

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
26. April 2018 (26.04.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2018/073076 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:  
*H02M 3/156* (2006.01) *H02M 1/44* (2007.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/075969

(22) Internationales Anmeldedatum:  
11. Oktober 2017 (11.10.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2016 220 199.9  
17. Oktober 2016 (17.10.2016) DE

(71) Anmelder: CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH  
[DE/DE]; Vahrenwalder Straße 9, 30165 Hannover (DE).

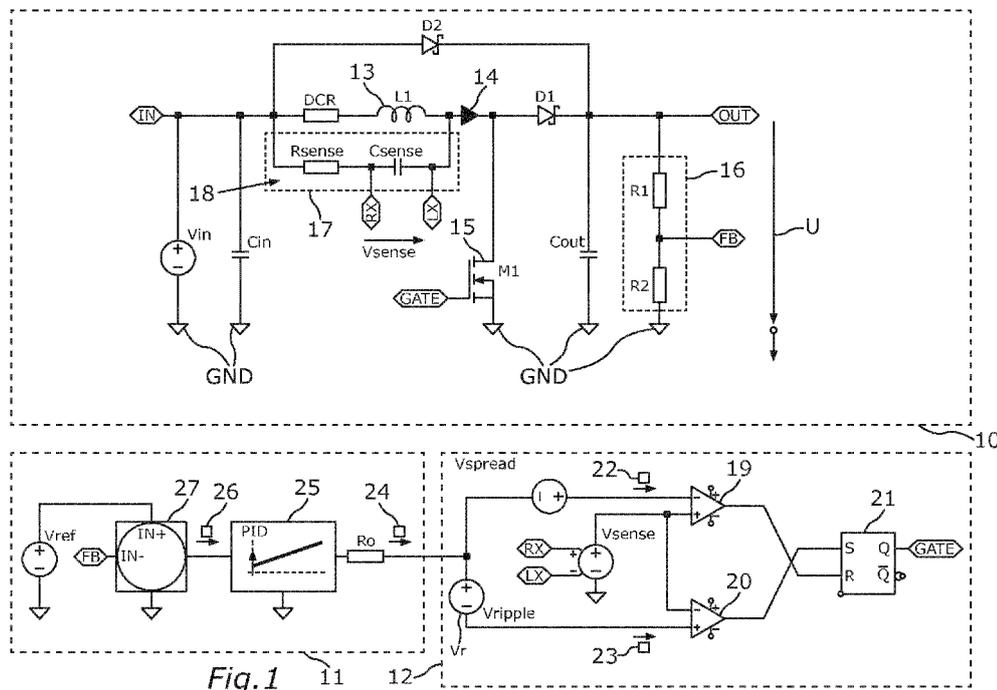
(72) Erfinder: KOVATCHEV, Emil; Am Tabor 28/35, 1020 Wien (AT). STÖGER, Christian; Schumannngasse 92/3, 1170 Wien (AT).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,

(54) Title: DC-TO-DC CONVERTER AND METHOD FOR OPERATING A DC-TO-DC CONVERTER

(54) Bezeichnung: GLEICHSPANNUNGSWANDLER UND VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINES GLEICHSPANNUNGSWANDLERS



(57) Abstract: The invention relates to a method for operating a DC-to-DC converter (10), wherein a current measurement circuit (17) produces a current measurement signal (Vsense), which is correlated with a coil current (14) of a coil (13) of the DC-to-DC converter (10), and a hysteresis switch controller (12) switches a switching element (15) for driving the coil current (14) into an electrically blocking state if the current measurement signal (Vsense) signals a coil current (14) greater than a peak comparison value (22) and switches the switching element (15) into an electrically conductive state if the current measurement signal (Vsense) signals a coil current (14) less than a valley comparison value (23). An actual-value measurement circuit (16) produces an actual value signal (FB), which is correlated with an electrical output variable (U) of the DC-to-DC converter (10), and a controller unit (11) controls the output variable

WO 2018/073076 A1

GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

---

(U) to a specified set point value ( $V_{ref}$ ) and, for this purpose, produces a comparison value signal (24) in accordance with a control deviation (26), and the switch controller (12) sets a mean value of the peak comparison value (22) and produces the valley comparison value (23) from the comparison value signal (24), wherein the switch controller (12) combines the comparison value signal (24) with a mean-value-free spread signal ( $V_{spread}$ ) of an AC voltage source and produces the peak comparison value (22) from the combined signal such that the peak comparison value (22) is given by a time signal, which oscillates about a mean value.

**(57) Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Gleichspannungswandlers (10), wobei eine Strommessschaltung (17) ein mit einem Spulenstrom (14) einer Spule (13) des Gleichspannungswandlers (10) korreliertes Strommesssignal ( $V_{sense}$ ) erzeugt und eine hysteretische Schaltersteuerung (12) ein zum Treiben des Spulenstromes (14) vorgesehene Schaltelement (15) elektrisch sperrend schaltet, falls das Strommesssignal ( $V_{sense}$ ) einen Spulenstrom (14) größer als ein Peak-Vergleichswert (22) signalisiert, und das Schaltelement (15) elektrisch leitend schaltet, falls das Strommesssignal ( $V_{sense}$ ) einen Spulenstrom (14) kleiner als ein Valley-Vergleichswert (23) signalisiert. Eine Istwertmessschaltung (16) erzeugt ein mit einer elektrischen Ausgangsgröße (U) des Gleichspannungswandlers (10) korreliertes Istwertsignal (FB) und eine Reglereinheit (11) regelt die Ausgangsgröße (U) auf einen vorgegebenen Sollwert ( $V_{ref}$ ) ein und erzeugt hierzu in Abhängigkeit von einer Regelabweichung (26) ein Vergleichwertsignal (24) und die Schaltersteuerung (12) stellt einen Mittelwert des Peak-Vergleichswerts (22) ein und erzeugt aus dem Vergleichwertsignal (24) den Valley-Vergleichswert (23), wobei die Schaltersteuerung (12) das Vergleichwertsignal (24) mit einem mittelwertfreien Spreizsignal ( $V_{spread}$ ) einer AC-Spannungsquelle kombiniert und aus dem kombinierten Signal den Peak-Vergleichswert (22) erzeugt, sodass der Peak-Vergleichswert (22) durch ein Zeitsignal gegeben ist, das um einen Mittelwert oszilliert.

Beschreibung

Gleichspannungswandler und Verfahren zum Betreiben eines  
Gleichspannungswandlers

5

Die Erfindung betrifft einen Gleichspannungswandler, bei welchem durch Schalten eines Spulenstroms einer Spule eine elektrische Ausgangsgröße, beispielsweise die Ausgangsspannung oder der Ausgangsstrom, auf einen Sollwert eingeregelt wird. Zu der  
10 Erfindung gehört auch ein Verfahren zum Betreiben des Gleichspannungswandlers.

