



(10) **DE 10 2015 116 154 B4** 2024.05.08

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2015 116 154.0**
(22) Anmeldetag: **24.09.2015**
(43) Offenlegungstag: **04.05.2016**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **08.05.2024**

(51) Int Cl.: **H02J 3/01 (2006.01)**
H02M 1/12 (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).

(30) Unionspriorität:
TO2014A000906 04.11.2014 IT

(73) Patentinhaber:
STMicroelectronics S.r.l., Agrate Brianza, IT

(74) Vertreter:
**Casalonga & Partners Patentanwälte - Avocats,
80335 München, DE**

(72) Erfinder:
**Gobbi, Massimiliano, Castel San Giovanni, IT;
Tripodi, Domenico, Mailand, IT; Bianco, Alberto,
Gressan, IT; Borrello, Antonio, Trezzano Sul
Naviglio, IT; Bellomo, Ignazio Salvatore, Rozzano,
IT**

(56) Ermittelter Stand der Technik:
siehe Folgeseiten

(54) Bezeichnung: **Detektionsschaltung für eine aktive Entladeschaltung eines X-Kondensators, zugehörige aktive Entladeschaltung, integrierte Schaltung und Detektionsverfahren**

(57) Hauptanspruch: Detektionsschaltung (40) für eine aktive Entladeschaltung (308), die zum Entladen eines X-Kondensators (304) einer Vorrichtung (30) ausgebildet ist, wobei die Detektionsschaltung (40) zum Generieren eines Entladungs-Freigabesignals (EN) konfiguriert ist, das das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein einer an dem X-Kondensator (304) anliegenden Wechselstromschwingung signalisiert, wobei die Detektionsschaltung (40) Folgendes aufweist:

- eine Sensorschaltung (402; 404) zur Verbindung mit dem X-Kondensator (304), wobei die Sensorschaltung (402; 404) zum Generieren eines Sensorsignals (S) konfiguriert ist, das die Spannung an dem X-Kondensator (304) anzeigt;

- eine Komparatorschaltung (412), die zum Generieren von mindestens einem Vergleichssignal (OVTH; COMP₁, COMP₂) konfiguriert ist, indem das Sensorsignal (S) mit mindestens einem Schwellenwert (DLT; DLT, DHT; DT₁, DT₂) verglichen wird;

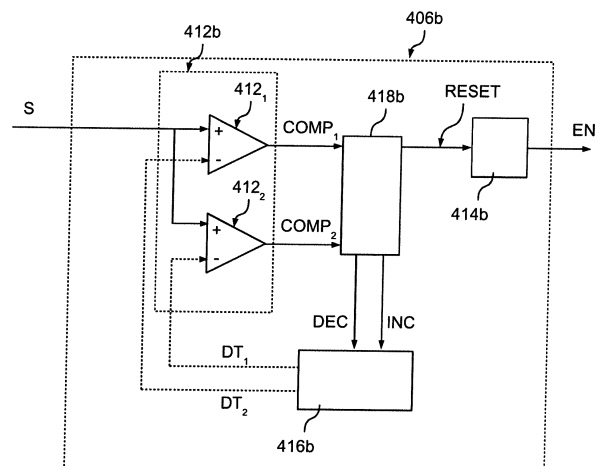
- eine Zeitgeberschaltung (414), die konfiguriert ist zum:
a) Vorgeben des Entladungs-Freigabesignals (EN) auf einem ersten logischen Niveau, wenn die Zeitgeberschaltung (14) über ein Rückstellsignal (RESET) zurückgestellt worden ist; und

- b) Bestimmen der verstrichenen Zeit seit der Rückstellung der Zeitgeberschaltung (414) über ein Rückstellsignal (RESET);

- c) Prüfen, ob die verstrichene Zeit einen bestimmten Timeout-Wert überschreitet; und

- d) in dem Fall, in dem die verstrichene Zeit den bestimmten Timeout-Wert überschreitet, Vorgeben des Entladungs-

Freigabesignals (EN) auf einem zweiten logischen Niveau;
- eine Auswerteschaltung (418), die zum Generieren des Rückstellsignals (RESET) für die Zeitgeberschaltung (414) als Funktion des mindestens einen Vergleichssignals (OVTH; COMP₁, COMP₂) konfiguriert ist; und
- eine dynamische Schwellenwertgeneratorschaltung (416), die zum Variieren des mindestens einen Schwellenwerts (DLT, DHT; DT₁, DT₂) der Komparatorschaltung (412) als Funktion des Sensorsignals (S) konfiguriert ist, dadurch gekennzeichnet dass die dynamische Schwellenwertgeneratorschaltung (416b) weiterhin dazu ...



(56) Ermittelte Stand der Technik:

US	2013 / 0 033 236	A1
US	2013 / 0 242 626	A1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung befasst sich mit Schaltungen zum Entladen eines X-Kondensators. Insbesondere bezieht sie sich auf eine Detektionsschaltung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, wie sie z.B. aus der US 2013/0 242 626 A1 bekannt ist.

[0002] Fig. 1a zeigt ein Beispiel einer Vorrichtung 10a, die über eine Eingangsspannung V_{in} betrieben wird, die von einer externen Wechselstromversorgungsquelle 20 bereitgestellt wird, wie z.B. dem Stromnetz mit einer Spannung von z.B. 230 V oder 110 V Wechselstrom. Typischerweise beinhaltet die Vorrichtung 10a z.B. einen Verbinder 102, wie z.B. einen Stecker mit zwei Anschlüssen 102a und 102b zur Verbindung mit der externen Wechselstromquelle 20, und das Wechselstromversorgungssignal V_{in} , das über den Verbinder 102 empfangen wird, wird einer beliebigen elektrischen Last 106 zugeführt.

[0003] Die Vorrichtung 10a kann auch einen Kondensator 104 beinhalten, der mit dem Wechselstromeingangsverbinder 102 direkt verbunden ist, wobei dieser Kondensator typischerweise als Kondensator der Klasse X oder als X-Kondensator bezeichnet wird. Derartige X-Kondensatoren werden z. B. in Schaltnetzteilen (SM PS) häufig verwendet.

[0004] In dieser Hinsicht zeigt Fig. 1b ein Beispiel eines typischen Schaltnetzteils 10b. Im Spezielleren ist bei dem betrachteten Beispiel die elektrische Last 106 der Fig. 1a nun durch eine Gleichrichterschaltung 110, wie z.B. einen Dioden-Brückengleichrichter, der dazu ausgebildet ist, das Wechselstromversorgungssignal V_{in} in ein Gleichstromversorgungssignal umzuwandeln, sowie durch einen elektronischen Wandler 112 verkörpert, wie z.B. einen DC/DC- bzw. Gleichstrom/Gleichstrom-Schaltwandler, der eine Last 114, beispielsweise eine externe Last 114a und/oder eine interne Last 114b speisen kann. Beispielsweise kann in diesem Fall der Kondensator 104 dazu ausgebildet sein, EMI-Störsignale (elektromagnetische Interferenz) zu filtern, die von der Schaltaktivität des Schaltwandlers 112 stammen.

[0005] Sicherheitsvorschriften, wie z.B. die internationale Norm IEC60950, können verlangen, dass solche Vorrichtungen 10a und 10b, die im Folgenden einfach als Vorrichtung 10 bezeichnet werden, eine Entladeschaltung 108 aufweisen, die dazu konfiguriert ist, den Kondensator 104 zu entladen, wenn der Verbinder 102 von der Wechselstromquelle 20 getrennt wird, um auf diese Weise das Risiko für elektrische Schläge zu reduzieren, falls ein Benutzer den Verbinder 102 einer getrennten Vorrichtung 10 berührt. Solche Entladeschaltungen 108 sind übli-

cherweise z.B. dann notwendig, wenn die Kapazität des Kondensators 104 größer als ein bestimmter Wert ist, wie z.B. 0,1 μF .

[0006] Häufig wird z.B. eine Vorrichtung 110 als den technischen Vorschriften entsprechend betrachtet, wenn die Entladeschaltung 108 einen solchen X-Kondensator 104 (und mögliche weitere Kapazitäten, die zwischen die die Last 106 speisende Stromversorgungsleitungen geschaltet sind) mit einer bestimmten maximalen Entladezeitkonstante entladen kann. Häufig wird die Entladezeitkonstante z.B. als die mit dem Verbinder 102 in Verbindung stehende effektive Kapazität (μF) multipliziert mit dem effektiven Widerstand des Entladewegs der Entladeschaltung 108 berechnet. Immer dann, wenn diese Werte nicht in einfacher Weise definiert werden können, wird die Wirksamkeit der Entladeschaltung 108 häufig durch Messen der Zeit ausgewertet, die zum Reduzieren der Spannung an dem Kondensator 104 bis hinunter z.B. zu dem 0,37-fachen des Anfangswerts erforderlich ist. Typischerweise sollte die Entladezeitkonstante z.B. niedriger als 1 s für „Typ A“ Anlagen mit Wechselstrom-Steckverbindung oder 10 s für permanent installierte Anlagen und „Typ B“ Anlagen mit Wechselstrom-Steckverbindung sein.

[0007] Beispielsweise kann die Entladeschaltung 108 einen Widerstand aufweisen, der dem Kondensator 104 parallel geschaltet ist. In diesem Fall könnte der Widerstandswert des Widerstands zum Entladen des Kondensators 104 gemäß den geltenden Sicherheitsvorschriften dimensioniert werden.

[0008] Der Nachteil dieser Lösung besteht in der Tatsache, dass ein solcher zusätzlicher Widerstand ebenfalls Energie verbraucht, wenn die Vorrichtung 10 mit der Wechselstromquelle 20 verbunden ist, so dass die Effizienz der Vorrichtung 10 vermindert wird.

[0009] Dieses Problem kann für Schaltnetzteile z.B. der in Fig. 1b veranschaulichten Art besonders relevant sein.

[0010] Ein solches Schaltnetzteil 10b könnte in der Tat auch mit der Wechselstromquelle 20 verbunden sein, wenn die Last 114 getrennt, ausgeschaltet oder in einem Niedrigenergiemodus ist, wie z.B. einem Standby-Modus. Dies kann z.B. für einen Notebook-Adapter gelten, der mit dem Wechselstromnetz verbunden ist, wenn das Notebook (das in diesem Fall eine externe Last 114a darstellt) getrennt oder ausgeschaltet ist. In diesem Fall kann der Energieverbrauch des Widerstands einen beträchtlichen Teil des Adapter-Energieverbrauchs darstellen.

[0011] Zum Überwinden dieses Problems kann es sich bei der Entladeschaltung 108 auch um eine aktive Entladeschaltung handeln, die den Kondensator 104 nur dann entlädt, wenn der Verbinder 102 von

der Wechselstromquelle 20 getrennt wird, um auf diese Weise den Energieverbrauch der Entladeschaltung 108 zu reduzieren, wenn die Vorrichtung 10 mit der Wechselstromquelle 20 verbunden ist.

[0012] Die Erfinder der vorliegenden Erfindung haben festgestellt, dass es sich bei einem der kritischsten Teile einer solchen aktiven Entladeschaltung um die Detektionsschaltung handelt, die zum Detektieren einer Trennung von und/oder einer Verbindung mit der Wechselstromquelle 20 verwendet wird.

[0013] Das Ziel der vorliegenden Erfindung besteht in der Schaffung von Anordnungen, die eine Verbesserung dieser Detektion ermöglichen.

[0014] Gemäß einer oder mehreren Ausführungsformen wird dieses Ziel erreicht mittels einer Detektionsschaltung für eine aktive Entladeschaltung eines X-Kondensators mit den Merkmalen, die speziell in den beigefügten Ansprüchen angegeben sind. Die vorliegende Erfindung bezieht sich auch auf eine zugehörige aktive Entladeschaltung und eine integrierte Schaltung, die die Detektionsschaltung aufweisen, sowie auf ein zugehöriges Detektionsverfahren.

[0015] Lösungen für die vorstehend geschilderte Zielsetzung sind in den beigefügten Ansprüchen angegeben, die integraler Bestandteil der technischen Lehre der in der vorliegenden Anmeldung erläuterten Ausführungsformen sind.

[0016] Wie vorstehend erwähnt, handelt es sich bei der Detektionsschaltung um eine der kritischsten Komponenten einer aktiven Entladeschaltung, die zum Entladen eines X-Kondensators einer Vorrichtung bzw. eines Geräts, insbesondere eines Schaltnetzteils, verwendet wird. Im Allgemeinen ist die Detektionsschaltung dazu ausgebildet, ein Entladungs-Freigabesignal zu generieren, das das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein einer an dem X-Kondensator anliegenden Wechselstromschwingung signalisiert.

[0017] Bei einigen Ausführungsformen weist die Detektionsschaltung eine Sensorschaltung, wie z.B. einen Spannungsteiler mit zugeordneter Gleichrichterschaltung, zur Verbindung mit dem X-Kondensator auf. Im Spezielleren ist diese Sensorschaltung zum Generieren eines Sensorsignals konfiguriert, das die Spannung an dem X-Kondensator anzeigt, wie z.B. eine verkleinerte Version und/oder gleichgerichtete Version der Spannung an dem X-Kondensator.

