einem Hochfrequenzbereich des bestimmten Frequenzspektrums.

Bevorzugte Weiterbildungen sind Gegenstand der jeweiligen Unteransprüche.

Vorteile der Erfindung

Die erfindungsgemäße Erkennungsvorrichtung hat den Vorteil, dass ein auftretender Lichtbogen sehr schnell anhand des ausgeprägten Hochfrequenzbereichs des Frequenzspektrums erkannt wird. Somit können sofort nach dem Auftreten des Lichtbogens entsprechende Gegenmaßnahmen eingeleitet werden und beispielsweise die Stromversorgung zügig unterbrochen werden. Die Sicherheit wird somit erhöht, da eine Brandgefahr oder eine Gefahr eines Stromschlags reduziert wird.

Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der Erkennungsvorrichtung umfasst die mindestens eine Messeinrichtung einen Hallsensor und/oder eine zu dem ersten stromführenden Element parallele Koppelleitung.

Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der Erkennungsvorrichtung ist die Auswerteeinrichtung ausgebildet, einen Lichtbogen zu erkennen, wenn mindestens ein Spektralanteil im Hochfrequenzbereich des berstimmten Frequenzspektrums über einem vorgegebenen Wert liegt. Ein Lichtbogen lässt sich aufgrund seines ausgeprägten Hochfrequenzanteils im Frequenzspektrum des Stroms gut und präzise erkennen.

Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung des elektronischen Bauteils umfasst das mindestens eine leitfähige Element ein zweites stromführendes Element; wobei zwischen dem ersten stromführenden Element und dem zweiten stromführenden Element ein Strompfad mit einem Schalter eingebracht ist; und wobei die Auswerteeinrichtung ausgebildet ist, den Schalter zu schließen, sobald die Auswerteeinrichtung einen Lichtbogen erkannt hat.

Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung des elektronischen Bauteils umfasst der Schalter einen Leistungsschützen und/oder einen Elektromagnetschalter.

Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung des elektronischen Bauteils wird beim Schließen des Schalters eine Stromquelle, welche den Strom erzeugt, über eine Sicherung und den Strompfad kurzgeschlossen. Durch das Auslösen der Sicherung wird das stromführende Element von der Stromversorgung getrennt.

Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung des elektronischen Bauteils umfasst das mindestens eine leitfähige Element ein Gehäuse, welches das erste stromführenden Element und den Schalter zumindest teilweise einhaust; wobei das Gehäuse in einer Umgebung des Schalters zumindest abschnittsweise eine elektrisch isolierende Beschichtung aufweist. Durch die elektrisch isolierende Beschichtung wird verhindert, dass ein Lichtbogen zwischen Schalter und Gehäuse beim Schalten des Schalters entstehen kann.

Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung des elektronischen Bauteils ist zwischen einer ersten Messeinrichtung und einer zweiten Messeinrichtung der mindestens einen

Messeinrichtung ein Gleichtaktfilter zwischen dem ersten stromführenden Element und dem zweiten stromführenden Element geschaltet; wobei die Auswerteeinrichtung ausgebildet ist, anhand eines Vergleiches des Frequenzspektrums des von der ersten Messeinrichtung gemessenen Stroms mit dem Frequenzspektrum des von der zweiten Messeinrichtung gemessenen Stroms zu erkennen, ob der erkannte Lichtbogen zwischen dem ersten stromführenden Element und/oder zweiten stromführenden Element und dem zweiten stromführenden Element oder zwischen dem ersten stromführenden Element und dem Gehäuse aufgetreten ist.

Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung umfasst das Verfahren weiter den Schritt: Schließen eines in einem Strompfad zwischen dem ersten stromführenden Element und dem leitfähigen Element eingebrachten Schalters, sobald die Auswerteeinrichtung einen Lichtbogen erkannt hat; wobei beim Schließen des Schalters eine Stromquelle, welche den Strom erzeugt, über eine Sicherung und den Strompfad kurzgeschlossen wird.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Es zeigen:

Fig. 1	ein Blockschaltbild einer Erkennungsvorrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;
Fig. 2-5	schematische Schaltbilder von elektronischen Bauteilen gemäß Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung;
Fig. 6	eine Zeitabhängigkeit eines gemessenen Stroms;
Fig. 7	Frequenzspektren eines gemessenen Stroms;
Fig. 8	eine Zeitabhängigkeit eines gemessenen Stroms;
Fig. 9	ein schematisches Schaltbild eines elektronischen Bauteils gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung; und

Fig. 10 ein Flussdiagramm zur Erläuterung eines Verfahrens zum Erkennen eines Lichtbogens.

In allen Figuren sind gleiche bzw. funktionsgleiche Elemente und Vorrichtungen – sofern nichts anderes angegeben ist – mit denselben Bezugszeichen versehen. Verschiedene Ausführungsformen können, soweit nichts anderes angegeben ist, beliebig miteinander kombiniert werden.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Figur 1 zeigt ein Blockschaltbild einer Erkennungsvorrichtung 100 zum Erkennen eines zwischen einem ersten stromführenden Element und mindestens einem leitfähigen Element auftretenden Lichtbogens. Die Erkennungsvorrichtung 100 umfasst eine Messeinrichtung 101 und eine Auswerteeinrichtung 102. Die Funktionsweise der Erkennungsvorrichtung 100 wird im Folgenden näher erörtert.

In Fig. 2 ist ein beispielhaftes elektronisches Bauteil 200 mit einer Erkennungsvorrichtung 100 abgebildet. Das elektronische Bauteil 200 umfasst eine Stromquelle 106 mit einer Sicherung 105 in einem Stromquellengehäuse 109, welche über eine erste Stromleitung, welche ein erstes stromführendes Element 103a bildet und eine zweite Stromleitung, welche ein elektrisch leitfähiges Element bzw. ein zweites stromführendes Element 103b bildet, einen in einem Gehäuse 108 befindlichen Schaltkreis mit Strom versorgt, welcher einen Elektromotor 107 antreibt. Hierbei können an Positionen 104a bis 104i mögliche Lichtbogen auftreten. Die Messeinrichtung 101 ist ausgebildet, einen durch das erste stromführende Element 103a fließenden Strom I zu messen. Die Messeinrichtung 101 kann einen Hall-Sensor und/oder eine zu dem ersten stromführenden Element 103a parallele Koppelleitung umfassen. Die Messeinrichtung 101 überträgt den gemessenen Strom I an die Auswerteeinrichtung 102. Die Auswerteeinrichtung 102 ist dazu ausgebildet, ein Frequenzspektrum des gemessenen Stroms I zu bestimmen und basierend auf einem Hochfrequenzbereich des berstimmten Frequenzspektrums einen zwischen den stromführenden Elementen 103a und 103b auftretenden Lichtbogen, beispielsweise den Lichtbogen 104i zu erkennen. Zwischen dem ersten und dem zweiten stromführenden Element 103a und 103b befindet sich ein zusätzlicher Strompfad 107, dessen Wirkungsweise in Fig. 3 genauer erläutert ist. Wenn die Auswerteeinrichtung 102 einen

