



(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2016 205 959.9

(51) Int Cl.: **H02M 1/44 (2007.01)**

(22) Anmeldetag: 08.04.2016

**H02M 3/35 (2006.01)**

(43) Offenlegungstag: 13.10.2016

(30) Unionspriorität:

62/145,820  
14/790,335

10.04.2015  
02.07.2015

US  
US

(74) Vertreter:

Fish & Richardson P.C., 80807 München, DE

(71) Anmelder:

Power Integrations, Inc., San Jose, Calif., US

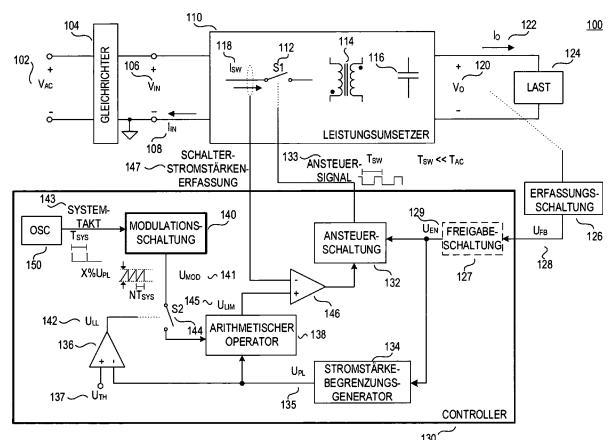
(72) Erfinder:

Djenguerian, Alex B., Saratoga, Calif., US;  
Vaughan, Peter, Los Gatos, Calif., US; Lund, Leif,  
San Jose, Calif., US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Lastabhängiger Jitter**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Controller für einen Leistungsumsetzer bereitgestellt, der erfassen kann, ob sich der Leistungsumsetzer in einem Leichtlastzustand befindet. Wenn sich der Leistungsumsetzer in einem Leichtlastzustand befindet, kann die Schaltfrequenz innerhalb des Bereichs von hörbaren Geräuschen liegen. Sobald der Controller den Leichtlastzustand erfasst, kann der Controller die Schaltfrequenz des Leistungsschalters so modulieren, dass die Schaltfrequenz nicht mehr innerhalb des Bereichs von hörbaren Geräuschen liegt. Der Controller besteht aus einem Stromstärkebegrenzungsgenerator, der angekoppelt ist, um ein anfängliches Stromstärkebegrenzungssignal zu erzeugen und ein Rückkopplungssignal zu empfangen. Der Controller kann einen Leichtlastzustand des Leistungsumsetzers erfassen und ein Leichtlastsignal ausgeben. Als Ergebnis des Leichtlastsignals kann der Controller die anfängliche Stromstärkebegrenzung als Antwort auf das Leichtlastsignal, das einen Leichtlastzustand angibt, modulieren.



**Beschreibung**

## QUERVERWEIS AUF VERWANDTE ANMELDUNG

**[0001]** Diese Anmeldung beansprucht die Priorität der vorläufigen US-Anmeldung Nr. 62/145820, die am 10. April 2015 eingereicht worden ist und deren Inhalt hier durch Bezugnahme mit aufgenommen ist.

## HINTERGRUNDINFORMATIONEN

## Gebiet der Offenlegung

**[0002]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich im Allgemeinen auf das Steuern eines Leistungsumsetzers. Insbesondere beziehen sich Beispiele der vorliegenden Anwendung auf das Steuern von Schaltleistungsumsetzern unter variierenden Lastbedingungen.

## Hintergrund

**[0003]** Elektronische Vorrichtungen (wie etwa Mobiltelefone, Tablets, Laptops etc.) werden mit Strom betrieben. Schaltleistungsumsetzer werden üblicherweise aufgrund ihres hohen Wirkungsgrads, ihrer geringen Größe und ihres geringen Gewichts verwendet, um einen Großteil der heutigen Elektronik mit Leistung zu versorgen. Herkömmliche Wandsteckdosen liefern Wechselstrom mit hoher Spannung. In einem Schaltleistungsumsetzer wird eine Hochspannungswechselstromeingabe umgewandelt, um eine gut geregelte Gleichstromausgabe über ein Energieübertragungselement an eine Last zu liefern. Im Betrieb wird ein Schalter EIN und AUS geschaltet, um die gewünschte Ausgabe durch Variieren des Tastgrads (typischerweise des Verhältnisses der Einschaltzeit des Schalters zu der Gesamtschaltperiode), Variieren der Schaltfrequenz oder durch Variieren der Anzahl von Ein-/Aus-Pulsen pro Zeiteinheit des Schalters in einem Schaltleistungsumsetzer zu liefern.

## KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0004]** Nicht einschränkende und nicht erschöpfende Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sind unter Bezugnahme auf die folgenden Zeichnungen beschrieben, wobei gleiche Bezugsziffern sich über die verschiedenen Ansichten hinweg auf gleiche Teile beziehen, solange es nicht anderweitig angegeben ist.

**[0005]** **Fig. 1A** ist ein Blockdiagramm, das ein beispielhaftes Leistungsumsetzungssystem zeigt, das eine Eingangsspannung empfängt, um eine Ausgangsspannung und eine Ausgangstromstärke an einer Last gemäß den Lehren der vorliegenden Erfindung zu erzeugen.

**[0006]** **Fig. 1B** zeigt ein Zeitdiagramm eines beispielhaften Schaltstroms für verschiedene Betriebsarten in einem beispielhaften Leistungsumsetzer gemäß den Lehren der vorliegenden Erfindung.

**[0007]** **Fig. 1C** zeigt ein Zeitdiagramm eines beispielhaften Modulationssignals, einer anfänglichen Stromstärkebegrenzung und einer resultierenden Stromstärkebegrenzung, wenn eine beispielhafte Leichtlast-Detektionsschaltung bestimmt, dass das Leistungsumsetzungssystem sich gemäß den Lehren der vorliegenden Erfindung in einem Leichtlastzustand befindet.

**[0008]** **Fig. 2** zeigt einen beispielhaften Controller, der in einem beispielhaften Leistungsumsetzer gemäß den Lehren der vorliegenden Erfindung enthalten sein kann.

**[0009]** **Fig. 3A** zeigt eine beispielhafte Modulationsschaltung, die in einem beispielhaften Controller eines beispielhaften Leistungsumsetzers gemäß den Lehren der vorliegenden Erfindung enthalten sein kann.

**[0010]** **Fig. 3B** zeigt ein beispielhaftes resultierendes Modulationssignal, das in einer beispielhaften Modulationschaltung gemäß den Lehren der vorliegenden Erfindung inbegriffen sein kann.

**[0011]** **Fig. 4A** zeigt eine weitere beispielhafte Modulationschaltung, die in einem beispielhaften Controller eines beispielhaften Leistungsumsetzers gemäß den Lehren der vorliegenden Erfindung enthalten sein kann.

**[0012]** **Fig. 4B** zeigt ein beispielhaftes resultierendes Modulationssignal, das in einer beispielhaften Modulationschaltung gemäß den Lehren der vorliegenden Erfindung inbegriffen sein kann.

**[0013]** **Fig. 5** zeigt einen weiteren beispielhaften Controller, der in einem beispielhaften Leistungsumsetzer gemäß den Lehren der vorliegenden Erfindung enthalten sein kann.

**[0014]** Entsprechende Bezugszeichen geben über die verschiedenen Ansichten der Zeichnungen hinweg entsprechende Komponenten an. Fachleuten ist bekannt, dass Elemente in den Figuren gemäß Einfachheit und Klarheit dargestellt sind und nicht notwendigerweise maßstabsgetreu sind. Beispielsweise können die Abmessungen mancher Elemente in den Figuren im Vergleich mit anderen Elementen übertrieben sein, um dabei zu helfen, das Verständnis verschiedener Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung zu verbessern. Ebenso sind allgemeine aber wohl bekannte Elemente, die in einer kommerziell umsetzbaren Ausführungsform nützlich oder notwendig sind, oft nicht dargestellt, um einen weniger ver-

sperrten Blick auf diese verschiedenen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung zu ermöglichen.

#### GENAUE BESCHREIBUNG

**[0015]** In der folgenden Beschreibung sind zahlreiche spezifische Einzelheiten erklärt, um ein gründliches Verständnis der vorliegenden Erfindung zu ermöglichen. Es wird jedenfalls für Fachleute ersichtlich sein, dass das spezifische Detail nicht eingesetzt werden muss, um die die vorliegende Erfindung anzuwenden. In weiteren Beispielen wurden wohl bekannte Materialien oder Verfahren nicht genau beschrieben, um ein Verschleieren der vorliegenden Erfindung zu vermeiden.

**[0016]** Bezugnahme auf "eine Ausführungsform", "eine (1) Ausführungsform", "ein Beispiel" oder "ein (1) Beispiel" bedeutet durch diese Beschreibung hindurch, dass ein bestimmtes Merkmal, eine bestimmte Struktur oder Charakteristik, die in Verbindung mit der Ausführungsform oder dem Beispiel beschrieben ist, in mindestens einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung enthalten ist. Daher bezieht sich ein Auftreten der Ausdrücke "in einer Ausführungsform", "in einer (1) Ausführungsform", "ein Beispiel" oder "ein (1) Beispiel" an verschiedenen Stellen in dieser Beschreibung nicht notwendigerweise immer auf dieselbe Ausführungsform oder dasselbe Beispiel. Weiterhin können bestimmte Merkmale, Strukturen oder Charakteristiken in jeder geeigneten Kombination und/oder Unterkombination in einer oder mehreren Ausführungsformen oder Beispielen kombiniert sein. Bestimmte Merkmale, Strukturen oder Charakteristiken können in einer integrierten Schaltung, einer elektronischen Schaltung, einer kombinatorischen Logikschaltung oder anderen geeigneten Komponenten, die die beschriebene Funktionsweise bereitstellen, enthalten sein. Zusätzlich ist ersichtlich, dass die hiermit bereitgestellten Zeichnungen zu Erklärungszwecken für Fachleute dienen und dass die Zeichnungen nicht notwendigerweise maßstabsgetreu sind.

**[0017]** In Beispielen der vorliegenden Erfindung kann der Controller für einen Leistungsumsetzer erfassen, ob sich der Leistungsumsetzer in einem Leichtlastzustand befindet. Wenn der Leistungsumsetzer in einem Leichtlastzustand ist, kann die Schaltfrequenz innerhalb des Bereichs von hörbaren Geräuschen liegen. Sobald der Controller den Leichtlastzustand erfasst, kann der Controller die Schaltfrequenz des Leistungsschalters so modulieren, dass die Schaltfrequenz nicht mehr innerhalb des Bereichs von hörbaren Geräuschen liegt. In einem Beispiel schaltet der Leistungsschalter EIN und schaltet nicht mehr AUS, bis die Stromstärke, die von dem Leistungsschalter geleitet wird (die als Schalterstromstärke bezeichnet wird) die Stromstärkebegrenzung erreicht hat. Die Schaltfrequenz des Leistungsschalters

kannt durch Modulieren der Stromstärkebegrenzung moduliert werden. Ferner wird die Stromstärkebegrenzung so moduliert, dass die sich ergebende modulierte Schaltfrequenz außerhalb des Bereichs von hörbaren Geräuschen ist. In einem Beispiel können 15% Modulation der Stromstärkebegrenzung in etwa 30% Modulation der Schaltfrequenz des Leistungsschalters zur Folge haben. Der Controller kann ferner aus der vormodulierten Stromstärkebegrenzung bestimmen, ob der Leistungsumsetzer in einem Leichtlastzustand ist. Wenn die vormodulierte Stromstärkebegrenzung kleiner als ein Schwellenwert ist, dann bestimmt der Controller, dass sich der Leistungsumsetzer in einem Leichtlastzustand befindet. In einem anderen Beispiel kann die vormodulierte Stromstärkebegrenzung aus einer Liste von vormodulierten Stromstärkebegrenzungswerten ausgewählt sein. Wenn der vormodulierte der kleinste der Stromstärkebegrenzungswerte ist, kann der Controller bestimmen, dass sich der Leistungsumsetzer in dem Leichtlastzustand befindet.

