

(51) Int Cl.:
H05B 37/02 (2006.01)

(22) Anmeldetag: **26.02.2016**

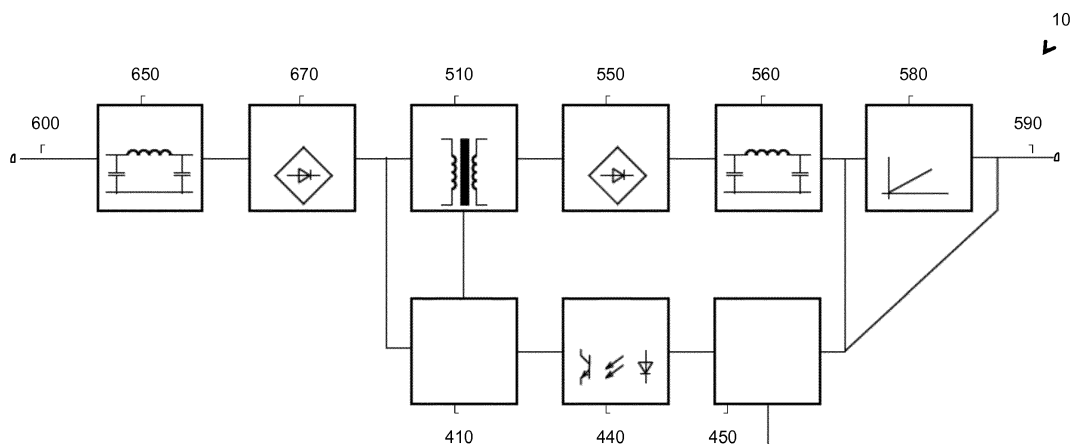
(71) Anmelder: **Pritz, Günther**
5431 Kuchl (AT)

(72) Erfinder: **Pritz, Günther**
5431 Kuchl (AT)

(74) Vertreter: **Wittmann, Ernst-Ulrich et al**
Fleuchaus & Gallo Partnerschaft mbB
Patent- und Rechtsanwälte
Steinerstrasse 15/A
81369 München (DE)

(30) Priorität: 03.03.2015 DE 102015103065

ein Widerstand (250) in Serie angeordnet sind und der Steuereingang des Leistungstransistors (200) mit dem Sollwertsteller (300) verbunden ist. Die Steuereinheit (400) ist mit zwei Punkten (55, 57), zwischen denen die analogen Konstantstromquelle (70), angeordnet und mit der Einheit zur Leistungsfaktorkorrektur mit DC/DC-Wandler (500) verbunden. Der Sollwert von dem Sollwertsteller (300) regelt den Strom durch die analogen Konstantstromquelle (70) und die Steuereinheit (400) aus der Differenzspannung zwischen den zwei Anschlusspunkten (55, 57) und regelt somit den Strom der Einheit (500) zur Leistungsfaktorkorrektur mit DC/DC-Wandler.



EP 3 065 513 A1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Regelung der Leistungsaufnahme eines Verbrauchers, insbesondere zur Regelung der Helligkeit einer Beleuchtung, bevorzugt einer Beleuchtung, die mittels Leuchtdioden (LEDs) realisiert ist.

[0002] Vorrichtungen zur Regelung der Leistungsaufnahme sind im Stand der Technik bekannt. Seit einigen Jahrzehnten werden diese bevorzugt in einer mehrstufigen Anordnung realisiert:

Dabei wird in einer ersten Stufe die Netzspannung gleichgerichtet.

[0003] In einer zweiten Stufe wird die gleichgerichtete Netzspannung mittels eines Aufwärtswandlers (DC/DC Wandlers) in eine Spannung, welche über dem Scheitelwert der Eingangsspannung liegt, transformiert. Dabei wird die Phasenlage des Eingangsstromes korrigiert (Power Factor Correction, PFC).

[0004] In einer dritten Stufe wird die erforderliche Leistung, in Abhängigkeit eines Sollwertes, entweder in Form einer geregelten Spannung oder eines geregelten Stromes, dem Verbraucher zur Verfügung gestellt. Diese Vorrichtung weist den Nachteil auf, dass der mögliche Regelbereich aufgrund der Verwendung von geschalteten Wandlern (DC/DC) stark eingeschränkt ist.

[0005] Als Untergrenze für eine minimale Verbraucherleistung, die mittels einer Anordnung nach dem Stand der Technik erreicht werden kann, gilt etwa 5 % der maximalen Verbraucherleistung. Die besten am Markt erhältlichen Geräte können noch etwas darunter liegen. Sofern ein Regelbereich auf unter 1 % gefordert wird, wird die dritte Stufe nicht gesteuert ausgeführt, sondern stellt lediglich einen konstanten Strom oder eine konstante Spannung zur Verfügung.

[0006] Die gewünschte Ausgangsleistung wird mittels einer vierten, über Pulsweitenmodulation (PWM) geregelten Stufe, dem Verbraucher zur Verfügung gestellt.

[0007] Diese Vorrichtung weist unter anderem folgende Nachteile auf. Bei derart geregelten LED-Lichtquellen wird vermutet, dass die prinzip-bedingte hohe Welligkeit des Lichts störenden Einfluss auf physiologische Merkmale von Menschen und anderen Lebewesen hat, diese sich also bei derartiger Beleuchtung z.B. unwohl fühlen.

[0008] Weiterhin kann es im Zusammenwirken von derart gedimmten LEDs und anderen nichtkontinuierlichen Lichtquellen, wie z.B. bei TV- oder Computerbildschirmen, zu Interferenzerscheinungen kommen. Ähnliches gilt auch für Kameraaufnahmen, wobei hier die Interferenzen zu Bildstörungen führen. Deshalb ist diese Art der Regelung für den professionellen Einsatz nur bedingt geeignet. Um diese Effekte zu verhindern, werden Steuergeräte mit PWM-Frequenzen jenseits von 1 kHz verwendet, wodurch wiederum der Regelbereich - wegen des minimal realisierbaren Puls-Pause-Verhältnisses - eingeschränkt wird. Zusätzlich wirken sich die erforderlichen hohen Schaltfrequenzen negativ auf den erzielbaren Wirkungsgrad aus.

[0009] Unter einer maximalen Verbraucherleistung wird diejenige Leistung verstanden, die einem Verbrauchervon der Regelungsvorrichtung maximal zur Verfügung gestellt werden kann, d.h. die aus dem Netz oder einer anderen Spannungsquelle maximal entnehmbare Leistung minus die Verluste der Regelungsvorrichtung.

[0010] Unter einer minimalen Verbraucherleistung wird die Leistung verstanden, die einem Verbraucher von der Regelungsvorrichtung minimal zur Verfügung gestellt werden kann, ohne dass der Verbraucher von der Regelungsvorrichtung abgeschaltet wird. Die Leistung bei abgeschaltetem Verbraucher beträgt 0 % der maximalen Verbraucherleistung, zuzüglich eines gewissen, im Vergleich zur maximalen Verbraucherleistung sehr geringen, Ruhestroms.

[0011] Der maximal mögliche Regelbereich ist der Leistungsbereich zwischen der maximalen und der minimalen Verbraucherleistung.