Lichtbogen erkennt, ist die Auswerteeinrichtung 102 dazu ausgebildet, einen Schalter 201, welcher in den zusätzlichen Strompfad 107 eingebracht ist, zu schließen. Der Schalter 201 ist hierbei in einem normalen Betriebszustand des elektronischen Bauteils 2, das heißt, wenn die Auswerteeinheit keinen Lichtbogen erkannt hat, geöffnet. Der Schalter 201 kann ein Leistungsschütze oder ein Elektromagnetschalter sein. Eine von der Stromquelle 106 erzeugte Gesamtstromstärke I_{ges} spaltet sich in eine Kurzschlussstromstärke I_p, welche durch den zusätzlichen Strompfad 107 fließt und eine Lichtbogenstromstärke I_{LB}, welche durch den Lichtbogen 104i zwischen dem ersten stromführenden Element 103a und dem zweiten stromführenden Element 103b fließt. Eine noch den restlichen Stromkreis des elektronischen Bauteils 200 fließende Stromstärke kann vernachlässigt werden, so dass gilt: $I_{ges} = I_p + I_{LB}$.

Weiter kann, wie in Fig. 4 illustriert, in einer Umgebung des Schalters 201 an dem Gehäuse 108 eine elektrisch isolierende Beschichtung 302 ausgebildet sein. Die elektrisch isolierende Beschichtung 302 verhindert, dass ein Überschlag von dem Schalter 201 zu dem Gehäuse 108 stattfindet.

In Fig. 5 ist ein Ersatzschaltbild des elektronischen Bauteils 200 illustriert. Die Stromquelle 106 ist durch eine Hochspannung U_{HV} und einen Innenwiderstand R_i, das erste stromführende Element 103a durch einen ersten Widerstand R_k vor dem zusätzlichen Strompfad 107 und einen zweiten Widerstand R_{l2} hinter dem zusätzlichen Strompfad 107 charakterisiert. Die Messeinrichtung 101 ist durch eine Induktivität L und einen Messeinrichtungswiderstand R_{l1} und der zusätzliche Stromkreis 107 durch einen dritten Widerstand R_p charakterisiert.

In Fig. 6 ist eine Zeitabhängigkeit der von der Messeinrichtung 101 gemessenen Gesamtstromstärke I_{ges} illustriert. Die Strommessung durch die Messeinrichtung 101 ist hierbei in eine Vielzahl von Arbeitszyklen 601, 602, 603 von einer Länge von vorzugsweise 10 µs unterteilt. Vorzugsweise überlappen sich die Arbeitszyklen 601, 602, 603 hierbei. Beispielsweise können sich zwei benachbarte Arbeitszyklen jeweils zur Hälfe überlappen. Die Auswerteeinrichtung 102 ist ausgebildet, einen innerhalb eines Arbeitszyklus 601, 602, 603 gemessenen Stromverlauf zu analysieren. Die Auswerteeinrichtung 102 bestimmt hierbei ein Frequenzspektrum des gemessenen Stroms I innerhalb des Arbeitszyklus 601, 602, 603, beispielsweise durch Fast-Fourier-Transformation (FFT). In Fig. 7 sind entsprechende Frequenzspektren dargestellt,

welche durch Fast Fourier Transformation erhalten wurden. Zu einem ersten Zeitpunkt t_1 tritt ein Lichtbogen auf. Im oberen Bereich der Fig. 7 sind links ein Stromverlauf und rechts ein entsprechendes Frequenzspektrum des Stroms I für den dritten Arbeitszyklus 603 illustriert, wobei ein Lichtbogen vorliegt. Im unteren Teil der Fig. 7 ist links ein Stromverlauf und rechts ein entsprechendes Frequenzspektrum des Stroms I für den ersten Arbeitszyklus 601 illustriert, wobei kein Lichtbogen vorliegt.

Die Auswerteeinrichtung 102 ist ausgebildet, einen Hochfrequenzbereich 701 des bestimmten Frequenzspektrums, das heißt einen Bereich für Frequenzen f größer als eine Schwellenfrequenz f_0, beispielsweise von 10 kHz, zu analysieren. Liegt mindestens ein Spektralanteil im Hochfrequenzbereich 701 oberhalb eines vorgegebenen Schwellenwertes S, so erkennt die Auswerteeinrichtung 102 das Auftreten eines Lichtbogens. Liegen sämtliche Spektralanteile im Hochfrequenzbereich 701 unterhalb des Schwellenwertes S, so kann die Auswerteeinrichtung 102 ausgebildet sein, zu erkennen, dass kein Lichtbogen vorliegt. Die Auswerteeinrichtung 102 erkennt somit im oberen Fall einen Lichtbogen, während sie im unteren Fall erkennt, dass kein Lichtbogen vorliegt.

Ein zu dem ersten Zeitpunkt t_1 auftretender Lichtbogen wird am Ende des zweiten Arbeitszyklus 602 zu einem zweiten Zeitpunkt t_2 erkannt, wofür eine Erkennungszeit T_E benötigt wird. Die Erkennungszeit T_E beträgt beispielsweise zwischen 20 und 50 ms.

In Fig. 8 ist ein Stromverlauf als Funktion der Zeit illustriert, wobei die Gesamtstromstärke I_{ges}, die Kurzschlussstromstärke I_p über den zusätzlichen Strompfad 107 und die Lichtbogenstromstärke I_{LB} über den Lichtbogen als Funktionen der Zeit t eingezeichnet sind. Nach dem Erkennen des Lichtbogens zum zweiten Zeitpunkt t_2 beginnt die Auswerteeinrichtung 102 den Schalter 201 zu schließen. Bis zum völligen Schließen des Schalters zu einem dritten Zeitpunkt t_3, wobei auch der zusätzliche Strompfad 107 geschlossen ist, vergeht eine Reaktionszeit T_R. Bis zu dem dritten Zeitpunkt t_3 ist die Gesamtstromstärke I_{ges} mit der Lichtbogenstromstärke I_{LB} identisch, da kein Strom über den zusätzlichen Strompfad 107 fließt, da dieser geöffnet ist, und somit die Kurzschlussstromstärke I_p gleich Null ist.

