

(19)



(11)

EP 3 426 007 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
09.01.2019 Patentblatt 2019/02

(51) Int Cl.:
H05B 33/08 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **18182482.2**

(22) Anmeldetag: **09.07.2018**

(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 MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(30) Priorität: **07.07.2017 DE 202017104063 U**
25.08.2017 DE 102017119464

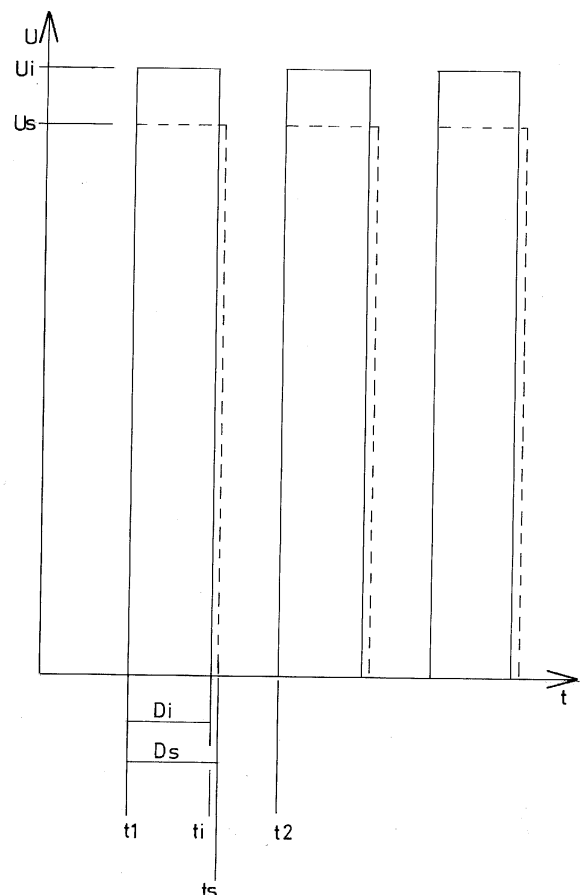
(71) Anmelder: **Herbach, Burkhard**
33619 Bielefeld (DE)

(72) Erfinder:
• **HERBACH, Burkhard**
33619 Bielefeld (DE)
• **VOLLMER, Christian**
33613 Bielefeld (DE)
• **MAROWSKI, Frank**
33619 Bielefeld (DE)

(74) Vertreter: **Habbel, Ludwig**
Habbel & Habbel
Patentanwälte
Am Kanonengraben 11
48151 Münster (DE)

(54) KFZ-BELEUCHTUNGSEINRICHTUNG MIT LEISTUNGSSTEUERUNG

(57) Bei einer Kfz-Beleuchtungseinrichtung, mit einer Sollspannung (U_S) liefernden Spannungsquelle, und einer an die Spannungsquelle anschließbaren LED, sowie mit einem der LED vorgeschalteten Vorwiderstand, schlägt die Erfindung vor, dass der LED eine kurz als Schaltung bezeichnete elektronische Überspannungs-Schutzschaltung zur Leistungsregelung mittels intermittierender Spannungsmodulation vorgeschaltet ist, welche die Spannungsversorgung intervallweise in der Art unterbrechend ausgestaltet ist, dass die LED abwechselnd ein- und ausgeschaltet ist, wobei jeweils eine Einschaltphase und eine daran Ausschaltphase ein Intervall definieren, wobei die Schaltung derart ausgestaltet ist, dass unter Beibehaltung einer der Schaltung anliegenden Ist-Spannung (U_i) die Ist-Einschaltdauer (D_i) innerhalb eines Intervalls im Vergleich zu einer vorbestimmten Soll-Einschaltdauer (D_S) verkürzt ist.

**EP 3 426 007 A1**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Kfz-Beleuchtungseinrichtung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Gattungsgemäße Kfz-Beleuchtungseinrichtungen sind aus der Praxis bekannt.

[0003] Außerhalb des Kfz-Bereichs ist es bekannt, LEDs an einer Konstantstromquelle zu betreiben, oder an einer Konstantspannungsquelle von beispielsweise 12V. Netzteile stellen die Einhaltung der gewünschten Strom- oder Spannungswerte sicher. Im Kfz-Bereich geht man anscheinend bei der Installation bekannter, gattungsgemäßer Beleuchtungseinrichtungen häufig davon aus, dass eine bestimmte Soll-Spannung von beispielsweise 12V mit einer ausreichend geringen Schwankungsbreite anliegt, um eine in der Beleuchtungseinrichtung vorgesehene LED im Konstantspannungsbetrieb betreiben zu können. Die Angabe von 12V, auf die auch in der weiteren vorliegenden Beschreibung Bezug genommen wird, ist dabei rein beispielhaft und steht stellvertretend für die jeweils vorgesehene Bordspannung, die z. B. auch 24V, 48V oder auch andere Spannungswerte betragen kann. Aus Kostengründen werden die im Kfz-Bereich verwendeten LEDs mit entsprechend an die vorgesehene Bordspannung angepassten Vorwiderständen versehen, wie dies auch für den Betrieb an Konstantspannungs-Netzteilen üblich ist.

[0004] Mit diesem in der Praxis üblichen Betrieb von LED-basierten Beleuchtungseinrichtungen im Kfz-Bereich sind allerdings überraschende Nachteile verbunden: Tatsächlich kann man im Kfz-Bereich nicht davon ausgehen, dass die Soll-Spannung von 12V mit einer ausreichend kleinen Schwankungsbreite, wie bei einem Konstantspannungs-Netzteil, eingehalten wird. Bei genauerer Betrachtung stellt sich heraus, dass im Vergleich zu der Soll-Spannung von beispielsweise 12 V die Spannungsversorgung für die LEDs häufig oberhalb dieser Soll-Spannung liegt. Die Ladeschlussspannung beträgt nämlich beispielsweise 14,4 V, so dass in der Praxis die LEDs häufig mit einer Ist-Spannung von oberhalb 12 V betrieben werden, nämlich bis hin zu einer Ist-Spannung von 14,4 V, was einer Überspannung von 20 % entspricht.

