

(12) **Gebrauchsmusterschrift**

(21) Anmeldenummer: GM 50226/2018
(22) Anmeldetag: 04.12.2018
(24) Beginn der Schutzdauer: 15.02.2023
(45) Veröffentlicht am: 15.02.2023

(51) Int. Cl.: **G01R 19/00** (2006.01)
H05B 45/345 (2020.01)

(30) Priorität:
12.07.2018 DE (U) 202018104021.9 beansprucht.

(56) Entgegenhaltungen:
EP 2824464 A1
DE 102013213566 A1
DE 102014103296 A1
US 2014354266 A1

(73) Gebrauchsmusterinhaber:
Tridonic GmbH & Co KG
6851 Dornbirn (AT)

(74) Vertreter:
Barth Alexander Dipl.Ing. (FH)
6850 Dornbirn (AT)

(54) **Betriebsgerät mit Vorrichtung zur Messung eines elektrischen Stroms**

(57) Die Erfindung betrifft ein Betriebsgerät mit einer Messschaltung (10) zur Messung eines elektrischen Stroms, wobei die Messschaltung einen ersten Strommesspfad (11) und zumindest einen zweiten Strommesspfad (13) aufweist, und der erste Strommesspfad (11) ein erstes Ausgabemittel (16) zur Ausgabe eines ersten Messsignals und der zumindest eine zweite Strommesspfad (13) ein zweites Ausgabemittel (17) zur Ausgabe eines zweiten Messsignals umfasst, und wobei der zumindest eine zweite Strommesspfad (11) mit zumindest einem Halbleiterbauelement (15) in Serie zu einem Widerstand (14) ausgebildet ist, und ein Steuerschaltkreis (23) der Messschaltung (10) eingerichtet ist, einen Messwert für den elektrischen Strom aus dem ersten Messsignal und dem zumindest einen zweiten Messsignal zu ermitteln.

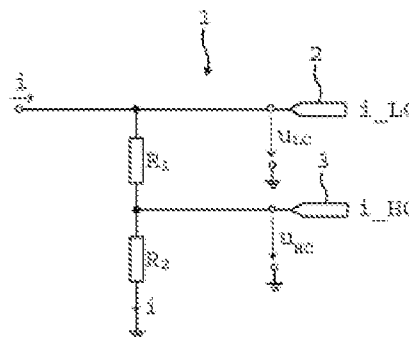


Fig. 1

Beschreibung

BETRIEBSGERÄT MIT VORRICHTUNG ZUR MESSUNG EINES ELEKTRISCHEN STROMS

[0001] Die Erfindung betrifft eine Messschaltung zur Messung eines elektrischen Stroms. Insbesondere wird ein Betriebsgerät, zum Beispiel ein Betriebsgerät für Leuchtmittel, mit der Messschaltung für eine Messung des Stroms mit großer Genauigkeit über einen weiten Strombereich vorgestellt.

[0002] Auf dem Gebiet der Betriebsgeräte ist die präzise Messung eines elektrischen Stroms, beispielsweise für die Regelung eines Laststroms über einen großen Messbereich erforderlich. Insbesondere Betriebsgeräte für den Betrieb von Leuchtmitteln, oftmals ausgeführt als LED-Module mit einer oder einer Mehrzahl an Leuchtdioden (LED) benötigen für die genaue Regelung des Laststroms (LED-Strom) genaue Messwerte für die Stromstärke des Laststroms über einen weiten Wertebereich.

[0003] Aus dem Stand der Technik ist es bekannt, die Genauigkeit einer Strommessung über einen großen Dynamikbereich mittels der Aufteilung eines Messwiderstands (englisch: Shunt) in eine Serienschaltung aus einzelnen Widerständen vorzunehmen, wobei zusätzliche Messpunkte für eine Spannungsmessung über die einzelnen Widerstände zwischen den Widerständen angeordnet sind. Dieses übliche Vorgehen ist zwangsläufig mit einem symmetrischen Aufbau des Messbereichs für den Strom verbunden, dazu treten unerwünschte Leistungsverluste über die Messwiderstände auf.

[0004] Die Patentanmeldung DE 10 2017 216 715 A1 ermittelt eine für den zu messenden Strom repräsentative Spannung über einen Messwiderstand, der in Serie zu zumindest einer Anpassschaltung, bestehend aus einem weiteren Messwiderstand parallel zu einem Schalter, geschaltet ist. In Abhängigkeit von einem Wert des zu messenden Stroms wird der Schalter geöffnet oder geschlossen, um die ermittelte Spannung über den Messwiderstand zu begrenzen. Die Nutzung eines Schalters zur Realisierung von zumindest zwei Strommessbereichen erfordert eine aktive Ansteuerung des Schalters mittels eines Steuerschaltkreises, und ist darüber hinaus mit harten und abrupten Übergängen (Sprüngen) und kurzzeitigen Spannungsspitzen (englisch: Spikes) in der gemessenen Spannung bei einer Umschaltung zwischen den Messbereichen verbunden. Diese Übergänge sind insbesondere für die Verwendung der Messwerte für eine stabile Regelung des zu messenden Stroms in einem Regelkreis kritisch zu sehen. Es ist daher weiterer schaltungstechnischer Aufwand erforderlich, um die Übergänge mittels Gewichtungsfunktionen oder Filterung zu vermeiden oder zumindest zu glätten.

[0005] Es ist daher die Aufgabe zu lösen, in Betriebsgeräten die präzise Messung eines Stroms über einen weiten Messbereich unter Vermeidung der vorstehend benannten Nachteile vorzunehmen.

[0006] Die Aufgabe wird durch das Betriebsgerät nach Anspruch 1 gelöst.

[0007] Die abhängigen Ansprüche zeigen weitere vorteilhafte Ausführungen des Betriebsgeräts.

[0008] Das Betriebsgerät umfasst eine Messschaltung zur Messung eines elektrischen Stroms. Die Messschaltung weist einen ersten Strommesspfad und zumindest einen zweiten Strommesspfad auf. Der erste Strommesspfad umfasst ein erstes Ausgabemittel zur Ausgabe eines ersten Messsignals und der zumindest eine zweite Strommesspfad umfasst ein zweites Ausgabemittel zur Ausgabe eines zweiten Messsignals. Die Messschaltung ist dadurch gekennzeichnet, dass der zumindest eine zweite Strommesspfad mit zumindest einem Halbleiterbauelement in Serie zu einem Widerstand ausgebildet ist. Ein Steuerschaltkreis der Messschaltung ist eingerichtet, einen Messwert für den elektrischen Strom aus dem ersten Messsignal gemeinsam mit dem zumindest einen zweiten Messsignal zu ermitteln.

[0009] Das Betriebsgerät einer besonders bevorzugten Ausführungsform bildet den Steuerschaltkreis derart aus, dass stets unabhängig von einem Wert des zu messenden elektrischen Stroms der Messwert aus dem ersten Messsignal und dem zumindest einen zweiten Messsignal

ermittelt wird.

[0010] Da die Ermittlung des Messwerts für den Strom immer aus beiden Messsignalen, also ausschließlich sowohl aus dem ersten Messsignal als auch dem zumindest einen zweiten Messsignal erfolgt, werden keine Umschaltvorgänge zwischen einem ersten Messbereich der Strommessung und einem zweiten Messbereich der Strommessung vorgenommen.

[0011] Damit entfällt zum einen der schaltungstechnische Aufwand für eine Ansteuerung eines oder mehrerer Schalter für die Realisierung des ersten und des mindestens einen zweiten Messbereichs. Die Kosten für das Betriebsgerät und der Entwicklungsaufwand sind aufgrund des verringerten schaltungstechnischen Aufwands gegenüber den bekannten Betriebsgeräten verringert.

[0012] Zum anderen treten in dem erfindungsgemäßen Betriebsgerät keine störenden Effekte wie abrupte Übergänge, sprunghafte Messwertänderungen und kurzzeitige Messwertspitzen auf oder sie sind zumindest deutlich vermindert. Damit wird einerseits ein Messwert für einen elektrischen Strom in einer für Regelkreise besonders geeigneten Qualität bereitgestellt, andererseits wird zusätzlicher Aufwand für die Unterdrückung von kurzzeitigen Messwertspitzen und unerwünscht steilen Messwertänderungen mittels Filtern, Anwendung von Gewichtungsfunktionen, etc. vermieden.

[0013] Es wird demzufolge keine Umschaltung zwischen unterschiedlichen Messbereichen für die Strommessung in Abhängigkeit von einem Wert des zu messenden Stroms vorgenommen. Dies ist bislang üblich, um eine hohe Messgenauigkeit für eine einzelne Messung über einen möglichst großen Messbereich zu erzielen.

[0014] Zusätzlich sind die auftretenden elektrischen Verluste für die erfindungsgemäße Anordnung zur Strommessung geringer, als dies beispielsweise für die bekannte Messbereichserweiterung mittels Vorwiderständen nach Figur 1 der Fall ist.

[0015] Ein vorteilhaftes Betriebsgerät zeichnet sich dadurch aus, dass das zumindest eine Halbleiterelement eine Diode und/oder ein Transistor ist.

[0016] Mittels eines Transistors, beispielsweise eines Bipolar-Transistors oder einer Halbleiterdiode, beispielsweise auch einer Schottky-Diode (Metall-Halbleiterdiode) kann der zumindest eine zweite Strommesspfad selbsttätig wirksam ausgestaltet werden, in Abhängigkeit von einem zu erwartenden Messwert für den zu messenden Strom. Eine Steuerung eines Schalters, beispielsweise durch einen externen Steuerschaltkreis, beispielsweise einen Mikrokontroller, ist also nicht notwendig. Insbesondere in Verbindung mit der Ermittlung des Messwerts für den Strom aus dem ersten und zweiten Messsignal ist ein zumindest abschnittsweise linearer Zusammenhang zwischen dem zu messenden Strom und dem Messwert zu erzielen. Die oftmals verwendete Serienschaltung eines Messwiderstands mit einer Anpassschaltung aus einem parallelen weiteren Messwiderstand mit einem Schalter würde hingegen zu einem stärkeren Einfluss der verwendeten Dioden über ihre nichtlineare Kennlinie auf den Messwert für den Strom führen. Trotz der Verwendung der einfachen Halbleiterbauelemente ist ihr Einfluss über ihre unerwünschten nichtlinearen Eigenschaften im Rahmen des erfindungsgemäßen Betriebsgeräts und der Messschaltung daher vorteilhaft gering.

[0017] Eine bevorzugte Ausführung des Betriebsgeräts zeigt das zumindest eine Halbleiterelement mit einem ersten Halbleiterbauelement und einem zu dem ersten Halbleiterbauelement antiparallel geschalteten zweiten Halbleiterbauelement.

[0018] Ist das Halbleiterelement symmetrisch ausgestaltet, verfügt also über das erste Halbleiterbauelement und das zweite Halbleiterbauelement mit jeweils gleichen oder im Wesentlichen gleichen technischen Eigenschaften und in antiparalleler Anordnung, so erfolgt die Strommessung durch die erfindungsgemäße Schaltung entsprechend symmetrisch hinsichtlich positiver Stromwerte und negativer Stromwerte für den zu messenden Strom.

[0019] Ist es hingegen wünschenswert die Messbandbreite in Richtung einer Polarität geringer auszulegen, so können Halbleiterbauelemente unterschiedlicher elektrischer Eigenschaften als

erste und zweite Halbleiterbauelemente verwendet werden.

[0020] Alternativ kann das Halbleiterelement lediglich ein einzelnes Halbleiterbauelement umfassen. Damit wird ein Messbereich, eine Messbandbreite mit asymmetrischer Anordnung zu einem Nullpunkt des zu erfassenden Stroms bewirkt.