Das Schalten des Spulenstroms zum Einregeln der elektrischen Ausgangsgröße kann mittels einer hysteretischen Regelung  
15 (Zweipunktregelung) erfolgen, also durch Abschalten des Spulenstroms, falls dieser größer als ein erster Vergleichswert ist, der hier und im Folgenden als Peak-Vergleichswert (Spitzenvergleichswert) bezeichnet ist, und durch Wieder-Eingeschalten des Spulenstroms, wenn er soweit abgesunken  
20 ist, dass er kleiner als ein zweiter Vergleichswert ist, der hier und im Folgenden als Valley-Vergleichswert (Tiefpunktvergleichswert) bezeichnet ist. Eine weitere Bezeichnung für den Peak-Vergleichswert ist oberer Schwellenwert und eine weitere Bezeichnung für den Valley-Vergleichswert ist unterer  
25 Schwellenwert. In der Regel wird als der Peak-Vergleichswert die größte zulässige Stromstärke eingestellt (peak-current mode control). Dies ist beispielsweise in der US 7626370 B1 beschrieben.

30 Ein weiterer hysteretischer Regler für den Spulenstrom eines Gleichspannungswandlers ist aus der US 8779731 B2 bekannt.

Ein Gleichspannungswandler mit hysteretischer Steuerung ist auch aus der US 8 957 607 B2 bekannt.

35

Die Erfindung basiert ebenfalls auf einem Gleichspannungswandler mit einer solchen hysteretischen Schaltersteuerung für ein Schaltelement zum Schalten des Spulenstroms der elektrischen

Spule. Als Schaltelement kann beispielsweise ein Transistor, insbesondere ein MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) vorgesehen sein. Hierbei wird der Spulenstrom in Bezug auf seine Stromstärke überwacht, indem eine Strommessschaltung dazu eingerichtet ist, ein durch den Spulenstrom oder (bei einer ebenfalls möglichen Regelung des Eingangsstroms) durch einen Eingangsstrom des Gleichspannungswandlers verursachtes Strommesssignal zu erzeugen. Die besagte hysteretische Schaltersteuerung ist dazu eingerichtet, das Schaltelement elektrisch sperrend zu schalten, falls das Strommesssignal einen Spulenstrom größer als der besagte Peak-Vergleichswert signalisiert. Die Schaltersteuerung schaltet das Schaltelement dann erst wieder elektrisch leitend, falls das Strommesssignal einen Spulenstrom kleiner als der Valley-Vergleichswert signalisiert, der (echt) kleiner als der Peak-Vergleichswert ist.

Eine Alternative zu einer solchen hysteretischen Schaltersteuerung ist ein Regler, welcher die elektrische Ausgangsgröße des Gleichspannungswandlers unmittelbar auf einen Sollwert einregelt, also nicht zwischen zwei Vergleichswerten pendeln oder oszillieren lässt. Dies ergibt eine Regelung der elektrischen Ausgangsgröße direkt auf einen Mittelwert. Bei der hysteretischen Regelung muss dagegen ausgehend von den Vergleichswerten sichergestellt werden, dass sich im Mittelwert der gewünschte Sollwert ergibt. Dafür weist die hysteretische Schaltersteuerung aber den Vorteil auf, dass sie robuster gegen Schwankungen der Eingangsspannung ist und schneller auf einen Lastwechsel reagiert.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine elektrische Ausgangsgröße eines Gleichspannungswandlers zu regeln.

Die Aufgabe wird durch die Gegenstände der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind durch die abhängigen Patentansprüche, die folgende Beschreibung sowie die Figuren beschrieben.

Ein erster Aspekt der Erfindung betrifft einen Gleichspannungswandler, aufweisend:

- eine elektrische Spule,
- ein Schaltelement zum Steuern eines elektrischen Spulenstromes der Spule,
- eine Strommessschaltung, die dazu eingerichtet ist, ein mit dem Spulenstrom oder mit einem Eingangsstrom des Gleichspannungswandlers korreliertes Strommesssignal zu erzeugen, und
- eine hysteretische Schaltersteuerung, die dazu eingerichtet ist, das Schaltelement elektrisch sperrend zu schalten, falls das Strommesssignal einen Spulenstrom größer als ein Peak-Vergleichswert signalisiert, und das Schaltelement elektrisch leitend zu schalten, falls das Strommesssignal einen Spulenstrom kleiner als ein Valley-Vergleichswert signalisiert.

Um das beschriebene hysteretische Schalten, wie es die Schaltersteuerung durchführt, dahingehend zu konfigurieren, dass der Spulenstrom um einen gewünschten Mittelwert pendelt oder oszilliert, also direkt auf den Mittelwert eingeregelt wird, ist gemäß dieses Aspekts der Erfindung Folgendes vorgesehen. Die einzuregelnde Ausgangsgröße wird mittels einer Messschaltung gemessen, die hier als Istwertmessschaltung bezeichnet ist und die dazu eingerichtet ist, ein mit der elektrischen Ausgangsgröße, zum Beispiel der Ausgangsspannung oder dem Ausgangsstrom oder der Ausgangsleistung, korreliertes Istwertsignal zu erzeugen. Anhand des Istwertsignals kann also der aktuelle Wert der Ausgangsgröße ermittelt werden. Die Istwertmessschaltung ist nun nicht direkt mit der Schaltersteuerung für das Schaltelement gekoppelt, sondern dazwischen ist eine Reglereinheit geschaltet. Die Reglereinheit ist dazu eingerichtet, die Ausgangsgröße auf einen vorgegebenen Sollwert einzuregulieren. In Abhängigkeit von einer Regelabweichung des Istwertsignals von dem Sollwert kann ein Vergleichswertsignal für die Schaltersteuerung erzeugt werden. Die Reglereinheit regelt also nicht direkt das Schaltelement, sondern gibt nur der nachgeschalteten Schaltersteuerung ein Vergleichswertsignal vor, aus welchem die Schaltersteuerung dann die beiden benötigten

Vergleichswerte, nämlich den Peak-Vergleichswert und den Valley-Vergleichswert erzeugt.

Die Schaltersteuerung kann dafür eingerichtet sein, aus dem Vergleichswertsignal direkt den Peak-Vergleichswert zu erzeugen, also direkt das Vergleichswertsignal zum Angeben des Peak-Vergleichswerts zu nutzen. Die Schaltersteuerung gemäß des genannten Aspekts der Erfindung ist dafür eingerichtet, zumindest einen Mittelwert des Peak-Vergleichswerts anhand des Vergleichswertsignals festzulegen oder einzustellen. Dieser Aspekt der Erfindung wird später noch im Zusammenhang mit einer spektralen Spreizung genauer beschrieben.

Den Valley-Vergleichswert stellt die Schaltersteuerung ein, indem sie aus dem Vergleichswertsignal durch Subtrahieren eines Rippelwerts den Valley-Vergleichswert erzeugt. Der Rippelwert gibt also die Amplitude oder Oszillationsbreite an, mit welcher der Spulenstrom zwischen dem Peak-Vergleichswert und dem Valley-Vergleichswert pendelt oder oszilliert. Der Peak-Vergleichswert und der Valley-Vergleichswert werden also indirekt durch die Reglereinheit mittels des Vergleichswertsignals in der Weise verschoben oder eingestellt, dass ein Mittelwert der Ausgangsgröße auf den Sollwert einpendelt oder eingeregelt wird.

Durch den genannten Aspekt der Erfindung ergibt sich der Vorteil, dass die Ausgangsgröße durch die Reglereinheit auf einen Mittelwert eingeregelt wird und somit nicht umständlich aus einer Spitzenstromregelung zurück auf einen Mittelwert gewandelt werden muss. Dabei bleibt aber die Regel-Bandbreite des hysteretischen Schaltens und die Robustheit gegenüber Schwankungen der Eingangsspannung, wie sie durch das hysteretische Schalten gegeben ist, erhalten.

