



(11)

EP 4 454 418 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

28.05.2025 Patentblatt 2025/22

(21) Anmeldenummer: **22830806.0**

(22) Anmeldetag: **07.12.2022**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
H05B 45/54 (2020.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
H05B 45/54

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2022/084727

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2023/117420 (29.06.2023 Gazette 2023/26)

(54) **VERFAHREN ZUR ERKENNUNG EINES KURZSCHLUSSES ZUMINDEST EINER LED EINES LED-STRANGES EINES LICHTMODULS**

METHOD FOR DETECTING A SHORT CIRCUIT OF AT LEAST ONE LED OF AN LED CLUSTER OF A LIGHT MODULE

PROCÉDÉ DE DÉTECTION D'UN COURT-CIRCUIT D'AU MOINS UNE DEL D'UN FIL D'UNE GUIRLANDE DE DEL D'UN MODULE D'ÉCLAIRAGE

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: **23.12.2021 EP 21217549**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
30.10.2024 Patentblatt 2024/44

(73) Patentinhaber: **ZKW Group GmbH
3250 Wieselburg (AT)**

(72) Erfinder: **GRAF, Thomas
3140 Pottenbrunn (AT)**

(74) Vertreter: **Patentanwaltskanzlei
Matschnig & Forsthuber OG
Biberstraße 22
Postfach 36
1010 Wien (AT)**

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 2 717 653

EP 4 454 418 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erkennung eines Kurzschlusses zumindest einer LED eines LED-Stranges eines Lichtmoduls, wobei der LED-Strang eine Anzahl von zumindest zwei an miteinander in Serie geschalteten LEDs umfasst.

[0002] Viele technische Anwendungen von Lichtmodulen setzen eine hohe technische Zuverlässigkeit derselben voraus. Hierzu ist es in der Industrie üblich, durch Auswahl hochwertiger Komponenten und durch Vornahme eines geeigneten Lichtmoduldesigns möglichst hohe Zuverlässigkeit zu garantieren. Dennoch kann das Auftreten von Fehlern in der Regel nicht gänzlich ausgeschlossen werden.

[0003] Ein weiteres technisches Aufgabengebiet beschäftigt sich daher mit der Frage des optimalen Umgangs mit Fehlern. Um auf das Vorliegen eines Fehlers reagieren zu können, muss dieser zuerst erkannt werden. Bei Lichtmodulen mit einem LED-Strang ist aus dem Stand der Technik eine Überwachung bekannt geworden, bei der jede einzelnen LED-Vorwärtsspannung jeder LED des LED-Stranges gemessen und mit einem Sollwert verglichen wird. Tritt ein Kurzschluss in einer LED auf, so bricht die Vorwärtsspannung an dieser LED ein, wodurch der Kurzschlussfehler messtechnisch erfasst werden kann. Eine solche Überwachung ist aber mit einem hohen Aufwand verbunden.

[0004] Eine weitere Fehlererkennungsmethode liegt in einer Messung der LED-Vorwärtsspannungen des gesamten LED-Strangs und der Verwendung eines zusätzlichen Temperatursensor, der zur temperaturabhängigen Anpassung eines Erwartungswertes der LED-Vorwärtsspannung eingesetzt wird. Der Vergleich der gemessenen LED-Vorwärtsspannung des gesamten Strangs kann dann mit dem Referenzwert erfolgen. Diese Methode erschwert aber einen Ersatzteilaustausch, da sie sehr von sensibel auf die einzelnen LED-Vorwärtsspannungen reagiert, die z.B. je nach Produktionscharge stark variieren kann. Außerdem lässt sich der Temperatureinfluss nur bedingt voraussagen, weshalb diese Methode nur für die Überwachung einer geringen Anzahl an LEDs in einem LED-Strang geeignet ist. Dokument EP2717653A1 zeigt ein Verfahren zur Erkennung eines LED-Ausfalls.

[0005] Eine Aufgabe der Erfindung besteht daher darin ein Verfahren zu schaffen, welches eine kostengünstige und zuverlässige Detektion von Kurzschlussfehlern einer LED in einem LED-Strang erkennt, wobei die Anzahl der LEDs in dem LED-Strang frei gewählt werden kann, ohne dass das Verfahren dabei versagt. Diese Aufgabe wird mit einem Verfahren der eingangs genannt Art gelöst, welches erfindungsgemäß die folgenden Schritte umfasst:

a) Bereitstellen eines Referenzwertes, welcher mit einem differentiellen Betriebswechselstrom-Soll-Widerstands des LED-Stranges korreliert und Hin-

terlegen des Referenzwertes auf einem Datenspeicher,

b) Inbetriebnahme des LED-Stranges mit einer Betriebsgleichspannung, sodass der LED-Strang Licht abstrahlt,

c) Einprägen eines zu der Betriebsgleichspannung überlagerten Wechselstromes in den LED-Strang, wobei die Frequenz des Wechselstromes zumindest 60 Hz beträgt,

d) Messen des durch den Wechselstrom gemäß Schritt c) verursachten Wechselspannungsabfalles an dem LED-Strang,

e) Ableiten eines mit einem differentiellen Betriebs-Wechselstrom-Ist-Widerstandswert korrelierenden Vergleichs-Ist-Wertes des LED-Strangs unter Zuhilfenahme des gemäß Schritt d) gemessenen Wechselspannungsabfalles,

f) Abrufen des auf dem Datenspeicher gemäß Schritt a) zur Verfügung gestellten Referenzwertes und Vergleich mit dem Vergleichs-Ist-Wert, wobei ergebnisabhängig von dem Vergleich auf das Vorliegen eines LED-Kurzschlusses rückgeschlossen wird.

[0006] Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird eine kostengünstige und gleichzeitig zuverlässige Lösung geschaffen, mit der Kurzschlüsse von LEDs in einem LED-Strang erkannt werden können. Wird dieses Verfahren beispielsweise bei handelsüblichen Kraftfahrzeugscheinwerfern eingesetzt, so wird keine zusätzliche Hardware bei der Implementierung vorausgesetzt, da moderne LED-Steuergeräte bereits ohnehin über geeignete Hardware zur Ausführung des Verfahrens verfügen. Wenn bereits eine Spannungsmessung der gesamten LED-Kette in einem Lichtmodul ohnehin vorhanden ist, kann eine Anpassung für die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens darin erfolgen, indem durch Softwareanpassung der LED Betriebsgleichstrom mit einem LED-Wechselstrom beaufschlagt wird und so entsprechend dem erfindungsgemäßen Verfahren die Anzahl der funktionierenden LEDs ermittelbar ist. Die Anzahl der LEDs in einem Strang ist grundsätzlich frei wählbar und kann beispielsweise zumindest vier, zumindest zehn, zwischen vier und vierzig oder auch eine beliebige andere Anzahl betragen. Die Vorteile der Erfindung kommen besonders bei einer hohen Anzahl an LEDs in einem Strang zu tragen. Durch Verwendung einer Frequenz von über 60 Hz im Zusammenhang mit dem eingesetzten Wechselstrom wird vermieden, dass etwaige geringe Schwankungen in der Lichtintensität als unangenehmes Flackern sichtbar werden. Insbesondere kann die Frequenz hierzu mindestens 100 Hz betragen.

[0007] Insbesondere kann vorgesehen sein, dass der gemäß Schritt c) eingeprägte Wechselstrom frei von

einem Gleichanteil ist. Dadurch wird eine zeitliche Änderung der abgestrahlten Lichtleistung der LEDs weitgehend minimiert und der zusätzliche Energieverbrauch gering gehalten.

[0008] Weiters kann vorgesehen sein, dass der eingeprägte Wechselstrom den zeitlichen Verlauf eines Rechtecksignals, eines Dreiecksignals oder eines Sinussignals aufweist.

