

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50374/2014

(22) Anmeldetag: 27.05.2014

(43) Veröffentlicht am: 15.02.2015

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

(30) Priorität:
14.08.2013 DE 102013216155.7 beansprucht.

(71) Patentanmelder:
OSRAM GMBH
80807 München (DE)

(74) Vertreter:
BARGER W. DIPL.ING., PISO E. DR.,
ISRAILOFF P. DIPL.ING. DR. TECHN.
WIEN

(54) **Elektronisches Vorschaltgerät zum Betreiben mindestens einer ersten Kaskade von LEDs**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein elektronisches Vorschaltgerät (10) zum Betreiben mindestens einer ersten Kaskade von LEDs (D101), umfassend: einen Eingang zum Koppeln mit einer Versorgungswechselspannung (V_e); einen Gleichrichter (D002), der mit dem Eingang gekoppelt ist, wobei der Gleichrichter (D002) einen Ausgang mit einem ersten und einem zweiten Ausgangsanschluss aufweist; eine erste Einheit (EH1), die die erste Kaskade von LEDs (D101) umfasst, wobei die erste Einheit (EH1) mit dem ersten Ausgangsanschluss des Gleichrichters (D002) gekoppelt ist; eine Serienschaltung umfassend einen Längsregler (Q100) und einen Shunt-Widerstand (R100), wobei diese Serienschaltung seriell zwischen die erste Einheit (EH1) und den zweiten Ausgangsanschluss des Gleichrichters (D002) gekoppelt ist; eine Sollwert-Vorgabevorrichtung (16) für den Längsregler (Q100) mit einem Ausgang, der mit dem Längsregler (Q100) gekoppelt ist, wobei die Sollwert-Vorgabevorrichtung (16) ausgelegt ist einen ersten Teilsollwert an ihrem Ausgang bereitzustellen, der mit der Spannung ($V(n003)$) zwischen den Ausgangsanschlüssen des Gleichrichters (D002) korreliert ist; wobei die Sollwert-Vorgabevorrichtung (16) weiterhin ausgelegt ist, einen zweiten, dem ersten Teilsollwert überlagerten Teilsollwert an den Längsregler (Q100) bereitzustellen, wobei der zweite Teilsollwert invers korreliert ist mit dem Spitzenwert des Stroms ($I_p(Q100)$) durch den Längsregler (Q100).

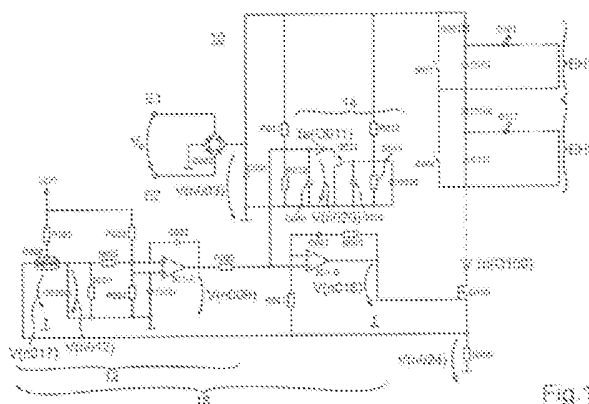


Fig. 1

Zusammenfassung

Elektronisches Vorschaltgerät zum Betreiben mindestens einer ersten Kaskade von LEDs

Die vorliegende Erfindung betrifft ein elektronisches Vorschaltgerät (10) zum Betreiben mindestens einer ersten Kaskade von LEDs (D101), umfassend: einen Eingang zum Kopplein mit einer Versorgungswechselspannung (V_e); einen Gleichrichter (D002), der mit dem Eingang gekoppelt ist, wobei der Gleichrichter (D002) einen Ausgang mit einem ersten und einem zweiten Ausgangsanschluss aufweist; eine erste Einheit (EH1), die die erste Kaskade von LEDs (D101) umfasst, wobei die erste Einheit (EH1) mit dem ersten Ausgangsanschluss des Gleichrichters (D002) gekoppelt ist; eine Serienschaltung umfassend einen Längsregler (Q100) und einen Shunt-Widerstand (R100), wobei diese Serienschaltung seriell zwischen die erste Einheit (EH1) und den zweiten Ausgangsanschluss des Gleichrichters (D002) gekoppelt ist; eine Sollwert-Vorgabevorrichtung (16) für den Längsregler (Q100) mit einem Ausgang, der mit dem Längsregler (Q100) gekoppelt ist, wobei die Sollwert-Vorgabevorrichtung (16) ausgelegt ist einen ersten Teilsollwert an ihrem Ausgang bereitzustellen, der mit der Spannung ($V(n003)$) zwischen den Ausgangsanschlüssen des Gleichrichters (D002) korreliert ist; wobei die Sollwert-Vorgabevorrichtung (16) weiterhin ausgelegt ist, einen zweiten, dem ersten Teilsollwert überlagerten Teilsollwert an den Längsregler (Q100) bereitzustellen, wobei der zweite Teilsollwert invers korreliert ist mit dem Spitzenwert des Stroms ($I_d(Q100)$) durch den Längsregler (Q100).

(Fig. 1)

Beschreibung

Elektronisches Vorschaltgerät zum Betreiben mindestens einer ersten Kaskade von LEDs

Technisches Gebiet

Die vorliegende Erfindung betrifft ein elektronisches Vorschaltgerät zum Betreiben mindestens einer ersten Kaskade von LEDs, umfassend einen Eingang mit einem ersten und einem zweiten Eingangsanschluss zum Koppeln mit einer Versorgungswechselspannung, einen Gleichrichter, der mit dem ersten und dem zweiten Eingangsanschluss gekoppelt ist, wobei der Gleichrichter einen Ausgang mit einem ersten und einem zweiten Ausgangsanschluss aufweist, eine erste Einheit, die die erste Kaskade von LEDs umfasst, wobei die erste Einheit mit dem ersten Ausgangsanschluss des Gleichrichters gekoppelt ist, eine Serienschaltung umfassend einen Längsregler und einen Shunt-Widerstand, wobei diese Serienschaltung seriell zwischen die erste Einheit und den zweiten Ausgangsanschluss des Gleichrichters gekoppelt ist, sowie eine Sollwert-Vorgabevorrichtung für den Längsregler mit einem Ausgang, der mit dem Längsregler gekoppelt ist, wobei die Sollwert-Vorgabevorrichtung ausgelegt ist einen ersten Teilsollwert an ihrem Ausgang bereitzustellen, der mit der Spannung zwischen den Ausgangsanschlüssen des Gleichrichters korreliert ist. Mit der Bezeichnung "Kaskade von LEDs" ist bevorzugt eine Vielzahl von LEDs gemeint, jedoch kann eine derartige "Kaskade" auch nur eine einzelne LED umfassen.

Stand der Technik

Bei LED-Treiberkonzepten, die den LED-Strom und damit den Netzstrom linear regeln und bei denen es aufgrund ihrer Leistungsaufnahme erforderlich ist, eine weitgehend sinusförmige Stromaufnahme aus dem Netz zu gewährleisten, wird bisher mittels eines an die gleichgerichtete Versorgungswechselspannung angeschlossenen Widerstandsteilers ein Sollwert für den Stromregler abgeleitet. Da diese Eingangsspannung sinusförmig ist, ist dadurch auch der Sollwert und bei geeignetem Regelkonzept auch der Istwert des Netzstroms sinusförmig.