Ab dem dritten Zeitpunkt t_3 nimmt die Lichtbogenstromstärke I_{LB} ab, während die Kurzschlussstromstärke I_p durch den zusätzlichen Strompfad 107 ansteigt. Die

Stromquelle 106 ist über die Sicherung 105 und den zusätzlichen Strompfad 107 kurzgeschlossen. Zu einem vierten Zeitpunkt t_4 löst die Sicherung 105 aus und die Gesamtstromstärke I_{ges} sowie die Kurzschlussstromstärke I_p nehmen ab und fallen zu einem fünften Zeitpunkt t_5 auf Null ab. Eine Zeitspanne T_A zwischen dem dritten Zeitpunkt t_3 und dem fünften Zeitpunkt t_5 entspricht einer Aktionszeit T_A. Die Aktionszeit T_A teilt sich in eine Ansprechzeit bzw. Schmelzzeit T_{prearc} vom dritten Zeitpunkt t_3 bis zum vierten Zeitpunkt t_4 und in eine Lichtbogenzeit T_{arc} vom vierten Zeitpunkt t_4 bis zum fünften Zeitpunkt t_5.

Der zusätzliche Strompfad 107 ist vorzugsweise derart ausgebildet, dass eine gesamte Zeitperiode T_{ges} zwischen dem Entstehen des Lichtbogens zum ersten Zeitpunkt t_1 bis zum fünften Zeitpunkt t_5, zu dem die Gesamtstromstärke I_{ges} auf 0 absinkt, kleiner ist als ein vorgegebener Schwellenwert. Der vorgegebene Schwellenwert entspricht hierbei einer Fehlerreaktionszeit T_{FRZ}, welche typischerweise einer Zeit entspricht, welche ein Lichtbogen benötigt, um sich von einem Entstehungspunkt des Lichtbogens zu dem Gehäuse 108 fortzupflanzen. Der Lichtbogen soll also gelöscht werden, bevor er das Gehäuse 108 erreicht. Die Fehlerreaktionszeit T_{FRZ} beträgt vorzugsweise 100 bis 150 ms.

Unter der Annahme, dass zum dritten Zeitpunkt t_3 der Gesamtstrom I_{ges} nur durch den zusätzlichen Strompfad 107 fließt, dass heißt die Lichtbogenstromstärke I_{LB} sofort auf Null absinkt, verhält sich die Gesamtstromstärke I_{ges} für die Ansprechzeit bzw. Schmelzzeit I_{prearc} bis zum Auslösen der Sicherung 105 gemäß folgender Formel:

$$I_{ges}(t) = \frac{U_{HV}}{R_{ges}}\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right),$$

wobei $R_{ges} = R_i + R_k + R_{l1} + R_p$ der Gesamtwiderstand ist, und $\tau = L / R_{ges}$ eine Zeitkonstante ist. Der Auslösezeitpunkt t_4 ergibt sich durch Lösen folgender Gleichung nach t_4:

$$\int_{t_3}^{t_4} I_{ges}(x)^2 \, dx = Y,$$

wobei Y den I^2t-Wert der Sicherung 105 für die Schmelzzeit I_{prearc} bezeichnet. Der Messeinrichtungswiderstand R_{I1} und der dritte Widerstand R_p werden daher vorzugsweise klein gewählt. Der Messeinrichtungswiderstand R_{I1}, der dritte Widerstand R_p und die Induktivität L werden vorzugsweise so gewählt, dass folgende Bedingung erfüllt ist:

$$\frac{Z}{I_{ges}(t_4)} + t_4 < T_A ,$$

wobei Z den I^2t-Wert der Sicherung 105 für die Lichtbogenzeit I_{arc} bezeichnet.

Fig. 9 zeigt ein Schaltbild eines elektronischen Bauteils 900 gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Zwischen einem ersten stromführenden Element 903a und einem zweiten stromführenden Element 903b ist hierbei ein Gleichtaktfilter (common mode filter) 910 angeordnet. Vor dem Gleichtaktfilter 910 ist an dem ersten stromführenden Element 903a eine erste Messeinrichtung 901 und hinter dem Gleichtaktfilter 910 eine zweite Messeinrichtung 902 eingebracht, welche ausgebildet ist, den durch das erste stromführende Element 903a fließenden Strom I zu messen. Die von der ersten Messeinrichtung 901 und der zweiten Messeinrichtung 902 gemessenen Ströme I werden an eine Auswerteeinrichtung 102 übermittelt. Die Auswerteeinrichtung 102 ist ausgebildet, durch Vergleichen des Frequenzspektrums des von der ersten Messeinrichtung 901 gemessenen Stroms und des von der zweiten Messeinrichtung 902 gemessenen Stroms zu erkennen, ob ein Lichtbogen 909 vorliegt, und falls ein Lichtbogen 909 vorliegt, ob der Lichtbogen 909 zwischen dem ersten stromführenden Element 903a und dem zweiten stromführenden Element 903b oder zwischen dem ersten oder zweiten stromführenden Element 903a und 903b und einem Gehäuse 907 des elektronischen Bauteils 900 auftritt. Die Auswerteeinrichtung 102 ist hierbei ausgerichtet, eine Vergleichsgröße zu bestimmen, welche eine Ähnlichkeit eines ersten Frequenzspektrums des von der ersten Messeinrichtung 901 gemessenen Stroms I und eines zweiten Frequenzspektrums des von der zweiten Messeinrichtung 902 gemessenen Stroms I ausdrückt. Je größer die Vergleichsgröße, desto unähnlicher sind die Frequenzspektren.

Bei einem Lichtbogen zwischen dem ersten stromführenden Element 903a und dem zweiten stromführenden Element 903b wird der Hochfrequenzbereich des Stroms I durch den Gleichtaktfilter 910 geschwächt, so dass sich der Spektralanteil des ersten

Stroms im Hochfrequenzbereich deutlich von dem Spektralanteil des Hochfrequenzbereichs des zweiten Stroms unterscheidet. Liegt die Vergleichsgröße oberhalb eines vorgegebenen Wertes, so ist die Auswerteeinrichtung 904 demnach ausgebildet, zu erkennen, dass ein Lichtbogen zwischen dem ersten stromführenden Element 903a und dem zweiten stromführenden Element 903b auftritt.

