



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2016 215 974.7**

(51) Int Cl.: **H02M 3/335** (2006.01)

(22) Anmeldetag: **25.08.2016**

(43) Offenlegungstag: **02.03.2017**

(30) Unionspriorität:
14/835,487 **25.08.2015** **US**

(74) Vertreter:
MERH-IP Matias Erny Reichl Hoffmann
Patentanwälte PartG mbB, 80336 München, DE

(71) Anmelder:
DIALOG SEMICONDUCTOR INC., Campbell, Calif.,
US

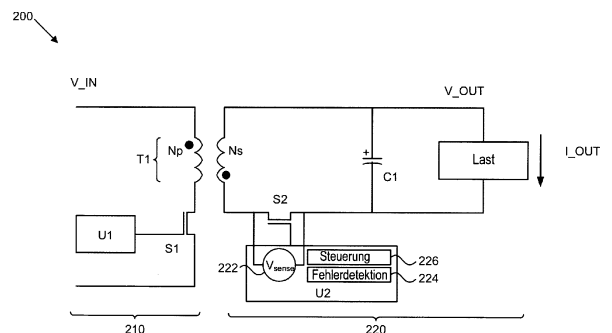
(72) Erfinder:
Kong, Penju, Campbell, US; Liang, Wenbo,
Campbell, US

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Adaptive Synchrongleichrichtersteuerung**

(57) Zusammenfassung: Ein Schaltleistungswandler kann einen Leistungsschalter, der mit einer Primärwicklung eines Transformators gekoppelt ist, und einen Primärcontroller, der mit dem Leistungsschalter gekoppelt ist und dazu ausgelegt ist, den Leistungsschalter ein- und auszuschalten, einen Synchrongleichrichter-Schalter, der mit einer Sekundärwicklung eines Transformators gekoppelt ist, und einen Synchrongleichrichter-Controller, der dazu ausgelegt ist, den Synchrongleichrichter-Schalter ein- und auszuschalten, umfassen. Der Synchrongleichrichter-Controller kann eine Spannung über dem Synchrongleichrichter-Schalter überwachen. Der Synchrongleichrichter-Controller kann einen Fehlerzustand als Antwort darauf detektieren, dass der Synchrongleichrichter-Schalter gleichzeitig mit, kurz nach oder innerhalb einer Schutzzeitspanne nach dem Ablauf des Mindesteinschaltzeit-Zeitgebers eingeschaltet wird. Der Synchrongleichrichter-Controller kann eine Mindestauschaltzeitspanne für den Synchrongleichrichter-Schalter adaptiv erhöhen.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Diese Anmeldung bezieht sich auf Schaltleistungswandler und insbesondere auf Schaltleistungswandler, die Synchrongleichrichtung verwenden.

Hintergrund

[0002] Die schlagartige Zunahme bei elektronischen Mobilvorrichtungen wie Smartphones und Tablets schafft in der Technik einen steigenden Bedarf an kompakten und effizienten Schaltleistungswandlern, so dass Anwender diese Vorrichtungen wiederaufladen können. Bei einer Mobilvorrichtung ist typischerweise ein Sperr-Schaltleistungswandler (Flyback-Schaltleistungswandler) vorgesehen, da sein Transformator eine sichere Isolierung von einem Haushaltswechselstrom bietet. Ein herkömmlicher Sperrwandler, der eine Gleichrichterdiode auf der sekundären (Last-)Seite seines Transformators verwendet, weist aufgrund eines relativ hohen Vorwärtsspannungsabfalls in der Gleichrichterdiode eine erhebliche Verlustleistung auf. Deshalb sind Synchrongleichrichtungstechniken entwickelt worden, die die Gleichrichterdiode mit einem aktiv gesteuerten Schalter wie beispielsweise einer Feldeffekttransistor-Vorrichtung (FET-Vorrichtung) (beispielsweise einer Metall-Oxid-Feldeffekttransistor-Vorrichtung (MOSFET-Vorrichtung)) ersetzen, um den Betriebswirkungsgrad zu verbessern, indem Vorteil aus deren geringerer Verlustleistung gezogen wird.

[0003] Herkömmliche Sperrwandler mit Synchrongleichrichtung umfassen typischerweise einen Synchrongleichrichter-Controller, der den Synchrongleichrichter-Schalter (S2) basierend auf einer Spannung über den Synchrongleichrichter-Schalteranschlüssen steuert. Wenn diese Spannung unter eine Einschaltzeit-Schwellenspannung fällt, schaltet der Controller den Synchrongleichrichter-Schalter S2 ein, so dass Leistung an eine Last geliefert wird. Während dieser Leistungsabgabe steigt die Spannung über dem Synchrongleichrichter-Schalter S2 allmählich über die Einschaltzeit-Schwellenspannung, bis sie eine Ausschaltzeit-Schwellenspannung überschreitet. Diese Ausschaltzeit-Schwellenspannung entspricht der Spannung über dem Synchrongleichrichter-Schalter zu der Transformator-Rückstellzeit, zu der die Sekundärwicklungsstromstärke auf null heruntergefahren worden ist.

[0004] Die Zeitvorgabe für die Ein- und Aus-Zustände für den Synchrongleichrichter-Schalter ist entscheidend, um Verluste zu reduzieren. Aber die Steuerung bezüglich der Einschaltzeit- und die Ausschaltzeit-Schwellenspannung ist problematisch, da die Spannung über dem Synchrongleichrichter-

Schalter S2 aufgrund von parasitären Effekten eine Resonanzschwingung zu den Einschaltzeiten und Ausschaltzeiten aufweisen wird. Wenn der Synchrongleichrichter-Schalter S2 eingeschaltet wird, kann dieses resonante Überschwingen bewirken, dass die Schalterspannung die Ausschaltzeit-Schwellenspannung überschreitet, so dass der Controller den Synchrongleichrichter-Schalter in unerwünschter Weise ausschalten würde, obwohl der Sekundärwicklungsstrom noch relativ robust ist (weit vor der Transformator-Rückstellzeit). Um solch ein unerwünschtes vorzeitiges Ausschalten des Synchrongleichrichter-Schalters S2 zu verhindern, ist es üblich, dass der Controller eine Mindesteinschaltzeitspanne in Bezug auf die Überwachung der Ausschaltzeit-Schwellenspannung nach dem Einschalten des Synchrongleichrichter-Schalters S2 anwendet. Während dieser Mindesteinschaltzeitspanne reagiert der Controller nicht darauf, dass die Spannung des Synchrongleichrichter-Schalters S2 die Einschaltzeit-Schwellenspannung übersteigt.