Der Gleichspannungswandler kann dabei als Aufwärtswandler oder als Abwärtswandler ausgestaltet sein.

Wie bereits ausgeführt, kann die Schaltersteuerung von der Reglereinheit das Vergleichswertsignal empfangen und in Bezug auf den Peak-Vergleichswert aus dem Vergleichswertsignal lediglich einen Mittelwert für den Peak-Vergleichswert bilden. Mit  
5 anderen Worten ist der Peak-Vergleichswert durch ein Zeitsignal gegeben, das um den Mittelwert oszilliert. Dies kann erreicht werden, indem die Schaltersteuerung dazu eingerichtet ist, das Vergleichswertsignal mit einem mittelwertfreien Spreizsignal einer AC-Spannungsquelle zu kombinieren, dieses also bei-  
10 spielsweise dem Vergleichswertsignal additiv zu überlagern, und somit aus dem kombinierten Signal den Peak-Vergleichswert erzeugt. Das Spreizsignal kann beispielsweise ein Sägezahnsignal oder ein Dreiecksignal oder ein Sinussignal sein. Hierdurch wird eine Spreizung des Spektrums des zeitlichen Verlaufs des  
15 Spulenstroms bewirkt. So kann die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) des Gleichspannungswandlers mittels des Spreizsignals eingestellt oder justiert werden.

Zu der Erfindung gehören auch optionale technische Merkmale,  
20 durch die sich zusätzliche Vorteile ergeben.

In einer Ausführungsform ist die Reglereinheit dazu eingerichtet, die Regelabweichung als Unterschied zwischen dem Istwertsignal und einem vorgegebenen Referenzsignal zu er-  
25 mitteln.

Die Schaltersteuerung schaltet das Schaltelement, um hierdurch den Spulenstrom zu schalten, und erfasst die tatsächliche Stromstärke des Spulenstroms in Form des beschriebenen  
30 Strommesssignals. Bevorzugt ist vorgesehen, dass die Schaltersteuerung dazu eingerichtet ist, das Strommesssignal mittels eines jeweiligen Komparators mit dem Peak-Vergleichswert einerseits und dem Valley-Vergleichswert andererseits zu vergleichen. Hierdurch ist eine Trennung der elektrischen Po-  
35 tenziale möglich, indem als Komparatoren beispielsweise potenzialgetrennte Verstärker verwendet werden.

In Abhängigkeit von einem Ergebnis der Ausgabe der Komparatoren ist dann das Schaltelement zu steuern. Hierbei ist bevorzugt vorgesehen, dass die Schaltersteuerung über ein RS-Flip-Flop mit einem Steueranschluss oder Gate-Anschluss des Schaltelements verschaltet ist. Hierdurch können die beiden Ausgangssignale der Komparatoren kombiniert werden und zu einem einzigen Schaltsignal für den Gate-Anschluss des Schaltelements zusammengefasst werden. Die Ergebnisse des jeweiligen Vergleichs mit dem Peak-Vergleichswert und dem Valley-Vergleichswert stellen dann ein Eingangssignal für den Set-Eingang und den Reset-Eingang des RS-Flip-Flops dar.

Zwei weitere Ausgestaltungen der Erfindung betreffen das Erzeugen des Strommesssignals. Die Strommessschaltung kann hierzu eingerichtet sein, das Strommesssignal mittels eines von dem Spulenstrom durchflossenen Shuntwiderstands, d.h. eines ohmschen Widerstandselements, zu erzeugen. Dies ermöglicht eine genaue Messung der Stromstärke. Allerdings ist diese verlustbehaftet.

Um die elektrischen Verluste zu verringern, ist alternativ dazu die Strommessschaltung dazu ausgestaltet, das Strommesssignal mittels einer der Spule parallel geschalteten oder zumindest die Spule überbrückenden RC-Glied-Schaltung zu erzeugen. Diese Schaltung weist eine Reihenschaltung aus einem ohmschen Widerstandselement R und einer elektrischen Kapazität C auf. Die über der Kapazität C abfallende elektrische Spannung stellt dann ebenfalls ein geeignetes Strommesssignal dar.

In Bezug auf die Reglereinheit sieht eine Ausführungsform vor, dass diese Reglereinheit dazu eingerichtet ist, das besagte Vergleichswertsignal für die Schaltersteuerung mittels eines PID-Reglers (PID - Proportional Integral Differenzial) aus der besagten Regelabweichung zu erzeugen.

Die Schaltersteuerung erzeugt in der beschriebenen Weise aus dem Vergleichswertsignal den Peak-Vergleichswert. Um auch den Valley-Vergleichswert aus dem Vergleichswertsignal zu erzeugen,

wird der Rippelwert dem Vergleichswert bevorzugt überlagert, indem ein das Vergleichswertsignal signalisierender Signal-  
ausgang der Reglereinheit mit einem Komparatoreingang der  
Schaltersteuerung über eine zusätzliche Schaltung gekoppelt ist,  
5 die eine Rippel-Gleichspannungsquelle zum additiven Überlagern  
der Rippel-Gleichspannung bereitstellt. Alternativ dazu ist ein  
Spannungsteiler vorgesehen, durch welchen sich ebenfalls eine  
Subtraktion eines Rippelwerts schaltungstechnisch bereitstellen  
oder umsetzen lässt.

10

Alternativ zu solchen schaltungstechnischen Ausführungsformen  
umfasst die Erfindung auch eine digitale Ausführung oder  
Ausgestaltung, indem die Reglereinheit und die Schaltersteuerung  
durch eine digitale Prozesseinrichtung bereitgestellt sind.  
15 Dies ist aufgrund der beschriebenen Kombination aus Reg-  
lereinheit und Schaltersteuerung gemäß der Erfindung möglich.  
Auch das besagte RS-Flip-Flop kann durch ein digitales Äquivalent  
nachprogrammiert oder nachgestaltet sein. Die Prozessein-  
richtung kann auf der Grundlage eines Mikrocontrollers oder eines  
20 ASIC (Application Specific Integrated Circuit) bereitgestellt  
sein.

20

Durch Betreiben eines Gleichspannungswandlers gemäß einer der  
genannten Ausführungsformen ergibt sich ein Verfahren gemäß  
25 eines weiteren Aspekts der Erfindung.