In Fig. 10 ist ein Flussdiagramm zur Erläuterung eines Verfahrens zum Erkennen eines zwischen einem ersten stromführenden Element und mindestens einem elektrisch leitfähigen Element auftretenden Lichtbogens abgebildet. In einem ersten Schritt S1 wird hierbei ein durch das erste stromführende Element 103a fließender Strom I gemessen. In einem zweiten Schritt S2 wird ein Frequenzspektrum des gemessenen Stroms I bestimmt und in einem dritten Verfahrensschritt S3 wird ein zwischen dem stromführenden Element 103a und dem mindestens einen leitfähigen Element auftretender Lichtbogen basierend auf einem Hochfrequenzbereich des bestimmten Frequenzspektrums erkannt. In einem optionalen vierten Schritt S4 wird ein in einem zusätzlichen Strompfad zwischen dem stromführenden Element und dem leitfähigen Element eingebrachter Schalter geschlossen, sobald ein Lichtbogen erkannt wurde. Das Verfahren kann insbesondere mit einer Erkennungsvorrichtung gemäß einer der oben beschriebenen Ausführungsformen durchgeführt werden.

Ansprüche

1. Erkennungsvorrichtung (100) zum Erkennen eines zwischen einem ersten stromführenden Element (103a; 903a) und mindestens einem leitfähigen Element (103b, 108; 903b, 907) auftretenden Lichtbogens (104a–i; 909), mit

mindestens einer Messeinrichtung (101; 901, 902), welche ausgebildet ist, einen durch das erste stromführende Element (103a; 903a) fließenden Strom (I) zu messen; und

einer Auswerteeinrichtung (102), welche ausgebildet ist, ein Frequenzspektrum des gemessenen Stroms (I) zu bestimmen und basierend auf einem Hochfrequenzbereich des bestimmten Frequenzspektrums den zwischen dem ersten stromführenden Element (103a; 903a) und dem mindestens einen leitfähigen Element (103b, 108; 903b, 907) auftretenden Lichtbogen (104a–i; 909) zu erkennen.

2. Erkennungsvorrichtung (100) nach Anspruch 1,

wobei die mindestens eine Messeinrichtung (101; 901, 902) einen Hallsensor und/oder eine zu dem ersten stromführenden Element (103a; 903a) parallele Koppelleitung umfasst.

3. Erkennungsvorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 1 oder 2,

wobei die Auswerteeinrichtung (102) ausgebildet ist, einen Lichtbogen (104a–i; 909) zu erkennen, wenn mindestens ein Spektralanteil im Hochfrequenzbereich des bestimmten Frequenzspektrums über einem vorgegebenen Wert liegt.

4. Elektronisches Bauteil (200; 900), mit

einem ersten stromführenden Element (103a; 903a);

mindestens einem leitfähigen Element (103b, 108; 903b, 907); und

einer Erkennungsvorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 3 zum Erkennen eines zwischen dem ersten stromführenden Element (103a; 903a) und dem mindestens einen leitfähigen Element (103b, 108; 903b, 907) auftretenden Lichtbogens (104a–i; 909).

5. Elektronisches Bauteil (200) nach Anspruch 4,

wobei das mindestens eine leitfähige Element (103b, 108) ein zweites stromführendes Element (103b) umfasst;

wobei zwischen dem ersten stromführenden Element (103a) und dem zweiten stromführenden Element (103b) ein Strompfad (107) mit einem Schalter (201) eingebracht ist; und

wobei die Auswerteeinrichtung (102) ausgebildet ist, den Schalter (201) zu schließen, sobald die Auswerteeinrichtung (102) einen Lichtbogen (104a–i) erkannt hat.

6. Elektronisches Bauteil (200) nach Anspruch 5,

wobei der Schalter (201) einen Leistungsschützen und/oder einen Elektromagnetschalter umfasst.

7. Elektronisches Bauteil (200) nach einem der Ansprüche 5 oder 6,

wobei beim Schließen des Schalters (201) eine Stromquelle (106), welche den Strom (I) erzeugt, über eine Sicherung (105) und den Strompfad (107) kurzgeschlossen wird.

8. Elektronisches Bauteil (200) nach einem der Ansprüche 5 bis 7,

wobei das mindestens eine leitfähige Element (103b, 108) ein Gehäuse (108) umfasst, welches das erste stromführenden Element (103a) und den Schalter (201) zumindest teilweise einhaust; und

wobei das Gehäuse (108) in einer Umgebung des Schalters (201) zumindest abschnittsweise eine elektrisch isolierende Beschichtung (302) aufweist.

9. Elektronisches Bauteil (900) nach einem der Ansprüche 4 bis 8,

wobei zwischen einer ersten Messeinrichtung (901) und einer zweiten Messeinrichtung (902) der mindestens einen Messeinrichtung (901, 902) ein Gleichtaktfilter (910) zwischen dem ersten stromführenden Element (903a) und dem zweiten stromführenden Element (903b) geschaltet ist;

wobei die Auswerteeinrichtung (102) ausgebildet ist, anhand eines Vergleiches des Frequenzspektrums des von der ersten Messeinrichtung (901) gemessenen Stroms (I) mit dem Frequenzspektrum des von der zweiten Messeinrichtung (902) gemessenen Stroms (I) zu erkennen, ob der erkannte Lichtbogen (909) zwischen dem ersten stromführenden Element (903a) und dem zweiten stromführenden Element (903b) oder zwischen dem ersten stromführenden Element (903a) und/oder zweiten stromführenden Element (903b) und einem Gehäuse (907) des elektronischen Bauteils (900) aufgetreten ist.

10. Verfahren zum Erkennen eines zwischen einem ersten stromführenden Element (103a; 903a) und einem leitfähigen Element (103b, 108; 903b, 907) auftretenden Lichtbogens (104a–i; 909), mit den Schritten:

Messen (S1) eines durch das erste stromführende Element (103a; 903a) fließenden Stroms (I);

Bestimmen (S2) eines Frequenzspektrums des gemessenen Stroms (I); und

Erkennen (S3) eines zwischen dem ersten stromführenden Element (103a; 903a) und dem leitfähigen Element (103b, 108; 903b, 907) auftretenden Lichtbogens (104a–i; 909), basierend auf einem Hochfrequenzbereich des bestimmten Frequenzspektrums.

11. Verfahren nach Anspruch 9, weiter mit dem Schritt

Schließen (S4) eines in einem Strompfad (107) zwischen dem ersten stromführenden Element (103a) und dem leitfähigen Element (103b, 108) eingebrachten Schalters (201), sobald die Auswerteeinrichtung (102) einen Lichtbogen (104a–i) erkannt hat;

wobei beim Schließen des Schalters (201) eine Stromquelle (106), welche den Strom (I) erzeugt, über eine Sicherung (105) und den Strompfad (107) kurzgeschlossen wird.

