



(10) **AT 514250 B1 2015-12-15**

(12) **Patentschrift**

(21) Anmeldenummer: A 50441/2014  
(22) Anmeldetag: 25.06.2014  
(45) Veröffentlicht am: 15.12.2015

(51) Int. Cl.: **H02P 29/00** (2006.01)  
**H02H 7/08** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:  
JP H01164225 A  
DE 1513079 A1  
EP 2184830 A1  
SU 1120439 A2

(73) Patentinhaber:  
AVL LIST GMBH  
8020 GRAZ (AT)

(72) Erfinder:  
Lang Alois  
8160 Mortantsch (AT)  
Greul Roland  
8020 Graz (AT)

(74) Vertreter:  
Patentanwälte Pinter & Weiss OG  
1040 Wien (AT)

(54) **Elektrische Antriebs- und/oder Belastungsmaschine**

(57) Zur Vermeidung von Spannungsüberschlägen zwischen den Wicklungen (U, V, W) einer elektrischen Antriebs- und oder Belastungsmaschine und den Thermosensoren (100, 200, 300) zur thermischen Überwachung derselben ist die Auswerteelektronik (1, 1', 1'') der Thermosensoren (100, 200, 300) potentialfrei aufgebaut und der Referenzpunkt (4) von Thermosensoren (100, 200, 300) und Auswerteelektronik (1, 1', 1'') floatend mit dem Potential der Wicklungen (U, V, W) elektrisch leitend verbunden.

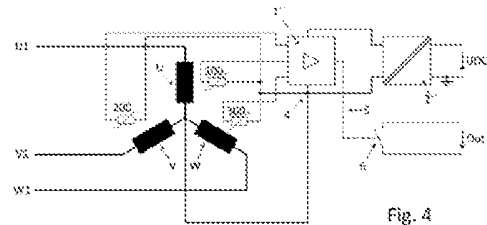


Fig. 4

## Beschreibung

### ELEKTRISCHE ANTRIEBS- UND/ODER BELASTUNGSMASCHINE

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine elektrische Antriebs- und/oder Belastungsmaschine, mit elektrischen Wicklungen in Rotor und/oder Stator, welche zumindest zu einem Teil Thermosensoren aufweisen, die an eine Auswerteelektronik zur thermischen Überwachung der Maschine angeschlossen sind.

**[0002]** Elektrische Maschinen der genannten Art werden in vielfältigsten Zusammenhängen für verschiedenste Aufgaben eingesetzt - speziell zumeist dann, wenn sie zumindest vorübergehend auch an ihren Leistungsgrenzen betrieben werden und zwar sowohl was die Maschinenleistung selbst als auch was die oft sehr hohen transienten Spannungsänderungen im hochdynamischen Betrieb derartiger Maschinen betrifft. Durch die Anordnung von Thermosensoren im thermischen Nahbereich der Wicklungen sowie die Überwachung der dort auftretenden Temperaturen können dann bedarfsweise die überwachten Maschinen abgeschaltet oder in ihrer Leistung gedrosselt werden, was eine dauerhafte Beschädigung beispielsweise der Isolation der Wicklungen bzw. der gesamten Maschine verhindert.

**[0003]** Bekannt sind Anordnungen der genannten Art beispielsweise aus DE 33 13 418 A, EP 2 184830 A1 oder DE 1174 426 A zur Temperaturüberwachung des Rotors einer elektrischen Maschine - davon abgesehen können aber natürlich auch die Statorwicklungen beispielsweise von permanentmagneterregten Elektromaschinen auf diese Weise überwacht werden. Auch ist es belanglos, ob die Elektromaschine nur als Antriebsmaschine einsetzbar ist oder auch im generatorischen Bremsbetrieb wie beispielsweise als Antriebs- oder Belastungsmaschine in Prüfständen für Brennkraftmaschinen, Getriebe, Antriebsstränge und ähnlichem. Die DE 1513079, SU 1120439 A und JP H01164225 zeigen Schutzschaltungen gegen zu hohe Temperaturen.