25

Mit anderen Worten erzeugt eine Strommessschaltung ein  
Strommesssignal, das mit einem Spulenstrom der Spule des  
Gleichspannungswandlers oder mit einem Eingangsstrom des  
30 Gleichspannungswandlers korreliert oder durch diesen hervor-  
gerufen wird. Eine hysteretische Schaltersteuerung schaltet  
mittels des Schaltelements, also zum Beispiel mittels eines  
Transistors, den Spulenstrom ab, also das Schaltelement  
elektrisch sperrend, falls das Strommesssignal einen Spulenstrom  
35 größer als der Peak-Vergleichswert signalisiert. Die Schal-  
tersteuerung schaltet das Schaltelement dagegen elektrisch  
leitend, falls das Strommesssignal einen Spulenstrom kleiner als  
der Valley-Vergleichswert signalisiert, der kleiner als der

35

Peak-Vergleichswert ist. Zum Einstellen des Peak-Vergleichswerts und des Valley-Vergleichswerts ist vorgesehen, dass diese derart variiert oder eingestellt werden, dass der Spulenstrom um einen einstellbaren oder gewünschten Mittelwert derart pendelt, dass ein resultierender Mittelwert der einzuregelnden elektrischen Ausgangsgröße des Gleichspannungswandlers um einen einstellbaren Sollwert pendelt oder oszilliert. Die Ausgangsgröße kann die Ausgangsspannung oder der Ausgangsstrom oder die Ausgangsleistung sein. Die besagte Istwertmessschaltung erzeugt das mit der elektrischen Ausgangsgröße korrelierte Istwertsignal, aus welchem dann die Reglereinheit die Regelabweichung zum Sollwert ermittelt, um das Vergleichswertsignal für die hysteretische Schaltersteuerung bereitzustellen. Die Reglereinheit regelt also indirekt mittels des Vergleichswerts die Ausgangsgröße des Gleichspannungswandlers auf den vorgegebenen Sollwert ein.

Die Schaltersteuerung wird hierzu durch die Reglereinheit mittels des Vergleichswertsignals gesteuert, wobei die Schaltersteuerung aus dem Vergleichswert einerseits einen Mittelwert des Peak-Vergleichswerts einstellt und andererseits den Valley-Vergleichswert aus dem Vergleichswertsignal durch Subtrahieren eines Rippelwerts erzeugt, wobei die Schaltersteuerung das Vergleichswertsignal mit einem mittelwertfreien Spreizsignal einer AC-Spannungsquelle kombiniert und aus dem kombinierten Signal den Peak-Vergleichswert erzeugt, sodass der Peak-Vergleichswert durch ein Zeitsignal gegeben ist, das um einen Mittelwert oszilliert.

Zu der Erfindung gehören auch Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Verfahrens, die Merkmale aufweisen, wie sie bereits im Zusammenhang mit den Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Gleichspannungswandlers beschrieben worden sind. Aus diesem Grund sind die entsprechenden Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Verfahrens hier nicht noch einmal beschrieben.

Im Folgenden sind Ausführungsbeispiele der Erfindung beschrieben. Hierzu zeigt:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung einer ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Gleichspannungswandlers mit einer RC-Glied-Schaltung zur Strommessung;  
5
- Fig. 2 eine schematische Darstellung einer zweiten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Gleichspannungswandlers mit einem Shuntwiderstand zur Strommessung;  
10
- Fig. 3 eine schematische Darstellung einer dritten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Gleichspannungswandlers mit einem Spannungsteiler zum Bereitstellen eines Rippelwerts; und  
15
- Fig. 4 eine schematische Darstellung einer vierten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Gleichspannungswandlers, die eine Abwärtswandlung (Buck-Konverter) bereitstellt.  
20

Bei den im Folgenden erläuterten Ausführungsbeispielen handelt es sich um bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung. Bei den Ausführungsbeispielen stellen die beschriebenen Komponenten der Ausführungsformen jeweils einzelne, unabhängig voneinander zu betrachtende Merkmale der Erfindung dar, welche die Erfindung jeweils auch unabhängig voneinander weiterbilden und damit auch einzeln oder in einer anderen als der gezeigten Kombination als Bestandteil der Erfindung anzusehen sind. Des Weiteren sind die beschriebenen Ausführungsformen auch durch weitere der bereits beschriebenen Merkmale der Erfindung ergänzbar.  
25  
30

In den Figuren sind funktionsgleiche Elemente jeweils mit demselben Bezugszeichen versehen.  
35

Fig. 1 zeigt einen Gleichspannungswandler 10, der als Aufwärtswandler (Boost-Konverter) ausgestaltet ist. In Fig. 1 sind eine Reglereinheit 11 und eine Schaltersteuerung 12 der

Übersichtlichkeit halber separat gezeichnet. Die Verbindung mit den übrigen Elementen des Gleichspannungswandlers 10 ist durch entsprechende Signalfahnen oder Signalübergänge gekennzeichnet.

5 Der Gleichspannungswandler 10 kann beispielsweise in einem Kraftfahrzeug bereitgestellt sein. Mittels des Gleichspannungswandlers 10 kann beispielsweise ein elektrischer Strom durch eine Leuchtdiode oder durch eine Serienschaltung oder Reihenschaltung aus Leuchtdioden gesteuert sein.

10

Der Gleichspannungswandler 10 kann eine elektrische Spule 13 mit einem Induktivitätswert  $L_1$  aufweisen, die einen ohmschen Widerstandswert  $DCR$  aufweisen kann. Zum Schalten oder Einstellen eines Spulenstroms 14 durch die Spule 13 kann ein Schaltelement 15 vorgesehen sein, das hier als Transistor  $M_1$ , beispielsweise als MOSFET, ausgestaltet sein kann. Bei sperrend geschaltetem Schaltelement 15 wird der Spulenstrom 14 durch eine Gleichrichtdiode  $D_1$  zu einem Ausgang  $OUT$  des Gleichspannungswandlers 10 geführt.

20

Den Spulenstrom 14 kann der Gleichspannungswandler 10 über einen Eingang  $IN$  aus einer Spannungsquelle  $V_{in}$  empfangen. Zum Glätten der Eingangsspannung kann ein Glättungskondensator  $C_{in}$  am Eingang  $IN$  vorgesehen sein. Stromkreise können bei dem Gleichspannungswandler 10 über ein Massepotential  $GND$  geschlossen sein.

Eine Ausgangsspannung  $U$  des Gleichspannungswandlers 10 kann mittels eines Glättungskondensators  $C_{out}$  geglättet sein, welcher den Ausgang  $OUT$  mit dem Massepotential  $GND$  koppelt. Der Gleichspannungswandler 10 kann des Weiteren eine Diode  $D_2$  zum Überbrücken der Spule 13 aufweisen. Die Diode  $D_2$  dient dazu, den Inrush-Strom oder Vorladestrom für den Glättungskondensator  $C_{out}$  umzuleiten und nicht durch die Spule  $L_1$  fließen lassen.

35

Ein Spannungswert der Ausgangsspannung  $U$  kann mittels einer Istwertmessschaltung 16 erfasst werden, die am Ausgang  $OUT$  beispielsweise durch einen Spannungsteiler aus Widerstandse-

lementen R1, R2 gebildet sein kann. Die Istwertmessschaltung 16 erzeugt ein Istwertsignal FB.

Die Ausgangsspannung U kann eine geregelte Ausgangsgröße sein.  
5 Eine Stromstärke des Spulenstroms 14 kann hierzu mittels einer Strommessschaltung 17 gemessen werden, die in dem gezeigten Beispiel aus einer RC-Glied-Schaltung 18 aus einem Widerstandselement  $R_{sense}$  und einem Kondensator  $C_{sense}$  gebildet sein kann. Über den Kondensator  $C_{sense}$  fällt in Abhängigkeit von einer  
10 Stromstärke des Spulenstroms 14 eine elektrische Spannung ab, die ein Strommesssignal  $V_{sense}$  darstellt. Die RC-Glied-Schaltung 18 überbrückt die Spule 13; sie ist der Spule 13 also nicht vorgeschaltet oder nachgeschaltet, sodass eine verlustarme Strommessung möglich ist.

