



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2011 078 579.5**

(22) Anmeldetag: **04.07.2011**

(43) Offenlegungstag: **10.01.2013**

(51) Int Cl.: **H02M 1/38 (2011.01)**  
**H02M 3/337 (2011.01)**

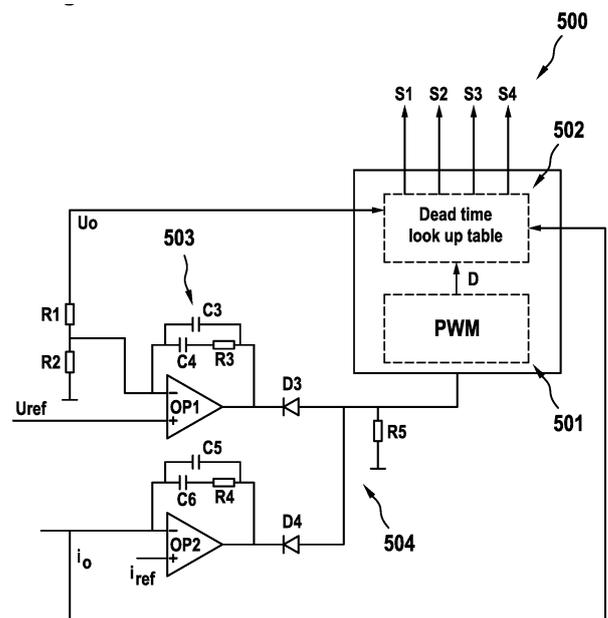
(71) Anmelder:  
**Robert Bosch GmbH, 70469, Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:  
**Koch, Stefan, 77876, Kappelrodeck, DE; Tian, Jian, 77815, Bühl, DE; Bergmann, Ralf-Peter, 77880, Sasbach, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Ansteuerungsschaltung und Verfahren zur Ansteuerung der Eingangsschaltstufe einer Transformatorschaltung**

(57) Zusammenfassung: Es wird eine Ansteuerungsschaltung (500) für eine mit der Primärwicklung (104) eines Transformators (101) gekoppelte Eingangsschaltstufe (102) geschaffen, wobei die Eingangsschaltstufe eine Primärwechselspannung des Transformators (101) aus einer Eingangsgleichspannung ( $U_i$ ) durch Wechseln zwischen zwei Schaltzuständen erzeugt und die Ansteuerungsschaltung (500) dazu eingerichtet ist, die Länge der Totzeit ( $t_d$ ) zwischen der Deaktivierung eines ersten Schaltzustands der Schaltzustände und der Aktivierung eines zweiten Schaltzustands der Schaltzustände zu steuern. Erfindungsgemäß erfolgt das Steuern der Länge der Totzeit ( $t_d$ ) basierend auf einem Sekundärstrom ( $i_o$ ) und einer Ausgangsspannung ( $U_o$ ) des Sekundärkreises (103) des Transformators (101). Ferner werden ein dazugehöriges Verfahren sowie ein Schaltnetzteil mit der erfindungsgemäßen Ansteuerungsschaltung offenbart.



**Beschreibung**

## Bereich der Erfindung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Ansteuerungsschaltung und ein Verfahren zur Ansteuerung der Eingangsschaltstufe einer Transformatorschaltung. Insbesondere betrifft die Erfindung eine Ansteuerungsschaltung und dazugehöriges Verfahren, bei denen die Länge der Totzeit zwischen der Deaktivierung eines ersten Schaltzustands und der Aktivierung eines zweiten Schaltzustands der Eingangsschaltstufe einer Transformatorschaltung gesteuert wird.

