

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: **A 483/2007**

(51) Int. Cl.⁸: **G01R 19/175** (2006.01)

(22) Anmeldetag: **28.03.2007**

(43) Veröffentlicht am: **15.08.2008**

(73) Patentinhaber:

SIEMENS AG ÖSTERREICH
A-1210 WIEN (AT)

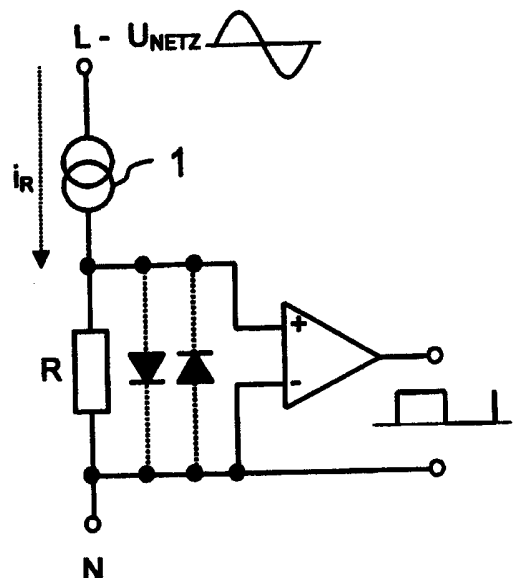
(72) Erfinder:

HALLAK JALAL
WIEN (AT)

(54) **SCHALTUNGSANORDNUNG ZUR ERKENNUNG VON NETZNULLDURCHGÄNGEN**

(57) Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zur Erkennung von Netznulldurchgängen einer Netzspannung (U_{NETZ}) eines Wechselspannungsnetzes, wobei ein durch die Netzspannung (U_{NETZ}) hervorgerufener Messstrom (i , i_R , i_F , i_{FP} , i_{FN}) einem Nulldurchgangsdetektor (31, 32) zur Bildung eines Netznulldurchgangsignals zugeführt ist und wobei zwischen Leiter (L) und Nulleiter (N) des Wechselspannungsnetzes eine Stromsenke (1, 1a, 1b, 11, 12) angeordnet ist, mittels welcher der Verlauf des Stromwertes des durch die Netzspannung hervorgerufenen Messstromes (i , i_R , i_F , i_{FP} , i_{FN}) festgelegt ist.

Damit ist es möglich, auch bei Störungen Netznulldurchgänge sicher zu erkennen und die Verlustleistung gering zu halten.

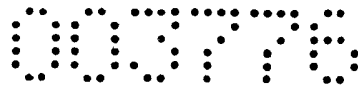


Zusammenfassung

Schaltungsanordnung zur Erkennung von Netz nulldurchgängen

- 5 Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zur Erkennung von Netz nulldurchgängen einer Netzspannung (U_{NETZ}) eines Wechselspannungsnetzes, wobei ein durch die Netzspannung (U_{NETZ}) hervorgerufener Messstrom (i , i_R , i_F , i_{FP} , i_{FN}) einem Nulldurchgangsdetektor (31, 32) zur Bildung eines
- 10 Netz nulldurchgangsignals zugeführt ist und wobei zwischen Leiter (L) und Nullleiter (N) des Wechselspannungsnetzes eine Stromsenke (1, 1a, 1b, 11, 12) angeordnet ist, mittels welcher der Verlauf des Stromwertes des durch die Netzspannung hervorgerufenen Messstromes (i , i_R , i_F , i_{FP} , i_{FN})
- 15 festgelegt ist.
- Damit ist es möglich, auch bei Störungen Netz nulldurchgänge sicher zu erkennen und die Verlustleistung gering zu halten.

20 Fig. 3



Schaltungsanordnung zur Erkennung von Netz nulldurchgängen

Beschreibung

- 5 Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zur Erkennung von Netz nulldurchgängen einer Netzspannung eines Wechselspannungsnetzes, wobei ein durch die Netzspannung hervorgerufener Messstrom einem Nulldurchgangsdetektor zur Bildung eines Netz nulldurchgangsignals zugeführt ist.
- 10 Schaltungsanordnungen zur Erkennung von Netz nulldurchgängen einer Netzspannung eines Wechselspannungsnetzes werden überall dort eingesetzt, wo ein zur Wechselspannung synchrones Signal benötigt wird.
- 15 Ein Einsatzgebiet ist die phasenrichtige Ansteuerung von Leistungsteilen eines Umrichters oder Wechselrichters in Abhängigkeit von den Netz nulldurchgängen der Netzspannung.
- 20 Dabei dient ein Umrichter bzw. Wechselrichter beispielsweise der Bereitstellung elektrischer Energie in Form eines Wechselstromes, welcher zur Einspeisung in ein Wechselspannungsnetz geeignet ist. Ein Anwendungsgebiet hierfür ist die Anbindung alternativer Stromquellen an ein
- 25 zumeist öffentliches Wechselspannungsnetz. Derartige Stromquellen können Solarpaneele, Brennstoffzellen, Windkraftgeneratoren oder sonstige Stromquellen wie Akkumulatoren sein.
- 30 Nach dem Stand der Technik ist eine Vielzahl von Wechselrichterschaltungen mit unterschiedlichen Anwendungsmöglichkeiten bekannt. Verwendet werden dabei verschiedene Grundtypen elektrischer Wandler wie z.B. Hochsetzsteller, Tiefsetzsteller oder Hochtiefssetzsteller zur
- 35 Erzeugung eines halbwellenförmigen Stromes, kombiniert mit Voll- oder Halbbrücken zur Invertierung jeder zweiten



Halbwelle mit dem Resultat eines ein- oder mehrphasigen Wechselstroms.

5 Insbesondere in Photovoltaikanlagen sind verschiedene Auflagen der Netzbetreiber und der Behörden zu erfüllen, beispielsweise die Einspeisung eines sinusförmigen Stromes. Die Sinusform wird dabei in der Regel aus der Netzspannung abgeleitet.

10 Ein wesentliches Kriterium für eine netzsynchrone Einspeisung ist die genaue Erkennung der Nulldurchgänge zur phasenrichtigen Ansteuerung der Leistungsteile. Die Nulldurchgänge in der Netzspannung definieren für die Wechselrichtersteuerung die Zeitpunkte zur Umschaltung von
15 einer positiven zur negativen Halbwelle und vice versa.

Die phasenrichtige Ansteuerung der Leistungsteile eines Wechselrichters ist aber auch für die Gerätesicherheit wesentlich. Ein fehlerhaftes Umschalten von einer positiven
20 zur negativen Halbwelle bzw. umgekehrt führt ohne entsprechende Absicherungsmaßnahmen zu einem Netzkurzschluss im Leistungsteil des Wechselrichters, welcher die Beschädigung bzw. Zerstörung der Leistungskomponenten zur Folge haben kann.