15 Das Schaltelement 15 kann über einen Gate-Eingang GATE geschaltet werden, um das Schaltelement 15 hierdurch zwischen einem elektrisch leitenden und einem elektrisch sperrenden Zustand zu schalten.

20 Zum Erzeugen eines Schaltsignals für den Gate-Anschluss GATE kann dieser mit der hysteretischen Schaltersteuerung 12 verschaltet sein, indem Komparatoren 19, 20 mit ihren Komparatorausgängen über ein RS-Flip-Flop 21 mit dem Gate-Anschluss GATE verschaltet  
25 sein können. Der Komparator 19 kann das Strommesssignal  $V_{sense}$  mit einem Peak-Vergleichswert 22 vergleichen und signalisieren, falls das Strommesssignal  $V_{sense}$  größer als der Peak-Vergleichswert 22 ist. Hierdurch wird das Flip-Flop 21 am Reset-Eingang R zurückgesetzt und damit das Schaltelement 15 elektrisch sperrend  
30 geschaltet. Der Komparator 20 kann einen Vergleich des Strommesssignals  $V_{sense}$  mit einem Valley-Vergleichswert 23 durchführen und signalisieren, falls das Strommesssignal  $V_{sense}$  kleiner als der Valley-Vergleichswert 23 ist, wodurch der Set-Eingang S des Flip-Flops gesetzt wird und somit das  
35 Schaltelement 15 in einen elektrisch leitenden Zustand geschaltet wird. Im Zusammenhang mit der Schaltersteuerung 12 ist das Strommesssignal  $V_{sense}$  symbolisch als Spannungsquelle repräsentiert.

Der Peak-Vergleichswert 22 kann aus einem Vergleichswertsignal 24 erzeugt werden, das die Reglereinheit 11 in der im Weiteren beschriebenen Weise an einem Signalausgang Ro erzeugen kann.  
5 Hierzu kann direkt das Vergleichswertsignal 24 an einem Komparatoreingang des Komparators 19 als Peak-Vergleichswert 22 genutzt werden. Alternativ dazu kann ein mittelwertfreies Spreizsignal Vspread dem Vergleichswertsignal 24 additiv überlagert werden, was gemäß Fig. 1 durch eine Spannungs-  
10 quellenschaltung bewirkt ist, die auf einem Transistor beruhen kann.

Der Valley-Vergleichswert 23 kann aus dem Vergleichswertsignal 24 mittels eines Rippelwerts Vripple erzeugt werden, der dem  
15 Vergleichswertsignal 24 additiv überlagert werden kann. Der Rippelwert kann mittels einer Rippel-Gleichspannungsquelle Vr beaufschlagt werden, die beispielsweise auf der Grundlage einer Transistorschaltung gebildet sein kann.

20 Das Vergleichswertsignal 24 kann durch die Reglereinheit 11 auf der Grundlage einer PID-Regelung mittels eines PID-Reglers 25 erzeugt werden. Dieser empfängt eine Regelabweichung 26, die einem Unterschied zwischen dem Istwertsignal FB und einem Sollwert Vref entspricht. Der Sollwert Vref ist symbolisch durch  
25 eine Spannungsquelle repräsentiert, die ein elektrisches Sollwertsignal darstellt. Der Regelabweichung 26 kann mittels eines Subtrahierers 27 ermittelt werden.

Fig. 2 beschreibt einen Gleichspannungswandler 10, der wie der  
30 Gleichspannungswandler 10 von Fig. 1 aufgebaut oder ausgestaltet sein kann und lediglich die im Folgenden beschriebenen Unterschiede aufweist.

Anstelle der RC-Glied-Schaltung 18 kann als Strommessschaltung  
35 17 zum Erzeugen des Strommesssignals Vsense ein Shuntwiderstand 28 mit einem Widerstandswert Rsense der Spule 13 in Reihe oder in Serie geschaltet sein.

Fig. 3 veranschaulicht einen Gleichspannungswandler 10, der wie der Gleichspannungswandler 10 von Fig. 2 ausgestaltet sein kann und sich durch die folgenden Unterschiede auszeichnet.

5 Zum Beaufschlagen des Vergleichswertsignals 24 mit dem Rippelwert  $V_{ripple}$  ist anstelle einer Gleichspannungsquelle  $V_r$  ein Spannungsteiler 29 vorgesehen, mittels welchem aus dem Vergleichswertsignal 24 als Spannungssignal ein reduziertes oder um den Rippelwert  $V_{ripple}$  reduziertes Signal zum Bereitstellen des  
10 Valley-Vergleichswerts 23 erzeugt wird. Der Spannungsteiler 29 kann aus Widerstandselementen  $R_3$ ,  $R_4$  gebildet sein.

Bisher wurden nur Aufwärtswandler beschrieben.

15 Fig. 4 veranschaulicht eine Ausführungsform des Gleichspannungswandlers 10, der eine Abwärtswandlung (Buck-Konverter) erzeugt. Auch hierfür kann eine Kombination aus der Reglereinheit 11 und der Schaltersteuerung 12 in der beschriebenen Weise genutzt oder bereitgestellt werden.

20 Allgemein können die Gleichspannungswandler 10 wie folgt weiter ausgestaltet werden.

Die Spannung des Strommesssignals  $V_{sense}$  zwischen den Knoten RX  
25 und LX wird entweder indirekt, z.B. durch einen High-side-Messverstärker mit hoher Common-mode-Eingangsspannung oder direkt zu den (high input common modedefähigen) Komparatoren 19, 20 für Peak- und Valley-Erkennung geführt. Man kann sich das so vorstellen, dass diese einen idealisierten, potentialgetrennten Verstärker  
30 für die Spannung, die am  $C_{sense}$  anliegt, darstellt. Die Peak- und Valley-Komparatoren steuern den RS-Trigger an, der wiederum den Schalter M1 ansteuert.

$V_{spread}$  hat zur Folge, dass das Hysterese-Band variiert und somit  
35 die Schaltfrequenz von M1 im Takt mit der Spannung  $V_{spread}$  moduliert wird. Bei passender Auslegung kann somit eine Spread-Spectrum-Modulation der Wandler-Schaltfrequenz hergestellt werden.

Die Vorgabe für den Peak-Strom in der Drossel L1 kommt von einem PID (proportional-integral-derivative)-Regler, der stets bemüht ist, die Abweichung zwischen der  
5 Ist-Größe (in diesem Fall die Ausgangsspannung U, heruntergeteilt durch den Spannungsteiler R1/R2) und dem Sollwert, d.h. die Referenzspannung Vref, auf Null zu führen.

10 Nun ist das Regelkonzept des vorgeschlagenen Wandlers zu erkennen: Durch die Festlegung des Spulenstrom-Rippel und somit des Mittelwertes des Spulenstroms als Funktion der Ausgangsspannung ermöglicht er eine schnelle und präzise Average-mode-Regelung, in Boost- wie in Buck-Konfiguration.

15 Im Gegensatz zum Peak-current-mode-control wird nicht der Spitzenwert des Spulenstroms, sondern der Mittelwert des Spulenstroms geregelt. Die Schaltfrequenz ist dabei variabel.