[0012] Vor diesem Hintergrund ist es Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung zur Regelung der Leistungsaufnahme zur Verfügung zu stellen, welche die vorstehend geschilderten Nachteile des Standes der Technik zumindest teilweise überwindet bzw. verbessert.

[0013] Diese und weitere Aufgaben werden durch eine Vorrichtung gemäß dem unabhängigen Anspruch 1 gelöst. Ausführungsformen und Abwandlungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0014] Eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Regelung der Leistungsaufnahme eines Verbrauchers weist dabei mindestens - neben einem Verbraucher - eine Einheit zur Leistungsfaktorkorrektur (Power Factor Correction, PFC) mit DC/DC-Wandler, einen Gleichrichter mit Filter, eine linear geregelte, analoge Konstantstromquelle, einen Sollwertsteller und eine Steuereinheit auf.

[0015] Dabei wird unter einer Einheit zur Leistungsfaktorkorrektur (PFC) eine Schaltung verstanden, die dafür sorgt, dass die Form des aufgenommenen Stroms der sinusförmigen Netzspannung entspricht. Der Strom folgt wegen der PFC einem Verlauf, wie ihn ein rein ohmscher Widerstand, der an das Netz angeschlossen ist, hervorrufen würde. Derartige Schaltungen liefern im Stand der Technik einen Wert für die Leistungsfaktorkorrektur von etwa 1, typisch etwa 0,98. Dadurch wird das Einbringen von höherfrequenten Strömen (Oberschwingungen) in das Netz verhindert. Dies ist für Verbraucher höherer Leistung gesetzlich gefordert (EMV-Richtlinie 2014/30/EU).

[0016] Bei einer erfindungsgemäßen Vorrichtung passiert ein Strom, der dem Netz entnommen wird, zunächst die

Einheit zur Leistungsfaktorkorrektur, bestehend aus einem Aufwärts-DC/DC-Wandler. Diese Einheit ist mit der Steuereinheit verbunden und wird durch diese gesteuert. Auf der Sekundärseite des DC/DC-Wandlers ist ein Gleichrichter mit Filter angeordnet.

[0017] An diese Einheit ist eine Teilschaltung angeschlossen, welche aus dem Verbraucher und der analogen Konstantstromquelle besteht. Dabei weist die analoge Konstantstromquelle mindestens einen Leistungstransistor und einen Widerstand auf. Der Steuereingang des Leistungstransistors ist mit dem Sollwertsteller verbunden. Der Sollwertsteller weist dabei mindestens ein Stellelement - z.B. ein Potentiometer, einen Digital-Analog-Wandler oder dergleichen - auf. In der Regel weist der Sollwertsteller eine Teilschaltung auf, welche das Stellelement an die Spezifikation des Eingangs des Leistungstransistors anpasst. Der Sollwertsteller kann ein ohmsches oder ein induktives Stellelement beinhalten, aber auch aufwändigere Schaltungen, wie beispielsweise einen oder mehrere Sensoren, einen Empfänger für eine Fernbedienung, etc.

[0018] Die analoge Konstantstromquelle ist in einer Rückkopplungsschleife (Feedback) mit der Steuereinheit verbunden, um diese regeln zu können. Dazu werden zwei Punkte der analogen Konstantstromquelle - nämlich die gesteuerten Anschlüsse der analogen Konstantstromquelle - mit der Steuereinheit verbunden.

[0019] In einer erfindungsgemäßen Vorrichtung bestimmt der Sollwert von dem Sollwertsteller den Strom durch die analoge Konstantstromquelle. Dadurch entsteht eine Differenzspannung zwischen den genannten zwei Punkten an den Ausgängen (den gesteuerten Anschlüssen) der analogen Konstantstromquelle. Durch diese Beschaltung regelt diese Differenzspannung den Strom der Einheit zur Leistungsfaktorkorrektur mit DC/DC-Wandler.

[0020] In einer Vorrichtung zur Leistungsregelung nach dem Stand der Technik hingegen steht bei einer dreistufigen Ausführung am Verbraucher eine geregelte Spannung oder Strom mit stark eingeschränktem Regelbereich, typischerweise 100 % bis 5 %, oder bei einer vierstufigen Ausführung eine maximale Spannung oder ein maximaler Strom, zur Verfügung. Die Leistungsregelung wird in diesem Fall mittels einer Pulsweitenmodulation (PWM), durch Variation der Pulsweite vorgenommen, wobei prinzipbedingt bei jedem Puls sich die Spannung zwischen Null und der Maximalspannung bewegt.

[0021] Weiterhin führt eine Leistungsregelung nach dem Stand der Technik - wenn diese Leistungsregelung für LED-Lichtquellen verwendet wird - zu einem Flackern des Lichts. Bei den heute üblichen Schaltfrequenzen liegt die Flackerfrequenz von LED-Lichtquellen im Bereich von etwa 100 Hz bis 1 kHz. Dies kann, zumindest von einigen Menschen (ggf. auch unbewusst) und anderen Lebewesen, wahrgenommen werden, und hat daher störenden Einfluss auf deren Physiologie, so dass dies bei Betroffenen zu Unwohlsein führen kann.

[0022] Bei einer erfindungsgemäßen Vorrichtung werden nicht nur diese Nachteile vermieden, sondern es zeigen sich auch noch weitere Vorteile: So liegt die Untergrenze für die Leistungsregelung in einem Bereich von 0,1 %, und bei einigen Ausführungsformen sogar darunter.

[0023] Ferner weist eine erfindungsgemäße Vorrichtung eine sehr geringe Verlustleistung auf. Dies geht einher mit einem sehr hohen Wirkungsgrad über weite Bereiche hoher Last. Bei Bereichen sehr geringer Last sinkt der Wirkungsgrad zwar ab, aber die Verlustleistung bleibt in jedem Fall gering.

[0024] Schließlich zeigt sich auch eine sehr geringe - für reale Anwendungen vernachlässigbare - Restwelligkeit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung. Damit ist eine physiologische Wirkung auf Menschen und anderen Lebewesen als relativ gering einzustufen. Desweiteren ist die Vorrichtung auch für professionelle Kameras - und somit für den professionellen Einsatz - geeignet.

[0025] In einer erfindungsgemäßen Ausführungsform liegt der Regelungsbereich an einem Verbraucher zwischen 100 % bis 0,1% und 0 % der Verbraucherleistung, insbesondere zwischen 100 % bis 0,01 % und 0 % und bevorzugt zwischen 100 % bis 0,001 % und 0 %.

[0026] Ein derart weiter Regelbereich kann insbesondere für Beleuchtungsanlagen, bevorzugt für Hochleistungs-Beleuchtungsanlagen, erforderlich sein. Insbesondere in Verbindung mit Hochleistungs-LEDs und/oder LED-Arrays kann damit eine sehr effiziente und für einen breiten Einsatzbereich geeignete Beleuchtung zur Verfügung gestellt werden.

[0027] In einer erfindungsgemäßen Ausführungsform ist nach dem verbraucherseitigen Gleichrichter mit Filter eine Teilschaltung angeordnet, bei welcher der Verbraucher und die analoge Konstantstromquelle in Serie geschaltet sind.