[0018] Bei manchen Ausführungsformen weist die Detektionsschaltung eine Komparatorschaltung auf, die einen oder mehrere Komparatoren beinhaltet. Dabei generiert die Komparatorschaltung mindes-

tens ein Vergleichssignal, indem sie das Sensorsignal mit mindestens einem Schwellenwert vergleicht.

[0019] Bei manchen Ausführungsformen weist die Detektionsschaltung eine Zeitgeberschaltung auf, wie z.B. einen digitalen Zähler, der für die Bestimmung konfiguriert ist, ob eine bestimmte Zeit seit dem letzten Rückstellereignis verstrichen ist, und das Entladungs-Freigabesignal entsprechend vorgibt. Beispielsweise kann die Zeitgeberschaltung das Entladungs-Freigabesignal auf einem ersten logischen Niveau vorgeben, wenn die Zeitgeberschaltung über ein Rückstellsignal zurückgestellt wird. Als nächstes kann die Zeitgeberschaltung die seit dem Zurückstellen der Zeitgeberschaltung verstrichene Zeit bestimmen und, falls die verstrichene Zeit einen bestimmten Zeitüberschreitungswert bzw. Timeout-Wert überschreitet, kann die Zeitgeberschaltung das Entladungs-Freigabesignal auf einem zweiten logischen Niveau vorgeben.

[0020] Bei manchen Ausführungsformen wird eine Auswerteschaltung verwendet, um dieses Rückstellsignal für die Zeitgeberschaltung als Funktion des mindestens einen Vergleichssignals zu generieren, das von der Vergleichsschaltung bereitgestellt wird.

[0021] Bei einigen Ausführungsformen weist die Detektionsschaltung auch eine dynamische Schwellenwertgeneratorschaltung auf, die zum Variieren des mindestens einen Schwellenwerts der Komparatorschaltung als Funktion des Sensorsignals konfiguriert ist.

[0022] Beispielsweise ist in einigen Ausführungsformen die dynamische Schwellenwertgeneratorschaltung zum Variieren des mindestens einen Schwellenwerts der Komparatorschaltung in Vorsteuerungsweise direkt als Funktion des Sensorsignals konfiguriert.

[0023] Beispielsweise kann die dynamische Schwellenwertgeneratorschaltung in diesem Fall eine Spitzendetektorschaltung aufweisen, die zum Bestimmen eines oberen Schwellenwerts oder Spitzenwerts des Sensorsignals ausgebildet ist, sowie eine Schwellenwertgeneratorschaltung aufweisen, die zum Bestimmen eines unteren Schwellenwerts als Funktion von diesem oberen Schwellenwert konfiguriert ist.

[0024] Hierbei kann die Komparatorschaltung feststellen, ob das Sensorsignal größer als der untere Schwellenwert ist oder alternativ zwischen dem oberen und dem unteren Schwellenwert liegt. Somit zeigt eine führende, insbesondere steigende, Flanke in dem Signal an dem Ausgang des Komparators an, dass das Sensorsignal eine positive Neigung aufweist, während eine fallende Flanke in dem Signal

an dem Ausgang des Komparators anzeigt, dass das Sensorsignal eine negative Neigung aufweist.

[0025] Bei einigen Ausführungsformen kann die Auswerteschaltung somit die Zeitgeberschaltung zurückstellen, wenn das Vergleichssignal eine führende Flanke und/oder eine fallende Flanke aufweist. Die Auswerteschaltung kann auch die Zeit feststellen, die zwischen einer führenden Flanke und einer fallenden Flanke verstrichen ist, und die Zeitgeberschaltung zurückstellen, wenn diese Zeit geringer ist als ein bestimmter Zeit-Schwellenwert.

[0026] Bei einigen Ausführungsformen kann die dynamische Schwellenwertgeneratorschaltung den mindestens einen Schwellenwert der Komparatorschaltung auch in geregelter Weise bzw. Rückkopplungsweise variieren, und zwar als Funktion des mindestens einen Vergleichssignals an dem Ausgang der Komparatorschaltung.

[0027] Beispielsweise kann in diesem Fall die Komparatorschaltung zwei Komparatoren aufweisen, die ein erstes und ein zweites Vergleichssignal generieren, die anzeigen, ob das Sensorsignal größer ist als ein erster bzw. ein zweiter Schwellenwert. Somit zeigen die Vergleichssignale an, ob das Sensorsignal kleiner als, zwischen oder größer als der erste und der zweite Schwellenwert ist.

[0028] Bei einigen Ausführungsformen kann die dynamische Schwellenwertgeneratorschaltung somit den kleineren von dem ersten oder dem zweiten Schwellenwert erhöhen, wenn das Sensorsignal größer ist als sowohl der erste und als auch der zweite Schwellenwert, oder den größeren von dem ersten oder dem zweiten Schwellenwert vermindern, wenn das Sensorsignal kleiner ist als sowohl der erste als auch der zweite Schwellenwert, d.h. die Schwellenwerte sind stets derart angepasst, dass das Sensorsignal zwischen dem ersten und den zweiten Schwellenwert liegt. Somit wird der kleinere Schwellenwert aufgrund einer positiven Neigung in dem Sensorsignal erhöht, während der höhere Schwellenwert aufgrund einer negativen Neigung in dem Sensorsignal vermindert wird.

[0029] Dieses Verhalten kann zum Zurückstellen der Zeitgeberschaltung verwendet werden. Vorteilhafterweise nimmt bei einigen Ausführungsformen die Auswerteschaltung eine Rückstellung der Zeitgeberschaltung jedes Mal dann vor, wenn der kleinere Schwellenwert erhöht wird, d.h. jedes Mal, wenn die Komparatorschaltung anzeigt, dass das Sensorsignal größer ist als beide Schwellenwerte.

[0030] Auf diese Weise stellt die Detektionsschaltung generell das Vorhandensein einer Wechselstromspannung zwischen den beiden Anschlüssen fest, die üblicherweise mit dem X-Kondensator

einer Vorrichtung verbunden sind, wie z.B. einem Schaltnetzteil. Somit ist eine derartige Detektionsschaltung in einer aktiven Entladeschaltung, die zum Entladen eines solchen X-Kondensators ausgebildet ist, von besonderem Nutzen.

[0031] Generell kann die Detektionsschaltung oder die gesamte aktive Entladeschaltung auch in eine digitale und/oder analoge integrierte Schaltung integriert sein, wie z.B. die Ansteuerschaltung eines Schaltnetzteils.

[0032] Die Erfindung und Weiterbildungen der Erfindung werden im Folgenden anhand der zeichnerischen Darstellungen von Ausführungsbeispielen noch näher erläutert. In den Zeichnungen zeigen:

Fig. 1a und 1b Darstellungen einer eingangs bereits beschriebenen Vorrichtung;

Fig. 2 eine Darstellung einer Vorrichtung mit einem X-Kondensator gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 3 eine Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer aktiven Entladeschaltung für die Vorrichtung der **Fig. 2**;

Fig. 4 eine Darstellung einer Detektionsschaltung für die aktive Entladeschaltung der **Fig. 3**;

Fig. 5a und 5b Darstellungen von typischen Wellenformen, die bei der Detektionsschaltung der **Fig. 4** auftreten;

Fig. 6 eine Darstellung eines ersten Ausführungsbeispiels einer Verarbeitungseinheit der in **Fig. 4** gezeigten Detektionsschaltung;

Fig. 7, 8 und 9 Darstellungen von Wellenformen, die bei der Verarbeitungseinheit der **Fig. 6** auftreten können;

Fig. 10 eine Darstellung eines zweiten Ausführungsbeispiels einer Verarbeitungseinheit der in **Fig. 4** gezeigten Detektionsschaltung;

Fig. 11, 13 und 16 Darstellungen von Details der Verarbeitungseinheit der **Fig. 10**;

Fig. 12a und 12b Darstellungen von Wellenformen, die bei der Verarbeitungseinheit der **Fig. 10** auftreten können; und

Fig. 14 und 15 Darstellungen von Ausführungsbeispielen von weiteren Details der aktiven Entladeschaltung der **Fig. 3**.

[0033] In der nachfolgenden Beschreibung werden zahlreiche spezielle Details angegeben, um für ein gründliches Verständnis der Ausführungsformen zu sorgen. Dabei können die Ausführungsformen auch ohne ein oder mehrere spezielle Details oder mit anderen Verfahrensweisen, Komponenten, Materialien usw. umgesetzt werden. Andererseits sind wie-

derum allgemein bekannte Strukturen, Materialien oder Vorgänge nicht dargestellt oder ausführlich beschrieben, um eine Verdunkelung von Aspekten der Ausführungsbeispiele der Erfindung zu vermeiden.

[0034] In der gesamten Beschreibung ist unter der Bezugnahme auf „ein Ausführungsbeispiel“ oder „eine Ausführungsform“ zu verstehen, dass ein bestimmtes Merkmal, eine bestimmte Struktur oder eine bestimmte Eigenschaft, die in Verbindung mit dem Ausführungsbeispiel beschrieben wird, in mindestens einem Ausführungsbeispiel vorhanden ist. Die Verwendung der Ausdrucksweisen „bei einer bestimmten Ausführungsform“ oder „bei einer Ausführungsform“ an verschiedenen Stellen der vorliegenden Beschreibung ist somit nicht notwendigerweise so zu verstehen, dass sich diese alle auf dasselbe Ausführungsbeispiel beziehen. Ferner können die speziellen Merkmale, Strukturen oder Eigenschaften bei einem oder mehreren Ausführungsbeispielen in einer beliebigen geeigneten Weise kombiniert werden.

[0035] Die hierin verwendeten Überschriften dienen lediglich zur Erleichterung und stellen keine Interpretation des Umfangs oder der Bedeutung der Ausführungsbeispiele dar.

[0036] In den nachfolgenden Zeichnungen sind Teile, Elemente oder Komponenten, die unter Bezugnahme auf **Fig. 1** bereits beschrieben wurden, mit demselben Bezugszeichen bezeichnet; die Beschreibung von solchen bereits beschriebenen Elementen wird im Folgenden nicht wiederholt, um die vorstehende ausführliche Beschreibung nicht zu überfrachten.

[0037] Wie vorstehend bereits erwähnt, schafft die vorliegende Erfindung Lösungen für das Entladen eines X-Kondensators.

[0038] **Fig. 2** veranschaulicht ein Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung 30 gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0039] Ähnlich den in **Fig. 1a** und **1b** gezeigten Vorrichtungen beinhaltet auch die Vorrichtung 30 einen Verbinder 302, wie z.B. einen Stecker, der zumindest zwei Stromversorgungsanschlüsse 302a und 302b zur Verbindung mit der externen Wechselstromversorgung 20 aufweist, wobei das über die Anschlüsse 302a und 302b empfangene Wechselstromversorgungssignal V_{in} einer Last zugeführt wird.

[0040] Beispielsweise wird bei einem Ausführungsbeispiel das über die Anschlüsse 302a und 302b empfangene Wechselstromversorgungssignal einem Gleichrichter 310, z.B. einem Brückengleichrichter, zugeführt, der das Wechselstromversor-

gungssignal in ein Gleichstromsignal umwandelt, das über eine positive Stromleitung 316a und eine negative Stromleitung 316b, die Masse GND darstellt, einer Gleichstromlast 312 zugeführt wird.

[0041] Bei einem Ausführungsbeispiel kann es sich bei der Gleichstromlast z.B. um einen Gleichstrom/Gleichstrom- bzw. DC/DC-Schaltwandler oder um einen Gleichstrom/Wechselstrom- bzw. DC/AC-Schaltwandler 312 handeln, der ein reguliertes Stromversorgungssignal einer externen und/oder einer internen Last zuführt, die durch das Bezugszeichen 314a bzw. 314b dargestellt ist. Bei typischen Topologien von Schaltwandlern handelt es sich z.B. um Abwärts-, Aufwärts-, Abwärts-Aufwärts-, Sperr-, Vorwärts-, Halbbrücken- oder Vollbrücken-Wandler, die den Fachleuten allgemein bekannt sind, so dass eine ausführliche Beschreibung derselben an dieser Stelle überflüssig ist.

[0042] In dem betrachteten Ausführungsbeispiel beinhaltet die Vorrichtung 30 auch einen X-Kondensator 304, d.h. mindestens einen Kondensator, der (z.B. direkt) zwischen die Anschlüsse 302a und 302b geschaltet ist.

[0043] Bei diesem Ausführungsbeispiel weist die Vorrichtung 10 ferner eine aktive Entladeschaltung 308 auf, die zum selektiven Entladen des Kondensators 304 konfiguriert ist.

[0044] **Fig. 3** veranschaulicht ein Ausführungsbeispiel einer aktiven Entladeschaltung 308 gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0045] Im Spezielleren besitzt bei dem betrachteten Ausführungsbeispiel die aktive Entladeschaltung 308 eine Detektionsschaltung 40, die für die Bestimmung ausgebildet ist, ob der Verbinder 302 von der Wechselstromquelle 20 getrennt worden ist, sowie eine Entladeschaltung 50, die über ein von der Detektionsschaltung 40 zugeführtes Signal EN angesteuert wird und dazu ausgebildet ist, den Kondensator 304 zu entladen, wenn das Signal EN anzeigt, dass der Verbinder 302 von der Wechselstromquelle 20 getrennt worden ist.