Allerdings entsteht bei dieser Anordnung das Problem, dass Schwankungen der Netzspannung Schwankungen des Stroms nach sich ziehen, was einerseits die Verluste in dem linearen Stromregler bei Überspannung deutlich erhöht und andererseits bei Unterspannung zu einem zu geringen LED-Strom führt.

Bisherige Lösungen greifen in die Sollwertbildung für den LED-Strom ein, indem sie beispielsweise einen Maximalwert festlegen, den dieser Sollwert niemals überschreitet. Dies führt jedoch bei Überspannung dazu, dass die Netzstromaufnahme nicht mehr sinusförmig ist.

Eine andere bekannte Möglichkeit besteht darin, unter Verwendung eines Multiplizierers einen Sollwert zu erzeugen. Der Multiplizierer multipliziert dabei eine mittels des oben genannten Spannungsteilers gewonnene sinusförmige Spannung mit einem zumindest innerhalb einiger Netzhalbwellen konstanten Wert und stellt an seinem Ausgang eine sinusförmige Spannung mit einer gegenüber der Netzspannung variablen Amplitude zur Verfügung. Nachteilig

ist hierbei der relativ hohe schaltungstechnische Aufwand für den Multiplizierer.

Darstellung der Erfindung

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht deshalb darin, ein eingangs genanntes elektronisches Vorschaltgerät derart weiterzubilden, dass einerseits die gängigen Grenzwerte bezüglich der Netzstromüberschwingungen eingehalten werden und andererseits eine weitgehende Unabhängigkeit der Leistungsaufnahme vom Effektivwert der Netzspannung auf möglichst kostengünstige Weise gewährleistet wird.

Diese Aufgabe wird gelöst durch ein elektronisches Vorschaltgerät mit den Merkmalen von Patentanspruch 1.

Der vorliegenden Erfindung liegt der Gedanke zugrunde, einen zweiten, dem ersten Teilsollwert überlagerten Teilsollwert an den Längsregler derart bereitzustellen, dass der Maximalwert des Netzstroms unabhängig von Schwankungen der effektiven Eingangsspannung einen vorgebbaren Wert annimmt. Zu diesem Zweck ist es erfindungsgemäß vorgesehen, dass der zweite Teilsollwert invers korreliert ist mit dem Spitzenwert des Stroms durch den Längsregler.

Durch geeignete Einstellung des Verhältnisses aus sinusförmigem Stromanteil - repräsentiert durch den ersten Teilsollwert - und zeitlich innerhalb eines vorgebbaren Zeitraums im Wesentlichen konstanten Gleichstrom - repräsentiert durch den zweiten Teilsollwert - zur Sollwerterzeugung kann die Kurvenform des Netzstroms so angepasst werden, dass einerseits die gängigen Grenzwerte bezüglich Netzstromüberschwingungen eingehalten werden und anderer-

seits eine weitgehende Unabhängigkeit der Leistungsaufnahme vom Effektivwert der Spannung gewährleistet wird.

Bevorzugt umfasst die Sollwert-Vorgabevorrichtung einen ersten Spannungsteiler mit einem ersten und einem zweiten ohmschen Widerstand, der zwischen den ersten und den zweiten Ausgangsanschluss des Gleichrichters gekoppelt ist, wobei der erste Teilsollwert mit der infolge des Stroms durch den ersten Widerstand am zweiten Widerstand abfallenden Spannung korreliert ist. Auf diese Weise kann bei geringem Aufwand der erste Teilsollwert derart bereitgestellt werden, dass er mit der Spannung zwischen den Ausgangsanschlüssen des Gleichrichters korreliert ist.

Bevorzugt ist dem zweiten ohmschen Widerstand des ersten Spannungsteilers, der zwischen den Abgriff des ersten Spannungsteilers und den zweiten Ausgangsanschluss des Gleichrichters gekoppelt ist, ein Kondensator parallel geschaltet. Dieser dient dazu, hochfrequente Spikes der Eingangsspannung abzufangen.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform umfasst die Sollwert-Vorgabevorrichtung eine Teilvorrichtung zum Bereitstellen des zweiten Teilsollwerts, wobei die Teilvorrichtung eingangsseitig mit dem Shunt-Widerstand gekoppelt ist und ausgangssseitig mit dem Abgriff des ersten Spannungsteilers, wobei die Teilvorrichtung ausgebildet ist, einen mit dem Spitzenwert des Stroms durch den Längsregler invers korrelierten Strom in den zweiten ohmschen Widerstand des ersten Spannungsteilers einzuprägen. Demnach überlagern sich im zweiten ohmschen Widerstand des ersten Spannungsteilers ein den ersten Teilstromwert repräsen-

tierender, durch den ersten ohmschen Widerstand des ersten Spannungsteilers fließender Strom sowie der den zweiten Teilsollwert repräsentierende, von der Teilvorrichtung bereitgestellte Strom.

Bevorzugt umfasst die Sollwert-Vorgabevorrichtung einen ersten Operationsverstärker, dessen Minus-Eingang, insbesondere über einen ohmschen Widerstand, mit dem Shunt-Widerstand gekoppelt ist und dessen Plus-Eingang mit dem Abgriff des ersten Spannungsteilers gekoppelt ist. Auf diese Weise wird besonders einfach ein Regelsignal für den Längsregler bereitgestellt.

Dabei kann der erste Operationsverstärker derartig beschaltet sein, dass er als P-Regler, als PI-Regler oder als I-Regler wirkt.

Es hat sich als vorteilhaft herausgestellt, wenn die Teilvorrichtung weiterhin einen zweiten Operationsverstärker umfasst, dessen Plus-Eingang mit dem Abgriff eines mit einer Versorgungsgleichspannung gekoppelten zweiten Spannungsteilers gekoppelt ist, dessen Minus-Eingang mit dem Shunt-Widerstand gekoppelt ist und dessen Ausgang mit dem Abgriff des ersten Spannungsteilers gekoppelt ist. Mittels des zweiten Spannungsteilers kann ein Sollwert für den Peakwert des LED-Stroms bereitgestellt werden. Durch Kopplung des Ausgangs des zweiten Operationsverstärkers, insbesondere über einen ohmschen Widerstand, mit dem Abgriff des ersten Spannungsteilers wird der von der Teilvorrichtung erzeugte Strom dem zweiten Widerstand des ersten Spannungsteilers überlagert - zusätzlich zu dem über dem ersten Widerstand des ersten Spannungsteilers fließenden Strom.

In diesem Zusammenhang ist es bevorzugt, wenn die Teilverrichtung weiterhin eine Diode und einen Kondensator umfasst, wobei die Diode seriell zwischen den Shunt-Widerstand und den Minus-Eingang des zweiten Operationsverstärkers gekoppelt ist und wobei der Kondensator zwischen den Minus-Eingang des zweiten Operationsverstärkers und ein Bezugspotential gekoppelt ist. Auf diese Weise wird der Spitzenwert des LED-Stroms in jeder Netzhalbwellen erfasst und in dem Kondensator gespeichert.

Dabei wird der LED-Strom mit dem für die Stromregelung ohnehin verwendeten Shunt-Widerstand erfasst und in eine Spannung umgewandelt. Diese Spannung wird dann in dem genannten Kondensator gespeichert. Damit die in dem Kondensator gespeicherte Spannung dem zeitlich veränderlichen Spitzenwert des Spannungsabfalls am Shunt-Widerstand zu- und abnehmend folgt, ist es bevorzugt, wenn dem Kondensator ein ohmscher Widerstand parallel geschaltet ist.