[0005] Eine analoge Mindestausschaltzeitspanne folgt auf das Ausschalten des Synchrongleichrichter-Schalters S2, um zu verhindern, dass der Controller auf eine Resonanzschwingung der Schalterspannung reagiert, die bewirkt, dass die Schalterspannung unter die Einschaltzeit-Schwellenspannung fällt. Aber im Gegensatz zu der Resonanzschwingung, die zu der Einschaltzeit des Synchrongleichrichter-Schalters S2 auftritt, ist die Resonanzschwingung, die zu der Ausschaltzeit des Schalters auftritt, deutlich robuster und ausgedehnter. Diese robuste Ausschaltzeiterschwingung der Schalterspannung erschwert das Einstellen einer geeigneten Dauer der Mindestausschaltzeitspanne, was besser durch eine Betrachtung der Wellenformen erkannt werden kann, die in **Fig. 1** für einen Leistungszyklus **110** und einen Leistungszyklus **120** eines primärseitigen Leistungsschalters S1 gezeigt sind. In diesem Beispiel ist die Spannung über dem Synchrongleichrichter-Schalter S2 eine Drain-zu-Source-Spannung (V_{D-S}) für einen MOSFET. Als Antwort auf das Ausschalten des Leistungsschalters S1 fällt die Drain-zu-Source-Spannung für den Synchrongleichrichter-Schalter S2 unter die Einschaltzeit-Schwellenspannung ab. Der Synchrongleichrichter-Schalter S2 wird somit eingeschaltet, während zur gleichen Zeit ein Zeitgeber (S2-MIN- T_{EIN} -Zeitgeber) gestartet wird, um die Mindesteinschaltzeitspanne festzulegen. Die sich ergebende Resonanzschwingung der Drain-zu-Source-Spannung ist relativ gering und wird schnell gedämpft, so dass die Dauer der Mindesteinschaltzeitspanne relativ kurz sein kann.

[0006] Als Antwort auf das Einschalten des Synchrongleichrichter-Schalters S2 schaltet sich der Sekundärwicklungsstrom impulsartig ein und beginnt, herunterzufahren, bis er bei der Transformator-Rückstellzeit ($T1$ -Rückstellung) null erreicht. Zu der glei-

chen Zeit steigt die Drain-zu-Source-Spannung für den Schalter S2 über die Ausschaltzeit-Schwellenspannung (S2-AUS-Schwelle), so dass der Schalter S2 ausgeschaltet wird und ein Zeitgeber (S2-MIN-T_{AUS}-Zeitgeber) beginnt, die Mindestausschaltzeitspanne zeitlich festzulegen. Die sich ergebende Resonanzschwingung für die Drain-zu-Source-Spannung nach der Ausschaltzeit des Synchrongleichrichter-Schalters S2 ist im Vergleich mit der Dämpfung, die in der Einschaltzeit des Synchrongleichrichter-Schalters S2 auftritt, ausgeprägter und nur langsamer zu dämpfen. Für den Leistungszyklus **110** hat die Mindestausschaltzeitspanne eine geeignete Dauer, so dass die Resonanzschwingungen der Drain-zu-Source-Spannung nach Beendigung der Mindestausschaltzeitspanne nicht die Einschaltzeit-Schwellenspannung überschreiten.

[0007] Aber die Resonanzschwingungen nach der Ausschaltzeit des Synchrongleichrichter-Schalters S2 sind für einen nachfolgenden Leistungszyklus **120** des Leistungsschalters S1 stärker ausgeprägt. Aufgrund dieser ausgeprägteren Resonanz überschreitet die Drain-zu-Source-Spannung die Einschaltzeit-Schwellenspannung zu einem Zeitpunkt **122** nach der Beendigung der Mindestausschaltzeitspanne in dem Leistungszyklus **120**. Als Ergebnis schaltet der Controller den Synchrongleichrichter-Schalter S2 ein, obwohl es keinen Leistungsimpuls zu liefern gibt. Das Ergebnis ist, dass der Sekundärwicklungsstrom während der folgenden Zeit der Mindesteinschaltzeitspanne **122** einen leicht negativen Wert aufweist. Bei Beendigung dieser unerwünschten Mindesteinschaltzeitspanne übersteigt die Drain-zu-Source-Spannung die Ausschaltzeit-Schwellenspannung, so dass der Synchrongleichrichter-Schalter S2 für eine weitere Mindestausschaltzeitspanne ausgeschaltet wird. Aber die nachfolgende Resonanzschwingung der Drain-zu-Source-Spannung bewirkt wiederum, dass die Drain-zu-Source-Spannung die Einschaltzeit-Schwellenspannung überschreitet, so dass der Synchrongleichrichter-Schalter S2 zu einer Zeit **124** wieder eingeschaltet wird. Ein weiterer negativer Strom wird in die Sekundärwicklung bis zu der Beendigung der nachfolgenden Mindesteinschaltzeitspanne induziert, woraufhin die Drain-zu-Source-Spannung wieder die Ausschaltzeit-Schwellenspannung überschreitet, so dass der Synchrongleichrichter-Schalter S2 geöffnet wird.

[0008] Das resultierende Ein- und Ausschalten des Synchrongleichrichter-Schalters S2 nach der Transformator-Rückstellzeit ist aus einer Vielzahl von Gründen unerwünscht. Zum Beispiel verschwendet der negative Strom, der über der Sekundärwicklung erregt wird, Energie. Noch grundlegender ist, dass der Synchrongleichrichter-Schalter S2 eingeschaltet werden kann, wenn der Leistungsschalter sich einschaltet, was ein großes Problem ist. Die Einstellung der Mindesteinschaltzeitspanne in dem Stand

der Technik ist daher insofern problematisch, dass sie nicht zu kurz eingestellt werden kann, oder dieses unerwünschte Schalten des Synchrongleichrichter-Schalters S2 tritt auf, noch kann sie zu lange eingestellt werden, da die Mindestausschaltzeitspanne dann das nächste Schalten des Leistungsschalters S1 stören würde.

[0009] Dementsprechend besteht in der Technik ein Bedarf an verbesserten Synchrongleichrichter-Steuertechniken für Schaltleistungswandler.

Zusammenfassung

[0010] Um den Bedarf an verbesserten Synchrongleichrichtungstechniken in der Technik zu stillen, ist ein Schaltleistungswandler mit einem Synchrongleichrichter-Controller versehen, der dazu ausgelegt ist, eine Dauer einer Einschaltzeitspanne für einen Synchrongleichrichter-Schalter zu überwachen. Wenn die Dauer zu kurz ist, erhöht der Synchrongleichrichter-Controller eine Dauer einer Mindestausschaltzeitspanne für den Synchrongleichrichter-Schalter, um die resultierende Fehlerdetektion zu beheben. Auf diese Weise wird verhindert, dass eine Resonanzschwingung einer Spannung über dem Synchrongleichrichter-Schalter bewirkt, dass der Synchrongleichrichter-Controller zwischen Einschaltzeiten für einen Leistungsschalter den Synchrongleichrichter-Schalter wiederholt ein- und ausschaltet.

[0011] Insbesondere ist erwünscht, dass der Synchrongleichrichter-Controller den Synchrongleichrichter-Schalter nach einer Transformator-Rückstellzeit und vor einem nachfolgenden Schalten des Leistungsschalters ausgeschaltet hält. Aufgrund der Resonanzschwingungen der Spannung über dem Synchrongleichrichter-Schalter, nachdem er ausgeschaltet wird, würden herkömmliche Synchrongleichrichter-Controller aber den Resonanzschalter vor dem Einschalten des Leistungsschalters unerwünschterweise einschalten. Die Spannung über dem Synchrongleichrichter-Schalter würde dann sofort die Ausschaltzeit-Schwellenspannung überschreiten, um ein Ausschalten des Synchrongleichrichter-Schalters nach dem Ablauf der Mindesteinschaltzeitspanne für den Synchrongleichrichter-Schalter auszulösen. Dieses Ausschalten des Synchrongleichrichter-Schalters löst dann eine weitere Resonanzschwingung der Spannung über dem Synchrongleichrichter-Schalter aus, die wiederum die Gefahr eines weiteren unerwünschten Einschaltens des Synchrongleichrichter-Schalters anhebt. Auf diese Weise könnte der Synchrongleichrichter-Schalter weiterhin ein- und ausgeschaltet werden, so dass die normale Leistungsabgabe an die Last unterbrochen wird.