**[0018]** Fig. 1A veranschaulicht ein beispielhaftes Leistungsumsetzungssystem **100**, das eine Eingangsspannung  $V_{IN}$  **106** empfängt, um eine Ausgangsspannung  $V_O$  **120** und einen Ausgangsstrom  $I_O$  **122** an einer Last **124** zu erzeugen. In einem Beispiel ist die Eingangsspannung  $V_{IN}$  **106** eine gleichgerichtete und gefilterte Wechselstromeingangsspannung  $V_{RECT}$  **102**, die aus einer Eingangsspannungsquelle (nicht gezeigt) empfangen wird. Die Eingangsspannung  $V_{IN}$  **106** und die Ausgangsspannung  $V_O$  **120** sind positiv in Bezug auf einen Eingangsstrom **108**. Das Leistungsumsetzungssystem **100** umfasst einen Leistungsumsetzer **110**, der durch einen Controller **130** gesteuert wird, um eine Ausgabe wie beispielsweise eine Ausgangsstromstärke  $I_O$  **122**, eine Ausgangsspannung  $V_O$  **120** oder beides zu regulieren. Ein Leistungsumsetzungsblock **110** umfasst typischerweise mindestens einen Leistungsschalter **S1 112**, mindestens ein Energieübertragungselement **114** und mindestens einen Kondensator **116**. Der Leistungsschalter **S1 112** kann auch als Primärschalter bezeichnet werden. Das Leistungsumsetzungssystem **110** kann dazu ausgelegt werden, eine von vielen Varianten eines Abwärtsumsetzers zu sein, indem die Schalter, Energieübertragungselemente und Kondensatoren des Leistungsumsetzungsblocks **110** entsprechend angeordnet sind. Es sollte klar sein, dass eine beliebige Anzahl von Topologien für einen Leistungsumsetzer von den Lehren der vorliegenden Erfindung profitieren kann.

**[0019]** Der Controller **130** ist angekoppelt, um ein Schalterstromstärkenerfassungssignal **147** zu empfangen, das für die Schalterstromstärke repräsentativ ist, die von dem Leistungsschalter **S1 112** geleitet wird. Der Controller **130** ist zudem angekoppelt, um das Rückkopplungssignal  $U_{FB}$  **128** zu empfangen, das repräsentativ für die Ausgabe (Ausgangsspan-

nung  $V_O$  120, Ausgangsstromstärke  $I_O$  122 oder beider) des Leistungsumsetzers ist. Der Controller 130 gibt das Ansteuersignal 133 zum Steuern des Schaltens des Leistungsschalters S1 112 als Antwort auf das Rückkopplungssignal  $U_{FB}$  128 und das Schalterstromstärkenerfassungssignal 147 aus. Das Rückkopplungssignal  $U_{FB}$  128 kann von einer Erfassungsschaltung 126 empfangen werden. Wie in **Fig. 1A** dargestellt umfasst der Controller 130 eine Ansteuerschaltung 132, einen Komparator 146, einen Stromstärkebegrenzungsgenerator 134, eine Leichtlast-Erfassungsschaltung 136 und eine Modulationsschaltung 140. Der Controller 130 kann zudem ferner einen Oszillator 150, einen Sekundärschalter 144 und einen arithmetischen Operator 138 umfassen.

**[0020]** In dem dargestellten Beispiel ist der Controller 130 als ein einzelner Controller gezeigt, jedoch können sich die Elemente, die in dem Controller 130 gezeigt sind, in einem separaten Primärcontroller, einem Sekundärcontroller oder beidem befinden. Der Primärcontroller steuert das Schalten des Primärschalters (wie beispielsweise des Leistungsschalters S1 112), während der Sekundärcontroller das Schalten des Sekundärschalters steuert. Ein Synchrongleichrichter kann auf der Sekundärseite der Leistungsversorgung implementiert sein. Der Primärcontroller und der Sekundärcontroller können über eine Kommunikationsverbindung kommunizieren. In einem Beispiel können der Primärcontroller und der Sekundärcontroller als Teil einer integrierten Schaltung ausgebildet sein, die entweder als hybride oder monolithische integrierte Schaltung, die als Controller 130 gezeigt ist, hergestellt ist. In einem Beispiel kann der Primärschalter 112 auch in einer einzelnen integrierten Schaltungsbaugruppe mit dem Controller 130 integriert sein. In einem weiteren Beispiel kann der Sekundärschalter in einer einzelnen integrierten Schaltungsbaugruppe mit dem Controller 130 integriert sein. Es sollte jedoch erkannt werden, dass in einem weiteren Beispiel der Primärcontroller und der Sekundärcontroller jeweils nicht in einer einzelnen Controllerbaugruppe enthalten sein müssen und beispielsweise in separaten Controllerbaugruppen implementiert sein können. Zusätzlich können in einem Beispiel der Primärcontroller und der Sekundärcontroller als separate integrierte Schaltungen ausgebildet sein.

**[0021]** Die Ansteuerschaltung 132 und der Stromstärkebegrenzungsgenerator 134 sind angekoppelt, um das Rückkopplungssignal  $U_{FB}$  128 zu empfangen. Die Ansteuerschaltung 132 kann das Schalten des Leistungsschalters 112 als Antwort auf das Rückkopplungssignal  $U_{FB}$  128 steuern. Beispielsweise kann die Ansteuerschaltung 132 das Ansteuersignal 133 ausgeben, um die Einschaltzeit, Ausschaltzeit, Schaltfrequenz oder Anzahl der Pulse pro Zeiteinheit des Leistungsschalters 112 zu steuern. Das Ansteuersignal kann eine rechteckige Pulswellen-

form mit variierenden Längen eines hohen Logikwerts und eines niedrigen Logikwerts sein und die Zeit zwischen den Vorderkanten kann als die Schaltperiode  $T_{SW}$  bezeichnet werden. Die Schaltperiode  $T_{SW}$  kann viel kleiner als die Wechselstromleitungsperiode  $T_{AC}$  sein. Darüber hinaus kann die Ansteuerschaltung 132 die Ausgabe eines Stromstärkebegrenzungskomparators 146 empfangen. Wie dargestellt ist der Stromstärkebegrenzungskomparator 146 angekoppelt, um die Schalterstromstärke  $I_{SW}$  118 (an seinem invertierenden Eingang) durch das Schalterstromstärkenerfassungssignal 147 und die Stromstärkebegrenzung  $U_{LIM}$  145 (an seinem nicht-invertierenden Eingang) zu empfangen. Wenn die Schalterstromstärke  $I_{SW}$  118 die Stromstärkebegrenzung  $U_{LIM}$  145 erreicht hat, gibt die Ansteuerschaltung 132 das Ansteuersignal 133 aus, um den Leistungsschalter 112 auszuschalten (wie weiter in **Fig. 1B** dargestellt). Der Stromstärkebegrenzungsgenerator 134 kann eine anfängliche Stromstärkebegrenzung  $U_{PL}$  135 für den Controller 130 als Antwort auf das Rückkopplungssignal  $U_{FB}$  128 bestimmen. In einem Beispiel ist dann, wenn sich der Controller nicht in einem Leichtlastzustand befindet, die Stromstärkebegrenzung  $U_{LIM}$  145 im Wesentlichen die anfängliche Stromstärkebegrenzung  $U_{PL}$  135.

**[0022]** Der Controller 130 kann zudem wahlweise eine Freigabeschaltung 127 (dargestellt in gestrichelten Linien) umfassen, die das Rückkopplungssignal  $U_{FB}$  128 empfangen kann und das Freigabesignal  $U_{EN}$  129 ausgeben kann. Das Freigabesignal  $U_{EN}$  129 liefert Informationen an den Controller 130, um den Leistungsschalter 112 zu aktivieren oder zu deaktivieren. Ferner kann das Freigabesignal  $U_{EN}$  129 eines oder mehrere Freigabeereignisse enthalten, die veranlassen, dass der Leistungsschalter 112 aktiviert (oder deaktiviert) wird. Zum Beispiel kann der Leistungsschalter 112 aktiviert (d. h. eingeschaltet) werden, wenn ein Freigabeereignis in dem Freigabesignal  $U_{EN}$  129 empfangen wird. In einem Beispiel gibt die Freigabeschaltung 127 das Freigabesignal  $U_{EN}$  129 aus, das in einem Beispiel eine rechteckige Pulswellenform mit Pulslängen ist. Ein Freigabeereignis in dem Freigabesignal  $U_{EN}$  129 kann ein Puls oder eine Reihe von Pulsen sein, die den Leistungsschalter 112 aktivieren (oder deaktivieren). Die Ansteuerschaltung 132 kann das Ansteuersignal 133 als Antwort auf das Freigabesignal  $U_{EN}$  129 ausgeben. In einem Beispiel schaltet die Ansteuerschaltung 132 dann den Leistungsschalter 112 ein, wenn die Ansteuerschaltung 132 einen Freigabepuls von dem Freigabesignal  $U_{EN}$  129 empfängt. Ferner kann der Stromstärkebegrenzungsgenerator 134 den Wert der anfänglichen Stromstärkebegrenzung  $U_{PL}$  135 als Antwort auf das Freigabesignal 129 bestimmen. In einem Beispiel kann der Stromstärkebegrenzungsgenerator 134 den Wert des anfänglichen Stromstärkebegrenzungssignals  $U_{PL}$  135 als Antwort auf die Frequenz

der (oder die Menge an Zeit zwischen den) Freigabe-pulse(n) in dem Freigabesignal  $U_{EN}$  129 bestimmen.

**[0023]** Die Leichtlast-Erfassungsschaltung 136 ist angekoppelt, um das anfängliche Stromstärkebegrenzungssignal  $U_{PL}$  135 und eine Schwelle  $U_{TH}$  137 zu empfangen. In dem Beispiel, das in **Fig. 1A** gezeigt ist, ist die Leichtlast-Erfassungsschaltung 136 als Komparator 136 gezeigt und die Schwelle  $U_{TH}$  137 wird an seinem nicht-invertierenden Eingang empfangen, während das anfängliche Stromstärkebegrenzungssignal  $U_{PL}$  135 an seinem invertierenden Eingang empfangen wird. Die Leichtlast-Erfassungsschaltung 136 bestimmt, ob das Leistungsumsetzungssystem 100 in einem Leichtlastzustand ist, wenn das anfängliche Stromstärkebegrenzungssignal  $U_{PL}$  135 kleiner als die Schwelle  $U_{TH}$  137 ist. Wie dargestellt ist die Ausgabe 136 der Leichtlast-Erfassungsschaltung das Leichtlastsignal  $U_{LL}$  142, das logisch hoch sein kann, wenn das anfängliche Stromstärkebegrenzungssignal  $U_{PL}$  135 kleiner als die Schwelle  $U_{TH}$  137 ist, und sonst logisch niedrig sein kann. In einem Beispiel kann die Schwelle im Wesentlichen gleich 50% des Maximalwerts der anfänglichen Stromstärkebegrenzung  $U_{PL}$  135 sein.

**[0024]** Die Modulationsschaltung 140 ist angekoppelt, um ein Modulationssignal  $U_{MOD}$  141 auszugeben, und moduliert die anfängliche Stromstärkebegrenzung  $U_{PL}$  135, wenn die Leichtlast-Erfassungsschaltung 136 bestimmt, dass das Leistungsumsetzungssystem in einem Leichtlastzustand ist. Wie dargestellt kann die Modulationsschaltung 140 einen Systemtakt 143 von einem Oszillator 150 empfangen und der Systemtakt 143 hat die Periode  $T_{SYS}$ . Die Modulationsschaltung 140 kann das Modulationssignal  $U_{MOD}$  141 als Antwort auf den Systemtakt 143 ausgeben. In einem Beispiel kann das Modulationssignal  $U_{MOD}$  141 eine Sägezahn- oder Dreieckwellenform mit einer Periode sein, die im Wesentlichen gleich  $N \cdot T_{SYS}$  ist. In einem Beispiel kann der Wert von  $N$  8-16 sein. Der Wert  $N$  stellt die Anzahl von Malen dar, für die und wie viele Zyklen pro Periode die Systemzeit moduliert wird. Der Amplitudenhub des Modulationssignals  $U_{MOD}$  141 kann  $X\%$  des Wertes der anfänglichen Stromstärkebegrenzung  $U_{PL}$  135 betragen. In einem Beispiel kann der Wert für  $X\% 15\%$  betragen. In einem weiteren Beispiel kann der Bereich für  $X$  zwischen 5% und 40% liegen. Ferner kann das Modulationssignal  $U_{MOD}$  141 eine abgestufte Sägezahn- oder Dreieckwellenform sein, wie in **Fig. 3B** und **Fig. 4B** gezeigt. Es sollte jedoch erkannt werden, dass jede Wellenform als Modulationssignal  $U_{MOD}$  141 verwendet werden kann, wenn die Wellenform ausreichend Amplitudenhub aufweist.

