



(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2012 206 976.3

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

(22) Anmelddatum: 26.04.2012

H02M 1/42 (2007.01)

(43) Offenlegungstag: 31.10.2013

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 25.09.2014

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
OSRAM GmbH, 80807 München, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE 197 13 814 A1
DE 10 2010 039 154 A1
EP 2 315 497 A1

(72) Erfinder:
Dilger, Richard, 81549 München, DE; Heckmann, Markus, 81479 München, DE; Rupp, Arnulf, 82041 Oberhaching, DE; Nordhausen, Markus, 81539 München, DE

(54) Bezeichnung: Schaltwandler zum Betreiben mindestens einer LED

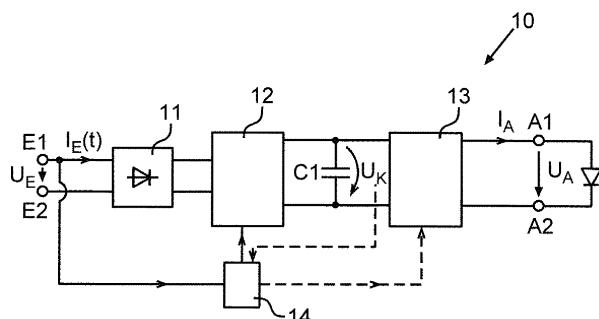
(57) Hauptanspruch: Schaltwandler (10) zum Betreiben mindestens einer LED, aufweisend:

gebbaren Amplitude, wobei die mindestens eine Frequenz ein ganzzahliges Vielfaches der Grundfrequenz ist.

- einen Eingang (E1, E2) mit einem ersten und einem zweiten Eingangsanschluss zum Koppeln mit einer Wechselspannungsquelle;
- einen Ausgang (A1, A2) mit einem ersten und einem zweiten Ausgangsanschluss zum Koppeln mit der mindestens einer LED, wobei am Ausgang (A1, A2) eine Ausgangsgröße bereitstellbar ist;
- einen Gleichrichter (11) mit einem Eingang, der mit dem Eingang (E1, E2) des Schaltwandlers (10) gekoppelt ist, und einem Ausgang;
- ein Eingangsreaktanznetzwerk (12) mit einem Eingang, der mit dem Ausgang des Gleichrichters (11) gekoppelt ist, und einem Ausgang, wobei das Eingangsreaktanznetzwerk (12) mindestens einen ersten steuerbaren elektronischen Schalter umfasst;
- einen kapazitiven Energiespeicher (C1), der mit dem Ausgang des Eingangsreaktanznetzwerks (12) gekoppelt ist;
- mindestens eine erste elektronische Regelschaltung, mittels welcher der Schaltwandler (10) durch entsprechende Ansteuerung des elektronischen Schalters an seinem Eingang (E1, E2) auf einen Sollwert des Eingangsstroms ($I_E(t)$) regelbar ist;

dadurch gekennzeichnet, dass

die mindestens eine erste Regelschaltung derart ausgebildet ist, dass der Schaltwandler (10) an seinem Eingang (E1, E2) auf einen Sollwert des Eingangsstroms ($I_E(t)$) regelbar ist, wobei der Sollwert in seinem zeitlichen Verlauf Spektralanteile aufweist bei einer Grundfrequenz einer Grundschwingung mit einer Grundamplitude und bei einer Frequenz mindestens einer Oberschwingung mit einer vor-



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung geht aus von einem Schaltwandler nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Stand der Technik

[0002] Zum Betreiben von LEDs oder LED-Strängen mit einer Netzspannung, üblicherweise einer sinusförmige Wechselspannung mit einem Effektivwert von 230 V, sind Strom- und Spannungswandlungen erforderlich, um einen Strom mit möglichst konstanter Stromstärke bereitzustellen. Im Stand der Technik sind Schaltungsanordnungen zum Betreiben von LEDs bekannt, die zwei Spannungswandler umfassen, wobei der erste Spannungswandler, insbesondere ein Aufwärtswandler, und der zweite Spannungswandler über einen Zwischenkreiskondensator miteinander gekoppelt sind. Zum Gleichrichten der Wechselspannung ist vor den ersten Spannungswandler ein Gleichrichter geschaltet. Der erste Spannungswandler ist in der Regel als Leistungsfaktorkorrekturschaltung ausgebildet, die den Eingangstrom und die Eingangsspannung synchronisiert, da insbesondere bei Leistungen ab 25 W vorgegebene Richtlinien bezüglich der Netzstromober schwingungen zu erfüllen sind. Bei geeigneter Dimensionierung des Zwischenkreiskondensators ist die über den Zwischenkreiskondensator in den zweiten Spannungswandler eingekoppelte Leistung in ihrem zeitlichen Verlauf nahezu konstant. Als Zwischenkreiskondensator wird bevorzugt ein Elektrolytkondensator mit einer möglichst großen Kapazität verwendet, um eine möglichst gute Glättung der Spannung und der Leistung zu ermöglichen. Der zweite Spannungswandler wandelt die Spannung derart, dass die mit dem Ausgang des Spannungswandlers gekoppelten LEDs mit einem Strom möglichst konstanter Stromstärke versorgt werden können. Dabei ist der zweite Spannungswandler in der Regel als Abwärtswandler ausgebildet, da zum Betreiben einer LED meist nur eine kleine Spannung erforderlich ist.

[0003] Aus der DE 197 13 814 A1 ist ein Schaltregler mit einer Leistungsfaktorkorrektur bekannt, der auf eine vorbestimmte Ausgangsspannung und auf eine vorbestimmte Zwischenkreisspannung geregelt wird.

[0004] Aus der EP 2 315 497 A1 ist eine LED Treiberschaltung mit einer Leistungsfaktorkorrektur, einem Elektrolyt-Zwischenkreiskondensator und einem linearen Gleichspannungswandler bekannt.

[0005] Aus der DE 10 2010 039 154 A1 ist eine Leistungsfaktorkorrekturschaltung bekannt, die im Gleichstrombetrieb eine lastabhängig veränderliche Stromaufnahme aufweist.

[0006] Nachteilig bei derartigen Schaltungsanordnungen ist, dass die dafür benötigten Elektrolytkondensatoren für den Zwischenkreis eine relativ geringe Lebensdauer aufweisen, was die Lebensdauer der gesamten Schaltungsanordnung mindert.

Darstellung der Erfindung

[0007] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen Schaltwandler zum Betreiben mindestens einer LED bereitzustellen, der eine höhere Lebensdauer aufweist.

[0008] Diese Aufgabe wird durch einen Schaltwandler mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

[0009] Besonders vorteilhafte Ausgestaltungen finden sich in den abhängigen Ansprüchen.