25 Eine bekannte Schaltungsanordnung zur Erkennung von Nulldurchgängen besteht aus einem Spannungsteiler und einem Komparator oder Operationsverstärker (vgl. Fig. 1 und 2). Dabei liegt am Ausgang des Komparators bzw.
30 Operationsverstärkers ein Rechtecksignal an, wobei beispielsweise dessen Low-Wert eine negative Halbwelle und dessen High-Wert eine positive Halbwelle der Netzspannung anzeigt. Der Signalwert ändert sich also mit jedem Nulldurchgang der Netzspannung. Die Widerstände des
35 Spannungsteilers sind dabei hochohmig um die Verlustleistung gering zu halten.

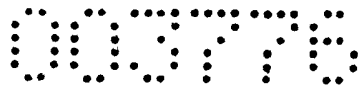


Derartige Schaltungen sind aufgrund der hochohmigen Eingänge des Komparators bzw. Operationsverstärkers anfällig für Fehlerfassungen der Netz nulldurchgänge. Auslöser für solche Fehlerfassungen können elektromagnetische Störungen oder Störungen im Netz sein. Dabei kann es vorkommen, dass am Eingang des Komparators bzw. Operationsverstärkers ein Stromwert anliegt, dessen Vorzeichen nicht der momentanen Sollphasenlage der Netzspannung entspricht, wodurch ein falscher Netz nulldurchgang registriert wird.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Schaltungsanordnung der eingangs genannten Art anzugeben, welche eine störungssichere Erfassung der Netz nulldurchgänge ermöglicht.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch eine Schaltungsanordnung zur Erkennung von Netz nulldurchgängen einer Netzspannung eines Wechselspannungsnetzes, wobei ein durch die Netzspannung hervorgerufener Messstrom einem Nulldurchgangsdetektor zur Bildung eines Netz nulldurchgangsignals zugeführt ist und wobei zwischen Leiter und Nulleiter des Wechselspannungsnetzes eine Stromsenke angeordnet ist, mittels welcher der Verlauf des Stromwertes des durch die Netzspannung hervorgerufenen Messstromes festgelegt ist.

Der Einsatz der Stromsenke stellt sicher, dass der Betrag des Messstromwertes auch bei niedrigen Netzspannungswerten im Bereich der Nulldurchgänge groß genug ist, um bei auf den Messstrom einwirkenden Störungen das phasenrichtige Vorzeichen des Messstromes beizubehalten. Bewirkt beispielsweise während einer positiven Netzhalbwelle eine elektromagnetische Störung am Eingang des Nulldurchgangsdetektors eine Absenkung des Messstromwertes, bleibt dieser trotzdem positiv und es kommt nicht zu einer fehlerhaften Erkennung eines Nulldurchganges.



Die erfindungsgemäße Anordnung stellt also im kritischen Bereich nahe den Netz nulldurchgängen der Netzspannung einen ausreichend hohen Messstrom bereit um die Nulldurchgänge unbeeinflusst von einwirkenden Störungen sicher zu erkennen.

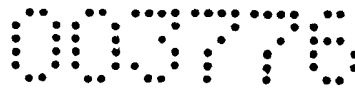
5 Andererseits wird aber auch durch eine entsprechende Begrenzung des Messstromes im Bereich der Scheitelpunkte der Netzspannung die Verlustleistung niedrig gehalten.

10 In einer vorteilhaften Ausprägung der Erfindung ist die Stromsenke als variable Stromsenke ausgebildet, um die Verlustleistung durch einen variablen Verlauf des Messstromes zu optimieren.

15 Dabei ist es zum Beispiel vorteilhaft, wenn der durch die variable Stromsenke bewirkte Verlauf des Stromwertes indirekt proportional zum Verlauf der Netzspannung ist. Das Signal zur Steuerung der Stromsenke und damit zur Festlegung des Verlaufes des Messstromwertes kann dann direkt vom Verlauf der Netzspannung abgeleitet werden.

20 Um im Bereich der Netz nulldurchgänge einen besonders ausgeprägten Anstieg des Messstromes bereitzustellen ist es günstig, einen entsprechend hohen Proportionalfaktor einzustellen und dabei den Verlauf des Messstromwertes für
25 hohe Netzspannungswerte mit einem Mindestwert zu begrenzen.

In einer vorteilhaften Schaltungsanordnung ist die Stromsenke in Reihe mit einem Widerstand angeordnet und parallel zu dem Widerstand ist ein als Komparator oder Operationsverstärker
30 ausgebildeter Nulldurchgangsdetektor angeordnet. Diese Anordnung ist mit einfachen Bauteilen realisierbar und liefert am Ausgang des Nulldurchgangsdetektors ein Rechtecksignal, dessen High-Wert eine positive Halbwelle der Netzspannung und dessen Low-Wert eine negative Halbwelle der
35 Netzspannung anzeigt.



Dabei ist es günstig, wenn der Ausgang des Komparators bzw. des Operationsverstärkers mit einem Element zur galvanischen Trennung, z.B. einem Optokoppler verbunden ist.

- 5 In einer anderen Schaltungsanordnung ist die Stromsenke in Reihe mit einem Element zur galvanischen Trennung, z.B. einem Optokoppler angeordnet. Bei dieser Anordnung liegt am Ausgang des Optokopplers ein invertiertes Rechtecksignal an. Der Low-Wert zeigt demnach eine positive Halbwelle und der High-Wert
10 eine negative Halbwelle der Netzspannung an. Diese Anordnung liefert mit wenigen Bauteilen ein galvanisch getrenntes Netz nulldurchgangssignal.

Die Stromsenke selbst ist als unidirektionale oder als
15 bidirektionale Stromsenke ausgebildet, je nach dem, welches Nulldurchgangssignal erwünscht ist. In einer Schaltung mit unidirektionaler Stromsenke bleibt der Messstrom solange ungleich Null, solange die Netzspannung größer als Null ist bzw. für die Ausführungsform mit in Reihe zur Stromsenke
20 angeordnetem Optokoppler die Netzspannung größer als die Durchlassspannung der Optokopplerdiode ist.

Des Weiteren betrifft die Erfindung einen Wechselrichter, dessen Leistungsteil in Abhängigkeit von den
25 Netz nulldurchgängen einer Netzspannung eines Wechselspannungsnetzes angesteuert ist. Dabei ist ein Wechselrichter zur Einspeisung elektrischer Energie in ein Wechselspannungsnetz vorgesehen, bei welchem die Nulldurchgänge der Netzspannung mittels einer
30 erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung erfasst sind.

Vor allem bei Wechselrichtern zur Anschaltung von alternativen Stromquellen an ein Wechselstromnetz ist es wichtig, einen hohen Wirkungsgrad zu erzielen, um die
35 Wirtschaftlichkeit alternativer Stromerzeugung sicherzustellen. Deshalb werden in Leistungsteilen derartigen Wechselrichter besonders verlustarme Bauteile eingesetzt.