[0005] Da mit der Spannung auch der Strom ansteigt, ergibt sich aufgrund des quadratischen Einflusses der Spannung für die Leistungsberechnung, dass bei einer Überspannung von 25 % die Beleuchtungseinrichtungen mit Effektivleistungen betrieben werden, die das Dreifache des Nennanschlusswertes der LED betragen können. Bei handelsüblichen LED-Streifen, die mit LEDs und Vorwiderständen bestückt sind und bei einer anliegenden Spannung von 12V mit einer Leistung von 100% betrieben werden, steigt, wenn die Ladeschlussspannung von 14,4V und somit eine Überspannung von 20% anliegt, die Leistung auf mehr als 200%. Insbesondere die Vorwiderstände werden dabei Belastungen ausgesetzt, die zu ihrer Zerstörung führen.

[0006] Die Auswirkungen dieser deutlich erhöhten Effektivleistung bestehen erstens in einer erhöhten Wärmeabgabe, die je nach Einbausituation unter dem Gesichtspunkt der Brandgefahr zu vermeiden ist. Zweitens wird die Lebensdauer der betroffenen LED erheblich reduziert. Drittens kann zusätzlich zu der reduzierten Lebensdauer der LED die - im Vergleich zu der Lebensdauer sehr viel kürzere - praktische Nutzungsdauer der Beleuchtungseinrichtung erheblich verkürzt werden. Als praktische Nutzungsdauer wird dabei die Zeitdauer bezeichnet, während welcher die Beleuchtungseinrichtung ein für den Anwender verwertbares Licht abgibt. Die praktische Nutzungsdauer hängt daher beispielsweise vom Ladezustand eines Akkus ab, mit welchem die Beleuchtungseinrichtung betrieben wird. Während bei motorisierten Fahrzeugen, die mit einer Verbrennungskraftmaschine betrieben werden, gemeinsam mit dem Verbrennungsmotor üblicherweise auch ein Generator betrieben wird, sind bei Elektrofahrzeugen die Antriebsmotoren der Fahrzeuge ebenso als Verbraucher anzusehen wie die Beleuchtungseinrichtung des Fahrzeugs. Und bei motorlosen Fahrzeugen, wie beispielsweise Anhängern, ist beispielsweise im Campingbereich eine autarke elektrische Energieversorgung in Form einer Spannungsquelle vorgesehen, beispielsweise eines Akkus. Der nächste Ladevorgang erfolgt beispielsweise erst dann wieder, wenn der Anhänger an ein Zugfahrzeug und dessen Bordnetz angeschlossen wird. Bis zu diesem nächsten Ladevorgang kann durch die erhöhte Leistungsaufnahme die praktische Nutzungsdauer der Beleuchtungseinrichtungen unerwünscht verkürzt werden.

[0007] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine gattungsgemäße Kfz-Beleuchtungseinrichtung dahingehend zu verbessern, dass diese einen Betrieb mit der gewünschten Leistung auch bei einer anliegenden Überspannung ermöglicht.

[0008] Diese Aufgabe wird durch eine Kfz-Beleuchtungseinrichtung nach Patentanspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen beschrieben.

[0009] Die Erfindung schlägt mit anderen Worten vor, der LED eine kurz als Schaltung bezeichnete elektronische Überspannungs-Schutzschaltung zur Leistungsregelung vorzuschalten. Mittels der Schaltung wird die effektive Leistung der Beleuchtungseinrichtung geregelt, indem ein unerwünschter Leistungseintrag in die LED-Leuchte verhindert und vielmehr der Leistungseintrag auf den gewünschten Soll-Wert begrenzt wird. Gleichzeitig wird dadurch der Energiebedarf der Beleuchtungseinrichtung gegenüber einem Betrieb ohne die vorschlagsgemäße Schaltung verringert. Die Ist-Spannung, die der Beleuchtungseinrichtung anliegt, wird dabei nicht verändert, so dass eine besonders wirtschaftliche Schaltung verwendet werden kann.

[0010] Zufällige Einflüsse wie z. B. große Kabellängen oder geringe Kabelquerschnitte, die einen ausreichend großen Abfall der Versorgungsspannung bis zu der an der LED-Leuchte anliegenden Spannung bewirken, können einen zufälligen, nicht geplanten Schutz der LED-Leuchte vor der erwähnten Überspannung bewirken, während eine andere LED-

Leuchte am selben Fahrzeug aufgrund einer anderen Einbauposition und dementsprechend geringerer Kabellänge möglicherweise der Überspannung ausgesetzt und mit zu hoher Leistung betrieben wird. Mittels der vorschlagsgemäß vorgesehenen Schaltung kann für jede LED-Leuchte die dort anliegende Spannung ermittelt und berücksichtigt werden.

[0011] Die Schaltung bewirkt die Leistungsregelung mittels einer intermittierenden Modulation. Die Spannungsversorgung für die LED wird also abwechselnd intervallweise ein- und ausgeschaltet, so dass dementsprechend auch die LED abwechselnd ein- und ausgeschaltet wird. Ähnlich wie dies vom Phasenanschnitt bzw. -abschnitt zum Dimmen von klassischen Glühlampen bekannt ist, ergibt sich für den menschlichen Beobachter abhängig von der Amplitude der Spannung und von der Einschaltdauer jedes Pulses eine bestimmte Helligkeitswahrnehmung, wobei jedoch das optische Empfinden einer konstant leuchtenden Beleuchtungseinrichtung beibehalten werden kann, wenn die Ein- und Ausschaltzyklen mit einer physiologisch ausreichend hohen Frequenz erfolgen. Da ohnehin eine solche intermittierende Modulation zum Dimmen der LED-Leuchte vorgesehen ist, also zur Beeinflussung von deren Helligkeitssteuerung, ist der vorliegende Vorschlag konstruktiv mit vergleichsweise einfachen Mitteln und wirtschaftlich zu verwirklichen.