[0028] Dabei kann entweder der Verbraucher direkt nach dem Gleichrichter mit Filter angeordnet sein, gefolgt von der analogen Konstantstromquelle in Richtung Masse. Es kann aber nach besagtem Gleichrichter mit Filter auch die analoge Konstantstromquelle angeordnet sein und daran anschließend der Verbraucher. Die tatsächlich gewählte Ausführung richtet sich nach elektrischen oder Sicherheits-Erfordernissen des Verbrauchers und/oder nach der konkreten Ausgestaltung der Schaltung.

[0029] In einer bevorzugten erfindungsgemäßen Ausführungsform beinhaltet die analoge Konstantstromquelle einen Leistungstransistor, insbesondere einen MOSFET, einen Leistungs-MOSFET, einen Bipolar-Transistor, einen IGBT oder ein ähnliches Bauelement.

[0030] In einer erfindungsgemäßen Ausführungsform kann die Konstantstromquelle aus einer aufwändigeren analogen Schaltung aufgebaut sein, welche unter anderem Operationsverstärker beinhaltet.

[0031] Eine erfindungsgemäße analoge Konstantstromquelle erfordert ein elektronisches Bauelement, das über einen gewissen Bereich (Arbeitsbereich) ein lineares Regelverhalten aufweist. In einer bevorzugten erfindungsgemäßen Ausführungsform werden dazu Feldeffekttransistoren (FET) verwendet. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform wird mindestens ein Leistungs-MOSFET verwendet, so dass auch Hochleistungs-Beleuchtungsanlagen mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung gesteuert werden können. In einer alternativen Ausführungsform wird dafür ein IGBT verwendet.

[0032] In einer erfindungsgemäßen Ausführungsform ist die Steuereinheit von dem Leistungstransistor galvanisch getrennt.

[0033] Die galvanische Trennung kann mittels mindestens eines Optokopplers realisiert sein. Sie kann aber auch mittels mindestens eines Transformators oder mittels mindestens eines Kondensators realisiert sein, oder durch eine Kombination aus diesen Bauelementen.

[0034] Damit wird zum einen eine höhere elektrische Sicherheit erreicht, zwischen den Teilschaltungen des Verbrauchers, bei dem hohe Ströme fließen und hohe Spannungen vorhanden sind, und den Teilschaltungen im Bereich der Steuerungsschaltkreise, bei denen deutlich geringere Ströme fließen. Zum anderen wird durch diese Potenzialtrennung eine höhere Störsicherheit, insbesondere der Steuerungsschaltkreise, erreicht.

[0035] In einer erfindungsgemäßen Ausführungsform ist die Einheit zur Leistungsfaktorkorrektur mit DC/DC-Wandler galvanisch getrennt. In einer alternativen erfindungsgemäßen Ausführungsform ist die Einheit zur Leistungsfaktorkorrektur mit DC/DC-Wandler nicht galvanisch getrennt.

[0036] Welche dieser Ausführungsformen für eine erfindungsgemäße Vorrichtung verwendet wird, hängt von mehreren Überlegungen ab, insbesondere von Sicherheits- und Kostenüberlegungen. Für einen galvanisch getrennten DC/DC-Wandler ist ein Transformator mit galvanischer Trennung der Wicklungen erforderlich.

[0037] In einer erfindungsgemäßen Ausführungsform ist die Vorrichtung zweistufig ausgeführt. Die Einheit zur Leistungsfaktorkorrektur stellt eine konstante Spannung für die nachgeschaltete zweite Stufe, welche wiederum einen Schaltregler (DC/DC) darstellt, zur Verfügung. Bei dieser Anordnung wirkt die Steuereinheit nicht auf die Leistungsfaktorkorrektur sondern auf Stufe zwei. Diese kann entweder galvanisch getrennt oder nicht getrennt ausgeführt sein. Für eine entsprechende Trennung ist ein Transformator mit galvanisch getrennten Wicklungen erforderlich.

[0038] Bedingt durch Überlegungen bezüglich Kosten und Leistung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung können die DC/DC-Wandler als Aufwärtswandler, Abwärtswandler, Resonanzwandler, als Sperrwandler (Hoch-Tiefsetzsteller, flyback converter) oder als Gegentaktflusswandler (pushpull converter) ausgeführt ist. Diese genannten Ausführungsformen und die Vor- und Nachteile und die Anwendungsbereiche der jeweiligen Ausführungsformen sind dem Fachmann bekannt.

[0039] In einer erfindungsgemäßen Ausführungsform besitzt der Widerstand, welcher Teil der analogen Konstantstromquelle ist, einen Wert zwischen 0 und 1 Ohm, insbesondere 0,5 Ohm.

[0040] Bei einem höheren Wert des Widerstands wird der Wirkungsgrad der erfindungsgemäßen Vorrichtung deutlich schlechter. Bei Verwendung von sehr geringen Widerstandswerten andererseits wirken sich Störungen, z.B. durch elektromagnetische Immissionen (EMI/EMV), sehr schnell in unvorteilhafter Weise aus, sodass die Qualität der Regelung darunter leiden kann. In einer erfindungsgemäßen Ausführungsform wird die Spannung am Widerstand, welcher Teil der analogen Konstantstromquelle ist, mittels Operationsverstärker verstärkt, wodurch der Widerstandswert niedriger gewählt werden kann und somit der Wirkungsgrad der Vorrichtung weiter erhöht wird.

[0041] Entsprechend der vorliegenden Erfindung liegt der Wirkungsgrad, als Verhältnis der Leistung am Verbraucher zur entnommenen Leistung vom Netz, über einen großen Regelbereich, welcher zwischen 100 % -10 %, bevorzugt zwischen 100 % - 1 %, insbesondere zwischen 100 % - 0,1 % liegt, größer als 90 %, bevorzugt größer als 95 % und insbesondere größer als 98 % ist.

[0042] In einer erfindungsgemäßen Ausführungsform ist der Verbraucher eine Leuchtdiode (LED), bevorzugt eine Hochleistungs-LED, besonders bevorzugt ein Array von Hochleistungs-LEDs.

[0043] Insbesondere bei der Verwendung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung für die Ansteuerung von Leuchtdioden treten die erfindungsgemäßen Vorteile besonders deutlich zutage: So ermöglicht der hohe Dynamikbereich der Leistungsregelung eine sehr gut an ein breites Spektrum von Anwendungen und Erfordernissen anpassbare Beleuchtung. Weiterhin verhindert die geringe Restwelligkeit des Ausgangsstroms ein Flackern der LEDs, die sehr reaktionsschnell sind und daher prinzipbedingt zum Flackern neigen.

[0044] Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden detaillierten Beschreibung von Ausführungsformen der Erfindung in Verbindung mit den Zeichnungen und den Ansprüchen.

[0045] Dabei zeigen:

Fig. 1: ein Blockschaltbild einer Leistungsregelung nach dem Stand der Technik;

Fig. 2: ein Blockschaltbild einer alternativen Ausführungsform einer Leistungsregelung nach dem Stand der Technik;

Fig. 3: ein Blockschaltbild einer weiteren Ausführungsform einer Leistungsregelung nach dem Stand der Technik;

Fig. 4: ein Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen Leistungsregelung;

5 **Fig. 5:** ein teilweise schematisches Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen Leistungsregelung;

Fig. 6: eine Messung der Abhängigkeit des Stroms am Verbraucher (LED-Strom) von der Ausgangsspannung bei einer erfindungsgemäßen Leistungsregelung;

10 **Fig. 7:** eine Messung der Welligkeit (Ripple) des Ausgangsstroms in Abhängigkeit von der Spannung an den Ausgangs-Elkos bei einer erfindungsgemäßen Leistungsregelung.