[0009] Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass der gemäß Schritt c) eingeprägte Wechselstrom so gewählt ist, dass seine Amplitude zwischen 20% und 60% des Absolutbetrages des Nennwertes eines durch die Betriebsgleichspannung veranlassten Betriebsgleichstromes des LED-Stranges beträgt. Durch diese geeignet groß gewählte Stromamplitude wird die Messung vereinfacht, da die zu messende Spannungsamplitude somit auch entsprechend groß ausfällt. Etwaige Messungenauigkeiten wirken sich dann also weniger stark auf das Vergleichsergebnis gemäß Schritt f) aus, da der zu berechnende mit dem differentiellen Betriebs-Wechselstrom-Ist-Widerstandswert korrelierenden Vergleichs-Ist-Wertes weniger stark schwankt.

[0010] Weiters kann vorgesehen sein, dass der gemäß Schritt a) zur Verfügung gestellte Referenzwert der differentielle Betriebswechselstrom-Soll-Widerstand ist, und wobei der gemäß Schritt e) abgeleitete Vergleichs-Ist-Wert ein differentieller Betriebswechselstrom-Widerstands-Ist-Wert ist, der erhalten wird, indem ein Quotient aus dem gemessenen Wechselspannungsabfall gemäß Schritt d) und dem eingepägten Wechselstroms gemäß Schritt c) gebildet wird. Dieser differentielle Betriebswechselstrom-Widerstands-Ist-Wert entspricht daher der Steigung einer Strom-Spannungs-Kurve des LED-Stranges im jeweiligen Betriebspunkt.

[0011] Insbesondere kann vorgesehen sein, dass es sich bei dem Vergleich gemäß Schritt f) um einen Grenzwertvergleich handelt, wobei bei Überschreiten eines vorgebbaren maximalen Differenzbetrags, gebildet durch die Differenz aus Referenzwert und dem Vergleichs-Ist-Wert, auf das Vorliegen eines LED-Kurzschlusses rückgeschlossen wird, wobei der maximale Differenzbetrag maximal 10% des Referenzwertes beträgt.

[0012] Weiters kann vorgesehen sein, dass bei Feststellen eines LED-Kurzschlusses eine Fehlerroutine ausgelöst wird. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass die Fehlerroutine die Ausgabe eines Fehlersignals und/oder die Veränderung des Betriebszustandes des LED-Stranges umfasst. Die Veränderung des Betriebszustandes kann z.B. Senkung der Betriebsspannung des LED-Stranges, Ausschaltung des LED-Stranges, Erhöhen der Sendeleistung der verbleibenden funktionierenden LEDs des LED-Stranges (z.B. durch Erhöhung der Einschaltzeitdauer bzw. des Tastgrades im Falle eines getakteten Betriebs) und/oder Einschaltung eines Ersatzstranges erfolgen.

[0013] Weiters kann vorgesehen sein, dass bei Nichtvorliegen eines LED-Kurzschlusses ein Signal zur Be-

stätigung der Fehlerfreiheit ausgegeben wird.

[0014] Insbesondere kann vorgesehen sein, dass im Falle des Feststellens von Kurzschlussfehlerfreiheit in Schritt e) der erfasste Vergleichs-Ist-Wert den vorliegenden Referenzwert ersetzt und auf dem Datenspeicher abgespeichert wird, um in einer nachfolgenden Iteration der Schritte a) bis f) als aktualisierter Referenzwert zu dienen. Damit können Alterungseffekte ausgeglichen werden. Das Verfahren wird dadurch selbstkalibrierend und selbstlernend.

[0015] Weiters betrifft die Erfindung ein kurzschlussfehlererkennendes Lichtsystem zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens, wobei das kurzschlussfehlererkennende Lichtsystem hierzu Folgendes umfasst: Ein Lichtmodul mit zumindest einem LED-Strang, wobei der zumindest eine LED-Strang eine Anzahl von zumindest zwei an miteinander in Serie geschalteten LEDs aufweist, sowie ein Kurzschlusserkennungssystem, wobei das Kurzschlusserkennungssystem zumindest zur elektrischen Versorgung des zumindest einen LED-Stranges eingerichtet ist, wobei das Kurzschlusserkennungssystem dazu eingerichtet ist, die Schritte a) bis f) des erfindungsgemäßen Verfahrens durchzuführen.

[0016] Insbesondere kann vorgesehen sein, dass das Kurzschlusserkennungssystem dazu eingerichtet ist, dass die Amplitude des überlagerten Wechselstromes unabhängig vom Absolutbetrag des Nennwertes des Betriebsgleichstromes des LED-Stranges ist. Wenn der überlagerte Wechselstrom unabhängig vom Arbeitspunkt ist, dann sollte die Auswertung der Spannungsmessung laufend angepasst werden (z.B. wegen der nichtlinearen Strom-Spannungs-Kennlinie der LEDs oder Temperatureinflüsse), um eine korrekte Kurzschlusserkennung bei verschiedenen Betriebsgleichströmen zu erreichen. Der Vorteil dieser Variante liegt darin, dass der Aufwand für eine korrekte Kurzschlusserkennung von der Treiberseite zur Messseite verschoben werden kann.

[0017] Weiters kann vorgesehen sein, dass das Kurzschlusserkennungssystem dazu eingerichtet ist, dass die Amplitude des überlagerten Wechselstromes abhängig vom Absolutbetrag des Nennwertes des Betriebsgleichstromes des LED-Stranges ist. Im Gegensatz zu der zuvor genannten Variante führt ein abhängiger Wechselstrom dazu, dass die Anpassung an o.g. Einflüsse auf die Treiberseite verschoben werden. Als besonders vorteilhaft wird diese Ausgestaltung zum Beispiel im Falle von temperaturabhängigen Derating der LEDs oder bei Übergangseffekten von einer Lichtfunktion in eine andere angesehen. Es kann vorgesehen sein, dass die Amplitude des eingepägten Wechselstroms einen Prozentsatz, zum Beispiel zwischen 20% und 50%, insbesondere genau 30% des Absolutbetrages des Nennwertes des Betriebsgleichstromes des LED-Stranges in Abhängigkeit vom jeweiligen Betriebszustand beträgt.

[0018] Weiters betrifft die Erfindung einen Kraftfahr-

zeugscheinwerfer, umfassend ein erfindungsgemäßes kurzschlussfehlererkennendes Lichtsystem.

[0019] Zudem betrifft die Erfindung ein Kraftfahrzeug, umfassend ein erfindungsgemäßes kurzschlussfehlererkennendes Lichtsystem und/oder einen erfindungsgemäßen Kraftfahrzeugscheinwerfer.

[0020] Anders ausgedrückt können die Überlegungen zur Erfindung wie folgt beschrieben werden: Der dynamische Widerstand einer LED (Halbleiter) verändert sich über die Temperatur nur sehr wenig und kann daher zur Erkennung von Kurzschlüssen in einer Kette von LEDs verwendet werden. Durch die Überlagerung eines Wechselstroms auf den LED-(Gleich-)Strom (d.h. den Betriebsstrom) kann durch den dynamischen Widerstand die Wechselspannung an der LED-Kette ermittelt bzw. umgekehrt durch Erfassung von Strom und Spannung der dynamische Widerstand ermittelt werden. Dem LED-Treiber oder LED-Steuergerät ist bei der erstmaligen Inbetriebnahme die Anzahl der LEDs und der dynamische Widerstand in einem definierten Betriebszustand bekannt (z.B. indem der eines Referenzwertes R_{ref} gemäß Schritt a) bereitgestellt wird) um im regulären Betrieb die mit Wechselstrom generierten Daten zu vergleichen.

[0021] Dadurch ist ein Kurzschluss einer oder mehrere LEDs aus einer LED-Kette unbestimmter Anzahl größer 1 ermittelbar. Der Wechselstrom Anteil kann so gewählt werden, dass sich dies weder auf die Intensität noch auf die thermische Belastung merklich auswirkt.