[0021] Somit ermöglicht die erfindungsgemäße Messschaltung dem Entwicklungsingenieur zahlreiche Freiheitsgrade in der Auslegung des Messbereichs für den Strom, die in diesem Umfang durch die bekannte Messschaltung nicht möglich sind. Die bekannten Methoden der Messbereichserweiterung mittels serieller Schaltungen aus parallelen weiteren Widerständen und Schaltern für die Strommessung ermöglichen lediglich die Verwirklichung symmetrischer Messbereiche.

[0022] Ein vorteilhaftes Betriebsgerät einer Ausführung steuert zumindest ein Leuchtmittel mit einem Laststrom an, wobei das Leuchtmittel mindestens eine LED aufweist.

[0023] Betriebsgeräte für Leuchtmittel weisen oftmals getaktete Stromversorgungen für die Ansteuerung der Leuchtmittel mit einem Leuchtmittelstrom als Laststrom auf. Zur genauen Regelung der Stärke und/oder des Lichtspektrums und/oder der Farbtemperatur des von dem Leuchtmittel abgegebenen Lichts ist eine genaue Erfassung des Laststroms über einen großen Wertebereich, insbesondere auch bei Dimmvorgängen zu niedrigen Werten hin, zur Stabilisierung der Lichtabgabe erforderlich. Diese präzise Regelung ist insbesondere für Leuchtmittel mit Leuchtdioden (LEDs), die jeweils Licht in einem begrenzten Spektrum abgegeben erforderlich und vorteilhaft, da damit die Vorteile der LEDs voll zu nutzen sind. So kann damit zum Beispiel eine Farbtemperatur eines Leuchtmittels für die Abgabe abstimmbaren Weißlichts über einen weiten Leistungsbereich präzise geregelt werden.

[0024] Das Betriebsgerät nach einer Ausführungsform weist zumindest einen getakteten Konverterschaltkreis, insbesondere einen Sperrwandler-Schaltkreis, auf.

[0025] Eine Ausführung des Betriebsgeräts bildet den Konverterschaltkreis als synchronen Sperrwandler-Schaltkreis aus.

[0026] Insbesondere der synchrone Sperrwandler-Schaltkreis (englisch: Flyback) lässt in bestimmten Betriebsarten sehr kleine negative Lastströme durch eine entsprechende Ansteuerung der Schalter auf einer Sekundärseite des synchronen Sperrwandler-Schaltkreises zu. Die erfindungsgemäße Messschaltung kann entsprechend dimensioniert werden, um den Messbereich asynchron zu dem Stromnullpunkt anzuordnen. Daher ist die erfindungsgemäße Messschaltung in dieser Betriebsart des synchronen Sperrwandler-Schaltkreises besonders vorteilhaft einzusetzen.

[0027] Eine besonders bevorzugte Ausführung des Betriebsgeräts zeichnet sich dadurch aus, dass der Steuerschaltkreis eingerichtet ist, den Messwert mittels Addition aus dem ersten Messsignal und dem zumindest einen zweiten Messsignal zu ermitteln.

[0028] Es ist vorteilhaft, wenn das Betriebsgerät den Steuerschaltkreis ausbildet, den Messwert mittels einer Addition aus dem ersten Messsignal und dem zumindest einen zweiten Messsignal zu ermitteln, da somit Umschaltvorgänge zwischen Messbereichen vermieden und durch einen einfach zu realisierenden mathematischen Zusammenhang ersetzt werden.

[0029] Eine weitere Ausführung des Betriebsgeräts umfasst den Steuerschaltkreis dafür ausgebildet, das erste Messsignal entsprechend einem Wert eines Messwiderstands in dem ersten Strommesspfad zu gewichten und das zumindest eine zweite Messsignal entsprechend einem Wert des Widerstands in dem zumindest einen zweiten Strommesspfad zu gewichten. Der Messwert wird mittels Addition des gewichteten ersten Messsignals und des gewichteten zumindest einen zweiten Messsignals ermittelt.

[0030] Eine bevorzugte Ausführung des Betriebsgeräts für Leuchtmittel zeichnet sich dadurch aus, dass der Steuerschaltkreis ausgebildet ist, für kleine Werte des zu messenden elektrischen Stroms den Messwert aus lediglich einem Teil einer Menge umfassend das erste Messsignal und das zumindest eine zweite Messsignal zu ermitteln.

[0031] Damit ist eine einfachere Ermittlung des Messwerts in dem Steuerschaltkreis zu erreichen, indem lediglich die erforderlichen Messsignale der ersten und zweiten Messsignale ausgewertet werden, die für den notwendigen Messbereich relevant sind. Weiter kann damit vermieden werden, dass kurzzeitige Stromspitzen des zu messenden elektrischen Stroms (engl. Spikes) große Änderungen des Messwerts verursachen. Diese Ermittlung des Messwerts mittels einer differenzierten Auswertung lediglich relevanter Messsignale aus einer Gesamtheit des ersten und zumindest einen zweiten Messsignale ist bevorzugt abhängig von Signaleigenschaften des zu messenden elektrischen Stroms, zum Beispiel einer Stromamplitude (Stromstärke) und/oder dessen zeitabhängiger Eigenschaften, zu wählen.

[0032] Damit ist eine Skalierung des Messwerts entsprechend den gewünschten Messbereichen für den Strom möglich.

[0033] Im Folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Figuren näher erläutert.

[0034] Es zeigen

[0035] Figur 1 eine bekannte Schaltung zur Strommessung,

[0036] Figur 2 eine harte Umschaltung zwischen Strommessbereichen für die bekannte Schaltung zur Strommessung,

[0037] Figur 3 eine geglättete Umschaltung zwischen Strommessbereichen für die bekannte Schaltung zur Strommessung mit einem linearen Übergang,

[0038] Figur 4 Gewichtungsfunktionen für einen exponentiell geglätteten Übergang für die Umschaltung zwischen Strommessbereichen für die bekannte Schaltung,

[0039] Figur 5 eine erfindungsgemäße Schaltung zur Strommessung nach einem ersten Ausführungsbeispiel eines Betriebsgeräts,

[0040] Figur 6 ein Ausführungsbeispiel für die erfindungsgemäße Ermittlung des zu messenden Stroms mittels Addition,

[0041] Figur 7 eine Darstellung der Strommessbereiche,

[0042] Figur 8 eine erfindungsgemäße Schaltung zur Strommessung nach einem zweiten Ausführungsbeispiel,

[0043] Figur 9 eine erfindungsgemäße Schaltung zur Strommessung nach einem dritten Ausführungsbeispiel,

[0044] Figur 10 eine erfindungsgemäße Schaltung zur Strommessung nach einem vierten Ausführungsbeispiel, und

[0045] Figur 11 eine erfindungsgemäße Schaltung zur Strommessung nach einem fünften Ausführungsbeispiel.

[0046] In den Figuren bezeichnen gleiche Bezugszeichen gleiche oder entsprechende Elemente. Auf die Diskussion von Elementen gleicher Bezugszeichen bei unterschiedlichen Figuren wird in der folgenden Beschreibung der Figuren verzichtet, sofern dies ohne Einschränkung möglich erscheint.

[0047] Im Rahmen der Beschreibung der Erfindung wird der Begriff Messbereich genutzt, wobei der Messbereich einer Messvorrichtung oder Messschaltung derjenige Bereich einer Messgröße, in dem die Messabweichungen oder Messgeräteabweichungen innerhalb festgelegter Grenzen bleiben, beschreibt. Der Messbereich wird durch Messbereichsgrenzen, insbesondere eine obere Messbereichsgrenze und eine untere Messbereichsgrenze begrenzt. Der Nullpunkt, bei dem die Messgröße den Wert null annimmt, kann bei der unteren Messbereichsgrenze, insbesondere am Anfang des Messbereiches liegen. Der Nullpunkt kann auch in der Mitte des Messbereichs liegen, womit der Messbereich symmetrisch um den Nullpunkt aufgebaut ist. Der Nullpunkt kann ebenso außerhalb des Messbereiches liegen, also unterhalb einer unteren Messbereichsgrenze oder

oberhalb einer oberen Messbereichsgrenze.

[0048] Die Messauflösung ist eine Angabe, wie weit eine Messvorrichtung zwischen nahe beieinanderliegenden Messwerten eindeutig unterscheiden kann. Insbesondere kann die Auflösung (Messauflösung) quantitativ durch die kleinste Differenz zweier Messwerte, die ein Messgerät eindeutig unterscheidet, bezeichnet werden.

[0049] Ausgabemittel können zum Beispiel elektrische Verbindungen wie Leiterbahnen oder Leitungen zwischen Bauelementen sein. Ausgabemittel können einen elektrischen Anschluss einer integrierten Schaltung, insbesondere auch einen Pin umfassen. Gemeinsames Merkmal dieser dem Fachmann geläufigen Ausgabemittel ist ihre Eigenschaft, elektrische Signale, beispielsweise in Form von zeitabhängigen elektrischen Spannungen oder elektrischen Strömen führen zu können.

[0050] Die Anschlussmittel können auch sogenannte Messpins umfassen, also einen Anschluss für ein Messgerät zur Erfassung des elektrischen Signals über die Anschlussmittel ermöglichen.

[0051] Ein elektrisches Signal dient allgemein der Übertragung einer Information. Im vorliegenden Fall kann ein elektrisches Signal eine über einen Messwiderstand abfallende elektrische Spannung sein. Als Messsignal bezeichnet man eine physikalische Größe, die der zu messenden Größe, hier einem elektrischen Strom, eindeutig zugeordnet ist. Der Wert der über den Messwiderstand abfallenden elektrischen Spannung ist ein Maß für den über den Messwiderstand fließenden elektrischen Strom. Die über den Messwiderstand abfallende elektrische Spannung trägt (transportiert) somit eine Information über den über den Messwiderstand fließenden elektrischen Strom. Die über den Messwiderstand abfallende elektrische Spannung ist damit repräsentativ für den über den Messwiderstand fließenden elektrischen Strom und dessen Stromstärke.

[0052] Figur 1 zeigt eine bekannte Schaltung 1 zur Messung eines elektrischen Stroms i . Allgemein wird der Strom i dabei mittels eines Messwiderstands gemessen. Die über einen Messwiderstand abfallende elektrische Spannung u ist ein Maß für den über den Messwiderstand fließenden Strom i . Mit Kenntnis des Widerstandswerts R des Messwiderstands, angegeben in Ohm, ist aus der gemessenen Spannung u der Strom i zu ermitteln.

[0053] Die dargestellte Schaltung 1 ist dabei für zwei Auflösungen ausgelegt.

[0054] Niedrige Werte des Stroms i werden über ein erstes Ausgabemittel 2 gemessen. Für diesen Fall wird als Messwiderstand die Summe der Widerstände R_1 und R_2 wirksam. Ein erstes Messsignal an dem ersten Ausgabemittel 2 umfasst in Figur 1 eine Spannung u_{LC} mit

$$u_{LC} = (R_1 + R_2) \times i; \quad (1)$$

mit dem zu messenden Strom i , und den Messwiderständen R_1 und R_2 .

[0055] Hohe Werte des Stroms i werden über ein zweites Ausgabemittel 3 gemessen. Für diesen Fall wird als Messwiderstand der Widerständen R_2 wirksam. Ein zweites Messsignal an dem zweiten Ausgabemittel 3 umfasst in Figur 1 eine Spannung u_{HC} mit

$$u_{HC} = R_2 \times i; \quad (2)$$

[0056] Damit können für die Messung des Stroms i drei Messbereiche für den zu messenden Strom i definiert werden.