[0046] Im Allgemeinen handelt es sich dann, wenn die Vorrichtung 30 mit der Wechselstromquelle 20 verbunden ist, bei der Spannung V_x an dem Kondensator 304, d.h. der Spannung zwischen den Anschlüssen 302a und 302b, um ein sinusförmiges Signal, d.h. um eine Schwingung mit einer bestimmten Amplitude und Frequenz, z.B. einer Amplitude von 230 V und einer Frequenz von 50 Hz.

[0047] Durch Detektieren einer Wechselstromschwingung an dem Kondensator 304 kann die Detektionsschaltung 40 somit feststellen, ob die Vor-

richtung 30 mit der Wechselstromquelle 20 verbunden ist oder nicht.

[0048] Fig. 4 zeigt eine mögliche Ausführungsform der Detektionsschaltung 40.

[0049] Bei dem betrachteten Ausführungsbeispiel weist die Detektionsschaltung 40 eine optionale Gleichrichterschaltung 402, einen Spannungssensor 404 und eine Verarbeitungseinheit 406 auf.

[0050] Im Spezielleren ist die optionale Gleichrichterschaltung 402 zwischen dem Kondensator 304 und dem Spannungssensor 404 angeordnet, wobei die Gleichrichterschaltung 402 dazu ausgebildet ist, das Wechselstromsignal V_x an dem Kondensator 104 in ein Gleichspannungssignal umzuwandeln.

[0051] Im Gegensatz dazu ist der Spannungssensor 404 dazu ausgebildet, die Spannung an dem Ausgang der Gleichrichterschaltung 402 (oder alternativ direkt an dem Kondensator 304) zu messen. Somit ist im Allgemeinen ein an dem Ausgang des Spannungssensors 404 bereitgestelltes Signal S repräsentativ für die Spannung V_x an dem Kondensator 304.

[0052] Beispielsweise veranschaulicht Fig. 14 eine mögliche Ausführungsform des Spannungssensors 404, die für Vorrichtungen, die bereits einen Gleichrichter 310, wie z.B. einen Brückengleichrichter, aufweisen, besonders geeignet ist.

[0053] Bei dem betrachteten Ausführungsbeispiel wird die Spannung V_x an dem Kondensator 304 über eine Gleichrichterschaltung 402 gleichgerichtet. Im Spezielleren weist der Gleichrichter bei dem betrachteten Ausführungsbeispiel zwei Dioden D_1 und D_2 auf. Im Spezielleren ist die Anode der Diode D_1 mit einem ersten Anschluss des Kondensators 304, z.B. dem Anschluss 302a, verbunden und die Anode der Diode D_2 ist mit dem zweiten Anschluss des Kondensators 304, z.B. dem Anschluss 302b, verbunden. Die Kathoden der Dioden D_1 und D_2 sind (vorzugsweise direkt) zusammengeschaltet und liefern somit stets eine positive Spannung. Insbesondere sind lediglich zwei Dioden D_1 und D_2 ausreichend, da die durch den Gleichrichter 310 bereitgestellte Masse GND als negative Referenz für diese Spannung verwendet werden kann.

[0054] Im Gegensatz dazu könnte, z.B. bei Fehlen des Gleichrichters 310, ein Vollbrückengleichrichter in der Gleichrichterschaltung 402 verwendet werden.

[0055] Die an den Kathoden der Dioden D_1 und D_2 bereitgestellte positive Spannung wird dem Spannungssensor 404 zugeführt.

[0056] Bei dem betrachteten Ausführungsbeispiel wird beispielsweise ein Spannungsteiler, der zwei in Reihe geschaltete Widerstände R_1 und R_2 aufweist, als Spannungssensor 404 verwendet. Im Spezielleren ist bei dem betrachteten Ausführungsbeispiel der Spannungsteiler zwischen dem Verbindungspunkt der Kathoden der Dioden D_1 und D_2 und Masse GND verbunden, und an dem dazwischen liegenden Punkt zwischen den Widerständen R_1 und R_2 wird das Sensorsignal S bereitgestellt. Somit entspricht bei dem betrachteten Ausführungsbeispiel das Signal S einer positiven Spannung in Bezug auf die Masse GND und entspricht einer gleichgerichteten und verminderten Version der Spannung V_x an dem Kondensator 304.

[0057] Wenn die Vorrichtung 30 mit der Wechselstromquelle 20 verbunden ist, kann somit das Signal S unterschiedliche Wellenformen aufweisen, die in erster Linie von dem Vorhandensein und der Implementierung der Gleichrichterschaltung 402 abhängig sind. Z.B. kann es sich bei dem Signal S im Allgemeinen um eine sinusförmige Wechselstromschwingung, eine positive sinusförmige Schwingung (z.B. durch Hinzufügen eines Gleichstrom-Offset zu der Wechselstromschwingung), eine gleichgerichtete sinusförmige Schwingung oder um eine Wellenform handeln, die nur jede zweite Halbwelle aufweist (z.B. durch Verwendung von nur einer einzigen Diode, z.B. der Diode D_1 oder D_2 , in der Gleichrichterschaltung 402).

[0058] Schließlich wertet die Verarbeitungseinheit 406, die durch eine beliebige geeignete analoge und/oder digitale Schaltung implementiert sein kann, das Sensorsignal S aus und bestimmt das Signal EN als Funktion des Sensorsignals S .

[0059] Im Allgemeinen weist die Entladeschaltung 50 mindestens einen elektronischen Schalter SW auf, der zum selektiven Entladen des Kondensators 304 als Funktion des Signals EN ausgebildet ist. Zum Begrenzen des Entladestroms könnte auch ein Widerstand oder allgemein ein Widerstandselement oder ein Stromgenerator (der einen linearen/nichtlinearen Strom und/oder einen konstanten/nicht konstanten Strom generiert) einem solchen elektronischen Schalter SW in Reihe geschaltet sein. Ein solcher elektronischer Schalter SW könnte somit z.B. dem Kondensator 304 parallel geschaltet sein.

[0060] Dagegen könnte in dem Fall, in dem die Vorrichtung einen Gleichrichter 310 aufweist, der elektronische Schalter SW auch den Kondensator an Masse GND entladen.

[0061] Z.B. veranschaulicht Fig. 15 eine Ausführungsform, die in Kombination mit der in Fig. 14 gezeigten Detektionsschaltung verwendet werden kann. Tatsächlich steht bei diesem Ausführungsbei-

spiel an dem Verbindungspunkt der Kathoden der Dioden D_1 und D_2 stets eine positive Spannung in Bezug auf die Masse GND, d.h. die negative Leitung an dem Ausgang des Gleichrichters 310, zur Verfügung. Somit kann in diesem Fall ein elektronischer Schalter SW, wie z.B. ein Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffekttransistor (MOSFET), z.B. mit einem n-leitenden Kanal, zwischen den Verbindungspunkt der Kathoden der Dioden D_1/D_2 und Masse GND geschaltet werden, wobei das Steuergate des elektronischen Schalters SW über das Signal EN angesteuert wird.

[0062] Im Allgemeinen wird auch in diesem Fall ein Trennungseignis möglicherweise nicht durch einfaches Überprüfen detektiert, ob das Signal S größer ist als ein bestimmter Schwellenwert, da bei Trennung des Verbinders 302 der Kondensator 304 auf einen beliebigen Wert zwischen Null und der maximalen Leitungsspannung geladen werden kann. Daher ist die Verwendung eines konstanten feststehenden Schwellenwerts kein zuverlässiger Weg zum Implementieren der Detektion.

[0063] Darüber hinaus ist die Detektion auch deshalb komplex, weil mögliche weitere Komponenten eines dem Verbinder 302 vorgeschalteten EMI-Filters Verzerrungen in die erfasste Spannung S einbringen könnten. Häufig ist es auch nicht möglich, die Verzerrung exakt vorherzusagen, die häufig von den Betriebsbedingungen der elektrischen Last der Vorrichtung abhängig ist.

[0064] Schließlich könnte insbesondere im Kontext von Schaltnetzteilen das Sensorsignal S bei Trennung der Vorrichtung 30 auch nicht allmählich abnehmen, sondern der nachfolgende elektronische Wandler 310 könnte immer noch Energie verbrauchen, wobei dies zu Spannungsprofilen führt, die ähnlich einer linearen oder einer stufenweise abnehmenden langsamen Entladung sind.

[0065] Beispielsweise veranschaulichen die **Fig. 5a** und **5b** zwei mögliche Wellenformen des Signals S im Fall eines Schaltnetzteils bzw. ohne Ausgangslast.

[0066] Im Spezielleren kommt es bei den betrachteten Beispielen, nachdem der Stecker zu einem Zeitpunkt t_0 getrennt wird, zu beträchtlichen Unterschieden bei der Entladezeit des Kondensators 304 zwischen den in **Fig. 5a** und **Fig. 5b** dargestellten Wellenformen. Beispielsweise ist das in **Fig. 5a** veranschaulichte Entladeverhalten recht ähnlich einer abnehmenden Sinuswellenform.

[0067] Somit könnte ein Trennungseignis detektiert werden, indem die maximale Spitze der Wechselstromspannung, die der Amplitude der Schwingung entspricht, mit einer bestimmten

Referenzspannung verglichen werden. Jedoch wäre für diese Lösung die Kenntnis der nominalen Amplitude der Wechselstromspannung erforderlich, die für verschiedene Länder ebenfalls von 80 V Wechselstrom bis 260 V Wechselstrom variieren kann.

[0068] Somit könnte im Allgemeinen die Spannung an dem Kondensator 304 mit einer feststehenden niedrigeren Referenzspannung, wie z.B. 70 V, verglichen werden. Jedoch können zusätzliche Komponenten, insbesondere Induktoren in dem EMI-Filter, Verzerrungen in das Signal S einbringen.

[0069] Dies kann z.B. dann besonders relevant sein, wenn das Signal S in Bezug auf die Masse GND stromabwärts von dem Gleichrichter 310 gemessen wird, wie dies z.B. in **Fig. 15** gezeigt ist. In diesem Fall ist die Form des erfassten Signals S auch stark abhängig von den Lastbedingungen.

[0070] In diesem Kontext haben die Erfinder festgestellt, dass der Spitzenwert nahezu durch den Spitzenwert des Wechselstromnetzes definiert ist, jedoch der niedrigste Wert (der so genannte Talwert) stark von den Lastbedingungen abhängig ist. Beispielsweise ist dies häufig bedingt durch den finiten (und von Null verschiedenen) Wert der EMI-Filterimpedanz. Somit ist im Fall einer schweren Last der Talwert des Signals S normalerweise niedrig, sogar nahe bei Null. Dagegen ist der Teilwert bei leichten Lastbedingungen höher: aufgrund dieser Tatsache könnte ein feststehender niedriger Schwellenwert zu einer verpassten oder falschen Detektion des Wechselstromnetzes (zusammen mit einer unerwünschten Aktivierung der X-Kondensatorentladung) führen.

[0071] **Fig. 6** zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel einer Verarbeitungseinheit 406a gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0072] Im Spezielleren sieht die Lösung bei dem betrachteten Ausführungsbeispiel anstatt der Verwendung einer feststehenden und vorkonfigurierten Referenzspannung die Festlegung eines dynamischen Spannungsschwellenwerts vor.

[0073] Genauer gesagt weist die Verarbeitungseinheit 406a bei dem betrachteten Ausführungsbeispiel eine Komparatorschaltung 412a, eine dynamische Schwellenwertgeneratorschaltung 416a, eine Auswerteschaltung 418a und eine Zeitgeberschaltung 414a auf.

[0074] Im Spezielleren ist die dynamische Schwellenwertgeneratorschaltung 416a dazu konfiguriert, einen oder mehrere Schwellenwerte für die Komparatorschaltung 412a als Funktion des Signals S bereitzustellen.

[0075] Beispielsweise weist die dynamische Schwellenwertgeneratorschaltung 416a bei dem betrachteten Ausführungsbeispiel einen Spitzendetektor 408 und eine Schwellenwertgeneratorschaltung 410 auf.

[0076] Genauer gesagt ist der Spitzendetektor 408 dazu konfiguriert, den maximalen Wert in dem Signal S zu detektieren. Geeignete Spitzendetektoren sind z.B. in der Patentanmeldung US 14/510,925, eingereicht am 9. Oktober 2014, beschrieben, die zu diesem Zweck durch Bezugnahme zu einem Bestandteil der vorliegenden Beschreibung gemacht wird.

[0077] Wenn die Vorrichtung 30 mit der Wechselstromquelle 20 verbunden ist, liefert der Spitzendetektor 408 somit nach einer oder mehreren Schwingungen des Wechselstromsignals den maximalen Wert des Signals S, der die Amplitude der Schwingung der Spannung V_x an dem Kondensator 304 darstellt. Somit stellt dieser Spitzenwert einen oberen dynamischen Schwellenwert DHT für das Signal S dar.

[0078] Bei dem betrachteten Ausführungsbeispiel verwendet die Schwellenwertgeneratorschaltung 410 dieses Signal zum Generieren von zumindest einem Schwellenwert, wie z.B. ein Referenzspannungssignal, für die Komparatorschaltung 412a.