[0022] Die Erfindung ist im Folgenden anhand einer beispielhaften und nicht einschränkenden Ausführungsform näher erläutert, die in den Figuren veranschaulicht ist. Darin zeigt

Figur 1 eine schematische Darstellung eines kurzschlussfehlererkennenden Lichtsystems zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens,

Figur 2 einen beispielhaften LED-Strang eines Lichtsystems,

Figur 3 drei beispielhafte Betriebsgleichspannungen für unterschiedliche Temperaturen sowie einen zugehörigen Stromverlauf durch den LED-Strang,

Figur 4 eine beispielhafte Kennlinie einer LED 31 eines LED-Stranges 3 bei einer Temperatur von 25°C, und

Figur 5 eine beispielhafte Ausführung einer Treiberschaltung.

[0023] In den folgenden Figuren bezeichnen - sofern nicht anders angegeben - gleiche Bezugszeichen gleiche Merkmale.

[0024] Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines kurzschlussfehlererkennenden Lichtsystems 7 zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens.

Dieses Verfahren zur Erkennung eines Kurzschlusses zumindest einer LED 31 eines LED-Stranges 3 (siehe Fig. 2) eines Lichtmoduls 8, wobei der LED-Strang 3 eine Anzahl von zumindest zwei an miteinander in Serie geschalteten LEDs 31 umfasst, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:

a) Bereitstellen eines Referenzwertes R_{ref} , welcher mit einem differentiellen Betriebswechselstrom-Soll-Widerstands des LED-Stranges korreliert und Hinterlegen des Referenzwertes R_{ref} auf einem Datenspeicher 6,

b) Inbetriebnahme des LED-Stranges 3 mit einer Betriebsgleichspannung (diese kann z.B. in Abhängigkeit von der Temperatur des Stranges variieren bzw. angepasst werden, um einen gewissen Betriebsstrom zu erreichen; Fig. 3 zeigt drei beispielhafte Betriebsgleichspannungen für unterschiedliche Temperaturen, nämlich U_{BT1} für eine Temperatur von -40°C, U_{BT2} für eine Temperatur von -25°C und U_{BT3} für eine Temperatur von -105°C), sodass der LED-Strang 3 Licht abstrahlt,

c) Einprägen eines zu der Betriebsgleichspannung U_{BT1} , U_{BT2} bzw. U_{BT3} überlagerten Wechselstromes I_{W1} bzw. I_{W2} in den LED-Strang 3, wobei die Frequenz des Wechselstromes I_{W1} bzw. I_{W2} zumindest 60 Hz beträgt (bei I_{W1} handelt es sich um einen rechteckförmigen zeitlichen Verlauf des Wechselstromes und I_{W2} betrifft einen sinusförmigen Verlauf eines Wechselstromes - die Wechselstromkomponente wird dabei der Gleichstromkomponente überlagert; es können grundsätzlich beliebige (vorteilhafterweise periodische) Wechsignalverläufe verwendet werden),

d) Messen des durch den Wechselstrom I_{W1} bzw. I_{W2} gemäß Schritt c) verursachten Wechselspannungsabfalles U_{W1} , U_{W2} an dem LED-Strang 3,

e) Ableiten eines mit einem differentiellen Betriebs-Wechselstrom-Ist-Widerstandswert korrelierenden Vergleichs-Ist-Wertes R_{ist} des LED-Strangs 3 unter Zuhilfenahme des gemäß Schritt d) gemessenen Wechselspannungsabfalles U_{W1} bzw. U_{W2} (je nachdem, ob eben z.B. der Strom I_{W1} oder I_{W2} vorlag),

f) Abrufen des auf dem Datenspeicher 6 gemäß Schritt a) zur Verfügung gestellten Referenzwertes R_{ref} und Vergleich mit dem Vergleichs-Ist-Wert R_{ist} , wobei ergebnisabhängig von dem Vergleich auf das Vorliegen eines LED-Kurzschlusses rückgeschlossen wird.

[0025] Das kurzschlussfehlererkennende Lichtsystem 7 zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens umfasst ein Lichtmodul 8 mit zumindest einem LED-

Strang 3, wobei der zumindest eine LED-Strang 3 eine Anzahl von zumindest zwei an miteinander in Serie geschalteten LEDs 31 aufweist, sowie ein Kurzschlusserkennungssystem 9, wobei das Kurzschlusserkennungssystem 9 zumindest zur elektrischen Versorgung des zumindest einen LED-Stranges 3 eingerichtet ist, wobei das Kurzschlusserkennungssystem 9 dazu eingerichtet ist, die Schritte a) bis f) des Verfahrens durchzuführen.

[0026] Wie anhand Fig. 3 erkennbar ist, die einen zeitlichen Verlauf des Strangstromes $I(t)$ sowie der Strangspannung $U(t)$ zeigt, kann vorgesehen sein, dass der gemäß Schritt c) eingeprägte Wechselstrom I_{W1} bzw. I_{W2} frei von einem Gleichanteil ist. Wie in Fig. 3 gut erkennbar ist, verändert sich die LED-Vorwärtsspannung bzw. die Betriebsgleichspannung der gesamten Kette mit der Temperatur viel stärker als die, aus dem überlagerten Wechselstrom, resultierende Wechselspannung in Verbindung mit dem beinahe konstanten dynamischen Widerstand bzw. dem differentiellen Betriebswechselstrom-Widerstand. Die entstehende Wechselspannung ist nahezu temperaturunabhängig.

[0027] Insbesondere kann vorgesehen sein, dass der gemäß Schritt a) zur Verfügung gestellte Referenzwert R_{ref} der differentielle Betriebswechselstrom-Soll-Widerstand ist, und wobei der gemäß Schritt e) abgeleitete Vergleichs-Ist-Wert R_{ist} ein differentieller Betriebswechselstrom-Widerstands-Ist-Wert ist, der erhalten wird, indem ein Quotient aus dem gemessenen Wechselspannungsabfall U_{W1} , U_{W2} gemäß Schritt d) und dem eingepägten Wechselstrom I_{W1} , I_{W2} gemäß Schritt c) gebildet wird. Dieser Wert korreliert mit der Steigung der Kennlinie des jeweiligen LED-Stranges 3 im Betriebspunkt. Figur 4 zeigt eine beispielhafte Strom-Spannungs-Kennlinie einer LED 31 eines LED-Stranges 3 bei einer Temperatur von 25°C. Beispielhaft ist darin auch der differentielle Wechselstromwiderstand in einem Betriebsbereich dargestellt, wobei dieser Widerstand dem Kehrwert der Steigung k entspricht. Der eingepägte Wechselstrom I_{W2} verursacht in diesem Betriebsbereich den entsprechend korrelierenden Spannungsabfall U_{W2} . Bei einem LED-Strang umfassend beispielsweise vier LEDs ergäbe das bei diesen LEDs eine Betriebsvorwärtsspannung zwischen ca. 12V und 13V.

[0028] Insbesondere kann vorgesehen sein, dass es sich bei dem Vergleich gemäß Schritt f) um einen Grenzwertvergleich handelt, wobei bei Überschreiten eines vorgebbaren maximalen Differenzbetrags gebildet durch die Differenz aus Referenzwert R_{ref} und dem Vergleichs-Ist-Wert R_{ist} auf das Vorliegen eines LED-Kurzschlusses rückgeschlossen wird, wobei der maximale Differenzbetrag maximal 10% des Referenzwertes R_{ref} beträgt.

[0029] Weiters kann z.B. vorgesehen sein, dass bei Feststellen eines LED-Kurzschlusses eine Fehlerroutine ausgelöst wird. Die Fehlerroutine kann beispielsweise die Ausgabe eines Fehlersignals $s1$ (siehe Fig. 1) und/oder die Veränderung des Betriebszustandes des LED-Stranges 3 umfassen. Bei Nichtvorliegen eines LED-Kurzschlusses kann hingegen ein Signal $s2$ zur Bestä-

tigung der Fehlerfreiheit ausgegeben werden.