[0012] Mittels der vorschlagsgemäß vorgesehenen Schaltung wird zunächst die tatsächlich anliegende Ist-Spannung erfasst. Im Falle einer Überspannung im Vergleich zu der Soll-Spannung, beispielsweise der vorgesehenen Bordspannung von 12V, wird die Einschaltdauer der LED reduziert.

[0013] Soll beispielsweise die LED mit konstant durchgängig anliegender Spannung betrieben werden, so kann diese Spannungsversorgung gedanklich in nahtlos aneinander gereihete, gleich lange Intervalle von bestimmter Zeitdauer aufgeteilt werden, z. B. 50 oder 100 Intervalle pro Sekunde. Jedes dieser Intervalle kann gedanklich in zwei unterschiedliche Schaltzustände aufgeteilt werden, nämlich in eine Einschaltphase und eine Ausschaltphase. In der Einschaltphase liegt die Ist-Spannung unverändert an, und in der Ausschaltphase hat die Spannung den Wert Null. Bei konstant anliegender Spannung hat die Ausschaltphase dementsprechend eine Dauer von Null. Tritt eine Überspannung auf, so wird vorschlagsgemäß mittels der Schaltung die Ausschaltphase auf einen Wert größer Null verlängert und die Einschaltphase dementsprechend verkürzt.

[0014] Für den menschlichen Betrachter bleibt bei einer ausreichend hohen Schaltfrequenz der optische Eindruck einer konstant leuchtenden LED auch bei deren intermittierendem Betrieb bestehen. Daher kann die Schaltung vorteilhaft dementsprechend viele Intervalle pro Sekunde berücksichtigen, also dementsprechend viele Ein- und Ausschaltphasen pro Sekunde schalten. Aus dem Bereich der Vorführung von Filmen ist bekannt, dass bereits bei Frequenzen unterhalb 30 Hz der Eindruck einer unterbrechungsfreien, flüssigen Bewegung erzielt werden kann. Vorteilhaft kann daher die Schaltfrequenz ebenfalls dementsprechend hoch liegen. Um die unangenehme Wahrnehmung eines Flimmerns zuverlässig auszuschließen, können insbesondere mehr als 100 Intervalle pro Sekunde vorgesehen sein, beispielsweise 200 bis 700 Intervalle.

[0015] Nicht nur in dem erwähnten Dauerbetrieb der LED mit einer konstant anliegenden Versorgungsspannung kann die vorschlagsgemäße Schaltung Verwendung finden, sondern auch zusammen mit einem Dimmer. In an sich bekannter Weise kann dabei ein frequenzbasierter Dimmer verwendet werden, welcher abwechselnd Ein- und Ausschaltphasen erzeugt. Mittels der vorschlagsgemäßen Schaltung wird beim Auftreten von Überspannungen die Dauer der Einschaltphasen verringert, so dass auch in diesem Fall, bezogen auf eine Soll-Einschaltdauer im Betrieb mit der Soll-Spannung, die demgegenüber tatsächlich auftretende Ist-Spannung zu einer entsprechend kürzeren Ist-Einschaltdauer führt.

[0016] Dem quadratischen Einfluss der Spannung für die Leistungsberechnung steht der lediglich lineare Einfluss der verkürzten Einschaltphase gegenüber. Die Auswirkungen einer Überspannung auf einerseits die LEDs und auf andererseits die Vorschaltwiderstände der Beleuchtungseinrichtung sind jedoch ebenfalls unterschiedlich, so dass eine exakte Berechnung eine vergleichsweise aufwendige Ausgestaltung der Schaltung erfordern würde, um mittels der Schaltung die exakt identische Leistungsaufnahme der Beleuchtungseinrichtung unter den Ist-Bedingungen sicherzustellen, wie sie ansonsten unter Soll-Bedingungen gegeben wäre. Insbesondere können in Abhängigkeit von der Bauart, vom Hersteller, und gegebenenfalls von den Produktchargen die LEDs und die Vorwiderstände der Beleuchtungseinrichtungen ein unterschiedliches Verhalten aufweisen, so dass eine exakte Anpassung der Schaltung erforderlich wäre, um die erwähnte identische Leistungsaufnahme unter den Ist-Bedingungen sicherzustellen.

[0017] Insbesondere wenn nicht die absoluten Werte von Überspannung und dem Zuviel an Leistung berücksichtigt werden, sondern wenn mit relativen bzw. prozentualen Werten gerechnet wird, ergibt sich für den Bereich, in welchem die Überspannungen in der Praxis bei Fahrzeugen auftreten, unabhängig von der tatsächlichen Soll-Bordspannung ein annähernd linearer Zusammenhang. Dementsprechend kann mit einer ausreichend guten Genauigkeit entsprechend der relativen Überspannung die Verkürzung der so genannten "duty cycles" bzw. Einschaltdauer in den Ein- und Ausschaltzyklen gesteuert werden. Empirisch konnte in ersten Versuchen ein relativ linearer Zusammenhang zwischen Überspannung und resultierendem Leistungsanstieg ermittelt werden. Unabhängig von Leistung, Spannung und Art der LED-Leuchte, in der Praxis häufig in Form eines LED-Streifens, war dabei faktisch ein linearer Zusammenhang zwischen der relativen Überspannung und dem auftretenden relativen Leistungsanstieg zu beobachten, wobei bei den LED-Leuchten die in der Praxis vielfach üblichen, einfachen Vorwiderstände verbaut waren, und keine aktive Regelung.