[0012] Eine bekannte Vorgehensweise zum Lösen dieses Problems war es, die Mindestausschaltzeitspanne durch Überwachen der Spannung über dem Synchrongleichrichter-Schalter während der Dauer der Mindestausschaltzeitspanne einzustellen. Aber solche herkömmlichen Techniken sind deshalb unerwünscht, da sich die Mindestausschaltzeitspanne derart verlängern kann, dass das Schalten des Leistungsschalters verpasst wird. Im Gegensatz dazu verhindert das offenbarte Überwachen der Mindesteinschaltzeitspanne in vorteilhafter Weise das unerwünschte wiederholte Einschalten des Synchrongleichrichter-Schalters nach der Transformator-Rückstellzeit und vor dem Ausschalten des Leistungsschalters. Diese vorteilhaften Merkmale können durch Betrachtung der folgenden genauen Beschreibung besser verstanden werden.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0013] Fig. 1 veranschaulicht Wellenformen für einen herkömmlichen Sperrwandler mit Synchrongleichrichtersteuerung.

[0014] Fig. 2 ist ein Diagramm eines Sperrwandlers, der für eine adaptive Synchrongleichrichtersteuerung gemäß einer Ausführungsform der Offenbarung ausgelegt ist.

[0015] Fig. 3 zeigt Wellenformen für einen Sperrwandler mit adaptiver Synchrongleichrichtersteuerung gemäß einer Ausführungsform der Offenbarung.

[0016] Fig. 4 ist ein Ablaufdiagramm für ein beispielhaftes Verfahren des Betriebs gemäß einer Ausführungsform der Offenbarung.

[0017] Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung und ihre Vorteile werden am besten unter Bezugnahme auf die folgende genaue Beschreibung verstanden. Es ist zu beachten, dass gleiche Bezugszeichen verwendet werden, um gleiche Elemente, die in einer oder mehreren der Figuren dargestellt sind, zu identifizieren.

Genauere Beschreibung

[0018] Systeme, Vorrichtungen und Verfahren sind vorgesehen, die Zyklus für Zyklus eine adaptive Einstellung eines Mindestausschaltzeit-Zeitgebers für die Synchrongleichrichtung ermöglichen.

[0019] Ein beispielhafter Sperrwandler **200**, der für eine adaptive Synchrongleichrichtersteuerung ausgelegt ist, ist in Fig. 2 gezeigt. In verschiedenen Ausführungsformen umfasst der Sperrwandler **200** eine Primärseite wie etwa eine Leistungsstufe **210** und eine Sekundärseite wie etwa eine sekundäre Ausgangsstufe **220**. Die Leistungsstufe **210** kann einen Leistungsschalter S1, einen primären Control-

ler U1, der dazu ausgelegt ist, den Ein-Zustand und den Aus-Zustand des Leistungsschalter S1 zu steuern, und Primärwicklungen Np eines Transformators T1 umfassen. Der Controller U1 kann die Ausgangsregelung des Sperrwandlers **200** durch Steuern der Ein- und Aus-Zustände des Leistungsschalters S1 aufrechterhalten. Die sekundäre Ausgangsstufe **220** kann einen Synchrongleichrichter-Schalter S2, einen adaptiven Synchrongleichrichter-Controller U2, der dazu ausgelegt ist, den Ein-Zustand und den Aus-Zustand eines Synchrongleichrichter-Schalters S2 zu steuern, Sekundärwicklungen Ns des Transformators T1 und einen Ausgangskondensator C1 umfassen. Der Leistungsschalter S1 und der Synchrongleichrichter-Schalter S2 können jeweils eine Feldeffekttransistor-Vorrichtung (FET-Vorrichtung, beispielsweise eine Metall-Oxid-Feldeffekttransistor-Vorrichtung (MOSFET-Vorrichtung)), eine Bipolartransistor-Vorrichtung (BJT-Vorrichtung) oder einen anderen geeigneten Schalter, umfassen.

[0020] In einigen Ausführungsformen umfasst der adaptive Synchrongleichrichter-Controller U2 einen Spannungssensor **222**, einen Mindesteinschaltzeit-Zeitgeber **224** und eine Steuerlogikschaltung **226**. Der Spannungssensor **222** kann dazu ausgelegt sein, eine Spannung über dem Synchrongleichrichter-Schalter S2 durch Erfassen durch eine oder mehrere Anschlüsse des adaptiven Synchrongleichrichter-Controllers U2 zu überwachen. Der Zeitgeber **224** kann eine analoge oder digitale Schaltung aufweisen. Die Steuerschaltung **226** kann Logikgatter oder einen Mikrocontroller umfassen. Die Steuerschaltung **226** kann dazu ausgelegt sein, den Synchrongleichrichter-Schalter S2 als Antwort darauf, dass von dem Spannungssensor **222** ein Überschreiten einer Einschaltzeit-Schwellenspannung erfasst wird, für zumindest eine Mindesteinschaltzeitspanne einzuschalten. Ebenso kann die Steuerschaltung **226** dazu ausgelegt sein, den Synchrongleichrichter-Schalter S2 als Antwort darauf, dass die erfasste Spannung eine Ausschaltzeit-Schwellenspannung kreuzt, für zumindest eine Mindestausschaltzeitspanne auszuschalten. Durch Vergleichen einer Dauer jeder Einschaltzeitspanne mit der Dauer der Mindesteinschaltzeitspanne, wie sie durch den Zeitgeber **224** festgelegt wird, kann die Steuerschaltung **226** bestimmen, wann die Dauer einer gegebenen Einschaltzeitspanne zu kurz ist, um eine Detektion eines Fehlerzustands auszulösen. In einer Ausführungsform kann eine solche "zu kurze" Dauer gleich der Dauer der Mindesteinschaltzeitspanne sein. In alternativen Ausführungsformen muss die Dauer einer Einschaltzeitspanne kleiner oder gleich einer Summe der Mindesteinschaltzeitspanne und einer Schutzspanne sein.

[0021] Als Antwort auf die Detektion des Fehlerzustands kann die Steuerschaltung **226** die Mindestausschaltzeitspanne adaptiv erhöhen. Diese Er-

höhung der Mindestausschaltzeitsspanne kann darauf beschränkt sein, eine maximal zulässige Ausschaltzeitsspanne nicht zu überschreiten, so dass der Synchrongleichrichter-Controller U2 bereit sein kann, den Synchrongleichrichter-Schalter S2 als Antwort darauf, dass ein Leistungsschalter S1 ausgeschaltet wird, einzuschalten. In weiteren Ausführungsformen können der Spannungssensor **222**, der Zeitgeber **224** und eine Steuerschaltung **226** unter Verwendung einer Kombination von Hardware-, Software- und/oder Firmware-Komponenten implementiert sein.

[0022] In verschiedenen Ausführungsformen steuert dann, wenn der Leistungsschalter S1 in dem Ein-Zustand gebracht ist, eine Eingangsspannung V_{IN} einen Primärstrom in der Primärwicklung N_p des Transformators T an. Basierend auf der Eingangsspannung V_{IN} und einer Magnetisierungsinduktivität für den Transformator T1, fährt der Primärstrom von null Ampere (Amp) auf einen Spitzenstromstärkewert hoch, woraufhin der Controller U1 den Leistungsschalter S1 ausschaltet, um einen Leistungszyklus zu vollenden.

