



(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2012 005 854.3**
(22) Anmeldetag: **22.03.2012**
(43) Offenlegungstag: **26.09.2013**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **11.01.2024**

(51) Int Cl.: **H02M 1/42 (2007.01)**
H02M 7/12 (2006.01)

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:
Diehl Aerospace GmbH, 88662 Überlingen, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:
siehe Folgeseiten

(72) Erfinder:
Tran, Trong, Dipl.-Ing., 91058 Erlangen, DE

(54) Bezeichnung: **Elektrische Versorgungsvorrichtung**

(57) Hauptanspruch: Elektrische Versorgungsvorrichtung (1)

mit einem Eingang (2) zum Anschluss der elektrischen Versorgungsvorrichtung an eine Netzversorgung, die eine Wechselspannung als Eingangsspannung (U_{in}) zur Verfügung stellt,

mit einem Ausgang (3) zum Anschluss der elektrischen Versorgungsvorrichtung (1) an einen Verbraucher (V), wobei der Ausgang eine Gleichspannung (U_{out}) als Ausgangsspannung zur Verfügung stellt,

mit einem Gleichrichter (5), welcher die Eingangsspannung (U_{in}) in eine gleichgerichtete Eingangsspannung (U_{pfc}) gleichrichtet,

mit einem PFC-Modul (6), welches eine Glättungseinrichtung (8) zur Glättung der gleichgerichteten Eingangsspannung (U_{pfc}) und eine aktive Leistungsfaktorkorrekturereinrichtung (7) umfasst, wobei die Leistungsfaktorkorrekturereinrichtung (7) ausgebildet ist, in Abhängigkeit von einem zeitabhängigen Stromformsignal (9) einen zeitabhängigen Versorgungsstrom für die Glättungseinrichtung (8) derart zu formen, dass ein zeitabhängiger Eingangstrom (I_{pfc}) in das PFC-Modul (6) an das Stromformsignal (9) angeglichen ist,

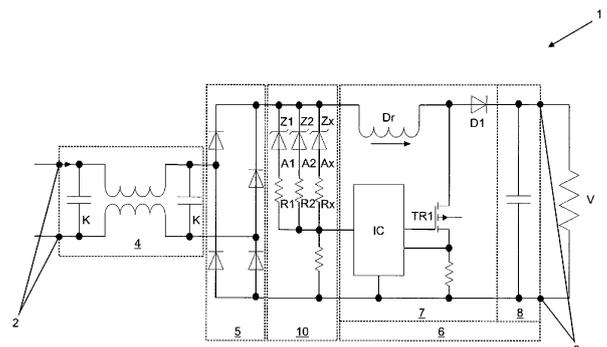
mit einem Steuermodul (10), welches das Stromformsignal (9) für das PFC-Modul (6), insbesondere für die Leistungskorrekturereinrichtung (7), erzeugt,

wobei das Steuermodul (10) als eine analoge Schaltung ausgebildet ist, welche als Eingangssignal die gleichgerichtete Eingangsspannung (U_{pfc}) und als Ausgangssignal das Stromformsignal (9) aufweist, wobei die gleichgerichtete Eingangsspannung (U_{pfc}) eine Wellenform mit einer ansteigenden und einer absteigenden Eingangsspannungsflanke (12, 14) sowie mit einem Eingangsspannungsmaximum (13) aufweist und das Stromformsignal (9) eine Wellenform mit einer aufsteigenden und einer absteigenden Stromformflanke (16, 18)

sowie mit einem Stromformmaximum (17) aufweist, wobei die aufsteigende und/oder die absteigende Stromformflanke (16, 18) in Bezug auf die aufsteigende bzw. die absteigende Eingangsspannungsflanke (12, 14) zumindest in Teilbereichen stärker als das Stromformmaximum (17) in Bezug auf das Eingangsspannungsmaximum (13) zurückgesetzt ist,

wobei das Steuermodul (10) eine Mehrzahl von parallel geschalteten Ästen (A1, A2 ... Ax) aufweist, welche in Abhängigkeit der gleichgerichteten Eingangsspannung (U_{in}) bei einer ansteigenden Eingangsspannungsflanke (12) nacheinander aktiviert und/oder bei einer absteigenden Eingangsspannungsflanke (14) nacheinander deaktiviert werden,

wobei die Äste (A1, A2...Ax) jeweils eine Zenerdiode oder Z-Diode (Z1, Z2 ... Zx) und ergänzend einen Widerstand aufweisen, welche schaltungstechnisch ausgebildet und verschaltet sind, dass diese in Abhängigkeit der gleichgerichteten Eingangsspannung (U_{in}) bei einer ansteigenden Eingangsspannungsflanke (12) nacheinander niederohmig und/oder bei einer absteigenden Eingangsspannungsflanke ...



(56) Ermittelte Stand der Technik:

US	6 178 101	B1
EP	0 991 169	A2

Y. WANG;[et.al]:An improved control strategy based on multiplier for CRM flyback PFC to reduce line current peak distortion.In: 2010 IEEE Energy Conversion Congress and ExpositionYear: 2010 | Conference Paper | Publisher: IEEE

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine elektrische Versorgungsvorrichtung mit einem Eingang zum Anschluss der elektrischen Versorgungsvorrichtung an eine Netzversorgung, die eine Wechselspannung als Eingangsspannung zur Verfügung stellt, mit einem Ausgang zum Anschluss der elektrischen Versorgungsvorrichtung an einen Verbraucher, wobei der Ausgang eine Gleichspannung als Ausgangsspannung zur Verfügung stellt, mit einem Gleichrichter, welcher die Eingangsspannung in eine gleichgerichtete Eingangsspannung gleichrichtet, mit einem PFC-Modul, welches eine Glättungseinrichtung zur Glättung der gleichgerichteten Eingangsspannung und eine aktive Leistungsfaktorkorrektur einrichtung umfasst, wobei die Leistungsfaktorkorrektur einrichtung ausgebildet ist, in Abhängigkeit von einem zeitabhängigen Stromformsignal einen zeitabhängigen Versorgungsstrom für die Glättungseinrichtung derart zu formen, dass ein zeitabhängiger Eingangsstrom in das PFC-Modul an das Stromformsignal angeglichen ist, und mit einem Steuerungsmodul, welches das Stromformsignal für das PFC-Modul, insbesondere für die Leistungskorrektur einrichtung, erzeugt.