Fig. 1

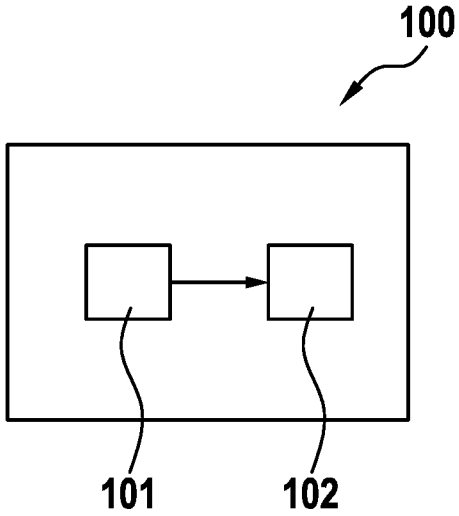

100
101
102

Fig. 2

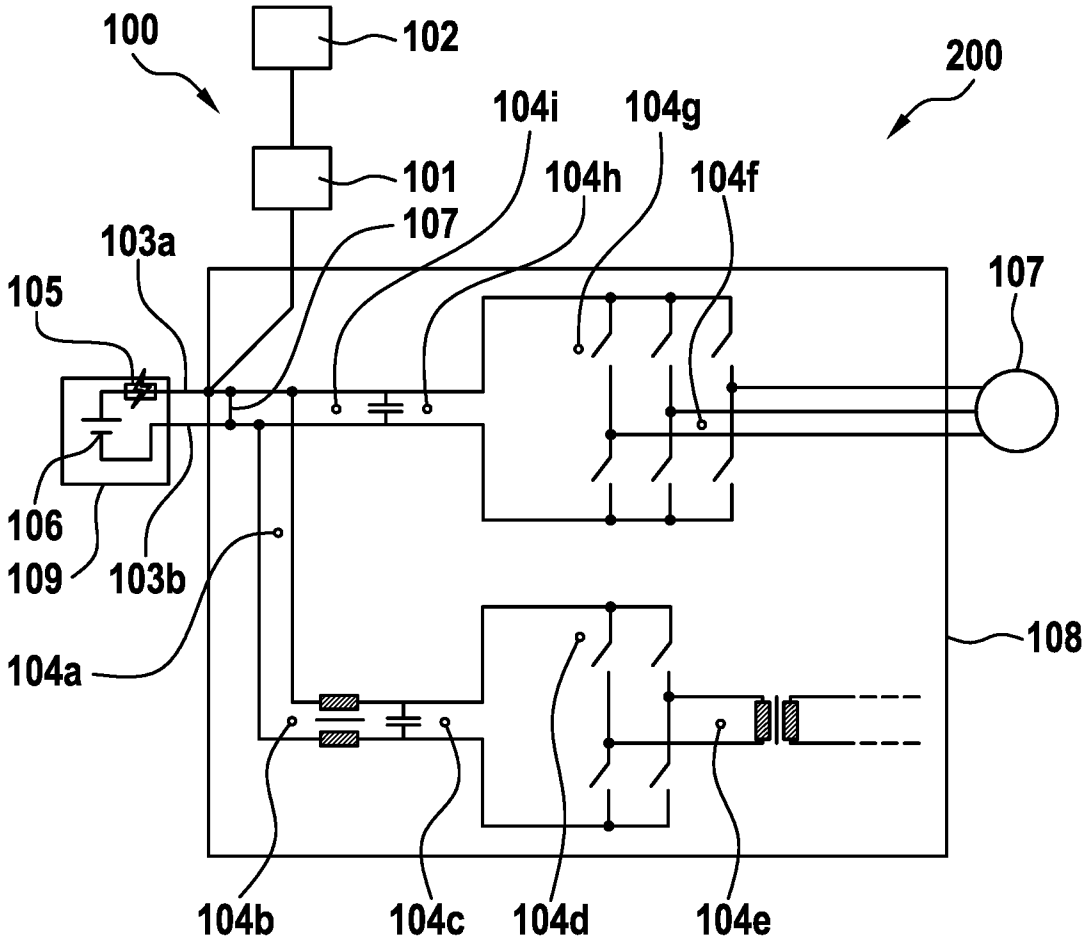

100
102
200
104i
104g
101
104h
104f
107
103a
107
105
106
109
103b
104a
108
104b
104c
104d
104e