[0023] In verschiedenen Ausführungsformen wird der Synchrongleichrichter-Schalter S2 in den Ein-Zustand gesetzt, wenn der Leistungsschalter S1 in den Aus-Zustand gesetzt ist, um Energie, die in dem Transformator T1 gespeichert ist, zu der sekundären Ausgangsstufe **220** zu liefern, und in den Aus-Zustand gesetzt, wenn die Energie, die in dem Transformator T1 gespeichert ist, erschöpft ist, wie zu der Transformator-Rückstellzeit. Der Synchrongleichrichter-Controller U2 schaltet somit den Synchrongleichrichter-Schalter S2 ein, wenn der Controller U1 den Leistungsschalter S1 ausschaltet, so dass die gespeicherte Energie in dem Transformator T1 als eine Ausgangsspannung V_{OUT} über einer Last, wie sie durch den Ausgangskondensator C1 gefiltert wird, in Verbindung mit einem Impuls des Sekundärstroms in der Sekundärwicklung N_s des Transformators T1 geliefert. Beispielsweise kann der adaptive Synchrongleichrichter-Controller U2 den Synchrongleichrichter-Schalter S2 als Antwort darauf einschalten, dass die Spannung über dem Synchrongleichrichter-Schalter S2 eine Einschaltzeit-Schwellenspannung (beispielsweise ungefähr -400 mV) überschreitet. Wenn die Energiezufuhr aus dem Transformator T1 erschöpft ist, wird die Sekundärstromstärke auf null Ampere runterfahren. Der Transformator-Rückstellpunkt (T1-Rückstellung) tritt auf, wenn die Sekundärstromstärke null Ampere erreicht, wobei der Synchrongleichrichter-Controller U2 an diesem Punkt den Synchrongleichrichter-Schalter S2 ausschaltet. Beispielsweise kann der adaptive Synchrongleichrichter-Controller U2 den Synchrongleichrichter-Schalter S2 als Antwort darauf ausschalten, dass die Spannung über dem Synchrongleichrichter-Schalter S2 eine Ausschaltzeit-Schwellenspannung (z. B. 0 V) erreicht.

[0024] Für einen verbesserten Betriebswirkungsgrad kann der Synchrongleichrichter-Controller U2 den Synchrongleichrichter-Schalter S2 steuern, um funktionale Operationen bereitzustellen, die einer Diodenvorrichtung ähnlich sind, und zwar trotz des bidirektionalen Stromflusses, der durch den Synchrongleichrichter-Schalter S2 auftreten kann. Im Anschluss an die Transformator-Rückstellzeit und vor einem nachfolgenden Schalten des Leistungsschalters S1 sollte der Synchrongleichrichter-Controller U2 den Synchrongleichrichter-Schalter S2 ausgeschaltet halten. Aber wie zuvor diskutiert kann die Resonanzschwingung der Spannung über dem Synchrongleichrichter-Schalter S2 nach dessen Ausschalten und weiterhin über die Mindestausschaltzeitsspanne hinaus bewirken, dass diese Spannung die Einschaltzeit-Schwellenspannung überschreitet, so dass der Synchrongleichrichter-Schalter dann eingeschaltet wird. Da dieses fehlerhafte Einschalten des Synchrongleichrichter-Schalters vor dem Einschalten des Leistungsschalters S1 durchgeführt wird, wird die Ausschaltzeit-Schwellenspannung unmittelbar nach Ablauf der Mindesteinschaltzeitsspanne verletzt. Der Synchrongleichrichter-Controller U2 überwacht die Dauer der Einschaltzeitsspanne, um zu detektieren, ob sie der Mindesteinschaltzeitsspanne entspricht (oder ob sie innerhalb einer Schutzspanne des Ablaufs der Mindesteinschaltzeitsspanne liegt), um einen Fehlerzustand auszulösen.

[0025] In verschiedenen Ausführungsformen ist der adaptive Synchrongleichrichter-Controller U2 dazu ausgelegt, die Mindesteinschaltzeitsspanne des Synchrongleichrichter-Schalters S2 als Antwort auf die Detektion des Fehlerzustandes zu erhöhen, um zu verhindern, dass der Fehlerzustand andauert. Diese vorteilhafte Verhinderung weiterer Episoden des Fehlerzustands kann unter Betrachtung der Wellenformen, die in **Fig. 3** gezeigt sind, besser verstanden werden. Nach einer Einschaltzeitsspanne für den Leistungsschalter S1 in einem Leistungszyklus **310**, versetzt der Controller U1 den Leistungsschalter S1 in den AUS-Zustand, was bewirkt, dass die Drain-zu-Source-Spannungs-Wellenform (V_{D-S}) für die Spannung über dem Synchrongleichrichter-Schalter S2 eine Einschaltzeit-Schwellenspannung (S2-EIN-Schwelle) überschreitet. Diese Schwellenüberschreitung bewirkt, dass der Synchrongleichrichter-Controller U2 den Synchrongleichrichter-Schalter S2 in den Ein-Zustand versetzt. An dieser Stelle wird zudem der Mindesteinschaltzeit-Zeitgeber (S2-MIN- T_{ein} -Zeitgeber) initiiert. Sobald die gesamte Energie an die sekundäre Ausgangsstufe **220** geliefert wurde und die Sekundärstromstärke null Ampere erreicht, steigt die V_{D-S} -Wellenform im Anschluss an die Mindesteinschaltzeitsspanne resonant an, um die Ausschaltzeit-Schwellenspannung (S2-AUS-Schwelle) zu überschreiten. Die V_{D-S} -Wellenform löst die Einschaltzeit-Schwellenspannung nicht aus, bis der nächste Leistungszyklus **320** beginnt und stellt so-

mit die angemessene Synchrongleichrichtersteuerung dar.

[0026] Während des Leistungszyklus **320** des Leistungsschalters S1 schaltet der Controller U1 den Leistungsschalter S1 aus, was bewirkt, dass die V_{D-S} -Wellenform die Einschaltzeit-Schwel­lenspannung überschreitet. Diese Schwellen­überschreitung bewirkt wiederum, dass der Synchrongleichrichter-Controller U2 den Synchrongleichrichter-Schalter S2 einschaltet. Zur gleichen Zeit wird der Mindesteinschaltzeit-Zeitgeber initiiert. Sobald die gesamte Energie an die sekundäre Ausgangsstufe **220** geliefert wurde und die Sekundärstromstärke null Ampere erreicht, steigt die V_{D-S} -Wellenform, um die Ausschaltzeit-Schwel­lenspannung zu überschreiten, so dass der Synchrongleichrichter-Schalter S2 ausgeschaltet wird.

