



(10) **DE 10 2009 053 788 B4** 2013.01.31

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2009 053 788.0**  
 (22) Anmeldetag: **22.11.2009**  
 (43) Offenlegungstag: **01.06.2011**  
 (45) Veröffentlichungstag  
 der Patenterteilung: **31.01.2013**

(51) Int Cl.: **H01T 23/00** (2006.01)  
**A61L 9/22** (2006.01)  
**H05F 3/04** (2012.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:  
**Ludwig, Thomas, 79576, Weil am Rhein, DE**

(72) Erfinder:  
**gleich Patentinhaber**

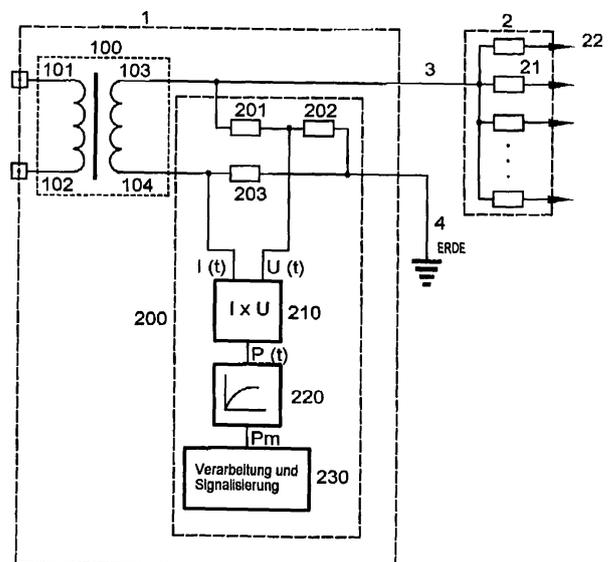
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
 gezogene Druckschriften:

**DE 197 11 342 C2**  
**DE 698 30 609 T2**  
**DE 699 31 072 T2**  
**US 6 259 591 B1**

**US 7 177 133 B2**  
**US 2007 / 0 279 829 A1**  
**US 2008 / 0 225 460 A1**  
**US 2008 / 0 232 021 A1**  
**US 5 017 876 A**  
**EP 0 844 726 A2**  
**EP 0 850 759 A1**  
**WO 2007/ 038 114 A1**

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur Überwachung von Hochspannungsisolatoren**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Überwachung von Entladevorrichtungen zum berührungslosen Abbau von elektrostatischen Ladungen auf isolierenden Materialien mit wenigstens einem Hochspannungsisolator, der wenigstens eine Elektrode enthält und dem ein Hochspannungserzeuger zugeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass das Produkt aus Strom zum Hochspannungsisolator und Spannung am Hochspannungsisolator ermittelt und daraus ein Signal zur Darstellung der Verschmutzung der wenigstens einen Elektrode des Hochspannungsisolators erzeugt wird.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Überwachung von Hochspannungsisolatoren zum berührungslosen Abbau von elektrostatischen Ladungen auf elektrisch isolierenden Materialien sowie ein Verfahren zu deren Betrieb.

**[0002]** Hochspannungsisolatoren sind bekannt und werden in vielen Produktionsprozessen eingesetzt, um störende elektrostatische Ladungen auf den zu verarbeitenden Materialien abzubauen. Hintergrund ist, dass solche Ladungen zu unerwünschten Effekten wie Staubanziehung, Aneinanderhaften der Materialien oder bei elektrostatisch empfindlichen Komponenten gar zu deren Zerstörung führen können. Diese unerwünschten Effekte sollen durch den Einsatz der Hochspannungsisolatoren verhindert oder wenigstens reduziert werden, was in vielen Fällen gelingt.

**[0003]** In DE 197 11 342 C2 und DE 698 30 609 T2 sind Beispiele solcher Isolatoren beschrieben.

**[0004]** Kernbestandteil von Hochspannungsisolatoren sind Elektroden, die mit Hochspannung beaufschlagt die Ionisierung der sie umgebenden Luft erreichen.