**[0025]** Ferner kann in dem Controller 130 der Sekundärschalter 144 und der arithmetische Operator 138 enthalten sein. Der arithmetische Operator ist angekoppelt, um das anfängliche Stromstärkebegren-

zungssignal  $U_{PL}$  135 zu empfangen. In einem Beispiel kann der arithmetische Operator ein Anschluss sein. Der arithmetische Operator empfängt ferner das Modulationssignal  $U_{MOD}$  141 dann, wenn der Sekundärschalter 144 geschlossen oder leitend ist. Das Leichtlastsignal  $U_{LL}$  142, das durch die Leichtlast-Erfassungsschaltung 136 ausgegeben wird, kann das Schalten des Schalters S2 144 steuern. Wenn das Leichtlastsignal  $U_{LL}$  142 angibt, dass das Leistungsumsetzungssystem 100 in einem Leichtlastzustand ist, ist der Sekundärschalter 144 EIN (mit anderen Worten geschlossen oder leitend) und das Modulationssignal  $U_{MOD}$  141 kann durch den arithmetischen Operator 138 empfangen werden. Wenn das Leichtlastsignal  $U_{LL}$  142 nicht angibt, dass das Leistungsumsetzungssystem 100 in einem Leichtlastzustand ist, ist der Sekundärschalter 144 AUS (mit anderen Worten nicht leitend oder offen) und der arithmetische Operator 138 empfängt das Modulationssignal  $U_{MOD}$  141 nicht. In einem Beispiel kann der arithmetische Operator 138 eine beliebige Anzahl von arithmetischen Funktionen (Addition, Subtraktion, Multiplikation, Division) an dem Modulationssignal  $U_{MOD}$  141 und dem anfänglichen Stromstärkebegrenzungssignal  $U_{PL}$  135 ausführen, um die Stromstärkebegrenzung  $U_{LIM}$  145 auszugeben. Wenn der arithmetische Operator 138 jedoch das Modulationssignal  $U_{MOD}$  141 nicht empfängt (weil die Leichtlast-Erfassungsschaltung 136 einen Leichtlastzustand nicht erfasst), ist die ausgegebene Stromstärkebegrenzung  $U_{LIM}$  145 im Wesentlichen gleich der anfänglichen Stromstärkebegrenzung  $U_{PL}$  135. In einem Beispiel kann der arithmetische Operator 138 das Modulationssignal  $U_{MOD}$  141 zu der anfänglichen Stromstärkebegrenzung  $U_{PL}$  135 addieren, wenn ein Leichtlastzustand erfasst wird.

**[0026]** **Fig. 1B** veranschaulicht ein Zeitdiagramm 101 einer beispielhaften Schalterstromstärke  $I_{SW}$  118 für verschiedene Betriebsarten, insbesondere einen kontinuierlichen Leitungsmodus (CCM) und einen diskontinuierlichen Leitungsmodus (DCM). Während jeder Schaltperiode  $T_{SW}$  152 kann der Primärschalter 112 als Antwort auf das Ansteuersignal 133 leiten. Die Schaltperiode  $T_{SW}$  152 kann in zwei Zeittabschnitte aufgeteilt werden: die Einschaltzeit  $t_{ON}$  150 und die Ausschaltzeit  $t_{OFF}$  151. Die Schalter-Einschaltzeit  $t_{ON}$  150 bezeichnet den Teil der Schaltperiode  $T_{SW}$  152, in dem der Schalter S1 112 leiten kann. Die Schalter-Ausschaltzeit  $t_{OFF}$  151 bezeichnet den verbleibenden Teil der Schaltperiode  $T_{SW}$  152, in dem der Primärschalter 112 nicht leitet. Die Stromstärkewellenform von **Fig. 1B** veranschaulicht zwei grundlegende Betriebsarten. Die Trapezform auf der rechten Seite der Figur ist charakteristisch für den kontinuierlichen Leitungsmodus (CCM), während die dreieckige Form auf der linken Seite der Figur charakteristisch für den diskontinuierlichen Leitungsmodus (DCM) ist. Während des CCM ist die Schalterstromstärke  $I_{SW}$  118 unmittelbar nach dem Beginn der Schalter-Einschalt-

zeit  $t_{ON}$  150 im Wesentlichen ungleich null. Während des DCM ist die Schalterstromstärke  $I_{SW}$  118 unmittelbar nach dem Beginn der Schalter-Einschaltzeit  $t_{ON}$  150 im Wesentlichen null. Während der Schalter-Ausschaltzeit  $t_{OFF}$  151 ist die Schaltstromstärke  $I_{SW}$  118 sowohl für den CCM als auch für den DCM im Wesentlichen null. Außerdem kann der Schalter 118 auf AUS geschaltet werden, wenn die Schalterstromstärke die Stromstärkebegrenzung  $U_{PL}$  135 erreicht. Zusätzlich sollte beachtet werden, dass die Mindestschaltperiode  $T_{SW}$  152 im Wesentlichen gleich der Periode des Systemtakts  $T_{SYS}$  sein kann.

**[0027]** **Fig. 1C** zeigt ein Zeitdiagramm 103 eines beispielhaften Modulationssignals  $U_{MOD}$  141, einer anfänglichen Stromstärkebegrenzung  $U_{PL}$  135 und der resultierenden Stromstärkebegrenzung  $U_{LIM}$  145, wenn die Leichtlast-Erfassungsschaltung 136 bestimmt, dass sich das Leistungsumsetzungssystem 100 in einem Leichtlastzustand befindet (d. h. der Sekundärschalter 144 leitend ist). In dem gezeigten Beispiel ist das Modulationssignal  $U_{MOD}$  141 eine Sägezahnwellenform mit einer Periode von  $N \cdot T_{SYS}$  154 (N mal die Periode des Systemtakts 143) und einem Amplitudenhub 156, der im Wesentlichen gleich X % des Wertes der anfänglichen Stromstärkebegrenzung  $U_{PL}$  135 ist. In dem dargestellten Beispiel ist der Minimalwert des Modulationssignals  $U_{MOD}$  141 im Wesentlichen null. Die anfängliche Stromstärkebegrenzung  $U_{PL}$  135 ist als konstanter Wert ungleich Null dargestellt. Für das Beispiel von **Fig. 1C** kann der arithmetische Operator das Modulationssignal  $U_{MOD}$  141 zu der anfänglichen Stromstärkebegrenzung  $U_{PL}$  135 addieren, um die Stromstärkebegrenzung  $U_{LIM}$  145 auszugeben. Daher ist die resultierende Stromstärkebegrenzung  $U_{LIM}$  145 im Wesentlichen eine Sägezahnwellenform mit einer Periode von  $N \cdot T_{SYS}$  154 und einem Amplitudenhub 156, der im Wesentlichen gleich X % des Wertes der anfänglichen Stromstärkebegrenzung  $U_{PL}$  135 ist. Der Minimalwert der Stromstärkebegrenzung  $U_{LIM}$  145 ist im Wesentlichen gleich dem Wert der anfänglichen Stromstärkebegrenzung  $U_{PL}$  135 (der als Wert ungleich null gezeigt ist).

**[0028]** **Fig. 2** veranschaulicht einen beispielhaften Controller 230, der ein Beispiel des Controllers 130 sein kann. Der Controller 230 ist dem Controller 130 ähnlich, jedoch ist die Modulationsschaltung 240 so dargestellt, dass sie einen Zähler 248 und einen Digital-zu-Analog-Umsetzer (DAC) 249 umfasst. Darüber hinaus kann der Stromstärkebegrenzungsgenerator 234 für die anfängliche Stromstärkebegrenzung  $U_{PL}$  235 einen von mehreren Werten wählen und die Leichtlast-Erfassungsschaltung kann ein Leichtlastsignal  $U_{LL}$  239 dann ausgeben, wenn die anfängliche Stromstärkebegrenzung  $U_{PL}$  235 der kleinste der mehreren Werte ist.

**[0029]** Der Stromstärkebegrenzungsgenerator 234 kann die anfängliche Stromstärkebegrenzung  $U_{PL}$  235 aus mehreren Werten als Antwort auf das Rückkopplungssignal  $U_{FB}$  228 oder alternativ das Freigabesignal  $U_{EN}$  229 wählen. In dem gezeigten Beispiel kann der Stromstärkebegrenzungsgenerator 234 eine Anzahl M Werte haben, die als LIM\_1, LIM\_2, und bis zu LIM\_M aufgelistet sind. Das Leichtlastsignal  $U_{LL}$  239 kann einen Leichtlastzustand bestimmen (und einen hohen Logikwert ausgeben), wenn die anfängliche Stromstärkebegrenzung  $U_{PL}$  235 im Wesentlichen gleich dem Wert LIM\_1 ist (der als der niedrigste Wert der mehreren Werte dargestellt ist). Andernfalls gibt das Leichtlast-Erfassungssignal  $U_{LL}$  239 keinen Leichtlastzustand an (und ist logisch niedrig). Es sollte jedoch klar sein, dass das Leichtlastsignal  $U_{LL}$  239 logisch hoch sein kann, wenn die anfängliche Stromstärkebegrenzung  $U_{PL}$  235 im Wesentlichen gleich mehr als einem der mehreren Werte (wie LIM\_1 und LIM\_2) ist, wenn die ausgewählten mehreren Werte einen Leichtlastzustand des Leistungsumsetzungssystems angeben.

**[0030]** Die Modulationsschaltung 240 ist so dargestellt, dass sie den Zähler 248 und den DAC 249 umfasst. Der Zähler 248 kann angekoppelt sein, um den Systemtakt 243 zu empfangen und seinen Zählerwert als Antwort auf den Systemtakt 243 zu inkrementieren oder zu dekrementieren. Wie veranschaulicht ist der Zähler ein Z-Bit-Zähler und sein Zählerwert wird an den DAC 249 ausgegeben. B1 ist das niedrigstwertige Bit (LSB) des Zählers 248, während BZ das höchstwertige Bit (MSB) ist. Wie dargestellt werden das MSB (BZ) und die 2 vorherigen Bits des internen Zählerwerts des Zählers 248 an den DAC 249 ausgegeben. Der DAC 249 empfängt die ausgegebenen Bits von dem Zähler 248 und gibt das Modulationssignal  $U_{MOD}$  241 aus. In einem Beispiel kann das Modulationssignal  $U_{MOD}$  241 eine gestufte Dreiecks- oder Sägezahnwellenform oder eine andere gestufte Wellenform sein. Es sollte jedoch klar sein, dass eine beliebige Anzahl von Bits an den DAC 249 ausgegeben werden kann. Die Anzahl von ausgegebenen Bits kann beispielsweise der Granularität des Modulationssignals  $U_{MOD}$  241 entsprechen. Wenn das Modulationssignal  $U_{MOD}$  241 beispielsweise eine gestufte Wellenform ist, kann die Anzahl der Bits, die von dem Zähler 248 ausgegeben wird, der Anzahl von Stufen des Modulationssignals  $U_{MOD}$  241 entsprechen. In einem Beispiel kann 1 Stufe 16 Schaltzyklen umfassen. In einem Beispiel würden 3 Bits 8 Stufen entsprechen. Darüber hinaus kann die Anzahl von Bits, die verwendet wird, auch die Periode  $N \cdot T_{SYS}$  des Modulationssignals  $U_{MOD}$  241 bestimmen, wobei N das Multiplizieren der Stufen des Modulationssignals  $U_{MOD}$  241 mit der Anzahl der Schaltzyklen umfasst. So würden beispielsweise 3 Bits einer Periode von  $(8 \cdot 16)$  mal der Systemtaktperiode  $T_{SYS}$  entsprechen.