[0027] Nach der Mindestausschaltzeit­spanne kann die Resonanzschwingung der V_{D-S} -Wellenform bewirken, dass die V_{D-S} -Wellenform die Einschaltzeit-Schwel­lenspannung zu einem Zeitpunkt **322** überschreitet, um ein vorzeitiges Einschalten des Synchrongleichrichter-Schalters S2 zu veranlassen. Dies startet auch den Mindesteinschaltzeit-Zeitgeber neu. Da die gesamte Energie in dem Transformator T1 geliefert worden ist, erreicht die V_{D-S} -Wellenform schnell die Ausschaltzeit-Schwel­lenspannung, beispielsweise während der Mindesteinschaltzeit­spanne. Der Synchrongleichrichter-Schalter S2 kann somit dann ausgeschaltet werden, wenn der Mindesteinschaltzeit-Zeitgeber abgelaufen ist. Der Synchrongleichrichter-Controller U2 detektiert einen Fehlerzustand als Antwort darauf, dass der Synchrongleichrichter-Schalter S2 zur gleichen Zeit ausgeschaltet wird, zu der der Mindesteinschaltzeit-Zeitgeber zu der Zeit **324** abläuft. Dieser Fehlerzustand wird durch das Überschwingen der V_{D-S} -Wellenform verursacht, was bewirkt, dass die V_{D-S} -Wellenform die Einschaltzeit-Schwel­lenspannung nach dem Ablauf des Mindestausschaltzeit-Zeitgebers und vor dem nächsten Leistungszyklus auslöst. Um das anhaltende Auftreten dieses Fehlerzustands zu verhindern, erhöht der Controller U2 die Mindestausschaltzeit­spanne, wie es etwa für die Zeitspanne **330** gezeigt ist.

[0028] Ein Verfahren zum Betrieb wird nun unter Bezugnahme auf ein in **Fig. 4** gezeigtes Ablaufdiagramm erläutert. Nach einem Start des Verfahrens wird der Synchrongleichrichter-Schalter S2 eingeschaltet, wenn eine V_{D-S} -Wellenform die Einschaltzeit-Schwel­lenspannung ($V_{EINSCHALT}$) zu einem Zeitpunkt Ta in Vorgang **402** überquert. In dieser Hinsicht überwacht der Synchrongleichrichter-Controller U2 V_{D-S} (beispielsweise die V_{D-S} -Wellenform) beispielsweise unter Verwendung des Spannungssensors **222**. Als Antwort darauf, dass V_{D-S} die Einschaltzeit-Schwel­lenspannung auslöst, initiiert der Synchrongleichrichter-Controller U2 zudem in Vorgang

402 den Mindesteinschaltzeit-Zeitgeber. Der Synchrongleichrichter-Schalter muss also für zumindest die Mindesteinschaltzeit­spanne eingeschaltet gehalten werden, die zu einem Zeitpunkt Tb in einem Vorgang **404** abläuft.

[0029] Ein Vorgang **406** tritt nach dem Ablauf der Zeit Tb zu einer Zeit Tc auf. In dem Vorgang **406** reagiert der Synchrongleichrichter-Controller darauf, dass die V_{D-S} -Wellenform die Ausschaltzeit-Schwel­lenspannung ($V_{AUSSCHALT}$) überschreitet, durch Ausschalten des Synchrongleichrichter-Schalters. Die Zeit Tc bedeutet somit die Beendigung der Einschaltzeit­spanne nach der Zeit Ta. Die Steuerschaltung **226** (**Fig. 2**) kann somit die Dauer dieser Einschaltzeit­spanne in einem Vorgang **408** durch Bestimmen, ob die Differenz zwischen Tc und Tb kleiner oder gleich einer Schwellenzeit­spanne Td ist, testen. Mit anderen Worten fragt der Vorgang **408** ab, ob die Einschaltzeit­spanne für den Synchrongleichrichter-Schalter nach der Zeit Ta abnorm kurz war. Eine solche abnorm kurze Einschaltzeit­spanne zwischen den Zeitpunkten **322** und **324** aufgrund der Resonanzschwingung der Drain-zu-Source-Spannung für den Synchrongleichrichter-Schalter nach der Ausschaltzeit ist in **Fig. 3** gezeigt.

[0030] Wenn die Bestimmung in dem Vorgang **408** positiv ist, erhöht die Steuerschaltung **226** (**Fig. 2**) die Dauer der Mindestausschaltzeit­spanne und aktiviert den Ausschaltzeit-Zeitgeber mit dieser revidierten Ausschaltzeit­spanne in einem Vorgang **410**. Andererseits hat eine Einschaltzeit­spanne nach dem Ausschalten des Leistungsschalters eine normale (nicht abnorm kurze) Dauer, wie es in **Fig. 3** für beide Leistungszyklen **310** und **320** gezeigt ist. In einem solchen Fall ist die Bestimmung in dem Vorgang **408** negativ, so dass der Ausschaltzeit-Zeitgeber in einem Vorgang **412** mit einem unveränderten Wert der Mindestausschaltzeit­spanne aktiviert wird.

[0031] In einigen Ausführungsformen detektiert der Synchrongleichrichter-Controller U2 den Fehlerzustand als Antwort darauf, dass V_{D-S} die Ausschaltzeit-Schwel­lenspannung vor oder gleichzeitig mit dem Ablauf des Mindesteinschaltzeit-Zeitgebers erreicht, überschreitet und/ oder auslöst. Zum Beispiel kann der Synchrongleichrichter-Controller U2 den Fehlerzustand als Antwort darauf detektieren, dass V_{D-S} die S2-AUS-Spannungsschwelle vor oder gleichzeitig mit dem Ablauf des Mindesteinschaltzeit-Zeitgebers erreicht. In alternativen Ausführungsformen kann der Synchrongleichrichter-Controller U2 den Fehlerzustand als Antwort darauf detektieren, dass V_{D-S} die Ausschaltzeit-Schwel­lenspannung vor dem Ablauf einer Zeitspanne auslöst, die gleich einer Summe der Mindesteinschaltzeit­spanne und einer Schutzspanne (T_C) ist. Dies kann wie folgt dargestellt werden:

WENN: $T_{ON} \leq T_{ON_MIN} + T_C$

DANN: T_{OFF_MIN} erhöhen.

Die Dauer der Schutzbandspanne ist eine Designentscheidung. In einigen Ausführungsformen kann die Schutzspanne eine Dauer haben, die kleiner oder gleich 10% der Mindesteinschaltzeitspanne ist.

[0032] Wie Fachleute auf diesem Gebiet nun erkennen werden, können in Abhängigkeit von der jeweiligen Anwendung viele Abwandlungen, Ersetzungen und Variationen an den Materialien, Vorrichtungen, Konfigurationen und Verfahren zur Verwendung der Vorrichtungen der vorliegenden Erfindung vorgenommen werden, ohne von ihrem Gedanken und Schutzbereich abzuweichen. Angesichts dessen soll der Umfang der vorliegenden Offenbarung nicht auf den Umfang der speziellen Ausführungsformen, die hier veranschaulicht und beschrieben sind, beschränkt sein, da sie lediglich beispielhaft sind, sondern soll vielmehr vollständig mit dem Umfang der beigefügten Ansprüche und deren funktionaler Äquivalente übereinstimmen.