**[0005]** Es ist bekannt, dass die Wirksamkeit von Hochspannungsisolatoren stark nachlässt, wenn die Elektroden verschmutzen. Da die Isolatoren häufig in Staub- oder Farbnebelbelasteter Umgebung eingesetzt werden, ist die regelmäßige Reinigung unerlässlich.

**[0006]** Reinigungszeit verursacht Kosten, zumal während einer Reinigung in der Regel die Produktionsmaschine abgestellt werden muss. Daher besteht von Seiten der Maschinenbetreiber ein großes Interesse daran, eine Elektrodeneinigung nur dann durchzuführen, wenn sie auch wirklich erforderlich ist.

**[0007]** Die Hersteller von Hochspannungsisolatoren befassen sich schon lange mit der Aufgabe, Isolatoren mit einer automatischen Erkennung des Verschmutzungsgrades auszustatten, die im Idealfall dem Betreiber nicht nur eine notwendige Reinigung signalisiert, sondern bereits im Vorfeld auf eine demnächst anstehende Reinigung hinweist. Damit könnten notwendige Reinigungsarbeiten in betrieblich bedingte Maschinenstillstandszeiten gelegt und unnötige Arbeiten vermieden werden.

**[0008]** Den bisher angebotenen Lösungen gelingt dies nur unzureichend oder mit einem erheblichen Aufwand.

**[0009]** In dem Patent US 5,017,876 A wird beispielsweise das Überwachen des Ionenstroms ausgehend

von den Entladungselektroden eines Wechselstromionisierers durch die Verwendung eines oder mehrerer Sensoren aufgeführt, die benachbart zu den Entladungselektroden angeordnet sind. In einem Beispiel dieser Vorrichtung nimmt ein Sensor ein kapazitives Stromsignal auf, während ein zweiter Sensor das Gesamtsignal aufnimmt, welches die Summe der kapazitiven Ströme und Korona-Ionenströme darstellt. Die Ausgänge der Sensoren sind mit einer elektronischen Schaltung verbunden, beispielsweise einem Differenzverstärker, um den kapazitiven Strom von dem Gesamtstromsignal zu trennen. Das Problem dieses Ansatzes besteht darin, dass Sensoren zu der Ionisiererkonstruktion hinzugefügt werden müssen. Dadurch werden die Kosten und Herstellungskomplexität der Anlage erhöht.

**[0010]** Die Anmeldung EP 0 844 726 A2 beschreibt einen anderen Ansatz zum Detektieren der Kontamination der Entladungselektroden eines Wechselstromionisierers. In dieser Anwendung wird ein komplexer elektronischer Schaltkreis verwendet, um die Ausgangsspannung konstant zu halten und ein Signal zu überwachen und zu verarbeiten, welches den Ausgangsstrom eines Hochspannungs-Wechselstromtransformators wiedergibt. Trotz hohem Schaltungsaufwand gelingt die Aufgabe einer Verschmutzungsüberwachung nur unzureichend.

**[0011]** In einer weiteren Anmeldung EP 0 850 759 A1 wird ein System beschrieben, welches einen Ionisierstab und eine Schaltung zur Detektion der Kontamination auf Ionisierungselektroden umfasst.

**[0012]** Hierzu enthält der Ionisierstab neben den Ionisiererelektroden mehrere Kontaminierungsdetektionssensoren, die in dem Körper des Stabs eingebettet sind. Dadurch werden die Kosten und die Herstellungskomplexität der Anlage erhöht.

**[0013]** Die in DE 699 31 072 T2 vorgestellte Einrichtung vergleicht die Elektrodenströme benachbart angeordneter Elektroden für positive und negative Polarität und schließt daraus auf die Effizienz der Ionisierung. Von Nachteil ist der aufwendige Aufbau, da zwei getrennte Elektroden sowie eine aufwendig getrennte Hochspannungserzeugung benötigt werden.