Fig. 3

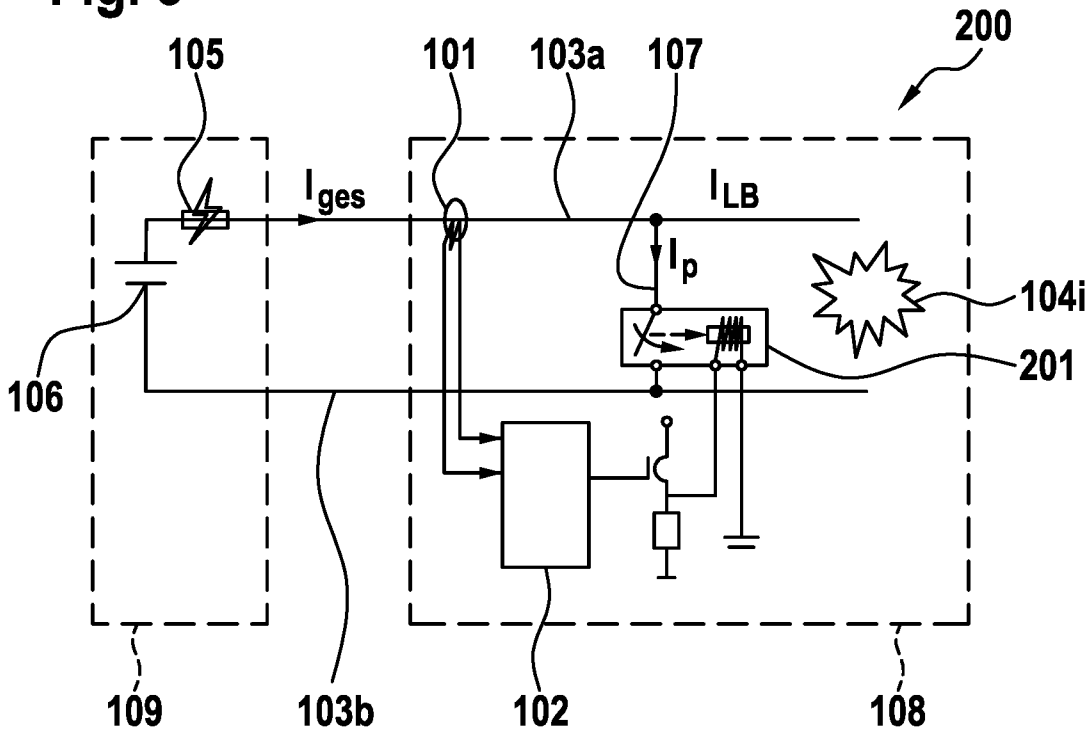

105
101
103a
107
200
I_{ges}
I_{LB}
I_p
104i
201
106
109
103b
102
108

Fig. 4

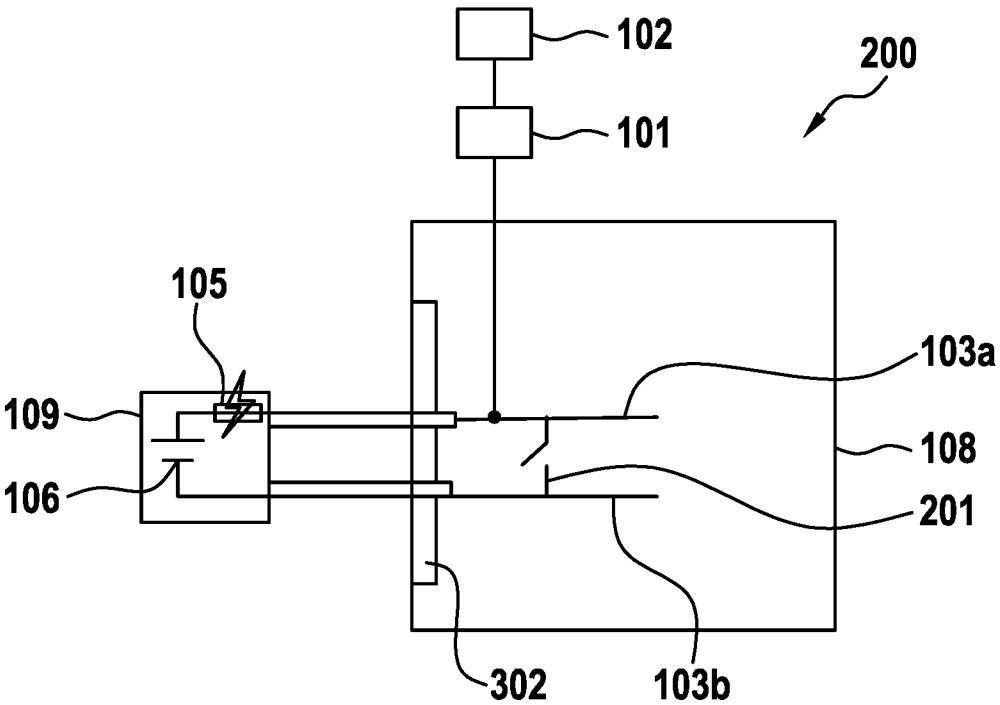

102
200
101
105
103a
109
108
106
201
302
103b

Fig. 5

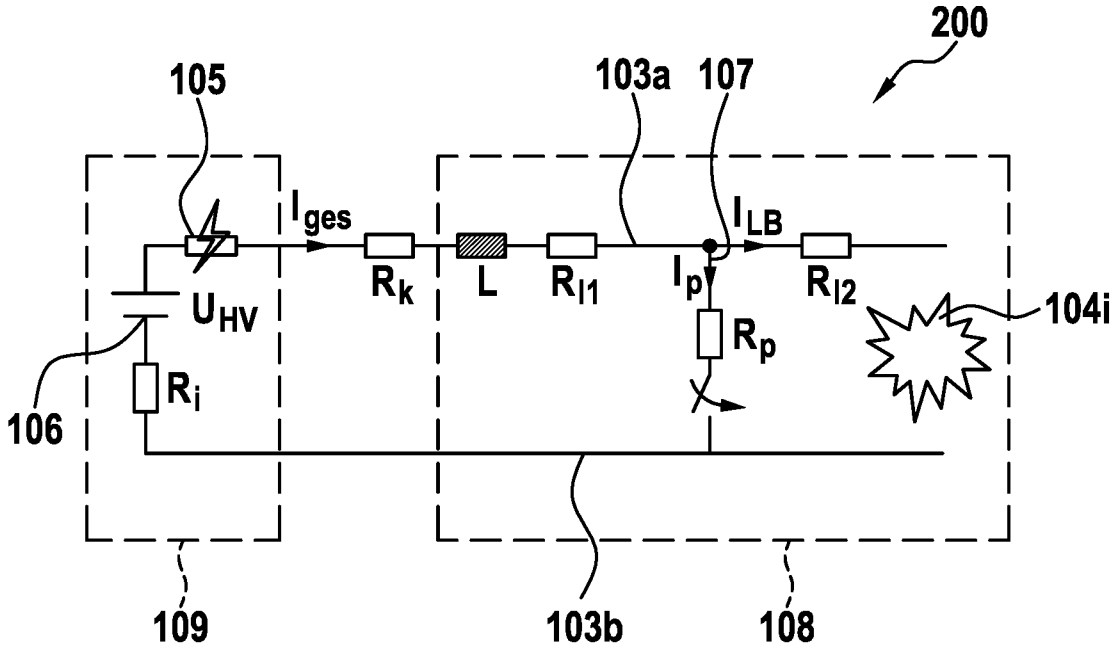

200
105
103a
107
I_{ges}
I_{LB}
R_k
L
R_{l1}
I_p
R_{l2}
104i
U_{HV}
R_p
R_i
106
109
103b
108