[0057] In einem unteren Messbereich für niedrige Werte des Stroms i wird lediglich die an dem ersten Anschlussmittel 2 bereitgestellte Spannung u_{LC} genutzt, um einen Messwert für den Strom i zu ermitteln.

[0058] In einem mittleren Messbereich für mittlere Werte des Stroms i werden sowohl die an dem ersten Anschlussmittel 2 bereitgestellte Spannung u_{LC} als auch die an dem zweiten Anschlussmittel 3 bereitgestellte Spannung u_{HC} genutzt, um einen Messwert für den Strom i zu ermitteln.

[0059] In einem oberen Messbereich für hohe Werte des Stroms i wird lediglich die an dem zweiten Anschlussmittel 3 bereitgestellte Spannung u_{HC} genutzt, um einen Messwert für den Strom i zu ermitteln.

[0060] Eine Umschaltung zwischen zwei benachbarten Messbereichen, im vorliegenden Fall dem oberen, dem mittleren und dem unteren Messbereich kann zu kurzfristigen Spannungsspitzen an einem Ausgang einer in Figur 1 nicht gezeigten Auswerteschaltung führen.

[0061] Der Auswerteschaltung werden von den Anschlussmitteln 2, 3 jeweils die Messsignale mit den Spannungen u_{LC} und u_{HC} zugeführt. Die Auswerteschaltung stellt an einem Ausgang einen Messwert für den Strom i bereit. Der Messwert ist jeweils entsprechend der vorstehend definierten Vorschrift für jeden der Messbereich unterschiedlich zu ermitteln. Die Auswerteschaltung schaltet dazu entsprechend dem für den Strom i zutreffenden Messbereich zwischen den Messbereichen um.

[0062] Anhand Figur 2 wird eine harte Umschaltung zwischen Strommessbereichen für die bekannte Schaltung 1 zur Strommessung kurz erläutert. Figur 2 stellt dabei die einfachste und zugleich nachteiligste Umschaltung zwischen zwei Messbereichen dar. In Figur 2 wird ein unterer Messbereich direkt in einen oberen Messbereich umgeschaltet.

[0063] Die Auswerteschaltung ermittelt in Figur 2 den Messwert für den zu messenden Strom i auf Basis einer Vorschrift

$$\begin{aligned} &\text{wenn } u_{LC} > u_{TH} \text{ dann Messwert} = u_{HC} \\ &\text{sonst Messwert} = u_{LC}; \end{aligned} \quad (3)$$

aus den gemessenen Spannungen u_{LC} und u_{HC} mit einer Schwellwertspannung u_{TH} . Damit gilt in einem ersten Messbereich für einen zu messenden Strom i , bis die über den Messwiderstand R_2 abfallende Spannung u die Schwellwertspannung u_{TH} erreicht, eine erste Genauigkeit, die größer als eine zweite Genauigkeit ist, die für eine über den Messwiderstand $R_2 + R_2$ abfallende Spannung u ist, wenn u_{LC} größer oder gleich u_{TH} ist. Dies ist aus der oberen Teilfigur der Figur 2 und den dort gezeigten entsprechenden Steigungen der ersten Kennlinie 4 für niedrige Werte des zu messenden Stroms und der zweiten Kennlinie 5 für entsprechend große Werte des zu messenden Stroms ersichtlich.

[0064] Der Messbereich der Messschaltung 1 wird durch eine obere Messbereichsgrenze i_{max} für den Strom i begrenzt. Bei der oberen Messbereichsgrenze i_{max} wird in der Auswerteschaltung ein zugeordneter Spannungswert u_{max} gemessen.

[0065] Die untere Teilfigur 2 stellt zugeordnet zu der oberen Teilfigur 2 den Verlauf einer Gewichtungsfunktion G für die gemessenen Spannungen u_{LC} und u_{HC} dar. Mit der Gewichtungsfunktion G wird der jeweilige Beitrag der gemessenen Spannungen u_{LC} und u_{HC} zu dem Messwert für den Strom i bestimmt.

[0066] In Figur 2 umfasst die Gewichtungsfunktion G zwei Komponenten. Eine erste Gewichtungsfunktion $G(LC)$ gilt für ein erstes Messsignal, beziehungsweise die Spannung u_{LC} an dem ersten Anschlussmittel 2. Eine zweite Gewichtungsfunktion $G(HC)$ gilt für ein zweites Messsignal, beziehungsweise die Spannung u_{HC} an dem zweiten Anschlussmittel 3. In dem ersten Strommessbereich 6 gewichtet die erste Gewichtungsfunktion die Spannung u_{LC} mit 1 und die zweite Gewichtungsfunktion $G(HC)$ die Spannung u_{HC} mit 0. In einem zweiten Strommessbereich 7 gewichtet die erste Gewichtungsfunktion $G(LC)$ die Spannung u_{LC} mit 0 und die zweite Gewichtungsfunktion $G(HC)$ die Spannung u_{HC} mit 1. Damit wird in dem ersten Strommessbereich 6 ausschließlich die Spannung u_{LC} und in dem zweiten Strommessbereich 7 ausschließlich die Spannung u_{HC} für die Ermittlung des Messwerts für den Strom i herangezogen. Der erste Strommessbereich 6 ist für kleine Werte des zu messenden Stroms i und der zweite Strommessbereich 7 für große Werte des zu messenden Stroms i bestimmt. Für Werte des Stroms i , die der Schwellwertspannung u_{TH} entsprechen, erfolgt ein direkter, abrupter Übergang der Gewichtungsfunktion G .

[0067] Dieser abrupte Übergang zwischen dem ersten Strommessbereich 6 und dem zweiten Strommessbereich 7 kann zum Beispiel zu unerwünschten Spannungsspitzen in einer den Messwert repräsentierende Ausgangsspannung der Auswerteschaltung führen. In Figuren 3 und 4 werden daher bekannte Maßnahmen gezeigt, die ein abruptes Umschalten mittels Einführen ei-

nes Übergangsbereichs 9 in dem Messbereich mittels der Auswerteschaltung und insbesondere einer geänderten Vorschrift (4) zur Ermittlung des Messwerts aus den gemessenen Spannungen u_{LC} und u_{HC} in der Auswerteschaltung vermeiden.

wenn $u_{LC} < u_{TH1}$ dann Messwert = u_{LC}

sonst wenn $u_{TH1} < u_{LC} < u_{TH2}$ dann Messwert = mit G gewichtete

Kombination von u_{LC} und u_{HC}

sonst Messwert = u_{LC} ; (4)

[0068] Figur 3 vermeidet also das harte Umschalten zwischen Strommessbereichen. Eine geglättete Umschaltung zwischen Strommessbereichen für die bekannte Schaltung 1 zur Strommessung kann mit einem linearen Übergang der Gewichtungsfunktion G in dem dritten Strommessbereich 8 verwirklicht werden.

[0069] Figur 4 stellt den Verlauf der Gewichtungsfunktion G in dem dritten Strommessbereich 8 für einen exponentiell geglätteten Übergang für die Umschaltung zwischen Strommessbereichen für die bekannte Schaltung 1 vor. Die Komponenten der Gewichtungsfunktion umfassen die erste Gewichtungsfunktion G(LC) für die gemessene Spannung u_{LC} und die zweite Gewichtungsfunktion G(HC) für die gemessene Spannung u_{HC} . Der Verlauf der Gewichtungsfunktion G ist lediglich für den dritten Strommessbereich 8 dargestellt, in dem die Komponenten einen stetigen Übergang entsprechend einer trigonometrischen Funktion, insbesondere einer cos- und sin-Funktion, oder einer Kombination trigonometrischer Funktionen oder einer Exponentialfunktion aufweisen.

[0070] In Figur 5 wird eine erfindungsgemäße Messschaltung 10 zur Strommessung nach einem ersten Ausführungsbeispiel dargestellt.

[0071] Die Messschaltung 10 kann in einem Betriebsgerät 20 zur Messung eines LED-Stroms I_{LED} , der als Laststrom für den Betrieb eines Leuchtmittels 22 verwendet wird, eingesetzt werden.

[0072] Das Betriebsgerät 20 ist eingangsseitig mit einer Netzspannungsversorgung VAC verbunden und erzeugt aus einer Netzwechselspannung einen Gleichstrom als Laststrom, gezeigt ist in Figur 5 der Strom I_{LED} , zur Versorgung des Leuchtmittels 22. Das Betriebsgerät 20 weist dazu zumindest einen Konverterschaltkreis 21 auf.

[0073] Der Konverterschaltkreis 21 kann zum Beispiel ein Schaltnetzteil umfassen, das als Sperrwandler (englisch: Flyback) aufgebaut ist.

[0074] Die Darstellung des Betriebsgeräts 20 ist in Fig. 5 stark vereinfacht. Der Betriebsgerät 20 kann weitere Schaltungen und Schnittstellen aufweisen, zum Beispiel ein Netzeingangsfiler, eine Gleichrichterschaltung zur Gleichrichtung der Netzwechselspannung, eine Leistungsfaktorkorrekturschaltung, und einen oder mehrere Steuerschaltkreise wie Mikrokontroller und/oder anwendungsspezifische Schaltkreise (englisch: ASICs).

[0075] Die erfindungsgemäße Messschaltung 10 nach dem ersten Ausführungsbeispiel weist einen ersten Strommesspfad 11 und einen zweiten Strommesspfad 13 in einer Parallelschaltung auf.

[0076] Die Messschaltung 10 kann weitere zweite Strommesspfade 13 aufweisen.

[0077] Der erste Strommesspfad 11 umfasst einen ersten ohmschen Widerstand 12. Der zweite Strommesspfad 13 ist parallel zu dem ersten Strommesspfad 11 angeordnet und weist eine Serienschaltung eines Halbleiterelements 15 und eines zweiten ohmschen Widerstands 14 auf.

[0078] Ein zu messender Strom i_G teilt sich in einen ersten Strom i_1 durch den ersten Strommesspfad 11 und einen zweiten Strom i_2 durch den zweiten Strommesspfad 13 auf. Dabei gilt:

$$i_G = i_1 + i_2; \quad (5)$$

[0079] In Figur 5 ist das Halbleiterelement 15 durch eine Antiparallelschaltung eines ersten Halbleiterbauelements 18 und eines zweiten Halbleiterbauelements 18 realisiert. Das erste Halbleiterbauelement 18 und das zweite Halbleiterbauelement 19 können zum Beispiel Halbleiterdioden

(Diode) und/oder Schottky-Dioden sein.

[0080] In der Antiparallelschaltung wird eine Kathode der Diode, die das erste Halbleiterbauelement 18 darstellt, mit einer Anode der Diode, die das zweite Halbleiterbauelement 19 darstellt, verbunden. Weiter wird in der Antiparallelschaltung eine Kathode der Diode, die das erste Halbleiterbauelement 18 darstellt, mit einer Kathode der Diode, die das zweite Halbleiterbauelement 19 darstellt verbunden.

[0081] Das Halbleiterelement 15 kann alternativ oder zusätzlich mittels Transistoren, insbesondere auch Bipolar-Transistoren realisiert werden.

[0082] Die Messschaltung 10 weist ein erstes Anschlussmittel 16 und ein zweites Anschlussmittel 17 auf. Das erste Anschlussmittel 16 ist mit einer Eingangsseite des ersten Strommesspfades 11 und einer Eingangsseite des zweiten Strommesspfades 13 verbunden.

[0083] Über das erste Anschlussmittel 16 wird ein erstes Messsignal ausgegeben. Das erste Messsignal kann insbesondere eine elektrische Spannung u_{LC} zwischen dem ersten Anschlussmittel 16 und einem Bezugspotential, zum Beispiel einem Massepotential, umfassen.