[0030] Im Falle des Feststellens von Kurzschlussfehlerfreiheit kann der erfasste Vergleichs-Ist-Wert R_{ist} den vorliegenden Referenzwert R_{ref} ersetzen und auf dem Datenspeicher 6 abgespeichert werden, um in einer nachfolgenden Iteration der Schritte a bis f als aktualisierter Referenzwert zu dienen.

[0031] Mit Blick auf Fig. 1 sei erwähnt, dass das Kurzschlusserkennungssystem 9 dazu eingerichtet sein kann, dass die Amplitude des überlagerten Wechselstromes I_{W1} , I_{W2} unabhängig vom Absolutbetrag des Nennwertes des Betriebsgleichstromes I_B des LED-Stranges 3 ist.

[0032] Alternativ dazu kann vorgesehen sein, dass das Kurzschlusserkennungssystem 9 dazu eingerichtet ist, dass die Amplitude des überlagerten Wechselstromes I_{W1} , I_{W2} abhängig vom Absolutbetrag des Nennwertes des Betriebsgleichstromes I_B des LED-Stranges 3 ist.

[0033] Weiters betrifft die Erfindung einen Kraftfahrzeugscheinwerfer, umfassend ein erfindungsgemäßes kurzschlussfehlererkennendes Lichtsystem 7. Weiters betrifft die Erfindung ein Kraftfahrzeug, umfassend ein erfindungsgemäßes kurzschlussfehlererkennendes Lichtsystem 7 und/oder einen erfindungsgemäßen Kraftfahrzeugscheinwerfer.

[0034] Fig. 1 zeigt noch einige weitere Merkmale, die erwähnenswert sind: Die Versorgung des LED-Stranges 3 bzw. des Lichtsystems 7 kann von einer Batterie 1 bzw. einem Energiespeicher bereitgestellt werden. Der Betriebsgleichstrom I_B kann von einem Treiber 2 geliefert werden.

[0035] Dieser Treiber 2 kann beispielsweise als Schaltwandler oder als Linearregler ausgeführt sein. Ist der Treiber 2 als Schaltwandler ausgeführt, so weist dieser, bekanntermaßen, einen elektronischen Schalter (nicht gezeigt) auf, um eine geforderte Ausgangsgröße zu steuern. Je nach Anforderungen kann der Treiber 2 als eine Kombination aus mehreren Schaltwandlern ausgeführt sein. Beispielsweise kann eine Kombination aus Hochsetzstellern 21 und Tiefsetzstellern 22, 22a eingesetzt werden (siehe Fig. 5). Sind mehrere LED-Stränge zu versorgen, so kann für jeden LED-Strang ein Tiefsetzsteller 22, 22a vorgesehen sein. Bevorzugt wird die Ausgangsgröße des Schaltwandlers geregelt. Die Ausgangsgröße kann dabei dem geforderten Betriebsgleichstrom I_B entsprechen. Die Regelung des Betriebsgleichstromes I_B kann über eine Modulation der Einschaltdauer des elektronischen Schalters realisiert werden. Alternativ dazu sind auch Schaltwandler bekannt geworden, welche über Modulation einer Schaltfrequenz des elektronischen Schalters die Ausgangsgröße, im vorliegenden Fall, den Betriebsgleichstrom I_B , regeln. Bei beiden Regelungsarten sind Schaltfrequenzen im oberen kHz-Bereich bis hin zu wenigen MHz üblich.

[0036] Es kann vorgesehen sein, dass der Betriebsgleichstrom I_B des LED-Stranges 3 von einem stromgeregelten Tiefsetzsteller 22, 22a bereitgestellt wird. Dieser Tiefsetzsteller weist einen elektronischen Schal-

ter (nicht gezeigt) auf, dessen Schaltzyklen vom geforderten Betriebsgleichstrom I_B abhängen. Die Schaltzyklen entsprechen somit einer Stellgröße welche durch die Einschaltdauer und/oder durch die Schaltfrequenz änderbar ist. Wird nun der LED-Strang 3 mittels einer Betriebsgleichspannung, beispielsweise über die Verbindung zu einer Strom- bzw. Spannungsquelle, beispielsweise einer Batterie 1, in Betrieb genommen, so kann ein Wechselstrom I_{W1} oder I_{W2} durch eine Änderung der Schaltzyklen des elektronischen Schalters überlagert werden. Die Frequenz f_w des überlagerten Wechselstromes beträgt dabei bevorzugt weniger als ein Tausendstel der Schaltfrequenz des elektronischen Schalters im stromgeregelten Tiefsetzsteller, wobei die Frequenz f_w des überlagerten Wechselstromes zumindest 60Hz beträgt.

[0037] Alternativ oder zusätzlich kann der Betriebsgleichstrom I_B linear geregelt bzw. begrenzt werden. Dazu kann ein elektronischer Schalter (nicht gezeigt) in Serie mit den LEDs 31 des LED-Stranges 3 geschaltet sein. Dieser elektronische Schalter wirkt dabei wie ein gesteuerter Widerstand und erlaubt es so, den Betriebsgleichstrom I_B des LED-Stranges 3 zu ändern. Die Stellgröße, die in dieser Variante den Betriebsstrom I_B bestimmt ist somit jene Größe, die den Wert des gesteuerten Widerstandes beeinflusst. Dadurch kann wie beim Schaltwandler der LED-Strang 3, mit einem dem Betriebsgleichstrom I_B überlagerten Wechselstrom I_{W1} bzw. I_{W2} , versorgt werden.

[0038] Sowohl in der Variante, in der der Betriebsgleichstrom I_B über einen Schaltwandler bereitgestellt wird, als auch in der Variante, in welcher der Betriebsgleichstrom I_B linear geregelt wird, kann die Stellgröße für den Treiber 2 und somit die Frequenz f_w des überlagerten Wechselstromes I_{W1} bzw. I_{W2} von einem Microcontroller 4 vorgegeben werden.

[0039] Der überlagerte Wechselstrom I_{W1} bzw. I_{W2} führt zu einer entsprechenden Änderung der LED-Strangspannung $U(t)$ des LED-Stranges 3 um den Betriebsgleichspannungspunkt. Betrachtet man nun lediglich das Kleinsignalverhalten der LEDs 31 im LED-Strang 3, so kann man von einem, durch den überlagerten Wechselstrom I_{W1} bzw. I_{W2} resultierenden, Wechselspannungsabfall U_{W1} bzw. U_{W2} am LED-Strang 31 sprechen. Dieser kann nun herangezogen werden, um auf einen Kurzschluss rückzuschließen.

[0040] Dazu kann der durch den Wechselstrom I_{W1} bzw. I_{W2} verursachte Wechselspannungsabfall U_{W1} bzw. U_{W2} am LED-Strang 3 gemessen werden. Durch eine Filterung der LED-Strangspannung $U(t)$, beispielsweise durch einen elektronischen Hochpass, kann der resultierende Wechselspannungsabfall U_{W1} bzw. U_{W2} von der Betriebsgleichspannung $U_{B(T1,T2,T3)}$ getrennt gemessen werden. Die Messung des Wechselspannungsabfalles U_{W1} bzw. U_{W2} kann durch eine Messung des Amplitudenwertes oder eine Peak to Peak Wertmessung der resultierenden Wechselspannung U_{W1} bzw. U_{W2} am LED-Strang 31 realisiert werden. Weiters

kann durch den gemessenen Wechselspannungsabfall U_{W1} bzw. U_{W2} ein Effektivwert der resultierenden Wechselspannung am LED-Strang 31 berechnet werden.

[0041] Insbesondere kann eine kontinuierliche Messung des Wechselspannungsabfalls U_{W1} bzw. U_{W2} am LED-Strang 31 vorgesehen sein, welche die LED-Strangspannung $U(t)$ bzw. den Wechselspannungsabfall U_{W1} bzw. U_{W2} laufend misst. In der Praxis wird eine derartige laufende Messung bevorzugter Weise in diskreten Zeitabständen von mindestens $1/(2 \cdot f_w)$, besonders bevorzugt von mindestens $1/(5 \cdot f_w)$, durchgeführt.