**[0014]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist die Überwachung und zuverlässige Erkennung und Anzeige von Verschmutzungen auf Hochspannungsisolatoren, ohne dass zusätzliche Sensoren benötigt und ohne dass aufwendig geregelte oder gesteuerte Hochspannungserzeugungen erforderlich sind. Insbesondere soll die Überwachung mit einfachen und kostengünstigen Hochspannungsnetzgeräten, die im Wesentlichen aus einem Transformator zur Erzeugung einer 4–10 kV betragenden Hochspannung aus der Netzversorgung bestehen, arbeiten.

**[0015]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren gemäß dem Patentanspruch 1 sowie eine Vorrichtung gemäß dem Patentanspruch 6 gelöst.

**[0016]** Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen enthalten. Die Erfindung wird im Folgenden anhand von bevorzugten Ausführungsbeispielen beschrieben. Dabei wird auf die beigefügten Zeichnungen Bezug genommen.

**[0017]** **Fig. 1** zeigt eine erste bevorzugte Ausbildung der Erfindung. Ein Hochspannungsnetzgerät (1) enthält einen Hochspannungstransformator (100) und eine Überwachungsbaugruppe (200). Der Hochspannungstransformator (100) ist mit seiner Primärwindung (101, 102) an das Versorgungsnetz (nicht dargestellt) angeschlossen. Ein Ende der Sekundärwindung (103) ist über ein Hochspannungskabel (3) mit einem Hochspannungsisolator (2) verbunden, der einen oder mehrere Widerstände (21) zur Strombegrenzung enthält, an die wiederum eine oder mehrere Elektroden (22) angeschlossen sind.

**[0018]** Das andere Ende der Sekundärwicklung (104) ist über einen Widerstand (203) geerdet (4).

**[0019]** Die Sekundärspannung des Transformators (100) beträgt 4–10 kV. Durch die hohe Spannung entsteht in Elektrodennähe eine elektrische Feldstärke, die ausreicht, die umgebende Luft zu ionisieren. Die so erzeugten Ionen und freien Elektronen führen zu einer elektrostatischen Entladung von in Elektrodennähe befindlichen, elektrostatisch aufgeladenen Oberflächen.

**[0020]** Der Spannungsabfall an dem Widerstand (203) ist proportional zu dem von dem Transformator abgegebenen Strom  $I(t)$  und wird einem Multiplizierer (210) zugeführt. Die dem Ionisator (2) zugeführte Spannung  $U(t)$  wird über einen Spannungsteiler (201, 202) reduziert und ebenfalls dem Multiplizierer (210) zugeführt.

**[0021]** Der Multiplizierer bildet das Produkt aus Strom- und Spannungssignal und gewinnt so ein der abgegebenen Leistung proportionales Signal  $P(t)$ . Dieses Leistungssignal wird einem Tiefpass (220) zugeführt, der daraus ein der mittleren Leistung proportionales Signal  $P_m$  gewinnt.

**[0022]** Dieses Signal  $P_m$  hängt von der über den Ionisator abgegebenen Wirkleistung ab. Es hat sich gezeigt, dass dieses Signal ein sehr zuverlässiger Indikator für den Verschmutzungszustand eines Hochspannungsisolators ist.

**[0023]** Insbesondere werden die bei den bekannten Verfahren auftretenden Störungen durch kapazitive Blindströme vermieden.

**[0024]** Eine nachfolgende Verarbeitungs- und Signalisierungsbaugruppe (230) bereitet das Signal auf und stellt das Ergebnis in Form eines Leuchtbalkens, einer Digitalanzeige oder in einer anderen geeigneten Weise dar. Zusätzlich oder stattdessen kann die Weiterleitung der Information in analoger oder digitaler Weise an eine entfernt befindliche Signalisierung erfolgen.

**[0025]** Zur Anpassung an eine unterschiedliche Elektrodenanzahl verfügt die Baugruppe (230) über einen Speicher, der einen Referenzwert von  $P_m$  bei sauberen Elektroden abspeichert und diesen bei der Verarbeitung berücksichtigt.