[0084] Das zweite Anschlussmittel 17 ist mit einem Ausgang des Halbleiterelements 15 und einem ersten Anschluss des zweiten ohmschen Widerstands 14 verbunden. Der zweite Anschluss des zweiten ohmschen Widerstands 14 ist mit einem zweiten Anschluss des ersten ohmschen Widerstands 12 und einem Masseanschluss verbunden.

[0085] Über das zweite Anschlussmittel 17 wird ein zweites Messsignal ausgegeben. Das zweite Messsignal kann insbesondere eine elektrische Spannung u_{HC} zwischen dem zweiten Anschlussmittel 17 und dem Bezugspotential umfassen.

[0086] Das erste Anschlussmittel 16 ist mit einem ersten Eingang AD1 eines Steuerschaltkreises 23 verbunden. Das zweite Anschlussmittel 17 ist mit einem zweiten Eingang AD2 des Steuerschaltkreises 23 verbunden.

[0087] Der erste Eingang AD1 und der zweite Eingang AD2 können jeweils Eingänge eines Analog-Digital-Konverters (A/D-Wandlers) des Steuerschaltkreises 23 sein.

[0088] Der Steuerschaltkreis 23 ermittelt aus einem über das erste Anschlussmittel 16 zugeführten ersten Messsignal und einem über das zweite Anschlussmittel 17 zugeführten zweiten Messsignal einen Messwert für den zu messenden Strom i_G und gibt den ermittelten Messwert in einem Messausgangssignal 24 aus.

[0089] Der Steuerschaltkreis 23 kann als Mikrokontroller oder anwendungsspezifischer Schaltkreis ausgeführt sein. Insbesondere kann die erfindungsgemäße Funktion des Steuerschaltkreises 23 auch durch den Mikrokontroller oder entsprechenden Schaltkreis des Betriebsgeräts 20 zusammen mit weiteren Steuerfunktionen des Betriebsgeräts 20 ausgeführt werden.

[0090] Die Ermittlung des zu messenden Stroms i_G erfolgt mittels zweier Spannungsmessungen in dem Steuerschaltkreis 23.

[0091] Für kleine Werte des zu messenden Stroms i_G wird kein Strom i_2 durch den zweiten Strommesspfad 13 mit dem Widerstand 14 fließen, da eine Vorwärtsspannung U_F des zweiten Halbleiterbauelements (Diode) 19 größer als ein Spannungsabfall über den ersten Widerstand 12 ist.

[0092] In diesem ersten Spannungsmessbereich LC für kleine Werte des zu messenden Stroms i_G gilt daher der Zusammenhang (6) zwischen dem zu messenden Strom i_G und einer ersten gemessenen Spannung u_{LC} :

$$i_G = i_1 = \frac{u_{LC}}{R_1}; \quad (6)$$

[0093] In (6) bezeichnet R_1 einen Widerstandswert des ersten Widerstands 12.

[0094] Für große Werte des zu messenden Stroms i_G wird der Spannungsabfall über den ersten Widerstand 12 größer als die Vorwärtsspannung U_F des zweiten Halbleiterbauelements 19 sein. Somit kann der Strom i_2 über den zweiten Strommesspfad 13 mit dem zweiten Widerstand 14 flie-

Ben. Dieser Strom i_2 kann über das zweite Anschlussmittel 17 als Spannungsabfall über den zweiten Widerstand 14 durch den Steuerschaltkreis 23 gemessen werden.

[0095] Somit gelten in dem zweiten Spannungsmessbereich HC für große Werte des zu messenden Stroms i_G die Zusammenhänge:

$$i_1 = \frac{U_{LC}}{R_1}; \quad (7)$$

$$i_2 = \frac{U_{HC}}{R_2}; \quad (8)$$

[0096] In (8) bezeichnet R_2 einen Widerstandswert des zweiten Widerstands 14. Weiter gilt für den zweiten Strommesspfad 13 für die Diode als zweites Halbleiterbauelement 19:

$$U_D = U_F + i_2 \times R_D \quad (9)$$

[0097] In (9) bezeichnet U_D einen Spannungsabfall über das Halbleiterelement 15, U_F die Vorwärtsspannung des als Diode ausgebildeten zweiten Halbleiterbauelements 19 und R_D einen Widerstand über das zweite Halbleiterbauelement 19 in einem Durchlassbereich der Diode.

[0098] Der zu messende Strom i_G wird nach (7) und (8) aus den beiden gemessenen Spannungen U_{LC} und U_{HC} mit Formel (5) bestimmt:

$$i_G = i_1 + i_2 = \frac{U_{LC}}{R_1} + \frac{U_{HC}}{R_2}; \quad (10)$$

[0099] Damit kann der Steuerschaltkreis 23 den Messwert für den zu messenden Strom i_G mittels einer einfachen Addition aus dem entsprechend gemessenen Spannungen U_{LC} U_{HC} und den bekannten Widerstandswerten R_1 des ersten Widerstands 12 und R_2 des zweiten Widerstands 14 ermitteln.

[00100] Diese einfache Ermittlung des Messwerts gemäß (10) kann erfolgen, obwohl eine nicht-lineare Schaltung aufgrund des Halbleiterelements 15 in dem zweiten Strommesspfad 13 vorliegt.

[00101] Aufgrund des zu dem ersten Strommesspfad 11 parallel angeordneten zweiten Strommesspfad 13 für größere Werte des zu messenden Stroms i_G wird der Strommessbereich der erfindungsgemäßen Schaltung 11 gegenüber der bekannten Strommessung mittels einem einfachen Messwiderstand erweitert. Erfindungsgemäß ist der gesamte für die Strommessung wirksame Messwiderstand für große Werte des Stroms i_G durch die parallele Anordnung eines zweiten Strommesspfads mit einem Widerstand R_2 bei vernachlässigtem Widerstand des Halbleiterelements 15 verringert.

[00102] Die antiparallele Anordnung des ersten Halbleiterbauelements 18 zu dem zweiten Halbleiterbauelement 19 bewirkt eine entsprechende Erweiterung des Messbereichs für Stromwerte des zu messenden Stroms i_G mit invertierter Polarität. Die Bestimmung des zu messenden Stroms i_G erfolgt in einem zu dem diskutierten Verfahren entsprechendem Vorgehen.

[00103] Erstreckt sich der Strommessbereich der erfindungsgemäßen Messschaltung 10 lediglich auf Werte in Richtung einer Polarität des zu messenden Stroms i_G , so kann auf eines der beiden Halbleiterbauelemente, entweder das erste Halbleiterbauelement 18 oder das zweite Halbleiterbauelement 19 verzichtet werden. Der Strommessbereich erstreckt sich dann entweder ausschließlich in Richtung der negativen Polarität, also $i_{\min} \leq i_G \leq 0$ oder ausschließlich in Richtung der positiven Polarität, also von $0 \leq i_G \leq i_{\max}$.

[00104] Mittels der Auswahl des ersten Halbleiterbauelements 18 und des zweiten Halbleiterbauelements 19, insbesondere hinsichtlich einer Vorwärtsspannung U_F der als erstes Halbleiterbauelement 18 und zweites Halbleiterbauelement 19 verwendeten Dioden, ist auch ein asymmetrischer Messbereich bezüglich des Nullpunkts des zu messenden Stroms i_G zu realisieren.

[00105] Bei der Beschreibung der Messschaltung 10 nach Figur 5 wurde ohne Einschränkung davon ausgegangen, dass das erste Halbleiterbauelement 18 und das zweite Halbleiterbauelement 19 Dioden sind. Allgemein lässt sich die erfindungsgemäße Messschaltung 10 auch mit anderen Halbleiterbauelementen, insbesondere auch Schaltern, realisieren. Zum Beispiel kön-

nen Bipolar-Transistoren, Feldeffekttransistoren (MOSFETs), Zweirichtungsdioden (abgekürzt Diac für englisch: „diode for alternating current“), Zweirichtungs-Thyristortriode (Semistor oder abgekürzt TRIAC für „triode for alternating current“) oder andere (Halbleiter-)Schalter verwendet werden.

[00106] Anhand von Figur 6 wird die erfindungsgemäße Ermittlung des zu messenden Stroms i_G mittels Addition auf Grundlage der gemessenen Spannungen u_{LC} und u_{HC} nach Formel (10) dargestellt.

[00107] Aus Figur 6 ist zu erkennen, dass eine einfache Addition der Ströme i_1 und i_2 eine Bestimmung des Messwerts für den zu messenden Strom i_G ermöglicht. Dies gilt insbesondere auch für Teilbereiche des zu messenden Stroms i_G , in denen der Spannungsabfall u über den ersten Messwiderstand 12 dazu führt, dass der zweite Strommesspfad 13 einen Strom i_2 führt. Dies ist in Figur 6 für Spannungen u , die betragsmäßig größer als u_{TH} sind, gegeben.

[00108] Aus Figur 6 wird ebenfalls deutlich, dass die Stromstärken der über die parallelen Strommesspfade 11, 13 fließenden Ströme i_1 und i_2 vorteilhaft gering sind, wenn u größer u_{TH} ist. Damit ist eine Verlustleistung der Messschaltung 10 ebenfalls gering. Weiter entstehen durch Vorteile bei der Dimensionierung der Messschaltung 10 hinsichtlich der einzusetzenden Bauelemente und deren Spannungsfestigkeit.

[00109] In Figur 7 ist ein Messbereich für die Strommessung mittels der erfindungsgemäßen Schaltung 10 gezeigt.

[00110] In einem ersten Teilbereich I des Messbereichs erfolgt die Ermittlung des Stroms i_G allein auf Grundlage des Stroms i_1 durch den ersten Strommesspfad 11. Da der Strom i_2 den Wert 0 hat, liefert der zweite Term in Formel (10) keinen Beitrag bei der Ermittlung des Messwerts für den Strom i_G .

[00111] In einem zweiten Teilbereich II des Messbereichs erfolgt die Ermittlung des Stroms i_G auf Grundlage des Stroms i_1 durch den ersten Strommesspfad 11 und des Stroms i_2 durch den zweiten Strommesspfad 13. Da der Strom i_2 einen Wert ungleich 0 hat, liefert nun auch der zweite Term in Formel (10) einen Beitrag zusätzlich zu dem Beitrag des ersten Terms für den Strom i_1 in Formel (9) bei der Ermittlung des Messwerts für den Strom i_G .

[00112] In einem dritten Teilbereich III des Messbereichs wird die untere Messbereichsgrenze durch einen maximalen oder minimalen Wert der gemessenen Spannung u_{LC} oder u_{HC} bestimmt. Dieser maximale oder minimale Wert ist durch den maximalen Betrag der Spannung bestimmt, die die A/D-Wandler des Steuerschaltkreises 23 verarbeiten können. Somit ist lediglich bis Erreichen dieses Wertes durch den Betrag der Spannungen u_{LC} und u_{HC} eine Messung des Stroms i_G unter Benutzung der Formel (8) möglich.

[00113] Meist wird der maximale oder minimale Wert der gemessenen Spannung durch u_{LC} bestimmt.

[00114] Alternativ kann der maximale oder minimale Wert der gemessenen Spannung durch u_{HC} festgelegt werden.

[00115] In dem dritten Teilbereich III kann der Strom i_G lediglich auf Grundlage des Stroms i_1 durch den ersten Strommesspfad 11 und des Stroms i_2 durch den zweiten Strommesspfad 13 und das nichtlineare Verhalten des Halbleiterelements 15, also zum Beispiel des ersten Halbleiterbauelements 18 oder des zweiten Halbleiterbauelements 19 je nach Richtung des zu messenden Stroms i_G angenähert werden. Die Bestimmung eines Messwerts 24 für den Strom i ist daher lediglich von geringerer Genauigkeit als in dem ersten Teilbereich I und dem zweiten Teilbereich II.