[0042] Ist eine Wechselspannungsmessung in Form einer Peak-to-Peak-Wertmessung vorgesehen, so können die einzelnen Messungen nach Maximal- und Minimalwerten gefiltert werden, womit die Berechnung des Peak-to-Peak-Wertes über die Differenzbildung von Maximal- und Minimalwert möglich wird. Dieser Peak-to-Peak-Wert entspricht einem, mit dem differentiellen Betriebs-Wechselstrom-Ist-Widerstandwert korrelierenden, Vergleichs-Ist-Wert R_{ist} . Der Peak-to-Peak-Wert steigt entsprechend der abflachenden Kurve des repräsentativen differentiellen Widerstandes mit zunehmender Anzahl an LEDs 31 im LED-Strang 3. Bei einem Kurzschluss einer LED 31 sinkt der Peak-to-Peak-Wert LED-Strang 3. Analog dazu kann der Vergleichs-Ist-Wert R_{ist} auch dem Amplitudenwert oder dem Effektivwert des Wechselspannungsabfalles U_{W1} bzw. U_{W2} des LED-Stranges 3 entsprechen. Vorteilhaft ist es, wenn die Maximal- und Minimalwerte jeweils über mindestens drei Messungen gemittelt werden, bevor der Peak-to-Peak-Wert berechnet wird.

[0043] In einer bevorzugten Ausführung entspricht der Vergleichs-Ist-Wert R_{ist} einer bestimmten zeitlichen Änderungsrate. Diese zeitliche Änderungsrate kann der zeitlichen Änderung eines Peak-to-Peak-Wertes oder eines Amplitudenwertes oder eines Effektivwertes innerhalb einer definierten Zeitdauer entsprechend. Damit wird die Kurzschlusserkennung unabhängiger von langsamen Änderungen durch Umwelteinflüsse. Vorteilhafterweise entspricht der Referenzwert in diesem Fall $-x \cdot 0.1$ des Vergleichs-Ist-Wertes pro Millisekunde, wobei x der Anzahl der LEDs 31 im LED-Strang 3 entspricht.

[0044] Insbesondere kann ein Microcontroller 4 vorgesehen sein, welcher dazu eingerichtet ist, den Vergleich des Referenzwertes R_{ref} mit dem Vergleichs-Ist-Wert R_{ist} durchzuführen. Dieser Microcontroller 4 kann eine Spannungsmesseinheit 5 aufweisen, mit welcher die LED-Strangspannung $U(t)$ bzw. der Wechselspannungsabfall U_{W1} bzw. U_{W2} gemessen wird. Besonders bevorzugt ist der Microcontroller 4 dazu eingerichtet, sowohl den Vergleichs-Ist-Wert R_{ist} zu ermitteln und diesen mit dem Referenzwert R_{ref} zu vergleichen, als auch die oben genannte Stellgröße für den Treiber 2 zur Verfügung zu stellen. In einer weiteren Ausführungsform kann der eingeprägte Wechselstrom I_{W1} bzw. I_{W2} dergestalt gewählt sein, dass seine Amplitude unabhängig vom Absolutbetrag des Nennwertes des Betriebsgleichstromes I_B des LED-Stranges 3 ausgestaltet ist.

[0045] Die Erfindung ist nicht auf die gezeigten Ausführungsformen beschränkt, sondern durch den gesamten Schutzbereich der Ansprüche definiert.

[0046] Etwaige Bezugszeichen in den Ansprüchen sind beispielhaft und dienen nur der einfacheren Lesbarkeit der Ansprüche, ohne diese einzuschränken.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erkennung eines Kurzschlusses zumindest einer LED (31) eines LED-Stranges (3) eines Lichtmoduls (8), wobei der LED-Strang (3) eine Anzahl von zumindest zwei an miteinander in Serie geschalteten LEDs (31) umfasst, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:
 - a) Bereitstellen eines Referenzwertes (R_{ref}), welcher mit einem differentiellen Betriebswechselstrom-Soll-Widerstands des LED-Stranges (3) korreliert und Hinterlegen des Referenzwertes (R_{ref}) auf einem Datenspeicher (6),
 - b) Inbetriebnahme des LED-Stranges (3) mit einer Betriebsgleichspannung (U_{BT1} , U_{BT2} , U_{BT3}), sodass der LED-Strang (3) Licht abstrahlt,
 - c) Einprägen eines zu der Betriebsgleichspannung (U_{BT1} , U_{BT2} , U_{BT3}) überlagerten Wechselstromes (I_{W1} , I_{W2}) in den LED-Strang (3), wobei die Frequenz des Wechselstromes (I_{W1} , I_{W2}) zumindest 60 Hz beträgt, wobei der eingeprägte Wechselstrom (I_{W1} , I_{W2}) so gewählt ist, dass seine Amplitude zwischen 20% und 60% des Absolutbetrages des Nennwertes eines durch die Betriebsgleichspannung (U_{BT1} , U_{BT2} , U_{BT3}) verursachten Betriebsgleichstromes (I_B) des LED-Stranges (3) beträgt,
 - d) Messen des durch den Wechselstrom (I_{W1} , I_{W2}) gemäß Schritt c) verursachten Wechselspannungsabfalles (U_{W1} , U_{W2}) an dem LED-Strang,
 - e) Ableiten eines mit einem differentiellen Betriebs-Wechselstrom-Ist-Widerstandswert korrelierenden Vergleichs-Ist-Wertes (R_{ist}) des LED-Strangs unter Zuhilfenahme des gemäß Schritt d) gemessenen Wechselspannungsabfalles (U_{W1} , U_{W2}),
 - f) Abrufen des auf dem Datenspeicher (6) gemäß Schritt a) zur Verfügung gestellten Referenzwertes (R_{ref}) und Vergleich mit dem Vergleichs-Ist-Wert (R_{ist}), wobei ergebnisabhängig von dem Vergleich auf das Vorliegen eines LED-Kurzschlusses rückgeschlossen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der gemäß Schritt c) eingeprägte Wechselstrom (I_{W1} , I_{W2}) frei von einem Gleichanteil ist.
3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei der eingeprägte Wechselstrom (I_{W1} , I_{W2}) den zeitlichen Verlauf eines Rechtecksignals, eines Dreiecksignals oder eines Sinussignals aufweist.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der gemäß Schritt a) zur Verfügung gestellte Referenzwert (R_{ref}) der differentielle Betriebswechselstrom-Soll-Widerstand ist, und wobei der gemäß Schritt e) abgeleitete Vergleichs-Ist-Wert (R_{ist}) ein differentieller Betriebswechselstrom-Widerstands-Ist-Wert ist, der erhalten wird, indem ein Quotient aus dem gemessenen Wechselspannungsabfall (U_{W1} , U_{W2}) gemäß Schritt d) und dem eingepägten Wechselstroms (I_{W1} , I_{W2}) gemäß Schritt c) gebildet wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei es sich bei dem Vergleich gemäß Schritt f) um einen Grenzwertvergleich handelt, wobei bei Überschreiten eines vorgebbaren maximalen Differenzbetrags gebildet durch die Differenz aus Referenzwert (R_{ref}) und dem Vergleichs-Ist-Wert (R_{ist}) auf das Vorliegen eines LED-Kurzschlusses rückgeschlossen wird, wobei der maximale Differenzbetrag maximal 10% des Referenzwertes (R_{ref}) beträgt.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei bei Feststellen eines LED-Kurzschlusses eine Fehleroutine ausgelöst wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei die Fehleroutine die Ausgabe eines Fehlersignal (s1) und/oder die Veränderung des Betriebszustandes des LED-Stranges (3) umfasst.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei bei Nichtvorliegen eines LED-Kurzschlusses ein Signal (s2) zur Bestätigung der Fehlerfreiheit ausgegeben wird.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei im Falle des Feststellens von Kurzschlussfehlerfreiheit in Schritt e) der erfasste Vergleichs-Ist-Wert (R_{ist}) den vorliegenden Referenzwert (R_{ref}) ersetzt und auf dem Datenspeicher (6) abgespeichert wird, um in einer nachfolgenden Iteration der Schritte a) bis f) als aktualisierter Referenzwert zu dienen.
10. Kurzschlussfehlererkennendes Lichtsystem (7) zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, umfassend
 - ein Lichtmodul (8) mit zumindest einem LED-Strang (3), wobei der zumindest eine LED-Strang (3) eine Anzahl von zumindest zwei an miteinander in Serie geschalteten LEDs (31)

aufweist,

- sowie ein Kurzschlusserkennungssystem (9), wobei das Kurzschlusserkennungssystem (9) zumindest zur elektrischen Versorgung des zumindest einen LED-Stranges (3) eingerichtet ist, wobei das Kurzschlusserkennungssystem (9) dazu eingerichtet ist, die Schritte a) bis f) des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche durchzuführen.