[0046] **Fig. 1** zeigt ein Blockschaltbild einer Leistungsregelung nach dem Stand der Technik. Als Stromquelle dient ein Wechselstromnetz 600, über das die Versorgungsspannung eingespeist wird. Die Versorgungsspannung wird zunächst über ein Netzfilter 650 geführt, um eine Rückwirkung der im Netzteil entstehenden Störungen auf die Versorgung zu verhindern, gemäß der EMV-Richtlinie 2014/30/EU. Anschließend findet durch den Gleichrichter 670 eine Gleichrichtung ohne Glättung statt. Im anschließenden Aufwärtswandler 510 (Power Factor Correction, PFC) findet eine Hochsetzung der Spannung auf ca. 400 V statt.

[0047] Die Ausgangsspannung des Aufwärtswandlers 510 dient - nach der Siebung 520 - in der nächsten Stufe als Eingangsspannung des DC/DC-Wandlers 530. Zwischen Siebung 520 und DC/DC-Wandler 530 findet eine Spannungsmessung 420 statt. Die gemessene Spannung wird in einem Regelkreis dem Controller 410 des PFC zugeführt. Dabei ist wichtig, dass sich durch diese Regelung ein Leistungsfaktor des PFC 510 von annähernd 1 ergibt; dies ist in der genannten EMV-Verordnung gefordert.

[0048] Der anschließende DC/DC-Wandler 530 kann galvanisch getrennt oder nicht getrennt ausgeführt sein. Welche Variante hierbei verwendet wird, hängt vom Anwendungsfall und den kalkulierten Kosten ab.

[0049] Wenn im DC/DC-Wandler 530 ein Transformator enthalten war, dann wird die Spannung im Gleichrichter 550 gleichgerichtet und in der nächsten Stufe 560 geglättet und gefiltert.

[0050] Die am Anschluss 590 für den Verbraucher verfügbare Spannung wird einer Messeinrichtung 450 für die Spannung oder für den Strom zugeführt. Nach Verrechnung mit der Sollwertvorgabe wird die daraus entstehende Stellgröße meist über eine galvanische Trennung 450 - z.B. mittels eines Optokopplers - an die Steuerung 130 des DC/DC-Wandlers weitergeleitet. Dies schließt den Regelkreis zur Strom- oder Spannungssteuerung.

[0051] Mit einer derartigen Vorrichtung nach dem Stand der Technik wird ein Regelungsbereich etwa zwischen 100 % und 10 % der Maximalleistung erreicht.

[0052] **Fig. 2** zeigt ein Blockschaltbild einer alternativen Ausführungsform einer Leistungsregelung nach dem Stand der Technik. Dabei sind die PFC-Stufe und der DC/DC-Wandler zu einer einzigen Stufe "PFC und DC/DC-Wandler" 500 zusammengefasst. Die Ansteuerung dieser kombinierten Stufe wird von einem einzigen Controller 400 übernommen. Integrierte Schaltkreise (IC), welche die Aufgaben eines derartigen Controllers übernehmen, sind auf dem Markt verfügbar. Beispielsweise wird dafür der Baustein TPS92210 (z.B. von Texas Instruments) oder L6564 (z.B. von der Firma STMicroelectronics) eingesetzt. Von den genannten Firmen sind auch Datenblätter für diese Bausteine verfügbar, welche die Funktionalität erläutern und typische Schaltungsbeispiele zeigen.

[0053] **Fig. 3** zeigt ein Blockschaltbild einer weiteren Ausführungsform einer Leistungsregelung nach dem Stand der Technik. In dieser Variante wird zur Erhöhung der Dynamik des Leistungsreglers eine zusätzliche digitale Regelstufe 570 eingefügt. Der Rest der Schaltung ist identisch mit der in **Fig. 2** dargestellten Schaltung.

[0054] Dabei wird die in **Fig. 2** dargestellte Teilschaltung in dieser Ausführungsform als analoge Konstantspannungsquelle betrieben. Die Regelung des Stroms zum Verbraucher hin wird von der digitalen Stufe 570 übernommen. Diese Regelung wird mittels PWM realisiert. Mit dieser zweistufigen Lösung ist es möglich, eine Regelungsdynamik so weit zu verbessern, dass die minimale Verbraucherleistung nur noch etwa 0,1 % der maximalen Verbraucherleistung beträgt. Die Nachteile sind jedoch, wie bereits oben erläutert, die hohe Restwelligkeit, mit den daraus resultierenden, oben bereits beschriebenen, Nachteilen.

[0055] **Fig. 4** zeigt ein Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen Leistungsregelung. Dabei wird wieder eine Teilschaltung wie in **Fig. 2** dargestellt verwendet, und an den Ausgang dieser Teilschaltung wird eine analoge Stufe 580 eingefügt.

[0056] Analoge Stufen sind im Stand der Technik prinzipiell bekannt; nur führen diese bislang zu einer hohen Verlustleistung. Beispielsweise kann als analoge Stufe 580 ein Potentiometer eingesetzt werden. Bei dieser Ausführungsform wird die im Verbraucher nicht benötigte Leistung in diesem Potentiometer jedoch in Wärme umgewandelt. Dies führt zu einem schlechten Gesamtwirkungsgrad der Schaltung.

[0057] Bei einer erfindungsgemäßen Leistungsregelung wird, mittels einer Differenzspannungsmessung, der aktuelle Spannungsabfall über einer analogen Konstantstromquelle gemessen, mit einem Sollwert verglichen und dem primärseitigen Controller 400 zugeführt. Erfindungsgemäß wird die Sollwertvorgabe der Differenzmessung derart gewählt,

dass die Ausgangsspannung immer lediglich dem Mindestspannungsabfall der analogen Konstantstromquelle, plus einer gewissen Sicherheit, entspricht.

[0058] Fig. 5 zeigt ein teilweise schematisches Blockschaltbild, das eine mögliche Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Leistungsregelung darstellt. Dabei wird wieder eine Teilschaltung wie in Fig. 2 dargestellt zu Grunde gelegt. In der gezeigten Schaltung wird an den Knoten 590 ein Verbraucher 100, beispielsweise ein LED-Array, angeschlossen. Daran schließt sich eine Teilschaltung 70 an, welche mindestens einen Leistungstransistor 200 und einen Widerstand 250 enthält. Als Leistungstransistor 200 wird in der gezeigten Ausführungsform ein MOSFET verwendet. An dessen Source ist der Knoten 56 mit dem Widerstand 250 angeschlossen. Am gegenüberliegenden Ende des Widerstands 250 befindet sich der Knoten 57, der hier auf Masse liegt. An die Drain des MOSFET ist über den Knoten 55 der Verbraucher 100 angeschlossen. Das Gate des MOSFET ist an einen Sollwertsteller 300 angeschlossen. Der Sollwertsteller weist dabei mindestens ein Stellelement auf. In der Regel weist der Sollwertsteller eine Teilschaltung auf, welche das Stellelement an die Spezifikation des Eingangs des Leistungstransistors anpasst.