[0018] In einer vorteilhaften Ausgestaltung ist daher vorgesehen, dass die Schaltung in Abhängigkeit von der ermittelten, tatsächlich anliegenden Ist-Spannung die Einschaltphase innerhalb eines Intervalls bei einer anliegenden Über-

spannung um einen festgelegten Faktor verkürzt. Diese Ausgestaltung ermöglicht einen einfachen, wirtschaftlichen Aufbau der Schaltung. Auf diese Weise wird der Beleuchtungseinrichtung zwar nicht dieselbe Leistung zugeführt wie bei anliegender Soll-Spannung, es kann jedoch sichergestellt werden, dass die negativen Auswirkungen der Überspannung erheblich verringert oder sogar in einem praxisrelevanten Ausmaß vermieden werden.

[0019] Die Schaltung kann folglich in der Art ausgestaltet sein, dass sie entsprechend der folgenden Formeln die Überspannung und in Abhängigkeit davon die Ausschaltphase bestimmt:

$$U_i/U_S - 1 = \ddot{U},$$

und

$$D_S - (D_S * \ddot{U} * F) = D_i$$

[0020] Darin bezeichnet

U_i die tatsächlich anliegende Ist-Spannung,

U_S die Soll-Spannung (z. B. des Fahrzeug-Bordnetzes),

$\ddot{U}$ das Maß der Überspannung als dimensionsloser Relativwert, bezogen auf die Soll-Spannung,

D_S die Soll-Dauer der Einschaltphase,

D_i die Ist-Dauer der Einschaltphase, und

F den erwähnten Faktor

[0021] Wenn dieser Faktor F beispielsweise 1 ist, wird die Einschaltphase um dasselbe Maß verkürzt, um welches die Überspannung die an sich vorgesehene Soll-Spannung übersteigt. Bei einer Überspannung von 10 % wird folglich die Einschaltphase im Vergleich zu einer an sich vorgesehenen Soll-Einschaltdauer der LED um 10 % verkürzt, so dass das Produkt aus Spannung und Einschaltdauer den gleichen Wert ergibt wie das Produkt aus der nicht reduzierten Einschaltdauer und der Soll-Spannung. Um im Vergleich zu dem genannten Faktor 1 eine stärkere Reduzierung der Leistungsaufnahme zu erreichen und den quadratischen Einfluss der Spannung noch weiter zu kompensieren, kann ein anderer Faktor in der Schaltung berücksichtigt werden. Beispielsweise führt ein Faktor 3 zu einer Verkürzung der Einschaltphase um 15%, wenn eine Überspannung von 5% anliegt, und bei einer Überspannung von 20% zu einer Verkürzung der Einschaltphase um 60% verkürzt, auf lediglich 40% ihrer Soll-Dauer.

Der vorliegende Vorschlag wird anhand der rein schematischen Darstellung nachfolgend näher erläutert.

[0022] Dabei ist in der Zeichnung ein Diagramm dargestellt, bei welchem eine elektrische Spannung U über der Zeit t aufgetragen ist, also die einer LED anlegbare Spannung U in vertikaler Richtung und der Zeitablauf t in horizontaler Richtung aufgetragen ist.

[0023] Im Diagramm ist die theoretisch vorgesehene Soll-Spannung mit U_S gekennzeichnet, die einen Wert von 12 V aufweist, jedoch in dem dargestellten Beispiel nicht anliegt. Aus diesem Grund ist der Verlauf der Soll-Spannung U_S gestrichelt eingezeichnet.

[0024] Zudem ist kein konstanter, sondern ein intervallartiger Betrieb der LED vorgesehen, nämlich mittels eines Dimmers, der intermittierend eine Helligkeitsbeeinflussung der LED in Art einer Spannungsmodulation ermöglicht. Um die LED mit einer bestimmten Leistung - und einer daraus resultierenden, bestimmten wahrnehmbaren Helligkeit - zu betreiben, beträgt die Einschaltphase bei Soll-Spannung U_S eine Zeitspanne, die als Soll-Dauer D_S gekennzeichnet ist und von einem Einschalt-Zeitpunkt t_1 des ersten Intervalls bis zu einem End-Zeitpunkt t_S dauert.

[0025] Nach Ablauf dieser Soll-Dauer D_S ist eine Ausschaltphase vorgesehen. Diese dauert bis zu einem Zeitpunkt t_2 , zu welchem das erste Intervall endet und das zweite Intervall beginnt, indem die angeschlossene LED erneut eingeschaltet wird.

[0026] Tatsächlich jedoch liegt abweichend von den beschriebenen Soll-Werten keine Soll-Spannung U_S von 12 V an, sondern vielmehr eine Ist-Spannung U_i , die einen höheren Wert als 12 V aufweist, also eine Überspannung darstellt. Der Verlauf der Ist-Spannung U_i ist in durchgezogenen Linien dargestellt.

[0027] Eine Schaltung, die als Überspannungs-Schutzschaltung zur Leistungsregelung bezeichnet werden kann, dient dazu, die Ist-Spannung U_i zu detektieren und die Einschaltphasen in der Weise zu modulieren, dass dennoch die angeschlossene LED mit annähernd der gewünschten Leistung zu betreiben ist, und dass jedenfalls der Betrieb mit einer unzutraglich hohen Leistung vermieden wird. Hierzu wird die Ist-Spannung U_i nicht verändert, sondern die LED wird mit dieser Überspannung betrieben. Allerdings wird die Einschaltphase innerhalb eines Intervalls vom Soll-Wert D_S auf eine Ist-Dauer D_i reduziert, so dass die Einschaltphase vom Zeitpunkt t_1 zu Beginn des Intervalls lediglich bis

zum tatsächlichen End-Zeitpunkt t_i statt bis zum eigentlich vorgesehenen End-Zeitpunkt t_s dauert.