**[0004]** Speziell bei der Verwendung im hochdynamischen Betrieb, wie beispielsweise bei der Simulation der Kompressions- und Verbrennungsvorgänge in einer Brennkraftmaschine auf einem Prüfstand, können Probleme mit den naturgemäß möglichst nahe zu den zu überwachenden Wicklungen anzuordnenden Thermosensoren auftreten, da diese normalerweise an eine Auswerteelektronik angeschlossen sind, welche niederohmig an Erdpotential liegt. Die Phasenanschlüsse der elektrischen Maschine sind aber bedingt durch den Umrichter nicht mit Erde verbunden, also gegenüber Erdpotential floatend. Auch wenn die Phasenspannungen der Maschinenwicklungen zueinander (Phase zu Phase) beispielsweise nur Werte unter 1000V haben können, kann die Klemmenspannung der Maschine gegenüber Erdpotential aufgrund der floatenden Konstruktion des Umrichters doppelt so hohe Werte erreichen.

**[0005]** Aufgrund der damit hohen Spannungsdifferenz zwischen den Maschinenwicklungen und den über die Auswerteelektronik auf Erdpotential liegenden Thermosensoren kommt es auf Grund des geringeren Isolationsabstandes und der damit bedingten lokalen Feldstärkenerhöhung insbesondere bei sehr hohen transienten Spannungsänderungen, die bei den genannten Anwendungen zur hochdynamischen Simulation von Brennkraftmaschinen mehrere kV/ $\mu$ s betragen können, immer wieder zu Isolationsschäden an den Maschinenwicklungen und/oder an den Thermosensoren, welche sich als Spannungsdurchschläge auswirken. Diese Schäden können in weiterer Folge zur Zerstörung der Auswerteelektronik bzw. der Temperaturüberwachungseinrichtung und damit dann auch zu enormen Folgeschäden an der elektrischen Maschine insgesamt führen.

**[0006]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, bei Anordnungen der eingangs genannten Art auf einfache Weise das Auftreten der beschriebenen Schäden zu verhindern.

**[0007]** Diese Aufgabe wird gemäß der vorliegenden Erfindung dadurch gelöst, dass die Auswerteelektronik der Thermosensoren potentialfrei aufgebaut und der Referenzpunkt von Thermosensoren und Auswerteelektronik floatend an das Potential der Wicklungen gekoppelt ist. Die grundsätzliche Idee dahinter ist es, die schwer zu isolierenden Thermosensoren mittels

einer Potentialangleichung vor dem Überschlag von hohen Spannungen von den Maschinenwicklungen zu schützen. Die Thermosensoren und die dazugehörige Auswerteelektronik werden auf zumindest annähernd gleiches Potential gelegt wie die jeweils dazugehörige Maschinenwicklung, d.h. das Potential der Thermosensoren wird mit dem Potential der Maschinenwicklungen mitgeführt. Die Spannungsdifferenz zwischen den Maschinenwicklungen und den Thermosensoren kann dabei mit einfachen konstruktiven Mitteln und geringem Mehraufwand auf Werte von beispielsweise unter 500 V verringert werden, womit das Risiko eines Durchschlages deutlich herabgesetzt bzw. beseitigt ist. Ein wesentlicher Vorteil ist, dass hierzu kein Eingriff in die Wicklungen oder in die Thermosensoren gemacht werden muss und die Verkabelung des elektrischen Antriebs selbst nicht geändert werden muss.

**[0008]** In besonders bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass bei Sternschaltung der Wicklungen deren Sternpunkt mit dem Referenzpunkt der Thermosensoren und der Auswerteelektronik verbunden ist. Diese besonders einfache Ausführung setzt eine Sternschaltung der Wicklungen voraus.

**[0009]** Um auch ohne einen vorhandenen Sternpunkt einer Sternschaltung der Wicklungen die erfindungsgemäßen Vorteile erzielen zu können ist in einer anderen Ausgestaltung vorgesehen, dass mit zusätzlichen externen Widerständen ein künstlicher Sternpunkt der Wicklungen gebildet wird, der dann zumindest annähernd die halbe Zwischenkreisspannung des Umrichters der Wicklungen abbildet, und mit dem Referenzpunkt der Thermosensoren und der Auswerteelektronik verbunden ist.