Patentansprüche

1. Schaltleistungswandler, der umfasst:
 einen Synchrongleichrichter-Schalter, der mit einer Sekundärwicklung eines Transformators gekoppelt ist; und
 einen Synchrongleichrichter-Controller, der mit dem Synchrongleichrichter-Schalter gekoppelt ist und zu Folgendem ausgelegt ist:
 Überwachen einer Spannung über dem Synchrongleichrichter-Schalter bezüglich einer Einschaltzeit-Schwellenspannung zum Einschalten des Synchrongleichrichter-Schalters und bezüglich einer Ausschaltzeit-Schwellenspannung zum Ausschalten des Synchrongleichrichter-Schalters, wobei der Controller dazu ausgelegt ist, den Synchrongleichrichter-Schalter nach jedem Einschalten des Synchrongleichrichter-Schalters für eine Einschaltzeitspanne, die mindestens gleich einer Mindesteinschaltzeitspanne ist, eingeschaltet zu halten und den Synchrongleichrichter-Schalter nach jedem Ausschalten des Synchrongleichrichter-Schalters für mindestens eine Mindestausschaltzeitspanne ausgeschaltet zu halten;
 Detektieren eines Fehlerzustands bezüglich einer Dauer der Einschaltzeitspanne für den Synchrongleichrichter-Schalter; und
 Erhöhen der Mindestausschaltzeitspanne für den Synchrongleichrichter-Schalter als Antwort auf die Detektion des Fehlerzustands.

2. Schaltleistungswandler nach Anspruch 1, wobei der Synchrongleichrichter-Controller zu Folgendem ausgelegt ist:

Überwachen einer Dauer der Mindesteinschaltzeitspanne unter Verwendung eines Mindesteinschaltzeit-Zeitgebers.

3. Schaltleistungswandler nach Anspruch 2, wobei der Controller ferner dazu ausgelegt ist, den Fehlerzustand durch Detektieren, dass eine Dauer der Einschaltzeitspanne gleich einer Dauer der Mindesteinschaltzeitspanne ist, zu detektieren.

4. Schaltleistungswandler nach Anspruch 2, wobei der Controller ferner dazu ausgelegt ist, den Fehlerzustand durch Detektieren, dass eine Dauer der Einschaltzeitspanne gleich einer Summe einer Dauer der Mindesteinschaltzeitspanne und einer Schutzspanne ist, zu detektieren.

5. Schaltleistungswandler nach Anspruch 4, wobei die Schutzspanne nicht mehr als 10% der Mindesteinschaltzeitspanne beträgt.

6. Schaltleistungswandler nach Anspruch 2, wobei der Synchrongleichrichter-Controller dazu ausgelegt ist, den Fehlerzustand als Antwort darauf zu detektieren, dass der Synchrongleichrichter-Schalter ausgeschaltet wird, wenn der Mindesteinschaltzeit-Zeitgeber abläuft.

7. Schaltleistungswandler nach Anspruch 1, der ferner umfasst:
 einen Leistungsschalter, der mit einer Primärwicklung des Transformators gekoppelt ist; und
 einen Primärcontroller, der mit dem Leistungsschalter gekoppelt ist und dazu ausgelegt ist, den Leistungsschalter ein- und auszuschalten, um eine Ausgangsspannung über einer Last, die mit der Sekundärwicklung gekoppelt ist, zu regeln.

8. Schaltleistungswandler nach Anspruch 1, wobei der Synchrongleichrichter-Schalter ein Feldeffekttransistor (FET) ist.

9. Schaltleistungswandler nach Anspruch 1, wobei der Synchrongleichrichter-Schalter ein Bipolartransistor ist.

10. Schaltleistungswandler nach Anspruch 1, wobei der Controller dazu ausgelegt ist, die Mindestausschaltzeitspanne auf nicht mehr als einen maximalen Betrag zu erhöhen.

11. Verfahren, das umfasst:
 wiederholtes Ein- und Ausschalten eines Synchrongleichrichter-Schalters, der mit einer Sekundärwicklung eines Transformators gekoppelt ist, als Antwort auf eine Spannung über dem Synchrongleichrichter-Schalter, wobei der Synchrongleichrichter-Schalter nach jedem Einschalten des Synchrongleichrichter-Schalters für eine Einschaltzeitspanne, die mindestens eine Mindesteinschaltzeitspanne andauert, ein-

geschaltet gehalten wird und wobei der Synchrongleichrichter-Schalter nach jedem Ausschalten des Synchrongleichrichter-Schalters für mindestens eine Mindestausschaltzeitspanne ausgeschaltet gehalten wird;

Detektieren eines Fehlerzustands bezüglich einer Dauer der Einschaltzeitspanne; und
Erhöhen der Mindestausschaltzeitspanne als Antwort auf die Detektion des Fehlerzustands.

12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei jedes Einschalten des Synchrongleichrichter-Schalters als Antwort darauf, dass die Spannung eine Einschaltzeit-Schwellenspannung überschreitet, erfolgt.

13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei das Detektieren des Fehlerzustands ein Detektieren, dass die Dauer gleich der Mindesteinschaltzeitspanne ist, umfasst.

14. Verfahren nach Anspruch 12, wobei das Detektieren des Fehlerzustands ein Detektieren, dass die Dauer gleich einer Summe der Mindesteinschaltzeitspanne und einer Schutzspanne ist, umfasst.

15. Verfahren nach Anspruch 14, wobei die Schutzspanne kleiner oder gleich 10% der Mindesteinschaltzeitspanne ist.

16. Verfahren nach Anspruch 12, das ferner ein Schalten eines Leistungsschalters, der mit einer Primärwicklung des Transformators gekoppelt ist, umfasst, um eine Spannung über einer Last, die mit der Sekundärwicklung gekoppelt ist, zu regeln.

17. Synchrongleichrichter-Controller, der umfasst:
einen Spannungssensor, der dazu ausgelegt ist, eine Spannung über einem Synchrongleichrichter-Schalter zu erfassen;
einen Controller, der dazu ausgelegt ist, als Antwort darauf, dass die erfasste Spannung eine Einschaltzeit-Schwellenspannung überschreitet, den Synchrongleichrichter-Schalter für eine Einschaltdauer, die mindestens gleich einer Mindesteinschaltzeitspanne ist, einzuschalten; und
einen ersten Zeitgeber, der dazu ausgelegt ist, die Mindesteinschaltzeitspanne zeitlich festzulegen, wobei der Controller ferner dazu ausgelegt ist einen Fehlerzustand als Antwort darauf zu detektieren, dass die Einschaltdauer kleiner oder gleich einer Schutzspanne nach einem Ablauf der Mindesteinschaltzeitspanne, so wie sie durch den Zeitgeber zeitlich festgelegt wird, ist, und wobei der Controller ferner dazu ausgelegt ist, eine Mindestausschaltzeitspanne für den Synchrongleichrichter-Schalter als Antwort auf die Detektion des Fehlerzustands zu erhöhen.

18. Synchrongleichrichter-Controller nach Anspruch 17, wobei die Schutzspanne kleiner oder gleich 10% der Mindesteinschaltzeitspanne ist.

19. Synchrongleichrichter-Controller nach Anspruch 17, wobei der Controller ferner dazu ausgelegt ist, die Mindestausschaltzeitspanne auf nicht mehr als einen maximalen Betrag zu erhöhen.