[0079] Bei einem Ausführungsbeispiel weist die Komparatorschaltung 412a z.B. einen einzelnen Komparator auf, der dazu ausgebildet ist, das Signal S mit einem unteren Schwellenwert DLT zu vergleichen. In diesem Fall kann die Schwellenwertgeneratorschaltung 410 dazu konfiguriert sein, diesen unteren Schwellenwert DLT als Funktion des oberen dynamischen Schwellenwerts DHT dynamisch zu bestimmen. Beispielsweise kann der untere Schwellenwert DLT berechnet werden, indem ein bestimmter Wert von dem Schwellenwert DHT subtrahiert wird, wie z.B. 20-50 V, oder indem der Schwellenwert DHT mit einem bestimmten Prozentsatz, wie z.B. 90 %, skaliert wird. Im Allgemeinen kann die Differenz zwischen den beiden Schwellenwerten auch programmierbar sein, beispielsweise mittels Software, T-Trimmen oder Metalloptionen.

[0080] Somit entspricht der untere Schwellenwert DLT einer dynamischen Schwelle, die als Funktion des Spitzenwerts der Spannung an dem Kondensator 304 bestimmt wird. Bei dem betrachteten Ausführungsbeispiel zeigt ein Signal OVTH an dem Ausgang des Komparators 412a somit an, ob das Signal S, welches die Spannung an dem Kondensator 304 angibt, größer ist als der untere Schwellenwert DLT.

[0081] Beispielsweise zeigt **Fig. 7** eine mögliche Wellenform für das Signal OVTH, das auf einem ers-

ten logischen Niveau, z.B. „1“, vorgegeben ist, wenn die Spannung an dem Kondensator 304 größer ist als der untere Schwellenwert DLT, und das auf einem zweiten logischen Niveau, z.B. „0“, vorgegeben ist, wenn die Spannung an dem Kondensator 304 niedriger ist als der untere Schwellenwert DLT. Solange die Wechselstromquelle 20 mit der Vorrichtung 30 verbunden ist, wird somit ein einzelner Puls für jede Halbwelle der gleichgerichteten Schwingung der Wechselstromquelle 20 erzeugt. Umgekehrt würde bei Nichtvorhandensein eines Gleichrichters 316 oder bei Verwendung nur einer einzigen Diode in der Gleichrichterschaltung 316 ein einzelner Puls für jede Schwingung erzeugt werden.

[0082] Bei einem Ausführungsbeispiel kann die Komparatorschaltung 412a stattdessen einen Fensterkomparator aufweisen, der feststellen kann, ob das Signal S zwischen einem unteren und einem oberen Schwellenwert liegt. In diesem Fall kann die Schwellenwertgeneratorschaltung 410 dazu konfiguriert sein, sowohl den unteren dynamischen Schwellenwert OLT als auch den oberen dynamischen Schwellenwert DHT dem Fensterkomparator der Komparatorschaltung 412a zuzuführen. Somit würde in diesem Fall das Signal OVTH anzeigen, ob das Signal S zwischen dem unteren und dem oberen dynamischen Schwellenwert DLT und DHT liegt. Ein solcher Fensterkomparator kann z.B. die Robustheit und Wirksamkeit erhöhen und geeignet sein, wenn Wechselstromschwankungen mit höherer Genauigkeit/Auflösung detektiert werden sollten.

[0083] Wenn die Vorrichtung 30 mit der Wechselstromquelle 20 verbunden ist, weist somit das Signal OVTH an dem Ausgang der Komparatorschaltung 412a mindestens einen Puls für eine Zeitdauer T auf, welche entspricht:

$$T = 1 / f_{AC}$$

wobei f_{AC} die Frequenz der Wechselstromschwingung der Wechselstromquelle 20 ist, die üblicherweise 50 oder 60 Hz beträgt.

[0084] In umgekehrter Weise fehlen solche Pulse, wenn die Vorrichtung 30 von der Wechselstromquelle 20 getrennt ist.

[0085] Beispielsweise veranschaulicht **Fig. 8** in dieser Hinsicht mögliche Wellenformen für das Signal S und ein entsprechendes Signal OVTH.

[0086] Somit wird bei dem betrachteten Ausführungsbeispiel die Zeitgeberschaltung 414a ähnlich einem Überwachungszeitgeber oder einem Timeout- bzw. Zeitüberschreitungs-Zähler für die Bestimmung verwendet, ob eine bestimmte Zeitdauer seit dem Auftreten des letzten Pulses in dem Signal OVTH verstrichen ist.

[0087] Beispielsweise kann eine solche Zeitgeberschaltung 414a mit einem Zähler implementiert sein, der einen Zählwert erhöht oder vermindert, bis ein bestimmter Wert erreicht wird, und der auf der Basis eines Rückstellsignals RESET auf einen bestimmten Ausgangswert zurückgestellt wird. Somit kann in diesem Fall eine solche Zeitgeberschaltung 414a als Funktion des Signals OVTH zurückgestellt werden.

[0088] Beispielsweise wird bei dem betrachteten Ausführungsbeispiel das Signal OVTH zu diesem Zweck der Auswerteschaltung 418a zugeführt, die ein Signal RESET für die Zeitgeberschaltung 414a als Funktion des Signals OVTH bestimmt.

[0089] Beispielsweise ist die Auswerteschaltung 418a bei einem Ausführungsbeispiel dazu konfiguriert (auf der Basis der logischen Werte des Signals OVTH), die Zeitgeberschaltung 414a bei jeder steigenden Flanke des Signals OVTH, die eine positive Neigung in dem Signal S darstellt, zurückzustellen oder neu zu starten. Somit kann in diesem Fall die Zeitgeberschaltung 414a bestimmen, ob eine bestimmte Zeitdauer seit einer letzten steigenden Flanke des Signals OVTH verstrichen ist. Beispielsweise sollte der zeitliche Schwellenwert oder Timeout-Wert TO für die Zeitgeberschaltung 414a typischerweise mehreren Perioden T einer typischen Schwingung der Wechselstromquelle, wie z.B. 40 bis 100 ms, entsprechen. Wenn die Zeitgeberschaltung 414a den Timeout-Wert TO erreicht, kann somit die Zeitgeberschaltung 414a die Entladeschaltung 50 über das Signal EN aktivieren, um den Kondensator 304 zu entladen.

[0090] Bei einem Ausführungsbeispiel kann die Auswerteschaltung 418a dazu konfiguriert sein, die Zeitgeberschaltung 414a auch bei jeder fallenden Flanke des Signals OVTH zurückzustellen. Somit ist die Zeitgeberschaltung 414a in diesem Fall dazu konfiguriert, die Entladeschaltung freizugeben, wenn die Zeitgeberschaltung einen bestimmten Timeout-Wert TO seit der letzten steigenden oder fallenden Flanke des Signals OVTH erreicht.

[0091] Somit aktiviert die Zeitgeberschaltung 414a die Entladeschaltung im Allgemeinen dann, wenn eine bestimmte Zeitdauer seit der letzten steigenden und/oder fallenden Flanke in dem Signal OVTH verstrichen ist.

[0092] In umgekehrter Weise können unterschiedliche Lösungen für die Bestimmung verwendet werden, wann die Entladeschaltung 50 wieder deaktiviert oder ausgeschaltet werden sollte.

[0093] Beispielsweise könnte die Zeitgeberschaltung 414a dazu konfiguriert werden, die Entladeschaltung 50 nur bei einer steigenden Flanke in

dem Signal OVTH zu deaktivieren, die eine positive Flanke in dem Signal S anzeigt. In diesem Fall kann die Auswerteschaltung 418a z.B. dazu konfiguriert sein, die Zeitgeberschaltung 414a über ein Signal RESET bei jeder steigenden Flanke in dem Signal OVTH zurückzustellen.

[0094] Dagegen sollte die Zeitgeberschaltung 414a die Entladeschaltung 50 bei einer fallenden Flanke nicht einfach deaktivieren, da nach einer Aktivierung der Entladeschaltung die Spannung an dem Kondensator 304 geringer wird, wobei dies eine fallende Flanke in dem Signal OVTH verursachen könnte.

[0095] Zum Vermeiden dieses Problems ist somit bei einem Ausführungsbeispiel die Auswerteschaltung 418a für die Bestimmung konfiguriert, ob das Signal S Neigungsänderungen (Ableitung zweiten Grades) zeigt, wobei die Auswerteschaltung 418a die Zeitgeberschaltung 414a letztendlich zurückstellt.

[0096] Bei einem Ausführungsbeispiel ist die Auswerteschaltung 418a z.B. für die Bestimmung der zwischen zwei aufeinander folgenden Flanken in dem Signal OVTH verstrichenen Zeit konfiguriert, d.h. der Zeit zwischen einer steigenden Flanke und einer fallenden Flanke oder umgekehrt zwischen einer fallenden Flanke und einer steigenden Flanke, um dadurch zwei Werte zu bestimmen: einen ersten Wert TH, der die Dauer anzeigt, in der das Signal OVTH hoch war, und einen zweiten Wert TL, der die Dauer anzeigt, in der das Signal OVTH niedrig war. In diesem Fall kann die Auswerteschaltung 418a dazu ausgebildet sein, diese Zeitdauern mit mindestens einem zeitlichen Schwellenwert zu vergleichen, um zu bestimmen, ob diese Zeitdauern innerhalb bestimmter Grenzen liegen. In einem Ausführungsbeispiel kann die Auswerteschaltung 418a z.B. bestimmen, ob die erste Dauer TH und die zweite Dauer TL beide kleiner sind als ein Timeout-Wert TO, der der Zeitdauer von mehreren Perioden oder Unterperioden einer typischen Wechselstromschwingung entsprechen könnte, z.B. 5, 10, 20-100 ms. Somit könnte die Auswerteschaltung 418a in diesem Fall die Zeitgeberschaltung 414a zurückstellen und somit die Entladeschaltung 50 nur dann deaktivieren, wenn die Zeitdauern TH und/oder TL innerhalb der spezifizierten Grenzen liegen.

[0097] Beispielsweise veranschaulicht **Fig. 9** für diese Ausführungsform eine mögliche Wellenform für das Signal OVTH sowie ein jeweiliges Freigabesignal EN für die Entladeschaltung 50.

[0098] Speziell liegt bei dem betrachteten Beispiel Folgendes vor:

- zu einem Zeitpunkt t_1 erreicht die Spannung des Signals S den unteren Spannungsschwellenwert DLT,

- zu einem Zeitpunkt t_3 fällt die Spannung des Signals S unter den unteren Spannungsschwellenwert DLT,

- zu einem Zeitpunkt t_4 erreicht die Spannung des Signals S wieder den unteren Spannungsschwellenwert DLT, und

- zu einem Zeitpunkt t_5 fällt die Spannung des Signals S wieder unter den unteren Spannungsschwellenwert DLT.

[0099] Somit weist das Signal OVTH bei dem betrachteten Ausführungsbeispiel zwei Pulse auf. Weiterhin sind bei dem betrachteten Beispiel die Dauer TH_1 des ersten Pulses und die Dauer TL_2 größer als der Timeout-Wert TO, und die Dauer TH_2 des zweiten Pulses ist kleiner als der Timeout-Wert TO. Bei Betrachtung der vorstehenden Konfiguration der Auswerteschaltung 418a aktiviert die Zeitgeberschaltung 414a somit die Entladeschaltung 50, nachdem die Zeit TO seit der ersten steigenden Flanke verstrichen ist, d.h. zu dem Zeitpunkt t_2 . Dagegen nimmt die Auswerteschaltung 418a eine Rückstellung der Zeitgeberschaltung 414a und somit eine Deaktivierung der Entladeschaltung 50 erst bei der zweiten fallenden Flanke zu dem Zeitpunkt t_5 vor, da erst in diesem Moment die Auswerteschaltung 418a in der Lage ist, die Zeitdauer TH_2 des zweiten Pulses zu bestimmen und diese Zeitdauer mit dem Timeout-Wert TO zu vergleichen.

[0100] Dieses Verfahren hat den weiteren Vorteil, dass geringe Schwankungen bei der Wechselstrom-Eingangsspannung automatisch gefiltert werden können.

[0101] Fig. 10 veranschaulicht ein zweites Ausführungsbeispiel der Verarbeitungseinheit 406b.

[0102] Im Spezielleren weist die Verarbeitungseinheit 406b auch bei diesem Ausführungsbeispiel eine Komparatorschaltung 412a, eine dynamische Schwellenwertgeneratorschaltung 416b, eine Auswerteschaltung 418b und eine Zeitgeberschaltung 414b auf. Auch in diesem Fall ist die dynamische Schwellenwertgeneratorschaltung 416b dazu konfiguriert, mindestens einen Schwellenwert an der Komparatorschaltung 412b bereitzustellen, der als Funktion des Signals S bestimmt worden ist, wobei die Auswerteschaltung 418b dazu konfiguriert ist, die Zeitgeberschaltung 414b als Funktion von einem oder mehreren Signalen an dem Ausgang der Komparatorschaltung 412b zurückzustellen.

[0103] Während jedoch bei dem in Fig. 6 veranschaulichten Ausführungsbeispiel der bzw. die Schwellenwerte in Vorsteuerungsweise bzw. in einem offenen Regelkreis direkt auf der Basis des Signals bestimmt wurden, werden bei dem betrachteten Ausführungsbeispiel die Schwellenwerte in

Rückkopplungsweise bzw. in einem geschlossenen Regelkreis auf der Basis der Signale an dem Ausgang der Komparatorschaltung 412b aktualisiert.