Als besonders vorteilhaft hat es sich erwiesen, wenn die Diode als Doppeldiode ausgebildet ist, wobei der Knotenpunkt zwischen den beiden Dioden mit einer Versorgungsgleichspannung gekoppelt ist. Bevorzugt ist zwischen dem Knotenpunkt der beiden Dioden und der Versorgungsgleichspannung ein weiterer ohmscher Widerstand angeordnet. Durch diese Vorgehensweise wird eine Kompensation der Temperaturabhängigkeit der Diode erzielt. Bevorzugt ist dabei der zwischen dem Kopplungspunkt der beiden Dioden und der Versorgungsgleichspannung angeordnete Widerstand um mehrere Größenordnungen größer als der Shunt-Widerstand, sodass der durch den weiteren ohmschen Widerstand fließende Strom die Spannung am Shunt-Widerstand

und damit den Istwert des Stroms im Wesentlichen nicht beeinflusst.

Durch die Dimensionierung des Kondensators und des dem Kondensator parallel geschalteten ohmschen Widerstands lässt sich die Mittelungszeit einstellen, sodass längerfristigen Schwankungen der Versorgungswechselspannung Rechnung getragen werden kann, kurzzeitige Schwankungen jedoch ausgeblendet werden.

Bevorzugt wird die Mittelungszeit so eingestellt, dass der infolge des zweiten Teilsollwerts hinzuaddierte Offset des Stromsollwerts über zwei bis drei Perioden der Versorgungswechselspannung im Wesentlichen konstant ist. Der zweite Operationsverstärker ist zu diesem Zweck bevorzugt derart beschaltet, dass er als I-Regler wirkt.

Der zweite Spannungsteiler umfasst bevorzugt einen ersten und einen zweiten ohmschen Widerstand, wobei dem zweiten ohmschen Widerstand, der zwischen dem Abgriff des zweiten Spannungsteilers und einem Bezugspotential angeordnet ist, ein Kondensator parallel geschaltet ist. Dieser dient zur Unterdrückung von Störspannungen. Durch diese Beschaltung kann der durch den zweiten Operationsverstärker gebildete I-Regler dem zweiten ohmschen Widerstand des ersten Spannungsteilers einen Strom einprägen, der additiv zu dem Strom durch den ersten ohmschen Widerstand einen Spannungsabfall am zweiten ohmschen Widerstand erzeugt, der wiederum als Sollwert für den Linearregler verwendet wird.

Für eine besonders gute Regelungscharakteristik ist es bevorzugt, den zweiten ohmschen Widerstand des ersten Spannungsteilers so zu dimensionieren, dass ohne weitere

Stromeinprägung durch den zweiten Operationsverstärker ein tendenziell zu geringer LED-Strom fließen würde. Bevorzugt wird der zweite ohmsche Widerstand des ersten Spannungsteilers so abgestimmt, dass sich bei Nennspannung etwa ein um 15 % zu geringer, an den Linearregler bereitgestellter Sollwert ergeben würde. Dadurch wird gewährleistet, dass der zweite Operationsverstärker immer im Eingriff ist.

Ohne die erfindungsgemäßen Maßnahmen würde der Linearregler dann, wenn er lediglich unter Verwendung des aus dem Stand der Technik bekannten ersten Spannungsteilers geregelt würde, jede Überspannung in Wärmeenergie umsetzen. Bei 10 % mehr Überspannung würden damit auch 10 % mehr Strom erzeugt. Da die Leistung dem Produkt aus Spannung und Strom proportional ist, ergäben sich dadurch bei der Vorgehensweise gemäß dem Stand der Technik $1,1 \times 1,1 = 1,21$ und damit 21 % mehr Verlustleistung in dem elektronischen Vorschaltgerät.

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung ist an den zweiten ohmschen Widerstand des ersten Spannungsteilers eine Hilfsvorrichtung gekoppelt, die ausgelegt ist, die Flankensteilheit und/oder den Zeitpunkt des Einsetzens der über dem zweiten ohmschen Widerstand abfallenden Spannung einzustellen. Auf diese Weise lässt sich das Betriebsverhalten weiter verbessern beziehungsweise die Netzstromkurvenform optimieren. Durch die Hilfsvorrichtung kann der dem zweiten Teilstromwert entsprechende Teil des Sollwerts in Abhängigkeit der durch den ersten Spannungsteiler bereitgestellten Spannung reduziert beziehungsweise zu null gesetzt werden. Durch den zweiten Teilstromwert kann ein im Verhältnis zur Periodendauer des Versor-

gungsnetzes über eine vorgebbare Zeitdauer konstanter Anteil hinzuaddiert werden, der auch in einer verbesserten Nutzung der LEDs resultiert. Dieser im Wesentlichen konstante Offset würde jedoch einen Sollwert auch in dem Zeitbereich bilden, in dem kein Netzstrom fließen kann, was dazu führen kann, dass der Stromregler in Sättigung geht. Durch die Hilfsvorrichtung kann die Steilheit des Sollwertanstiegs (steigende Flanke der Versorgungswechselspannung) beziehungsweise des Sollwertabfalls (fallende Flanke der Versorgungswechselspannung) sowie die Position der Flanken in Bezug zur Phasenlage der Eingangsspannung eingestellt werden.

Die Hilfsvorrichtung umfasst bevorzugt einen elektronischen Schalter mit einer Steuerelektrode, einer Arbeitselektrode und einer Bezugselektrode, wobei die Steuerelektrode mit dem Abgriff eines dritten Spannungsteilers mit einem ersten und einem zweiten ohmschen Widerstand gekoppelt ist, der dem ersten Spannungsteiler parallel geschaltet ist. Der dritte Spannungsteiler ist dazu so dimensioniert, dass der elektronische Schalter der Hilfsvorrichtung den Sollwert dann auf null reduziert, wenn die Eingangsspannung kleiner ist als die Vorwärtsspannung der LEDs der ersten Kaskade und damit kein Netzstrom fließen kann.

Dabei kann dem zweiten ohmschen Widerstand des dritten Spannungsteilers, der zwischen den Abgriff des dritten Spannungsteilers und ein Bezugspotential gekoppelt ist, eine Zenerdiode und/oder ein Kondensator parallel geschaltet. Durch eine geeignete Wahl der Kapazität dieses Kondensators, der dem zweiten ohmschen Widerstand des dritten Spannungsteilers parallel geschaltet ist, kann

die Flankensteilheit der Spannung über dem zweiten ohmschen Widerstand des ersten Spannungsteilers, die dem Sollwert für den Stromregler entspricht, während des Einsetzens des Netzstroms eingestellt werden. Die Zenerdiode dient lediglich zur Begrenzung der Spannung zwischen Steuerelektrode und Bezugselektrode des elektronischen Schalters der Hilfsvorrichtung.

Das elektronische Vorschaltgerät kann weiterhin mindestens eine zweite Einheit, bevorzugt eine Vielzahl von zweiten Einheiten, mit einer zweiten Kaskade von LEDs umfassen, die zwischen die erste Einheit und die Serienschaltung aus Längsregler und Shunt-Widerstand gekoppelt ist, wobei der jeweiligen zweiten Kaskade von LEDs ein elektronischer Schalter parallel geschaltet ist. Optional kann auch der ersten Kaskade von LEDs ein elektronischer Schalter parallel geschaltet sein. Auf diese Weise können in Abhängigkeit der momentanen Amplitude der am Ausgang des Gleichrichters bereitgestellten Spannung unterschiedliche Kaskaden von LEDs oder unterschiedliche Kombinationen von Kaskaden von LEDs aktiv sein, um die Eingangsspannung optimal auszunutzen.