[0010] Der erfindungsgemäße Schaltwandler zum Betreiben mindestens einer LED umfasst einen Eingang mit einem ersten und einem zweiten Eingangsanschluss zum Koppeln mit einer Wechselspannungsquelle, einen Ausgang mit einem ersten und einem zweiten Ausgangsanschluss zum Koppeln mit der mindestens einen LED, wobei am Ausgang eine Ausgangsgröße bereitstellbar ist, und einen Gleichrichter mit einem Eingang, der mit dem Eingang des Schaltwandlers gekoppelt ist, und einem Ausgang. Des Weiteren umfasst der Schaltwandler ein Eingangsreaktanzenetzwerk mit einem Eingang, der mit dem Ausgang des Gleichrichters gekoppelt ist und einem Ausgang, wobei das Eingangsreaktanzenetzwerk mindestens einen ersten steuerbaren elektronischen Schalter umfasst. Weiterhin weist der Schaltwandler einen kapazitiven Energiespeicher auf, der mit dem Ausgang des Eingangsreaktanzenwerks gekoppelt ist, und mindestens eine erste elektronische Regelschaltung, mittels welcher der Schaltwandler an seinem Eingang auf einen Sollwert des Eingangstroms regelbar ist. Dabei ist die mindestens eine erste Regelschaltung derart ausgebildet, dass der Schaltwandler an seinem Eingang auf einen Sollwert des Eingangsstroms regelbar ist, wobei der Sollwert in seinem zeitlichen Verlauf Spektralanteile aufweist bei einer Grundfrequenz einer Grundschwingung mit einer Grundamplitude und bei mindestens einer Frequenz mindestens einer Oberschwingung mit einer vorgebbaren Amplitude, wobei die mindestens eine Frequenz ein ganzzahliges Vielfaches der Grundfrequenz ist.

[0011] Durch eine derartige Ausbildung der mindestens einen ersten Regelschaltung ist es möglich den Eingangstrom harmonisch zu verzerrn. Dabei können zur Bewerkstelligung einer gewünschten harmonischen Verzerrung die Amplituden der Oberschwingungen vorgegeben werden. Bevorzugt werden dabei die Amplituden so vorgegeben, dass eine Leistung, die vom Eingangsreaktanzenetzwerk in den ka-

pazitiven Energiespeicher eingespeist wird, in ihrem zeitlichen Verlauf maximal gleichmäßig ist. Durch die harmonische Verzerrung der Leistung muss weniger Energie vom kapazitiven Energiespeicher über eine halbe Periode bezogen auf die Periodendauer der Grundfrequenz gespeichert werden. Dadurch ist es möglich den kapazitiven Energiespeicher mit einer kleineren Kapazität auszustalten als bei einer unverzerrten Leistungseinkopplung. Dies stellt die Möglichkeit bereit als kapazitiven Energiespeicher andere Kondensatoren mit kleinerer Kapazität und höherer Lebensdauer zu verwenden als die üblicherweise verwendeten Elektrolytkondensatoren. So kann durch die Verwendung von Kondensatoren mit kleinerer Kapazität und höherer Lebensdauer die Lebensdauer des gesamten Schaltwenders erhöht werden.

[0012] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist mittels der Regelschaltung der Schaltwandler auf einen zeitlich variierenden Sollwert des Eingangsstroms regelbar, der Spektralanteile aufweist bei Frequenzen von mehreren Oberschwingungen mit jeweils einer vorgebbaren Amplitude, wobei die Frequenzen ungeradzahlige Vielfache der Grundfrequenz sind. Durch Oberschwingungen mit der 3-fachen, 5-fachen, 7-fachen, usw. Frequenz der Grundfrequenz lässt sich eine Leistung, die vom Eingangsreaktanznetzwerk in den kapazitiven Energiespeicher eingespeist wird, generieren die derart harmonisch verzerrt ist, dass ihr zeitlicher Verlauf maximal gleichmäßig ist, d. h. dass sich die Abweichung der Leistung vom zeitlichen Mittelwert der Leistung im Betrag und im zeitlichen Mittel reduziert gegenüber einer Leistungsfaktor korrigierten Leistung, die proportional dem Quadrat einer Sinusschwingung ist, wie im Stand der Technik üblich.

[0013] Des Weiteren sind die Amplituden der Oberschwingungen mit Frequenzen bis zum 49-fachen der Grundfrequenz vorgebar.

[0014] Bevorzugt ist die Eingangsspannung eine sinusförmige Wechselspannung mit einer Frequenz ist, wobei die erste Regelschaltung dazu ausgebildet ist, den Schaltwandler an seinem Eingang auf einen Sollwert des Eingangsstroms zu regeln, wobei der Sollwert in seinem zeitlichen Verlauf eine Grundschiwingung mit derselben Frequenz wie die der Eingangsspannung aufweist.

[0015] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist die erste Regelschaltung dazu ausgebildet, den Schaltwandler an seinem Eingang auf einen Sollwert des Eingangsstroms zu regeln, wobei der Sollwert in seinem zeitlichen Verlauf eine Grundschiwingung aufweist, die keine Phasenverschiebung gegenüber der Eingangsspannung aufweist.

[0016] Weiterhin können die Oberschwingungen des Eingangsstroms eine beliebige Phasenverschiebung gegenüber der Grundschiwingung aufweisen. Insbesondere kann die Regelschaltung auch dazu ausgebildet sein, den Schaltwandler auf einen Eingangsstrom zu regeln, die Oberschwingungen mit einer vorgebbaren Phasenverschiebung gegenüber der Grundschiwingung aufweisen. Die Phasenverschiebungen können dabei so vorgegeben werden, dass die vom Eingangsreaktanznetzwerk abgegebene Leistung in ihrem zeitlichen Verlauf noch gleichmäßiger ist, insbesondere so, dass die Kapazität des kapazitiven Energiespeichers weiter reduziert werden kann.

[0017] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist die vorgebbare Amplitude der mindestens einen Oberschwingung kleiner oder gleich der durch eine Verzerrungsnorm für eine Netzstromentnahme vorgegebenen Amplitude. Da in der Regel ab einer Leistungsentnahme aus dem Stromnetz ab etwa 25 W strengere Vorgaben bezüglich der harmonischen Verzerrung, insbesondere bezüglich der Amplituden von Oberschwingungen des Eingangsstroms vorliegen, ist es vorgesehen die vorgebbaren Amplituden noch im Bereich der zulässigen Amplituden zu wählen, und bevorzugt möglichst nahe an den maximal zulässigen Amplituden.

[0018] Weiterhin kann der Schaltwandler ein Ausgangsreaktanznetzwerk mit einem Eingang, der mit dem kapazitiven Energiespeicher gekoppelt ist, aufweisen, und einem Ausgang zum Koppeln mit der mindestens einen LED, wobei das Ausgangsreaktanznetzwerk mindestens einen zweiten steuerbaren elektronischen Schalter umfasst.

[0019] Bevorzugt umfasst der Schaltwandler mindestens eine zweite Regelschaltung, mittels welcher der Schaltwandler auf eine Ausgangsgröße regelbar ist.

[0020] So kann der Schaltwandler vorteilhaftweise mittels der zweiten Regelschaltung auf eine gewünschte Ausgangsspannung oder einen gewünschten Ausgangsstrom geregelt werden.

[0021] Bevorzugt ist die Ausgangsgröße ein Ausgangsstrom, da für das Betreiben von LEDs ein möglichst glatter Gleichstrom vorteilhaft ist.