**[0031]** **Fig. 3A** und **Fig. 3B** zeigen eine beispielhafte Modulationsschaltung **340** und ein resultierendes Modulationssignal  $U_{MOD}$  **341**, was ein Beispiel der Modulationsschaltung und des Modulationssignals sein kann, die in Bezug auf **Fig. 2** gezeigt sind. Für das gezeigte Beispiel gibt die Modulationsschaltung **340** eine gestufte Sägezahnwellenform für das Modulationssignal  $U_{MOD}$  **341** aus. Die Modulationsschaltung **340** ist so dargestellt, dass sie einen Zähler **348** und einen DAC **349** umfasst. Der Zähler **348** kann angekoppelt sein, um den Systemtakt **343** zu empfangen, und inkrementiert oder dekrementiert seinen Zählerwert als Antwort auf den Systemtakt **343**. Wie dargestellt ist der Zähler ein Z-Bit-Zähler und sein Zählerwert wird an den DAC **349** ausgegeben. Der DAC **349** ist so dargestellt, dass er mehrere Stromquellen (**358**, **360**, und **362**) und Schalter (**359**, **361** und **363**) umfasst. Die Werte der Stromquellen werden in Abhängigkeit von dem Bit des Zählers **348**, dem sie zugeordnet sind, gewichtet. Zum Beispiel wird der Schalter **359** durch Bit BZ gesteuert und die zugeordnete Stromquelle **358** hat einen Wert von  $LIM\_1$ . Der Schalter **361** wird durch Bit BZ-1 gesteuert und die zugeordnete Stromquelle **360** hat einen Wert von  $\frac{1}{2A}LIM\_1$ . Der Schalter **363** wird durch Bit BZ-2 gesteuert und die zugeordnete Stromquelle **362** hat einen Wert von  $\frac{1}{4A}LIM\_1$ . An sich ist der Wert der Stromquelle **358** der doppelte Wert der Stromquelle **360** und so weiter. In einem Beispiel kann ein hoher Logikwert, der durch die Schalter (**359**, **361**, und **363**) empfangen wird, einem geschlossenen (oder in anderen Worten aktivierte) Schalter entsprechen (umgekehrt für einen niedrigen Logikwert). Wie dargestellt sind die Stromquellen (**358**, **360** und **362**) derart angekoppelt, dass das Modulationssignal  $U_{MOD}$  **341** die Summe der Stromquellen (**358**, **360** und **362**) ist, wenn die Schalter (**359**, **361**, und **363**) geschlossen sind.

**[0032]** **Fig. 3B** zeigt das ausgegebene Modulationsignal  $U_{MOD}$  **341** für die Modulationsschaltung **340** von **Fig. 3A**. Wenn die Bits (BZ-2) **368**, (BZ-1) **366** und BZ **364** alle logisch niedrig sind, sind die Schalter (**359**, **361** und **363**) offen und das Modulationssignal  $U_{MOD}$  **341** ist im Wesentlichen null. Da der Zähler **348** als Antwort auf den Systemtakt **343** inkrementiert, inkrementiert auch jedes Bit und die Schalter (**359**, **361**, und **363**) werden jeweils geöffnet und geschlossen. Zusätzlich erhöht jede Stufe des Modulationssignals  $U_{MOD}$  **341** den Wert des Modulationssignals  $U_{MOD}$  **341** um im Wesentlichen  $\frac{1}{4A}LIM\_1$ . Der Maximalwert des Modulationssignals  $U_{MOD}$  **341** ist der Amplitudenhub,  $X\%LIM\_1$  und  $X \approx \frac{1}{4A} + \frac{1}{2A} + \frac{1}{A}$ . Die Tabelle von Bits (BZ-2) **368**, (BZ-1) **366** und BZ **364** unter dem Graphen des Modulationssignals  $U_{MOD}$  **341** zeigt den Wert der Bits (BZ-2) **368**, (BZ-1) **366** und BZ **364** für jeden Wert des Modulationssignals  $U_{MOD}$  **341**.

**[0033]** **Fig. 4A** und **Fig. 4B** zeigen eine beispielhafte Modulationsschaltung **440** und ein resultierendes Modulationssignal  $U_{MOD}$  **441**, die ein Beispiel der Modulationsschaltung und des Modulationssignals sein können, die in **Fig. 2** gezeigt sind. Die Modulationsschaltung **440** von **Fig. 4A** ist ähnlich zu der in **Fig. 3A**, jedoch ist ein Zähler **448** ein (Z+1)-Bit-Zähler und die Modulationsschaltung **440** umfasst ferner eine Logikschaltung **490**. Die Modulationsschaltung **440** gibt eine gestufte Dreieckswellenform als das Modulationssignal  $U_{MOD}$  **441** aus. Die Logikschaltung **490** ist angekoppelt, um die Bits (BZ-2) **468**, (BZ-1) **466**, BZ **464** und (BZ+1) **492** zu empfangen und die Bits (CZ-2), (CZ+1) und CZ auszugeben. Für dieses Beispiel ist das Bit (BZ+1) das MSB. Wenn das Bit (BZ+1) **492** logisch niedrig ist, sind die Bits (CZ-2), (CZ+1) und CZ jeweils im Wesentlichen gleich den Bits (BZ-2) **468**, (BZ-1) **466** bzw. BZ **464**. An sich zählen dann, wenn das Bit (BZ+1) **492** logisch niedrig ist, die Bits (CZ-2), (CZ+1) und CZ von (0, 0, 0) hoch und das Modulationssignal  $U_{MOD}$  **441** ist dem Modulationssignal  $U_{MOD}$  **341** ähnlich. Wenn das Bit (BZ-1) logisch hoch ist, invertiert die Logikschaltung **490** die Bits (BZ-2) **468**, (BZ-1) **466** und BZ **464** und die ausgegebenen Bits (CZ-2), (CZ+1) und CZ sind im Wesentlichen invers zu den Bits (BZ-2) **468**, (BZ-1) **466** und BZ **464**. An sich zählen die Bits (CZ-2), (CZ+1) und CZ von (1, 1, 1) runter und das Modulationssignal  $U_{MOD}$  **441** nimmt ab. Die Tabelle von Bits (BZ-2/CZ-2) **468**, (BZ-1/CZ-1) **466**, (BZ/CZ) **464** und (BZ+1) **492** unter dem Graphen des Modulationssignals  $U_{MOD}$  **341** zeigt den Wert jedes Bits für jeden Wert des Modulationssignals  $U_{MOD}$  **441**. Die resultierende Wellenform des Modulationssignals  $U_{MOD}$  **441** ist ähnlich zu der des in **Fig. 3B** gezeigten Modulationssignals, jedoch ist die Periode im Wesentlichen gleich  $16 \cdot N \cdot T_{SYS}$  oder das Doppelte der Periode des in **Fig. 3B** gezeigten Modulationssignals. Jede Stufe des Modulationssignals  $U_{MOD}$  **441** erhöht oder verringert den Wert des Modulationssignals  $U_{MOD}$  **441** um im Wesentlichen  $\frac{1}{4A}LIM\_1$ . Der Maximalwert des Modulationssignals  $U_{MOD}$  **441** ist der Amplitudenhub,  $X\%LIM\_1$  und  $X \approx \frac{1}{4A} + \frac{1}{2A} + \frac{1}{A}$ .

**[0034]** **Fig. 5** veranschaulicht einen weiteren beispielhaften Controller **530**, der ähnlich zu den Controllern ist, die unter Bezugnahme auf **Fig. 1A** und **Fig. 2** erörtert sind. Der dargestellte Controller **530** umfasst allerdings auch einen Jitter-Generator **570**, der ein Jitter-Signal  $U_{JTR}$  **571** ausgibt. Das ausgegebene Jitter-Signal  $U_{JTR}$  **571** kann verwendet werden, um die Schaltfrequenz des Leistungsschalters ständig zittern zu lassen. In einem Beispiel erzeugt der Jitter-Generator **570** ein Jitter-Signal  $U_{JTR}$  **571**, um die Emissionen von elektromagnetischer Interferenz (EMI-Emissionen) der Leistungsversorgung, insbesondere den Betrag der EMI-Emissionen der Leistungsversorgung, zu reduzieren. Ein Frequenz-Jitter kann verwendet werden, um die Energie in den Oberschwingungen der Taktfrequenz zu verteilen, um den

Betrag von einigen Arten von EMI-Emissionen zu reduzieren.

**[0035]** In dem gezeigten Beispiel kann das Jitter-Signal  $U_{JTR}$  571 an der Freigabeschaltung 527 eingebracht werden, und die Frequenz zittern zu lassen, mit der Pulse des Freigabesignals  $U_{EN}$  529 erzeugt werden. Das Jitter-Signal  $U_{JTR}$  571 kann auch durch den arithmetischen Operator 538 in die anfängliche Stromstärkebegrenzung  $U_{PL}$  535 eingebracht werden. In diesem Beispiel kann die anfängliche Stromstärkebegrenzung  $U_{PL}$  535 ständig durch das Jitter-Signal  $U_{JTR}$  571 moduliert werden und dann weiter durch das Modulationssignal  $U_{MOD}$  541 moduliert werden, wenn der Leistungsumsetzer in einem Leichtlastzustand ist. Zusätzlich kann das Jitter-Signal auch in den Oszillator 550 eingebracht werden, was die Frequenz des Systemtakts 543 zittern lassen würde.

**[0036]** Die obige Beschreibung von veranschaulichten Beispielen der vorliegenden Erfindung, einschließlich dessen, was in der Zusammenfassung beschrieben ist, soll nicht erschöpfend sein oder eine Beschränkung auf die offengelegten genauen Formen darstellen. Obwohl spezifische Ausführungsformen und Beispiele der Erfindung hier für illustrative Zwecke beschrieben sind, sind verschiedene äquivalente Abwandlungen möglich, ohne von dem weiteren Gedanken und Umfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen. Tatsächlich ist es klar, dass die speziellen beispielhaften Spannungen, Stromstärken, Frequenzen, Leistungsbereichswerte, Zeiten usw. zu Erklärungszwecken bereitgestellt sind und dass in anderen Ausführungsformen und Beispielen in Übereinstimmung mit den Lehren der vorliegenden Erfindung auch andere Werte verwendet werden können.

## AUSFÜHRUNGSFORMEN

**[0037]** Obwohl die vorliegende Erfindung in den beigefügten Ansprüchen definiert ist, kann die vorliegende Erfindung auch (alternativ) gemäß den folgenden Ausführungsformen definiert werden:

1. Controller zur Verwendung in einem Leistungsumsetzer, der einen Leistungsschalter umfasst, wobei der Controller Folgendes umfasst: einen Komparator, der angekoppelt ist, um ein Stromstärkefassungssignal, das eine Schalterstromstärke repräsentiert, die von dem Leistungsschalter geleitet wird, mit einer Stromstärkebegrenzung zu vergleichen, wobei der Komparator ein Komparatortaumgangssignal ausgibt, das repräsentativ dafür ist, ob die Schalterstromstärke die Stromstärkebegrenzung erreicht hat; eine Ansteuerschaltung, die angekoppelt ist, um ein Rückkopplungssignal, das repräsentativ für eine Ausgabe des Leistungsumsetzers ist, und das Komparatortaumgangssignal zu empfangen, wobei die Ansteuerschaltung angekoppelt ist, um ein An-

steuersignal zu erzeugen, um ein Schalten des Leistungsschalters zu steuern, um eine Ausgabe des Leistungsumsetzers als Antwort auf das Komparatortaumgangssignal zu regulieren, wobei die Ansteuerschaltung den Leistungsschalter ausschaltet, wenn die Schalterstromstärke die Stromstärkebegrenzung erreicht hat; einen Stromstärkebegrenzungsgenerator, der angekoppelt ist, um das Rückkopplungssignal zu empfangen und ein anfängliches Stromstärkebegrenzungssignal zu erzeugen, wobei die Stromstärkebegrenzung auf die anfängliche Stromstärkebegrenzung anspricht; und eine Leichtlast-Erfassungsschaltung, die angekoppelt ist, um einen Leichtlastzustand des Leistungsumsetzers zu erfassen und ein Leichtlastsignal auszugeben; und eine Stromstärkebegrenzungs-Modulationsschaltung, die angekoppelt ist, um ein Modulationssignal auszugeben und die anfängliche Stromstärkebegrenzung als Antwort auf das Leichtlastsignal, das einen Leichtlastzustand angibt, zu modulieren.