[0028] In der grafischen Darstellung des Diagramms ergeben sich sowohl für das Rechteck mit den Soll-Werten, also in gestrichelten Linien, als auch für das Rechteck in durchgezogenen Linien, welches die Ist-Werte repräsentiert, gleiche Flächeninhalte. Diese verdeutlichen, dass die Schaltung die Einschaltphase um dasselbe Maß - also mit einem Faktor von 1 - verkürzt, um welches die Ist-Spannung U_i die Soll-Spannung U_s als Überspannung übersteigt.

[0029] Im Vergleich zum Betrieb der LED an einer Konstantstromquelle kann mittels der vorschlagsgemäß vorgesehenen Schaltung auf wirtschaftlich vorteilhafte Weise sichergestellt werden, dass die LEDs mit einer akzeptablen Leistung betrieben werden und die Nachteile, die mit einem unerwünschten Betrieb mit einer erhöhten effektiven Leistung verbunden wären, zuverlässig vermieden werden können.

[0030] Im Gegensatz zu den erläuterten, in der Praxis auftretenden Überspannungen können mittels der vorgeschlagenen Schaltung Unterspannungen, die in der Praxis ebenfalls auftreten, nicht ausgeglichen werden. Sie bewirken jedoch für die Temperaturentwicklung und die Lebensdauer der LEDs sowie für die praktische Nutzungsdauer der Beleuchtungseinrichtung nicht die eingangs geschilderten Nachteile, so dass die Unterspannungen eher in Kauf genommen werden können als Überspannungen.

[0031] Anhand des in der Zeichnung dargestellten Beispiels wurde erläutert, dass mittels der vorschlagsgemäßen Schaltung und dem darin berücksichtigten Faktor 1 das Produkt aus Spannung und Einschalt-Zeitdauer im praktischen Betrieb exakt gleich groß ist wie das Produkt aus der vorgesehenen Soll-Spannung und der vorgesehenen Soll-Einschalt-Zeitdauer. Abweichend davon kann die vorschlagsgemäß vorgesehene Schaltung auch in der Weise ausgestaltet sein, dass ein anderer Faktor angewendet wird, oder dass ein zusätzlicher Korrekturfaktor in die Berechnung der Ist-Dauer D_i einfließt: beispielsweise wenn sich die Helligkeit der LED nicht linear mit der angelegten Spannung entwickelt, kann der erwähnte Korrekturfaktor sicherstellen, dass die LED mit der gewünschten Helligkeit betrieben wird. Insbesondere wenn die Helligkeit überproportional ansteigt, kann mittels derartiger Korrekturfaktoren die Ist-Dauer D_i weiter verkürzt werden, als anhand des Ausführungsbeispiels beschrieben wurde, so dass die positiven Auswirkungen der Schaltung besonders stark zum Tragen kommen.

[0032] Am Markt erhältliche Standard-LED-Streifen sind dafür ausgelegt an einer konstanten Spannung betrieben zu werden. Weil die abgegebene Lichtmenge einer LED ausschließlich vom Strom abhängt, ist es notwendig, diesen Strom konstant zu halten. Liegt eine konstante Anschlussspannung vor, ist ein konstanter Strom durch einen Vorwiderstand sicherzustellen. Beim Betrieb mit Netzteilen, z.B. in Gebäudeinstallationen, ist das sicherzustellen. Hier wird aufgrund der Leitungswiderstände durch längere Gebäudeverkabelungen die gewünschte Anschlussspannung sogar häufig unterschritten und die maximale zulässige LED-Leistung bzw. -Helligkeit nicht erreicht. Anders sieht aber der Betrieb im KFZ aus. Hier sind Bord-Spannungen von 10-20% oberhalb der Nennspannung von 12V sogar die Regel. Was dabei bislang kaum jemand berücksichtigt hat, ist, dass diese Überspannung bei LEDs mit Vorwiderstand die Leistung des Systems drastisch ansteigen lässt. Je nach LED-Qualität kann das bei 20% Überspannung zu bis zu 200% der Nennleistung führen. Dabei wird noch nicht einmal die Helligkeit verdoppelt, sondern der Vorwiderstand trägt wesentlich zur Erwärmung bei.

[0033] Der Lichtstrom nimmt linear mit dem Strom zu, damit steigt auch die Leistungsaufnahme der LED annähernd linear. Aber das Ohmsche Gesetz beschreibt die Leistungsaufnahme am Widerstand mit $P = R \cdot I^2$. Damit geht der wesentliche Leistungsbedarf einfach in Wärme über, ohne zur Erhellung beizutragen. Natürlich ist damit die LED-Helligkeit nach wie vor von der Bordspannung abhängig. Bleibt noch zu erwähnen, dass die Standzeit bzw. die Lebensdauer (lifetime) einer LED im Wesentlichen von ihrer Betriebstemperatur abhängt. Diese kann sich ohne weiteres durch den falschen Temperaturarbeitsbereich von 40.000h auf einen Bruchteil z.B. im Mittel 4.000h reduzieren.

[0034] Man hat es also mit mehreren negativen Effekten zu tun:

1. Akkukapazität wird verschwendet,
2. die Helligkeit der LED schwankt mit der Bordspannung,
3. die LED-lifetime sinkt dramatisch.