Bevorzugt ist der jeweiligen Kaskade von LEDs ein Pufferkondensator parallel geschaltet, um Ripple bei der doppelten Frequenz der Versorgungswechselspannung zu reduzieren. Mit anderen Worten können demnach die LEDs der jeweiligen Kaskade in den Phasen, in denen die Eingangsspannung für ihren Betrieb nicht ausreicht, aus den jeweiligen Pufferkondensatoren versorgt werden.

In diesem Zusammenhang umfasst mindestens eine Einheit, bevorzugt jede Einheit, eine Diode, die seriell zur Pa-

rallschaltung aus jeweiliger LED-Kaskade und jeweiligen Pufferkondensator gekoppelt ist. Diese verhindert ein Entladen des einer jeweiligen LED-Kaskade zugeordneten Pufferkondensators durch den parallel geschalteten elektronischen Schalter.

Schließlich ist es bevorzugt, wenn der erste und/oder der dritte Spannungsteiler mit dem Kopplungspunkt der ersten Einheit und der zweiten Einheit einerseits und dem zweiten Ausgangsanschluss des Gleichrichters andererseits gekoppelt ist. Diese Variante ist sinnvoll, wenn die erste Einheit keinen Schalter aufweist, sodass diese nicht überbrückbar ausgebildet ist. Wird nun der erste Spannungsteiler wie erwähnt verschaltet, wird erreicht, dass ein Sollwert größer null nur dann gebildet wird, wenn die Eingangsspannung größer als die Vorwärtsspannung des nicht überbrückten Teils der LEDs ist.

Weitere vorteilhafte Ausführungsformen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Kurze Beschreibung der Zeichnung(en)

Im Nachfolgenden werden nunmehr Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die beigegeführten Zeichnungen näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 in schematischer Darstellung ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen elektronischen Vorschaltgeräts;

Fig. 2 bis Fig. 4 den zeitlichen Verlauf verschiedener Größen des in Fig. 1 dargestellten elektronischen Vorschaltgeräts bei Be-

trieb mit Eingangsspannungen, die sich in ihrer Amplitude unterscheiden.

Bevorzugte Ausführung der Erfindung

Fig. 1 zeigt in schematischer Darstellung ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen elektronischen Vorschaltgeräts 10. Das erfindungsgemäße Vorschaltgerät 10 weist einen Eingang mit einem ersten E1 und einem zweiten Eingangsanschluss E2 auf, zwischen denen eine Versorgungswechselspannung V_e anliegt, die beispielsweise 230 V, 50 Hz betragen kann. Diese wird an einen Gleichrichter D002 gelegt, der vorliegend vier Dioden aufweist. Die am Gleichrichterausgang bereitgestellte Spannung ist mit $V(n003)$ bezeichnet. Ein optionaler Kondensator C001 dient der Eliminierung von hochfrequenten Spikes auf der Versorgungswechselspannung V_e .

Eine erste Einheit EH1 umfasst eine Kaskade von LEDs, d.h. bevorzugt die Serienschaltung einer Vielzahl von LEDs, wobei die "Kaskade" auch nur eine LED umfassen kann. Exemplarisch ist vorliegend lediglich die LED mit der Bezeichnung D101 dargestellt. Der Kaskade ist ein optionaler Pufferkondensator C101 parallel geschaltet. Seriell zwischen dem ersten Ausgangsanschluss und der Parallelschaltung aus Pufferkondensator C101 und erster Kaskade von LEDs ist eine Diode D001 gekoppelt, wobei dieser Serienschaltung wiederum ein elektronischer Schalter SW1 parallel geschaltet ist.

Eine zweite Einheit EH2 umfasst ebenfalls eine Kaskade von LEDs, wobei hier lediglich die LED D117 exemplarisch dargestellt ist. Dieser Kaskade ist wiederum ein optiona-

ler Pufferkondensator C111 parallel geschaltet. Die zweite Einheit umfasst weiterhin eine Diode D012, die zwischen die Einheit EH1 und die Parallelschaltung aus LED-Kaskade sowie Pufferkondensator C111 gekoppelt ist. Parallel zur Serienschaltung aus Diode D012 und Parallelschaltung aus LED-Kaskade D117 und Pufferkondensator C111 ist ein Schalter SW2 gekoppelt.

Die im Nachfolgenden detaillierter beschriebene Erfindung lässt sich auch mit lediglich einer Einheit EH1 realisieren, wobei dann auch der Schalter SW1 wegfallen kann. Der Kondensator C101 ist, wie erwähnt, optional. Bevorzugt sind jedoch eine Vielzahl zweiter Einheiten EH2 seriell zur ersten Einheit EH1 angeordnet, wobei, wenn der jeweilige Pufferkondensator C111 entfällt, auch die jeweilige Diode D012 weggelassen werden kann. Mittels der Schalter SW1, SW2 kann in Abhängigkeit der Eingangsspannung V_a gesteuert werden, welche LED-Kaskade(n) in Betrieb sind.

Seriell zu den Einheiten EH1, EH2 ist die Serienschaltung eines Längsreglers Q100 sowie eines Shunt-Widerstands R100 geschaltet.

Der in den Längsregler Q100 hineinfließende Strom ist mit $I_a(Q100)$ bezeichnet. Dieser Strom entspricht immer dem Netzstrom, d.h. dem Strom, der dem am Eingang angeschlossenen Versorgungsnetz entnommen wird. Ohne Verwendung von Pufferkondensatoren entspricht dieser Strom dem LED-Strom. Die über dem Shunt-Widerstand R100 abfallende Spannung ist mit $V(n024)$ bezeichnet. In diese Spannung $V(n024)$ geht die Temperaturabhängigkeit sowie die Streuung hinsichtlich der Vorwärtsspannung der jeweils vom LED-Strom $I_a(100)$ durchflossenen LEDs mit ein.

Eine Sollwert-Vorgabevorrichtung zur Erzeugung eines Sollwerts für den Längsregler Q100 ist mit 16 bezeichnet.

Zur Erzeugung eines ersten, bei entsprechender Eingangsspannung V_e , sinusförmigen Anteils eines an der Steuerelektrode des Längsreglers Q100 angelegten Sollwerts ist ein Spannungsteiler vorgesehen, der zwischen die Ausgangsklemmen des Gleichrichters D002 gekoppelt ist und die ohmschen Widerstände R011 und R012 umfasst. Die über dem ohmschen Widerstand R012 abfallende Spannung wird an den Plus-Eingang eines Operationsverstärkers IC1-B gelegt, dessen Minus-Eingang über einen ohmschen Widerstand R041 mit dem Shunt-Widerstand R100 gekoppelt ist. Die Spannung am Ausgang des Operationsverstärkers IC1-B ist mit V(n016) bezeichnet. Die über dem ohmschen Widerstand R012 abfallende Spannung ist mit V(n020) bezeichnet. Ein optionaler, dem ohmschen Widerstand R012 parallel geschalteter Kondensator C040 dient dazu, hochfrequente Spikes der Spannung V(n020) am Abgriff des ersten Spannungsteilers abzufangen. In der Rückkopplung des Operationsverstärkers IC1-B ist die Serienschaltung eines ohmschen Widerstands R043 und eines Kondensators C041 gekoppelt, um diesen als PI-Regler auszubilden.