20 Eine weitere vorteilhafte Ausführung des vorgeschlagenen Gleichspannungswandlers verzichtet auf die Spannungsquelle Vripple und macht stattdessen Gebrauch von dem Spannungsteiler Ro/R3/R4 für die Festlegung des Spulenrippel-Stromes. In diesem Fall ist der Spulenrippel nicht mehr konstant, sondern variabel und bedingt durch den Spannungsabfall am Widerstand R4.

25 Vorteile der gezeigten Merkmale des Gleichspannungswandlers sind:

30 1. Hohe Regelgeschwindigkeit:

Die hohe Geschwindigkeit ergibt sich durch das fehlende Kompensationsnetzwerk für den hysteretischen Teil vom Regler und den Wegfall einer Slope-Compensation.

35 2. Kontrollierter Spulenstrom

Die zwei hysteretischen Komparatoren für den Peak- und Valleystrom bestimmen den Rippel-Strom in der Wandler-Spule. Somit kann sie vor Sättigung oder hohen Rippel-Strom-Verlusten geschützt werden.

5

### 3. Stabilität ohne Slope Kompensation

Bei der Average-mode-control (Mittelwertregelung) ist die sogenannte Slope-Kompensation nicht notwendig.

10

### 4. Spread Spectrum

Ein EMV-vorteilhaftes Spread-Spectrum-Modulationsverfahren zur Minimierung der Peakdetektor-Werte ist sehr einfach durch die Zugabe von einer zusätzlichen AC-Spannungsquelle beim Peak-Komparator möglich.

15

### 5. Verlustfreie Strommessung möglich

20

Statt eines Messshunts für den Spulenstrom kann ein RC-Glied parallel zu der Spule verschaltet werden. Es wird der Spannungsabfall am Kondensator gemessen.

### 6. Hohe Genauigkeit

25

Durch den Einsatz der zwei Regelschleifen, PID und hysteretisch, wird eine hohe Genauigkeit wie bei dem konventionellen Peak-current-mode-Controller erzielt.

30

### 7. Wirtschaftlichkeit

Durch den Wegfall eines Slope-Compensation-Netzwerks und eventuell den Einsatz des RC-Netzwerks zur Spulenstrommessung ist die vorgeschlagene Wandler-Topologie sehr kosteneffizient.

35

### 8. Kompatibilität mit digitaler Technologie

Durch den Wegfall der Slope-Kompensation ist die Umsetzung des  
Kontrollers in der digitalen Domäne (digitaler PID-Regler,  
Flip-Flop und optional eines Analog-Digital-Wandlers für die  
Komparatoren) sehr leicht möglich.

5

9. Geeignet, um den Mittelwert des Eingangsstromes zu kon-  
trollieren

10 Bei entsprechender Auslegung des vorgeschlagenen Wandlers  
(Strommessschaltung am Eingang) ist auch eine Mittelwert-  
Regelung des Eingangsstromes, z.B. in der Boost-Wandler-  
Konfiguration möglich, wie sie z.B. bei den Solar-MPPT-Wandlern  
(MPPT - Maximum Power Point Tracking) verlangt wird.

15 Insgesamt zeigt das Beispiel, wie durch die Erfindung für einen  
Gleichspannungswandler eine kombinierte hysteretische und  
PID-basierte Regelung bereitgestellt werden kann.

## Bezugszeichenliste

	10	Gleichspannungswandler
	11	Reglereinheit
5	12	Schaltersteuerung
	13	Spule
	14	Spulenstrom
	15	Schaltelement
	16	Istwertmessschaltung
10	17	Strommessschaltung
	18	RC-Glied-Schaltung
	19	Komparator
	20	Komparator
	21	Flip-Flop
15	22	Peak-Vergleichswert
	33	Valley-Vergleichswerts
	24	Vergleichswertsignal
	25	PID-Regler
	26	Regelabweichung
20	27	Subtrahierer
	28	Shuntwiderstand
	Vsense	Strommesssignal
	FB	Istwertsignal
25	Vripple	Rippelwert

## Patentansprüche

1. Gleichspannungswandler (10), aufweisend:

- eine elektrische Spule (13),

5 - ein Schaltelement (15) zum Steuern eines elektrischen Spulenstromes (14) der Spule (13),

- eine Strommessschaltung (17), die dazu eingerichtet ist, ein mit dem Spulenstrom (14) oder mit einem Eingangsstrom des Gleichspannungswandlers (10) korreliertes Strommesssignal

10 (Vsense) zu erzeugen, und

- eine hysteretische Schaltersteuerung (12), die dazu eingerichtet ist, das Schaltelement (15) elektrisch sperrend zu schalten, falls das Strommesssignal (Vsense) einen Spulenstrom (14) größer als ein Peak-Vergleichswert (22) signalisiert, und  
15 das Schaltelement (15) elektrisch leitend zu schalten, falls das Strommesssignal (Vsense) einen Spulenstrom (14) kleiner als ein Valley-Vergleichswert (23) signalisiert,

wobei eine Istwertmessschaltung (16) dazu eingerichtet ist, ein mit einer elektrischen Ausgangsgröße (U) des Gleichspan-

20 nungswandlers (10) korreliertes Istwertsignal (FB) zu erzeugen, und eine Reglereinheit (11) dazu eingerichtet ist, die Ausgangsgröße (U) auf einen vorgegebenen Sollwert (Vref) einzuregulieren und hierzu in Abhängigkeit von einer Regelabweichung (26)

ein Vergleichswertsignal (24) für die Schaltersteuerung (12) zu

25 erzeugen, wobei die Schaltersteuerung (12) dazu eingerichtet

ist, einerseits aus dem Vergleichswertsignal (24) einen Mittelwert des Peak-Vergleichswerts (22) einzustellen und andererseits den Valley-Vergleichswert (23) aus dem Vergleichs-

wertsignal (24) durch Subtrahieren eines Rippelwerts (Vripple)

30 zu erzeugen, wobei die Schaltersteuerung (12) dazu eingerichtet ist, das Vergleichswertsignal (24) mit einem mittelwertfreien Spreizsignal (Vspread) einer AC-Spannungsquelle zu kombinieren

und aus dem kombinierten Signal den Peak-Vergleichswert (22) zu erzeugen, sodass der Peak-Vergleichswert (22) durch ein

35 Zeitsignal gegeben ist, das um einen Mittelwert oszilliert.

2. Gleichspannungswandler (10) nach Anspruch 1, wobei die Reglereinheit (11) dazu eingerichtet ist, die Regelabweichung

(26) als Unterschied zwischen dem Istwertsignal (FB) und einem vorgegebenen Referenzsignal ( $V_{ref}$ ) zu ermitteln.