Das bekannteste Verfahren um solche negativen Auswirkungen zu verhindern, ist die Nutzung von Konstantstromquellen. Diese werden exakt auf die verwendeten LEDs bzw. auf die Anwendung abgestimmt und sind entweder extern vorgeschaltet oder mit der LED gemeinsam aufgebaut. Letzteres führt zu erhöhten Kosten. Ersteres ist aufgrund der niedrigen Bordnennspannung von 12V nur für max. 3 (weiße) LED in Reihe geeignet. In jedem Fall muss aber die angeschlossene LED-Leistung bzw. der LED-Strom vorab bekannt sein, damit auch die richtige LED-Leistung eingestellt wird.

[0035] Eine erfindungsgemäß ausgestaltete Kfz-Beleuchtungseinrichtung zielt darauf ab, die Überhitzung der LED-Leuchten bei wechselnden und erhöhten Bordspannungen zu vermeiden. Erster erwünschter Nebeneffekt ist die Konstanzhaltung der Helligkeit. Dies wird erreicht, weil das menschliche Auge die Helligkeit einer Lichtquelle über die Wahrnehmung integriert, ähnlich wie es bei einem Fernsehbild der Fall ist. Jeder weiß, dass ein Fernsehbild Einzelbilder in Folge zeigt, trotzdem werden diese als fließende Bewegungen wahrgenommen. Im vorliegenden Fall wird eine Technik genutzt wie sie auch beim Dimmen von LEDs genutzt wird. Hier ist der funktionale Zusammenhang zwischen Bordspan-

nung und der resultierenden Anschlussleistung ermittelt worden, so dass deren Einfluss kompensiert werden kann.

[0036] Die Begrenzung der Ausgangsleistung bei überhöhten Spannungen ist zwar auch mit einer Konstantstromquelle machbar, das setzt aber immer die Kenntnis bzw. Festlegung auf eine bestimmte Nennleistung voraus. Erfindungsgemäß hingegen wird hier keine derartige Festlegung benötigt und es wird über den gesamten Leistungsbereich automatisch auf die gerade angeschlossene LED-Leistung begrenzt. Sogar unterschiedliche parallel geschaltete Konstantspannungs-LED-Leuchten lassen sich in ihrer jeweiligen individuellen Leistung begrenzen. Zusätzlich ist automatisch ein Überspannungsschutz integriert, der die LEDs oberhalb von z.B. einstellbaren 16V Bord(über)spannung komplett abschaltet und damit sicher schützt.

[0037] Die Steuerung kann an 12V- oder 24V-Systemen eingesetzt werden und ist bis über 30V Eingangsspannung zu betreiben. Darüber wird eine eigene Schutzschaltung aktiv, welche die Steuerung selbst schützt. Allerdings nur eine begrenzte Zeit von wenigen Minuten. Das System ist selbstrückstellend ausgelegt, sodass kein Nutzereingriff an der Steuerung nötig ist. Sinkt die Spannung unterhalb einer einstellbaren Schwelle, reaktiviert sich die Funktion automatisch.

[0038] Ein dauerhaft falscher Anschluss an eine zu hohe Spannung kann die Steuerung trotzdem beschädigen. Damit auch LEDs mit eigener Stromquelle an solcher einer Steuerung betrieben werden können, lässt sich diese Funktion selektiv für einzelne oder alle Kanäle abschalten, ohne die generelle Schutzschaltung (z.B. 16V) zu beeinträchtigen. Grundsätzlich lassen sich alle LEDs mit Vorwiderstand so in Ihrer Leistung begrenzen und vor Überhitzung schützen.

1. Fall

[0039] Um den Betriebszustand von LEDs innerhalb definierter Grenzen zu halten, ist entweder eine konstante Spannung oder ein konstanter Strom notwendig. Bei konstanter Spannung kann durch geeignete Wahl eines (konstanten) Vorwiderstandes der gewünschte Betriebszustand hergestellt werden.

[0040] Nachteil: Überschreitet die Ist-Spannung auch nur leicht um 10-20% die Nennspannung, erhöht sich die Leistungsaufnahme solch eines Konzeptes sofort bis zum Doppelten der Nennleistung und führt u.U. zum schnellen Ausfall durch Überhitzung, oder lässt die lifetime der LED durch die Überhitzung drastisch sinken.

2. Fall

[0041] Ist die Spannung nicht wirklich konstant, ist ein definierter Betrieb mittels einer Konstantstromquelle möglich. Diese regelt auftretende Überspannungen innerhalb eines gewissen Bereiches aus.

Nachteil: Der Strom bestimmt die Leistung, weshalb diese vorher bekannt sein muss, damit ein definierter Arbeitsbereich hergestellt werden kann. Ein universeller Einsatz ist nicht möglich, weil die Stromquelle auf die LEDs abgestimmt werden muss.

[0042] Diese beiden Nachteile vermeidet das erfindungsgemäße Konzept, weil es unabhängig von der tatsächlichen angeschlossenen Leistung funktioniert. Allein die Messung des Unterschiedes zwischen Ist- und Soll-Spannung reicht aus, um eine lastunabhängige Leistungsbegrenzung und damit eine übermäßige Erwärmung der LEDs zu verhindern. Hierfür wurde ein funktionaler Zusammenhang zwischen Überspannung und der Leistungsaufnahme ermittelt. Dieser funktionale Zusammenhang wird einer erfindungsgemäßen LED-Steuerung genutzt, um die Leistungsaufnahme der LEDs mit Vorwiderstand trotz Überspannung annähernd konstant zu halten.

Dazu müssen nur wenige und leicht zu ermittelnde bzw. bekannte Größen als Parameter der Funktion berücksichtigt werden. Das sind:

1. Sollspannung, z.B. 12V oder 24V
2. Istspannung = Sollspannung + 10-20%
3. Durchbruch-Spannung der verwendeten LEDs, bei weiß ca. 2.8V bis 3.2V pro LED
4. Anzahl der LED pro Gruppe, 3 Stück bei 12V, 6 Stück bei 24V usw.