11. Kurzschlussfehlererkennendes Lichtsystem (7) nach Anspruch 10, wobei das Kurzschlusserkennungssystem (9) dazu eingerichtet ist, dass die Amplitude des überlagerten Wechselstromes (I_{W1} , I_{W2}) unabhängig vom Absolutbetrag des Nennwertes des Betriebsgleichstromes (I_B) des LED-Stranges (3) ist.

12. Kurzschlussfehlererkennendes Lichtsystem (7) nach Anspruch 10, wobei das Kurzschlusserkennungssystem dazu eingerichtet ist, dass die Amplitude des überlagerten Wechselstromes (I_{W1} , I_{W2}) abhängig vom Absolutbetrag des Nennwertes des Betriebsgleichstromes (I_B) des LED-Stranges (3) ist.

13. Kraftfahrzeugscheinwerfer, umfassend ein kurzschlussfehlererkennendes Lichtsystem (7) nach einem der Ansprüche 10 bis 12.

14. Kraftfahrzeug, umfassend ein kurzschlussfehlererkennendes Lichtsystem (7) nach einem der Ansprüche 10 bis 12 und/oder einen Kraftfahrzeugscheinwerfer nach Anspruch 13.

Claims

1. Method for detecting a short circuit of at least one LED (31) of an LED string (3) of a light module (8), the LED string (3) comprising a number of at least two LEDs (31) connected in series with one another, the method comprising the following steps:

a) providing a reference value (Rref) which correlates with a differential operating AC setpoint resistance of the LED string (3) and storing the reference value (Rref) on a data memory (6),
 b) Commissioning the LED string (3) with a DC operating voltage (UBT1, UBT2, UBT3) so that the LED string (3) emits light,
 c) impressing an alternating current (I_{W1} , I_{W2}) superimposed on the DC operating voltage (UBT1, UBT2, UBT3) into the LED string (3), the frequency of the alternating current (I_{W1} , I_{W2}) being at least 60 Hz, the impressed alternating current (I_{W1} , I_{W2}) is selected such that its amplitude is between 20% and 60% of the absolute value of the nominal value of an oper-

ating direct current (I_B) of the LED string (3) caused by the operating direct voltage (UBT1, UBT2, UBT3),

d) measuring the AC voltage drop (U_{W1} , U_{W2}) at the LED string caused by the AC current (I_{W1} , I_{W2}) according to step c),

e) deriving a comparison actual value (Rist) of the LED string correlating with a differential operating AC actual resistance value with the aid of the AC voltage drop (U_{W1} , U_{W2}) measured in accordance with step d),

f) retrieving the reference value (Rref) made available on the data memory (6) in accordance with step a) and comparing it with the comparative actual value (Rist), the presence of an LED short circuit being inferred from the comparison depending on the result.

2. Method according to claim 1, wherein the alternating current (I_{W1} , I_{W2}) impressed according to step c) is free of a DC component.

3. Method according to claim 2, wherein the impressed alternating current (I_{W1} , I_{W2}) has the time characteristic of a rectangular signal, a triangular signal or a sinusoidal signal.

4. Method according to one of the preceding claims, wherein the reference value (Rref) provided according to step a) is the differential operating AC nominal resistance, and wherein the comparison actual value (Rist) derived according to step e) is a differential operating AC resistance actual value which is obtained by forming a quotient from the measured AC voltage drop (U_{W1} , U_{W2}) according to step d) and the impressed AC current (I_{W1} , I_{W2}) according to step c).

5. Method according to one of the preceding claims, wherein the comparison according to step f) is a limit value comparison, wherein if a predeterminable maximum difference amount formed by the difference between the reference value (Rref) and the comparison actual value (Rist) is exceeded, the presence of an LED short circuit is inferred, wherein the maximum difference amount is at most 10% of the reference value (Rref).

6. Method according to one of the preceding claims, wherein an error routine is triggered when an LED short circuit is detected.

7. Method according to claim 6, wherein the error routine comprises the output of an error signal (s1) and/or the change of the operating state of the LED string (3).

8. Method according to any one of the preceding

claims, wherein if there is no LED short circuit, a signal (s2) is output to confirm that there is no fault.

9. Method according to one of the preceding claims, wherein, in the event that freedom from short-circuit faults is detected in step e), the detected comparative actual value (Rist) replaces the present reference value (Rref) and is stored in the data memory (6) in order to serve as an updated reference value in a subsequent iteration of steps a) to f). 5 10
10. Short-circuit fault-detecting lighting system (7) for carrying out a method according to one of the preceding claims, comprising 15
 - a light module (8) with at least one LED string (3), wherein the at least one LED string (3) has a number of at least two LEDs (31) connected in series with each other,
 - and a short-circuit detection system (9), the short-circuit detection system (9) being set up at least for the electrical supply of the at least one LED string (3), the short-circuit detection system (9) being set up to carry out steps a) to f) of the method according to one of the preceding claims. 20 25
11. Short-circuit fault-detecting lighting system (7) according to claim 10, wherein the short-circuit detecting system (9) is set up so that the amplitude of the superimposed alternating current (IW1, IW2) is independent of the absolute value of the nominal value of the operating direct current (IB) of the LED string (3). 30 35
12. Short-circuit fault-detecting lighting system (7) according to claim 10, wherein the short-circuit detection system is set up so that the amplitude of the superimposed alternating current (IW1, IW2) is dependent on the absolute value of the nominal value of the operating direct current (IB) of the LED string (3). 40
13. Motor vehicle headlamp, comprising a short-circuit fault-detecting light system (7) according to one of claims 10 to 12. 45
14. Motor vehicle, comprising a short-circuit fault detecting light system (7) according to any one of claims 10 to 12 and/or a motor vehicle headlamp according to claim 13. 50

Revendications

1. Procédé de détection d'un court-circuit d'au moins une LED (31) d'une chaîne de LED (3) d'un module d'éclairage (8), la chaîne de LED (3) comprenant un certain nombre d'au moins deux LED (31) connec-

tées en série les unes avec les autres, le procédé comprenant les étapes suivantes :