[00116] Es ist daher besonders bevorzugt, die Messschaltung 10 so auszulegen, dass ein Messen des Stroms i_G nicht in dem dritten Teilbereich III erfolgt.

[00117] In den Figuren 8, 9, 10 und 11 werden vorteilhafte Erweiterungsmöglichkeiten für die Messschaltung 10 nach dem grundlegenden Konzept, das in dem ersten Ausführungsbeispiel mit

Bezug zu Figur 5 erläutert wird, aufgezeigt.

[00118] In Figur 8 ist dabei eine Messschaltung 10.1 dargestellt, die das Grundkonzept der Messschaltung 10 um einen weiteren zweiten (im Ergebnis also dritten) Strommesspfad 25 erweitert. Der dritte Strommesspfad 25 umfasst ein weiteres (zweites) Halbleiterelement 26 in einer Serienschaltung mit einem weiteren zweiten (dritten) ohmschen Widerstand 27.

[00119] Der dritte Strommesspfad 25 zeigt das zweite Halbleiterelement 26 durch eine Antiparallelschaltung eines weiteren ersten Halbleiterbauelements 28 und eines weiteren zweiten Halbleiterbauelements 29 realisiert. Das weitere erste Halbleiterbauelement 28 und das weitere zweite Halbleiterbauelement 29 können zum Beispiel Halbleiterdioden und/oder Schottky-Dioden sein.

[00120] Die Messschaltung 10 weist ein erstes Anschlussmittel 16, ein zweites Anschlussmittel 30 und ein weiteres zweites (drittes) Anschlussmittel 31 auf. Das erste Anschlussmittel 16 ist mit einer Eingangsseite des ersten Strommesspfades 11 und einer Eingangsseite des zweiten Strommesspfades 13 verbunden.

[00121] Das zweite Anschlussmittel 30 ist mit einem Ausgang des Halbleiterelements 15 und einem ersten Anschluss des zweiten ohmschen Widerstands 14 verbunden. Der zweite Anschluss des zweiten ohmschen Widerstands 14 ist mit einem zweiten Anschluss des ersten ohmschen Widerstands 12, einem zweiten Anschluss des dritten Widerstands des dritten Strommesspfades 25 und einem Masseanschluss verbunden.

[00122] Der erste Anschluss des weiteren Halbleiterelements 26 ist mit dem zweiten Anschluss des Halbleiterelements 15 des zweiten Strommesspfades 13 verbunden. Der zweite Anschluss des weiteren Halbleiterelements 26 ist mit einem ersten Anschluss des dritten Widerstands 27 verbunden.

[00123] Das dritte Anschlussmittel 31 ist mit einem Ausgang des weiteren Halbleiterelements 26 und dem ersten Anschluss des dritten ohmschen Widerstands 27 verbunden. Der zweite Anschluss des dritten ohmschen Widerstands 27 ist mit einem zweiten Anschluss des ersten ohmschen Widerstands 12, einem zweiten Anschluss des zweiten Widerstands 14 des zweiten Strommesspfades 13 und einem Masseanschluss verbunden.

[00124] Das erste Anschlussmittel 16 ist mit einem ersten Eingang AD1 eines Steuerschaltkreises 23 verbunden. Das zweite Anschlussmittel 30 ist mit einem zweiten Eingang AD2 des Steuerschaltkreises 23 verbunden. Das dritte Anschlussmittel 31 ist mit einem dritten Eingang AD3 eines Steuerschaltkreises 23.1 verbunden.

[00125] Der erste Eingang AD1, der zweite Eingang AD2 und der dritte Eingang AD3 können jeweils Eingänge eines Analog-Digital-Konverters (A/D-Wandlers) des Steuerschaltkreises 23.1 sein.

[00126] Der Steuerschaltkreis 23.1 ermittelt aus einem über das erste Anschlussmittel 16 zugeführten erste Messsignal, einem über das zweite Anschlussmittel 30 zugeführten zweiten Messsignal und einem über das dritte Anschlussmittel 31 zugeführten dritten Messsignal einen Messwert für den zu messenden Strom i_G und gibt den ermittelten Messwert in einem Messausgangssignal 24 aus.

[00127] Die Ermittlung des Messwerts erfolgt in entsprechender Weise zum dem ersten Ausführungsbeispiel. Der dritte Strommesspfad 25 ermöglicht dabei eine Erweiterung des ersten Messbereichs einer einfachen Strommessung mit einem Messwiderstand um zwei weitere Messbereiche.

[00128] In Figur 9 ist eine Messschaltung 10.2 dargestellt, die das Grundkonzept der Messschaltung 10 wie in Figur 8 um einen weiteren zweiten (dritten) Strommesspfad 25 erweitert. Der dritte Strommesspfad 25 umfasst das weitere (zweite) Halbleiterelement 26 in einer Serienschaltung mit dem weiteren zweiten (dritten) ohmschen Widerstand 27.

[00129] Im Unterschied zu Figur 8 ist in der alternativen Struktur nach Figur 9 der dritte Strommesspfad 25 mit seinem ersten Anschluss, der zugleich der erste Anschluss des weiteren Halb-

leiterelements 26 ist, mit den ersten Anschlüssen des ersten Strommesspfads 11 und des zweiten Strommesspfads 13 verbunden.

[00130] Der zweite Anschluss des dritten Strommesspfads 25, der zugleich der zweite Anschluss des dritten Widerstands 27 ist, ist mit dem zweiten Anschluss des ersten Strommesspfads 11 und dem zweiten Anschluss des zweiten Strommesspfads 13 verbunden.

[00131] Die Ausführungen nach Figur 8 und nach Figur 9 weisen somit jeweils zwei zusätzliche Strommesspfade 13, 25 zu dem ersten Strommesspfad 11 auf. Die jeweilige Schaltungsanordnung und die entsprechende Auswahl, insbesondere auch Dimensionierung der Komponenten, also eingesetzter Bauelemente bestimmt eine Aufteilung des Stroms auf die zweiten und dritten Strommesspfade 13, 25.

[00132] In der Ausführung nach Figur 8 besteht eine Abhängigkeit des Stromes über den dritten Strommesspfad 25 von dem Strom über den zweiten Strommesspfad 13 über eine Spannung U_{MC} an dem zweiten Anschlussmittel 30 gegenüber Masse. Dieses Kaskadieren des zweiten und dritten Strommesspfads 13, 25 bewirkt eine einfache vorhersagbare Ausbildung der Ströme über die Strommesspfade. Eine Auswertung zur Strommessung wird somit vereinfacht.

[00133] In der Ausführung nach Figur 9 sind zwei unabhängige zweite Strommesspfade 13, 25 gezeigt. Die Stromaufteilung ist hier über eine Spannung U_{LC} an dem ersten Anschlussmittel 16 gegenüber Masse bestimmt.

[00134] Die Ermittlung des Messwerts erfolgt in entsprechender Weise zum dem ersten Ausführungsbeispiel und dem zweiten Ausführungsbeispiel. Der dritte Strommesspfad 25 nach Figur 9 bewirkt für die Messschaltung 10.2 eine Erweiterung des ersten Messbereichs einer einfachen Strommessung mit einem Messwiderstand in negative und in positive Richtung des zu messenden Stroms i_G .

[00135] In Figur 10 ist eine Messschaltung 10.3 dargestellt, die das Grundkonzept der Messschaltung 10 nach Figur 8 um einen weiteren zweiten (dritten) Strommesspfad 32 erweitert. Der dritte Strommesspfad 32 umfasst das weitere (zweite) Halbleiterelement 31 in einer Serienschaltung mit dem weiteren zweiten (dritten) ohmschen Widerstand 27.

[00136] Das weitere Halbleiterelement 40 ist in Figur 10 als Bipolar-Transistor 33 mit einem Widerstand 34 zwischen einer Basis des Bipolar-Transistors 33 und dem zweiten Anschluss des Halbleiterelements 15 des zweiten Strommesspfads 13 angeordnet. Der Emitter des Bipolar-Transistors 33 ist mit dem ersten Anschluss des dritten Widerstands 27 und dem dritten Anschlussselement 31 verbunden. Der Kollektor des Bipolar-Transistors 33 ist mit dem ersten Anschluss des Widerstands 12 des ersten Strommesspfads 11, dem ersten Anschluss des Halbleiterelements 15 des zweiten Strommesspfads 13 und dem ersten Anschlussmittel 16 verbunden.

[00137] In Figur 10 ist entsprechend zu der Messschaltung nach Figur 9 der dritte Strommesspfad 32 mit seinem ersten Anschluss, der zugleich der erste Anschluss des weiteren Halbleiterelements 40 ist, mit den ersten Anschlüssen des ersten Strommesspfads 11 und des zweiten Strommesspfads 13 verbunden.

[00138] Der zweite Anschluss des dritten Strommesspfads 32, der zugleich der zweite Anschluss des dritten Widerstands 27 ist, ist mit dem zweiten Anschluss des ersten Strommesspfads 11 und dem zweiten Anschluss des zweiten Strommesspfads 13 verbunden.

[00139] Die Ermittlung des Messwerts erfolgt in entsprechender Weise zum dem ersten Ausführungsbeispiel, zweiten Ausführungsbeispiel und dritten Ausführungsbeispiel.

[00140] Der dritte Strommesspfad 32 nach Figur 10 bewirkt eine Erweiterung des ersten Messbereichs einer einfachen Strommessung mit einem Messwiderstand um einen weiteren Messbereich für Stromwerte mit positivem Vorzeichen des zu messenden Stroms i_G .

[00141] Damit ist der Messbereich der Messschaltung 10.3 asymmetrisch zu einem Nullpunkt des zu messenden Stroms i_G angeordnet.

[00142] Die unterschiedlichen Schaltungsstrukturen der Messschaltungen 10, 10.1, 10.2 und

10.3 geben lediglich einige Beispiele für das erfindungsgemäße Konzept einer Messschaltung 10 zur Messung eines Stroms über einen weiten Messbereich mit hoher Genauigkeit wieder. Es können zahlreiche weitere Abwandlungen im Rahmen der Ansprüche für die erfindungsgemäße Messschaltung 10 angegeben werden.

[00143] Figur 11 ist ein weiteres Beispiel für einen Aufbau der Messschaltung 10.4, die das mit Bezug zu Figur 5 dargestellte Grundkonzept abwandelt.

[00144] In Figur 11 weist das Halbleiterelement 15 ein erstes Halbleiterbauelement 18.1 und ein zweites Halbleiterbauelement 19.1 auf. Dabei umfasst das erste Halbleiterbauelement 18.1 einen npn-Bipolar-Transistor 35 und einen Basis-Kollektor-Widerstand 36. Das zweite Halbleiterbauelement 19.1 umfasst einen pnp-Bipolar-Transistor 35 Basis-Kollektor-Widerstand 38.

[00145] Die Funktion der Messschaltung 10.4 ist entsprechend zu der Messschaltung 10 nach Figur 5, insbesondere auch mit Bezug auf den Aufbau des Messbereichs nach Figur 7.

[00146] Damit zeigt die Messschaltung 10.4 nach dem vierten Ausführungsbeispiel alle Vorteile der Messschaltung 10.