## Stand der Technik

**[0002]** Transformatoren mit einer vorgeschalteten Wechselrichterschaltung als Eingangsstufe werden in vielen Produkten und technischen Anwendungen eingesetzt, beispielsweise in Schaltnetzteilen. Dort wird eine Eingangsgleichspannung mittels einer Wechselrichterschaltung einem Transformator als Leistungsübertrager zugeführt, um ausgangsseitig eine Ausgangsspannung einem Verbraucher zuzuführen. Die Eingangsgleichspannung kann einer Gleichspannungsquelle oder einer gleichgerichteten Netzspannung entnommen sein. Die von dem Sekundärkreis des Transformators bereitgestellte Ausgangsspannung kann gleichgerichtet werden, um eine Gleichspannung auszugeben. Jedoch kann es in den Schalterelementen des Schaltnetzteiles zu Verlustleistungen kommen.

**[0003]** Die Wechselrichter-Eingangsstufe, welche primärseitig an den Transformator gekoppelt ist, weist je nach Bauart eines oder mehrere Schalterelemente auf. Die Wechselrichter-Eingangsstufe kann beispielsweise in einer Ausführung als Vollbrückenwandler vier Schalterelemente, beispielsweise Relais oder MOSFETs, aufweisen, die wechselseitig betrieben werden, um die Polarität einer momentan der Primärspule des Transformators zugeführten elektrischen Spannung mit der momentan gewählten Schaltfrequenz zu wechseln.

**[0004]** Es ist wünschenswert, die Schalterelemente während der jeweiligen Schaltvorgänge spannungsfrei zu betreiben, d.h. die Eingangsschaltstufe in einem Nullspannungsschaltenden Modus (Englisch: zero voltage switching) (ZVS) zu betreiben, um Verlustleistung zu reduzieren und die elektromagnetische Interferenz (EMI) einzuschränken und ein Brummen der Transformatorschaltung zu vermeiden. Aus diesem Grund werden die Schalterelemente zueinander verzögert mit einem gewissen zeitlichen Abstand, der sogenannten Totzeit, geschaltet. Während der Totzeit-Phase sind die Schalterelemente in einem geöffneten Zustand, so dass die Eingangsspannung nicht auf die Primärspule durchgeschaltet wird. Eine

jeweils über die Schalterelemente anliegende Spannung  $U_s$  kann während der Totzeit reduziert werden oder auf Null abgebaut werden.

**[0005]** In [Fig. 1](#) ist eine beispielhafte Hauptkreisschaltung **100** mit einem Transformator **101** beschrieben. Die Hauptkreisschaltung **100** ist in der Regel mit mindestens einer Nebenkreisschaltung, beispielsweise einer Rückkopplungsschaltung, gekoppelt, die in [Fig. 1](#) nicht dargestellt ist. Eine Ansteuerungsschaltung, in [Fig. 1](#) ebenfalls nicht dargestellt, steuert die Schalterelemente  $S_1, S_2, S_3, S_4$  an. Die Hauptkreisschaltung **100** weist primärseitig die Eingangsschaltstufe **102** auf, wobei in der Eingangsschaltstufe **102** jedes der Schalterelemente  $S_1, S_2, S_3, S_4$  eine parallel geschaltete Ausgangskapazität  $C_{oss}$  aufweist. Die Eingangsschaltstufe **102** wird von der Eingangsspannung  $U_i$  gespeist, welche je nach Schalterstellung der Schalterelemente  $S_1, S_2, S_3, S_4$  mit wechselnder Polarität auf die Primärwicklung **104** des Transformators **101** durchgeschaltet wird. Die Schalter  $S_1$  bis  $S_4$  werden bevorzugt mit dem Schaltablauf des sogenannten Phase-Shifted-Modus geschaltet, wobei die Primärwicklung **104** des Transformators **101** über einen Vollbrückenwandler  $S_1$  bis  $S_4$  mit abwechselnder Polarität an die Eingangsspannung  $U_i$  angelegt wird und einer der diagonalen Schalter  $S_1, S_4; S_3, S_2$  schon für eine bestimmte Zeit geschlossen ist, bevor der andere aktiviert wird. Die Schalterelemente  $S_1, S_2, S_3, S_4$  sind beispielsweise MOSFETs.