Fig. 6

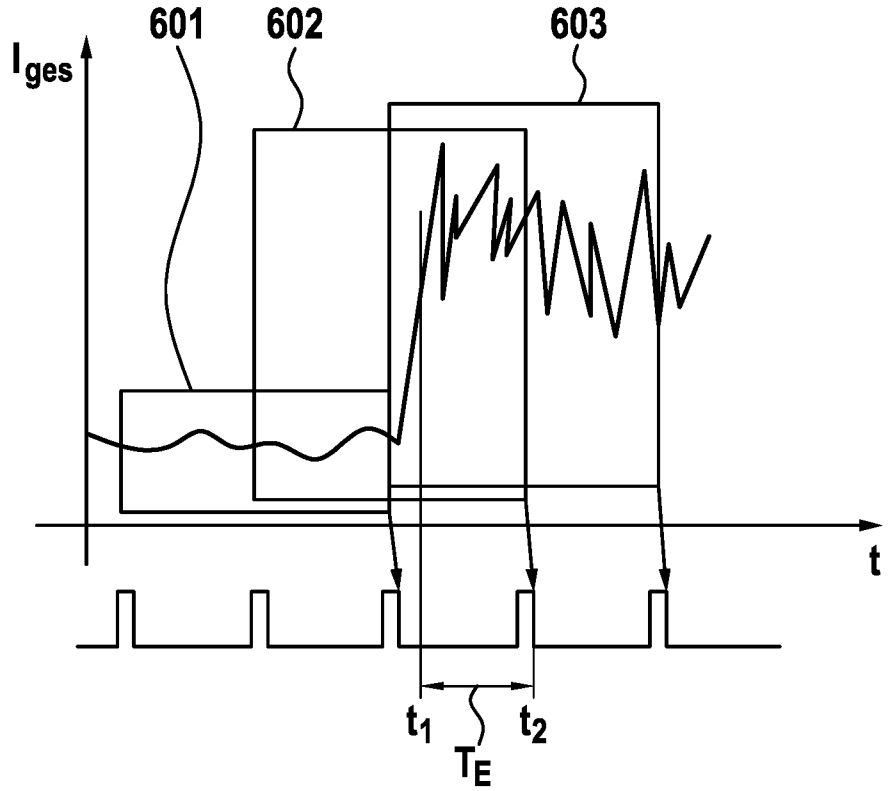

601
602
603
I_{ges}
t
t_1
t_2
T_E

Fig. 7

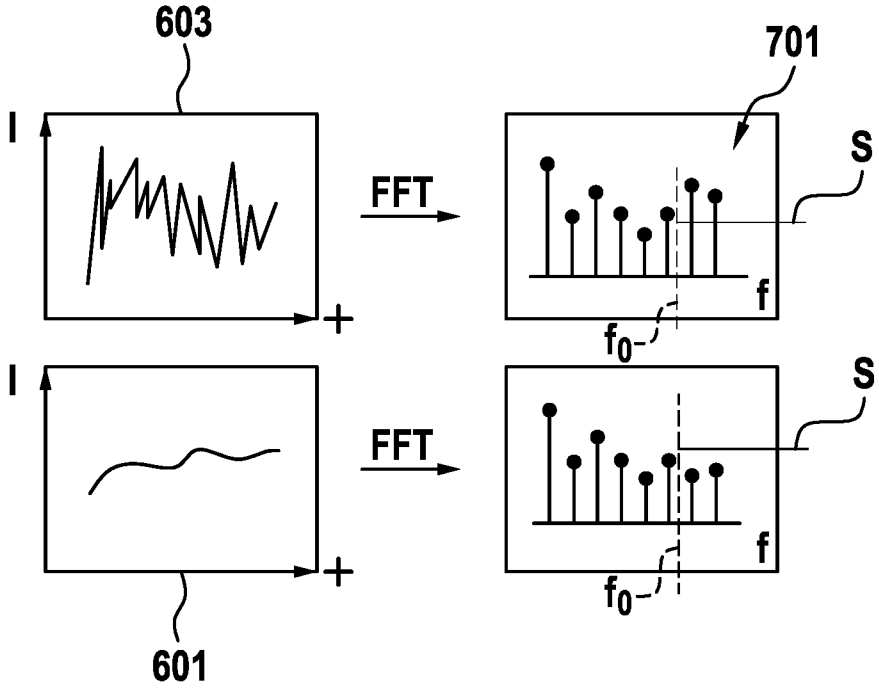

603
701
I
FFT
S
f
f_0
I
FFT
S
f
f_0
601

Fig. 8

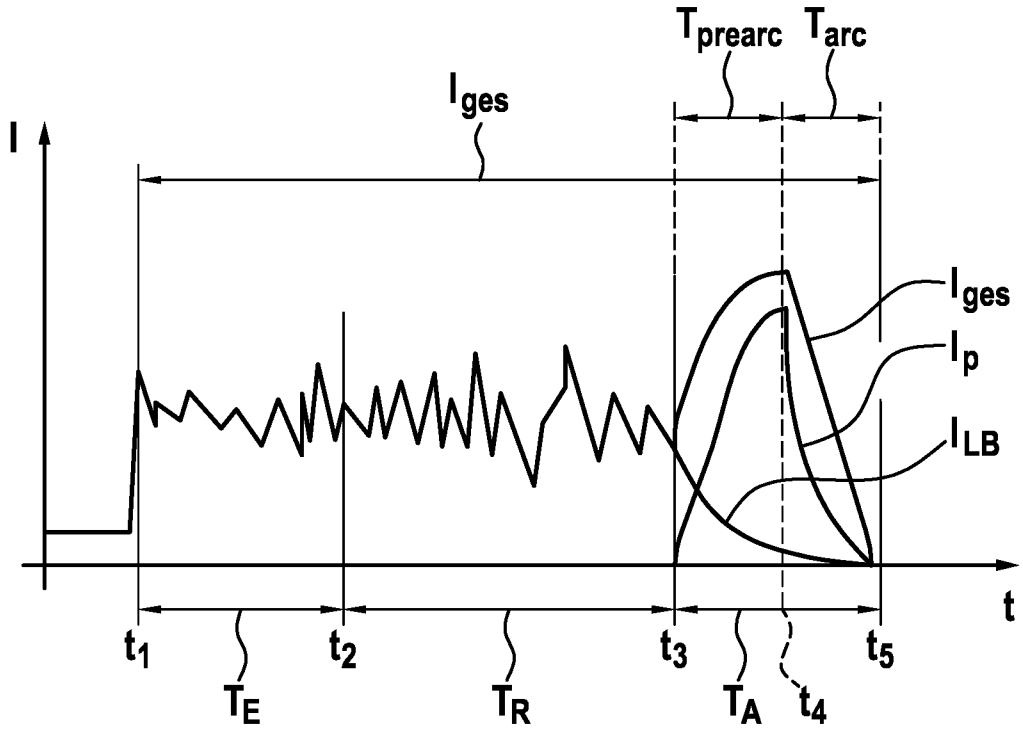

T_{prearc}
T_{arc}
I_{ges}
I
I_{ges}
I_p
I_{LB}
t
t_1
t_2
t_3
t_5
T_E
T_R
T_A
t_4