3. Gleichspannungswandler (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Schaltersteuerung (12) dazu eingerichtet ist, das Strommesssignal ( $V_{sense}$ ) mittels eines jeweiligen Komparators (19, 20) mit dem Peak-Vergleichswert (22) und dem Valley-Vergleichswert (23) zu vergleichen.
- 10 4. Gleichspannungswandler (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Schaltersteuerung (12) über ein RS-Flip-Flop (21) mit einem Gate-Anschluss (GATE) des Schaltelements (15) verschaltet ist.
- 15 5. Gleichspannungswandler (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Strommessschaltung (17) dazu eingerichtet ist, das Strommesssignal ( $V_{sense}$ ) mittels eines von dem Spulenstrom (14) durchflossenen Shuntwiderstands (28) zu erzeugen.
- 20 6. Gleichspannungswandler nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Strommessschaltung (17) dazu eingerichtet ist, das Strommesssignal ( $V_{sense}$ ) mittels einer der Spule (13) parallel geschalteten oder die Spule (13) überbrückenden RC-Glied-Schaltung (18) zu erzeugen.
- 25 7. Gleichspannungswandler (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Reglereinheit (11) dazu eingerichtet ist, das Vergleichswertsignal (24) mittels eines PID-Reglers (25) aus der Regelabweichung (26) zu erzeugen.
- 30 8. Gleichspannungswandler (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Schaltersteuerung (12) dazu eingerichtet ist, dem Vergleichswertsignal (24) den Rippelwert ( $V_{ripple}$ ) zu überlagern, indem ein das Vergleichswertsignal (24) signalisierender Signalausgang ( $R_o$ ) der Reglereinheit (11) über eine Rippel-Gleichspannungsquelle ( $V_r$ ) oder über einen Spannungsteiler (29) mit einem Komparatoreingang der Schaltersteuerung (12) verschaltet ist.
- 35

9. Gleichspannungswandler (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Reglereinheit (11) und die Schaltersteuerung (12) durch eine digitale Proessoreinrichtung bereitgestellt sind.

5

10. Verfahren zum Betreiben eines Gleichspannungswandlers (10), wobei

- eine Strommessschaltung (17) ein mit einem Spulenstrom (14) einer Spule (13) des Gleichspannungswandlers (10) oder einem  
10 Eingangstrom des Gleichspannungswandlers (10) korreliertes Strommesssignal ( $V_{sense}$ ) erzeugt,
- eine hysteretische Schaltersteuerung (12) ein zum Steuern des Spulenstromes (14) vorgesehene Schaltelement (15) elektrisch sperrend schaltet, falls das Strommesssignal ( $V_{sense}$ ) einen  
15 Spulenstrom (14) größer als ein Peak-Vergleichswert (22) signalisiert, und das Schaltelement (15) elektrisch leitend schaltet, falls das Strommesssignal ( $V_{sense}$ ) einen Spulenstrom (14) kleiner als ein Valley-Vergleichswert (23) signalisiert,
- eine Istwertmessschaltung (16) ein mit einer elektrischen Ausgangsgröße (U) des Gleichspannungswandlers (10) korreliertes  
20 Istwertsignal (FB) erzeugt,
- eine Reglereinheit (11) die Ausgangsgröße (U) auf einen vorgegebenen Sollwert ( $V_{ref}$ ) einregelt und hierzu in Abhängigkeit von einer Regelabweichung (26) ein Vergleichswertsignal  
25 (24) erzeugt und
- die Schaltersteuerung (12) einerseits aus dem Vergleichswertsignal (24) einen Mittelwert des Peak-Vergleichswerts (22) einstellt und andererseits den Valley-Vergleichswert (23) aus dem Vergleichswertsignal (24) durch Subtrahieren eines Ripplewerts ( $V_{ripple}$ ) erzeugt, wobei die Schaltersteuerung (12) das  
30 Vergleichswertsignal (24) mit einem mittelwertfreien Spreizsignal ( $V_{spread}$ ) einer AC-Spannungsquelle kombiniert und aus dem kombinierten Signal den Peak-Vergleichswert (22) erzeugt, sodass der Peak-Vergleichswert (22) durch ein Zeitsignal gegeben ist,  
35 das um einen Mittelwert oszilliert.