[0059] In einer alternativen erfindungsgemäßen Ausführungsform ist ein Anschluss des Sollwertstellers 300 an das Gate und ein anderer Anschluss von 300 an den Knoten 56 angeschlossen.

[0060] An den Knoten 55 und 57, welche die Ränder der Teilschaltung 70 darstellen, liegt eine Spannungsdifferenz an. Diese Spannungsdifferenz wird an den Controller 400 weitergeleitet. Dabei kann in diese Weiterleitung auch ein Optokoppler 450 eingefügt sein. Mittels dieser Rückkopplungsschleife steuert der Controller 400 die Einheit 500.

[0061] Durch eine derartige Schaltung wird eine linear geregelte, analoge Konstantstromquelle gebildet, welche eine geringe Verlustleistung aufweist. Weiterhin wird damit eine sehr geringe Restwelligkeit des Ausgangsstroms am Verbraucher erzielt.

[0062] Wie der Fachmann weiß, enthält eine konkrete Schaltung zusätzliche Elemente, wie sie z.B. zur Einstellung der Arbeitspunkte der elektronischen Bauelemente und/oder zur Anpassung der Teilschaltungen. Derartige Ausgestaltungen sind dem Fachmann bekannt und in Standardwerken zur Schaltungstechnik und/oder in Datenblättern enthalten, welche von den Herstellern bezogen werden können.

[0063] Tabelle 1 und Fig. 6 zeigen eine Messung der Abhängigkeit des Stroms am Verbraucher 100 (LED-Strom) von der Ausgangsspannung, bei einer erfindungsgemäßen Leistungsregelung.

Tabelle 1

G [%]	A [V]	B [mA]	C[W]	D [W]	E [W]	F [%]
100,0%	389	1060	412	429	16,7	96%
90,0%	382	950	363	378	15,1	96%
80,0%	376	851	320	334	14,0	96%
70,0%	369	743	274	287	12,8	96%
60,0%	362	630	228	239	10,9	95%
50,0%	356	535	190	200	9,5	95%
40,0%	350	430	151	159	8,5	95%
30,0%	341	318	108	115	6,6	94%
20,0%	332	210	70	74	4,3	94%
10,0%	321	105	34	36	2,3	94%
1,0%	302	10,6	3	4,3	1,1	74%
0,1%	288	0,8	0	1	0,8	23%
0,0%	279	0	0	0,8	0,8	0%

[0064] Dabei stellt die erste Spalte G den Regelungsbereich am Verbraucher (Dimming Level) dar, die zweite Spalte A die Spannung am Knoten 590 von Fig. 5, die dritte Spalte B den Strom durch den Knoten 590, Spalte C die für den Verbraucher verfügbare Leistung (Spalte A * B), Spalte D die Eingangsleistung am Netz 600, Spalte E die Verlustleistung, als Differenz der vom Netz 600 entnommenen Leistung und der verfügbaren Leistung (Spalte D - C), und Spalte F den Wirkungsgrad, als Verhältnis verfügbare Leistung zu entnommener Leistung (Spalte D / C).

[0065] Die Graphik zeigt die Spalte B (Ordinate) über der Spalte A (Abszisse). Es ist deutlich der lineare Zusammenhang zwischen Ausgangsstrom (Spalte B) und Ausgangsspannung (Spalte A) bei Werten oberhalb von ca. 10 % der verfügbaren Leistung (Spalte C) erkennbar. Tabelle 1 zeigt, dass der Wirkungsgrad in diesem Regelbereich deutlich über 90

EP 3 065 513 A1

% liegt. Weiterhin ist in Tabelle 1 zu sehen, dass mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung eine minimale Leistung von 0,1 % der Maximal-Leistung geregelt werden kann (vorletzte Zeile).

[0066] Fig. 7 zeigt eine Messung der Welligkeit (Ripple) des Ausgangsstroms am Verbraucher 100 in Abhängigkeit von der Spannung an den Ausgangs-Elkos bei einer erfindungsgemäßen Leistungsregelung.

Tabelle 2

A [V]	B [mA]
360,3	28,6
356,2	28,6
350,5	29,1
345,9	29,5
340,8	30,1
335,4	30,5
328,9	29,6
320,8	24,8
317,0	15,4
317,2	15,4

[0067] Dabei ist in Spalte A die Spalte der Elkos am Knoten 290 eingetragen, in Spalte B die Restwelligkeit (Ripple) des geregelten Stroms. Dabei ist deutlich die geringe Restwelligkeit der erfindungsgemäßen Vorrichtung zu sehen, die bei niedrigen Spannungen sogar noch weiter abnimmt.

Liste der Bezugszeichen:

[0068]

- 10 Vorrichtung
- 50 Teilschaltung
- 55, 56, 57 Knoten
- 70 Konstantstromquelle
- 100 Verbraucher; LED-Array
- 200 Leistungstransistor
- 250 Widerstand
- 300 Sollwertsteller
- 400 Steuereinheit
- 410 PFC-Controller
- 420 Spannungsmessung
- 430 DC/DC-Controller
- 440 galvanische Trennung
- 450 Strom/Spannungsmessung
- 500 PFC und DC/DC-Wandler
- 510 Aufwärtswandler, PFC
- 520 Siebung
- 530 DC/DC-Wandler
- 550 Gleichrichter
- 560 Filter
- 565 Knoten
- 570 digitale Regelstufe
- 580 analoge Regelstufe
- 590 Knoten
- 600 Netzanschluss
- 650 EMI-Filter

Patentansprüche

1. Vorrichtung (10) zur Regelung der Leistungsaufnahme eines Verbrauchers (100) mit mindestens einer Einheit (500) zur Leistungsfaktorkorrektur mit DC/DC-Wandler, einem Gleichrichter (550) mit Filter (570), einem Verbraucher (100),
eine linear geregelte, analoge Konstantstromquelle (70), einem Sollwertsteller (300) und einer Steuereinheit (400),
wobei ein Strom aus der Einheit (500) zur Leistungsfaktorkorrektur mit DC/DC-Wandler den Gleichrichter (550) mit Filter (570) und eine Teilschaltung (50), bestehend aus dem Verbraucher (100) und der analogen Konstantstromquelle (70), passiert,
wobei in der analogen Konstantstromquelle (70) ein Leistungstransistor (200) und ein Widerstand (250) in Serie angeordnet sind und der Steuereingang des Leistungstransistors (200) mit dem Sollwertsteller (300) verbunden ist, die Steuereinheit (400) mit zwei Punkten (55, 57), zwischen denen die analogen Konstantstromquelle (70) angeordnet ist, verbunden ist, und
die Steuereinheit (400) mit der Einheit zur Leistungsfaktorkorrektur mit DC/DC-Wandler (500) verbunden ist,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Sollwert von dem Sollwertsteller (300) den Strom durch die analogen Konstantstromquelle (70) regelt, und die Steuereinheit (400) aus der Differenzspannung zwischen zwei Punkten (55,57), zwischen denen die analoge Konstantstromquelle (70) angeordnet ist, den Strom der Einheit (500) zur Leistungsfaktorkorrektur mit DC/DC-Wandler regelt.
2. Vorrichtung gemäß Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Regelungsbereich am Verbraucher (100) zwischen 100 % bis 0,1 % und 0 % der Verbraucherleistung, insbesondere zwischen 100 % bis 0,01 % und 0 % und bevorzugt zwischen 100 % bis 0,001 % und 0 % liegt.
3. Vorrichtung gemäß Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
in der Teilschaltung (50) der Verbraucher (100) und die analogen Konstantstromquelle (70) in Serie geschaltet sind.
4. Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die analogen Konstantstromquelle (70) einen Leistungstransistor (200), insbesondere einen MOSFET, einen Leistungsmosfet oder ein IGBT oder ein ähnliches Bauelement beinhaltet.
5. Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Steuereinheit (400) von dem Leistungstransistor (200) galvanisch getrennt ist.
6. Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Einheit zur Leistungsfaktorkorrektur mit DC/DC-Wandler (500) galvanisch getrennt oder nicht getrennt und/oder als Resonanzwandler, als Sperrwandler wie zum Beispiel ein Hoch-Tiefsetzsteller bzw. Flyback Converter oder als Gegentaktflusswandler ausgeführt ist.
7. Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Widerstand (250) einen Wert zwischen 0 und 1 Ohm, insbesondere 0,5 Ohm, besitzt.
8. Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Wirkungsgrad, als Verhältnis der Leistung am Verbraucher zur entnommenen Leistung vom Netz, über einen großen Regelbereich, welcher zwischen 100 % - 10 %, bevorzugt zwischen 100 % - 1 %, insbesondere zwischen