2. Controller der Ausführungsform 1, wobei die Stromstärkebegrenzung im Wesentlichen die anfängliche Stromstärkebegrenzung ist, wenn der Leichtlastzustand nicht erfasst wird, und wobei die Stromstärkebegrenzung im Wesentlichen die Stromstärkebegrenzung, die durch das Modulationssignal moduliert ist, ist, wenn der Leichtlastzustand erfasst wird.
3. Controller der Ausführungsform 1, wobei die Leichtlast-Erfassungsschaltung den Leichtlastzustand bestimmt, wenn die anfängliche Stromstärkebegrenzung kleiner als eine Schwelle ist.
4. Controller der Ausführungsform 1, wobei das anfängliche Stromstärkebegrenzungssignal einer von mehreren diskreten Werten sein kann.
5. Controller der Ausführungsform 4, wobei die Leichtlast-Erfassungsschaltung den Leichtlastzustand bestimmt, wenn die anfängliche Stromstärkebegrenzung der niedrigste Wert der mehreren diskreten Werte ist.
6. Controller der Ausführungsform 1, wobei die Modulationsschaltung die anfängliche Stromstärkebegrenzung um mindestens 5% eines Betrags der anfänglichen Stromstärkebegrenzung moduliert.
7. Controller der Ausführungsform 1, wobei die Modulationsschaltung die anfängliche Stromstärkebegrenzung um im Wesentlichen 15% eines Betrags der anfänglichen Stromstärkebegrenzung moduliert.
8. Controller der Ausführungsform 1, wobei die Modulationsschaltung eine Wellenform mit einem Amplitudenabstand von 5–40% eines Betrags der anfänglichen Stromstärkebegrenzung sein kann.
9. Controller der Ausführungsform 8, wobei die Modulationsschaltung eine Dreieckswellenform oder eine Sägezahnwellenform sein kann.

10. Controller der Ausführungsform 1, wobei die Modulationsschaltung ferner Folgendes umfasst: einen Zähler, der angekoppelt ist, um ein Taktignal zu empfangen und einen Zählerwert als Antwort auf das Taktignal zu inkrementieren oder zu dekrementieren, wobei das Modulationssignal auf das Inkrementieren oder Dekrementieren des Zählerwertes anspricht.
11. Controller der Ausführungsform 1, wobei der Controller ferner Folgendes umfasst: einen arithmetischen Operator, der angekoppelt ist, um das Modulationssignal und die anfängliche Stromstärkebegrenzung zu empfangen und die Stromstärkebegrenzung auszugeben, wobei die Stromstärkebegrenzung auf eine arithmetische Operation des Modulationssignals und der anfänglichen Stromstärkebegrenzung anspricht; und einen Schalter, der angekoppelt ist, um durch das Leichtlastsignal gesteuert zu werden, wobei der arithmetische Operator das Modulationssignal empfangen kann, wenn der Schalter EIN ist.
12. Controller der Ausführungsform 10, wobei der arithmetische Operator ein Anschluss ist.
13. Controller der Ausführungsform 1, wobei das Modulationssignal ein digitales Stufensignal sein kann.
14. Controller der Ausführungsform 1, wobei der Controller ferner einen Jitter-Generator umfasst, der angekoppelt ist, um ein Jitter-Signal auszugeben, wobei der Jitter-Generator eine Schaltfrequenz des Leistungsschalters modulieren kann.
15. Controller der Ausführungsform 13, wobei das Jitter-Signal durch einen arithmetischen Operator oder einen Oszillator, der angekoppelt ist, um ein Taktignal zu erzeugen, empfangen werden kann.
16. Controller der Ausführungsform 13, wobei der Controller ferner eine Freigabeschaltung umfasst, die angekoppelt ist, um das Rückkopplungssignal zu empfangen und ein Freigabesignal auszugeben, wobei die Freigabeschaltung bestimmen kann, den Leistungsschalter auf EIN zu schalten.
17. Controller der Ausführungsform 15, wobei das Jitter-Signal von der Freigabeschaltung empfangen werden kann.
18. Controller für einen Schaltleistungsumsetzer, der einen Leistungsschalter umfasst, wobei der Controller Folgendes umfasst: einen Komparator zum Vergleichen eines Stromstärkefassungssignals, das eine Stromstärke repräsentiert, die von dem Leistungsschalter geleitet wird, mit einer Stromstärkebegrenzung und zum Ausgeben als Antwort darauf, dass der Vergleich angibt, dass die von dem Leistungsschalter geleitete Stromstärke die Stromstärkebegrenzung überschreitet, eines Signals, das dies angibt; eine Leistungsschalter-Ansteuerschaltung, die auf das Signal, das angibt, dass die Stromstärke die Stromstärkebegrenzung überschreitet, an-

- spricht, um den Leistungsschalter in einen Aus-Zustand zu schalten; eine Leichtlast-Erfassungsschaltung, die angekoppelt ist, um eine leichte Last an dem Schaltleistungsumsetzer zu erfassen und ein Leichtlastsignal als Antwort darauf auszugeben; eine Stromstärkebegrenzungs-Modulationsschaltung zum Modulieren der Stromstärkebegrenzung als Antwort auf das Leichtlastsignal, das eine leichte Last an dem Schaltleistungsumsetzer angibt.
19. Controller einer vorhergehenden Ausführungsform, wobei eine leichte Last eine Last ist, die eine Leistungsaufnahme von im Wesentlichen 25% Leistungsaufnahme weniger als bei Volllast aufweist.
20. Controller einer vorhergehenden Ausführungsform, wobei die Stromstärkebegrenzungs-Modulationsschaltung die Stromstärkebegrenzung um mindestens 5% moduliert.
21. Controller einer vorhergehenden Ausführungsform, wobei die Leichtlast-Erfassungsschaltung die leichte Last als Antwort darauf erfasst, dass die vormodulierte Stromstärkebegrenzung kleiner als eine Schwelle ist.
22. Controller der Ausführungsform 21, wobei die Schwelle im Wesentlichen um 50% kleiner als ein Maximalwert der Stromstärkebegrenzung ist.
23. Controller einer vorhergehenden Ausführungsform, der ferner eine Frequenzmodulationschaltung umfasst, die angekoppelt ist, um eine Schaltfrequenz einer Leistungsschalter-Ansteuersignalausgabe durch die Leistungsschalter-Ansteuerschaltung zu modulieren, wobei die Schaltfrequenz des Ansteuersignals definiert, wann der Leistungsschalter von dem Aus-Zustand in den Ein-Zustand schalten soll.
24. Controller einer vorhergehenden Ausführungsform, wobei: der Controller ferner eine Stromstärkebegrenzungserzeugungsschaltung zum Erzeugen einer Vormodulationsstromstärkebegrenzung als Antwort auf ein Rückkopplungssignal umfasst; und die Stromstärkebegrenzungs-Modulationsschaltung Folgendes umfasst: eine Modulationsschaltung zum Erzeugen eines Modulationssignals; und eine Arithmetikoperationsschaltung, die angekoppelt ist, um das Modulationssignal und die Vormodulationsstromstärkebegrenzung zu empfangen, wobei die Arithmetikoperationsschaltung die Vormodulationsstromstärkebegrenzung mit dem Modulationssignal modulieren soll, um die modulierte Stromstärkebegrenzung zu erzeugen.
25. Controller der Ausführungsform 23, wobei die Modulationsschaltung Folgendes umfasst: einen Oszillator, der angekoppelt ist, um ein Takt-Signal auszugeben; und einen Zähler, der angekoppelt ist, um das Takt-Signal zu empfangen und einen Zählerwert als

Antwort auf das Taktsignal zu inkrementieren oder dekrementieren, wobei das Modulationssignal auf das Inkrementieren oder Dekrementieren des Zählerwertes anspricht.

26. Controller einer der Ausführungsformen 23 bis 24, wobei die Stromstärkebegrenzungserzeugungsschaltung als Antwort auf das Rückkopplungssignal die Vormodulationsstromstärkebegrenzung auf einen von mehreren diskreten Werten setzt.

27. Controller der Ausführungsform 25, wobei die Leichtlast-Erfassungsschaltung eine leichte Last bestimmt, wenn die Vormodulationsstromstärkebegrenzung auf den kleinsten der mehreren diskreten Werte gesetzt ist.

28. Controller einer der Ausführungsformen 23 bis 24, wobei die Stromstärkebegrenzungserzeugungsschaltung die Vormodulationsstromstärkebegrenzung als Antwort auf ein Freigabesignal erzeugt, das durch eine Freigabeschaltung erzeugt wird, wobei die Freigabeschaltung bestimmt, ob der Leistungsschalter als Antwort auf das Rückkopplungssignal aktiviert werden soll.

29. Controller einer der Ausführungsformen 23 bis 25 oder 27, wobei:

der Controller eine Frequenzmodulationsschaltung umfasst;  
die Frequenzmodulationsschaltung einen Jitter-Generator zum Erzeugen eines Jitter-Signals umfasst.

30. Controller der Ausführungsform 28, wobei die Arithmetikoperationsschaltung angekoppelt ist, um das Jitter-Signal zu empfangen und die Vormodulationsstromstärkebegrenzung sowohl mit dem Jitter-Signal als auch mit dem Modulationssignal zu modulieren.

31. Controller der Ausführungsform 28, wobei der Oszillator angekoppelt ist, um das Jitter-Signal zu empfangen und das Taktsignal mit dem Jitter-Signal zu modulieren.

32. Controller der Ausführungsform 28, wobei die Freigabeschaltung angekoppelt ist, um das Jitter-Signal zu empfangen und das Freigabesignal mit dem Jitter-Signal zu modulieren.

33. Controller für einen Schaltleistungsumsetzer, der einen Leistungsschalter umfasst, wobei der Controller Folgendes umfasst:

eine Frequenzmodulationsschaltung, die angekoppelt ist, um eine Schaltfrequenz eines Ansteuersignals für den Leistungsschalter zu modulieren, wobei die Schaltfrequenz des Ansteuersignals definiert, wann der Leistungsschalter von einem Aus-Zustand in einen Ein-Zustand schalten soll; und

eine Stromstärkebegrenzungs-Modulationsschaltung zum Modulieren einer Stromstärkebegrenzung, wobei die Stromstärkebegrenzung definiert, wann der Leistungsschalter von dem Aus-Zustand in den Ein-Zustand schalten soll.

34. Controller der Ausführungsform 33, der ferner Folgendes umfasst:

eine Leichtlast-Erfassungsschaltung, die angekoppelt ist, um eine leichte Last an dem Schaltleistungsumsetzer zu erfassen und ein Leichtlastsignal als Antwort darauf auszugeben;  
einen Schalter, der auf das Leichtlastsignal anspricht, um die Modulation der Stromstärkebegrenzung ein- und auszuschalten.

35. Controller der Ausführungsform 34, wobei eine leichte Last eine Last ist, die eine Leistungsaufnahme von im Wesentlichen 25% der Leistungsaufnahme bei Vollast aufweist.

36. Controller einer vorhergehenden Ausführungsform, wobei die Leichtlast-Erfassungsschaltung die leichte Last als Antwort darauf erfasst, dass die Vormodulationsstromstärkebegrenzung kleiner als eine Schwelle ist.

37. Controller einer der Ausführungsformen 33 bis 36, wobei die Stromstärkebegrenzungs-Modulationsschaltung Folgendes umfasst:

eine Modulationsschaltung zum Erzeugen eines Modulationssignals; und  
eine Arithmetikoperationsschaltung, die angekoppelt ist, um das Modulationssignal und die Vormodulationsstromstärkebegrenzung zu empfangen, wobei die Arithmetikoperationsschaltung die Vormodulationsstromstärkebegrenzung mit dem Modulationssignal modulieren soll, um die modulierte Stromstärkebegrenzung zu erzeugen.