Solche Bauteile sind sehr sensibel gegenüber fehlerhaften Phasenumschaltungen und daraus resultierenden Netzkurzschlüssen. Es ist deshalb wichtig, dass die Netz nulldurchgänge sicher erkannt werden.

5

Die Erfindung wird nachfolgend in beispielhafter Weise unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren erläutert. Es zeigen in schematischer Darstellung:

- 10 Fig. 1 Schaltungsanordnung mit Spannungsteiler und Komparator (Stand der Technik)
- Fig. 2 Schaltungsanordnung gemäß Fig. 1 erweitert um einen Optokoppler (Stand der Technik)
- Fig. 3 Ausführungsbeispiel für eine erfindungsgemäße
15 Schaltungsanordnung mit Komparator
- Fig. 4 Ausführungsbeispiel für eine erfindungsgemäße Schaltungsanordnung mit Optokoppler
- Fig. 5 Ausführungsbeispiel für eine erfindungsgemäße
20 Schaltungsanordnung mit zwei Stromsenken und zwei Optokopplern
- Fig. 6 Ansteuerung einer spannungs- oder stromgesteuerten unidirektionalen Stromsenke
- Fig. 7 Signalverläufe bei Verwendung einer unidirektionalen Stromsenke
- 25 Fig. 8 Ansteuerung einer spannungs- oder stromgesteuerten bidirektionalen Stromsenke
- Fig. 9 Signalverläufe bei Verwendung einer bidirektionalen Stromsenke
- 30 Figur 1 zeigt eine einfache Schaltungsanordnung zur Erkennung von Netz nulldurchgängen nach dem Stand der Technik. Dabei bilden zwei Widerstände R1 und R2 einen Spannungsteiler zwischen Leiter L und Nulleiter N eines Wechselspannungsnetzes. Ausgehend vom Leiter L wird die



Netzspannung U_{NETZ} über den ersten Widerstand R_1 und den zweiten Widerstand R_2 abgebaut, wobei ein Messstrom i durch die Widerstände R_1 , R_2 fließt. Parallel zum zweiten Widerstand R_2 ist ein Komparator oder Operationsverstärker als Nulldurchgangsdetektor geschaltet, an dessen Ausgang das Nulldurchgangssignal als Rechtecksignal anliegt. Der High-Wert entspricht einer positiven Halbwelle der Netzspannung U_{NETZ} und der Low-Wert einer negativen Halbwelle der Netzspannung U_{NETZ} . Die Eingänge des Komparators bzw. Operationsverstärkers können mit Schutzdioden geschützt sein.

Um die sich ergebende Verlustleistung gering zu halten, sind die beiden Widerstände R_1 , R_2 in der Regel hochohmig ausgebildet (z.B. $200\text{k}\Omega$ bis $300\text{k}\Omega$ für den ersten Widerstand R_1 und $2\text{k}\Omega$ bis $5\text{k}\Omega$ für den zweiten Widerstand R_2). Bei einem 230V Wechselspannungsnetz ergibt sich daraus eine maximale Gesamtverlustleistung von $0,26\text{W}$ (ohne Berücksichtigung der Schutzdioden).

Für den Messstrom i ergibt sich damit im Scheitelwert der Netzspannung U_{NETZ} ein Wert von $1,61\text{mA}$ (ohne Berücksichtigung der Schutzdioden) und im Nulldurchgangsbereich bei einer Netzspannung U_{NETZ} von 1V ein Wert von $5\mu\text{A}$ (ohne Berücksichtigung der Schutzdioden).

In Figur 2 ist wiederum eine Schaltung nach dem Stand der Technik mit einem Spannungsteiler und einem Komparator bzw. Operationsverstärker dargestellt, wobei der Ausgang des Komparators bzw. Operationsverstärkers mit einem Optokoppler OPTO zur galvanischen Trennung vorgesehen ist. Da der Optokoppler OPTO eine Invertierung des Signals bewirkt, sind die Eingänge des Komparators bzw. Operationsverstärkers vertauscht, sodass als Nulldurchgangssignal am Ausgang des Optokopplers OPTO das gleiche Signal wie am Ausgang des Komparators bzw. Operationsverstärkers in Figur 1 anliegt.

Die in Figur 1 und 2 dargestellten Schaltungen nach dem Stand der Technik sind sehr empfindlich gegenüber Störungen, wenn sich die Netzspannung U_{NETZ} einem Nulldurchgang nähert und damit der Messstrom i im Spannungsteiler sehr klein wird. Es
5 genügen dann z.B. geringe elektromagnetische Störungen, die auf die hochohmigen Eingangsverbindungen des Komparators bzw. Operationsverstärkers einstrahlen um eine fehlerhafte Auswertung des Komparators bzw. Operationsverstärkers herbeizuführen. Ebenso können geringfügige Störungen im Netz
10 selbst zu einem Fehler bei der Nulldurchgangserkennung führen, da aufgrund des geringen Messstromes i bereits Störungen geringer Leistung zu einem Vorzeichenwechsel am Eingang des Komparators bzw. Operationsverstärkers führen können.

15

Eine erfindungsgemäße Schaltungsanordnung, dargestellt in Figur 3, weist diese Nachteile nicht auf. Diese Schaltungsanordnung unterscheidet sich von der in Figur 1 dargestellten dadurch, dass anstelle des ersten Widerstands
20 R_1 eine Stromsenke 1, d.h. eine elektronische Last mit gesteuertem Strom oder Spannung, vorgesehen ist.

Die Stromsenke 1 ist im einfachsten Fall so eingestellt, dass bei einer Netzspannung U_{NETZ} ungleich Null ein konstanter
25 Messstrom i_R fließt. Die Stromsenke 1 kann dabei als unidirektionale oder als bidirektionale Stromsenke ausgebildet sein. Im ersten Fall fließt nur bei einer positiven (oder nur bei einer negativen) Halbwelle der Netzspannung U_{NETZ} ein konstanter Messstrom i_R . Der Beginn
30 bzw. das Ende einer Nullwertphase des Messstromes i_R gibt bei einer unidirektionalen Stromsenke 1 den Zeitpunkt eines Nulldurchgangs der Netzspannung U_{NETZ} an. Bei einer bidirektionalen Stromsenke 1 dreht sich die Flussrichtung des Messstromes i_R mit jedem Nulldurchgang der Netzspannung U_{NETZ}
35 um. Somit zeigt der Vorzeichenwechsel des Messstromes i_R den Zeitpunkt eines Nulldurchgangs der Netzspannung U_{NETZ} an.