Zur Erzeugung eines zweiten Teilsollwerts ist eine Teilverrichtung 12 vorgesehen, die an ihrem Ausgang eine Spannung V(n009) bereitstellt und über einen ohmschen Widerstand R025 einen zweiten Stromanteil durch den zweiten ohmschen Widerstand R012 prägt. Um diesen Stromanteil zu erzeugen, wird der Spitzenwert des Stroms $I_d(Q100)$ durch den Längsregler Q100 mittels des Shunt-Widerstands R100 erfasst, und in dem Kondensator C020 gespeichert. Vorliegend erfolgt eine Spitzenwertdetektion mittels einer Dop-

peldiode D020, wobei der Kopplungspunkt der beiden Dioden über einen ohmschen Widerstand R020 mit einer Versorgungsgleichspannung gekoppelt ist. Durch diese Anordnung kann im Vergleich zur Verwendung lediglich einer Diode die Temperaturabhängigkeit der Diode (n) kompensiert werden.

Die am Kopplungspunkt der beiden Dioden abfallende Spannung ist mit $V(n017)$ bezeichnet, während die über dem Kondensator C020 abfallende Spannung mit $V(n012)$ bezeichnet ist. Damit die im Kondensator C020 gespeicherte Spannung dem zeitlich veränderlichen Spitzenwert des Spannungsabfalls am Shunt-Widerstand R100 zu- und abnehmend folgt, ist parallel zum Kondensator C020 ein Widerstand R021 geschaltet.

Der so gespeicherte Spitzenwert des LED-Stroms $I_d(Q100)$ wird über einen Widerstand R022 an den Minus-Eingang eines weiteren Operationsverstärkers IC1-A gelegt, an dessen Plus-Eingang mittels eines weiteren Spannungsteilers, der die ohmschen Widerstände R023 und R024 umfasst, ein Sollwert für den Peakwert des LED-Stroms $I_d(Q100)$ gelegt wird. Zur Unterdrückung von Störspannungen kann dem Widerstand R024 ein Kondensator C021 parallel geschaltet werden.

Der Ausgang des Operationsverstärkers IC1-A, der aufgrund des Gegenkopplungskondensators C022 einen I-Regler bildet, wird über den ohmschen Widerstand R025 wie bereits erwähnt an den Widerstand R012 geschaltet. Durch diese Verschaltung kann der durch den Operationsverstärker IC1-A gebildete I-Regler dem Widerstand R012 einen Strom einprägen, der additiv zu dem Strom durch den Widerstand

R011 einen Spannungsabfall am Widerstand R012 erzeugt, der wiederum als Sollwert für den eigentlichen Linearregler Q100 verwendet wird.

Für eine gute Regelungscharakteristik wird R012 so dimensioniert, dass ohne weitere Stromeinprägung durch den Operationsverstärker IC1-A ein tendenziell zu geringer LED-Strom $I_d(Q100)$ fließen würde, beispielsweise um 10 bis 20%, bevorzugt 15%. Dadurch wird gewährleistet, dass der Operationsverstärker IC1-A immer im Eingriff ist.

Da der durch den Operationsverstärker IC1-A bereitgestellte Teilsollwert jedoch einen Sollwert auch in dem Zeitbereich bilden würde, in dem kein Netzstrom fließen kann, weil die momentane Eingangsspannung kleiner ist als die kleinste Flussspannung einer LED-Kaskade, könnte dies zu einem Sättigungszustand des Linearreglers Q100 führen. Das heißt, wenn die Netzspannung V_n anschließend wieder zunimmt und dabei wieder über die kleinste Vorwärtsspannung einer LED-Kaskade steigt, benötigt der Stromregler eine Einschwingzeit, in der der Netzstrom größer als der gewünschte, dem Sollwert entsprechende Wert ist. Dieser Überschwinger des Netzstroms wirkt sich negativ auf das Verhalten der Gesamtanordnung hinsichtlich der Netzstromüberschwingungen und der Funkstörung aus.

Durch eine Hilfsvorrichtung 14 lassen sich jedoch derartige Überschwinger des Netzstroms, d.h. des vom Netz aufgenommenen Stroms, unterbinden, indem der am Widerstand R012 abfallende Sollwert in Abhängigkeit der durch einen Spannungsteiler bereitgestellten Spannung reduziert beziehungsweise zu null gesetzt werden kann. Insbesondere

lässt sich dadurch die Steilheit des Sollwertanstiegs bei einer steigenden Flanke der Versorgungsspannung V_e beziehungsweise des Sollwertabfalls bei einer fallenden Flanke der Versorgungsspannung V_e sowie die Position der Flanken in Bezug zur Phasenlage der Eingangsspannung V_e einstellen.

Dazu ist ein Spannungsteiler vorgesehen, der die ohmschen Widerstände R013 und R014 umfasst. Der Abgriff dieses Spannungsteilers ist mit der Steuerelektrode eines Transistors Q011 gekoppelt. Die Widerstände R013, R014 dieses Spannungsteilers sind so dimensioniert, dass der Transistor Q011 den Sollwert dann auf null reduziert, wenn die Eingangsspannung V_e kleiner als die kleinste Vorwärtsspannung einer LED-Kaskade ist, sodass kein Netzstrom fließen kann.

Durch eine geeignete Wahl der Kapazität eines Kondensators C010, der dem Widerstand R014 parallel geschaltet ist, kann die Flankensteilheit der Spannung über dem Widerstand R012, die dem Sollwert für den Linearregler Q100 entspricht, während des Einsetzens des Netzstroms eingestellt werden. Eine dem Kondensator C010 parallel geschaltete Zenerdiode D010 dient zur Begrenzung der Basis-Emitter-Spannung des Schalters Q011. Der in den Emitter des Transistors Q011 hineinfließende Strom ist mit $I_e(Q011)$ bezeichnet.

Die Figuren 2 bis 4 zeigen für unterschiedliche Werte der Eingangsspannung V_e den zeitlichen Verlauf unterschiedlicher Größen des in Fig. 1 schematisch dargestellten elektronischen Vorschaltgeräts. So zeigt die jeweilige Darstellung a) den zeitlichen Verlauf der Spannungen

V(n024), V(n017) sowie V(n012). Die jeweilige Darstellung b) zeigt den zeitlichen Verlauf der Spannung V(n003), die jeweilige Darstellung c) den Verlauf des Stroms $I_a(Q100)$ und die jeweilige Darstellung d) den Verlauf der Spannungen V(n009), V(n020), V(n016) sowie des Stroms $I_e(Q011)$.

Wie aus dem jeweiligen Kurvenverlauf in der jeweiligen Darstellung b) zu erkennen ist, beträgt der Spitzenwert der Spannung V(n003) am Gleichrichterausgang bei der Darstellung von Fig. 2 280 V, bei der Darstellung von Fig. 3 320 V und bei der Darstellung von Fig. 4 360 V. Aus der jeweiligen Darstellung c) ist deutlich erkennbar, dass der infolge des zweiten Teilsollwerts überlagerte Stromanteil umso größer wird, je kleiner der Spitzenwert der Eingangsspannung ist. So wird vorliegend erreicht, dass unabhängig vom Wert der Eingangsspannung V_e der Spitzenwert des Strom $I_a(Q100)$ durch den Längsregler Q100 immer ca. 270 mA beträgt. Entsprechend sind die Spitzenwerte der in der jeweiligen Darstellung a) gezeigten Spannungen V(n024), V(n017) und V(n012) im Wesentlichen identisch.