[0002] Zur Versorgung von elektrischen Verbrauchern aus einem Versorgungsnetz werden üblicherweise Netzteile verwendet, welche bei vielen Ausführungsformen aus einer Wechselspannung als Netzspannung aus dem Versorgungsnetz eine Gleichspannung für den Verbraucher erzeugen.

[0003] Allerdings treten bei sinusförmigen Netzspannungen des Versorgungsnetzes oftmals phasenverschobene und nicht sinusförmige Netzströme auf, die in dem Versorgungsnetz Störungen verursachen können. In dieser Situation ist im Versorgungsnetz der Augenblickswert des Netzstroms nicht proportional zum Augenblickswert der Netzspannung. Während die üblicherweise sinusförmige Netzspannung als eingeprägte Größe sinusförmig bleibt, kann der Netzstrom des Versorgungsnetzes in der Form verändert sein. Dies führt dazu, dass der sogenannte Leistungsfaktor, welcher das Verhältnis von Betrag der Wirkleistung P zu dem Betrag einer Scheinleistung S bezeichnet, von seinem Idealwert 1 abweicht.

[0004] Zur Verbesserung des Leistungsfaktors werden üblicherweise Leistungsfaktorkorrekturmodule (englisch Power Factor Correction oder Power Factor Compensation, abgekürzt PFC) eingesetzt. Diese Leistungsfaktorkorrekturmodule haben die Aufgabe, eine nichtproportionale Stromaufnahme von Verbrauchern zu kompensieren und im Fall einer aktiven Leistungsfaktorkorrektur zugleich eine Kompensation der Blindleistung zu erreichen, indem der Netzstrom in der Phasenlage und in der Form an die Netzspannung angeglichen wird. Derartige

Leistungsfaktorkorrekturmodule werden auch als Leistungsfaktorkorrekturfilter oder als Oberschwingungsfilter bezeichnet.

[0005] Die Druckschrift DE 10 2006 044 879 A1 beschreibt eine Stromversorgungsvorrichtung mit einer Regeleinheit, die dazu vorgesehen ist, einen Stromverlauf an einen Spannungsverlauf anzugleichen. Die Angleichung wird durch wenigstens eine Aktiveinheit mit mindestens einer zuschaltbaren Einheit erreicht.

[0006] Die Druckschrift US 6,178,101 B1 offenbart eine Spannungsversorgung mit einer Leistungsfaktorkorrektur, wobei zum einen die Eingangsspannung, der Eingangsstrom und die Ausgangsspannung aufgenommen wird und auf Basis der Eingangsgrößen einen Schalttransistor anzusteuern, um die Phase und die Amplitude des Eingangsstroms zu kontrollieren.

[0007] Die Druckschrift EP 0 991 169 A2, die den nächstkommenden Stand der Technik bildet, offenbart eine Schaltung zur Signalformung für eine Spannungsversorgung. Die Schaltung dient dazu, ein zurückgekoppeltes Eingangsspannungssignal derart zu modifizieren, dass größere Amplituden vermieden werden und das rückgekoppelte Eingangsspannungssignal abgeflacht wird.

[0008] Aus "Yuanyuan Wang et al. „An Improved Control Strategy Based on Multiplier for CRM Flyback PFC to Reduce Line Current Peak Distortion“, 2010 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition, Conference Paper, 2010, IEEE" ist die Beziehung zwischen Versorgungsstrom-Spitzenverzerrung und hoher Eingangsspannung oder kleiner Last sowie eine Steuerungsstrategie für CRM flyback Leistungsfaktorkorrektoren bekannt.

[0009] Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine elektrische Versorgungsvorrichtung zu schaffen, welche die Belastung des Versorgungsnetzes gering hält und zugleich einfach zu realisieren ist. Diese Aufgabe wird durch eine elektrische Versorgungsvorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Bevorzugte oder vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, der nachfolgenden Beschreibung sowie den beigefügten Figuren.

[0010] Die Erfindung betrifft somit eine elektrische Versorgungsvorrichtung, welche insbesondere als ein Netzteil ausgebildet ist. Das Netzteil kann zum Beispiel zum Betrieb in einem Flugzeug zur Versorgung von Beleuchtungseinrichtungen, wie zum Beispiel Kabinenbeleuchtungen, ausgebildet sein. In dieser beispielhaften Ausgestaltung weist die elektrische Versorgungsvorrichtung eine Ausgangsleistung von > 5 Watt, vorzugsweise > 10 Watt und insbeson-

dere > 15 Watt und/oder < 500 Watt, vorzugsweise < 300 Watt und insbesondere < 200 Watt auf. Eine andere vorteilhafte Anwendung der Erfindung ist die Ausbildung als ein Netzteil für einen Laptop.

[0011] Die elektrische Versorgungsvorrichtung weist einen Eingang zum Anschluss der elektrischen Versorgungsvorrichtung an eine Netzversorgung auf. Bei einem Netzteil zur Anwendung in einem Flugzeug kann die Netzversorgung beispielsweise eine Effektivspannung von 115 Volt und eine Netzfrequenz von 400 Hertz bis 800 Hertz aufweisen. Bei einem Anschluss an eine konventionelle Netzversorgung weist der Eingang eine Effektivspannung von 230 Volt und eine Netzfrequenz von 50 Hertz auf. Im Allgemeinen stellt die Netzversorgung eine Wechselspannung als Eingangsspannung U_{in} zur Verfügung.

[0012] Die elektrische Versorgungsvorrichtung umfasst einen Ausgang zum Anschluss der elektrischen Versorgungsvorrichtung an einen Verbraucher, wobei der Ausgang eine Gleichspannung als Ausgangsspannung U_{out} zur Verfügung stellt. In dem Beispiel als Netzteil für ein Flugzeug kann der Verbraucher als eine oder mehrere Beleuchtungseinrichtungen, insbesondere LED-Einrichtungen, ausgebildet sein. Die Ausgangsspannung U_{out} kann beispielsweise zwischen 200 Volt und 250 Volt liegen. Bei dem Beispiel eines Netzteils für einen Laptop kann die Ausgangsspannung U_{out} beispielsweise zwischen 10 und 20 Volt liegen.

[0013] Die elektrische Versorgungsvorrichtung weist einen Gleichrichter auf, welche die Eingangsspannung U_{in} in eine gleichgerichtete Eingangsspannung U_{pfc} gleichrichtet. Derartige Gleichrichter sind hinreichend bekannt, insbesondere kann es sich bei dem Gleichrichter um einen Brückengleichrichter handeln.