**[0006]** Zwischen den Eingangsklemmen der Eingangsschaltstufe (**102**) ist eine Eingangskapazität  $C_1$  vorhanden. Ferner ist der Primärwicklung **104** optional eine Eingangsinduktivität vorgeschaltet, über welche der Primärstrom  $I_L$  in die Primärwicklung **104** eingespeist wird. Die zwischen den Anschlüssen des Schalterelementes  $S_1, S_2$  abfallende Spannung wird in der [Fig. 1](#) mit  $U_s$  bezeichnet.

**[0007]** Der Hauptschaltkreis **100** weist einen Sekundärkreis **103** mit zwei Sekundärwicklungen **105** auf, die jeweils mit einer Diode  $D_1$  bzw.  $D_2$  gekoppelt sind zur Gleichrichtung des Sekundärwechselstroms  $I_o$ . Die Induktivität  $L$  und die Kapazität  $C_2$  werden hier als Ausgangsfilter verwendet. Der Sekundärstrom bzw. Laststrom  $I_o$  liefert eine sekundärseitige Ausgangsspannung  $U_o$ . Das Stromverhältnis des Transformators **101** ist  $n:1$ , wie in [Fig. 1](#) angedeutet. Dabei steht  $n:1$  für das Verhältnis der Anzahl der Windungen der Primärwicklung **104** zu der Anzahl der Windungen einer der Sekundärwicklungen **105**.

**[0008]** Damit die Verlustleistung der Schalter, beispielsweise aufgrund abwechselndem Entladen- und Aufladen der Schalterelement-Ausgangskapazitäten  $C_{oss}$  reduziert wird, und zur Verbesserung der EMI-Eigenschaften, sollten die Schalterelemente  $S_1, S_2, S_3, S_4$  spannungsfrei schaltend (ZVS) betätigt wer-

den. Dabei sollte der ZVS-Betrieb über einen möglichst großen Bereich des Laststroms oder Ausgangsstroms  $I_o$  beibehalten werden. Daher wird bei einer Änderungen des Primärstroms  $I_L$  eine Totzeit  $t_d$  im allgemeinen frequenzabhängig angepasst. In **Fig. 4** wird ein Signalverlaufdiagramm gezeigt, dass Ansteuerungsimpulse für die Schalterelemente S1, S2 aufweist, mit einer bestimmten Totzeit  $t_d$ , die wie bereits erwähnt entsprechend dem Laststrom  $I_o$  oder dem Primärstrom  $I_L$  geändert wird.

**[0009]** In **Fig. 2** wird ein Schaltdiagramm einer bekannten Ansteuerungsschaltung **200** gezeigt. Die Ansteuerungsschaltung **200** steuert beispielsweise die in **Fig. 1** gezeigte Eingangsschaltstufe **102** an. Zum Betrieb der Ansteuerungsschaltung **200** wird der Transformatorstrom, d.h. der Primärstrom  $I_L$  gemessen und der Ansteuerungsschaltung **200** mitgeteilt. Die Pulsweitenmodulationseinheit **202** erzeugt die Ansteuerungssignale für die primärseitigen Schalterelemente S1, S2, S3, S4, einschließlich einer Totzeitkompensierung.

**[0010]** Die Ansteuerungsschaltung **200** weist ferner eine Rückkopplungsschaltung mit einem ersten Teilschaltkreis **203**, der mit der Ausgangsspannung  $U_o$  gekoppelt ist, und einem zweiten Teilschaltkreis **204**, der mit dem Laststrom  $I_o$  gekoppelt ist, auf. Der erste Teilschaltkreis **203** dient als Ausgangsspannungskompensator und enthält einen Operationsverstärker OP1, Kapazitäten C3, C4, den Widerstand R3, sowie die Diode D3. Ferner ist ein Eingang des Operationsverstärkers OP1 des ersten Teilschaltkreises **203** mit einer Referenzspannung  $U_{ref}$  gekoppelt. Zwei Widerstände R1, R2 dienen als Spannungsteiler für die Ausgangsspannung  $U_o$ . Der zweite Teilschaltkreis **204** dient als Stromkompensator und enthält einen Operationsverstärker OP2, Kapazitäten C5, C6, den Widerstand R4, sowie die Diode D4. Der Operationsverstärker OP2 des zweiten Teilschaltkreises **204** ist mit einem Referenzstromsignal  $I_{ref}$  gekoppelt. Am Ausgang werden die Ausgangssignale der beiden Teilschaltkreise **203**, **204** zusammengeführt und über einem Widerstand R5 gegen Masse geschaltet und in die Pulsweitenmodulationseinheit **203** eingegeben.