[00147] Der von der Messschaltung 10, 10.1, 10.2, 10.3, 10.4 bereitgestellte Messwiderstand für die Strommessung verringert sich für zunehmende Werte des zu messenden Stroms i_G . Damit sind an die einzelnen Bauteile und Komponenten der Messschaltung 10, 10.1, 10.2, 10.3, 10.4 geringere Anforderungen an die zu bewältigende elektrische Leistung zu stellen. Damit sind entsprechende Kostenvorteile bei den Fertigungskosten der Messschaltung 10, 10.1, 10.2, 10.3, 10.4 zu erreichen und die verfügbare Auswahl für Bauelemente ist entsprechend größer. Die Raumanforderungen auf einer Leiterplatte für die Messschaltung 10, 10.1, 10.2, 10.3, 10.4 fallen entsprechend geringer aus. Dies ist insbesondere eine Folge der geringeren Verlustleistung in dem kritischen Messbereich für hohe Werte des zu messenden Stroms i_G .

[00148] Der verringerte Messwiderstand für die Strommessung bewirkt ebenso einen erweiterten Messbereich für niedrige Werte des zu messenden Stroms i_G .

[00149] Die Ermittlung eines Messwerts für den zu messenden Strom i_G wird erfindungsgemäß mittels einer einfachen Addition auf Grundlage der gemessenen Spannungswerte und entgegen den üblichen Verfahren ohne Gewichtungsfunktionen oder Filter vorgenommen. Damit ist der Steuerschaltkreis 23, 23.1, 23.2, 23.3 entsprechend einfach aufgebaut und kostengünstig.

[00150] Der Steuerschaltkreis 23, 23.1, 23.2, 23.3 vermeidet Umschaltvorgänge zwischen Teilmessbereichen. Damit kann auf eine Steuersignalerzeugung und entsprechende Steuersignalverteilung in der Messschaltung 10, 10.1, 10.2, 10.3, 10.4 vollständig verzichtet werden.

[00151] Übergänge zwischen Teilbereichen des Messbereichs für die erfindungsgemäße Messschaltung 10, 10.1, 10.2, 10.3, 10.4 sind unkritisch und weisen insbesondere keine Spannungssprünge, Spikes oder vergleichbare störende Phänomene auf. Dies ist eine Konsequenz daraus, dass der Steuerschaltkreis 23, 23.1, 23.2, 23.3 einen Messwert für den zu messenden Strom i_G über eine Addition auf Grundlage der Messsignale aller Strommesspfade 11, 13, 25, 31 einer Messschaltung 10, 10.1, 10.2, 10.3, 10.4 über den gesamten Messbereich ermittelt.

[00152] Der Aufbau der Messschaltung 10, 10.1, 10.2, 10.3, 10.4 ist ausgehend von einem Basisaufbau, wie er zum Beispiel in den Messschaltungen 10, 10.4 gezeigt ist, modular und skalierbar. Somit können mittels Hinzufügen weiterer Strommesspfade 11, 13, 25, 32 auch asymmetrische Messbereiche bezüglich des Nullpunkts des zu messenden Stroms i_G verwirklicht werden.

Ansprüche

1. Betriebsgerät mit einer Messschaltung (10) zur Messung eines elektrischen Stroms,
wobei die Messschaltung einen ersten Strommesspfad (11) und zumindest einen zweiten Strommesspfad (13) aufweist, und
der erste Strommesspfad (11) ein erstes Ausgabemittel (16) zur Ausgabe eines ersten Messsignals und der zumindest eine zweite Strommesspfad (13) ein zweites Ausgabemittel (17) zur Ausgabe eines zweiten Messsignals umfasst, und
dadurch gekennzeichnet,
dass der zumindest eine zweite Strommesspfad (11) mit zumindest einem Halbleiterbauelement (15) in Serie zu einem Widerstand (14) ausgebildet ist, und
ein Steuerschaltkreis (23) der Messschaltung (10) eingerichtet ist, einen Messwert für den elektrischen Strom aus dem ersten Messsignal und dem zumindest einen zweiten Messsignal zu ermitteln.
2. Betriebsgerät für Leuchtmittel nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** dass
der Steuerschaltkreis (23) ausgebildet ist, stets unabhängig von einem Wert des zu messenden elektrischen Stroms den Messwert aus dem ersten Messsignal und dem zumindest einen zweiten Messsignal zu ermitteln.
3. Betriebsgerät für Leuchtmittel nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet,** dass
das zumindest eine Halbleiterelement (15) eine Diode und/oder ein Transistor ist.
4. Betriebsgerät für Leuchtmittel nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet,** dass
das zumindest eine Halbleiterelement (15) ein erstes Halbleiterbauelement (18) und ein zu dem ersten Halbleiterbauelement (18) antiparallel geschaltetes zweites Halbleiterbauelement (19) umfasst.
5. Betriebsgerät für Leuchtmittel nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet,** dass
das Leuchtmittel (22) mindestens eine LED aufweist.
6. Betriebsgerät für Leuchtmittel nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet,** dass
das Betriebsgerät zumindest einen getakteten Konverterschaltkreis (21), insbesondere einen Sperrwandler-Schaltkreis, aufweist.
7. Betriebsgerät für Leuchtmittel nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet,** dass
der Konverterschaltkreis (21) als synchroner Sperrwandler-Schaltkreis ausgebildet ist.
8. Betriebsgerät für Leuchtmittel nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet,** dass
der Steuerschaltkreis (23) eingerichtet ist, den Messwert mittels einer Addition aus dem ersten Messsignal und dem zumindest einen zweiten Messsignal zu ermitteln.
9. Betriebsgerät für Leuchtmittel nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet,** dass der Steuerschaltkreis (23) ausgebildet ist,
das erste Messsignal entsprechend einem Wert eines Messwiderstands (12) in dem ersten Strommesspfad (11) zu gewichten und das zumindest eine zweite Messsignal entsprechend einem Wert des Widerstands (14) in dem zumindest einen zweiten Strommesspfad (13) zu gewichten, und
den Messwert mittels Addition des gewichteten ersten Messsignals und des gewichteten zumindest einen zweiten Messsignals zu ermitteln.

10. Betriebsgerät für Leuchtmittel nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass
- der Steuerschaltkreis (23) ausgebildet ist, für kleine Werte des zu messenden elektrischen Stroms den Messwert aus lediglich einem Teil einer Menge umfassend das erste Messsignal und das zumindest eine zweite Messsignal zu ermitteln.