[0014] Die elektrische Versorgungsvorrichtung umfasst ein PFC-Modul, welches eine Glättungseinrichtung zur Glättung der gleichgerichteten Eingangsspannung und eine aktive Leistungsfaktorkorrekturereinrichtung umfasst. Die aktive Leistungsfaktorkorrekturereinrichtung kann auch als aktiver Oberwellenfilter bezeichnet werden. Die Glättungseinrichtung kann beispielsweise als ein Speicherkondensator ausgebildet sein, an dem die Ausgangsspannung U_{out} abgegriffen werden kann. Die Leistungsfaktorkorrekturereinrichtung ist ausgebildet, in Abhängigkeit von einem zeitabhängigen Stromformsignal einen zeitabhängigen Versorgungsstrom für die Glättungseinrichtung derart zu formen, dass ein zeitabhängiger Eingangsstrom I_{pfc} in das PFC-Modul an das Stromformsignal angeglichen ist. Oftmals wird der Versorgungsstrom für die Glättungseinrichtung einen gezackten, gestuften oder anders deformierten Verlauf aufweisen. Dagegen weist der

zeitabhängige Eingangsstrom I_{pfc} einen Kurvenverlauf auf, der an den Kurvenverlauf des Stromformsignals angeglichen ist. Durch die Leistungsfaktorkorrekturereinrichtung wird somit im Ergebnis der zeitabhängige Eingangsstrom I_{pfc} an die zeitabhängige Eingangsspannung U_{in} bzw. die gleichgerichtete Eingangsspannung U_{pfc} angeglichen.

[0015] Die elektrische Versorgungsvorrichtung umfasst ferner ein Steuerungsmodul, welches das Stromformsignal für das PFC-Modul, insbesondere für die Leistungsfaktorkorrekturereinrichtung, erzeugt.

[0016] Im Rahmen der Erfindung wird vorgeschlagen, dass das Steuerungsmodul als eine analoge Schaltung ausgebildet ist, welche als Eingangssignal die gleichgerichtete Eingangsspannung U_{pfc} und als Ausgangssignal das Stromformsignal aufweist. Die gleichgerichtete Eingangsspannung U_{pfc} weist eine Wellenform, insbesondere einer Halbwelle, mit einer ansteigenden und einer absteigenden Eingangsspannungsflanke sowie mit einem Eingangsspannungsmaximum zwischen den Flanken auf. Insbesondere ist die Wellenform als eine Halbwelle einer Sinusschwingung ausgebildet. Das Stromformsignal weist eine Wellenform mit einer aufsteigenden und einer absteigenden Stromformflanke sowie mit einem Stromformmaximum zwischen den Flanken auf.

[0017] Das Steuerungsmodul, insbesondere die analoge Schaltung, ist so ausgebildet, dass die Wellenform geändert wird, wobei die aufsteigende Stromformflanke in Bezug auf die aufsteigende Eingangsspannungsflanke zumindest in Teilbereichen stärker als das Stromformmaximum in Bezug auf das Eingangsspannungsmaximum zurückgesetzt ist. Alternativ oder ergänzend wird die Wellenform so geändert, dass die absteigende Stromformflanke in Bezug auf die absteigende Eingangsspannungsflanke zumindest in Teilbereichen stärker als das Stromformmaximum in Bezug auf das Eingangsspannungsmaximum zurückgesetzt ist.

[0018] In einer anderen Darstellung ist - soweit die beiden Wellenformen so gestreckt werden, dass deren Maxima die gleiche Amplitude aufweisen - mindestens eine der Stromformflanken gegenüber der dazu korrespondierenden Eingangsspannungsflanke zumindest in Teilbereichen in der Amplitude verringert.

[0019] Es ist dabei eine Überlegung der Erfindung, dass oftmals HF-Filter - auch Netzfilter genannt - eingesetzt werden, um Störungen in der Netzversorgung zu dämpfen, die aufgrund der Leistungsfaktorkorrekturereinrichtung entstehen. Die Störungen sind dadurch begründet, dass die Leistungsfaktorkorrekturereinrichtung in einem Schaltbetrieb arbeiten und mehrmals pro Halbwelle schalten, um den zeitab-

hängigen Eingangsstrom an das Stromformsignal anzugleichen. Die HF-Filter sind vorzugsweise als Tiefpässe und/oder als eine Kombination aus Kondensatoren und Induktivitäten ausgebildet.

[0020] Aufgrund der HF-Filter kommt es jedoch zu weiteren Störungen, insbesondere zu einer harmonischen Verzerrung (THD) in der Netzversorgung, die im speziellen zu einer Verringerung des Leistungsfaktors führen. Um diesem negativen Effekt entgegenzuwirken, wird die Wellenform des Stromformsignals nicht identisch zu der Wellenform der gleichgerichteten Eingangsspannung wiedergegeben, sondern verzerrt dargestellt. Insbesondere ist die Steigung bei der aufsteigenden Stromformflanke zu Beginn der aufsteigenden Stromformflanke kleiner als die Steigung der aufsteigenden Eingangsspannungsflanke. Am Scheitelwert nähert sich das Stromformsignal an die gleichgerichtete Eingangsspannung an. Damit werden hohe Frequenzen im Bereich des Nulldurchgangs, die aufgrund von hohen Schaltfrequenzen der Leistungsfaktorkorrekturereinrichtung starke Verzerrungen erzeugen, verkleinert oder gedämpft.

[0021] Zugleich ist die Umsetzung als analoge Schaltung kostengünstig realisierbar, sodass mit einem geringen schaltungstechnischen Aufwand die Gesamtleistung der elektrischen Versorgungsvorrichtung verbessert werden kann.

[0022] Bei einer besonders einfachen, schaltungstechnischen Umsetzung ist vorgesehen, dass das Steuerungsmodul, insbesondere die analoge Schaltung, so ausgebildet ist, dass das Stromformmaximum gleich dem Eingangsspannungmaximum ist. In dieser Ausgestaltung liegen somit die Scheitelwerte der beiden Wellenformen in zeitlicher Richtung betrachtet übereinander und weisen die gleiche Amplitude auf. Zu diesem Zeitpunkt wirkt das Steuerungsmodul, insbesondere die analoge Schaltung, als eine niederohmige Leitung.

[0023] Es ist alternativ oder ergänzend besonders bevorzugt, dass die Nulldurchgänge oder Minima von Eingangsspannung und Stromformsignal zeitlich überlappend angeordnet sind. Es ist damit festgelegt, dass das Stromformsignal und die gleichgerichtete Eingangsspannung zum einen zueinander zeitlich synchronisiert und zum anderen ohne Phasenverschiebung zueinander angeordnet sind.