Wie sich jedoch aus der jeweiligen Darstellung d) ergibt, ist der vom Operationsverstärker IC1-A bereitgestellte zusätzliche Teilsollwert, erkennbar am Verlauf der Spannung V(n009), umso größer, je kleiner die Spitzenwerte der Eingangsspannung V_e ist. V(n020) zeigt prinzipiell die Summe der beiden Teilsollwerte. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass in den Phasen, in denen die gleichgerichtete Eingangsspannung V(n003) eine Amplitude von 90 V unterschreitet (die Flussspannung der ersten Kaskade von LEDs wurde hier beispielhaft zu 90 V angenommen), der Transistor Q011 durch entsprechende Dimensionierung leitend geschaltet wird, wie sich aus dem korrespondierenden

Verlauf des Strom $I_e(Q011)$ entnehmen lässt. Dadurch wird in den genannten Phasen der Spannung $V(n003)$ die Spannung $V(n020)$ bis auf die Spannung am Emitter-Basis-Übergang des Transistors $Q011$ kurzgeschlossen, was sich in einem entsprechenden Verlauf der am Ausgang des Operationsverstärkers $IC1-B$ bereitgestellten Spannung $V(n016)$ widerspiegelt.

Der Spitzenwert der Spannung $V(n016)$ ist in den unterschiedlichen Darstellungen der Figuren 2 bis 4 im Wesentlichen identisch.

Ansprüche

1. Elektronisches Vorschaltgerät (10) zum Betreiben mindestens einer ersten Kaskade von LEDs (D101), umfassend:
 - einen Eingang mit einem ersten (E1) und einem zweiten Eingangsanschluss (E2) zum Koppeln mit einer Versorgungswechselspannung (V_e);
 - einen Gleichrichter (D002), der mit dem ersten (E1) und dem zweiten Eingangsanschluss (E2) gekoppelt ist, wobei der Gleichrichter (D002) einen Ausgang mit einem ersten und einem zweiten Ausgangsanschluss aufweist;
 - eine erste Einheit (EH1), die die erste Kaskade von LEDs (D101) umfasst, wobei die erste Einheit (EH1) mit dem ersten Ausgangsanschluss des Gleichrichters (D002) gekoppelt ist;
 - eine Serienschaltung umfassend einen Längsregler (Q100) und einen Shunt-Widerstand (R100), wobei diese Serienschaltung seriell zwischen die erste Einheit (EH1) und den zweiten Ausgangsanschluss des Gleichrichters (D002) gekoppelt ist;
 - eine Sollwert-Vorgabevorrichtung (16) für den Längsregler (Q100) mit einem Ausgang, der mit dem Längsregler (Q100) gekoppelt ist, wobei die Sollwert-Vorgabevorrichtung (16) ausgelegt ist einen ersten Teilsollwert an ihrem Ausgang bereitzustellen, der mit der Spannung ($V(n003)$) zwischen den Ausgangsanschlüssen des Gleichrichters (D002) korreliert ist;
- dadurch gekennzeichnet,

dass die Sollwert-Vorgabevorrichtung (16) weiterhin ausgelegt ist, einen zweiten, dem ersten Teilsollwert überlagerten Teilsollwert an den Längsregler (Q100) bereitzustellen, wobei der zweite Teilsollwert invers korreliert ist mit dem Spitzenwert des Stroms ($I_a(Q100)$) durch den Längsregler (Q100).

2. Elektronisches Vorschaltgerät (10) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Sollwert-Vorgabevorrichtung (16) einen ersten Spannungsteiler mit einem ersten (R011) und einem zweiten ohmschen Widerstand (R012) umfasst, der zwischen den ersten und den zweiten Ausgangsanschluss des Gleichrichters (D002) gekoppelt ist, wobei der erste Teilsollwert mit der infolge des Stroms durch den ersten Widerstand (R011) am zweiten Widerstand (R012) abfallenden Spannung korreliert ist.
3. Elektronisches Vorschaltgerät (10) nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass dem zweiten ohmschen Widerstand (R012) des ersten Spannungsteilers, der zwischen den Abgriff des ersten Spannungsteilers und den zweiten Ausgangsanschluss des Gleichrichters (D002) gekoppelt ist, ein Kondensator (C040) parallel geschaltet ist.
4. Elektronisches Vorschaltgerät (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Sollwert-Vorgabevorrichtung (16) eine Teilverrichtung (12) zum Bereitstellen des zweiten Teil-

sollwerts umfasst, wobei die Teilvorrichtung (12) eingangsseitig mit dem Shunt-Widerstand (R100) gekoppelt ist und ausgangsseitig mit dem Abgriff des ersten Spannungsteilers (R011, R012), wobei die Teilvorrichtung (12) ausgebildet ist, einen mit dem Spitzenwert des Stroms ($I_d(Q100)$) durch den Längsregler (Q100) invers korrelierten Strom in den zweiten ohmschen Widerstand (R012) des ersten Spannungsteilers (R011, R012) einzuprägen.

5. Elektronisches Vorschaltgerät (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Sollwert-Vorgabevorrichtung (16) einen ersten Operationsverstärker (IC1-B) umfasst, dessen Minus-Eingang, insbesondere über einen ohmschen Widerstand (R041), mit dem Shunt-Widerstand (R100) gekoppelt ist und dessen Plus-Eingang mit dem Abgriff des ersten Spannungsteilers (R011, R012) gekoppelt ist.
6. Elektronisches Vorschaltgerät (10) nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Operationsverstärker (IC1-B) derart beschaltet ist, dass er als P-Regler, als PI-Regler oder als I-Regler wirkt.
7. Elektronisches Vorschaltgerät (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Teilvorrichtung (12) einen zweiten Operationsverstärker (IC1-A) umfasst, dessen Plus-Eingang mit dem Abgriff eines mit einer Versorgungsgleichspannung

(V_{cc}) gekoppelten zweiten Spannungsteilers (R023, R024) gekoppelt ist, dessen Minus-Eingang mit dem Shunt-Widerstand (R100) gekoppelt ist und dessen Ausgang, insbesondere über einen ohmschen Widerstand (R025), mit dem Abgriff des ersten Spannungsteilers (R011, R012) gekoppelt ist.

8. Elektronisches Vorschaltgerät (10) nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Teilvorrichtung (12) weiterhin eine Diode (D020) und einen Kondensator (C020) umfasst, wobei die Diode (D020) seriell zwischen dem Shunt-Widerstand (R100) und dem Minus-Eingang des zweiten Operationsverstärkers (IC1-A) gekoppelt ist und wobei der Kondensator (C020) zwischen dem Minus-Eingang des zweiten Operationsverstärkers (IC1-A) und ein Bezugspotential gekoppelt ist.
9. Elektronisches Vorschaltgerät (10) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Diode (D020) als Doppeldiode ausgebildet ist, wobei der Knotenpunkt zwischen den beiden Dioden mit einer Versorgungsgleichspannung (V_{cc}) gekoppelt ist.
10. Elektronisches Vorschaltgerät (10) nach einem der Ansprüche 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass dem Kondensator (C020) ein ohmscher Widerstand (R021) parallel geschaltet ist.