[0043] Allein aus diesen Parametern lässt sich über folgende Formel ein Faktor ermitteln, der z.B. eine eingestellte PWM (Pulsweitenmodulation) überlagert und dadurch die Leistung und wahrgenommene Helligkeit auf konstantem Niveau hält.

$$P_{rel} = -\frac{U_{LED} U_{ist}}{U_{nenn} (-U_{LED} + U_{ist})} + \frac{U_{LED} U_{ist}^2}{U_{nenn}^2 (-U_{LED} + U_{ist})} + \frac{U_{ist}^2}{U_{nenn}^2}$$

$$U_{ist} = 14.4 \text{ V}$$

$$U_{nenn} = 12 \text{ V}$$

$$U_{LED} = 9.6 \text{ V}$$

$$U_{rel} = 1.2$$

$$P_{rel} = 1.92$$

[0044] U_{rel} und P_{rel} sind dimensionslose Faktoren. U_{LED} steht für die LED-Durchbruchspannung (Annahme: $3 \times 3.2 \text{ V} = 9.6 \text{ V}$). $U_{rel} = 1.2$ steht für 20% Überspannung und $P_{rel} = 1.92$ steht für 1.92-fache Leistungsaufnahme. Wird z.B. die PWM um diesen Faktor reduziert, reduziert sich auch die Leistungsaufnahme um diesen Faktor und bleibt damit konstant. Damit lässt sich allein aus den Spannungsverhältnissen berechnen, wie die Leistung bei einer bestimmten Überspannung steigt. Da weder der Strom, noch eine Anschlussleistung in die Formel eingeht, ist dieses Verfahren sehr universell und kann damit an jeder LED-Schaltung mit Vorwiderständen eingesetzt werden, auch bei unterschiedlichen Nennspannungen. Hier ist allein die LED-Spannung für LED-Gruppe (3, 6, ...) anzupassen.

[0045] Die Formel für P_{rel} könnte noch durch einen Term ergänzt werden, der berücksichtigt wie U_{LED} mit zunehmendem Strom ebenfalls größer wird (hier als Konstant angenommen). Da dieser physikalische Einfluss auf die Leistung aber vernachlässigbar ist und die Gleichung dadurch zu einer Differentialgleichung würde, wurde hier darauf verzichtet.

[0046] Die theoretisch erwartete quadratische Abhängigkeit ist in der empirischen Praxis kaum wahrnehmbar, da der betrachtete Bereich von 0% bis ca. 30% sich noch annähernd linear verhält. Deshalb könnte man auch mit ausreichender Genauigkeit eine lineare Gleichung verwenden. Die Terme in der Gleichung lassen sich wie folgt identifizieren. Der lineare Term steht für die LED, deren Leistung linear zunimmt, während die (Verlust-)Leistung am Vorwiderstand wegen $P_{vor} = I^2 \times R_{vor}$ quadratisch zunimmt.

Bezugszeichen:

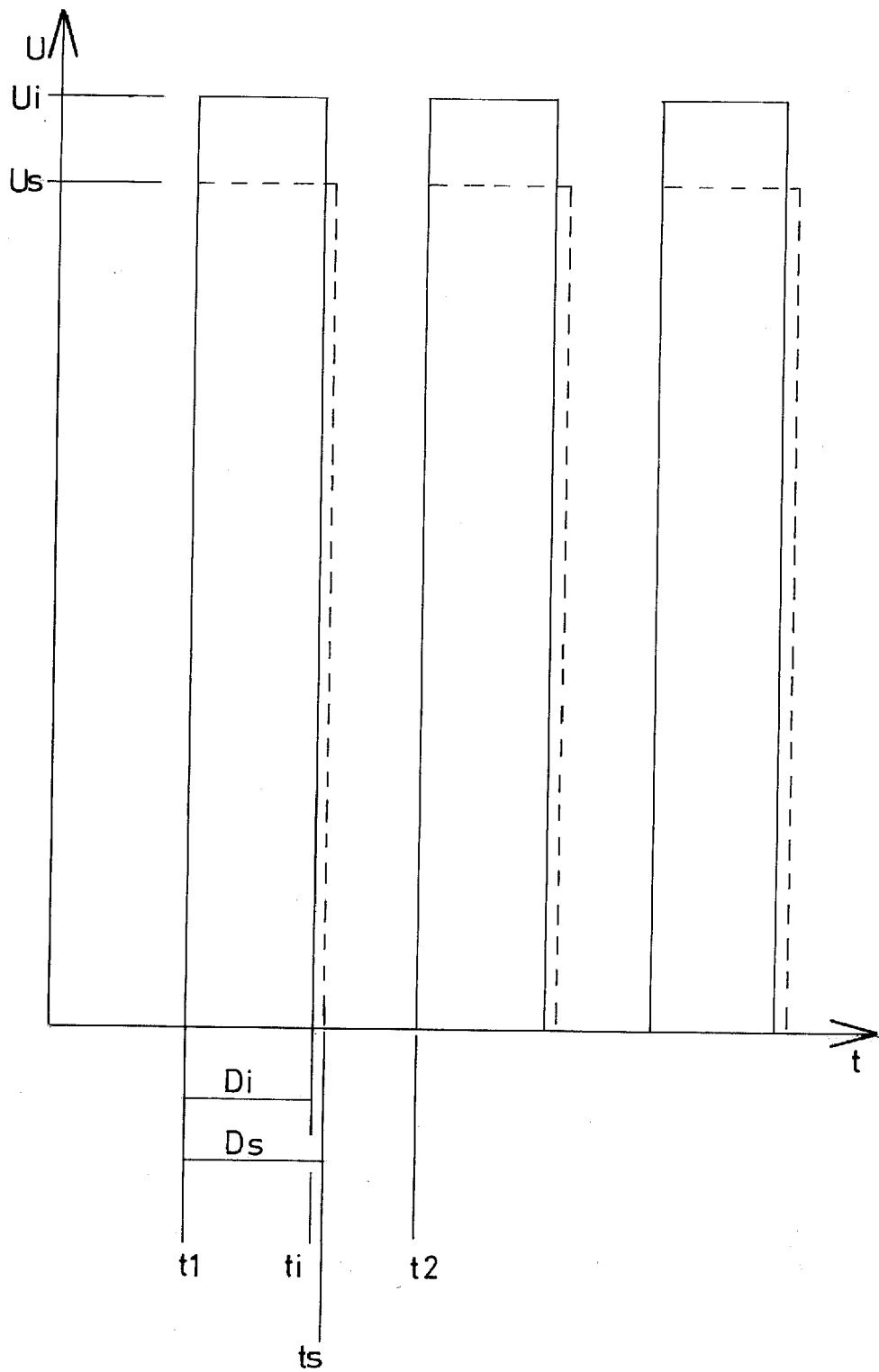
[0047]