[0024] Gemäß der Erfindung weist das Steuerungsmodul eine Mehrzahl von zwischen Eingangssignal und Ausgangssignal parallel geschalteten Ästen auf, welche in Abhängigkeit der gleichgerichteten Eingangsspannung bei einer ansteigenden Eingangssignalfanke nacheinander aktiviert und/oder bei einer absteigenden Eingangssignalfanke nacheinander deaktiviert werden. Insbesondere ist in den

meisten oder in jedem der Äste mindestens ein Widerstand angeordnet.

[0025] Gemäß der Erfindung weisen die Äste jeweils eine Zenerdiode oder Z-Diode und ergänzend einen Widerstand auf, wobei die Zenerdioden beziehungsweise Z-Dioden so ausgebildet und verschaltet sind, dass diese in Abhängigkeit der gleichgerichteten Eingangsspannung bei einer ansteigenden Eingangssignalfanke nacheinander niederohmig und/oder bei einer absteigenden Eingangssignalfanke nacheinander hochohmig werden. Steigt somit bei einer ansteigenden Eingangssignalfanke die Eingangsspannung an, wird nacheinander ein Ast zugeschaltet, wobei die Äste parallel zueinander angeordnet sind. In jedem der Äste ist ein Widerstand angeordnet, sodass durch Zuschaltung von weiteren Ästen der Gesamtwiderstand nach und nach geringer wird. Dadurch wird erreicht, dass die Wellenform des ausgehenden Stromformsignals von der Amplitude betrachtet zunächst geringer als die Eingangssignalspannung ist. In der Nähe des Eingangsspannungmaximums ist jedoch eine Vielzahl von Ästen mit Widerständen parallel geschaltet, sodass der Gesamtwiderstand sehr gering oder bei entsprechender Auslegung sogar auf null zurückgeht, sodass das Stromformmaximum dem Eingangsspannungmaximum entspricht. Auf der absteigenden Eingangssignalfanke werden nach und nach die Äste in umgekehrter Reihenfolge deaktiviert, sodass auch der Gesamtwiderstand ansteigt. Dadurch wird erreicht, dass die absteigende Stromformflanke in der Amplitude kleiner als die absteigende Eingangsspannungsflanke ist. Bei einem Null-Durchgang treffen sich die beiden Kurven wieder und sind deckungsgleich. Diese Ausgestaltung ist schaltungstechnisch einfach umzusetzen und erlaubt eine kostengünstige Realisierung der Erfindung.

[0026] Bei einer bevorzugten konstruktiven Ausgestaltung der Erfindung umfasst das PFC-Modul eine Drossel, insbesondere eine Speicherdrossel, ein Schaltelement, insbesondere einen Transistor, und einen Ansteuer-IC, wobei durch die Drossel der Eingangsstrom geführt ist, das Schaltelement den Drosselausgang in Abhängigkeit seiner Schaltstellung auf Masse zieht, der Ansteuer-IC als Eingangssignal das Stromformsignal erhält und das Schaltelement ansteuert. Ein derartiges PFC-Modul ist in seinem Aufbau einfach und robust.

[0027] Bei einer ersten möglichen Ausgestaltung der Erfindung wird das PFC-Modul in einem DCM (Discontinuous Current Mode)-Betrieb eingesetzt, wobei der Versorgungsstrom nach der Drossel innerhalb von jedem Schaltzyklus des Schaltelements auf null zurückgeht. Die Schaltfrequenz ist konstant, sodass das PFC-Modul in dieser Betriebsart in einem Lückenbetrieb arbeitet.

[0028] Alternativ arbeitet das PFC-Modul in einem CCM (Continuous Current Mode)-Betrieb, wobei die Schaltfrequenz vorzugsweise konstant ist und sich der Versorgungsstrom nach der Drossel sägezahnförmig um das Stromformsignal bewegt.

[0029] Alternativ arbeitet das PFC-Modul in einem CRM (Critical Conduction Mode)-Betrieb, wobei die Schaltfrequenz variabel und so eingestellt ist, dass der nächste Schaltzyklus beginnt sobald der Versorgungsstrom nach der Drossel null wird, so dass das PFC-Modul an der Grenze zum Lückenbetrieb betrieben wird.

[0030] Wie bereits zuvor erwähnt führen die hohen Frequenzen des Schaltbetriebs des Schaltelements zu Störungen in der Netzversorgung. Besonders gravierend sind die Störungen bei der CRM-Methode, weil diese im Bereich des Null-Durchgangs der gleichgerichteten Eingangsspannung sehr hohe Schaltfrequenzen aufweist, sodass die Erfindung besonders vorteilhaft in Zusammenhang mit dem CRM-Betrieb einsetzbar ist.

[0031] Bei einer schaltungstechnisch besonders einfach ausgebildeten Variante der Erfindung ist die Glättungseinrichtung als mindestens ein Kondensator ausgebildet. Im Speziellen verbindet der Kondensator die Pole des Ausgangs.

[0032] Weitere Merkmale, Vorteile und Wirkungen der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels der Erfindung sowie der beigefügten Figuren. Dabei zeigen:

Fig. 1 eine Blockschaltung einer elektrischen Versorgungsvorrichtung als ein Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Fig. 2 einen Graphen zur Illustration der Funktionsweise der elektrischen Versorgungsvorrichtung in der **Fig. 1**;

Fig. 3a, b, Fig. c drei Graphen zur Illustration von verschiedenen Betriebsarten der elektrischen Versorgungsvorrichtung in der **Fig. 1**.

[0033] Die **Fig. 1** zeigt in einer schematischen Blockdarstellung ein Netzteil 1, zum Beispiel für eine Beleuchtung eines Flugzeuges, als ein Ausführungsbeispiel der Erfindung, welches eine elektrische Versorgungsvorrichtung bildet. Das Netzteil 1 hat eine Leistung zwischen 20 Watt und 200 Watt und dient im Flugzeug zur Versorgung von einem Verbraucher V, wie z.B. von nicht dargestellten Beleuchtungseinrichtungen, insbesondere LED - Beleuchtungseinrichtungen, zur Flugzeuginnenraumbeleuchtung. Alternativ ist das Netzteil für einen Laptop oder ein anderes elektrisches Kleingerät ausgebildet und hat eine Leistung zwischen 5 Watt und 30 Watt.