20. Synchrongleichrichter-Controller nach Anspruch 17, der ferner einen zweiten Zeitgeber umfasst, der dazu ausgelegt ist, die Mindestausschaltzeitspanne zeitlich festzulegen.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

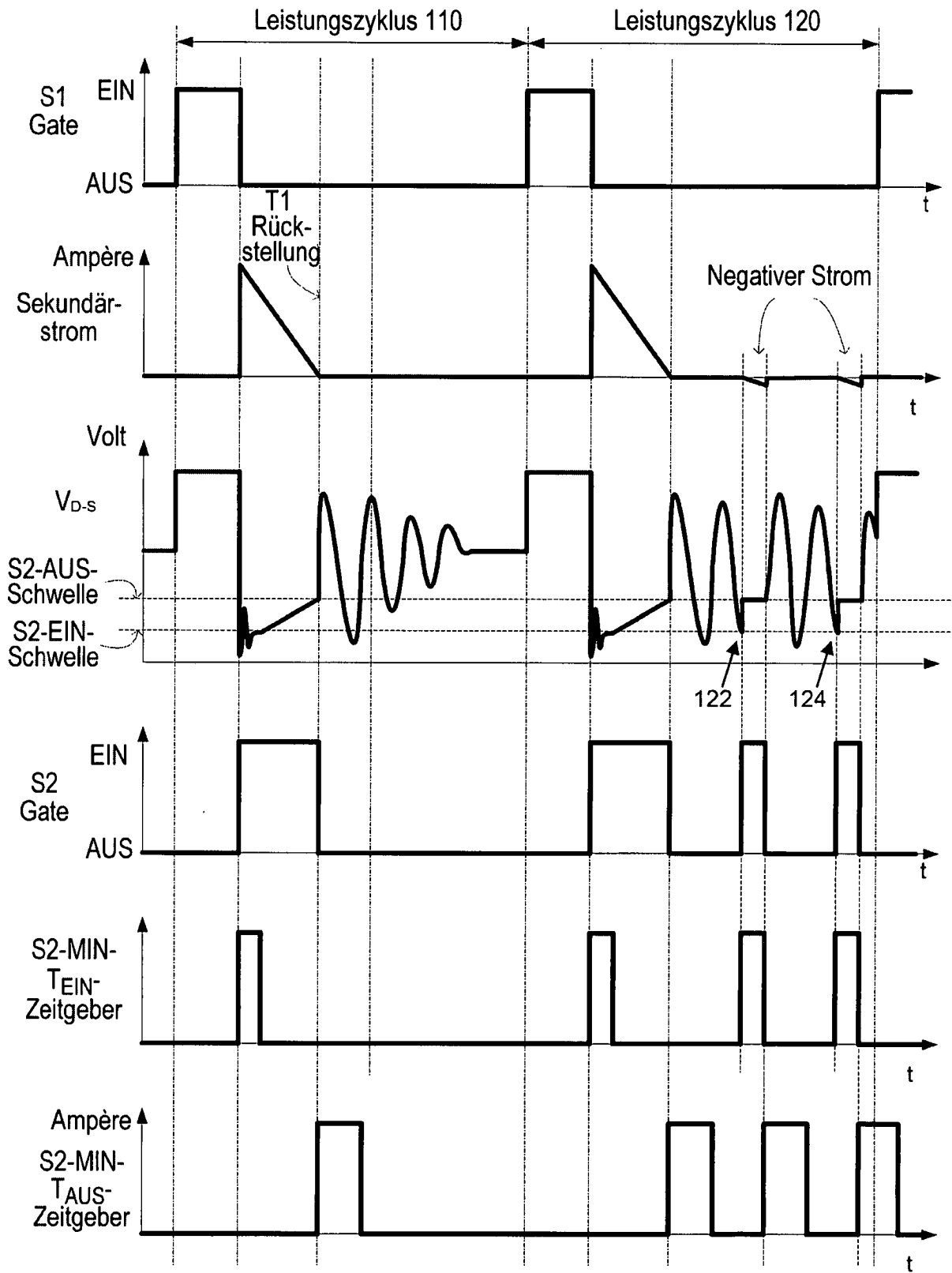


FIG. 1 (Stand der Technik)