38. Controller der Ausführungsform 37, wobei die Modulationsschaltung Folgendes umfasst:

einen Oszillator, der gekoppelt, um ein Taktsignal auszugeben; und  
einen Zähler, der angekoppelt ist, um das Taktsignal zu empfangen und einen Zählerwert als Antwort auf das Taktsignal zu inkrementieren oder dekrementieren, wobei das Modulationssignal auf das Inkrementieren oder Dekrementieren des Zählerwertes anspricht.

39. Controller einer der Ausführungsformen 37 bis 38, wobei, wobei die Stromstärkebegrenzungserzeugungsschaltung als Antwort auf das Rückkopplungssignal die Vormodulationsstromstärkebegrenzung auf einen von mehreren diskreten Werten setzt.

40. Controller einer der Ausführungsformen 37 bis 39, wobei die Frequenzmodulationsschaltung einen Jitter-Generator zum Erzeugen eines Jitter-Signals umfasst.

41. Controller der Ausführungsform 40, wobei die Arithmetikoperationsschaltung angekoppelt ist, um das Jitter-Signal zu empfangen und die Vormodulationsstromstärkebegrenzung sowohl mit dem Jitter-Signal als auch mit dem Modulationssignal zu modulieren.

42. Controller der Ausführungsform 40, wobei der Oszillator angekoppelt ist, um das Jitter-Signal zu empfangen und das Taktsignal mit dem Jitter-Signal zu modulieren.

### Patentansprüche

1. Controller zur Verwendung in einem Leistungs-umsetzer, der einen Leistungsschalter umfasst, wobei der Controller Folgendes umfasst:

einen Komparator, der angekoppelt ist, um ein Stromstärkeerfassungssignal, das eine Schalterstromstärke repräsentiert, die von dem Leistungsschalter geleitet wird, mit einer Stromstärkebegrenzung zu vergleichen, wobei der Komparator ein Komparatortausrangssignal ausgibt, das repräsentativ dafür ist, ob die Schalterstromstärke die Stromstärkebegrenzung erreicht hat;

eine Ansteuerschaltung, die angekoppelt ist, um ein Rückkopplungssignal, das repräsentativ für eine Ausgabe des Leistungsumsetzers ist, und das Komparatortausrangssignal zu empfangen, wobei die Ansteuerschaltung angekoppelt ist, um ein Ansteuersignal zu erzeugen, um ein Schalten des Leistungsschalters zu steuern, um eine Ausgabe des Leistungsumsetzers als Antwort auf das Komparatortausrangssignal zu regulieren, wobei die Ansteuerschaltung den Leistungsschalter dann ausschaltet, wenn die Schalterstromstärke die Stromstärkebegrenzung erreicht hat; einen Stromstärkebegrenzungsgenerator, der angekoppelt ist, um das Rückkopplungssignal zu empfangen und ein anfängliches Stromstärkebegrenzungssignal zu erzeugen, wobei die Stromstärkebegrenzung auf die anfängliche Stromstärkebegrenzung anspricht;

eine Leichtlast-Erfassungsschaltung, die angekoppelt ist, um einen Leichtlastzustand des Leistungsumsetzers zu erfassen und ein Leichtlastsignal auszugeben; und

eine Stromstärkebegrenzungs-Modulationsschaltung, die angekoppelt ist, um ein Modulationssignal auszugeben und die anfängliche Stromstärkebegrenzung als Antwort auf das Leichtlastsignal, das einen Leichtlastzustand angibt, zu modulieren.

2. Controller nach Anspruch 1, wobei die Stromstärkebegrenzung dann im Wesentlichen die anfängliche Stromstärkebegrenzung ist, wenn der Leichtlastzustand nicht erfasst wird, und wobei die Stromstärkebegrenzung dann im Wesentlichen die Stromstärkebegrenzung, die durch das Modulationssignal moduliert ist, ist, wenn der Leichtlastzustand erfasst wird.

3. Controller nach Anspruch 1, wobei die Leichtlast-Erfassungsschaltung den Leichtlastzustand bestimmt, wenn die anfängliche Stromstärkebegrenzung kleiner als eine Schwelle ist.

4. Controller nach Anspruch 1, wobei das anfängliche Stromstärkebegrenzungssignal einer von mehreren diskreten Werten sein kann.

5. Controller nach Anspruch 1, wobei das Modulationssignal eine Dreieckswellenform oder eine Sägezahnwellenform ist.

6. Controller nach Anspruch 1, wobei die Stromstärkebegrenzungs-Modulationsschaltung ferner Folgendes umfasst:

einen Zähler, der angekoppelt ist, um ein Taktsignal zu empfangen und einen Zählerwert als Antwort auf das Taktsignal zu inkrementieren oder zu dekrementieren, wobei das Modulationssignal auf das Inkrementieren oder Dekrementieren des Zählerwertes anspricht.

7. Controller nach Anspruch 1, wobei der Controller ferner Folgendes umfasst:

einen arithmetischen Operator, der angekoppelt ist, um das Modulationssignal und die anfängliche Stromstärkebegrenzung zu empfangen und die Stromstärkebegrenzung auszugeben, wobei die Stromstärkebegrenzung auf eine arithmetische Operation des Modulationssignals und der anfänglichen Stromstärkebegrenzung anspricht; und einen Schalter, der angekoppelt ist, um durch das Leichtlastsignal gesteuert zu werden, wobei der arithmetische Operator das Modulationssignal empfangen kann, wenn der Schalter EIN ist.

8. Controller nach Anspruch 7, wobei der arithmetische Operator ein Anschluss ist.

9. Controller nach Anspruch 1, wobei das Modulationssignal ein digitales Stufensignal ist.

10. Controller nach Anspruch 1, wobei der Controller ferner einen Jitter-Generator umfasst, der angekoppelt ist, um ein Jitter-Signal auszugeben, wobei der Jitter-Generator eine Schaltfrequenz des Leistungsschalters modulieren kann.

11. Controller nach Anspruch 10, wobei das Jitter-Signal durch einen arithmetischen Operator oder einen Oszillator, der angekoppelt ist, um ein Taktsignal zu erzeugen, empfangen werden kann.

12. Controller nach Anspruch 9, wobei der Controller ferner eine Freigabeschaltung umfasst, die angekoppelt ist, um das Rückkopplungssignal zu empfangen und ein Freigabesignal auszugeben, wobei die Freigabeschaltung bestimmen kann, den Leistungsschalter auf EIN zu schalten.

13. Controller nach Anspruch 11, wobei das Jitter-Signal von der Freigabeschaltung empfangen werden kann.

14. Controller für einen Schaltleistungsumsetzer, der einen Leistungsschalter umfasst, wobei der Controller Folgendes umfasst:

einen Komparator zum Vergleichen eines Stromstärkefassungssignals, das eine Stromstärke repräsentiert, die von dem Leistungsschalter geleitet wird, mit einer Stromstärkebegrenzung und zum Ausgeben als Antwort darauf, dass der Vergleich angibt, dass die von dem Leistungsschalter geleitete Stromstärke die Stromstärkebegrenzung überschreitet, eines Signals, das dies angibt;

eine Leistungsschalter-Ansteuerschaltung, die auf das Signal, das angibt, dass die Stromstärke die Stromstärkebegrenzung überschreitet, anspricht, um den Leistungsschalter in einen Aus-Zustand zu schalten;

eine Leichtlast-Erfassungsschaltung, die angekoppelt ist, um eine leichte Last an dem Schaltleistungsumsetzer zu erfassen und ein Leichtlastsignal als Antwort darauf auszugeben;

eine Stromstärkebegrenzungs-Modulationsschaltung zum Modulieren der Stromstärkebegrenzung als Antwort auf das Leichtlastsignal, das eine leichte Last an dem Schaltleistungsumsetzer angibt.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