[0104] Genauer gesagt weist die Komparatorschaltung 412b bei dem betrachteten Ausführungsbeispiel zwei Komparatoren 412₁ und 412₂ auf, die das Signal S mit zwei dynamischen Schwellenwerten DT_1 und DT_2 vergleichen, die von der dynamischen Schwellenwertgeneratorschaltung 416b bereitgestellt werden.

[0105] Somit zeigt bei dem betrachteten Ausführungsbeispiel das Signal $COMP_1$ an dem Ausgang des ersten Komparators 412₁ an, ob das Signal S größer ist als das Referenzspannungssignal DT_1 , und das Signal $COMP_2$ an dem Ausgang des zweiten Komparators 412₂ zeigt an, ob das Signal S größer ist als das Referenzspannungssignal DT_2 .

[0106] Ferner führt die Komparatorschaltung 412b bei dem betrachteten Ausführungsbeispiel die Vergleichssignale $COMP_1$ und $COMP_2$ der Auswerteschaltung 418b zu, bei der es sich z.B. um eine Kombinationsschaltung handelt, die dazu konfiguriert ist, auf der Basis der Signale $COMP_1$ und $COMP_2$ festzustellen, ob das Signal S zunimmt oder abnimmt.

[0107] Im Spezielleren sieht die Auswerteschaltung 418b bei dem betrachteten Ausführungsbeispiel zu diesem Zweck ein Signal INC vor, welches anzeigt, dass das Signal S größer ist als sowohl DT_1 als auch DT_2 , sowie ein Signal DEC vor, welches anzeigt, dass das Signal S kleiner ist als sowohl DT_1 als auch DT_2 .

[0108] Fig. 11 veranschaulicht eine mögliche Ausführungsform der Auswerteschaltung 418b für die logischen Pegel der Signale $COMP_1$ und $COMP_2$, die aus der Verbindung der Signale mit dem positiven und dem negativen Eingangsanschluss der Komparatoren 412₁ und 412₂ resultieren, wie dies in Fig. 10 gezeigt ist. Im Spezielleren kann in diesem Fall das Signal INC über ein UND-Gatter 412 erzielt werden, und das Signal DEC kann über ein NOR-Gatter 422 erzielt werden, wobei beiden Gattern die Signale $COMP_1$ und $COMP_2$ als Eingangssignale zugeführt werden.

[0109] Somit ist die dynamische Schwellenwertgeneratorschaltung 416b in der Lage, festzustellen (über die Komparatorschaltung 412b), ob das Signal S größer als (z.B. $INC = „1“$ und $DEC = „0“$), kleiner als (z.B. $INC = „0“$ und $DEC = „1“$) oder zwischen den Schwellenwerten DT_1 und DT_2 liegt (z.B. $INC = „0“$ und $DEC = „0“$). Bei dem betrachteten Ausführungsbeispiel verwendet die dynamische Schwellenwertgeneratorschaltung 416b diese Information zum Variieren der Schwellenwerte DT_1 und DT_2 .

[0110] Beispielsweise veranschaulicht **Fig. 16** eine mögliche Ausführungsform der dynamischen Schwellenwertgeneratorschaltung 416b. Bei dem betrachteten Ausführungsbeispiel werden die Signale INC und DEC einer digitalen Verarbeitungseinheit 420 zugeführt, bei der es sich z.B. um einen Mikroprozessor handelt. Die digitale Verarbeitungseinheit 420 wertet die Signale INC und DEC aus und gibt die Schwellenwerte DT_1 und DT_2 über jeweilige Digital-Analog-Wandler DAC_1 und DAC_2 vor.

[0111] **Fig. 12a** veranschaulicht in dieser Hinsicht eine mögliche Arbeitsweise eines Ausführungsbeispiels der dynamischen Schwellenwertgeneratorschaltung 416b.

[0112] Bei dem betrachteten Ausführungsbeispiel werden zu Beginn die Schwellenwerte DT_1 und DT_2 als jeweilige Anfangswerte vorgegeben, z.B. $DT_1 = DT_{1,0}$, und $DT_2 = DT_{2,0}$, wobei einer der Schwellenwerte größer ist als der andere, d.h. der eine Schwellenwert stellt einen niedrigeren Schwellenwert dar, und der andere Schwellenwert stellt einen höheren Schwellenwert dar, z.B. $DT_{2,0} > DT_{1,0}$.

[0113] Wenn das Signal INC anzeigt, dass das Signal S größer ist als DT_1 und DT_2 , d.h. $S > DT_{1,0}$ und $S > DT_{2,0}$, weist die Schaltung 416b dem niedrigeren Schwellenwert einen neuen Wert zu, wobei der neue Wert größer ist als der vorherige höhere Schwellenwert. Beispielsweise wird in dem vorliegenden Fall dem Schwellenwert DT_1 ein neuer Wert $DT_{1,1}$ zugewiesen, wobei $DT_{1,1} > DT_{2,0}$ ist. Somit wird der vorhergehende niedrigere Schwellenwert zu dem neuen höheren Schwellenwert (der größer ist als der aktuelle Wert des Signals S), und damit einhergehend ändert das Signal INC wiederum den logischen Zustand.

[0114] Dieses Schema wird jedes Mal wiederholt, wenn das Signal INC auf hoch geht und somit der steigenden Flanke des Signals S folgt. Bei dem betrachteten Ausführungsbeispiel überschreitet das Signal S z.B. drei Mal die Schwellenwerte DT_1 und DT_2 , bis die Schwellenwerte mit $DT_1 = DT_{1,2}$ und $DT_2 = DT_{2,1}$ vorgegeben werden.

[0115] Somit stellt bei dem betrachteten Ausführungsbeispiel der eine der beiden Schwellenwerte einen niedrigeren Schwellenwert dar und der andere einen höheren Schwellenwert dar, und wenn das Signal INC anzeigt, dass das Signal S größer als beide Schwellenwerte ist, erhöht die Schaltung 416b den niedrigeren Schwellenwert derart, dass der niedrigere Schwellenwert zu dem neuen höheren Schwellenwert wird.

[0116] Wenn dagegen das Signal S wieder abnimmt, wird zu einem bestimmten Moment durch

das Signal DEC angezeigt, dass das Signal S kleiner ist als DT_1 und DT_2 , d.h. $S < DT_{1,2}$ und $S < DT_{2,1}$. In diesem Moment vermindert die Schaltung 416b den aktuellen höheren Schwellenwert. Beispielsweise wird in **Fig. 12a** das Signal DT_1 auf einen neuen Wert $DT_{1,1}$ gesetzt, der kleiner ist als der aktuelle Wert von DT_2 .

[0117] Wenn somit bei dem betrachteten Ausführungsbeispiel das Signal DEC anzeigt, dass das Signal S kleiner ist als beide Schwellenwerte, reduziert die Schaltung 416b den höheren Schwellenwert derart, dass der höhere Schwellenwert zu dem neuen niedrigeren Schwellenwert wird.

[0118] Durch Wiederholen der vorstehend geschilderten Vorgehensweise kann die Verarbeitungseinheit 406b somit der Wellenform des Signals S folgen. Ferner zeigen die Signale INC und DEC jeweils an, ob das Signal S eine positive Neigung oder eine negative Neigung aufweist.

[0119] Bei einem Ausführungsbeispiel werden mindestens vier Stufen für jeden der Schwellenwerte DT_1 und DT_2 verwendet. Z.B. zeigt **Fig. 13** eine Tabelle mit typischen Werten von 7 Stufen L für jeden der Schwellenwerte DT_1 und DT_2 . Im Spezielleren sind diese Werte sowohl für Anwendungen mit 110 V Wechselstrom als auch für Anwendungen mit 230 V Gleichstrom geeignet. Für die Fachleute ist erkennbar, dass sich die angegebenen Werte auf die absoluten Schwellenwerte bezogen auf die Amplitude der Spannung V_x beziehen, die letztendlich auf der Basis des Verhältnisses der Spannungsdetektionsschaltung 404b skaliert werden sollte.

[0120] Wie in **Fig. 12a** gezeigt, können dann, wenn das Signal S auf Null sinkt, die Schwellenwerte im Allgemeinen auf dem niedrigsten Niveau gehalten bleiben, z.B. den Niveaus $DT_{1,0}$ und $DT_{2,0}$, die größer sind als Null. Somit bleibt das Signal DEC in diesem Fall hoch, bis das Signal S wieder zunimmt und den unteren Schwellenwert, z.B. $DT_{1,0}$ in **Fig. 12a**, überschreitet.

[0121] Dagegen zeigt **Fig. 12b** eine Ausführungsform, bei der die Verarbeitungseinheit in diesem Fall einen Standardwert bzw. voreingestellten Wert DT_0 zuweist, der höchstens Null beträgt oder sogar negativ ist. Wenn die Schwellenwerte die niedrigsten Niveaus erreicht haben, z.B. die Niveaus $DT_{1,0}$ und $DT_{2,0}$, und das Signal DEC hoch wird, weist die Verarbeitungseinheit dem aktuellen höheren Schwellenwert diesen Standardwert, z.B. $DT_2 = DT_0$, zu.

[0122] Somit werden die Niveaus der Schwellenwertsignale DT_1 und DT_2 im Allgemeinen derart konfiguriert, dass die Signale INC und DEC (bei Vorhandensein eines Wechselstromversorgungssignals)

jeweils eine Mehrzahl von Pulsen für jede steigende oder fallende Neigung des Signals S aufweisen.

[0123] Somit kann ähnlich dem in **Fig. 6** veranschaulichten Ausführungsbeispiel die Auswerteschaltung 418b dazu konfiguriert sein, die Zeitgeberschaltung 414b über ein Signal RESET als Funktion der von der Komparatorschaltung 412b bereitgestellten Signale, d.h. der Signale INC und DEC, zurückzustellen.

[0124] In dem in **Fig. 11** gezeigten Ausführungsbeispiel entspricht das Signal RESET z.B. dem Signal INC, d.h. das Signal RESET weist nur die Pulse des Signals INC auf, wobei dies somit eine positive Neigung des Signals S anzeigt.

[0125] Während bei dem vorherigen Ausführungsbeispiel eine Art Logik erforderlich war, um die Wellenform des Signals OVTH zu analysieren, z.B. um die steigende Flanke des Signals OVTH zu bestimmen, weist das Signal INC in dem vorliegenden Fall nur kurze Pulse auf, und somit könnte dieses Signal direkt zum Zurückstellen der Zeitgeberschaltung 414b verwendet werden.

[0126] Im Allgemeinen können die unter Bezugnahme auf die **Fig. 6** und **10** erläuterten Ausführungsbeispiele auch kombiniert werden, und Komponenten könnten mehrfach genutzt werden, wobei z.B. nur eine einzige Zeitgeberschaltung anstatt von zwei separaten Zeitgeberschaltungen 414a und 414b verwendet wird. Beispielsweise könnte in diesem Fall das von der Auswerteschaltung 418a der **Fig. 6** bereitgestellte Signal RESET z.B. über ein logisches ODER-Gatter mit dem von der Auswerteschaltung 418b der **Fig. 10** bereitgestellten Signal RESET kombiniert werden.

[0127] Eine derartige Kombination der Schaltungen führt zu einer Systemlösung, die für einen großen Bereich von Anwendungsbedingungen geeignet ist (z.B. EMI-Filterstrukturen, Lastbedingungen usw.). Die Schaltungskombination stellt eine zuverlässige und effektive Lösung unabhängig von Systembetriebsbedingungen dar.

[0128] Selbstverständlich können unbeschadet den Prinzipien der vorliegenden Erfindung die Konstruktionsdetails sowie die Ausführungsformen gegenüber den vorstehend lediglich exemplarisch beschriebenen Beispielen stark variieren, ohne dass man dabei den Umfang der vorliegenden Erfindung verlässt, wie dieser durch die beigefügten Ansprüche definiert ist.

Patentansprüche

1. Detektionsschaltung (40) für eine aktive Entladeschaltung (308), die zum Entladen eines X-Kon-

densators (304) einer Vorrichtung (30) ausgebildet ist, wobei die Detektionsschaltung (40) zum Generieren eines Entladungs-Freigabesignals (EN) konfiguriert ist, das das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein einer an dem X-Kondensator (304) anliegenden Wechselstromschwingung signalisiert, wobei die Detektionsschaltung (40) Folgendes aufweist:

- eine Sensorschaltung (402; 404) zur Verbindung mit dem X-Kondensator (304), wobei die Sensorschaltung (402; 404) zum Generieren eines Sensorsignals (S) konfiguriert ist, das die Spannung an dem X-Kondensator (304) anzeigt;

- eine Komparatorschaltung (412), die zum Generieren von mindestens einem Vergleichssignal (OVTH; COMP₁, COMP₂) konfiguriert ist, indem das Sensorsignal (S) mit mindestens einem Schwellenwert (DLT; DLT, DHT; DT₁, DT₂) verglichen wird;

- eine Zeitgeberschaltung (414), die konfiguriert ist zum:

- a) Vorgeben des Entladungs-Freigabesignals (EN) auf einem ersten logischen Niveau, wenn die Zeitgeberschaltung (14) über ein Rückstellsignal (RESET) zurückgestellt worden ist; und

- b) Bestimmen der verstrichenen Zeit seit der Rückstellung der Zeitgeberschaltung (414) über ein Rückstellsignal (RESET);

- c) Prüfen, ob die verstrichene Zeit einen bestimmten Timeout-Wert überschreitet; und

- d) in dem Fall, in dem die verstrichene Zeit den bestimmten Timeout-Wert überschreitet, Vorgeben des Entladungs-Freigabesignals (EN) auf einem zweiten logischen Niveau;

- eine Auswerteschaltung (418), die zum Generieren des Rückstellsignals (RESET) für die Zeitgeberschaltung (414) als Funktion des mindestens einen Vergleichssignals (OVTH; COMP₁, COMP₂) konfiguriert ist; und

- eine dynamische Schwellenwertgeneratorschaltung (416), die zum Variieren des mindestens einen Schwellenwerts (DLT, DHT; DT₁, DT₂) der Komparatorschaltung (412) als Funktion des Sensorsignals (S) konfiguriert ist, dadurch gekennzeichnet dass die dynamische Schwellenwertgeneratorschaltung (416b) weiterhin dazu konfiguriert ist, den mindestens einen Schwellenwert (DT₁, DT₂) der Komparatorschaltung (412) als Funktion des mindestens einen Vergleichssignals (COMP₁, COMP₂) in Rückkopplungsweise zu variieren.