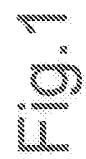
11. Elektronisches Vorschaltgerät (10) nach einem der Ansprüche 8 bis 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass der zweite Operationsverstärker (EC1-A) derart beschaltet ist, dass er als I-Regler wirkt.
12. Elektronisches Vorschaltgerät (10) nach einem der Ansprüche 7 bis 11,
dadurch gekennzeichnet,
dass der zweite Spannungsteiler einen ersten (R023) und einen zweiten ohmschen Widerstand (R024) umfasst, wobei dem zweiten ohmschen Widerstand (R024), der zwischen dem Abgriff des zweiten Spannungsteilers und einem Bezugspotential angeordnet ist, ein Kondensator (C021) parallel geschaltet ist.
13. Elektronisches Vorschaltgerät (10) nach einem der Ansprüche 2 oder 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass an den zweiten ohmschen Widerstand (R012) des ersten Spannungsteilers eine Hilfsvorrichtung (14) gekoppelt ist, die ausgelegt ist, die Flankensteilheit und/oder den Zeitpunkt des Einsetzens der über dem zweiten ohmschen Widerstand (R012) abfallenden Spannung einzustellen.
14. Elektronisches Vorschaltgerät (10) nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Hilfsvorrichtung (14) einen elektronischen Schalter (Q011) mit einer Steuerelektrode, einer Arbeitselektrode und einer Bezugselektrode umfasst, wobei die Steuerelektrode mit dem Abgriff eines dritten

Spannungsteilers mit einem ersten (R013) und einem zweiten ohmschen Widerstand (R014) gekoppelt ist, der dem ersten Spannungsteiler (R011, R012) parallel geschaltet ist.

15. Elektronisches Vorschaltgerät (10) nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass dem zweiten ohmschen Widerstand (R014) des dritten Spannungsteilers (R013, R014), der zwischen den Abgriff des dritten Spannungsteilers und ein Bezugspotential gekoppelt ist, eine Zenerdiode (D010) und/oder ein Kondensator (C010) parallel geschaltet ist.
16. Elektronisches Vorschaltgerät (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das elektronische Vorschaltgerät (10) weiterhin mindestens eine zweite Einheit (EH2), bevorzugt eine Vielzahl von zweiten Einheiten (EH2), mit einer zweiten Kaskade von LEDs (D117) umfasst, die zwischen die erste Einheit (EH1) und die Serienschaltung aus Längsregler (Q100) und Shunt-Widerstand (R100) gekoppelt ist, wobei der jeweiligen zweiten Kaskade von LEDs (D117) ein elektronischer Schalter (SW2) parallel geschaltet ist, wobei insbesondere auch der ersten Kaskade von LEDs (D101) ein elektronischer Schalter (SW1) parallel geschaltet ist.
17. Elektronisches Vorschaltgerät (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

dass der jeweiligen Kaskade (D101; D117) von LEDs ein Pufferkondensator (C101; C111) parallel geschaltet ist.

18. Elektronisches Vorschaltgerät (10) nach Anspruch 16 und 17,
dadurch gekennzeichnet,
dass mindestens eine Einheit (EH1; EH2), bevorzugt jede Einheit, eine Diode (D001; D012), die seriell zur Parallelschaltung aus jeweiliger LED-Kaskade (D101; D117) und jeweiligen Pufferkondensator (C101; C111) gekoppelt ist.
19. Elektronisches Vorschaltgerät (10) nach einem der Ansprüche 16 bis 18,
dadurch gekennzeichnet,
dass der erste und/oder der dritte Spannungsteiler (R011, R012) mit dem Kopplungspunkt der ersten Einheit (EH1) und der zweiten Einheit (EH2) einerseits und dem zweiten Ausgangsanschluss des Gleichrichters (D002) andererseits gekoppelt ist.