Eine andere erfindungsgemäße Schaltungsanordnung ist in Figur 4 dargestellt. Dabei ist eine Stromsenke 1 in Reihe mit einer Diode D und einem Optokoppler OPTO als Nulldurchgangsdetektor zwischen den Leiter L und den Nullleiter N eines
5 Wechsellspannungsnetzes geschaltet. Durch diese Reihenschaltung fließt im einfachsten Fall wieder ein konstanter Messstrom i_F , wenn die Netzspannung U_{NETZ} größer ist als die Summe der Durchlassspannung der Diode D und der Durchlassspannung der Diode des Optokopplers OPTO. Der Anfang
10 bzw. das Ende einer Nullwertphase des Messstromes i_F zeigt dabei einen Nulldurchgang der Netzspannung U_{NETZ} an. Die sich aus den Durchlassspannungen der Dioden ergebenden Ungenauigkeiten können von einer nachgeschalteten analogen oder digitalen Kompensationseinheit ausgeglichen werden, da
15 die bekannten Durchlassspannungen der Dioden in der Regel nur minimalen Änderungen (z.B. bei Temperaturschwankungen) unterliegen.

Am galvanisch vom Eingang getrennten Ausgang des Optokopplers
20 OPTO liegt demnach ein invertiertes Nulldurchgangssignal in Rechtecksform an. Der High-Wert zeigt eine negative Halbwelle und der Low-Wert eine positive Halbwelle der Netzspannung U_{NETZ} an. Um die Detektiersicherheit der Netz nulldurchgänge zu steigern, wird zur Erfassung der negativen Halbwelle und zur
25 Erfassung der positiven Halbwellen der Netzspannung U_{NETZ} je eine Reihenschaltung aus einem Stromwandler 1a, 1b und einem Optokoppler OPTO1, OPTO2 eingesetzt. Eine derartige Schaltungsanordnung ist in Figur 5 dargestellt. Während einer positiven Halbwelle der Netzspannung U_{NETZ} fließt ein
30 positiver Messstrom i_{FP} durch einen ersten Optokoppler OPTO1 und eine erste Stromsenke 1a. Während einer negativen Halbwelle der Netzspannung U_{NETZ} fließt ein negativer Messstrom i_{FN} durch eine zweite Stromsenke 1b und einen zweiten Optokoppler OPTO2. Die Ausgangssignale der beiden
35 Optokoppler OPTO1, OPTO2 sind einer Logikschaltung 4 zugeführt, in der die beiden Signale z.B. zu einem gemittelten Nulldurchgangssignal verarbeitet werden.



Somit liegt der Vorteil einer erfindungsgemäßen
Schaltungsanordnung in der hohen Verstärkung des Messstroms
 i_R bzw. i_F im Bereich der Netz nulldurchgänge der Netzspannung
 U_{NETZ} . Durch den hohen Messstrom i_R bzw. i_F in der Stromsenke
5 bis in unmittelbare Nähe eines Netz nulldurchgangs und dem
schlagartigen Wegschalten des Messstromes i_R bzw. i_F bei
Polaritätswechsel der Netzspannung U_{NETZ} kann ein wesentlich
eindeutigeres Nulldurchgangssignal gewonnen werden als es mit
einem Spannungsteiler nach dem Stand der Technik möglich ist.

10

Vor allem für Wechselrichter ist es wichtig, auch bei stark
gestörten Netzen mit Oberwellen in der Netzspannung U_{NETZ} die
tatsächliche Polarität (d.h. die Polarität der
Grundschwingung) der Netzspannung U_{NETZ} sicher zu erkennen.

15 Abhängig vom Leistungsteil eines Wechselrichters kann bereits
eine Fehlerkennung eines Netzdurchganges bei einer
tatsächlichen Netzspannung U_{NETZ} von wenigen Volt einen
Bauteile schädigenden Kurzschlussstrom infolge falsch
geschalteter Leistungstransistoren herbeiführen.

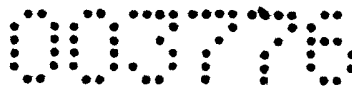
20

Die Netz nulldurchgangserkennung wird dabei mit steigendem
Messstrom i_R bzw. i_F zunehmend sicherer gegenüber
Netzstörungen. Dabei ist jedoch zu beachten, dass mit
steigendem Strom durch die Stromsenke 1 auch die
25 Verlustleistung in der Stromsenke 1 größer wird.

In einer vorteilhaften Ausprägung ist deshalb vorgesehen, den
Messstrom i_R bzw. i_F in der Weise variabel vorzugeben, dass
er im Bereich der Netz nulldurchgänge hoch ist und im Bereich
30 der Scheitelwerte der Netzspannung U_{NETZ} gering ist. Ein
entsprechendes Beispiel für eine unidirektionale Stromsenke
ist in den Figuren 6 und 7 angegeben.

35

Figur 6 zeigt in vereinfachter Weise die Signalverarbeitung
in den einzelnen Elementen einer erfindungsgemäßen
Schaltungsanordnung. Die spannungs- oder stromgesteuerte
Stromsenke 11 ist in Reihe mit einem Nulldurchgangsdetektor

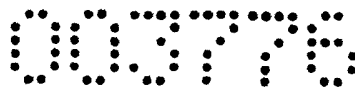


31 zwischen den Leiter L und den Nullleiter N eines
Wechselspannungsnetzes geschaltet. Zudem ist die Netzspannung
 U_{NETZ} einer Steuerungseinheit 21 der Stromsenke zugeführt. In
der Steuerungseinheit 21 wird der Stromsenke eine
5 Stromsenkenspannung U_s als Funktion $U_s=f(1/U_{\text{NETZ}})$ der
Netzspannung U_{NETZ} vorgegeben. Diese Funktion bestimmt
beispielsweise für die Netzspannung U_{NETZ} gleich Null einen
Höchstwert für die Stromsenkenspannung U_s . Im weiteren
Verlauf fällt die Stromsenkenspannung U_s linear mit
10 steigender Netzspannung U_{NETZ} ab, wobei eine untere Begrenzung
vorgesehen ist.

In der Stromsenke 11 wird der Messstrom i durch die
Stromsenke 11 als Produkt der Stromsenkenspannung U_s mit
15 einem konstanten Faktor K vorgegeben. Somit ist auch der
Messstrom das Resultat einer Funktion des Reziprokwertes der
Netzspannung U_{NETZ} ($i=f(1/U_{\text{NETZ}})$).

Die Signalverläufe mit verschiedenen Funktionen für den
20 Messstrom $i=f(1/U_{\text{NETZ}})$ sind in der Figur 7 dargestellt. In den
Diagrammen ist auf der Abszisse die Zeit t aufgetragen. Das
erste Diagramm zeigt den Verlauf der Netzspannung U_{NETZ} über
der Zeit t , wobei eine unidirektionale Stromquelle mit
Durchlassrichtung bei positiven Halbwellen der Netzspannung
25 U_{NETZ} angenommen ist.