**[0010]** Die erforderliche Potentialtrennung zwischen der damit hohen floatenden Spannung der Auswerteelektronik und dem Erdpotential kann damit auf vorteilhafte Weise auf das Netzteil zur Stromversorgung verschoben werden. In diesem Zusammenhang ist nach einer weiters bevorzugten Ausbildung der Erfindung vorgesehen, dass die Auswerteelektronik ein Netzteil aufweist, das spannungs- und impulsfest ausgeführt ist. Die Festigkeit des Netzteils ist hinsichtlich der auftretenden Maximalwerte von Spannung und Impuls zu dimensionieren. Maximalwerte der Spannung können beispielsweise die gegenüber Erdpotential floatende Spannungsdifferenz der Wicklungen annehmen, welche im Bereich von mehreren kV sein können.

**[0011]** Dieses Netzteil ist auf der Netzeingangsseite geerdet - die Ausgangsseite ist mit der Auswerteelektronik der Thermosensoren verbunden und darf daher nicht geerdet sein. Ein allfälliger Übertemperatur-Alarmausgang bzw. sonstiger Signalausgang der Auswerteelektronik für Steuerungs- und/oder Begrenzungseinheiten der Elektromaschine, muss dabei ebenfalls potentialfrei ausgekoppelt werden. Dies kann beispielsweise über ein Relais oder eine Spannungs- und  $dU/dt$ -feste Trennstrecke, z.B. optisch oder induktiv realisiert werden.

**[0012]** Grundsätzlich ist es von Vorteil, wenn die Auswerteelektronik und/oder das spannungs- und impulsfeste Netzteil räumlich getrennt von den Thermosensoren, vorzugsweise außerhalb der elektrischen Antriebs- und/oder Belastungsmaschine, angeordnet sind. Unter „räumlich getrennt“ wird hier außerhalb der Maschine verstanden, wobei die Maschine selbst durch ein Gehäuse begrenzt ist und außerhalb der Maschine beispielsweise in einem am Maschinenäußeren oder in einem davon abgesetzt angeordneten Schaltschrank ist. Sowohl die Auswerteelektronik als auch die Thermosensoren selbst müssen dabei weder der Art noch der Anordnung nach geändert werden, was auch die Nachrüstung bestehender elektrischer Maschinen kostengünstig ermöglicht.

**[0013]** Die Erfindung wird im Folgenden noch anhand der schematischen Zeichnungen näher erläutert. Fig. 1 zeigt dabei die Spannungsverhältnisse (Spannung in Volt (V) über der Zeit) zwischen den Maschinenwicklungen und den zugehörigen Thermosensoren im dynamischen Betrieb einer elektrischen Maschine, Fig. 2 zeigt ein schematisches Schaltbild einer entsprechenden Maschine nach dem bisherigen Stand der Technik und die Fig. 3 und 4 zeigen entsprechende Schaltbilder von beispielhaften elektrischen Maschinen nach der vorliegenden Erfindung.

**[0014]** Bei allen in den Fig. 2 bis 4 nur mit ihren schematischen Schaltbildern dargestellten

elektrischen Antriebs- und/oder Belastungsmaschinen weisen die elektrischen Wicklungen U, V, W (welche in Rotor und/oder Stator angeordnet sein können) Thermosensoren 100, 200, 300 auf, die jeweils an eine Auswerteelektronik 1, 1', 1" zur thermischen Überwachung der Maschine angeschlossen sind. Während die Auswerteelektronik 1 bei der Anordnung nach dem Stand der Technik gemäß Fig. 2 über ihr Netzteil 2 geerdet ist, womit auch die Thermosensoren 100, 200, 300 auf Erdpotential liegen, ist die Auswerteelektronik 1', 1" bei den Anordnungen nach der vorliegenden Erfindung gemäß Fig. 3 und 4 potentialfrei aufgebaut, vorzugsweise galvanisch getrennt und nicht mit Erdpotential verbunden. Auch die Thermosensoren 100, 200, 300 sind damit bei den Anordnungen gemäß Fig. 3 und 4 gegenüber Erdpotential floatend.

**[0015]** Bei der Anordnung nach Fig. 2 (Stand der Technik) ergibt sich damit beispielsweise die in Fig. 1 mit a bezeichnete hohe Spannungsdifferenz zwischen jeweils zwei Wicklungen (U-V, V-W, W-U,) von unter 1000V. Die mit b bezeichnete, gegenüber Erdpotential floatende Spannungsdifferenz der Wicklungen kann dabei aber mehr als doppelt so hohe Werte annehmen. Die maximale Spannungsdifferenz der Thermosensoren gegenüber Erdpotential (Band c) liegt aufgrund der Anbindung der Auswerteelektronik an den jeweils nachfolgenden Stufen typischerweise auf Kleinspannungsniveau.