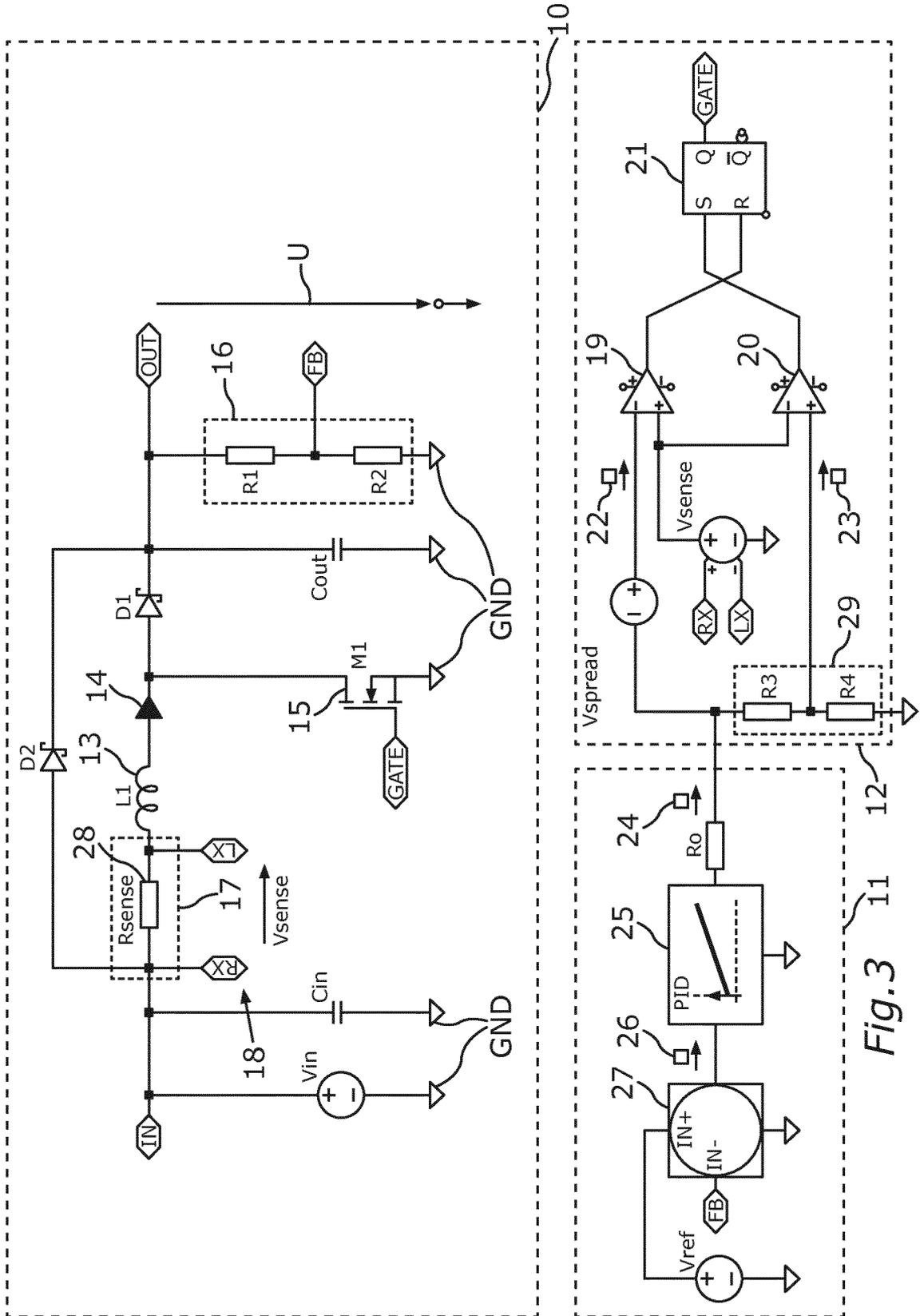


Fig. 3

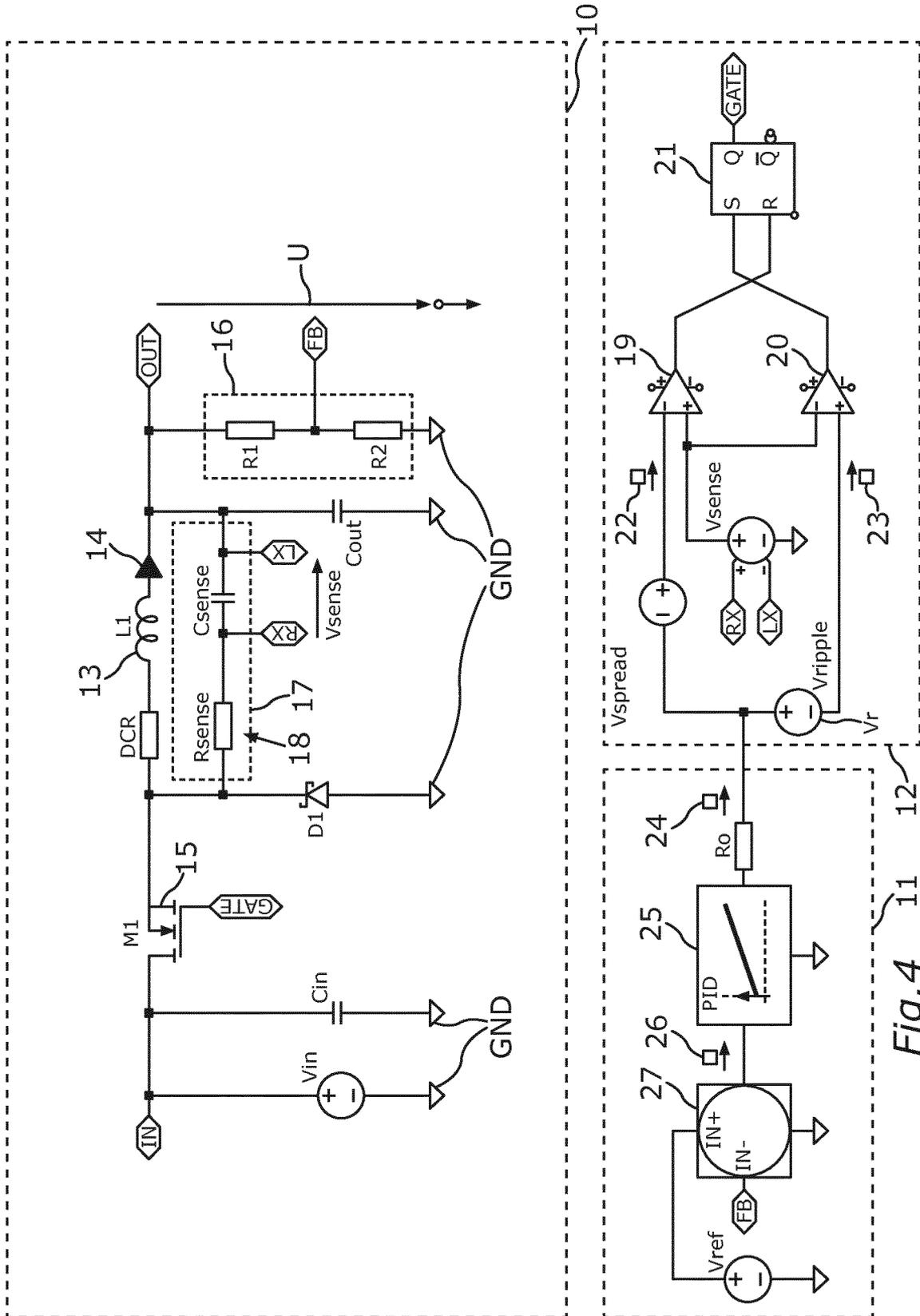


Fig.4

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No  
PCT/EP2017/075969

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
 INV. H02M3/156 H02M1/44  
 ADD.  
 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**  
 Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
 H02M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
 EPO-Internal, WPI Data

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 603 220 A1 (SHINDENGEN ELECTRIC MFG [JP]) 7 December 2005 (2005-12-07) figure 8 paragraph [0054] - paragraph [0057] -----	1-10
X	US 5 734 259 A (SISSON PAUL [US] ET AL) 31 March 1998 (1998-03-31) figure 5 column 4, line 50 - column 5, line 25 -----	1-10
A	US 4 929 882 A (SZEPESEI TAMAS S [US]) 29 May 1990 (1990-05-29) figure 4 column 5, line 33 - column 6, line 62 -----	1-10
A	CN 102 323 841 A (SILERGY CORP) 18 January 2012 (2012-01-18) figure 3A -----	1-10

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
 7 December 2017

Date of mailing of the international search report  
 14/12/2017

Name and mailing address of the ISA/  
 European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer  
 Riehl, Philippe

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/075969

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1603220	A1	07-12-2005	AT 527746 T 15-10-2011
			CA 2500507 A1 17-03-2005
			EP 1603220 A1 07-12-2005
			KR 20060023931 A 15-03-2006
			TW I231643 B 21-04-2005
			US 2005212498 A1 29-09-2005
			WO 2005025041 A1 17-03-2005
-----			
US 5734259	A	31-03-1998	NONE
-----			
US 4929882	A	29-05-1990	NONE
-----			
CN 102323841	A	18-01-2012	NONE
-----			

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/075969

<b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b> INV. H02M3/156 H02M1/44 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
<b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b>		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole ) H02M		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 1 603 220 A1 (SHINDENGEN ELECTRIC MFG [JP]) 7. Dezember 2005 (2005-12-07) Abbildung 8 Absatz [0054] - Absatz [0057] -----	1-10
X	US 5 734 259 A (SISSON PAUL [US] ET AL) 31. März 1998 (1998-03-31) Abbildung 5 Spalte 4, Zeile 50 - Spalte 5, Zeile 25 -----	1-10
A	US 4 929 882 A (SZEPESEI TAMAS S [US]) 29. Mai 1990 (1990-05-29) Abbildung 4 Spalte 5, Zeile 33 - Spalte 6, Zeile 62 -----	1-10
A	CN 102 323 841 A (SILERGY CORP) 18. Januar 2012 (2012-01-18) Abbildung 3A -----	1-10
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :		
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist		"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 7. Dezember 2017		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts 14/12/2017
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Riehl, Philippe

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/075969

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1603220	A1	07-12-2005	AT 527746 T 15-10-2011
			CA 2500507 A1 17-03-2005
			EP 1603220 A1 07-12-2005
			KR 20060023931 A 15-03-2006
			TW I231643 B 21-04-2005
			US 2005212498 A1 29-09-2005
			WO 2005025041 A1 17-03-2005
-----			
US 5734259	A	31-03-1998	KEINE
-----			
US 4929882	A	29-05-1990	KEINE
-----			
CN 102323841	A	18-01-2012	KEINE
-----			