[0022] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist die mindestens eine zweite Regelschaltung dazu ausgebildet, den Schaltwandler auf eine Ausgangsgröße zu regeln in Abhängigkeit eines Momentanwerts einer über dem kapazitiven Energiespeicher abgreifbaren Spannung. Da durch die Verwendung eines kapazitiven Energiespeichers mit einer kleineren Kapazität die am kapazitiven Energiespeicher abgreifbare Spannung eine größere Wellig-

keit aufweist ist es vorteilhaft, die zweite Regelschaltung derart auszubilden, dass bei der Regelung auf eine Ausgangsgröße, insbesondere einen Ausgangstrom der zeitliche Verlauf der am kapazitiven Energiespeicher abgreifbaren Spannung berücksichtigt wird und nicht nur deren zeitlicher Mittelwert. Durch eine derartige Ausbildung der zweiten Regelschaltung ist es möglich, trotz großer Welligkeit der am Ausgangsreaktanznetzwerk anliegenden Spannung auf einen Ausgangstrom zu regeln, der zeitlich nahezu konstant ist.

[0023] Weiterhin kann das Eingangsreaktanznetzwerk als Aufwärtswandler ausgebildet sein. Darüber hinaus kann das Ausgangsreaktanznetzwerk als Abwärtswandler ausgebildet sein.

[0024] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist der kapazitive Energiespeicher ein Keramikkondensator oder ein Folienkondensator. Keramikkondensatoren und Folienkondensatoren weisen eine vergleichsweise hohe Lebensdauer auf und sind weiterhin für eine große Welligkeit der anliegenden Spannung ausgebildet, während Elektrolytkondensatoren für eine derart große Welligkeit nicht ausgelegt sind.

[0025] Darüber hinaus ist es vorteilhaft, wenn die Kapazität des Keramikkondensators oder des Folienkondensators derart bemessen ist, dass eine am Keramikkondensator oder Folienkondensator abgreifbare Spannung eine Spannungswelligkeit aufweist, die größer ist als 30% des Maximalwerts der am Eingang des Schaltwandlers anliegenden Eingangsspannung. Somit kann durch die Erhöhung der Zwischenkreisspannung, insbesondere durch die größere Welligkeit der Spannung am Kondensator, und mit einem Keramik- oder Folienkondensator kleinerer Kapazität die gleiche Energie gespeichert werden, wie mit einem Elektrolytkondensator großer Kapazität und kleiner Zwischenkreisspannung. Vorteilhafterweise kann die Welligkeit der vom Kondensator an das Ausgangsreaktanznetzwerk bereitgestellten Spannung größer als 100 Volt, insbesondere größer als 200 Volt, sein. Üblicherweise beträgt die Welligkeit der Spannung im Stand der Technik ca. 60 V, da ein Elektrolytkondensator keine größere Welligkeit der Spannung verträgt, wodurch eine größere Kapazität erforderlich ist. Durch die Verwendung von Keramikkondensatoren oder Folienkondensatoren, die eine deutlich größere Welligkeit vertragen, kann so bei kleinerer Kapazität und größerer Zwischenkreisspannung die gleiche Energie im Kondensator gespeichert werden.

[0026] Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn die Kapazität des Keramikkondensators oder Folienkondensators derart bemessen ist, dass der Momentanwert der am Keramikkondensator oder Folienkondensator abgreifbaren Spannung größer ist als der Momentan-

wert der am Eingang des Schaltwandlers anliegenden Spannung. Dies gewährleistet, dass das System aus Eingangsreaktanznetzwerk, Regelschaltung und kapazitivem Energiespeicher in Verbindung mit den Schaltaktionen des mindestens einen aktiven Schalters der Aufgabe der echtzeitreuen Regelung des Schaltwandlers auf seinen Eingangsstrom gerecht wird und dass das System stabil ist und gleichzeitig nicht an seine durch das Schaltwandlerprinzip gegebenen Grenzen stößt.

[0027] Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen sowie anhand der Zeichnungen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0028] Im Folgenden soll die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert werden. Die Figuren zeigen:

[0029] **Fig. 1** eine schematische Darstellung eines Schaltwandlers gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung;

[0030] **Fig. 2** eine schematische Darstellung eines Messdiagramms der am Kondensator abgreifbaren Kondensatorspannung und des am Ausgang des Schaltwandlers bereitgestellten Ausgangstroms gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung;

[0031] **Fig. 3** eine graphische Darstellung einer von einem Eingangsreaktanznetzwerk an einen Kondensator abgegebenen Leistung ohne harmonische Verzerrung;

[0032] **Fig. 4a** eine graphische Darstellung eines harmonisch verzerrten Eingangsstroms gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung;

[0033] **Fig. 4b** eine graphische Darstellung der vom Eingangsreaktanznetzwerk entsprechend der Stromstärke aus **Fig. 4a** harmonisch verzerrten, abgegebenen Leistung gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung;

[0034] **Fig. 5a** eine graphische Darstellung eines weiteren harmonisch verzerrten Eingangsstroms gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung; und

[0035] **Fig. 5b** eine graphische Darstellung der vom Eingangsreaktanznetzwerk entsprechend der Stromstärke aus **Fig. 5a** harmonisch verzerrten, abgegebenen Leistung gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Bevorzugte Ausführung der Erfindung

[0036] Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Schaltwandlers **10** gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung. Dieser umfasst ein Eingangsreaktanznetzwerk **12**, das über einen kapazitiven Energiespeicher C_1 mit einem Ausgangsreaktanznetzwerk **13** gekoppelt ist. Am Eingang E_1, E_2 des Schaltwandlers **10** kann eine sinusförmige Wechselspannung anliegen, insbesondere mit 230 V Effektivspannung, die durch einen Gleichrichter **11** gleichgerichtet wird. Das Ausgangsreaktanznetzwerk **13** kann dabei als Abwärtswandler, insbesondere als Buck-Converter, ausgebildet sein, so dass eine für den Betrieb mindestens einer LED geeignete Ausgangsspannung U_A am Ausgang A_1, A_2 des Schaltwandlers bereitstellbar ist. Das Eingangsreaktanznetzwerk **12** kann als Aufwärtswandler ausgebildet sein, insbesondere als Boost-Converter, wodurch die Spannung hochgesetzt werden kann, so dass die am kapazitiven Energiespeicher C_1 abgreifbare Spannung U_K größer ist als die am Eingang E_1, E_2 anliegende Eingangsspannung U_E . Weiterhin ist der kapazitive Energiespeicher C_1 so bemessen, dass die zeitlich periodisch variierende, vom Eingangsreaktanznetzwerk **12** entnommene Leistung $P(t)$ durch Energiespeicherung im kapazitiven Energiespeicher C_1 als zeitlich möglichst konstante Leistung P_0 in das Ausgangsreaktanznetzwerk **13** einkoppelbar ist. Weiterhin kann der Schaltwandler **10** eine elektronische Regelschaltung umfassen, mittels welcher der Schaltwandler **10** auf einen Sollwert des Eingangstroms $I_E(t)$ regelbar ist. Durch entsprechende Ansteuerung eines elektronischen Schalters durch eine Ansteuerschaltung **14** ist der Eingangstrom $I_E(t)$ derart regelbar, dass er eine Grundschwingung der selben Frequenz wie die der Eingangsspannung U_E und Oberschwingungen mit ganzzahligen Vielfachen, insbesondere ungeradzahligen Vielfachen, dieser Frequenz und vorgebbaren Amplitude aufweist. Durch diese harmonische Verzerrung des Eingangstroms $I_E(t)$ und somit auch der dem Eingangsreaktanznetzwerk **12** entnehmbaren Leistung $P(t)$ kann die Abweichung der Leistung $P(t)$ vom zeitlichen Mittelwert der Leistung P_0 im Betrag im zeitlichen Mittel reduziert werden gegenüber einer Leistung $P(t)$, die proportional zum Quadrat einer Sinusschwingung ist. Vortrefflicherweise kann durch diese Ausgestaltung der Erfindung bewerkstelligt werden, dass weniger Energie E während einer halben Periodendauer $T/2$ bezüglich der Periodendauer T der Grundschwingung vom kapazitiven Energiespeicher C_1 gespeichert werden muss und der kapazitive Energiespeicher C_1 mit einer wesentlich kleineren Kapazität ausgestaltet werden kann. Als kapazitiver Energiespeicher C_1 kann beispielsweise ein Keramikkondensator oder Folienkondensator mit kleinerer Kapazität C als im Stand der Technik üblich verwendet werden, welche eine Vielzahl an Vorzügen gegenüber den üblicherweise verwendeten Elektrolytkondensatoren zeigen. Vor-