[0034] Das Netzteil 1 weist einen Eingang 2 auf, mit dem das Netzteil 1 an das Versorgungsnetz z.B. des Flugzeugs angeschlossen werden kann. Das Versorgungsnetz stellt eine Eingangsspannung sowie einen Netzstrom zur Verfügung. Die Eingangsspannung ist als eine sinusförmige Wechselfspannung ausgebildet und hat für das Beispiel in dem Flugzeug eine Frequenz zwischen 400 Hertz und 800 Hertz und eine effektive Eingangsspannung von 115 V. Bei einer anderen Netzversorgung kann die effektive Netzspannung 230 V und die Frequenz 50 Hertz betragen.

[0035] Das Netzteil 1 weist einen Ausgang 3 auf, welcher mit dem Verbraucher V, insbesondere den Beleuchtungseinrichtungen in dem Flugzeug bzw. dem Laptop oder dergleichen, verbindbar oder verbunden ist. Die Ausgangsspannung ist eine Gleichspannung, welche beispielsweise zwischen 200 Volt und 250 Volt für das Beispiel der LED-Beleuchtungseinrichtungen oder 15 V für den Laptop oder dergleichen beträgt.

[0036] Ausgehend von dem Eingang 2 ist nachfolgend ein HF-Filter 4 angeordnet, welcher zur Filterung von hohen Frequenzen ausgebildet ist. In einer konkreten Ausgestaltung kann der HF-Filter 4 mindestens einen Kondensator K aufweisen. Insbesondere ist der HF-Filter 4 als ein Netzfilter ausgebildet.

[0037] Nach dem HF-Filter 4 ist ein Gleichrichter 5 angeordnet, welcher die Eingangsspannung in eine gleichgerichtete Eingangsspannung wandelt. Beispielsweise ist der Gleichrichter 5 als ein Brückengleichrichter oder Vollweggleichrichter ausgebildet. Die gleichgerichtete Eingangsspannung ist eine pulsierende Gleichspannung, wobei - grafisch betrachtet - Anteile der Eingangsspannung, die im negativen Spannungsbereich verlaufen, um die X-Achse gespiegelt sind. Die pulsierende, gleichgerichtete Eingangsspannung hat damit die doppelte Frequenz der Eingangsspannung. Der in diesem Bereich fließende Strom wird als Eingangsstrom bezeichnet.

[0038] Die gleichgerichtete Eingangsspannung wird nachfolgend in ein PFC-Modul 6 geleitet, welches eine Leistungsfaktorkorrekturereinrichtung 7 und eine Glättungseinrichtung 8 aufweist.

[0039] Die Glättungseinrichtung 8 dient dazu, die pulsierende gleichgerichtete Eingangsspannung in die Ausgangsspannung mit konstanter Spannungshöhe zu wandeln. Die Glättungseinrichtung 8 kann im Rahmen eines Ersatzschaltbildes als ein Kondensator dargestellt werden.

[0040] Die Leistungsfaktorkorrekturereinrichtung 7 dient dazu, den Eingangsstrom in das PFC-Modul 6 an die gleichgerichtete Eingangsspannung anzuglei-

chen. Die Angleichung erfolgt dabei, um den Leistungsfaktor im Bereich der Netzversorgung, also im Bereich des Eingangs 2, zu verbessern. Die Leistungsfaktorkorrektureinrichtung 7 ermöglicht dies, indem der Versorgungsstrom, der der Glättungseinrichtung 8 zugeführt wird, so moduliert wird, dass der Eingangsstrom in das PFC-Modul 6 einem vorgegebenen Stromformsignal 9 (**Fig. 2**) angeglichen wird. Das Stromformsignal 9 wird in einem Steuerungsmodul 10 erzeugt wie nachfolgend darlegt wird.

[0041] Das Steuerungsmodul 10 ist als eine analoge Schaltung ausgebildet und weist einen Eingang auf, der an einem Ausgang des Gleichrichters 5 anliegt. Ein erster, von dem Eingang durchgeschleifter Ausgang des Steuerungsmoduls 10 ist mit der Leistungsfaktorkorrektureinrichtung 7 leitend verbunden. Ein zweiter Ausgang des Steuermoduls 10 übergibt dagegen das Stromformsignal 9 an die Leistungsfaktorkorrektureinrichtung 7.

[0042] In dem Steuermodul 10 sind zwischen Eingang und zweitem Ausgang mehrere, in diesem Beispiel drei oder mehr Äste A1, A2... Ax in Parallelschaltung zueinander angeordnet. In jedem der Äste A1, A2 ... Ax ist jeweils eine Z-Diode Z1, Z2 ... Zx sowie ein Ohmscher Widerstand R1, R2 ... Rx angeordnet. Die Z-Dioden Z1, Z2 ... Zx sind derart unterschiedlich ausgestaltet, dass deren Wechsel von einem hochohmigen Zustand in einen niederohmigen Zustand bei unterschiedlichen Spannungshöhen erfolgt. Insbesondere sind die Durchbruchspannungen der Z-Dioden Z1, Z2 ... Zx unterschiedlich gewählt. So schaltet bei einer ansteigenden Spannungsflanke zunächst die Z-Diode Z1, zu einem weiteren Zeitpunkt die Z-Diode Z2 usw. von dem hochohmigen Zustand in den niederohmigen Zustand.

[0043] Die Funktionsweise des Schaltmoduls 10 wird nachfolgend anhand des Graphen 11 gemäß der **Fig. 2** erläutert, wobei auf der X-Achse eine Zeit t und auf der Y-Achse eine Signalamplitude in beliebigen Einheiten auf 1 normiert dargestellt ist. Die durchgezogene Linie zeigt die an dem Eingang des Steuermoduls 10 anliegend gleichgerichtete Eingangsspannung Upfc. Die Wellenform der gleichgerichteten Eingangsspannung Upfc zeigt eine ansteigende Eingangsspannungsflanke 12, ein Eingangsspannungsmaximum 13 und eine absteigende Eingangsspannungsflanke 14.