## Anhängende Zeichnungen

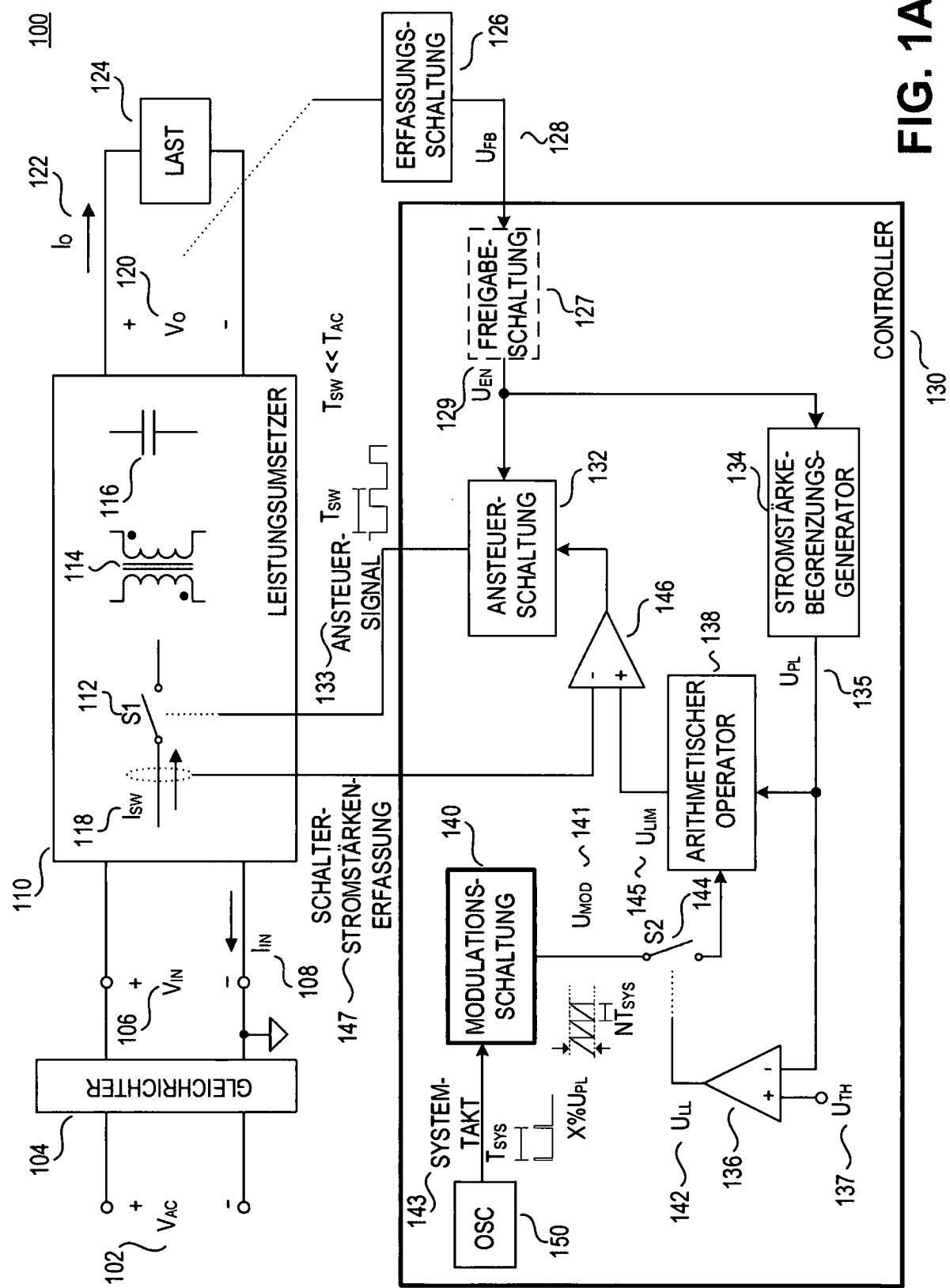


FIG. 1A

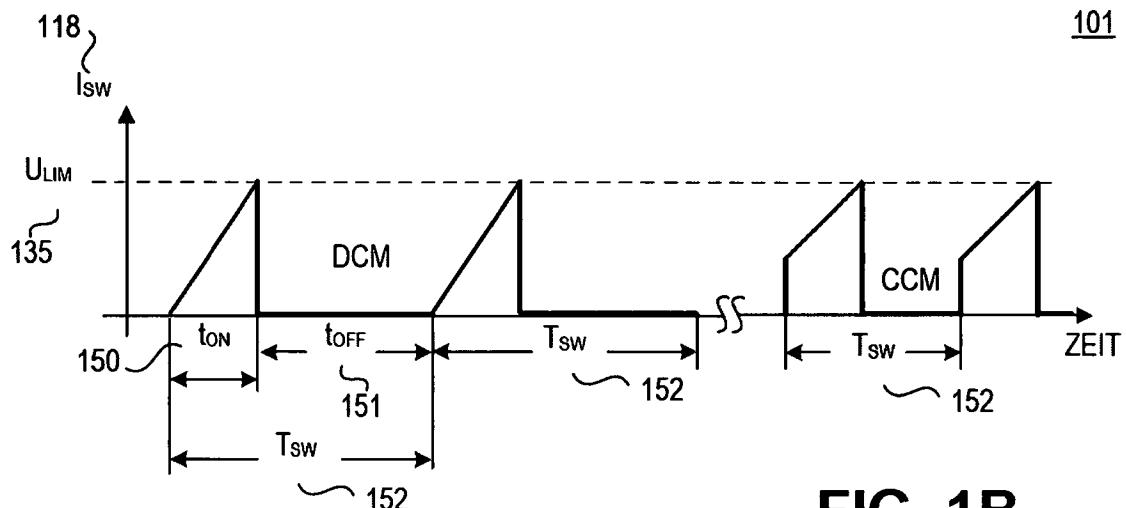


FIG. 1B

103

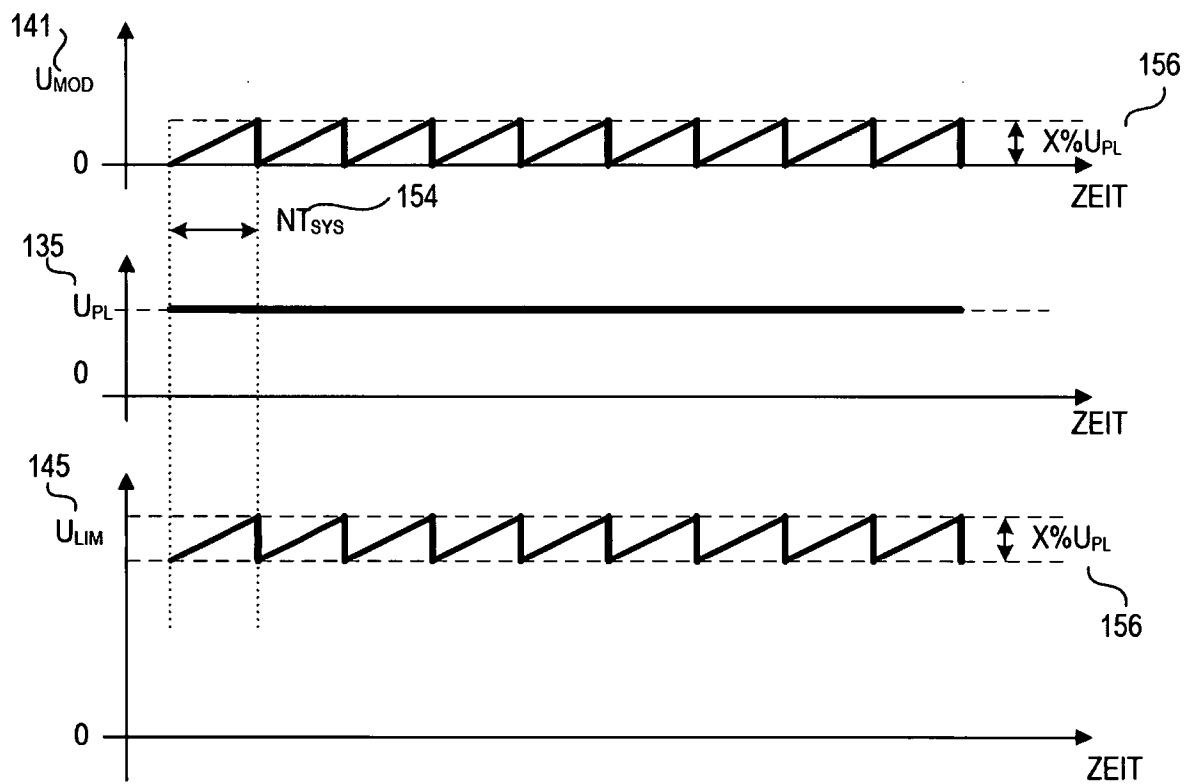


FIG. 1C

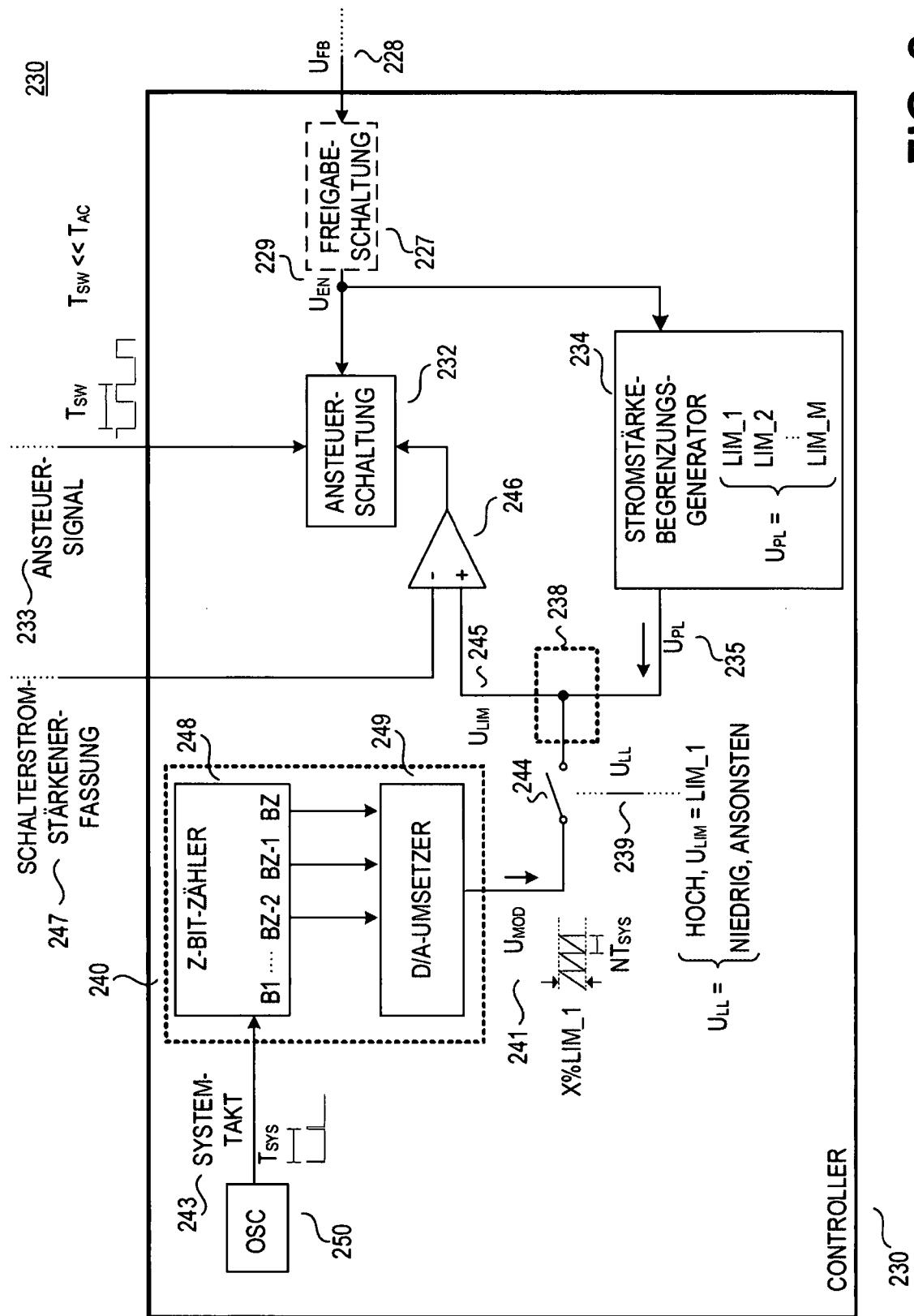


FIG. 2

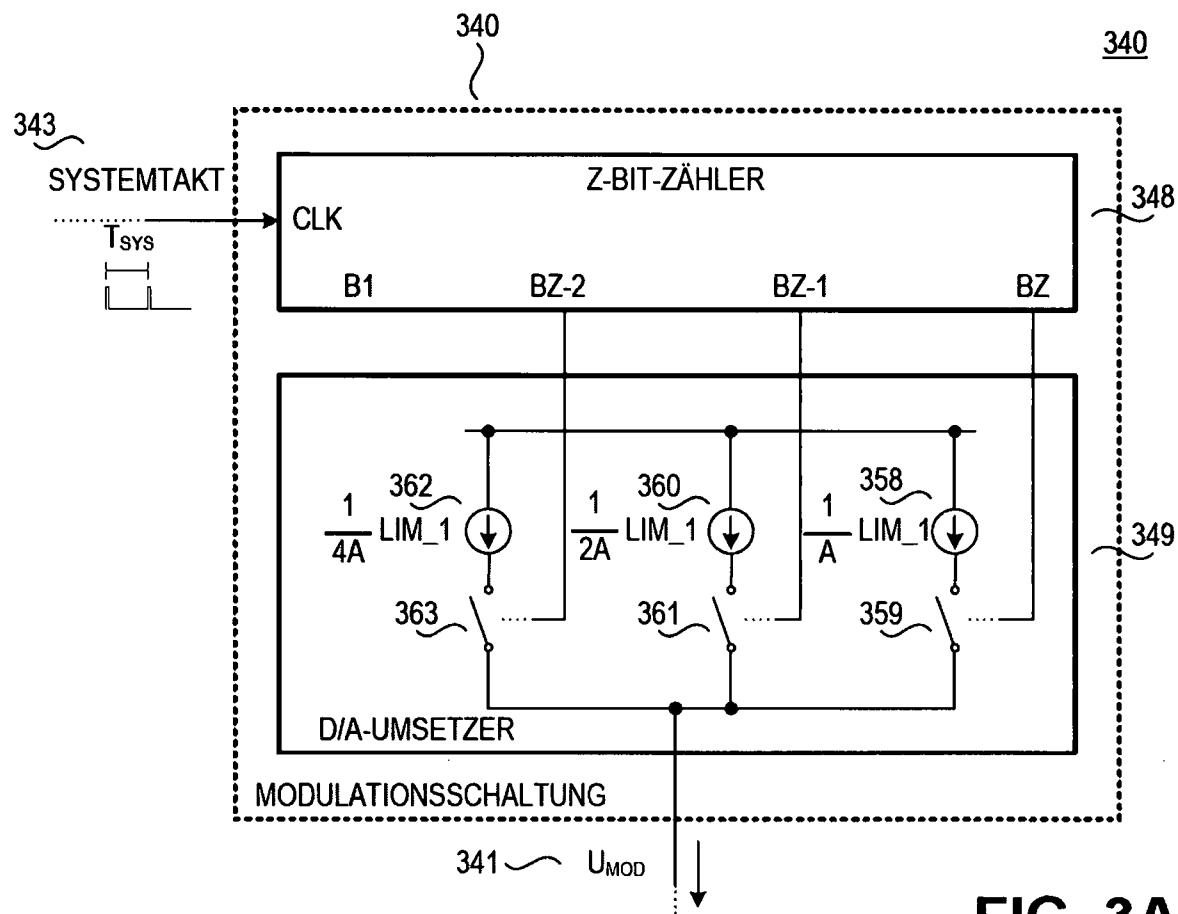
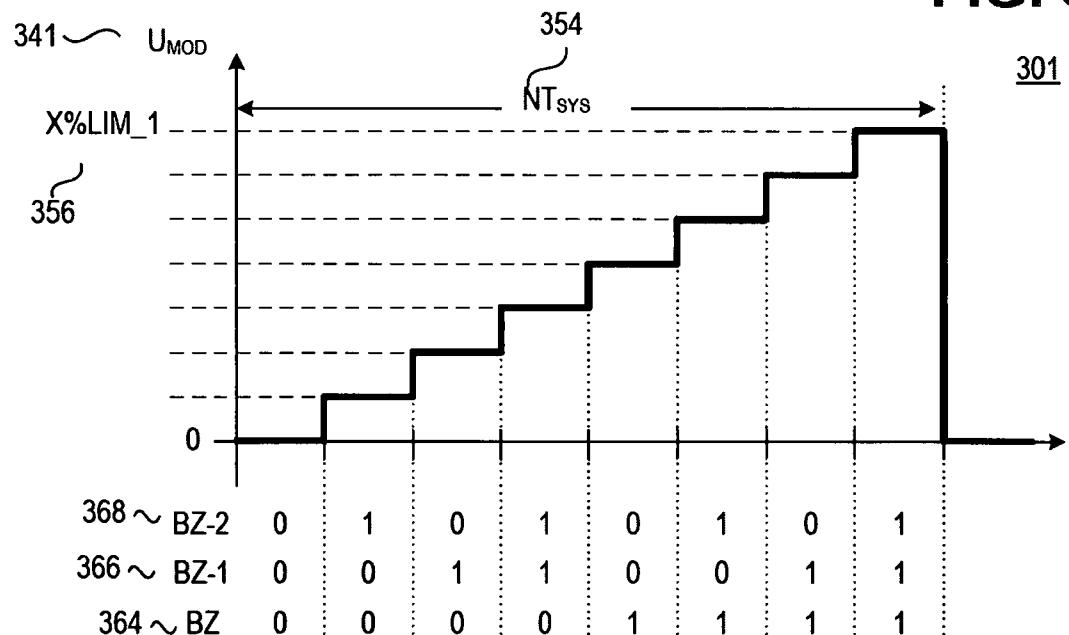