2. Detektionsschaltung (40) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die dynamische Schwellenwertgeneratorschaltung (416a) dazu konfiguriert ist, den mindestens einen Schwellenwert (DLT, DHT) der Komparatorschaltung (412) als Funktion des Sensorsignals (S) in Vorsteuerungsweise zu variieren.

3. Detektionsschaltung (40) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die dynamische

Schwellenwertgeneratorschaltung (416a) aufweist:

- eine Spitzendetektorschaltung (408), die zum Bestimmen eines oberen Schwellenwerts (DHT) konfiguriert ist, der einen Spitzenwert des Sensorsignals (S) angibt; und
- eine Schwellenwertgeneratorschaltung (410), die zum Bestimmen eines unteren Schwellenwerts (DLT) als Funktion des oberen Schwellenwerts (DHT) konfiguriert ist.

4. Detektionsschaltung (40) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Komparator-schaltung (412a) aufweist:

- einen einzelnen Komparator (412a), der zum Generieren eines Vergleichssignals (OVTH) konfiguriert ist, das anzeigt, ob das Sensorsignal (S) größer ist als der untere Schwellenwert (DLT); oder
- einen Fensterkomparator (412a), der zum Generieren eines Vergleichssignals (OVTH) konfiguriert ist, das anzeigt, ob das Sensorsignal (S) zwischen dem unteren Schwellenwert (DLT) und dem oberen Schwellenwert (DHT) liegt.

5. Detektionsschaltung (40) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Auswerteschaltung (418a) konfiguriert ist zum:

- Prüfen, ob das Vergleichssignal (OVTH) eine führende und/oder eine fallende Flanke aufweist; und
- Zurückstellen der Zeitgeberschaltung (414a) über das Rückstellsignal (RESET), wenn das Vergleichssignal (OVTH) eine führende und/oder eine fallende Flanke aufweist.

6. Detektionsschaltung (40) nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Auswerteschaltung (418a) konfiguriert ist zum:

- Prüfen, ob das Vergleichssignal (OVTH) sowohl eine führende als auch eine fallende Flanke aufweist;
- in dem Fall, dass das Vergleichssignal (OVTH) sowohl eine führende als auch eine fallende Flanke aufweist, Bestimmen der zwischen der führenden und der fallenden Flanke verstrichenen Zeit;
- Prüfen, ob die zwischen der führenden und der fallenden Flanke verstrichene Zeit geringer ist als ein bestimmter Zeit-Schwellenwert; und
- Zurückstellen der Zeitgeberschaltung (414a) über das Rückstellsignal (RESET), wenn die zwischen der führenden und der fallenden Flanke verstrichene Zeit geringer ist als der bestimmte Zeit-Schwellenwert.

7. Detektionsschaltung (40) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Komparator-schaltung (412b) aufweist:

- einen ersten Komparator (412₁), der zum Generieren eines ersten Vergleichssignals (COMP₁) konfiguriert ist, das anzeigt, ob das Sensorsignal (S) größer ist als ein erster Schwellenwert (DT₁); und
- einen zweiten Komparator (412₂), der zum Gene-

rieren eines zweiten Vergleichssignals (COMP₂) konfiguriert ist, das anzeigt, ob das Sensorsignal (S) größer ist als ein zweiter Schwellenwert (DT₂).

8. Detektionsschaltung (40) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die dynamische Schwellenwertgeneratorschaltung (416b) konfiguriert ist zum:

- Bestimmen, welcher von dem ersten (DT₁) oder dem zweiten (DT₂) Schwellenwert größer ist;
- Prüfen, ob das erste (COMP₁) und das zweite (COMP₂) Vergleichssignal anzeigen, dass das Sensorsignal (S) größer ist als sowohl der erste (DT₁) als auch der zweite (DT₂) Schwellenwert;
- Prüfen, ob das erste (COMP₁) und das zweite (COMP₂) Vergleichssignal anzeigen, dass das Sensorsignal (S) kleiner ist als sowohl der erste (DT₁) als auch der zweite (DT₂) Schwellenwert;
- in dem Fall, dass das erste (COMP₁) und das zweite (COMP₂) Vergleichssignal anzeigen, dass das Sensorsignal (S) größer ist als sowohl der erste (DT₁) als auch der zweite (DT₂) Schwellenwert, Erhöhen des kleineren Schwellenwerts von dem ersten (DT₁) oder dem zweiten (DT₂) Schwellenwert; und
- in dem Fall, dass das erste (COMP₁) und das zweite (COMP₂) Vergleichssignal anzeigen, dass das Sensorsignal (S) kleiner ist als sowohl der erste (DT₁) als auch der zweite (DT₂) Schwellenwert, Reduzieren des größeren Schwellenwerts von dem ersten (DT₁) oder dem zweiten (DT₂) Schwellenwert.

9. Detektionsschaltung (40) nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Auswerteschaltung (418b) konfiguriert ist zum:

- Prüfen, ob das erste (COMP₁) und das zweite (COMP₂) Vergleichssignal anzeigen, dass das Sensorsignal (S) größer ist als sowohl der erste (DT₁) als auch der zweite (DT₂) Schwellenwert; und
- Zurückstellen der Zeitgeberschaltung (414a) über das Rückstellsignal (RESET), wenn das erste (COMP₁) und das zweite (COMP₂) Vergleichssignal anzeigen, dass das Sensorsignal (S) größer ist als sowohl der erste (DT₁) als auch der zweite (DT₂) Schwellenwert.

10. Aktive Entladeschaltung (308), die zum Entladen eines X-Kondensators (304) einer Vorrichtung (30) ausgebildet ist, wobei die aktive Entladeschaltung (308) aufweist:

- eine Detektionsschaltung (40) nach einem der vorhergehenden Ansprüche; und
- eine Entladeschaltung (50), die dazu ausgebildet ist, mit dem X-Kondensator (304) gekoppelt zu werden, sowie dazu konfiguriert ist, den X-Kondensator (304) als Funktion des Entladungs-Freigabesignals (EN) zu entladen, das von der Detektionsschaltung (40) generiert wird

11. Aktive Entladeschaltung (308) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Entladeschaltung (50) mindestens einen elektronischen Schalter aufweist, wie z.B. einen elektronischen Schalter, der mit einem Widerstandselement, wie z.B. einem Widerstand verbunden ist, und/oder einen Stromgenerator, wie z.B. einen Stromgenerator, der einen linearen/nichtlinearen Strom und/oder einen konstanten/nicht konstanten Strom erzeugt.

12. Integrierte Schaltung, die Folgendes aufweist:

- eine Detektionsschaltung (40) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, oder
- eine aktive Entladeschaltung (308) nach Anspruch 10 oder 11.

13. Verfahren zum Detektieren des Vorhandenseins oder Nichtvorhandenseins einer an einem X-Kondensator (304) einer Vorrichtung (30) anliegenden Wechselstromschwingung, wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist:

- Überwachen einer Spannung an dem X-Kondensator (304);
- Generieren von mindestens einem Vergleichssignal (OVTH; COMP₁, COMP₂) durch Vergleichen der Spannung an dem X-Kondensator (304) mit mindestens einem Schwellenwert (DLT; DLT, DHT; DT₁, DT₂); und
- Feststellen des Vorhandenseins oder Nichtvorhandenseins der an dem X-Kondensator (304) anliegenden Wechselstromschwingung als Funktion des mindestens einen Vergleichssignals (OVTH; COMP₁, COMP₂); und
- Variieren des mindestens einen Schwellenwerts (DLT, DHT; DT₁, DT₂) der Komparatorschaltung (412) als Funktion der Spannung), **gekennzeichnet durch**
- Variieren des mindestens einen Schwellenwerts DLT, DHT; DT₁, DT₂) der Komparatorschaltung (412) als Funktion des mindestens einen Vergleichssignals (COMP₁, COMP₂) in Rückkopplungsweise.