U	Spannung t Zeit
U_S	Soll-Spannung
D_S	Soll-Dauer
t_1	Zeitpunkt: Beginn des ersten Intervalls
t_S	Zeitpunkt: Soll-Ende des ersten Intervalls
t_2	Zeitpunkt: Beginn des zweiten Intervalls
U_i	Ist-Spannung
D_i	Ist-Dauer
T_i	tatsächlicher End-Zeitpunkt

Patentansprüche

1. Kfz-Beleuchtungseinrichtung,
mit einer eine Soll-Spannung (U_S) liefernden Spannungsquelle,
und einer an die Spannungsquelle anschließbaren LED, sowie mit einem der LED vorgeschalteten Vorwiderstand,
dadurch gekennzeichnet,
dass der LED eine kurz als Schaltung bezeichnete elektronische Überspannungs-Schutzschaltung zur Leistungsregelung mittels intermittierender Spannungsmodulation vorgeschaltet ist,
welche die Spannungsversorgung intervallweise in der Art unterbrechend ausgestaltet ist, dass die LED abwechselnd ein- und ausgeschaltet ist, wobei jeweils eine Einschaltphase und eine daran Ausschaltphase ein Intervall definieren,
wobei die Schaltung derart ausgestaltet ist, dass unter Beibehaltung einer der Schaltung anliegenden Ist-Spannung (U_i) die Ist-Einschaltdauer (D_i) innerhalb eines Intervalls im Vergleich zu einer vorbestimmten Soll-Einschaltdauer (D_S) verkürzt ist.
2. Kfz-Beleuchtungseinrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Beleuchtungseinrichtung einen der Schaltung vorgeschalteten, Ein- und Ausschaltphasen erzeugenden Dimmer aufweist.

3. Kfz-Beleuchtungseinrichtung nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Schaltung derart ausgestaltet ist, dass sie 25 oder mehr Ein- und Ausschaltvorgänge pro Sekunde schaltet.
- 5 4. Kfz-Beleuchtungseinrichtung nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Schaltung derart ausgestaltet ist, dass sie 100 oder mehr Ein- und Ausschaltvorgänge pro Sekunde schaltet.
- 10 5. Kfz-Beleuchtungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Schaltung derart ausgestaltet ist, dass in die Berechnung der Ist-Einschaltdauer (D_i) ein Faktor (F) einfließt, derart, dass bei einer nach der Formel $U_i/U_S - 1 = \ddot{U}$ ermittelten Überspannung $\ddot{U}$ die Ist-Einschaltdauer (D_i) nach der Berechnung
15 $D_S - (D_S * \ddot{U} * F) = D_i$ festgelegt ist.
6. Kfz-Beleuchtungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Schaltung derart ausgestaltet ist, dass unter Beibehaltung einer der Schaltung anliegenden Ist-Spannung (U_i) das Produkt aus Ist-Einschaltdauer (D_i) und Ist-Spannung (U_i) gleich groß ist wie das Produkt aus einer vorbestimmten Soll-Einschaltdauer (D_S) und der Soll-Spannung (U_S).
20
7. Kfz-Beleuchtungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Schaltung derart ausgestaltet ist, dass in die Berechnung der Ist-Einschaltdauer (D_i) ein den Helligkeitsverlauf der LED im Bereich der Überspannungen berücksichtigender Korrekturfaktor einfließt.
25





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 18 18 2482

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2017/048935 A1 (KOO NAM SU [KR]) 16. Februar 2017 (2017-02-16) * Absatz [0031] - Absatz [0053]; Abbildungen 1-4, 8 *	1-4	INV. H05B33/08
X	US 2014/354169 A1 (MCDERMOTT KEVIN [US]) 4. Dezember 2014 (2014-12-04) * Absatz [0060] - Absatz [0062]; Abbildung 2 *	1	
X	US 2013/141635 A1 (LEBENS GARY A [US] ET AL) 6. Juni 2013 (2013-06-06) * Absatz [0051]; Abbildung 4 *	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			H05B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 12. Oktober 2018	Prüfer Plamann, Tobias
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 18 18 2482

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

12-10-2018

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
	US 2017048935	A1	16-02-2017	KR 20170020593	A	23-02-2017
				US 2017048935	A1	16-02-2017

15	US 2014354169	A1	04-12-2014	US 2014354169	A1	04-12-2014
				WO 2014194064	A1	04-12-2014

	US 2013141635	A1	06-06-2013	US 7740371	B1	22-06-2010
				US 8159146	B1	17-04-2012
20				US 8362712	B1	29-01-2013
				US 8829808	B1	09-09-2014
				US 9119266	B1	25-08-2015
				US 9907137	B1	27-02-2018
				US 2013141635	A1	06-06-2013
25	-----					
30						
35						
40						
45						
50						
55						

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82