FIG. 3A



$$X\%ILIM\_1 = \left( \frac{1}{4A} + \frac{1}{2A} + \frac{1}{A} \right) \%LIM\_1 \curvearrowright 369$$

FIG. 3B

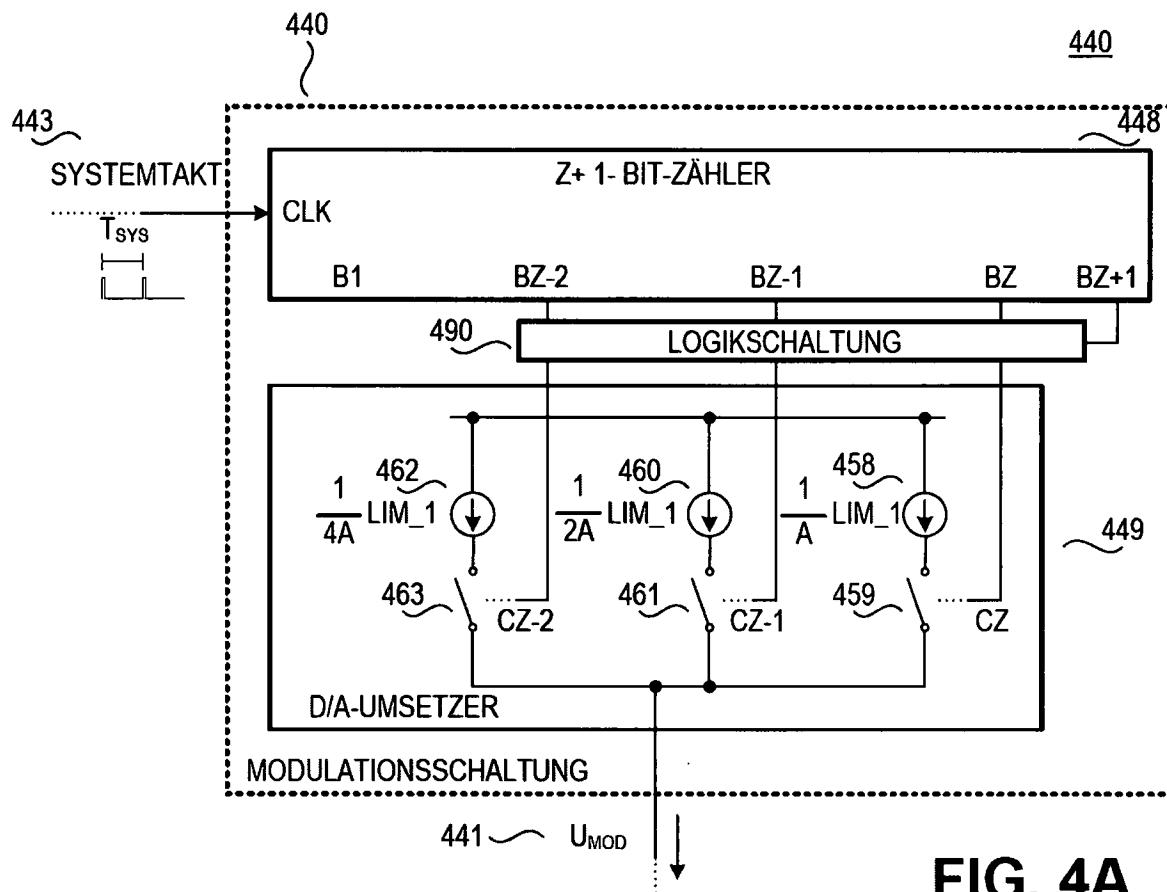
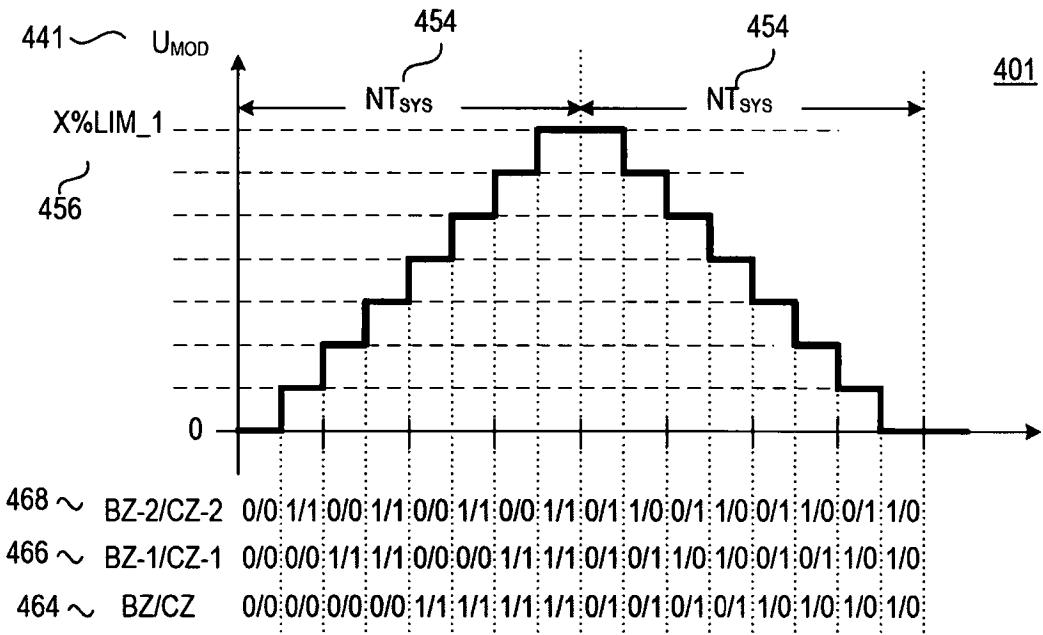


FIG. 4A

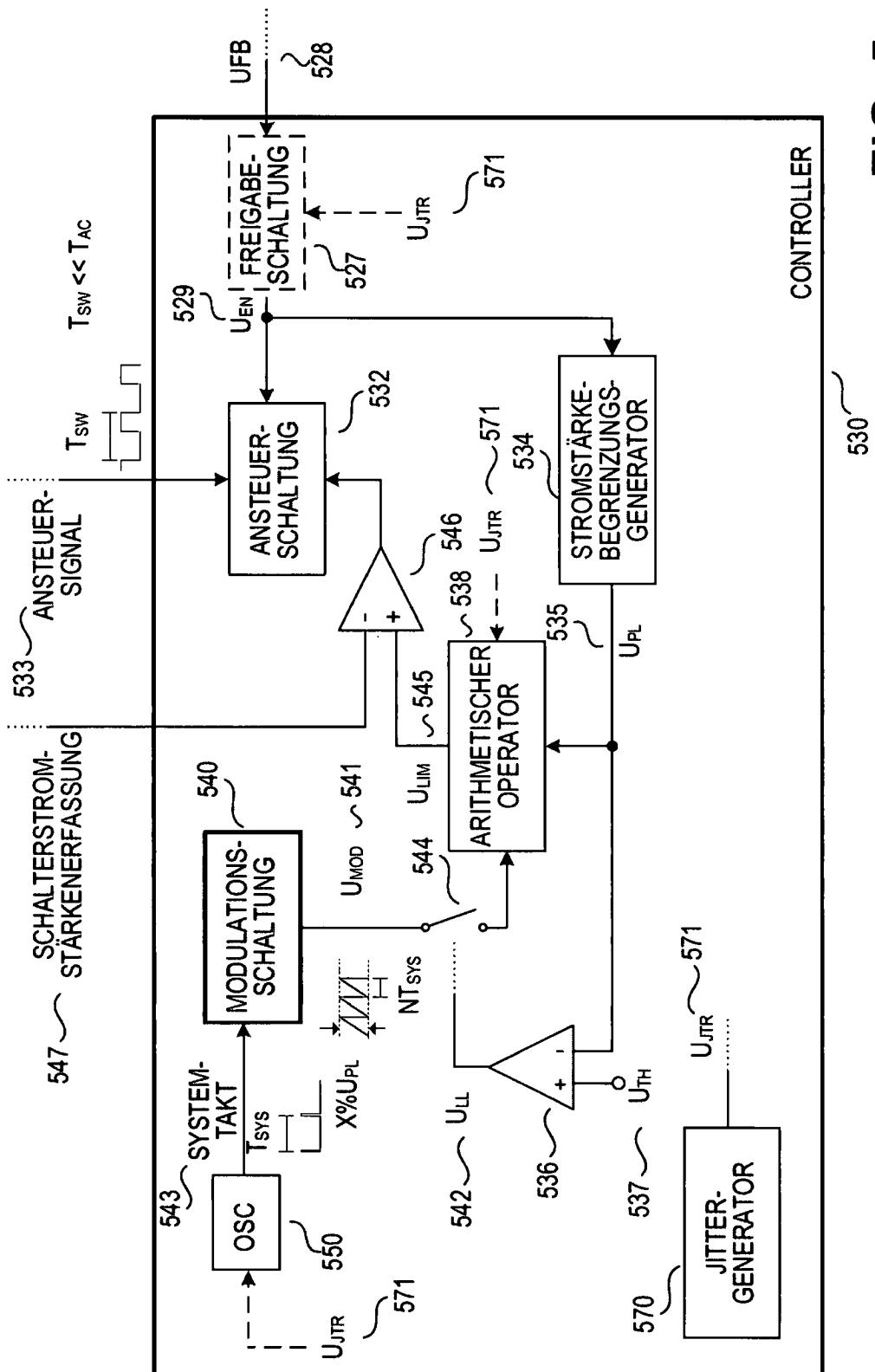


448 ~ BZ-2/CZ-2 0/0 1/1 0/0 1/1 0/0 1/1 0/0 1/1 0/1 1/0 0/1 1/0 0/1 1/0 0/1 1/0  
 466 ~ BZ-1/CZ-1 0/0 0/0 1/1 1/1 0/0 0/0 1/1 1/1 0/1 1/0 1/0 0/1 1/0 0/1 0/1 1/0  
 464 ~ BZ/CZ 0/0 0/0 0/0 0/0 1/1 1/1 1/1 0/1 0/1 0/1 0/1 1/0 1/0 1/0 1/0  
 492 ~ BZ+1 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1

$$X \% LIM_{-1} = \left( \frac{1}{4A} + \frac{1}{2A} + \frac{1}{A} \right) \% LIM_{-1} \sim 469$$

FIG. 4B

53



5  
FIG.