Es folgen 9 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

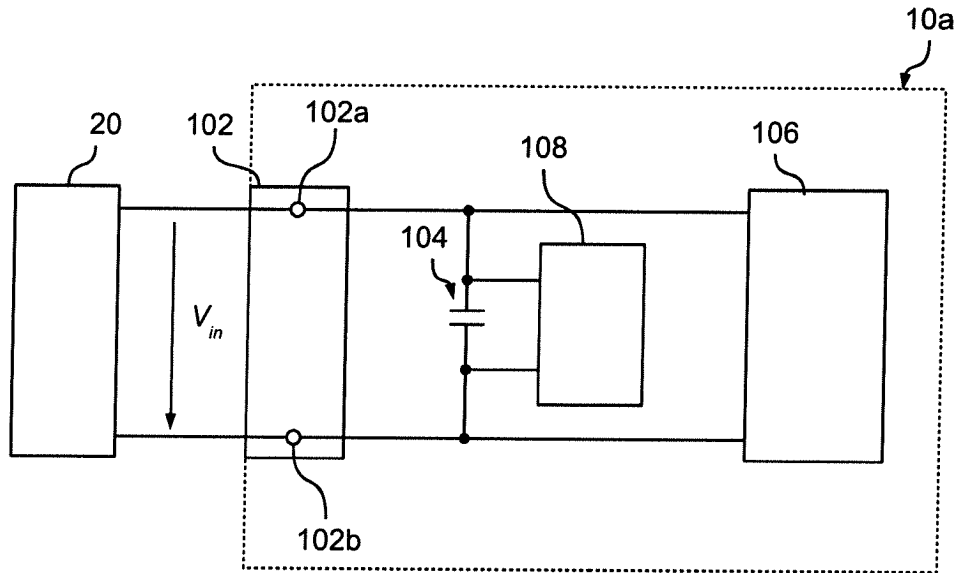


Fig. 1a

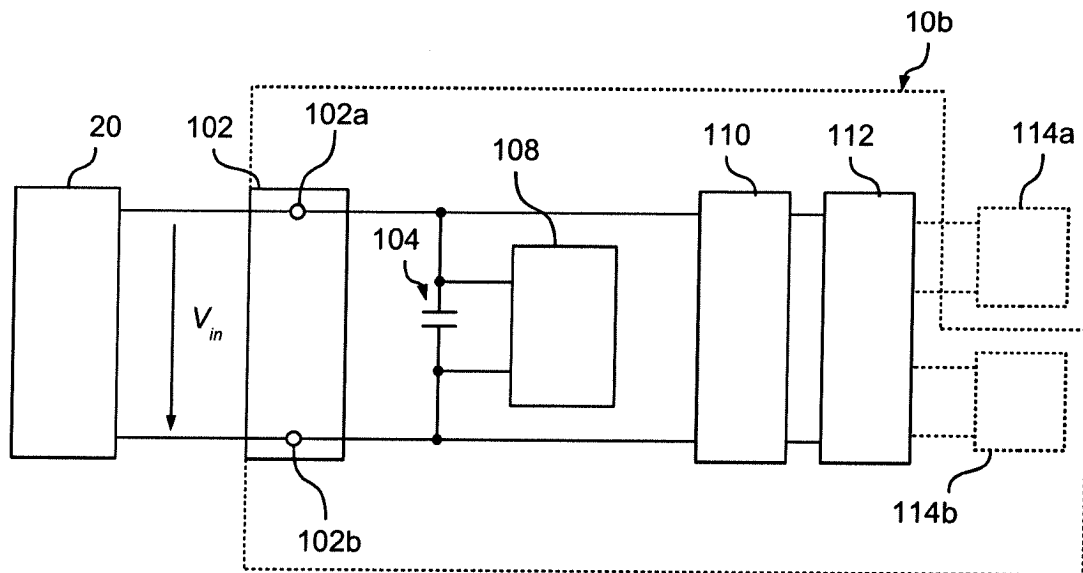


Fig. 1b

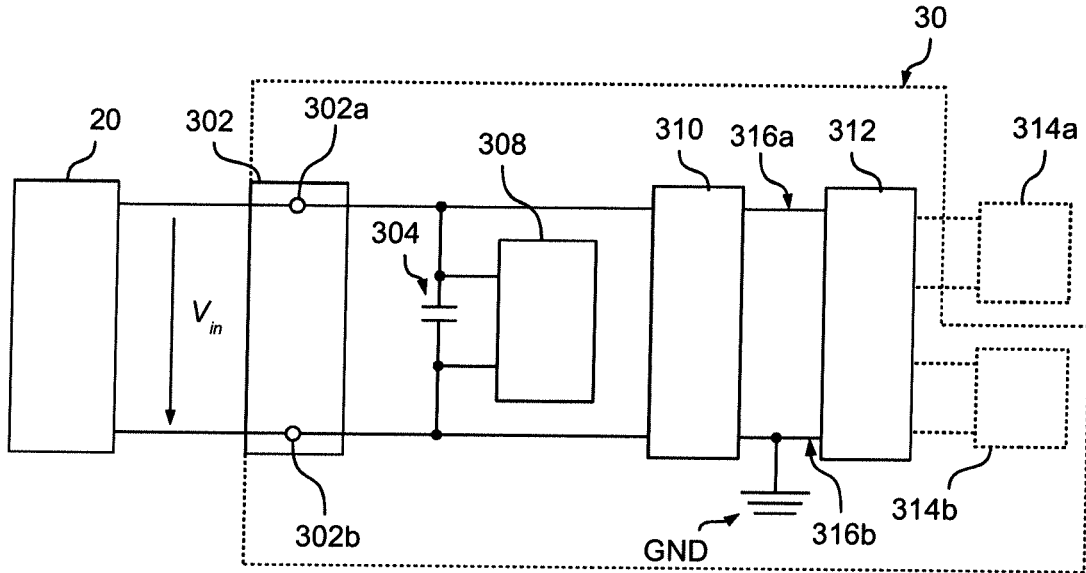


Fig. 2

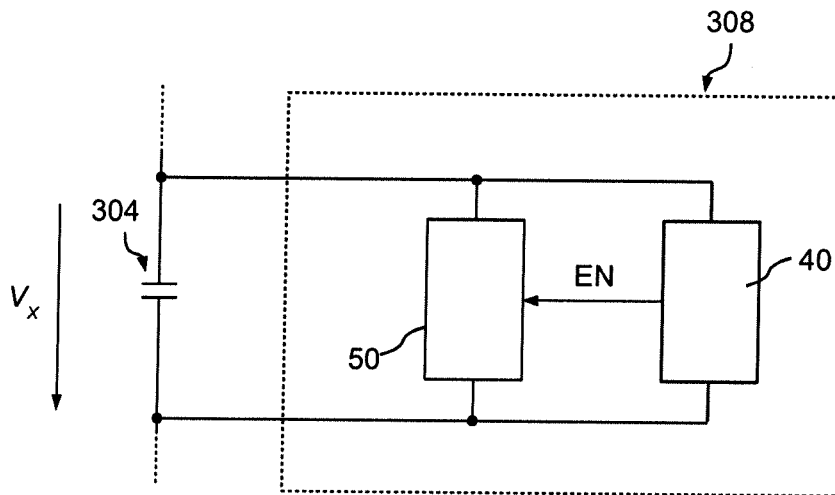


Fig. 3

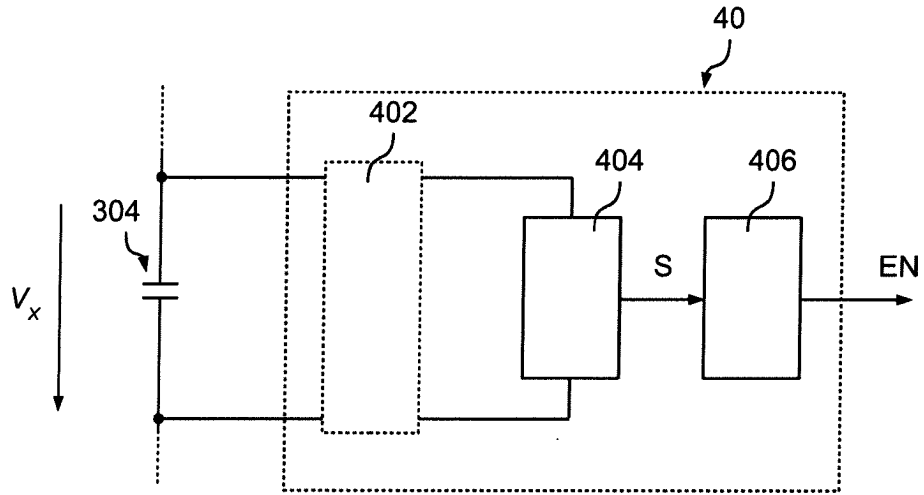


Fig. 4

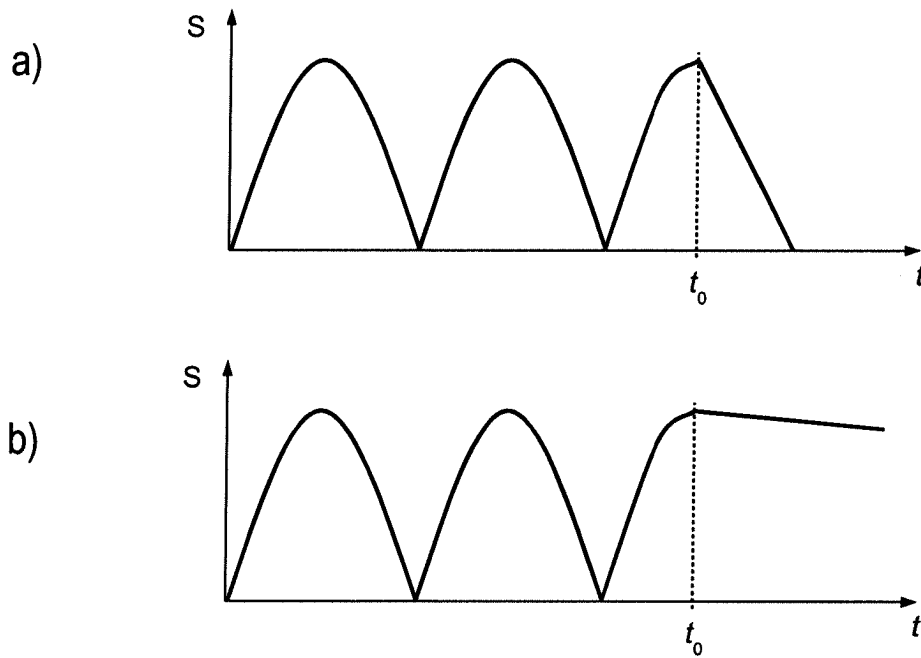


Fig. 5

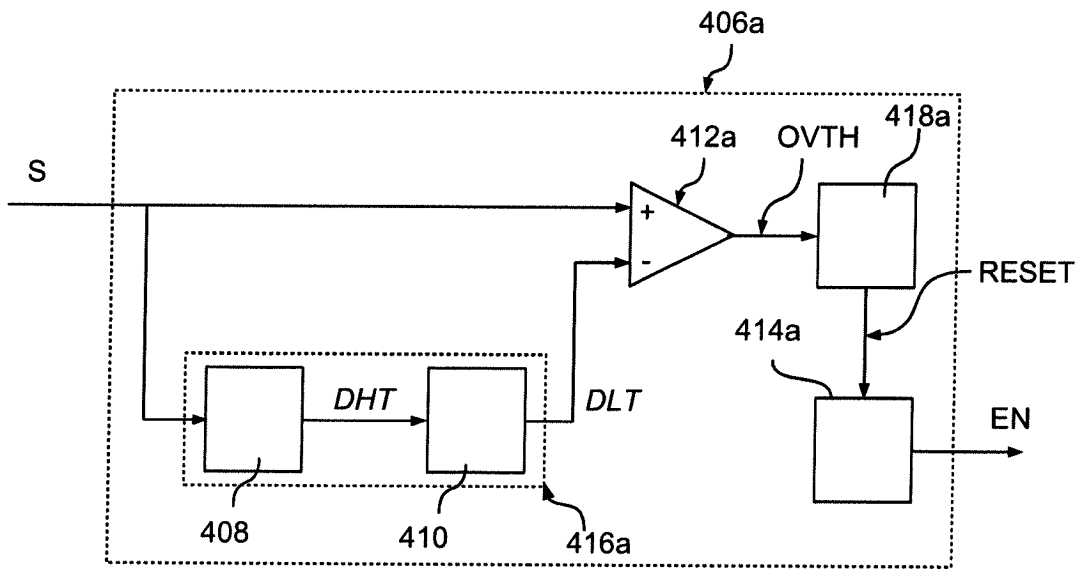


Fig. 6

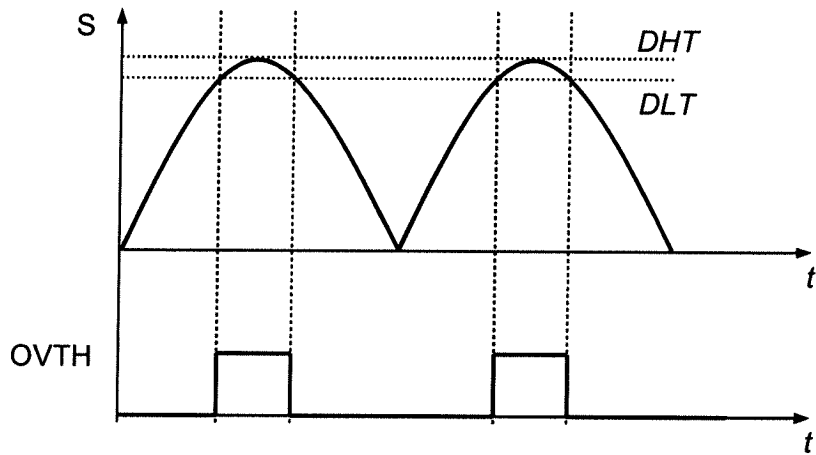


Fig. 7

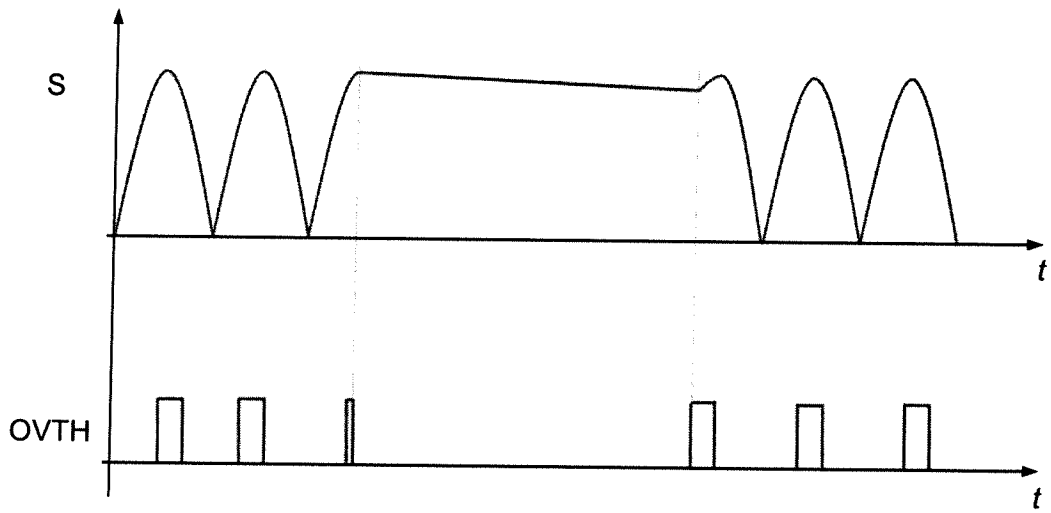


Fig. 8