[0044] Aufgrund der Parallelschaltungen der Z-Dioden Z1, Z2 ... Zx ist das ebenfalls dargestellte Stromformsignal 9 ausgehend von dem Null-Durchgang 15 der gleichgerichteten Eingangsspannung Upfc zunächst auf null, bis die erste Zenerdiode Z1 durchschaltet und an dem zweiten Ausgang eine Spannung anliegt. Diese Spannung steigt aufgrund des zwischengeschalteten Widerstands R1 etwas

schwächer an als die gleichgerichtete Eingangsspannung Upfc. Zu einem späteren Zeitpunkt schaltet dann die zweite Z-Diode Z2 durch, sodass der Gesamtwiderstand, gebildet aus dem reziproken Wert von R1 plus R2 kleiner wird. Zu einem noch späterem Zeitpunkt schaltet dann die Z-Diode Zx durch und das Stromformsignal 9 gleicht sich aufgrund des sehr geringen Widerstands Rx an das Signal der gleichgerichteten Eingangsspannung Upfc an. Optional kann der Widerstand Rx auch null betragen. Somit ist eine ansteigende Stromformflanke 16 des Stromformsignals 9 in der Amplitude kleiner als die ansteigende Eingangsspannungsflanke 12. Ein Stromformmaximum 17 ist auf der gleichen Höhe wie die das Eingangsspannungsmaximum 13. Auf der absteigenden Eingangsspannungsflanke 14 wiederholt sich der Vorgang in umgedrehter Reihenfolge, so dass die Amplitude einer absteigenden Stromformflanke 18 kleiner als die absteigende Eingangsspannungsflanke 14 ist.

[0045] Betrachtet man die Wellenformen der gleichgerichteten Eingangsspannung Upfc und des Stromformsignals 9, so ist erkennbar, dass diese bei den Null-Durchgängen 15 überlappend sind und auch beim Scheitelwert oder Maximum die gleiche Amplitude aufweisen. Bei den ansteigenden Flanken 12, 16 und bei den absteigenden Flanken 14, 18 ist jedoch die Amplitude des Stromformsignals 9 kleiner als die Amplitude der gleichgerichteten Eingangsspannung Upfc. Diese verzerrte Ausgabe des Stromformsignals 9 gegenüber der gleichgerichteten Eingangsspannung Upfc führt dazu, dass gerade bei geringen Amplituden der Versorgungsstrom geringer ausfällt, sodass auch Störungen der Netzversorgung verringert werden.

[0046] Die **Fig. 1** zeigt die Leistungsfaktorkorrektureinrichtung 7, wobei diese mit ihren Eingänge mit den Ausgängen des Gleichrichters 5 verbunden ist. Einer der Eingänge wird über eine Drossleinrichtung DR und eine Diode D1 zu einem Ausgang zur Glättungseinrichtung 8 geführt. Der andere Eingang wird durch die Leistungsfaktorkorrektureinrichtung 7 zu der Glättungseinrichtung 8 durchgeführt. Innerhalb der Leistungsfaktorkorrektureinrichtung 7 sind die beiden Verbindungen über ein Schaltelement TR1 miteinander verbunden, welches von einem Ansteuer-IC IC angesteuert wird. Der Ansteuer-IC IC ist mit dem zweiten Ausgang des Steuermoduls 10 verbunden, sodass an diesem das Stromformsignal 9 anliegt.

[0047] Der Betrieb der Leistungsfaktorkorrektureinrichtung 7 wird nachfolgend anhand der **Fig. 3a** bis **Fig. 3c** erläutert, die verschiedene Betriebsweisen darstellen.

[0048] In der **Fig. 3a** ist ein Graph zur Illustration eines DCM-Betriebs der Leistungsfaktorkorrektu-

reinrichtung 7 dargestellt, wobei zum einen der zeitliche Verlauf des Stromformsignals 9 und zum anderen der Versorgungsstrom gezeigt ist. Die Leistungsfaktorkorrekturereinrichtung 7 ist so ausgebildet, dass das Schaltelement TR1 mit einer konstanten Frequenz geschaltet wird. Sobald der Versorgungsstrom größer als das Stromformsignal 9 wird, wird der Schaltelement TR1 geschlossen, so dass der Versorgungsstrom innerhalb von jedem Schaltzyklus ein Mal auf null zurückgeht und für den Rest des Schaltzyklus auf null bleibt. In dieser Ausgestaltung arbeitet die Leistungsfaktorkorrekturereinrichtung 7 in einem Lückenbetrieb.

[0049] In der Fig. 3b ist in gleicher Darstellung ein CCM-Betrieb dargestellt, wobei sich in dieser Betriebsart der Versorgungsstrom sägezahnförmig um das Stromformsignal 9 bewegt.

[0050] In der Fig. 3c ist ein CRM-Betrieb dargestellt, wobei in dieser Betriebsart die Leistungsfaktorkorrekturereinrichtung 7 an der Grenze zum Lückenbetrieb betrieben wird. In dieser Betriebsart beginnt der nächste Schaltzyklus sofort, sobald der Versorgungsstrom auf null gezogen ist. Aufgrund dieser Betriebsart ist die Schaltfrequenz variabel.

Bezugszeichenliste:

1	Netzteil
2	Eingang
3	Ausgang
4	HF-Filter
5	Gleichrichter
6	PFC-Modul
7	Leistungsfaktorkorrekturereinrichtung
8	Glättungseinrichtung
9	Stromformsignal
10	Steuerungsmodul
11	Graph
12	ansteigende Eingangssspannungsflanke
13	Eingangsspannungsmaximum
14	absteigende Eingangsspannungsflanke
15	Null-Durchgang
16	ansteigende Stromformflanke
17	Stromformmaximum
18	absteigenden Stromformflanke

Patentansprüche

1. Elektrische Versorgungsvorrichtung (1) mit einem Eingang (2) zum Anschluss der elektri-

schens Versorgungsvorrichtung an eine Netzversorgung, die eine Wechsellspannung als Eingangsspannung (U_{in}) zur Verfügung stellt, mit einem Ausgang (3) zum Anschluss der elektrischen Versorgungsvorrichtung (1) an einen Verbraucher (V), wobei der Ausgang eine Gleichspannung (U_{out}) als Ausgangsspannung zur Verfügung stellt,

mit einem Gleichrichter (5), welcher die Eingangsspannung (U_{in}) in eine gleichgerichtete Eingangsspannung (U_{pfc}) gleichrichtet,

mit einem PFC-Modul (6), welches eine Glättungseinrichtung (8) zur Glättung der gleichgerichteten Eingangsspannung (U_{pfc}) und eine aktive Leistungsfaktorkorrekturereinrichtung (7) umfasst, wobei die Leistungsfaktorkorrekturereinrichtung (7) ausgebildet ist, in Abhängigkeit von einem zeitabhängigen Stromformsignal (9) einen zeitabhängigen Versorgungsstrom für die Glättungseinrichtung (8) derart zu formen, dass ein zeitabhängiger Eingangsstrom (I_{pfc}) in das PFC-Modul (6) an das Stromformsignal (9) angeglichen ist,