100 % - 0,1 % liegt, beispielsweise größer als 90 %, bevorzugt größer als 95 % und insbesondere größer als 98 % ist.

9. Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

der Verbraucher (100) eine Leuchtdiode (LED), bevorzugt eine Hochleistungs-LED, besonders bevorzugt ein Array von Hochleistungs-LEDs, ist.

10. Verwendung einer Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche zur Ansteuerung von Leuchtdioden (LEDs), bevorzugt von Hochleistungs-LEDs, besonders bevorzugt eines Arrays von Hochleistungs-LEDs.

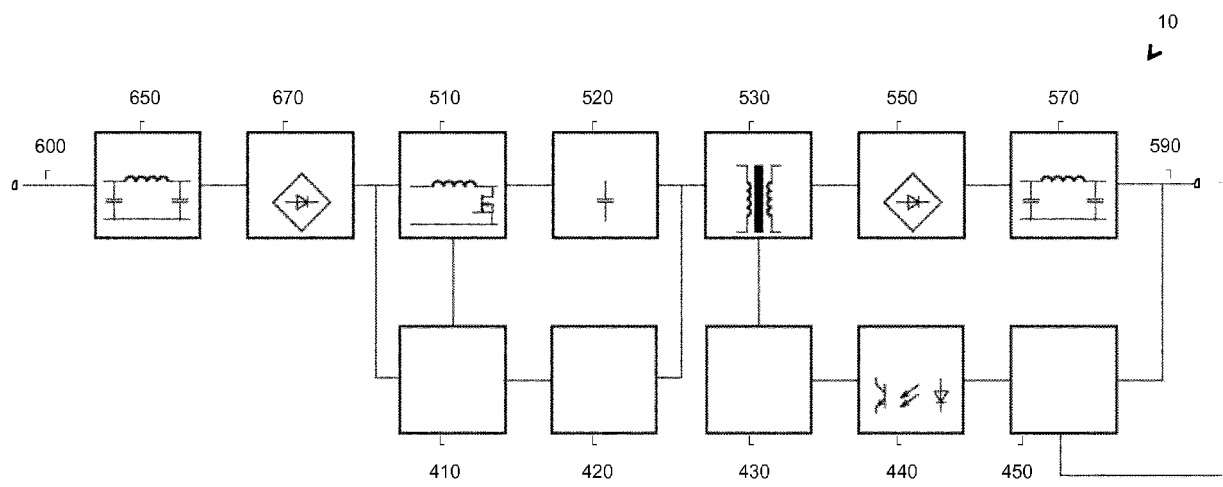


Fig. 1

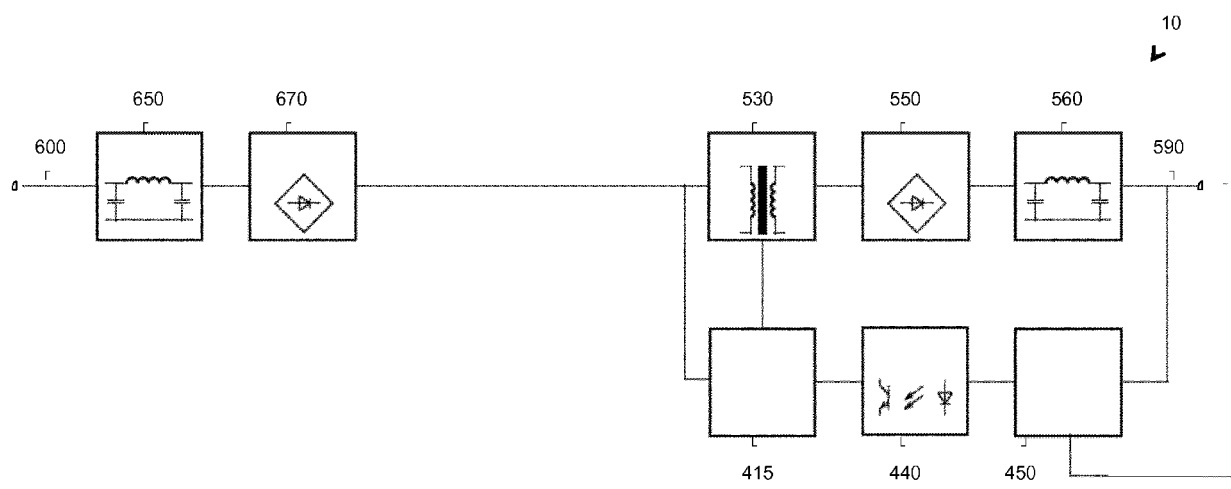


Fig. 2

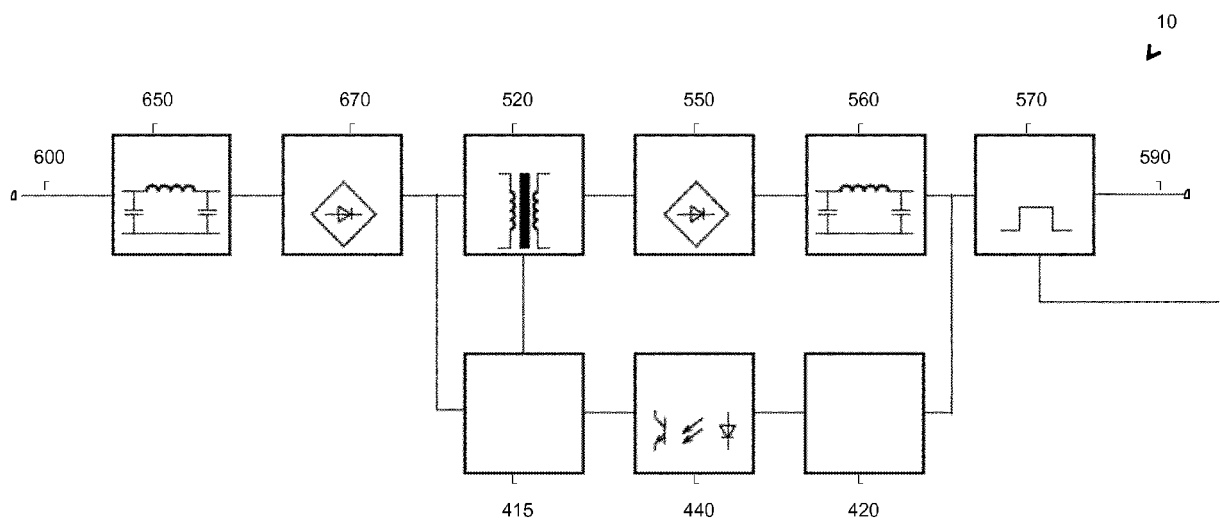


Fig. 3

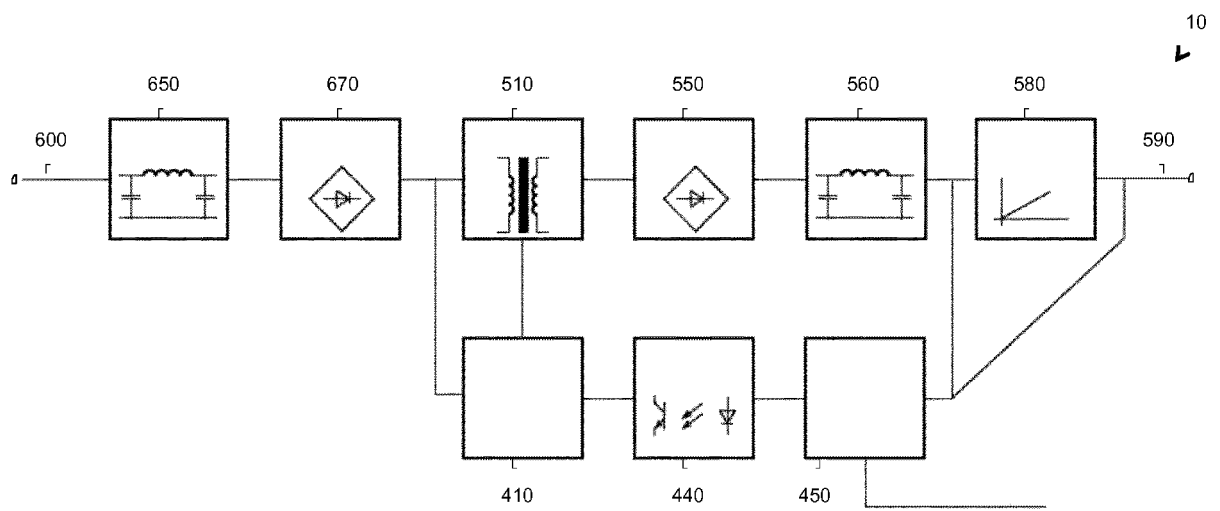


Fig. 4

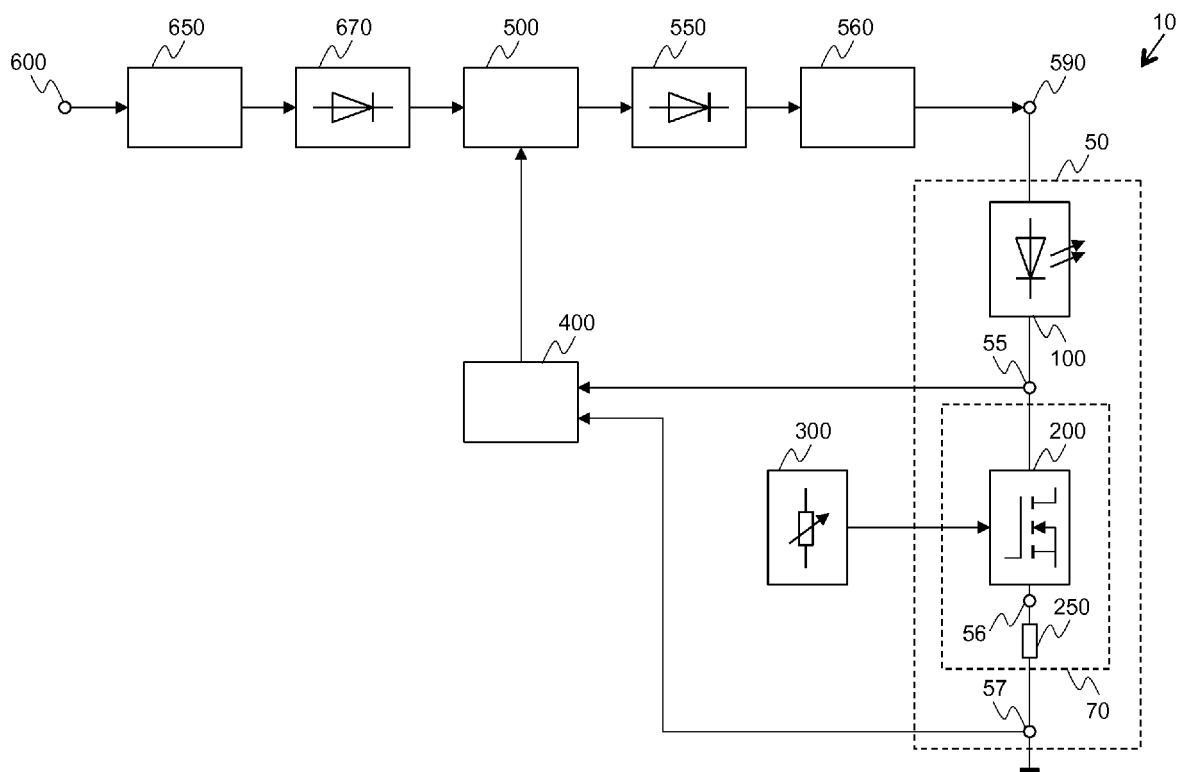


Fig. 5

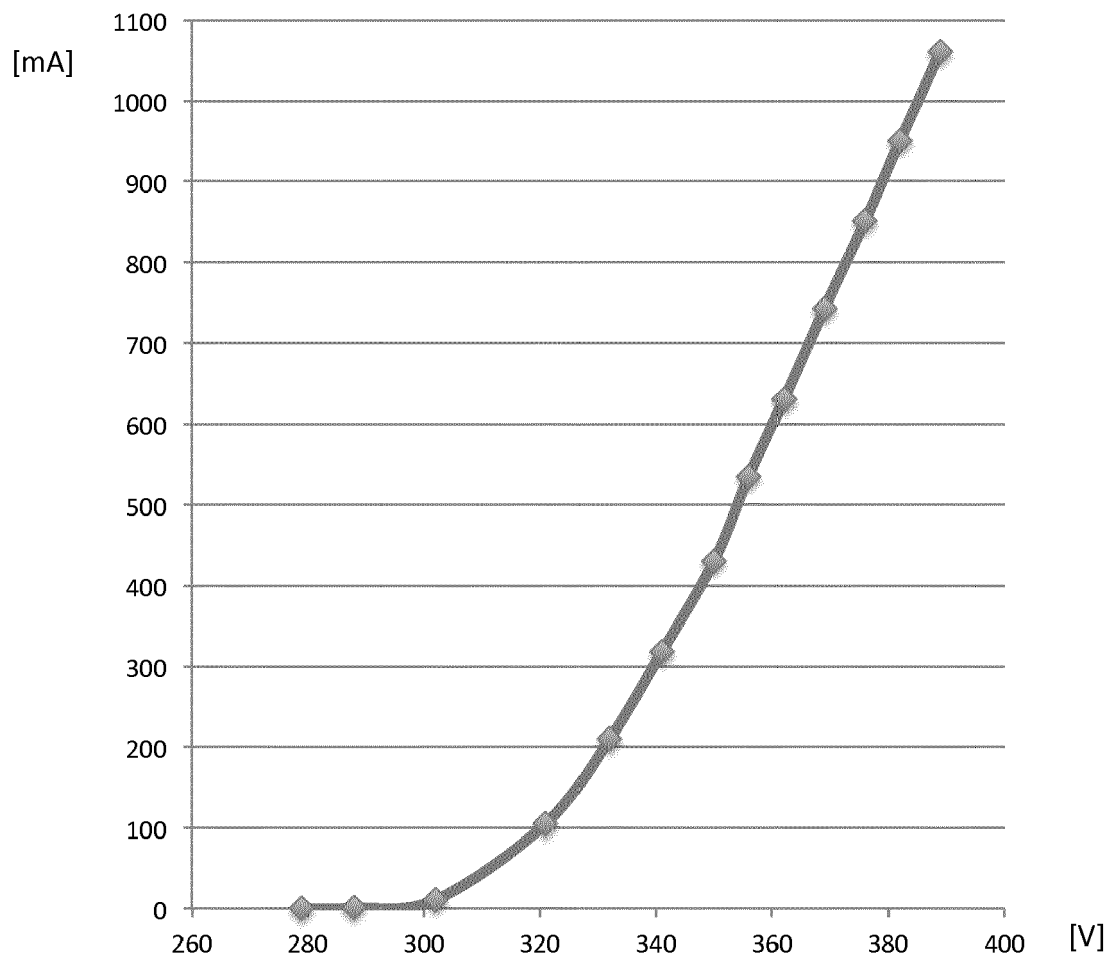


Fig. 6

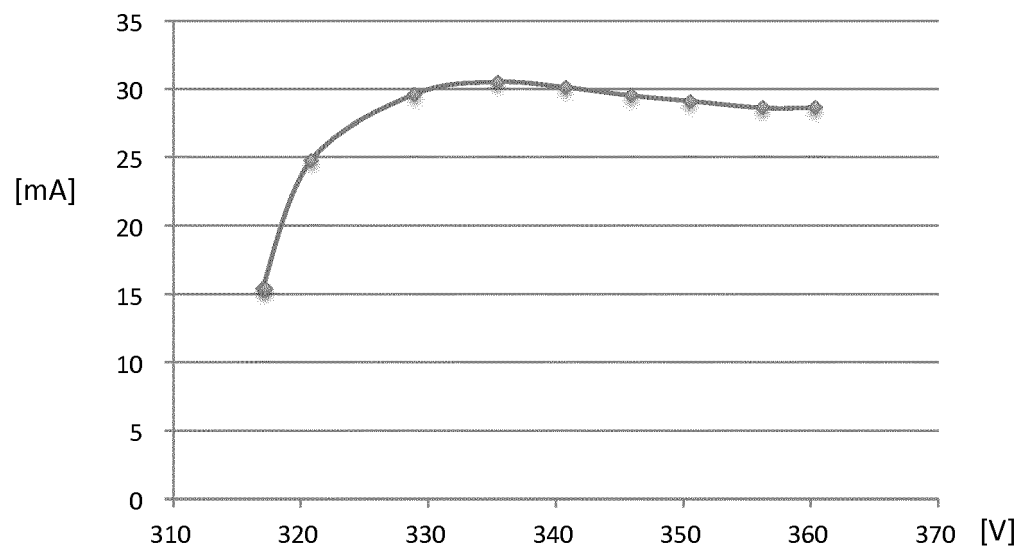


Fig. 7



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 16 15 7580