- a) fourniture d'une valeur de référence (Rref) qui est en corrélation avec une résistance de consigne différentielle de courant alternatif de fonctionnement de la chaîne de LED (3) et enregistrement de la valeur de référence (Rref) dans une mémoire de données (6),
- b) mise en service de la chaîne de LED (3) avec une tension continue de fonctionnement (UBT1, UBT2, UBT3), de sorte que la chaîne de LED (3) émet de la lumière,
- c) application d'un courant alternatif (IW1, IW2) superposé à la tension continue de service (UBT1, UBT2, UBT3) dans la chaîne de LED (3), la fréquence du courant alternatif (IW1, IW2) étant d'au moins 60 Hz, le courant alternatif appliqué (IW1, IW2) est choisi de manière à ce que son amplitude soit comprise entre 20 % et 60 % de la valeur absolue de la valeur nominale d'un courant continu de fonctionnement (IB) de la chaîne de LED (3) provoqué par la tension continue de fonctionnement (UBT1, UBT2, UBT3),
- d) mesurer la chute de tension alternative (UW1, UW2) provoquée par le courant alternatif (IW1, IW2) selon l'étape c) sur la chaîne de LED,
- e) dérivation d'une valeur réelle de comparaison (Rist) de la chaîne de LED en corrélation avec une valeur réelle de résistance en courant alternatif différentielle de fonctionnement à l'aide de la chute de tension alternative (UW1, UW2) mesurée selon l'étape d),
- f) appel de la valeur de référence (Rref) mise à disposition sur la mémoire de données (6) selon l'étape a) et comparaison avec la valeur réelle de comparaison (Rist), la présence d'un court-circuit de LED étant déduite de la comparaison en fonction du résultat.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel le courant alternatif (IW1, IW2) appliqué selon l'étape c) est exempt d'une composante continue.
3. Procédé selon la revendication 2, dans lequel le courant alternatif imposé (IW1, IW2) présente la courbe temporelle d'un signal rectangulaire, d'un signal triangulaire ou d'un signal sinusoïdal.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la valeur de référence (Rref) fournie selon l'étape a) est la résistance différentielle de consigne du courant alternatif de fonctionnement, et dans lequel la valeur réelle de comparaison (Rist) déduite selon l'étape e) est une valeur réelle de résistance différentielle du courant alternatif de fonctionnement obtenue en formant un quotient

de la chute de tension alternative mesurée (UW1, UW2) selon l'étape d) et du courant alternatif imposé (IW1, IW2) selon l'étape c).

5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel il s'agit, lors de la comparaison selon l'étape f), d'une comparaison de valeurs limites, dans lequel, en cas de dépassement d'une valeur différentielle maximale prédéfinissable formée par la différence entre la valeur de référence (Rref) et la valeur réelle de comparaison (Rist), on conclut à la présence d'un court-circuit de LED, la valeur différentielle maximale étant au maximum de 10 % de la valeur de référence (Rref). 5
6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel une routine d'erreur est déclenchée lorsqu'un court-circuit de LED est constaté. 10
7. Procédé selon la revendication 6, dans lequel la routine d'erreur comprend l'émission d'un signal d'erreur (s1) et/ou la modification de l'état de fonctionnement de la chaîne de LED (3). 20
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel, en l'absence de court-circuit de la LED, un signal (s2) est émis pour confirmer l'absence de défaut. 25
9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel, en cas de constatation d'absence de défaut de court-circuit à l'étape e), la valeur réelle de comparaison (Rist) détectée remplace la valeur de référence (Rref) présente et est enregistrée dans la mémoire de données (6) pour servir de valeur de référence actualisée dans une itération suivante des étapes a) à f). 30
35
10. Système d'éclairage à détection de défaut de court-circuit (7) pour la mise en oeuvre d'un procédé selon l'une des revendications précédentes, comprenant 40
 - un module d'éclairage (8) comprenant au moins une chaîne de LED (3), ladite au moins une chaîne de LED (3) comprenant un nombre d'au moins deux LED (31) connectées en série les unes avec les autres, 45
 - ainsi qu'un système de détection de court-circuit (9), le système de détection de court-circuit (9) étant agencé au moins pour alimenter électriquement l'au moins un brin de LED (3), le système de détection de court-circuit (9) étant agencé pour exécuter les étapes a) à f) du procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes. 50
55
11. Système d'éclairage à détection de défaut de court-circuit (7) selon la revendication 10, dans lequel le

système de détection de court-circuit (9) est agencé pour que l'amplitude du courant alternatif superposé (IW1, IW2) soit indépendante de la valeur absolue de la valeur nominale du courant continu de fonctionnement (IB) de la chaîne de LED (3).

12. Système d'éclairage à détection de défaut de court-circuit (7) selon la revendication 10, dans lequel le système de détection de court-circuit est agencé pour que l'amplitude du courant alternatif superposé (IW1, IW2) dépende de la valeur absolue de la valeur nominale du courant continu de fonctionnement (IB) de la chaîne de LED (3).
13. Projecteur de véhicule automobile comprenant un système d'éclairage à détection de défaut de court-circuit (7) selon l'une quelconque des revendications 10 à 12.
14. Véhicule automobile comprenant un système d'éclairage à détection de défaut de court-circuit (7) selon l'une quelconque des revendications 10 à 12 et/ou un projecteur de véhicule automobile selon la revendication 13.