So lange die Netzspannung U_{NETZ} negativ ist, bleibt der Wert
des Messstromes i gleich Null. Im zweiten Diagramm ist ein
Verlauf a für den Messstrom i über der Zeit t dargestellt,
30 wobei diesem Verlauf a eine lineare Funktion des Messstromes
 i über der Netzspannung U_{NETZ} zugrunde liegt. Mit dem
Nulldurchgang der Netzspannung U_{NETZ} springt der Messstrom i
auf einen vorgegeben Maximalwert i_{Max} und verläuft dann
indirekt proportional zum Verlauf der Netzspannung U_{NETZ} . Zum
35 Zeitpunkt des Erreichens des Netzspannungsscheitelpunktes
erreicht der Messstrom i einen Minimalwert i_{Min} .



Im dritten Diagramm ist ein Verlauf b mit linearer Funktion des Messstromes i über der Netzspannung U_{NETZ} und einem unteren Begrenzungswert i_{Min} des Messstromes i dargestellt. Ein derartiger Verlauf b erlaubt gegenüber dem

5 vorangestellten Verlauf a einen steileren Abfall des Messstromes i bei steigender Netzspannung U_{NETZ} und damit eine Verringerung der Verlustleistung. Die Verlustleistung beträgt zum Beispiel bei einem 230V Wechselspannungsnetz 0,39W, wenn als Maximalwert i_{Max} der Messspannung 6mA und als Minimalwert

10 i_{Min} der Messspannung 3mA vorgegeben sind und der Minimalwert i_{Min} bei einem Netzspannungswert von 100V erreicht wird. Damit ist die Verlustleistung im Bereich des oben angegebenen Beispiels für eine Schaltung nach dem Stand der Technik, wohingegen der Messstrom i nahe der Netz nulldurchgänge den

15 1200-fachen Wert ($6\text{mA}/5\mu\text{A}$) des Messstromes nach dem Stand der Technik erreicht.

In einem weiteren Diagramm ist ein Verlauf c des Messstromes i über der Zeit t mit nichtlinearer Funktion des Messstromes

20 i von der Netzspannung U_{NETZ} dargestellt.

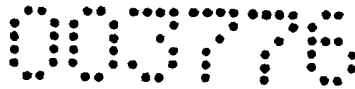
Die Signalverarbeitung und der Signalverlauf für eine bidirektionale Stromsenke sind in den Figuren 8 und 9 dargestellt.

25

In Figur 8 ist die spannungs- oder stromgesteuerte Stromsenke 12 in Reihe mit einem Nulldurchgangsdetektor 32 zwischen Leiter L und Nullleiter N eines Wechselspannungsnetzes geschaltet. Die Netzspannung U_{NETZ} ist einer Steuereinrichtung

30 22 der Stromsenke 12 zugeführt. In der Steuereinrichtung 22 wird eine Stromsenkenspannung U_s als Funktion des Reziprokwertes der Netzspannung U_{NETZ} gebildet, wobei hier anders als bei einer unidirektionalen Stromsenke für beide Polaritäten der Netzspannung U_{NETZ} eine Funktion angegeben

35 ist. In Figur 8 sind sowohl für die negativen als auch für die positiven Netzspannungswerte lineare Funktionen mit Begrenzung der Stromsenkenspannung U_s dargestellt.

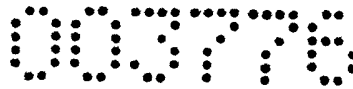


Die Stromsenkenspannung U_s ist der Stromsenke 12 zugeführt, wobei durch Multiplikation derselben mit einem Faktor K der Verlauf des Messstromes i durch die Stromsenke 12 vorgegeben ist.

In Figur 9 sind wieder drei unterschiedliche Beispiele für einen Messstromverlauf a , b , c über der Zeit t , indirekt proportional zur Netzspannung U_{NETZ} dargestellt. Dabei ist ein der jeweiligen Funktion $f(1/U_{\text{NETZ}})$ entsprechende Verlauf a , b , c sowohl für die positive als auch für die negative Halbwelle der Netzspannung U_{NETZ} angegeben.

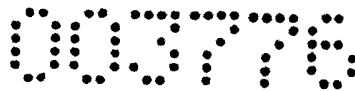
Der erste Verlauf a entspricht einer linearen Funktion des Messstromes i über der Netzspannung U_{NETZ} mit einem vorgegebenen Maximalwert i_{Max} und einem Minimalwert i_{Min} . Dem zweiten Verlauf b liegt ebenfalls einer linearen Funktion zugrunde, wobei jedoch für die positive Halbwelle der Netzspannung U_{NETZ} ein positiver Wert mit Minimalbetrag i_{Min} und für die negative Halbwelle der Netzspannung U_{NETZ} ein negativer Wert mit Minimalbetrag vorgegeben ist. Dem dritten beispielhaften Verlauf c des Messstromes i über der Zeit t liegt eine nichtlineare Funktion des Messstromes i von der Netzspannung U_{NETZ} zugrunde.

Sowohl für unidirektionale als auch für bidirektionale Stromsenken können beliebige andere Funktion gewählt werden. Dabei ist lediglich die Vorgabe eines hohen Messstromes im Bereich geringer Netzspannung U_{NETZ} bei gleichzeitig geringer Verlustleistung durch die Stromsenke zu berücksichtigen.



Patentansprüche

1. Schaltungsanordnung zur Erkennung von Netz nulldurchgängen einer Netzspannung (U_{NETZ}) eines Wechselspannungsnetzes, wobei
5 ein durch die Netzspannung (U_{NETZ}) hervorgerufener Messstrom (i , i_R , i_F , i_{FP} , i_{FN}) einem Nulldurchgangsdetektor (31, 32) zur Bildung eines Netz nulldurchgangsignals zugeführt ist,
dadurch gekennzeichnet, dass zwischen Leiter (L) und
10 Nullleiter (N) des Wechselspannungsnetzes eine Stromsenke (1, 1a, 1b, 11, 12) angeordnet ist, mittels welcher der Verlauf des Stromwertes des durch die Netzspannung (U_{NETZ}) hervorgerufenen Messstromes (i , i_R , i_F , i_{FP} , i_{FN}) festgelegt ist.
- 15 2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stromsenke (1, 1a, 1b, 11, 12) als variable Stromsenke ausgebildet ist.
3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 2, **dadurch**
20 **gekennzeichnet, dass** der durch die variable Stromsenke (1, 1a, 1b, 11, 12) bewirkte Verlauf des Stromwertes des Messstromes (i , i_R , i_F , i_{FP} , i_{FN}) indirekt proportional zum Verlauf der Netzspannung (U_{NETZ}) ist.
- 25 4. Schaltungsanordnung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der durch die variable Stromsenke (1, 1a, 1b, 11, 12) bewirkte Verlauf des Stromwertes mit einem Mindestwert (i_{Min}) begrenzt ist.
- 30 5. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stromsenke (1, 11, 12) in Reihe mit einem Widerstand (R) angeordnet ist und dass parallel zu dem Widerstand (R) ein als Komparator oder Operationsverstärker ausgebildeter Nulldurchgangsdetektor
35 angeordnet ist.