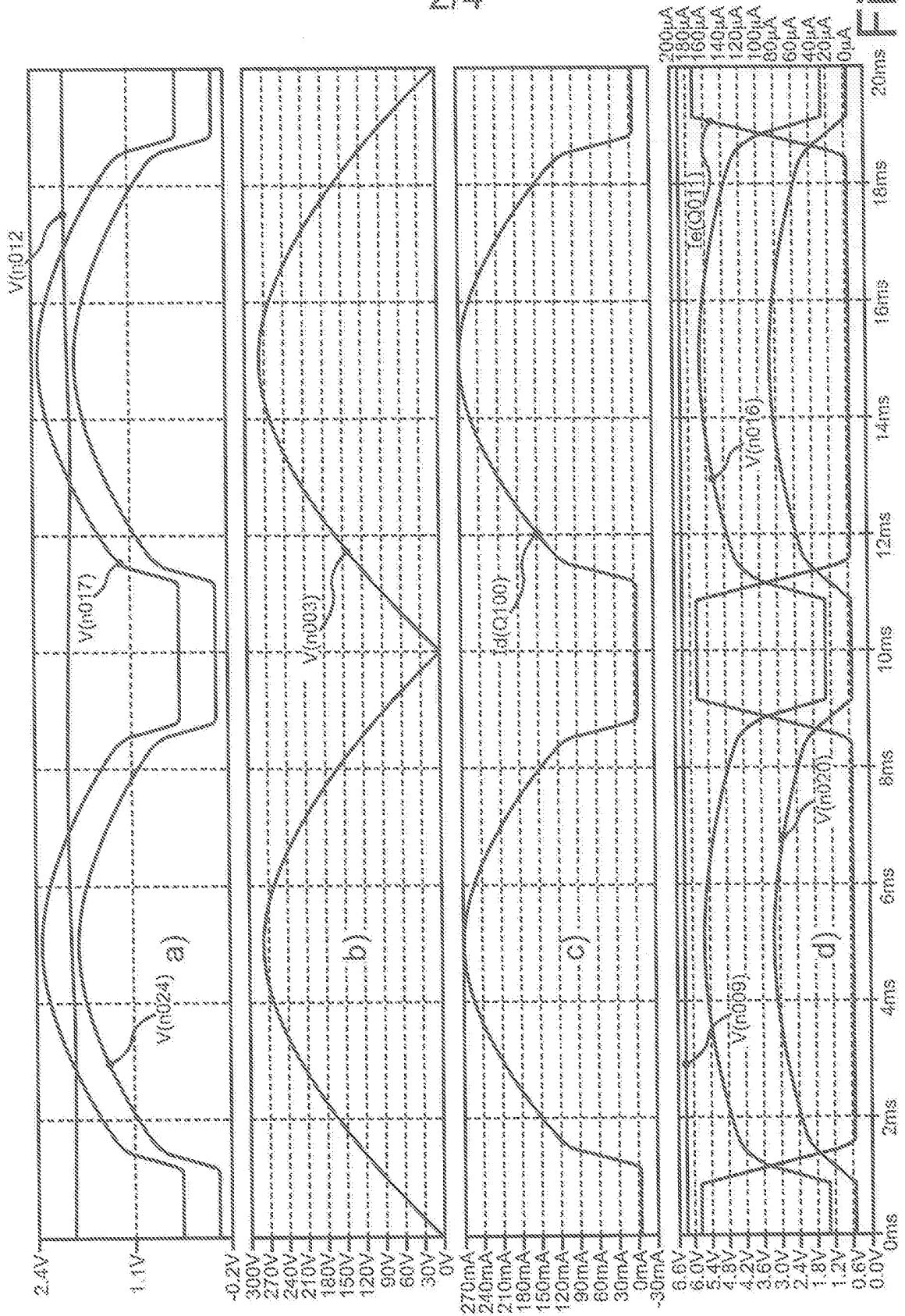


Fig.2

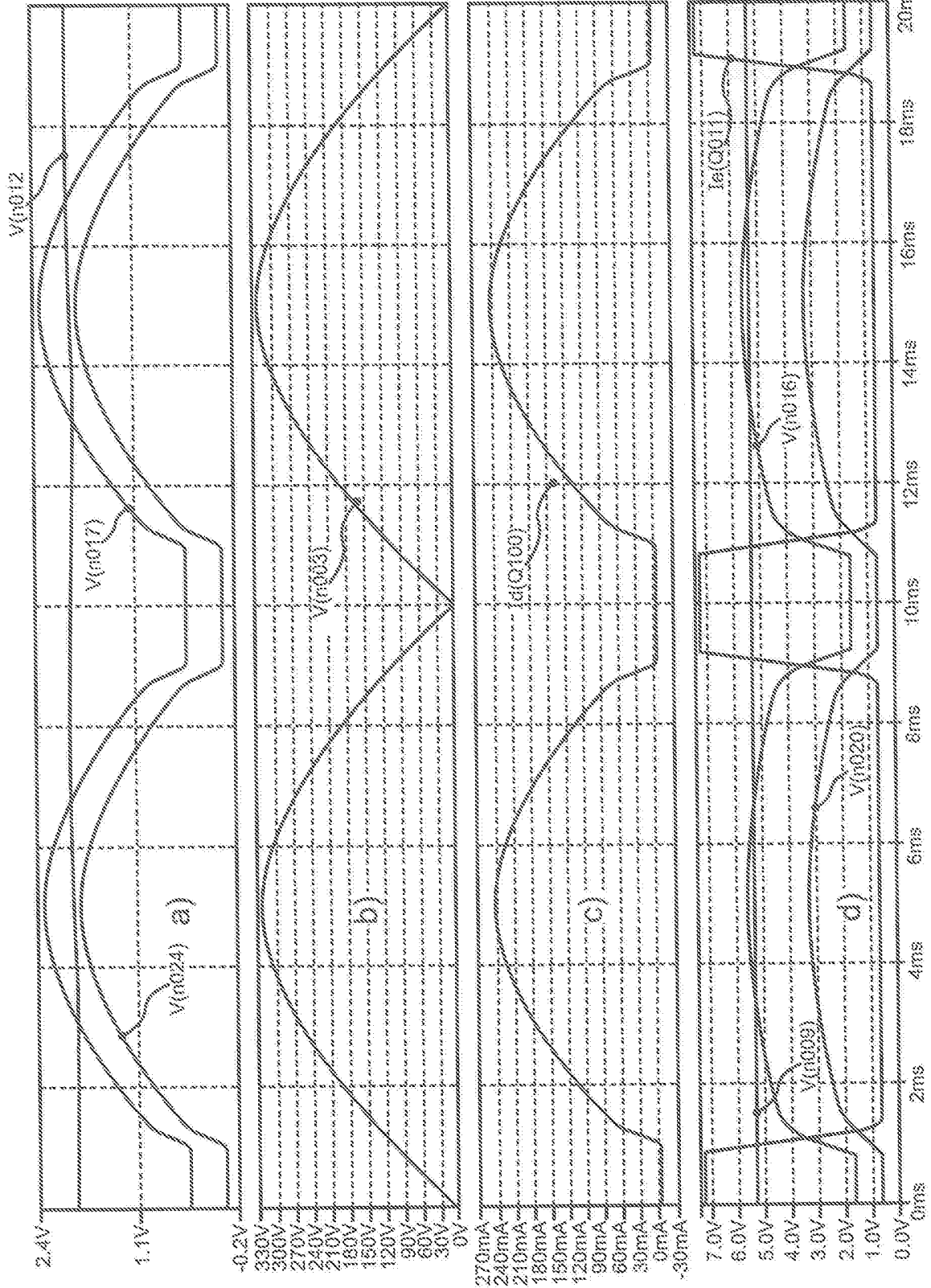


Fig.3

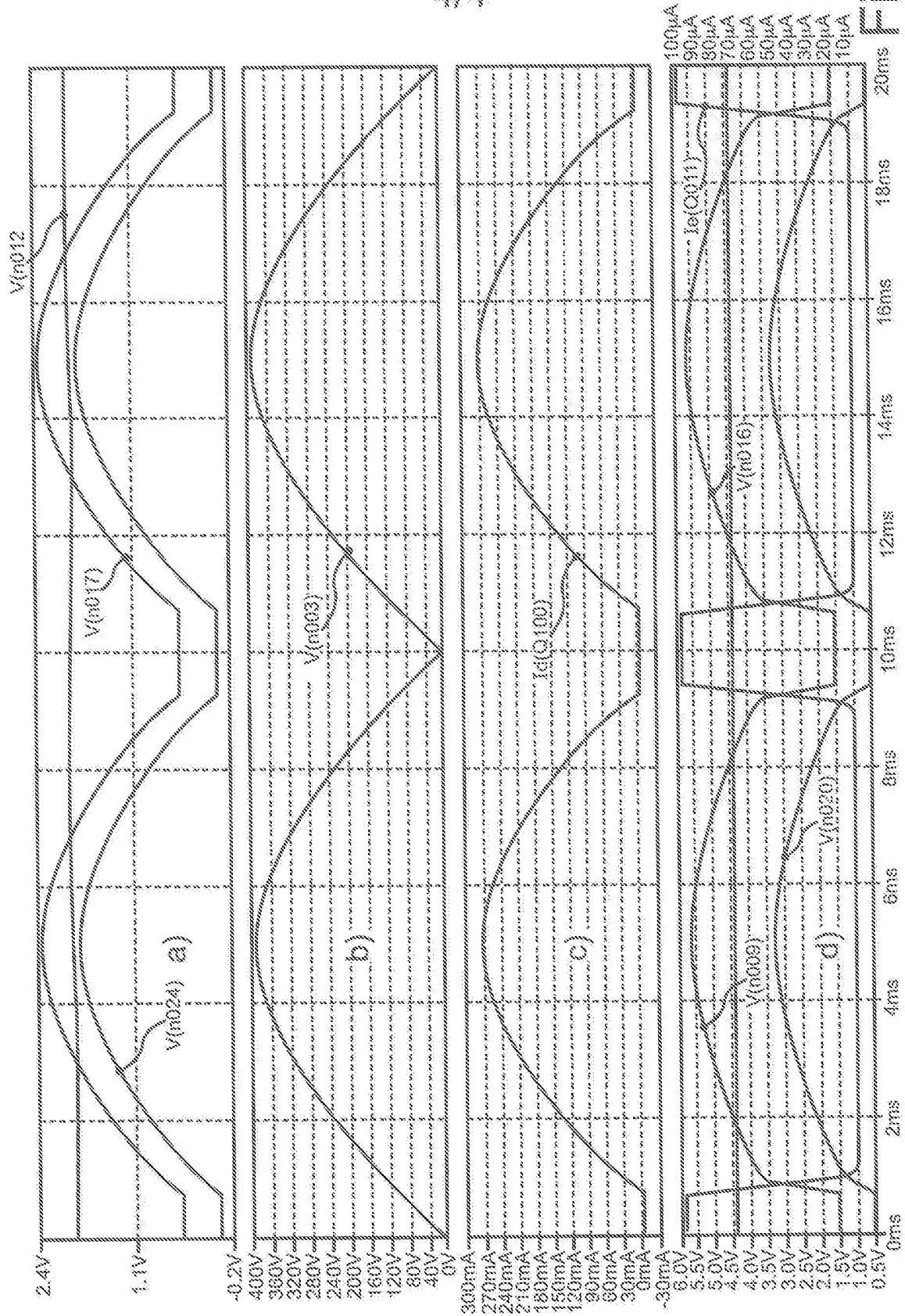


Fig.4