teilhafterweise sind Keramik- und Folienkondensatoren für eine wesentlich größere Spannungswelligkeit ΔU ausgelegt, was die Möglichkeit bereitstellt, durch Erhöhung der Zwischenkreisspannung die Kapazität des Keramikkondensators oder Folienkondensators weiter zu verkleinern. Dies ist dadurch bedingt, dass die Energie E , die vom kapazitiven Energiespeicher C_1 gespeichert werden kann, gemäß $E = 0,5C_1 U_K^2$ zum Einen von der Kapazität des kapazitiven Energiespeichers C_1 abhängt und zum Anderen von der am kapazitiven Energiespeicher C_1 anliegenden Spannung U_K . Entsprechend kann mit einer kleineren Kapazität des kapazitiven Energiespeichers C_1 und gleichzeitiger entsprechender Erhöhung der Zwischenkreisspannung die gleiche Energie E gespeichert werden, wie mit einem kapazitiven Energiespeicher C_1 größerer Kapazität und kleinerer Zwischenkreisspannung. Ein weiterer sehr bedeutender Aspekt ist darüber hinaus, dass ein Keramikkondensator oder Folienkondensator eine wesentlich höhere Lebensdauer aufweist als ein Elektrolytkondensator, wodurch sich die Lebensdauer und die Zuverlässigkeit des gesamten Schaltwandlers **10** erhöht, da der kapazitive Energiespeicher C_1 das Lebensdauer bestimmende Element ist.

[0037] Bei der Verwendung eines Keramikkondensators oder Folienkondensators mit kleiner Kapazität C weist die vom kapazitiven Energiespeicher C_1 an das Ausgangsreaktanznetzwerk **13** bereitgestellte Kondensatorspannung U_K eine entsprechend größere Spannungswelligkeit ΔU auf. Dementsprechend ist das Ausgangsreaktanznetzwerk **13** dazu ausgebildet, eine derartige Spannungswelligkeit ΔU zu kompensieren. Dafür kann eine zweite Regelschaltung vorgesehen sein, die einen nahezu konstanten Ausgangstrom I_A am Ausgang A_1, A_2 der Schaltungsanordnung **10** bereitstellt.

[0038] beispielsweise kann das Ausgangsreaktanznetzwerk einen aktiven Schalter umfassen, insbesondere einen steuerbaren elektronischen Schalter. Die erste und zweite Regelschaltung können auch als eine einzige Regelschaltung ausgebildet sein, insbesondere kann diese derart ausgebildet sein, dass durch diese eine Regelschaltung zwei unterschiedliche und voneinander unabhängige Regelaufgaben gelöst werden können. Weiterhin wird die Möglichkeit bereitgestellt, das Ein- und Ausgangsreaktanznetzwerk **12, 13** zusammen als Cuk-Wandler auszubilden, insbesondere kann die Regelung auf einen Eingangstrom $I_E(t)$ und einen Ausgangstrom I_A des Schaltwandlers **10** durch Ansteuerung nur eines steuerbaren elektronischen Schalters mittels der Ansteuerschaltung **14** erfolgen. Eine weitere sehr vorteilhafte Möglichkeit ist es, die Regelung des Schaltwandlers **10** auf einen Eingangstrom $I_E(t)$ und einen Ausgangstrom I_A durch zwei steuerbare elektronische Schalter zu realisieren, wobei vorzugsweise das Eingangs- und Ausgangsreaktanznetzwerk **12, 13** je-

weils einen aktiven Schalter umfassen. Auch diese beiden Schalter können durch die Ansteuerschaltung **14** angesteuert werden. Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung kann dabei die Ansteuerung des zweiten Schalters in Abhängigkeit von der am kapazitiven Energiespeicher C1 abgreifbaren Spannung U_K erfolgen, und zwar nicht nur in Abhängigkeit des zeitlichen Mittelwerts dieser Spannung U_K , wie im Stand der Technik üblich, sondern auch unter Berücksichtigung des zeitlichen Verlaufs der Spannung U_K , d. h. in Abhängigkeit eines Momentanwerts der am kapazitiven Energiespeicher C1 abgreifbaren Spannung U_K . Durch diese besonders vorteilhafte Ausgestaltung ist es möglich, einen Ausgangstrom I_A bereitzustellen, der eine Stromwelligkeit ΔI aufweist, die kleiner ist als 10% des Maximalwerts des Ausgangstroms I_A .

[0039] Darüber hinaus kann als weitere Ausgestaltungsvariante vorgesehen sein, den Boost-Converter als Leistungsfaktorkorrekturschaltung auszubilden, insbesondere so, dass eine Verzerrungsnorm bezüglich der Netzstromentnahme eingehalten wird. Außerdem ist es besonders erwähnenswert, dass die Effizienz eines derartigen Schaltwandlers **10** bei mindestens 80%–86% liegt, insbesondere auch darüber, was einer im Stand der Technik üblichen Effizienz entspricht. Dies ist insofern bemerkenswert, als trotz der größeren Spannungswelligkeit ΔU keine signifikanten Verluste durch Mehrbelastung der Schaltungskomponenten, insbesondere von Halbleiterelementen, auftreten. Dies ist unter anderem auf einen weiteren Vorteil der Verwendung eines Keramikkondensators oder eines Folienkondensators zurückzuführen, da an einem Keramikkondensator oder Folienkondensator weniger Verluste aufgrund der kleineren Kapazität und des kleineren Widerstands zu verzeichnen sind, wobei die Möglichkeit der Verwendung einer kleineren Kapazität erst durch die beschriebenen erfindungsgemäßen Maßnahmen bereitgestellt wird.