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	DE 10 2013 104084 B3 (VOSSLOH SCHWABE GMBH [DE]) 25. September 2014 (2014-09-25) * Absätze [0021], [0030], [0036], [0041]; Abbildungen 1-3 *	1-10	INV. H05B37/02
Y	DE 10 2010 015088 A1 (DILITRONICS GMBH [DE]) 22. September 2011 (2011-09-22) * Abbildung 2 *	1-10	
X	US 2010/264832 A1 (ARCHENHOLD GEOFFREY HOWARD GILLET [GB] ET AL) 21. Oktober 2010 (2010-10-21) * Abbildung 1 *	1,3,4, 6-10	
X	US 2011/080110 A1 (NUHFER MATTHEW W [US] ET AL) 7. April 2011 (2011-04-07) * Abbildung 3 *	1,3-10	
X	EP 2 315 497 A1 (NXP BV [NL]) 27. April 2011 (2011-04-27) * Abbildungen 6-12 *	1,3-10	
Y	EP 2 512 207 A1 (ATLAS ELEKTRONIK GMBH [DE]) 17. Oktober 2012 (2012-10-17) * Abbildungen 1-3 *	1-10	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) H05B
Y	DE 10 2011 107089 A1 (AUSTRIAMICROSYSTEMS AG [AT]) 17. Januar 2013 (2013-01-17) * Abbildungen 1A-1C *	1-10	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 4. Juli 2016	Prüfer Müller, Uta
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 16 15 7580

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.