mit einem Steuerungsmodul (10), welches das Stromformsignal (9) für das PFC-Modul (6), insbesondere für die Leistungskorrekturereinrichtung (7), erzeugt,

wobei das Steuerungsmodul (10) als eine analoge Schaltung ausgebildet ist, welche als Eingangssignal die gleichgerichtete Eingangsspannung (U_{pfc}) und als Ausgangssignal das Stromformsignal (9) aufweist, wobei die gleichgerichtete Eingangsspannung (U_{pfc}) eine Wellenform mit einer ansteigenden und einer absteigenden Eingangsspannungsflanke (12, 14) sowie mit einem Eingangsspannungsmaximum (13) aufweist und das Stromformsignal (9) eine Wellenform mit einer aufsteigenden und einer absteigenden Stromformflanke (16,18) sowie mit einem Stromformmaximum (17) aufweist, wobei die aufsteigende und/oder die absteigende Stromformflanke (16,18) in Bezug auf die aufsteigende bzw. die absteigende Eingangsspannungsflanke (12,14) zumindest in Teilbereichen stärker als das Stromformmaximum (17) in Bezug auf das Eingangsspannungsmaximum (13) zurückgesetzt ist,

wobei das Steuerungsmodul (10) eine Mehrzahl von parallel geschalteten Ästen ($A_1, A_2 \dots A_x$) aufweist, welche in Abhängigkeit der gleichgerichteten Eingangsspannung (U_{in}) bei einer ansteigenden Eingangsspannungsflanke (12) nacheinander aktiviert und/oder bei einer absteigenden Eingangsspannungsflanke (14) nacheinander deaktiviert werden, wobei die Äste ($A_1, A_2 \dots A_x$) jeweils eine Zenerdiode oder Z-Diode ($Z_1, Z_2 \dots Z_x$) und ergänzend einen Widerstand aufweisen, welche schaltungstechnisch ausgebildet und verschaltet sind, dass diese in Abhängigkeit der gleichgerichteten Eingangsspannung (U_{in}) bei einer ansteigenden Eingangsspannungsflanke (12) nacheinander niederohmig und/oder bei einer absteigenden Eingangsspannungsflanke (14) nach-

einander hochohmig werden,
wobei das Steuerungsmodul (10) einen mit dem Eingangssignal in Form der gleichgerichteten Eingangsspannung (U_{pfc}) beaufschlagten Spannungsteiler mit einem Knoten enthält, wobei der Knoten das Ausgangssignal in Form des Stromformsignals (9) aufweist, wobei der Spannungsteiler masseseitig des Knotens einen Festwiderstand aufweist und spannungsseitig des Knotens die Mehrzahl der parallel geschalteten Äste ($A_1, A_2 \dots A_x$) aufweist.

2. Elektrische Versorgungsvorrichtung (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Stromformmaximum (17) gleich dem Eingangsspannungsmaximum (13) ist.

3. Elektrische Versorgungsvorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Nulldurchgänge (15) von Eingangsspannung (U_{in}) und Stromformsignal (9) zeitlich überlappend sind.

4. Elektrische Versorgungsspannung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das PFC-Modul (6) eine Drossel (D_r), ein Schaltelement (TR_1) und einen Ansteuer-IC (IC) umfasst, wobei durch die Drossel (D_r) der Eingangsstrom geführt ist, das Schaltelement (TR_1) den Ausgang der Drossel (D_r) in Abhängigkeit seiner Schaltstellung auf Masse zieht, der Ansteuer-IC (IC) als Eingangssignal das Stromformsignal (9) erhält und das Schaltelement (TR_1) ansteuert.

5. Elektrische Versorgungsvorrichtung (1) nach Anspruch 1-4 ehe, **dadurch gekennzeichnet**, dass das PFC-Modul (6) in einem Discontinuous Current Betrieb arbeitet.

6. Elektrische Versorgungsvorrichtung (1) nach Anspruch 1-4 ehe, **dadurch gekennzeichnet**, dass das PFC-Modul (6) in einem Continuous Current - Betrieb arbeitet.

7. Elektrische Versorgungsvorrichtung (1) nach Anspruch 1-4 **dadurch gekennzeichnet**, dass das PFC-Modul (6) in einem Critical Conduction - Betrieb arbeitet.

8. Elektrische Versorgungsvorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Glättungseinrichtung (8) als mindestens ein Kondensator ausgebildet ist.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