[0040] Zur Veranschaulichung, wie sich die Verwendung eines Keramikkondensators mit einer kleinen Kapazität als Zwischenkreiskondensator auswirkt, ist in **Fig. 2** ein Messdiagramm des zeitlichen Verlaufs der vom kapazitiven Energiespeicher C1 bereitgestellten Kondensatorspannung U_K und des vom Ausgangsreaktanznetzwerk **13** bereitgestellten Ausgangstroms I_A eines Schaltwandlers **10** gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt. Weiterhin ist in **Fig. 2** die am Eingang des Eingangsreaktanznetzwerks **12**, das als Boost-Converter, insbesondere als Leistungsfaktorkorrekturschaltung, ausgebildet ist, anliegende gleichgerichtete Wechselspannung U_G in ihrem zeitlichen Verlauf dargestellt. In diesem Beispiel hat die am Eingang E1, E2 des Schaltwandlers **10** anliegende Eingangsspannung U_E eine Frequenz von 50 Hz. Wie zu sehen ist, weist die Kondensatorspannung U_K

des kapazitiver Energiespeichers C1 eine sehr große Spannungswelligkeit ΔU von ca. 300 V auf, was mehr als 90% des Maximalwerts der am Eingang E1, E2 anliegenden Eingangsspannung U_E ist. Dies wird erst durch die Verwendung eines Keramikkondensators oder Folienkondensators als Zwischenkreiskondensator ermöglicht, da die üblicherweise verwendeten Elektrolytkondensatoren für eine derartig große Spannungswelligkeit nicht ausgelegt sind. Des Weiteren ist der Ausgangstrom I_A des Schaltwandlers **10** in seinem zeitlichen Verlauf dargestellt. Wie zu sehen ist, kann das Ausgangsreaktanznetzwerk **13**, insbesondere die zweite Regelschaltung, die große Spannungswelligkeit ΔU relativ gut kompensieren, so dass der Ausgangstrom I_A nur eine kleine Stromwelligkeit ΔI von ca. 40 mA aufweist, was in etwa 10% des Maximalwerts des Ausgangstroms I_A entspricht. Dies wird erst dadurch ermöglicht, dass die Regelschaltung dazu ausgebildet ist, den Ausgangstrom I_A unter Berücksichtigung des zeitlichen Momentanwerts der am Kondensator abgreifbaren Kondensatorspannung U_K zu regeln, wodurch es ermöglicht wird, einen relativ konstanten Ausgangstrom I_A , z. B. zum Betreiben von LEDs, bereitzustellen.

[0041] **Fig. 3** zeigt eine graphische Darstellung einer von einem Eingangsreaktanznetzwerk **12** abgegebenen Leistung $P(t)$ ohne harmonische Verzerrung. Der zeitliche Verlauf der Leistung $P(t)$ entspricht dabei $P(t) = 2P_0 \sin^2(\omega t)$, was durch Ausbildung des Eingangsreaktanznetzwerks als Leistungskorrekturschaltung, wie im Stand der Technik üblich, bewerkstelligt werden kann. Die in das Ausgangsreaktanznetzwerk **13** einzukoppelnde mittlere Leistung ist dabei P_0 . Um eine zeitlich möglichst konstante Leistung in das Ausgangsreaktanznetzwerk **13** einkoppeln zu können, muss vom kapazitiven Energiespeicher C1 über eine halbe Schwingungsperiode $T/2$ hinweg eine Energie E gespeichert werden, die den schraffierten Flächen in **Fig. 3** entspricht.

[0042] Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung ist nun vorgesehen, die Kapazität des kapazitiven Energiespeichers C1 verkleinern zu können, indem die erste Regelschaltung dazu ausgebildet ist, den Eingangsstrom $I_E(t)$ und somit die vom Eingangsreaktanznetzwerk **12** abgegebene Leistung $P(t)$ harmonisch zu verzerrn. Derartig verzerrte Eingangstrome $I_E(t)$ und Leistungen $P(t)$ sind in den **Fig. 4a** bis **Fig. 5b** dargestellt.

[0043] **Fig. 4a** zeigt eine graphische Darstellung eines harmonisch verzerrten Eingangsstroms $I_E(t)$. Die zugehörige harmonisch verzerrte Leistung $P(t)$ ist in **Fig. 4b** dargestellt. In diesem Beispiel beträgt die mittlere in das Ausgangsreaktanznetzwerk **13** einzukoppelnde Leistung P_0 25 W bei einer sinusförmigen Wechselspannung mit einem Effektivwert von 230 V als Eingangsspannung U_E . Die vom kapazitiven Energiespeicher C1 zu speichernde Energie E

ist wiederum durch die schraffierten Flächen dargestellt. Durch die harmonische Verzerrung sind diese Flächen, also die vom kapazitiven Energiespeicher C1 zu speichernde Energie E, viel kleiner als bei der in **Fig. 3** dargestellten nicht verzerrten Leistung P(t). In diesem Beispiel wurde der Eingangsstrom $I_E(t)$ durch entsprechende Ausbildung der ersten Regelschaltung so verzerrt, dass die Bestimmungen der Klasse C der Netzstrom-Verzerrungsnorm bezüglich der Amplitudenanteile der höheren Harmonischen noch erfüllt sind. Insbesondere wurden dabei die vorgebbaren Amplituden der Oberschwingungen so gewählt, dass sie den maximal zulässigen Amplituden dieser Netzstrom-Verzerrungsnorm entsprechen und weiterhin wurden dabei nur die Amplituden bis zur 11. Oberschwingung vorgegeben. Des Weiteren weisen die Oberschwingungen in diesem Beispiel keine Phasenverschiebung gegenüber der Grundschwingung des Eingangsstroms $I_E(t)$ auf. Der erfundungsgemäße Schaltwandler **10** stellt jedoch besonders vorteilhafterweise noch zusätzlich die Möglichkeit bereit, den Eingangsstrom $I_E(t)$ des Schaltwandlers **10** derart zu regeln, dass die Oberschwingungen eine Phasenverschiebung zueinander und auch gegenüber der Grundschwingung aufweisen. So können auf besonders geschickte Weise diese ebenfalls vorgebbaren Phasenverschiebungen dazu genutzt werden, den Eingangsstrom $I_E(t)$ und somit auch die von Eingangsreaktanznetzwerk **12** abgegebene Leistung P(t) derart zu modifizieren, dass der kapazitive Energiespeicher C1 noch weiter in seiner Größe reduziert werden kann.