**[0016]** Zur Folge der Schaltungssituation in Fig. 2 ergibt sich damit eine mögliche maximale Spannungsdifferenz zwischen den Wicklungen U, V, W und den Thermosensoren 100, 200, 300 von d (also von b plus der halben Schwankungsbreite von Band c) was mehr als die doppelte Phasenspannung ausmachen kann. Bei derartigen Spannungsdifferenzen kann es speziell bei extrem schnellen Spannungsänderungen bereits zu Spannungsüberschlägen zwischen den Wicklungen und den Thermosensoren kommen, die in weiterer Folge zu einer Beschädigung oder Zerstörung der Thermosensoren und/oder Wicklungen und damit der gesamten Maschine führen können.

**[0017]** Demgegenüber liegt bei den erfindungsgemäßen Ausführungen nach Fig. 3 und 4 die Auswerteelektronik 1', 1" nicht auf Erdpotential, sondern auf einem den Wicklungen U, V, W nachgeführten Potential. Gemäß Fig. 3 wird dazu beispielsweise über externe Widerstände 3 ein künstlicher Sternpunkt der Wicklungen U, V, W gebildet, der zumindest annähernd die halbe Zwischenkreisspannung des hier nicht dargestellten Umrichters der Wicklungen abbildet und mit dem Referenzpunkt 4 der Thermosensoren 100, 200, 300 und der Auswerteelektronik 1' verbunden ist (Fig. 3). Dazu wird beispielsweise vor jeder Wicklung U, V, W beispielsweise je ein Widerstand ausgeführt und so miteinander verschaltet, dass ein künstlicher Sternpunkt gebildet wird.

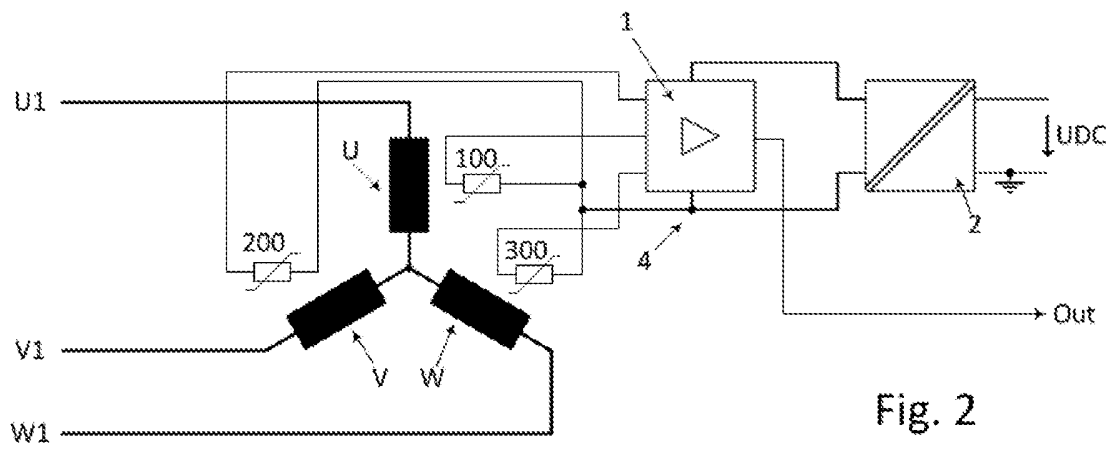
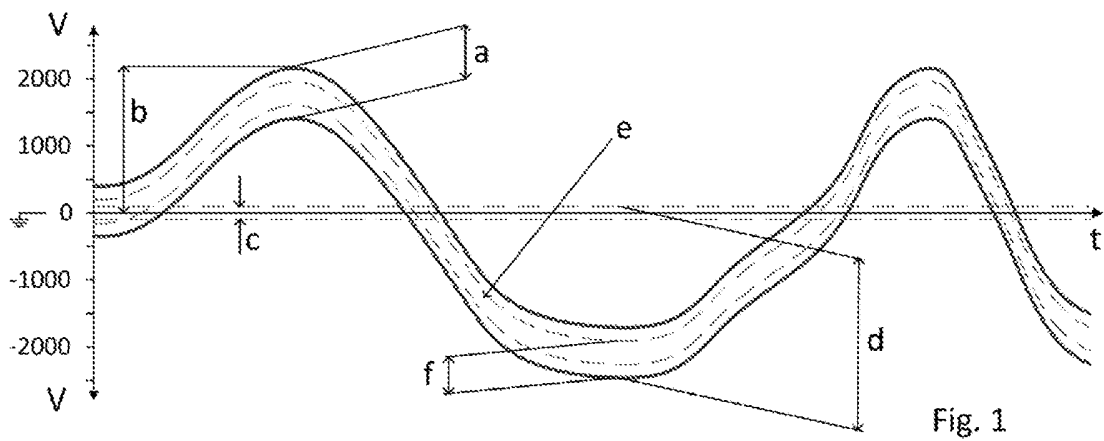
**[0018]** In einer Variante gemäß Fig. 4 ist in der auf eine Sternschaltung der Wicklungen U, V, W begrenzten vereinfachten Ausführung der Sternpunkt der Wicklungen unmittelbar mit dem Referenzpunkt 4 der Thermosensoren 100, 200, 300 und der Auswerteelektronik 1" verbunden. In beiden Fällen kann damit ein spannungs- und impulsfestes Netzteil 2', 2" der Auswerteelektronik 1', 1" der Thermosensoren 100, 200, 300 räumlich getrennt in beispielsweise einem hier nicht weiter dargestellten Schaltschrank der Maschine angeordnet sein, welches auf der Netzeingangsseite normal geerdet ist, aber auf der Ausgangsseite nicht geerdet werden darf. Diese Ausführungsbeispiele sind natürlich nicht einschränkend zu sehen - grundsätzlich sind Netzteil 2', 2" und/oder Auswerteelektronik 1', 1" räumlich getrennt von den Thermosensoren, beispielsweise außerhalb der elektrischen Antriebs- und/oder Belastungsmaschine, anzuordnen. Der in Fig. 3 und 4 dargestellte Übertemperatur- Alarmausgang 5 der Auswerteelektronik 1', 1" muss ebenfalls potentialfrei beispielsweise über ein Relais 6 ausgekoppelt werden.