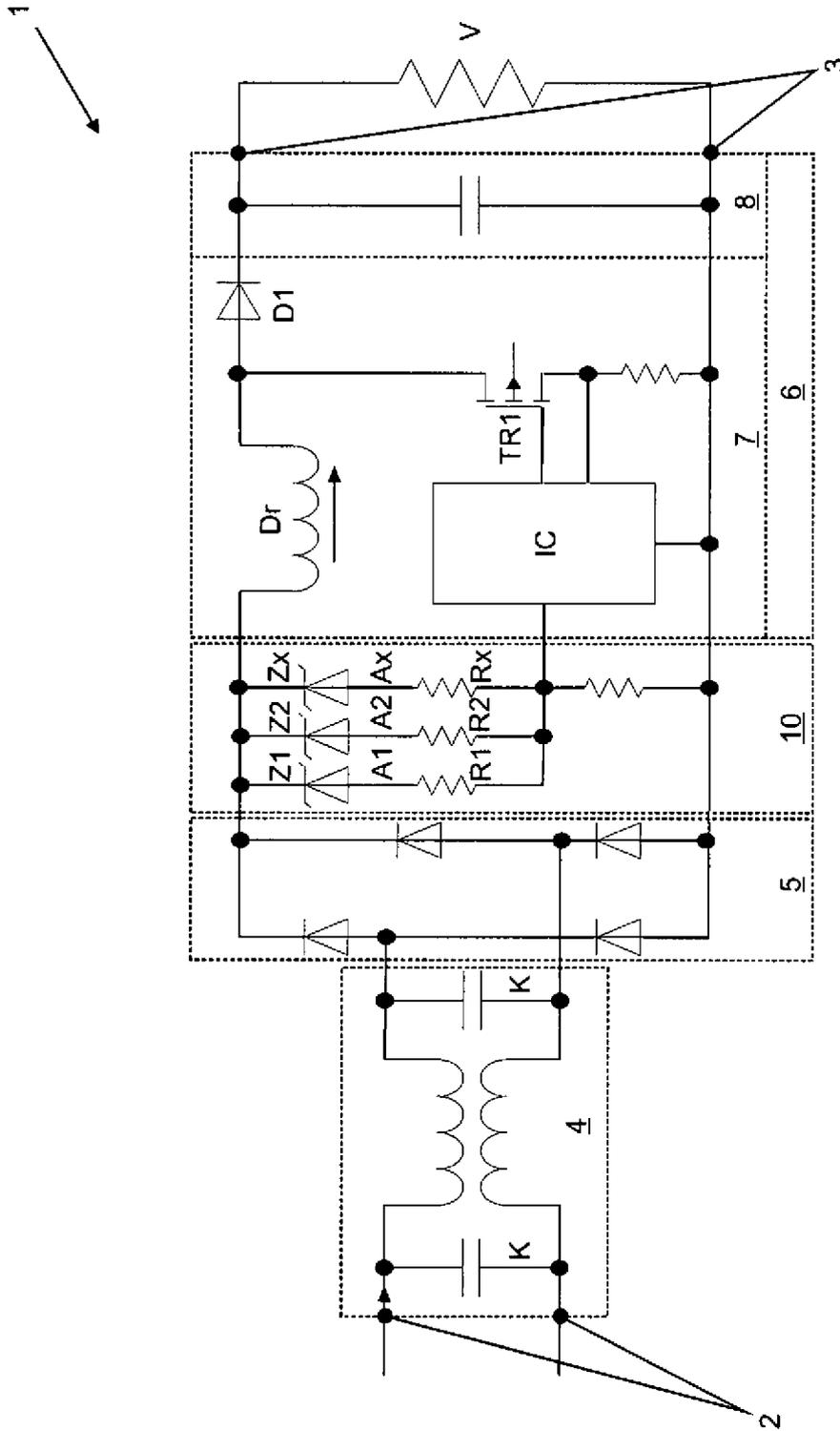


Fig. 1

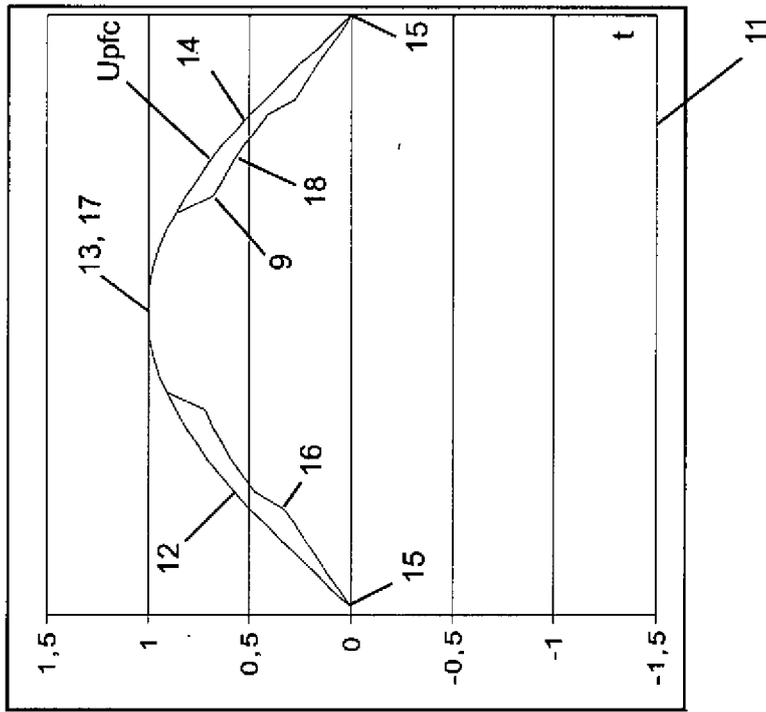


Fig. 2

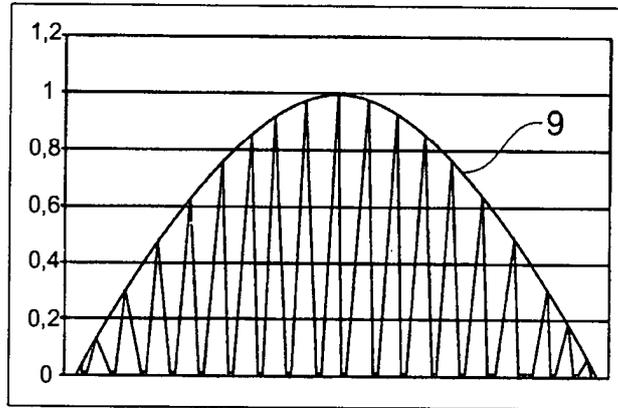


Fig. 3a

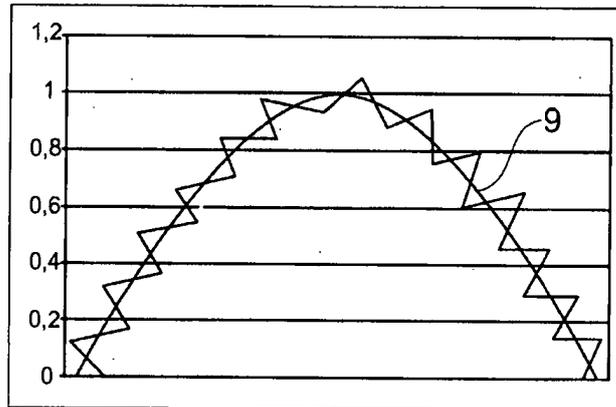


Fig. 3b

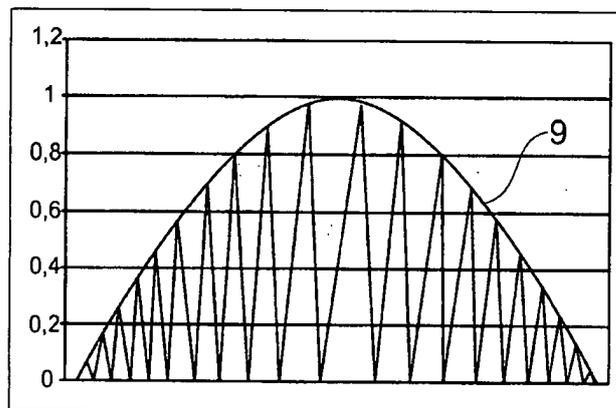


Fig. 3c