[0044] **Fig. 5a** zeigt eine graphische Darstellung einer weiteren harmonisch verzerrten Stromstärke $I_E(t)$ und **Fig. 5b** eine graphische Darstellung der vom Eingangsreaktanznetzwerk **12** entsprechend des Eingangsstroms $I_E(t)$ aus **Fig. 5a** harmonisch verzerrten, abgegebenen Leistung P(t). In diesem Beispiel beträgt die mittlere in das Ausgangsreaktanznetzwerk **13** einzukoppelnde Leistung P_0 wiederum 25 W bei einer sinusförmigen Wechselspannung mit einem Effektivwert von 230 V als Eingangsspannung U_E . In diesem Fall wurde der Eingangsstrom $I_E(t)$ durch entsprechend vorgegebene Amplituden mittels der ersten Regelschaltung so verzerrt, dass die Bestimmungen der Klasse D der Netzstrom-Verzerrungsnorm bezüglich der Amplitudenanteile der höheren Harmonischen noch erfüllt sind. Auch hier entsprechen die schraffierten Flächen wiederum der vom kapazitiven Energiespeicher C1 zu speichernden Energie E. Wie zu sehen ist, kann durch eine stärkere harmonische Verzerrung die zu speichernde Energie E noch weiter verkleinert werden. Insbesondere kann durch eine harmonische Verzerrung eine Verkleinerung der benötigten Kapazität des kapazitiven Energiespeichers C1 um ca. 41% bei einer Verzerrung gemäß **Fig. 4a** und **Fig. 4b**, und um ca. 60% bei einer Verzerrung gemäß **Fig. 5a** und **Fig. 5b** gegenüber eines unverzerrten Signals erreicht werden.

[0045] Insgesamt wird so ein Schaltwandler zum Betreiben mindestens einer LED bereitgestellt, der es ermöglicht die Kapazität des kapazitiven Energiespeicher zu verkleinern, indem eine erste Regelschaltung dazu ausgebildet ist einen Eingangsstrom harmonisch zu verzerrn, so dass sich die vom kapazitiven Energiespeicher zu speichernde Energie verringert. Durch die so gegebene besonders vorteilhafte Möglichkeit der Verwendung von Keramikkondensatoren oder Folienkondensatoren, die für eine größere Spannungswelligkeit ausgelegt sind, kann die Kapazität des kapazitiven Energiespeichers bei gleichzeitiger Erhöhung der Zwischenkreisspannung noch zusätzlich verkleinert werden. Darüber hinaus ist ein wesentlicher Vorzug von Keramikkondensatoren und Folienkondensatoren, dass sie eine viel höhere Lebensdauer aufweisen und wesentlich temperaturfester als Elektrolytkondensatoren sind, wodurch zusätzlich noch eine Erhöhung der maximalen Betriebstemperatur des Schaltwandlers erreicht werden kann.

Patentansprüche

1. Schaltwandler (**10**) zum Betreiben mindestens einer LED, aufweisend:
 - einen Eingang (E1, E2) mit einem ersten und einem zweiten Eingangsanschluss zum Koppeln mit einer Wechselspannungsquelle;
 - einen Ausgang (A1, A2) mit einem ersten und einem zweiten Ausgangsanschluss zum Koppeln mit der mindestens einen LED, wobei am Ausgang (A1, A2) eine Ausgangsgröße bereitstellbar ist;
 - einen Gleichrichter (**11**) mit einem Eingang, der mit dem Eingang (E1, E2) des Schaltwandlers (**10**) gekoppelt ist, und einem Ausgang;
 - ein Eingangsreaktanznetzwerk (**12**) mit einem Eingang, der mit dem Ausgang des Gleichrichters (**11**) gekoppelt ist, und einem Ausgang, wobei das Eingangsreaktanznetzwerk (**12**) mindestens einen ersten steuerbaren elektronischen Schalter umfasst;
 - einen kapazitiven Energiespeicher (C1), der mit dem Ausgang des Eingangsreaktanznetzwerks (**12**) gekoppelt ist;
 - mindestens eine erste elektronische Regelschaltung, mittels welcher der Schaltwandler (**10**) durch entsprechende Ansteuerung des elektronischen Schalters an seinem Eingang (E1, E2) auf einen Sollwert des Eingangsstroms ($I_E(t)$) regelbar ist; **dadurch gekennzeichnet**, dass die mindestens eine erste Regelschaltung derart ausgebildet ist, dass der Schaltwandler (**10**) an seinem Eingang (E1, E2) auf einen Sollwert des Eingangsstroms ($I_E(t)$) regelbar ist, wobei der Sollwert in seinem zeitlichen Verlauf Spektralanteile aufweist bei einer Grundfrequenz einer Grundschwingung mit einer Grundamplitude und bei einer Frequenz mindestens einer Oberschwingung mit einer vorgebbaren Amplitude, wobei die mindestens eine Frequenz ein ganzzahliges Vielfaches der Grundfrequenz ist.

2. Schaltwandler (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass mittels der Regelschaltung der Schaltwandler (10) auf einen zeitlich varierenden Sollwert des Eingangsstroms ($I_E(t)$) regelbar ist, der Spektralanteile aufweist bei Frequenzen von mehreren Oberschwingungen mit jeweils einer vorgebbaren Amplitude, wobei die Frequenzen ungeradzahlige Vielfache der Grundfrequenz sind.

3. Schaltwandler (10) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Amplituden der Oberschwingungen mit Frequenzen bis zum 49-fachen der Grundfrequenz vorgebbar sind.

4. Schaltwandler (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Eingangsspannung (U_E) eine sinusförmige Wechselspannung mit einer Frequenz ist, wobei die erste Regelschaltung dazu ausgebildet ist, den Schaltwandler (10) an seinem Eingang (E1, E2) auf einen Sollwert des Eingangsstroms ($I_E(t)$) zu regeln, wobei der Sollwert in seinem zeitlichen Verlauf eine Grundschiung mit derselben Frequenz wie die der Eingangsspannung U_E aufweist.

5. Schaltwandler (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Regelschaltung dazu ausgebildet ist, den Schaltwandler (10) an seinem Eingang (E1, E2) auf einen Sollwert des Eingangsstroms ($I_E(t)$) zu regeln, wobei der Sollwert in seinem zeitlichen Verlauf eine Grundschiung aufweist, die keine Phasenverschiebung gegenüber der Eingangsspannung U_E aufweist.

6. Schaltwandler (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die vorgebbare Amplitude der mindestens einen Oberschwingung kleiner oder gleich der durch eine Verzerrungsnorm für die Netzstromentnahme vorgegebenen Amplitude ist.

7. Schaltwandler (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Schaltwandler (10) ein Ausgangsreaktanzenetzwerk (13) mit einem Eingang, der mit dem kapazitiven Energiespeicher (C1) gekoppelt ist, aufweist, und einem Ausgang (A1, A2) zum Koppeln mit der mindestens einen LED, wobei das Ausgangsreaktanzenetzwerk (13) mindestens einen zweiten steuerbaren elektronischen Schalter umfasst.

8. Schaltwandler (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Schaltwandler (10) mindestens eine zweite Regelschaltung umfasst, mittels welcher der Schaltwandler (10) auf eine Ausgangsgröße regelbar ist.

9. Schaltwandler (10) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ausgangsgröße ein Ausgangstrom (I_A) ist.

10. Schaltwandler (10) nach einem der Ansprüche 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die mindestens eine zweite Regelschaltung dazu ausgebildet ist, den Schaltwandler (10) auf eine Ausgangsgröße zu regeln in Abhängigkeit eines Momentanwerts einer über dem kapazitiven Energiespeicher (C1) abgreifbaren Spannung (U_K).