**[0019]** Aus Fig. 1 ist ersichtlich, dass damit bei den erfindungsgemäßen Anordnungen nach Fig. 3 und Fig. 4 das Potential der Thermosensoren 100, 200, 300 in einer Bandbreite e schwankend mit dem Potential der Wicklungen gekoppelt ist. Vorzugsweise sind die Thermosensoren über die Auswerteelektronik wie dargestellt elektrisch leitend mit den Wicklungen verbunden. Die maximale Potentialdifferenz ist mit f bezeichnet und ersichtlich auf eine Größe beschränkt, bei der Spannungsdurchschläge vermieden bzw. üblicherweise ausgeschlossen sind.

## Patentansprüche

1. Elektrische Antriebs- und/oder Belastungsmaschine, mit elektrischen Wicklungen (U, V, W) im Rotor und/oder Stator, welche zumindest zu einem Teil Thermosensoren (100, 200, 300) aufweisen, die an eine Auswerteelektronik (1, 1', 1'') zur thermischen Überwachung der Maschine angeschlossen sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Auswerteelektronik (1, 1', 1'') der Thermosensoren (100, 200, 300) potentialfrei aufgebaut und der Referenzpunkt (4) von Thermosensoren (100, 200, 300) und Auswerteelektronik (1, 1', 1'') floatend mit dem Potential der Wicklungen (U, V, W) gekoppelt ist.
2. Maschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei Sternschaltung der Wicklungen (U, V, W) deren Sternpunkt mit dem Referenzpunkt (4) der Thermosensoren (100, 200, 300) und der Auswerteelektronik (1, 1', 1'') verbunden ist.
3. Maschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass mit zusätzlichen externen Widerständen (3) ein künstlicher Sternpunkt der Wicklungen (U, V, W) gebildet wird, der zumindest annähernd die halbe Zwischenkreisspannung eines Umrichters der Wicklungen (U, V, W) abbildet und mit dem Referenzpunkt (4) der Thermosensoren (100, 200, 300) und der Auswerteelektronik (1, 1', 1'') verbunden ist.
4. Maschine nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Auswerteelektronik (1, 1', 1'') ein Netzteil (2', 2'') aufweist, das spannungs- und impulsfest ausgeführt ist.
5. Maschine nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Auswerteelektronik (1, 1', 1'') und/oder das spannungs- und impulsfeste Netzteil (2', 2'') räumlich getrennt von den Thermosensoren (100, 200, 300), vorzugsweise außerhalb der Maschine angeordnet sind.