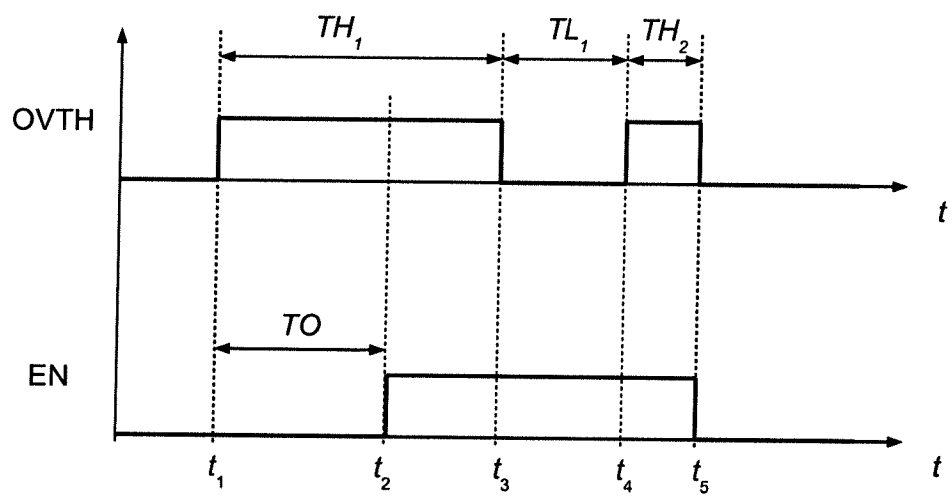


Fig. 9

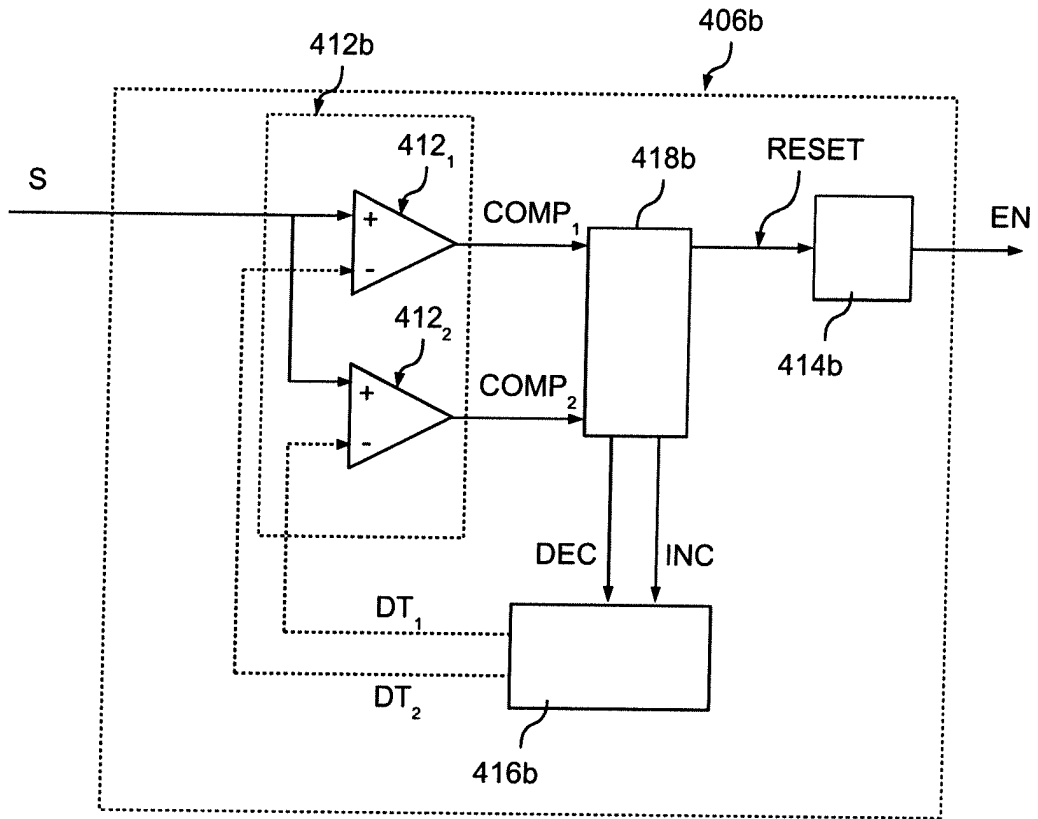


Fig. 10

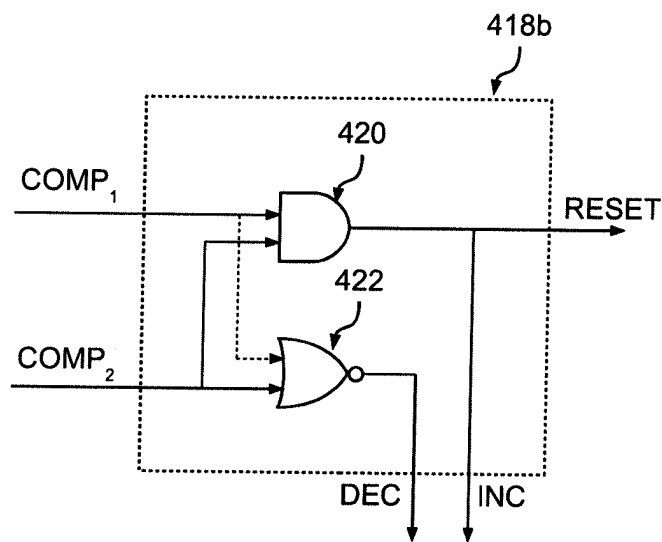


Fig. 11

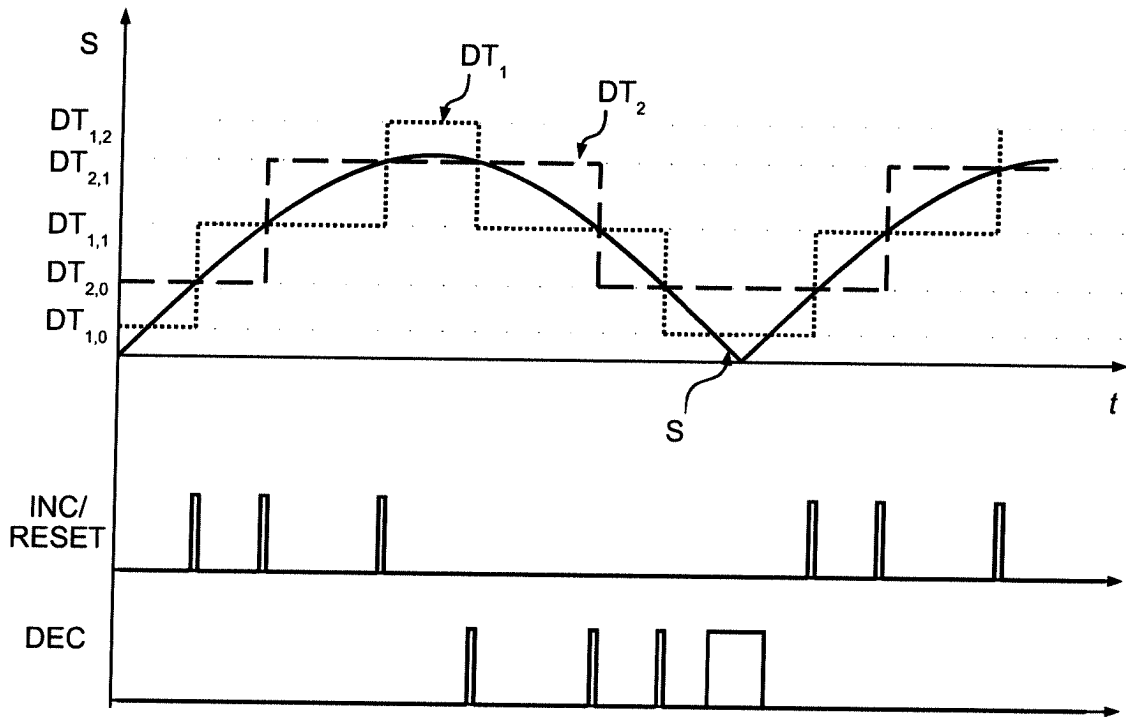


Fig. 12a

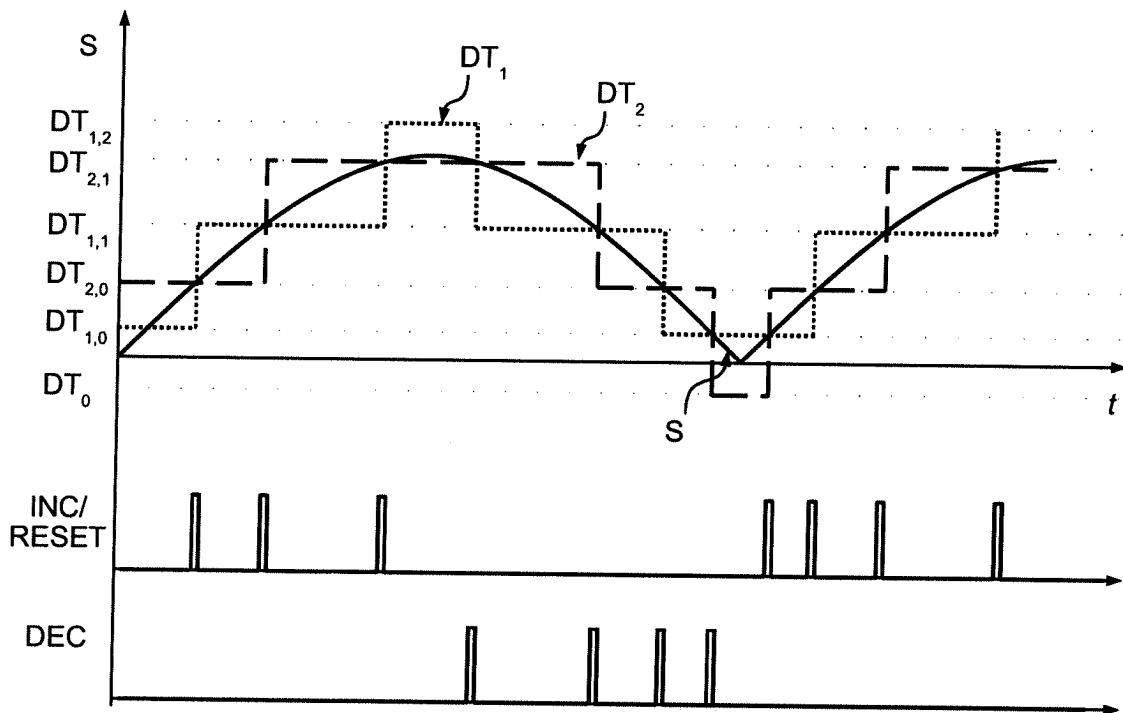


Fig. 12b

L	DT ₁	DT ₂
7	386	
6		330
6	282	
5		241
5	206	
4		176
4	151	
3		129
3	110	
2		94
2	80	
1		69
1	59	
0		50
0	43	

Fig. 13

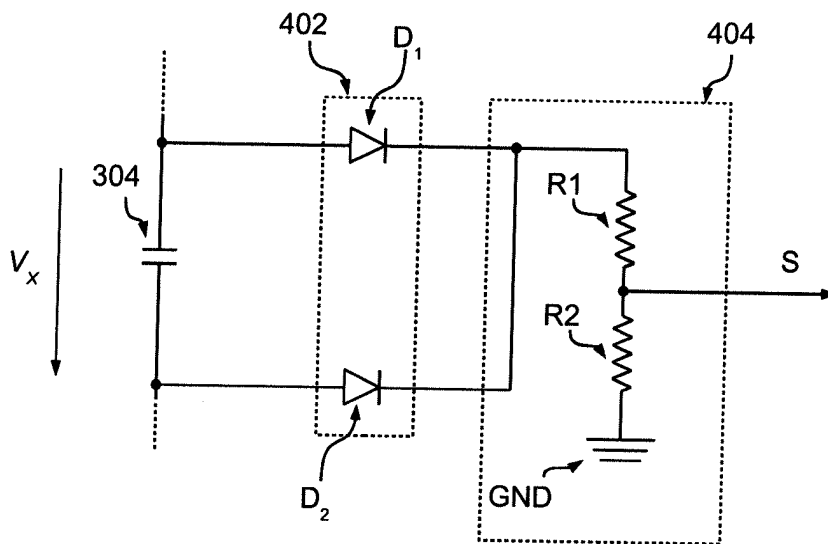


Fig. 14

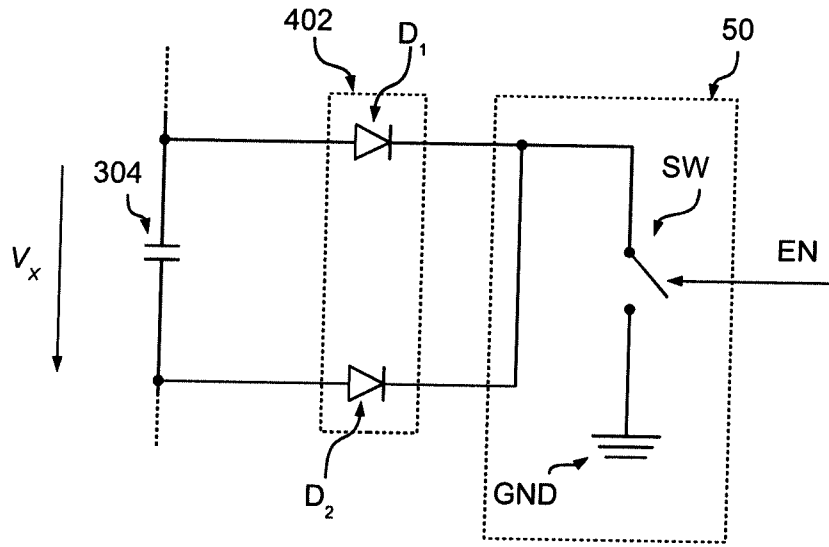


Fig. 15

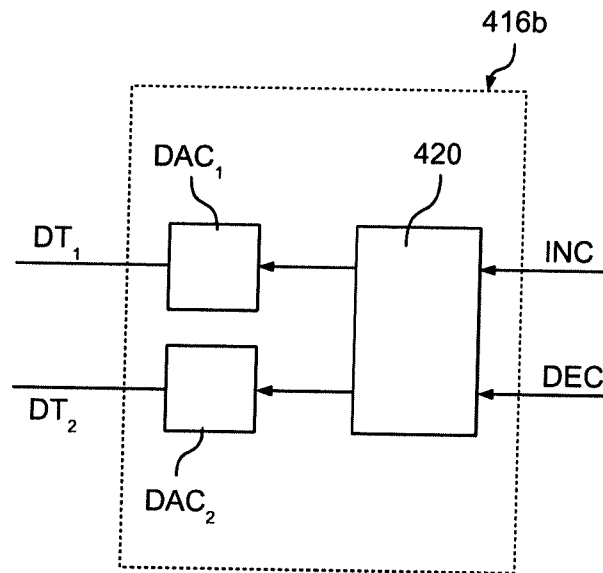


Fig. 16