Fig. 9

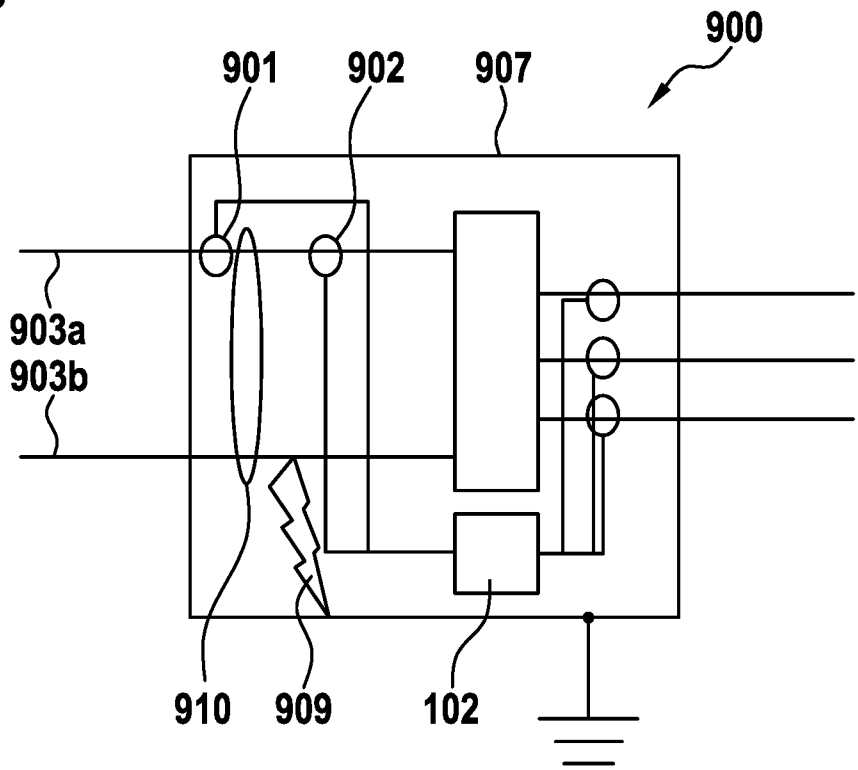
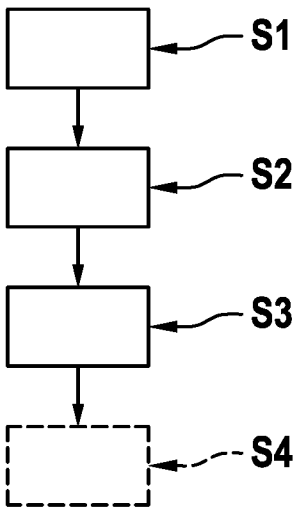


Fig. 10



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/080035

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H02H1/00 G01R31/02 H02H9/02
ADD.

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)
H02H 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 10 2012 218504 A1 (BENDER GMBH & CO KG [DE]; ELLENBERGER & POENSGEN [DE]) 17 April 2014 (2014-04-17) paragraphs [0003] - [0012], [0018], [0038]; figure 1	1-8,10, 11
X	US 6 625 550 B1 (SCOTT GARY W [US] ET AL) 23 September 2003 (2003-09-23)	1-4,10
A	columns 1-9; figure 1	5-8,11
X	US 2010/097733 A1 (E TOMIMBANG WENDELL [US]) 22 April 2010 (2010-04-22) paragraphs [0058], [0120] - [0129]; figure 1	1-4,10

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C.

[X] 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	Date of mailing of the international search report
9 March 2017	21/03/2017

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Trifonov, Antoniy

1

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/080035

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 963 406 A (NEIGER BENJAMIN B [US] ET AL) 5 October 1999 (1999-10-05)	1-4,10
A	column 2, lines 21-33 column 5, lines 23-37 column 8, line 57 - column 9, line 35; figure 7 -----	9

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2016/080035

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102012218504 A1	17-04-2014	CN 104782012 A	15-07-2015
		DE 102012218504 A1	17-04-2014
		EP 2907208 A2	19-08-2015
		US 2015309104 A1	29-10-2015
		WO 2014056707 A2	17-04-2014
US 6625550 B1	23-09-2003	CA 2303964 A1	09-10-2000
		DE 10017238 A1	02-11-2000
		FR 2792075 A1	13-10-2000
		GB 2348751 A	11-10-2000
		MX PA00003466 A	06-10-2003
		US 6625550 B1	23-09-2003
US 2010097733 A1	22-04-2010	NONE	
US 5963406 A	05-10-1999	CA 2256210 A1	19-06-1999
		US 5963406 A	05-10-1999
		US 6339525 B1	15-01-2002

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2016/080035

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H02H1/00 G01R31/02 H02H9/02
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
H02H 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 10 2012 218504 A1 (BENDER GMBH & CO KG [DE]; ELLENBERGER & POENSGEN [DE]) 17. April 2014 (2014-04-17) Absätze [0003] - [0012], [0018], [0038]; Abbildung 1	1-8,10, 11
X	US 6 625 550 B1 (SCOTT GARY W [US] ET AL) 23. September 2003 (2003-09-23)	1-4,10
A	Spalten 1-9; Abbildung 1	5-8,11
X	US 2010/097733 A1 (E TOMIMBANG WENDELL [US]) 22. April 2010 (2010-04-22) Absätze [0058], [0120] - [0129]; Abbildung 1	1-4,10

-/--

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] 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	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
9. März 2017	21/03/2017

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

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2016/080035

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 963 406 A (NEIGER BENJAMIN B [US] ET AL) 5. Oktober 1999 (1999-10-05)	1-4,10
A	Spalte 2, Zeilen 21-33 Spalte 5, Zeilen 23-37 Spalte 8, Zeile 57 - Spalte 9, Zeile 35; Abbildung 7 -----	9

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2016/080035

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102012218504 A1	17-04-2014	CN 104782012 A	15-07-2015
		DE 102012218504 A1	17-04-2014
		EP 2907208 A2	19-08-2015
		US 2015309104 A1	29-10-2015
		WO 2014056707 A2	17-04-2014
US 6625550 B1	23-09-2003	CA 2303964 A1	09-10-2000
		DE 10017238 A1	02-11-2000
		FR 2792075 A1	13-10-2000
		GB 2348751 A	11-10-2000
		MX PA00003466 A	06-10-2003
		US 6625550 B1	23-09-2003
US 2010097733 A1	22-04-2010	KEINE	
US 5963406 A	05-10-1999	CA 2256210 A1	19-06-1999
		US 5963406 A	05-10-1999
		US 6339525 B1	15-01-2002