6. Schaltungsanordnung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ausgang des Komparators bzw. des Operationsverstärkers mit einem Element zur galvanischen Trennung (OPTO) verbunden ist.
- 5
7. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stromsenke (1, 1a, 1b, 11, 12) in Reihe mit einem Element zur galvanischen Trennung (OPTO, OPTO1, OPTO2) angeordnet ist.
- 10
8. Schaltungsanordnung nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Element zur galvanischen Trennung als Optokoppler (OPTO, OPTO1, OPTO2) ausgebildet ist.
- 15
9. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stromsenke (1, 1a, 1b, 11, 12) als unidirektionale oder als bidirektionale Stromsenke ausgebildet ist.
- 20
10. Wechselrichter zur Einspeisung elektrischer Energie in ein Wechselspannungsnetz, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Netz nulldurchgänge der Netzspannung (U_{NETZ}) mittels einer Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 9 erfasst sind.
- 25

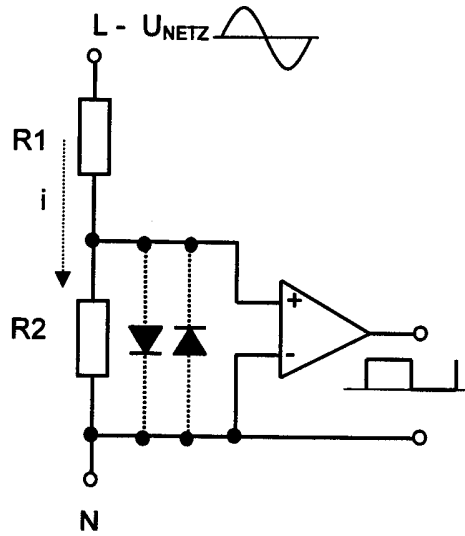


Fig. 1

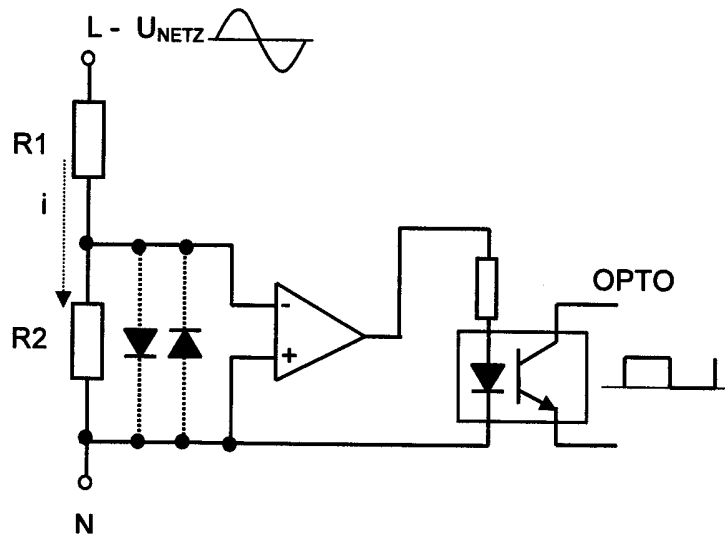


Fig. 2

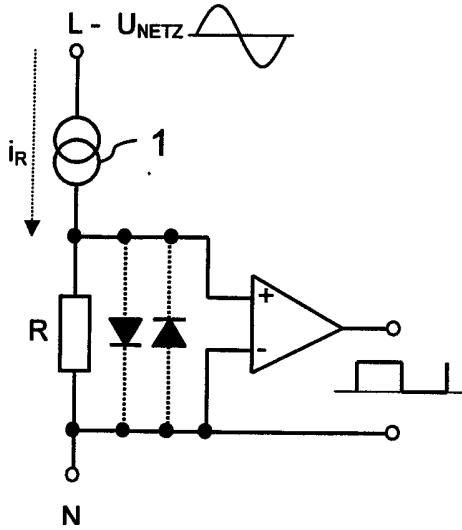


Fig. 3

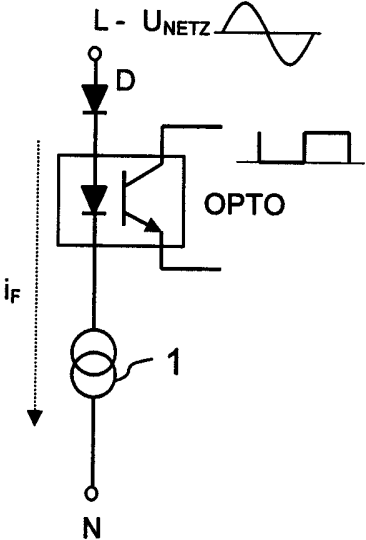


Fig. 4

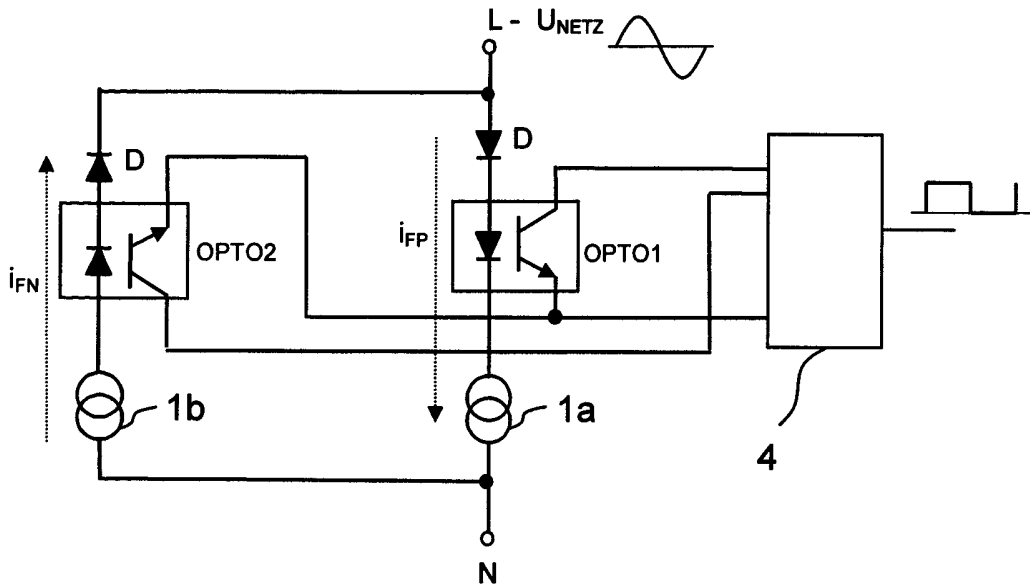


Fig. 5

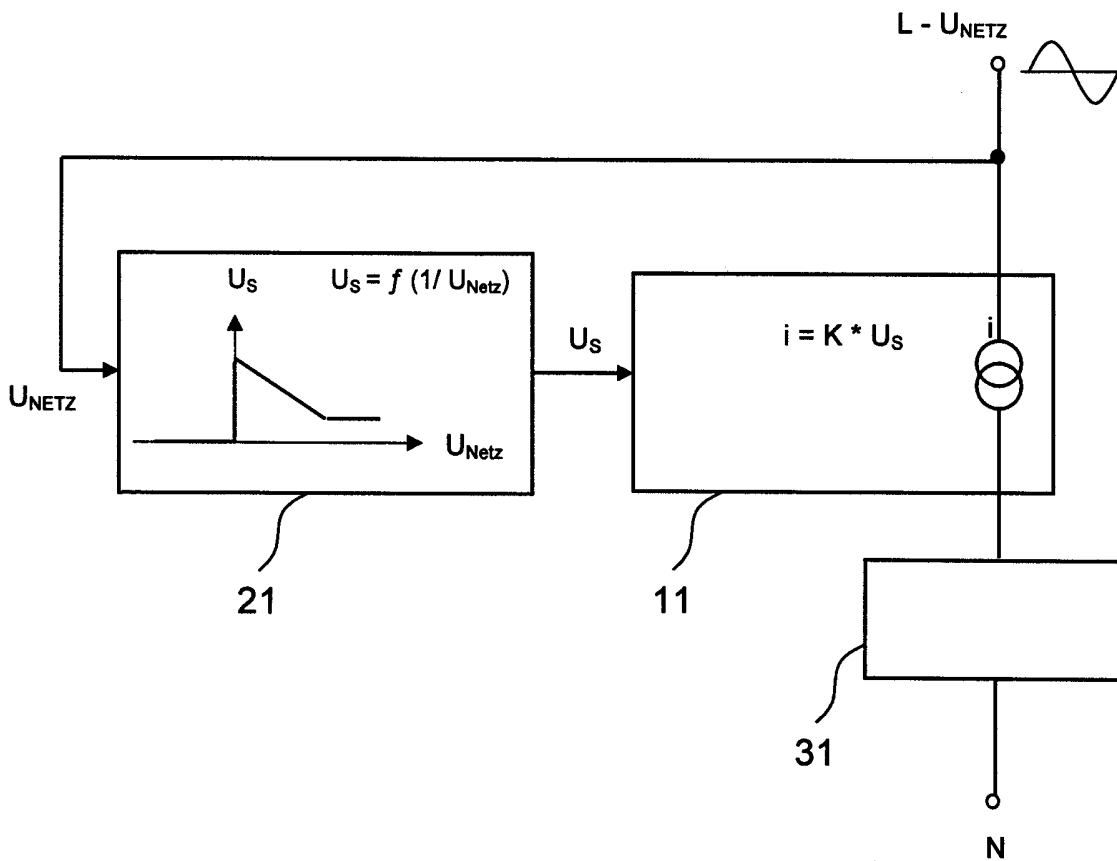


Fig. 6

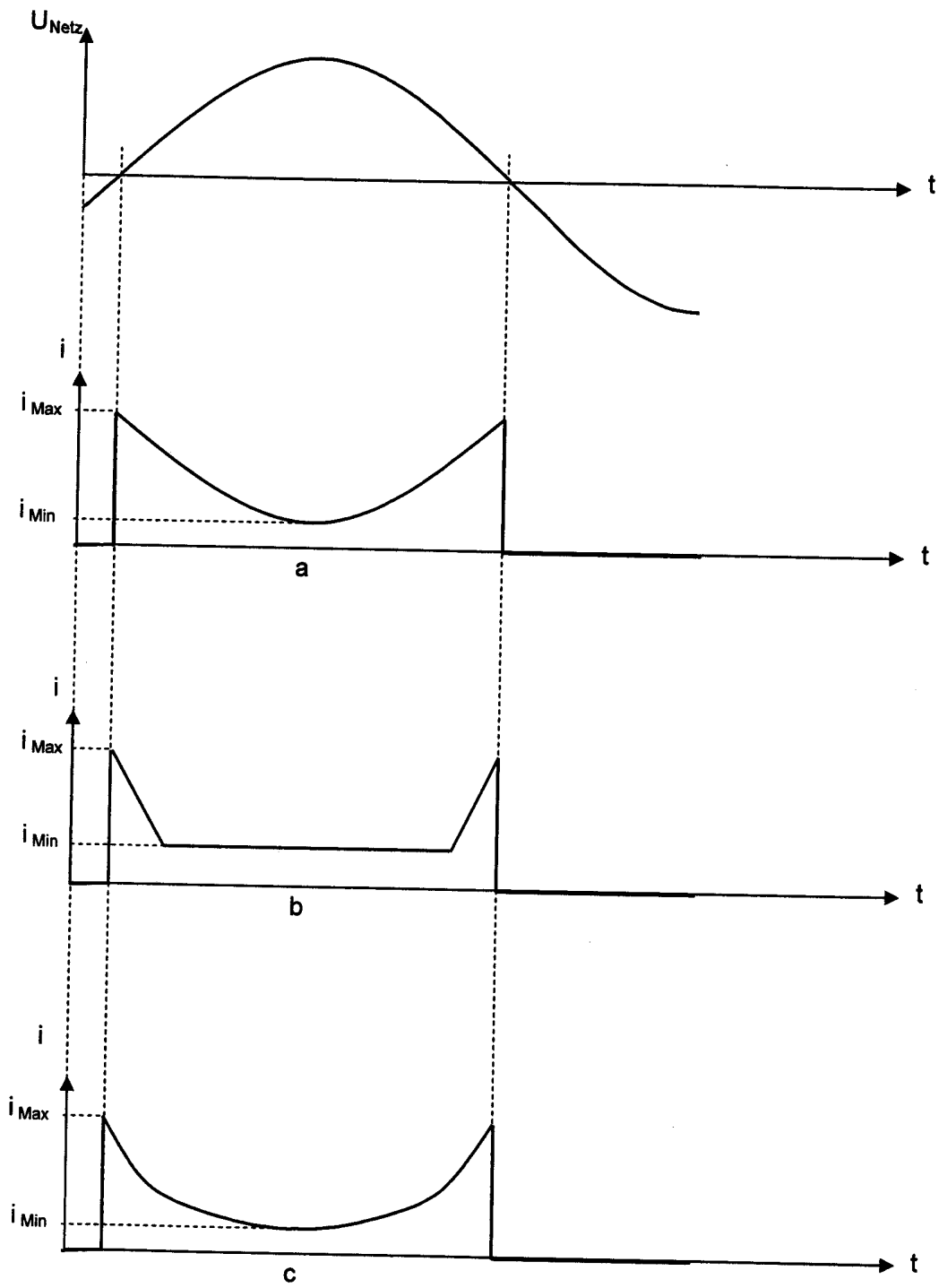


Fig. 7

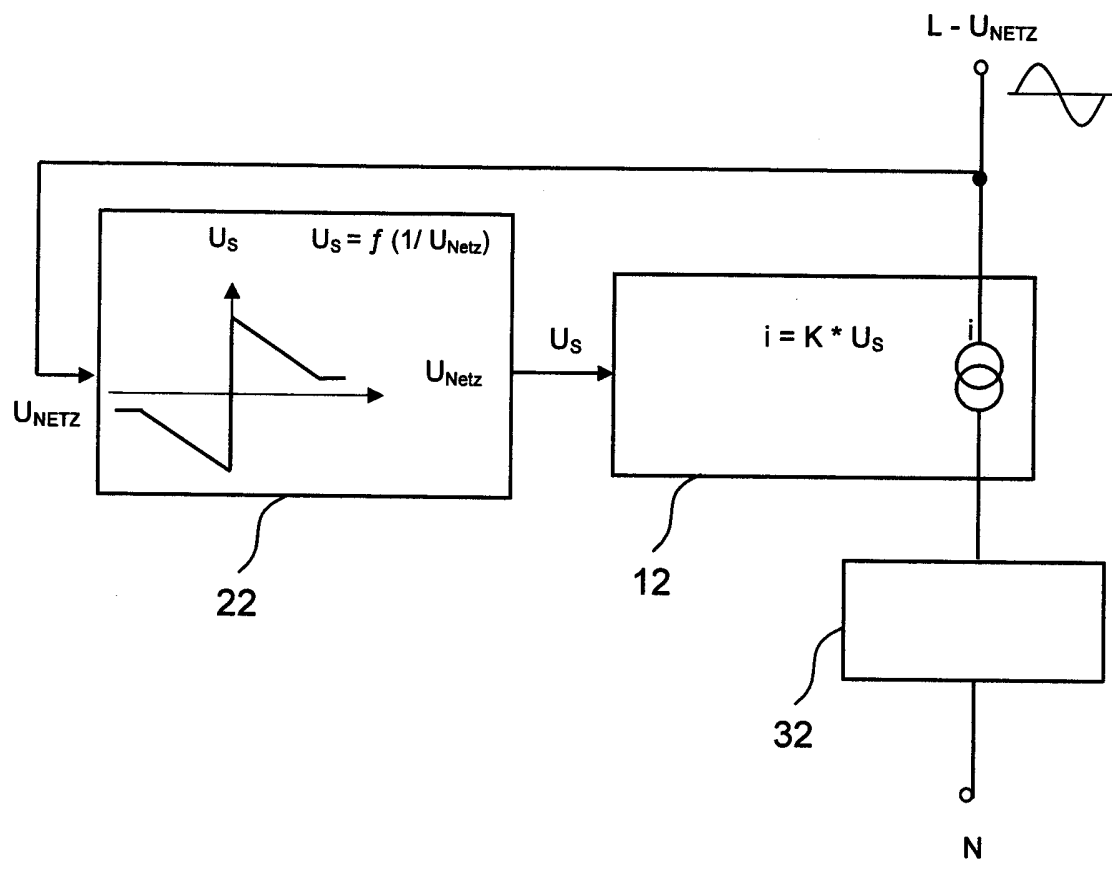


Fig. 8

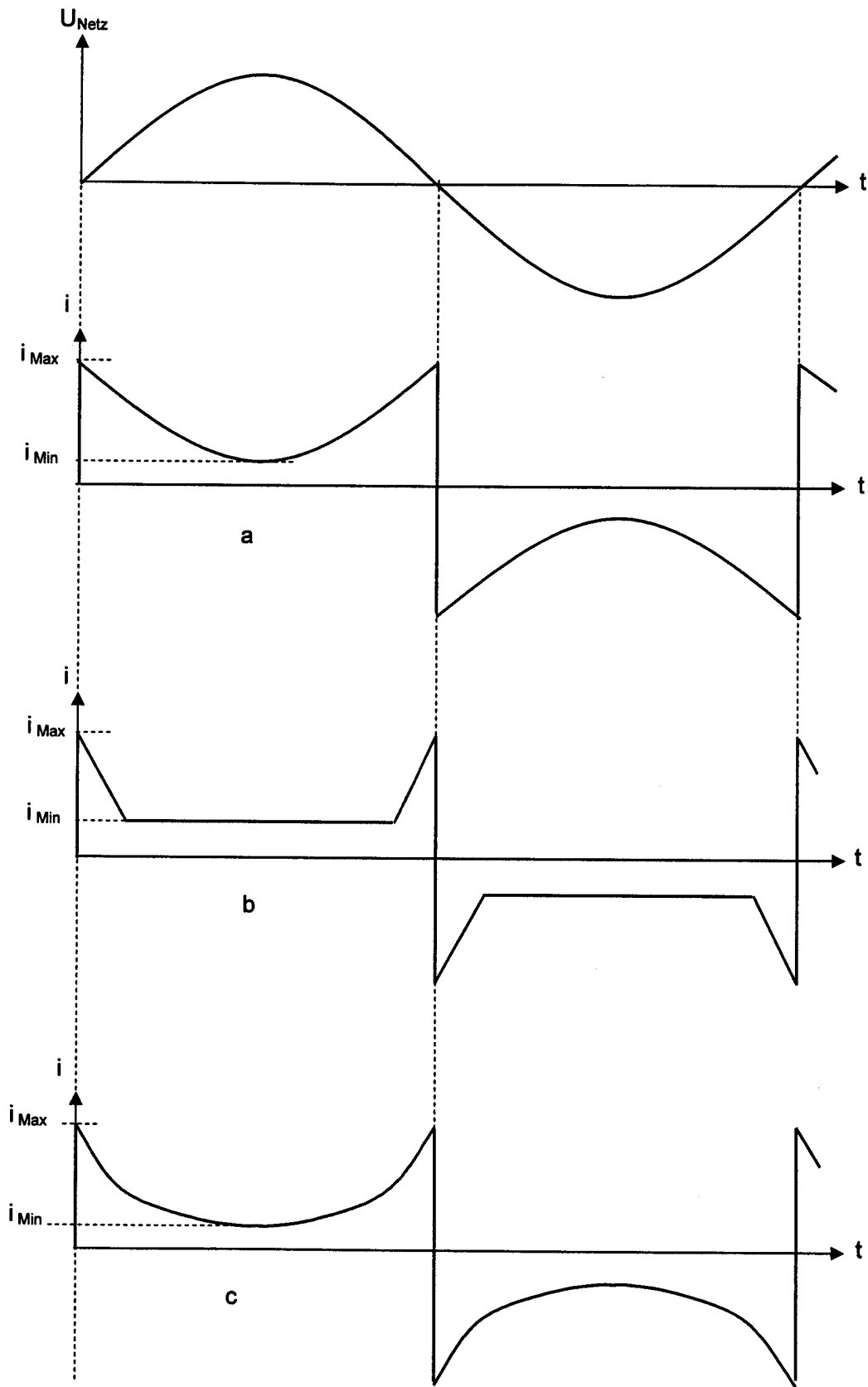


Fig. 9