Hierzu 10 Blatt Zeichnungen

1/10

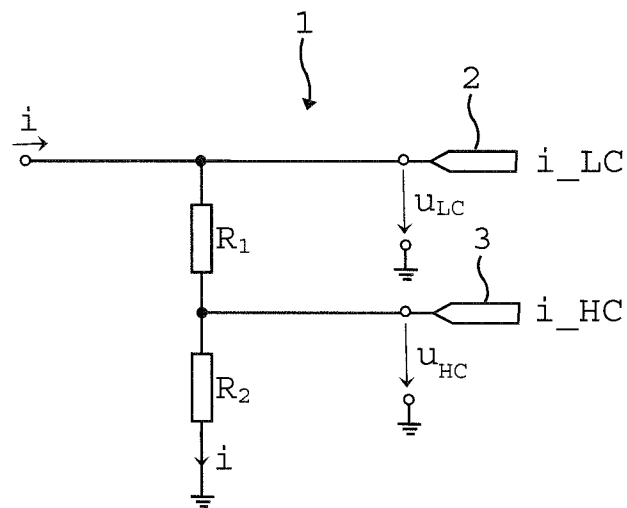


Fig. 1

2/10

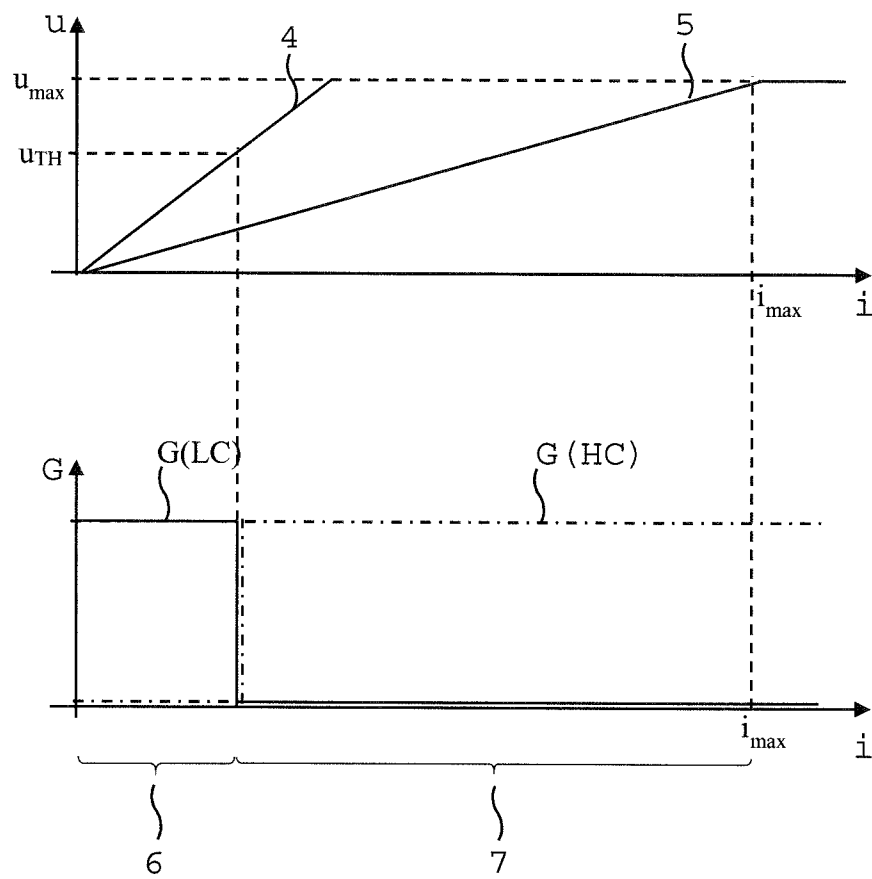


Fig. 2

3/10

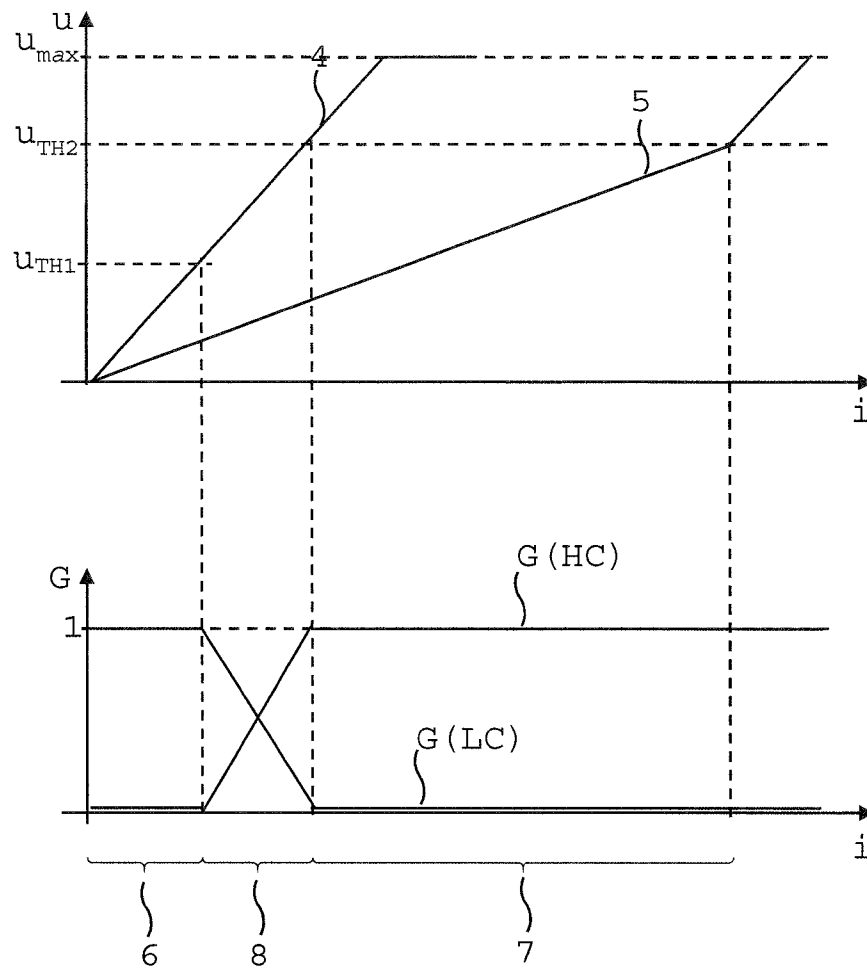


Fig. 3

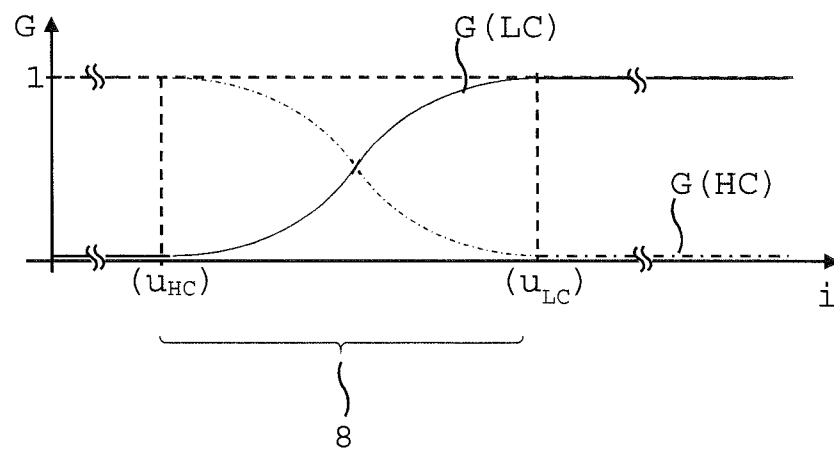


Fig. 4

4/10

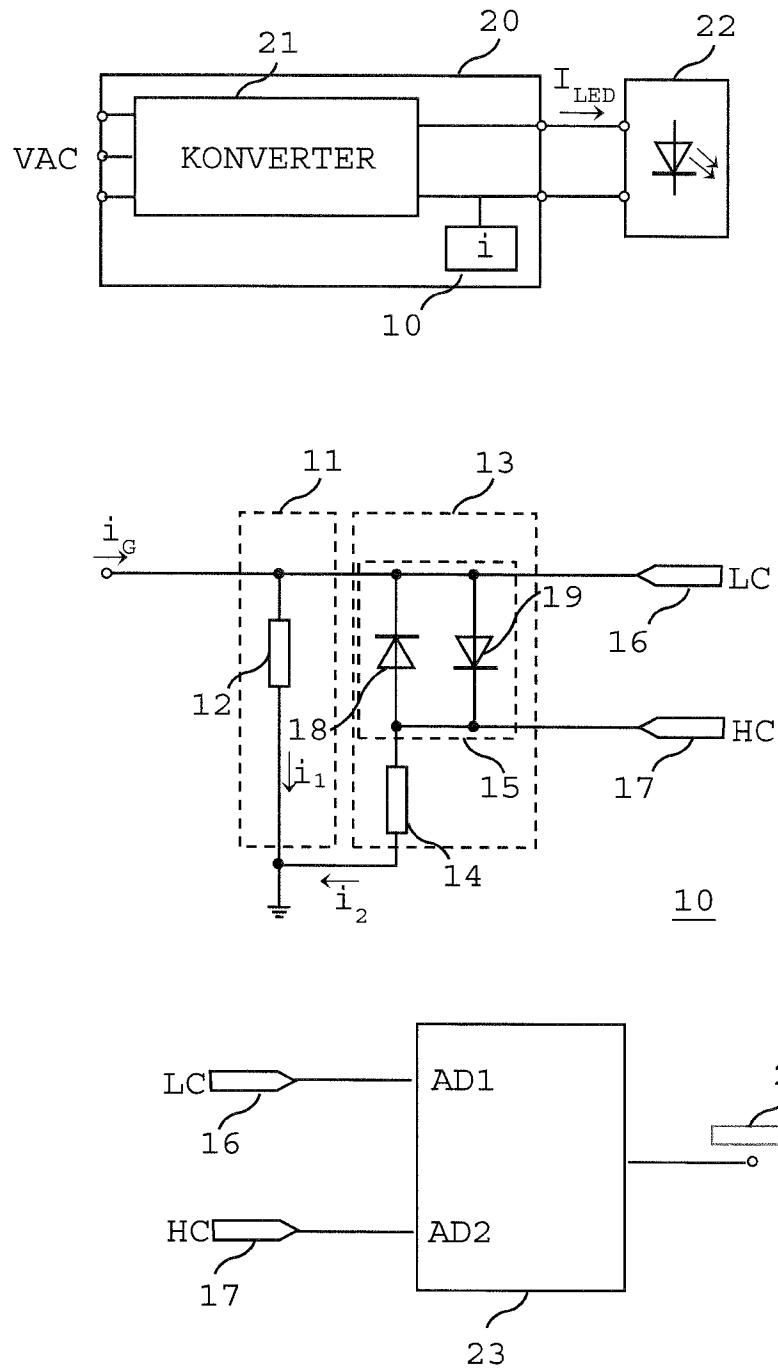


Fig. 5

5/10

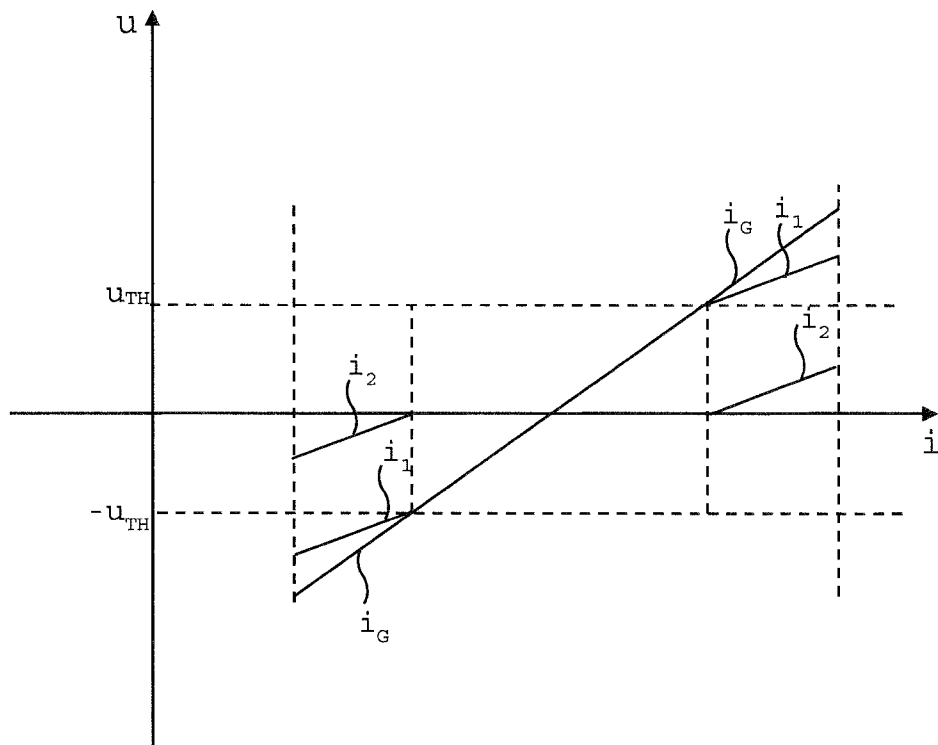


Fig. 6

6/10

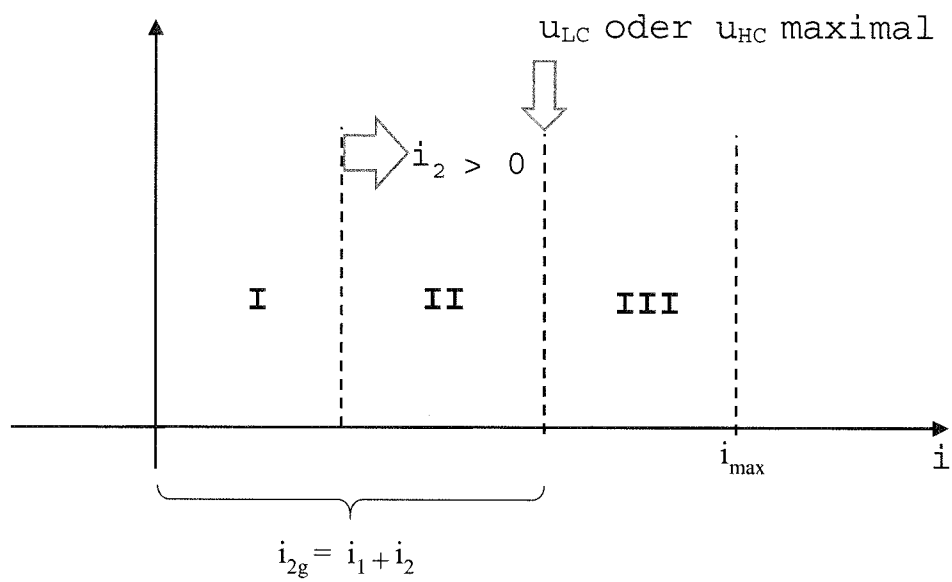
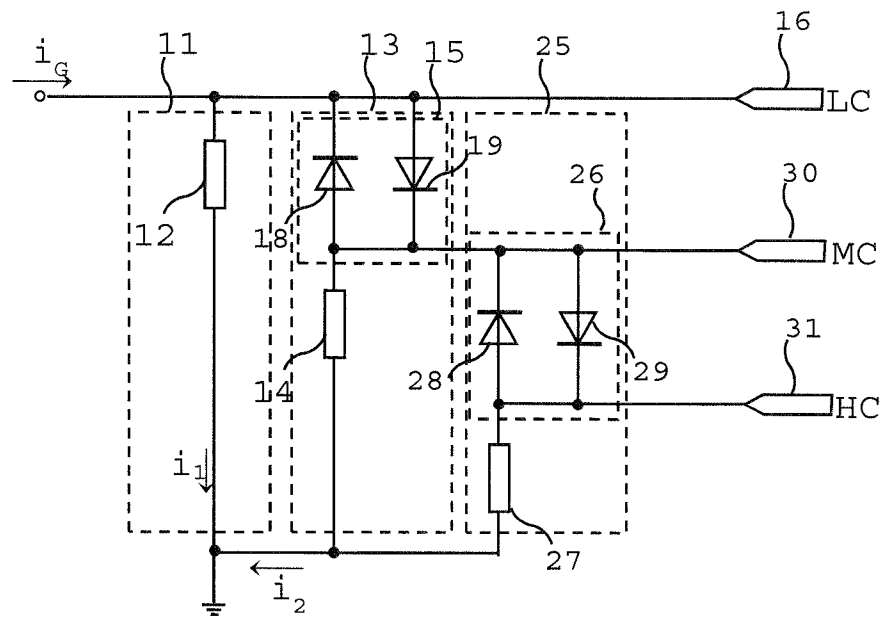