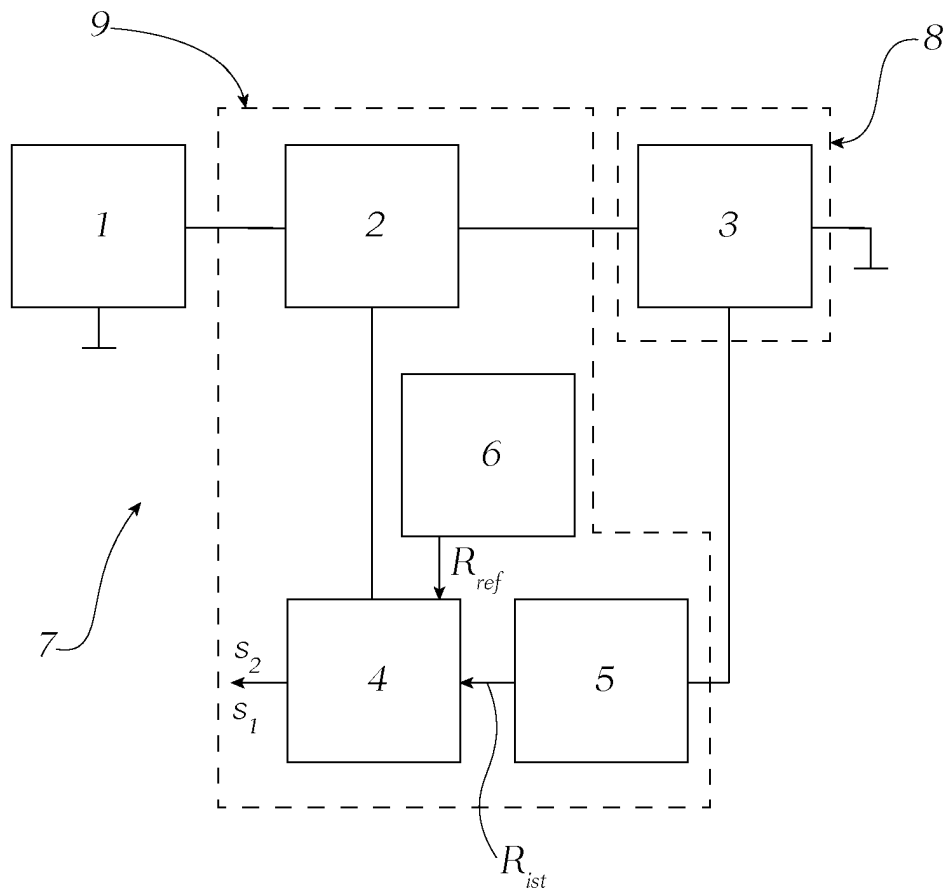


Fig. 1

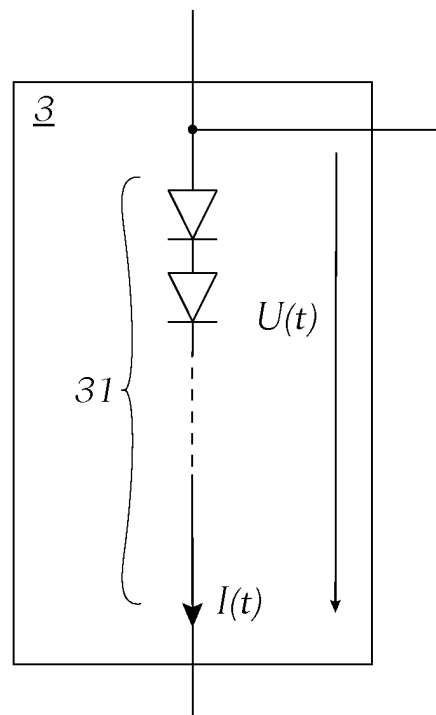


Fig. 2

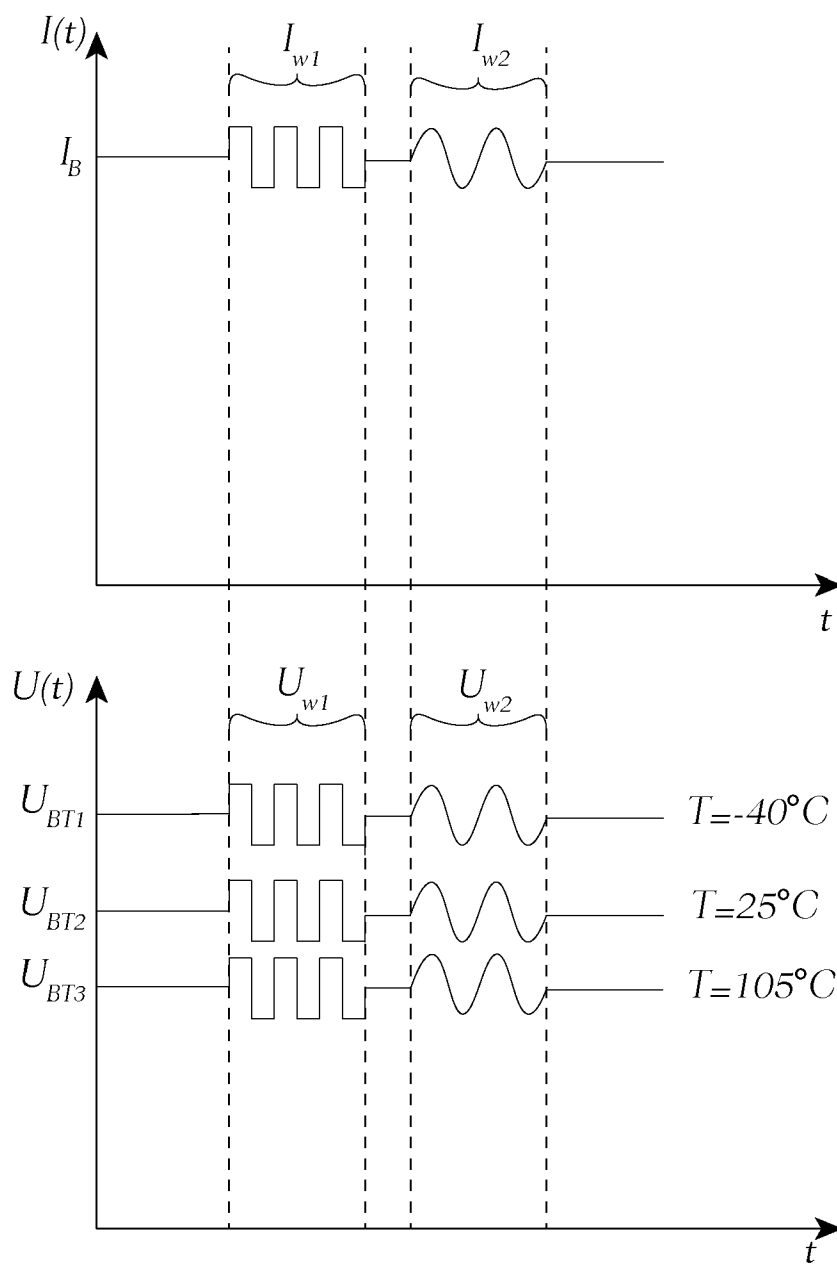


Fig. 3

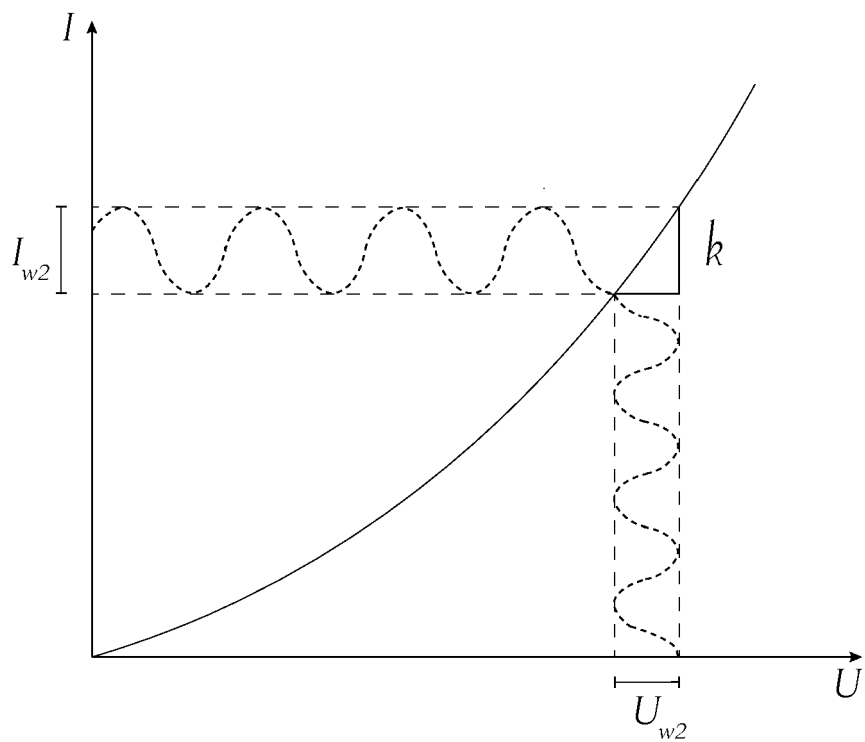


Fig. 4

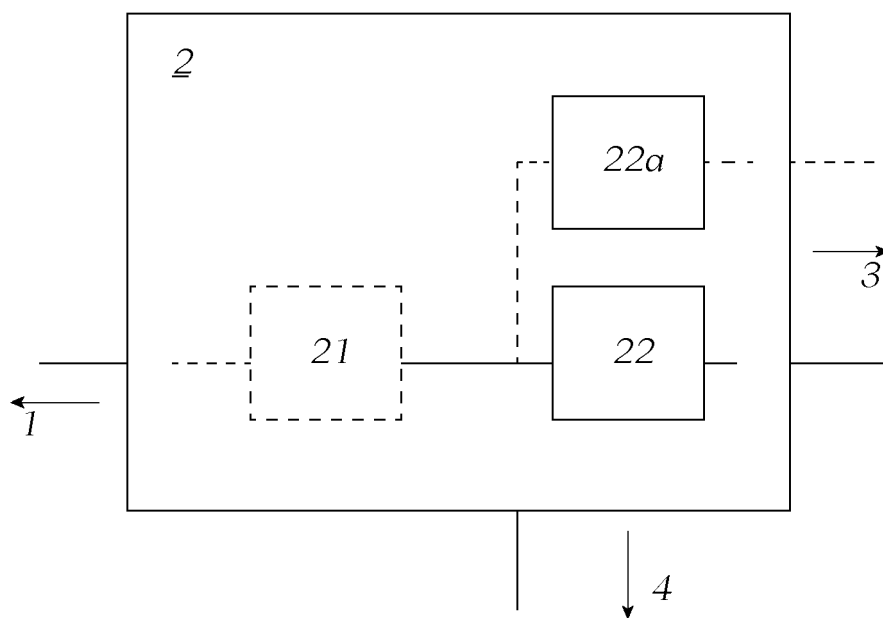


Fig. 5

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 2717653 A1 [0004]