200 →

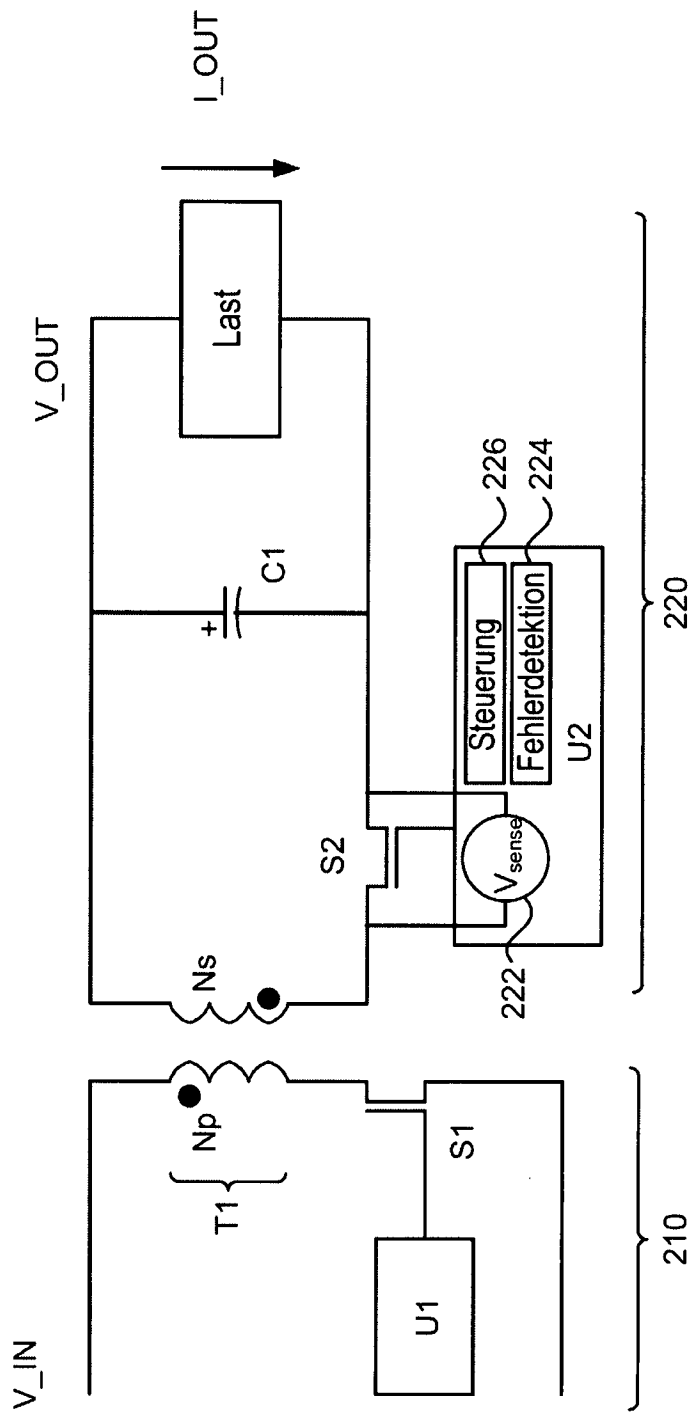


FIG. 2

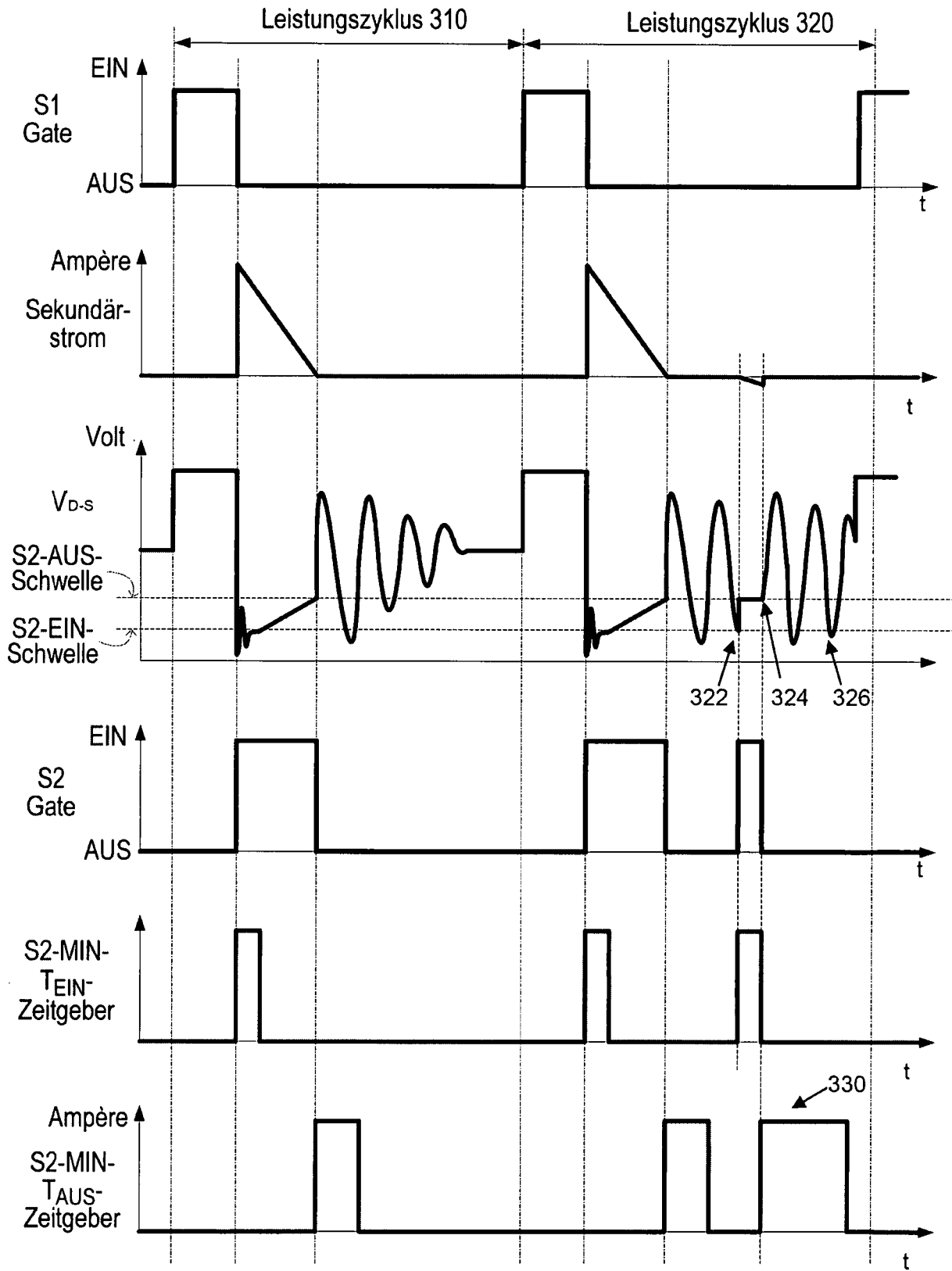


FIG. 3

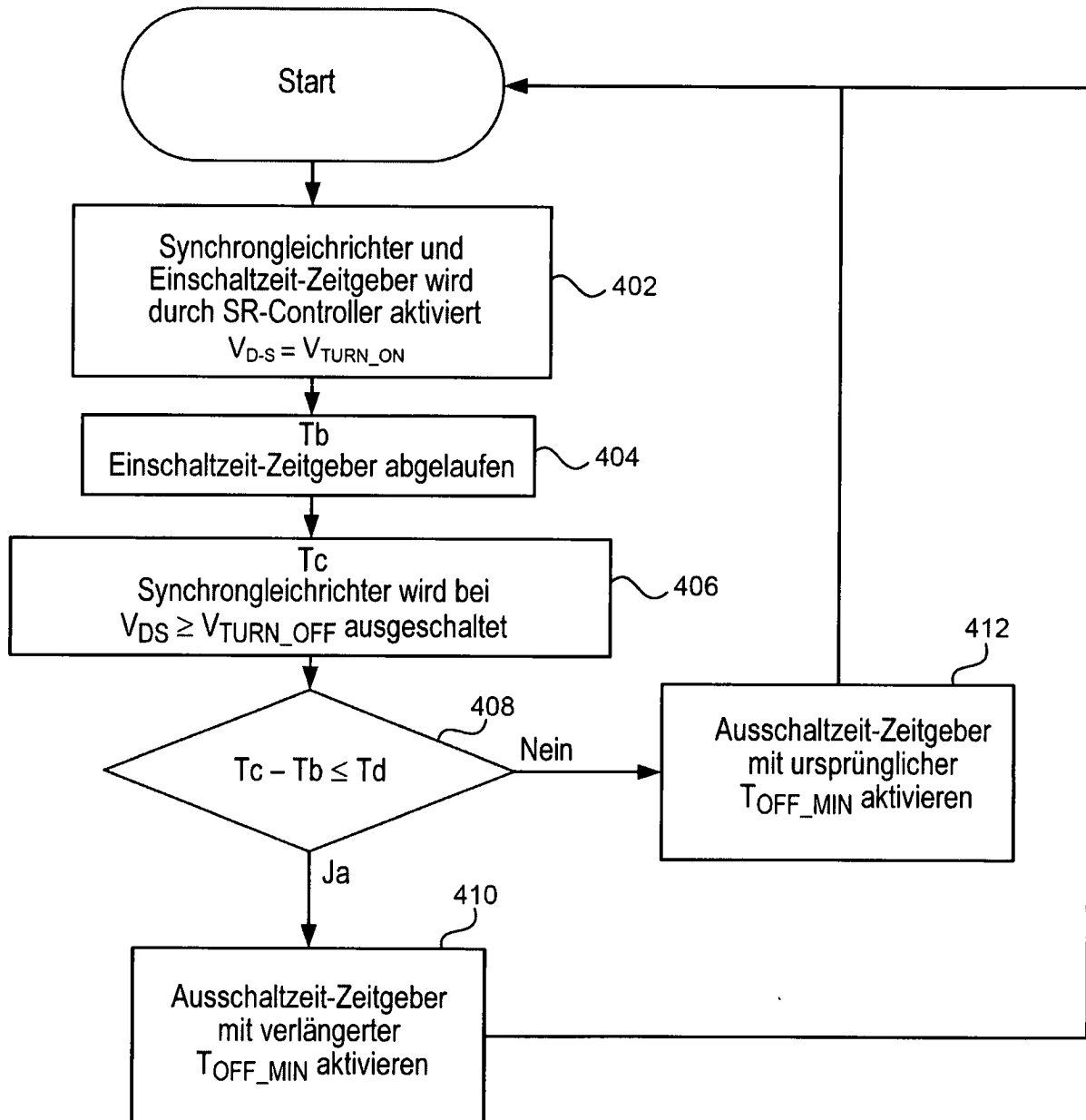


FIG. 4