Fig. 7

7/10



10.1

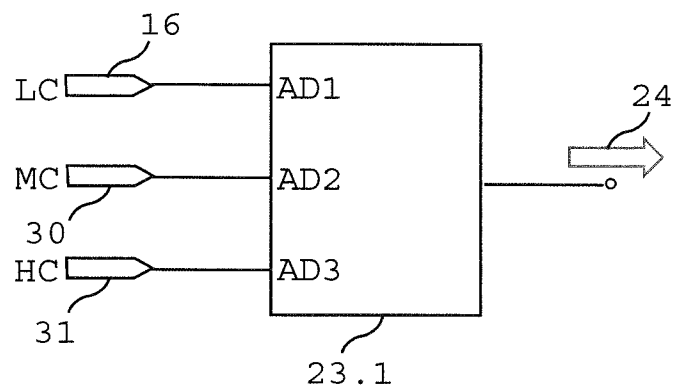
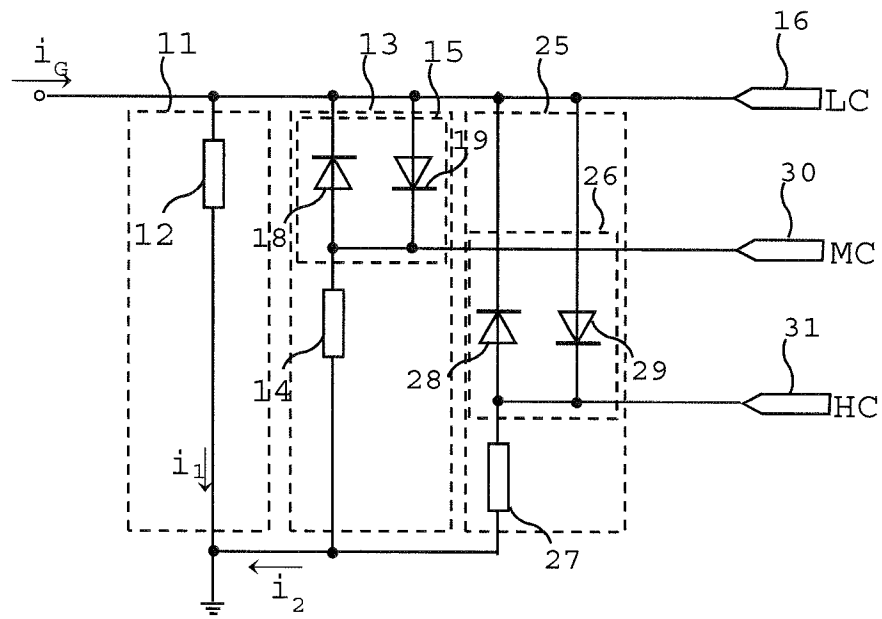


Fig. 8

8/10



10.2

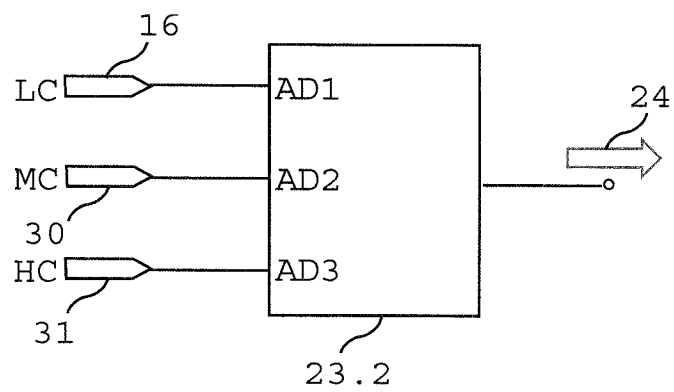


Fig. 9

9/10

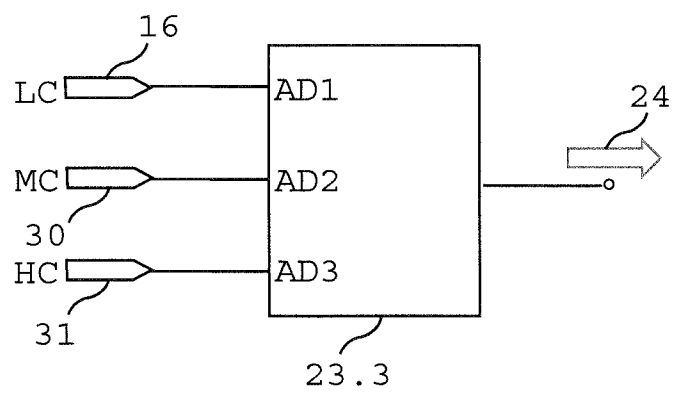
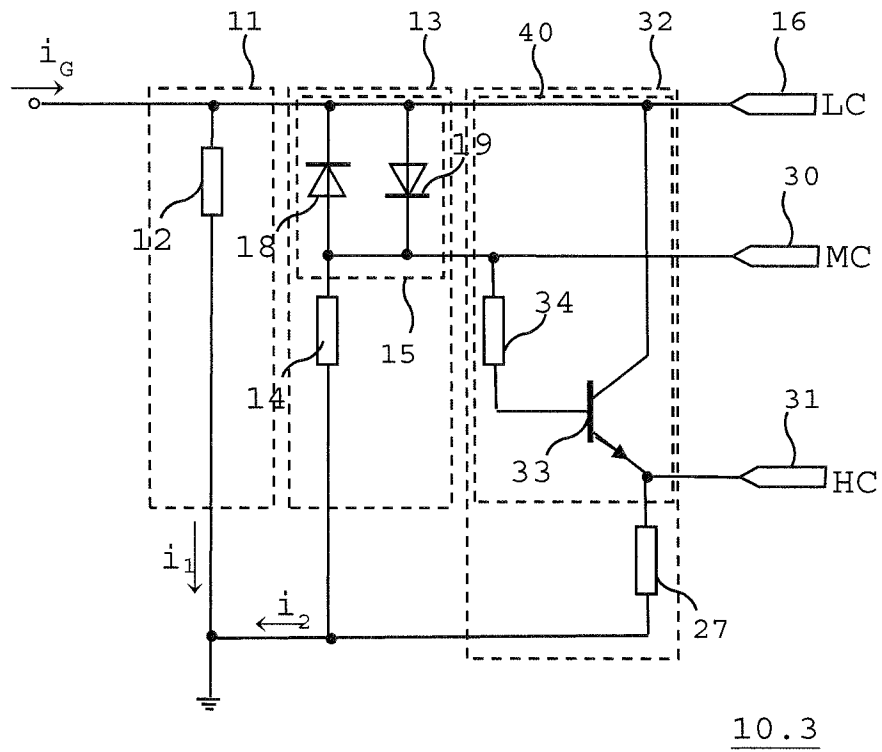
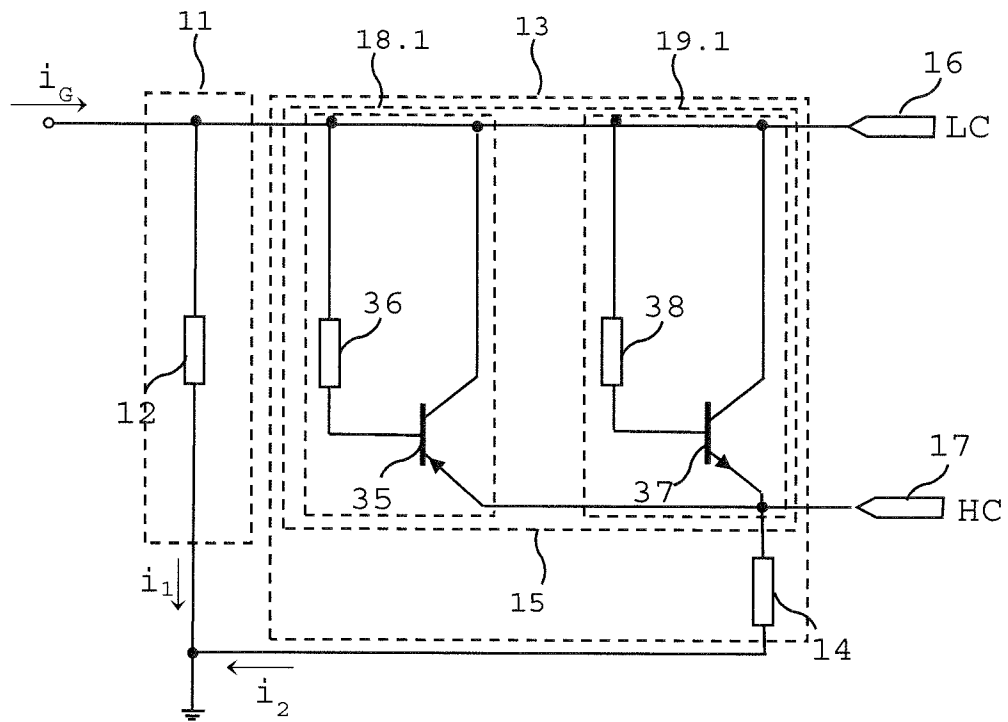


Fig. 10

10/10



10.4

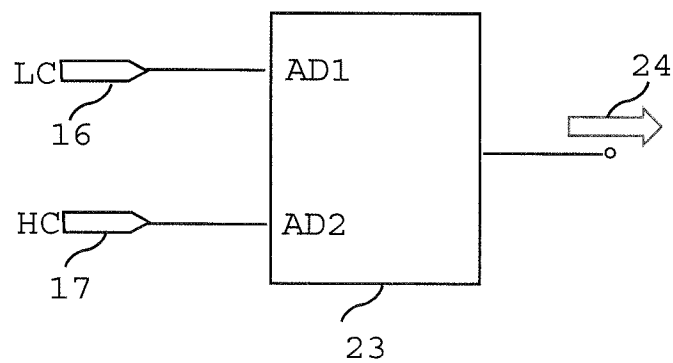


Fig. 11

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC: G01R 19/00 (2006.01); H05B 45/345 (2020.01)		
Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC: G01R 19/0092 (2013.01); H05B 45/345 (2022.01)		
Recherchierter Prüfstoﬀ (Klassifikation): G01R, H05B		
Konsultierte Online-Datenbank: EPODOC, WPIAP		
Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 04.12.2018 eingereichten Ansprüchen 1-10 erstellt.		
Kategorie*)	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungs- datum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreﬀend An- spruch
A	EP 2824464 A1 (DR JOHANNES HEIDENHAIN GMBH) 14. Januar 2015 (14.01.2015) Abbildungen 2-4	1-10
A	DE 102013213566 A1 (CONTI TEMIC MICROELECTRONIC) 15. Jan- uar 2015 (15.01.2015) Ganzes Dokument	1-10
A	DE 102014103296 A1 (INFINEON TECHNOLOGIES AG) 18. Septem- ber 2014 (18.09.2014) Abbildung 3	1-10
A	US 2014354266 A1 (HURWITZ et al) 04. Dezember 2014 (04.12.2014) Abbildung 1	1-10
Datum der Beendigung der Recherche: 31.08.2022		
Seite 1 von 1		Prüfer(in): TORRE Palmiro
*) Kategorien der angeführten Dokumente: X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung: der Anmeldungsgegen- stand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfin- derischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. Y Veröffentlichung von Bedeutung: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Ver- öffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist. A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert. P Dokument, das von Bedeutung ist (Kategorien X oder Y), jedoch nach dem Prioritätstag der Anmeldung veröffentlicht wurde. E Dokument, das von besonderer Bedeutung ist (Kategorie X), aus dem ein „älteres Recht“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen). & Veröffentlichung, die Mitglied der selben Patentfamilie ist.		