**Hierzu 2 Blatt Zeichnungen**



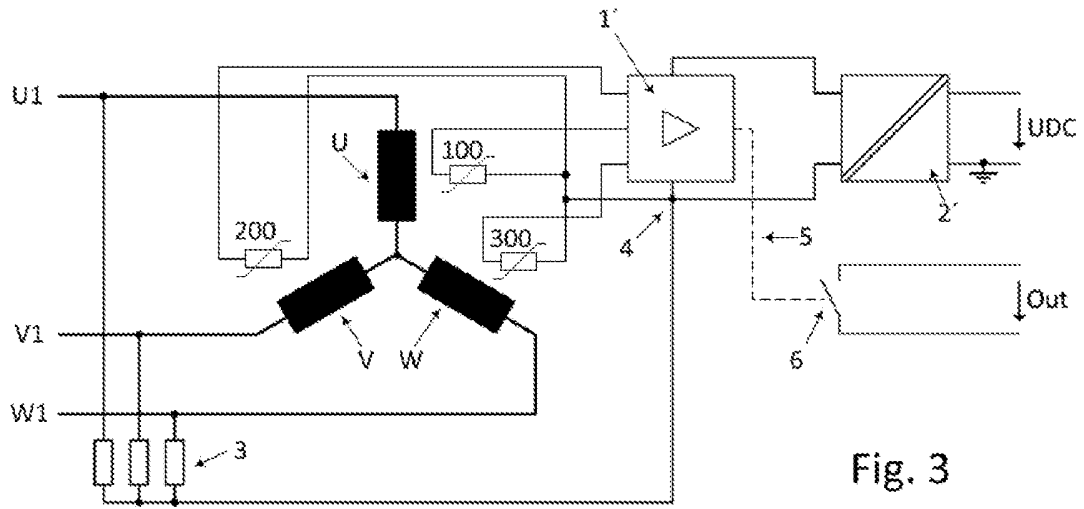


Fig. 3

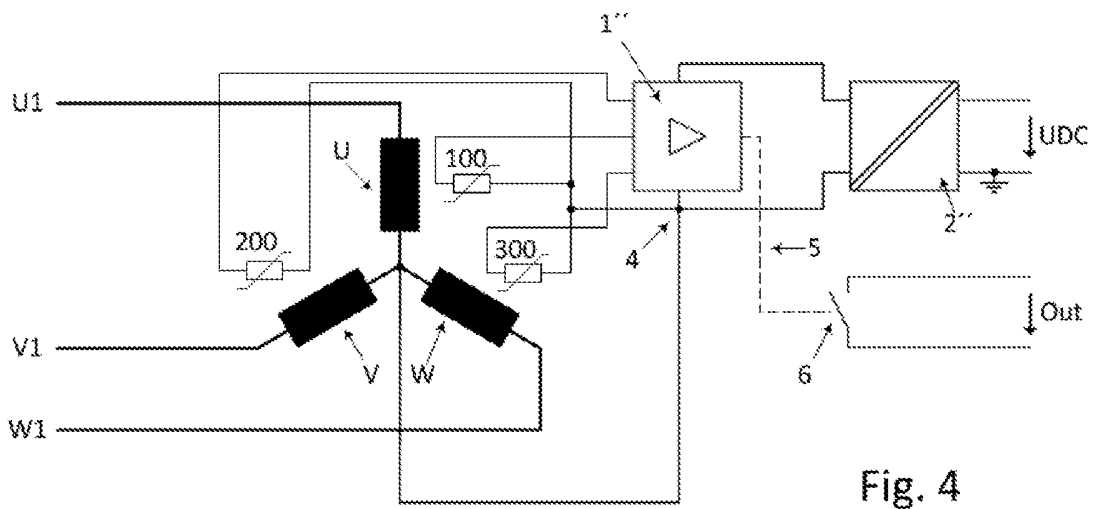


Fig. 4