04-07-2016

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102013104084 B3	25-09-2014	KEINE	
DE 102010015088 A1	22-09-2011	DE 102010015088 A1	22-09-2011
		DE 202010017580 U1	06-03-2012
US 2010264832 A1	21-10-2010	EP 2218304 A1	18-08-2010
		GB 2443091 A	23-04-2008
		US 2010264832 A1	21-10-2010
		WO 2009050418 A1	23-04-2009
US 2011080110 A1	07-04-2011	CA 2776292 A1	14-04-2011
		CN 102668702 A	12-09-2012
		EP 2486772 A1	15-08-2012
		US 2011080110 A1	07-04-2011
		US 2011080111 A1	07-04-2011
		US 2011080112 A1	07-04-2011
		US 2013018522 A1	17-01-2013
		US 2013020964 A1	24-01-2013
		US 2014125244 A1	08-05-2014
		WO 2011044040 A1	14-04-2011
		WO 2011044083 A1	14-04-2011
		WO 2011044085 A1	14-04-2011
EP 2315497 A1	27-04-2011	KEINE	
EP 2512207 A1	17-10-2012	EP 2512207 A1	17-10-2012
		ES 2424938 T3	10-10-2013
DE 102011107089 A1	17-01-2013	CN 103703867 A	02-04-2014
		DE 102011107089 A1	17-01-2013
		US 2014232271 A1	21-08-2014
		WO 2013007523 A1	17-01-2013

EPO FORM P0461

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