11. Schaltwandler (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Eingangsreaktanzenetzwerk (12) als Aufwärtswandler ausgebildet ist.

12. Schaltwandler (10) nach einem der Ansprüche 7 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Ausgangsreaktanzenetzwerk (13) als Abwärtswandler ausgebildet ist.

13. Schaltwandler (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der kapazitive Energiespeicher (C1) ein Keramikkondensator oder Folienkondensator ist.

14. Schaltwandler (10) nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kapazität des Keramikkondensators oder Folienkondensators derart bemessen ist, dass eine am Keramikkondensator oder Folienkondensator abgreifbare Spannung (U_K) eine Spannungswelligkeit (ΔU) aufweist, der größer ist als 30% des Maximalwerts der am Eingang (E1, E2) des Schaltwandlers (10) anliegenden Eingangsspannung (U_E).

15. Schaltwandler (10) nach einem der Ansprüche 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kapazität des Keramikkondensators oder Folienkondensators derart bemessen ist, dass der Momentanwert der am Keramikkondensator abgreifbaren Spannung (U_K) größer ist als der Momentanwert der am Eingang (E1, E2) des Schaltwandlers (10) anliegenden Spannung (U_E).

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

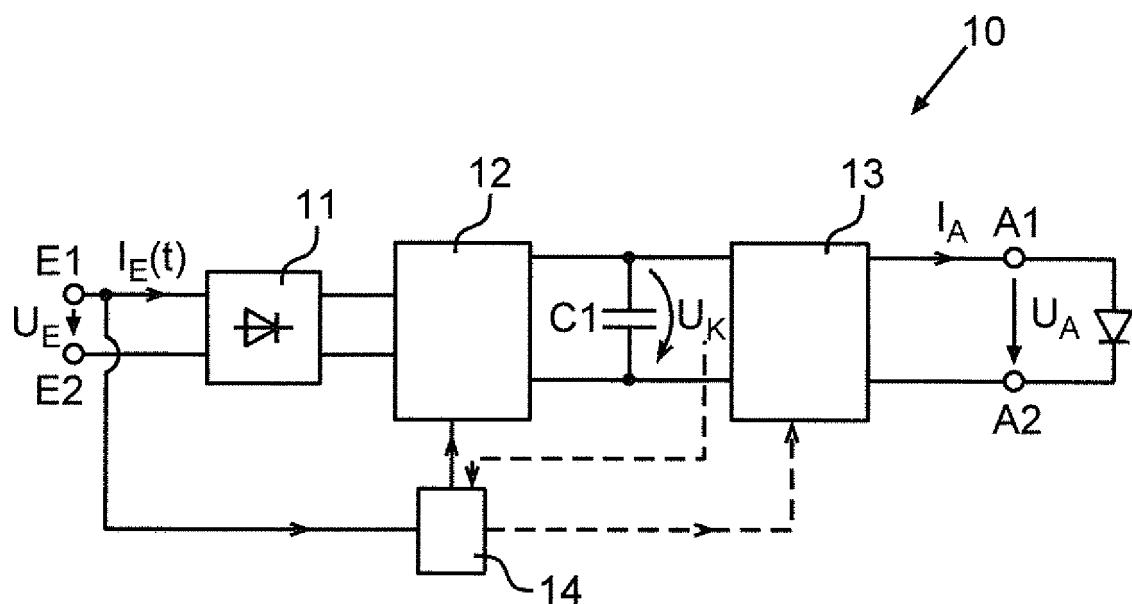


Fig.1

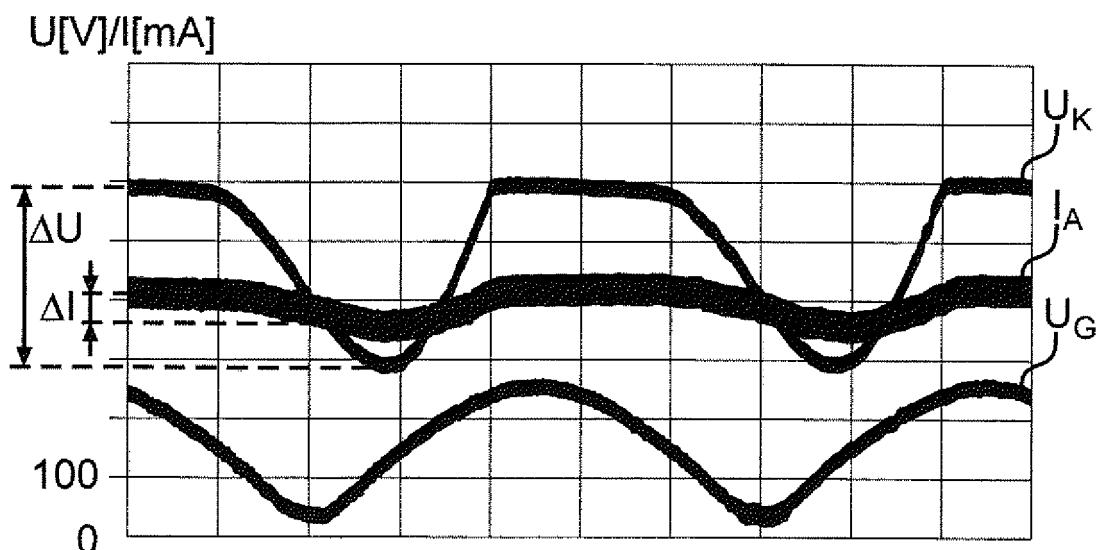


Fig.2

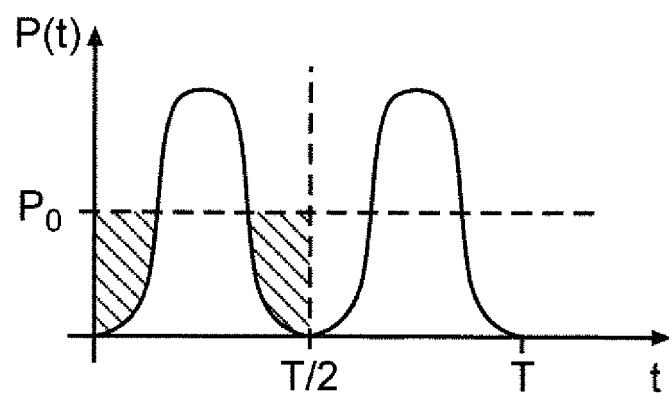


Fig.3

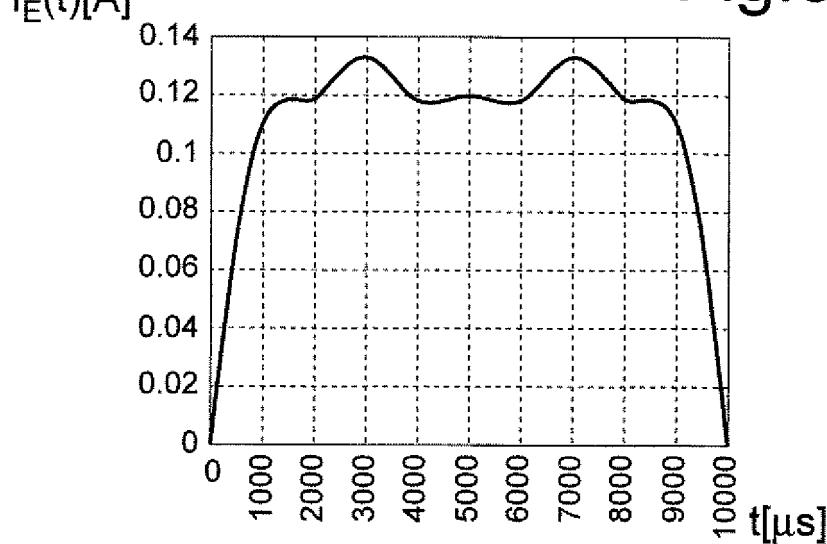


Fig.4a

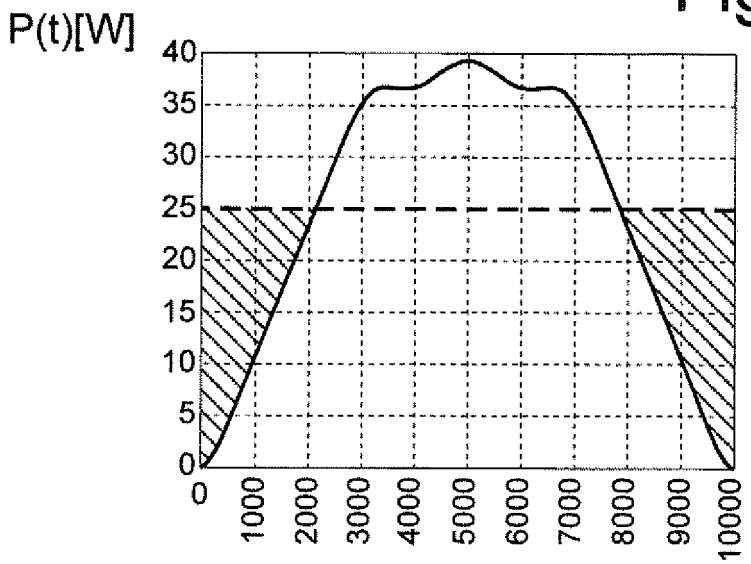


Fig.4b

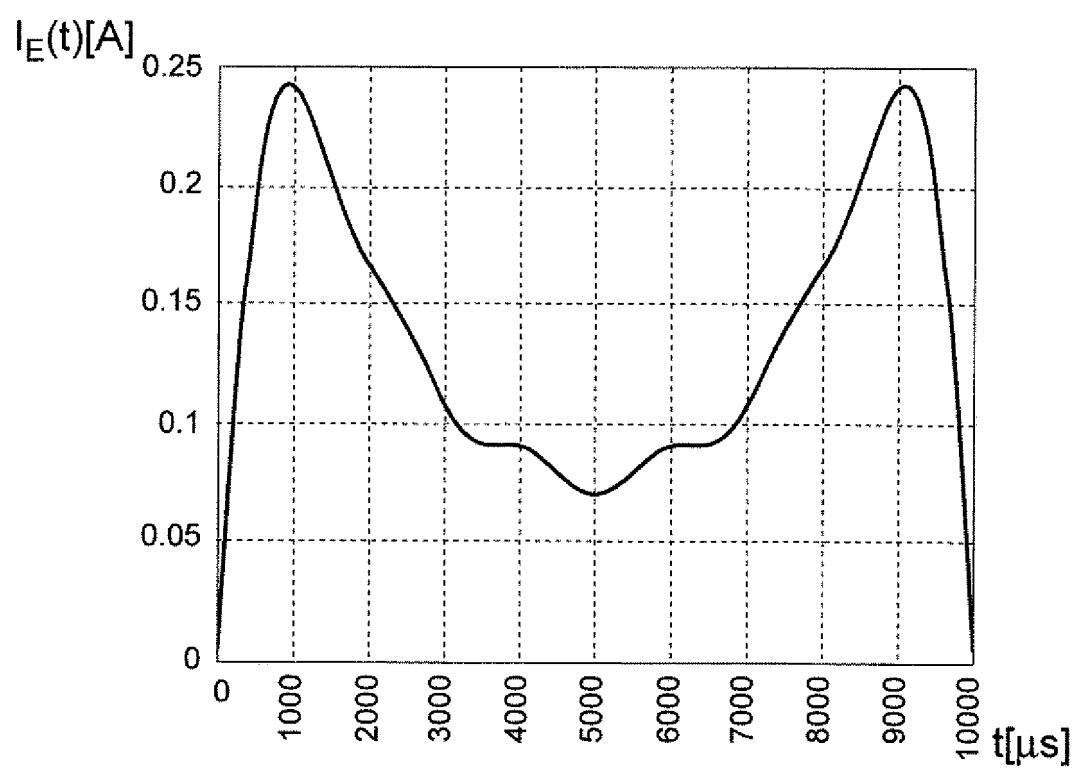


Fig.5a

$P(t)[W]$

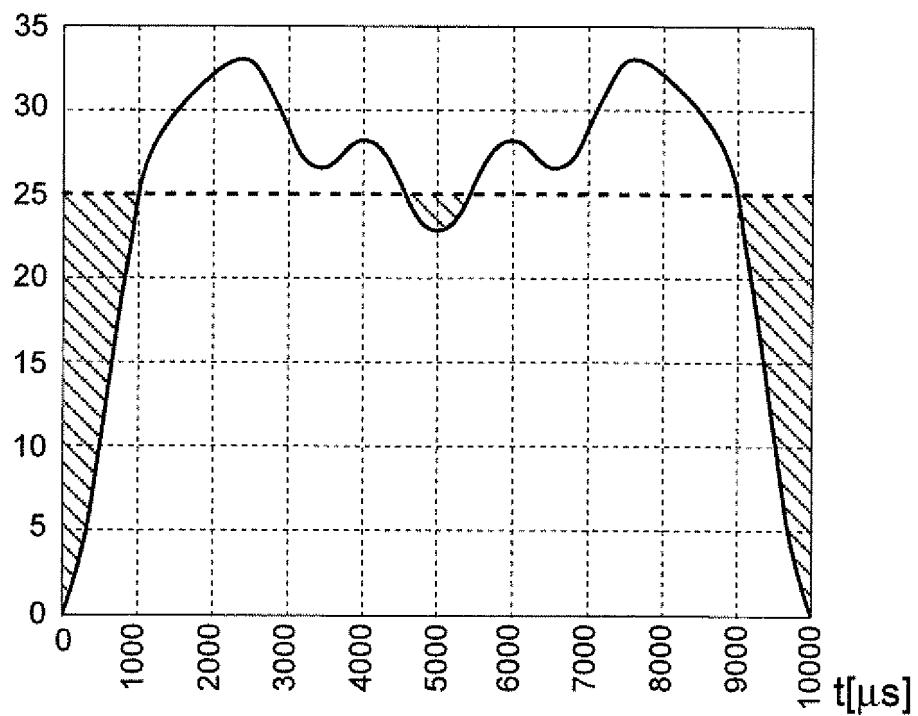


Fig.5b