**[0026]** **Fig. 2** zeigt eine weitere bevorzugte Ausbildung der Erfindung.

**[0027]** Zusätzlich zu dem anhand von **Fig. 1** Beschriebenen wird das Signal  $I(t)$  über einen Tiefpass (240) geführt, an dessen Ausgang ein dem mittleren Strom proportionales Signal  $I_m$  ansteht.  $I_m$  entspricht dem Strom, der von einem hier positiv geladen dargestellten Objekt (5) über den Ionisator (2) gegen Erde (4) geführt wird.

**[0028]** Da dieser Strom in die Wirkleistung des Ionisators eingeht, ohne dass ihm eine Verschmutzung zugrunde liegt, wird das Signal  $I_m$  der Verarbeitungs- und Signalisierungsbaugruppe (230) zugeführt und dort bei der Berechnung der Elektrodenverschmutzung berücksichtigt. Damit wird die Genauigkeit der Verschmutzungserkennung erhöht. Zusätzlich wird das Signal  $I_m$  genutzt, um Information über Polarität und Höhe der Objektaufladung auszugeben.

**[0029]** In der Anordnung nach **Fig. 3** wird der Verarbeitungs- und Signalisierungsbaugruppe (230) zusätzlich das über einen Gleichrichter (250) gleichgerichtete Spannungssignal  $U(t)$  zugeführt. Damit wird der Hochspannungstransformator überwacht und Information über Hochspannungsfehler generiert und ausgegeben.

**[0030]** Neben den gezeigten Ausführungsbeispielen sind auch Lösungen umfasst, bei denen die Multiplikation und die Filterung in einem Mikrocomputer erfolgt. Weiter kann die Überwachungsbaugruppe (200) auch außerhalb des Hochspannungsnetzgerätes (1) angeordnet sein.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Überwachung von Entladevorrichtungen zum berührungslosen Abbau von elektrostatischen Ladungen auf isolierenden Materialien mit wenigstens einem Hochspannungsisolator, der wenigstens eine Elektrode enthält und dem ein Hochspannungserzeuger zugeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Produkt aus Strom zum

Hochspannungsisolator und Spannung am Hochspannungsisolator ermittelt und daraus ein Signal zur Darstellung der Verschmutzung der wenigstens einen Elektrode des Hochspannungsisolators erzeugt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Produkt über einen Tiefpass gemittelt wird.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Erzeugung des Signals zur Darstellung der Verschmutzung der wenigstens einen Elektrode des Hochspannungsisolators ein bei sauberen Elektroden ermitteltes Referenzsignal berücksichtigt wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der mittlere Strom zum Hochspannungsisolator gemessen wird und der Messwert bei der Berechnung des Signals zur Darstellung der Verschmutzung der wenigstens einen Elektrode des Hochspannungsisolators berücksichtigt wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Höhe der Spannung am Hochspannungsisolator gemessen und mit einem voreingestellten Spannungsfenster verglichen wird und bei Über- oder Unterschreiten des Spannungsfensters eine Warnmeldung generiert wird.

6. Entladevorrichtung zum berührungslosen Abbau von elektrostatischen Ladungen auf isolierenden Materialien mit wenigstens einem Hochspannungsisolator, der wenigstens eine Elektrode enthält, mit einem Hochspannungstransformator mit einer Primär- und einer Sekundärwindung und mit einer Überwachungsbaugruppe, wobei die Überwachungsbaugruppe einen Widerstand, einen Multiplizierer, einen Spannungsteiler, einen Tiefpass und eine Verarbeitungs- und Signalisierungsbaugruppe aufweist, wobei ein Ende der Sekundärwindung des Hochspannungstransformators mit dem Hochspannungsisolator verbunden ist, wobei das andere Ende der Sekundärwindung des Hochspannungstransformators über den Widerstand geerdet ist, wobei der Spannungsabfall an dem Widerstand dem Multiplizierer zugeführt wird, wobei die am Hochspannungsisolator anliegende Spannung über den Spannungsteiler reduziert und ebenfalls dem Multiplizierer zugeführt wird, wobei das vom Multiplizierer gebildete Signal über den Tiefpass der Verarbeitungs- und Signalisierungsbaugruppe zugeführt wird, die daraus ein Signal zur Darstellung der Verschmutzung der wenigstens einen Elektrode des Hochspannungsisolators erzeugt.

7. Entladevorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass sie so ausgebildet ist, dass sie

das Signal zur Darstellung der Verschmutzung der wenigstens einen Elektrode des Hochspannungsisolators in Form von Leuchtbalken oder als Digitalanzeige darstellt.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass sie so ausgebildet ist, dass sie das Signal zur Darstellung der Verschmutzung der wenigstens einen Elektrode des Hochspannungsisolators über eine analoge oder digitale Schnittstelle ausgibt.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

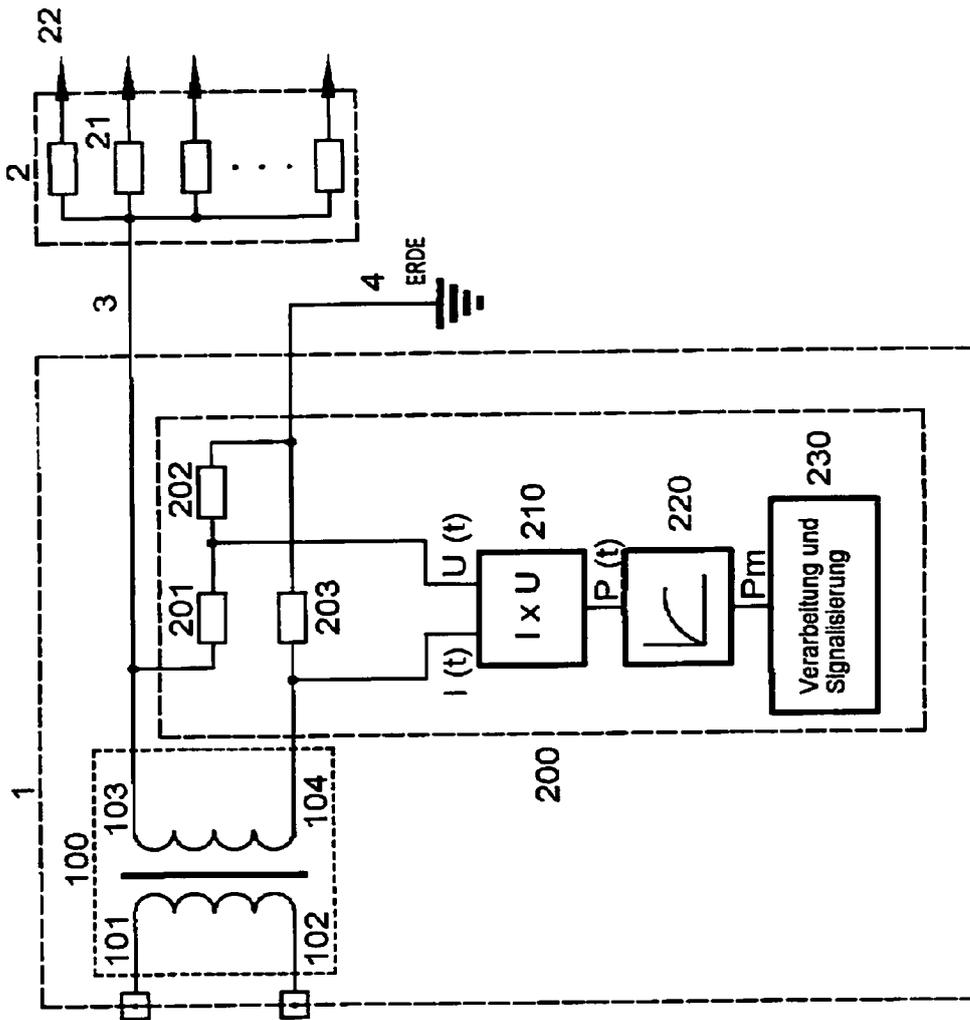


Fig. 1

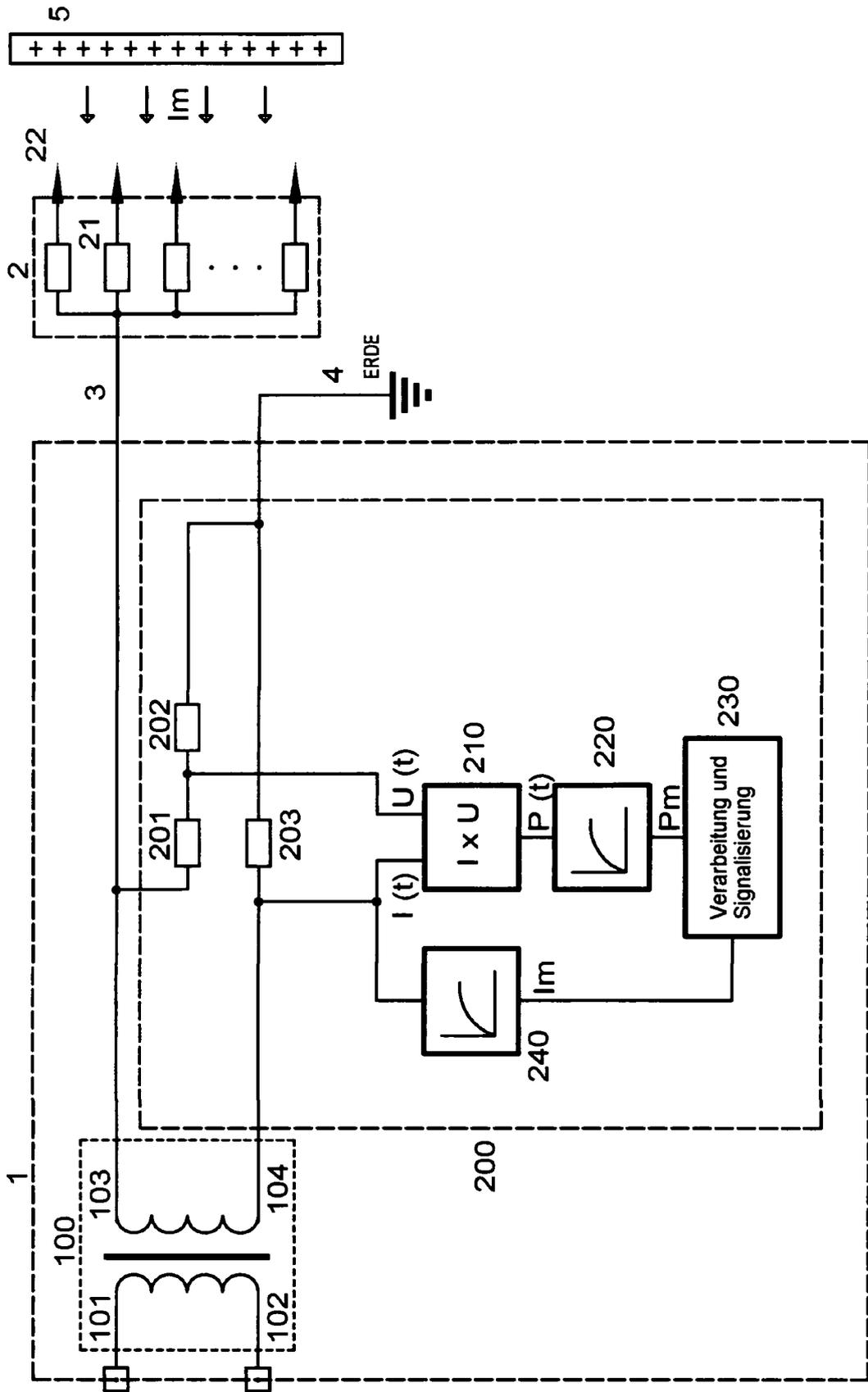


Fig. 2

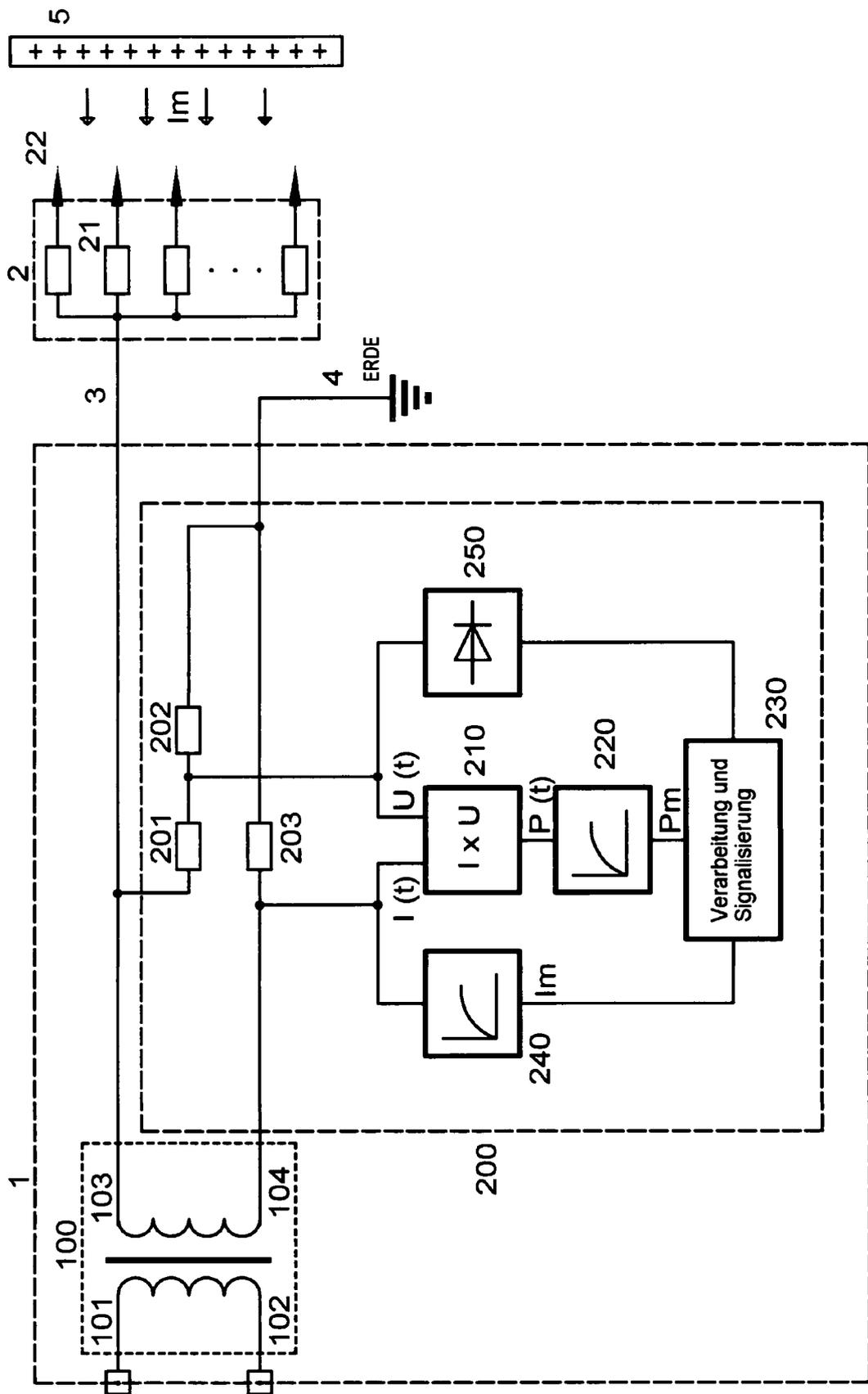


Fig. 3