**[0011]** Die Ausgangsspannung  $U_o$  kann mittels Variation der Referenzspannung  $U_{ref}$  geändert werden. Der Laststrom  $I_o$  wird begrenzt mittels des Referenzstroms  $I_{ref}$ , der dabei als Begrenzungsgröße dient. Die Ansteuerungsschaltung **200** steuert die Schalterelemente S1, S2, S3, S4 aufgrund der Eingabe des Primärstromsignals  $I_L$ , unter Verwendung eines Kennfeldes bzw. einer Nachschlagetabelle (Englisch: lookup-table). Der nullspannungsschaltende Modus wird hierbei erreicht, indem die Länge der Totzeit  $t_d$  aus dem in dem Speicher **201** der Ansteuerungsschaltung **200** gespeicherten Kennfeld hergeleitet

wird und die Ansteuerungssignale entsprechend angepasst werden.

**[0012]** Im Allgemeinen ist jedoch die Ausgangskapazität eines MOSFET eine Funktion der Source-Drain-Spannung, wobei genauer gesagt mit steigender elektrischer Spannung die Kapazität verringert wird, und umgekehrt. Bei der gezeigten bekannten Transformator-Verschaltung bedeutet dies, dass die Kapazitäten der Schalterelemente S1, S2, S3, S4 auf diese Weise von der Eingangsspannung  $U_i$  oder der Schalterspannung  $U_s$  abhängig sind. Bei  $U_i$  Spannungsänderung ändert sich daher die Resonanzfrequenz. Zum Beispiel, bei einer Erhöhung der Gleichspannung  $U_i$  oder  $U_s$  verringert sich die Resonanzfrequenz. Um dabei den Geringspannungs- oder Nullspannungsschaltenden Modus (ZVS) beizubehalten, muss die Länge der Totzeit entsprechend der Erhöhung der Spannung reduziert werden.

**[0013]** In **Fig. 3** ist eine weitere bekannte Ansteuerungsschaltung **300** gezeigt, die entsprechend dieser Erfordernisse modifizierte ist und eine Pulsweitenmodulationseinheit **302**, eine Berechnungseinheit **301**, und eine Rückkopplungsschaltung mit zwei Teilschaltkreisen **303**, **304** aufweist. Die Länge der Totzeit  $t_d$  wird mittels der Berechnungseinheit **301** berechnet, wobei im Unterschied zu der in **Fig. 2** gezeigten Ansteuerung nicht nur der Transformator-Primärstrom  $I_L$ , sondern auch die Eingangsspannung  $U_i$  oder die Schalterspannung  $U_s$  gemessen und in die Ansteuerungsschaltung **300** eingegeben werden müssen. Dies ist teuer und aufwändig.

**[0014]** In der Druckschrift US 2010/0020569 wird ein resonant schaltender Leistungswandler mit anpassbarer Totzeitsteuerung beschrieben. Die Totzeit wird in Abhängigkeit von einer primärseitigen Eingangsspannung und einem primärseitigen Spulenstrom sowie der Schaltfrequenz eingestellt.

**[0015]** Nachteilig an den Lösungen gemäß des Standes der Technik ist, dass die Anzahl der für die Totzeitsteuerung erforderliche Messungen bzw. die Anzahl der verschiedenen erforderlichen Sensoren einen hohen baulichen Aufwand mit sich bringt. Daraus folgt auch ein hoher Kostenaufwand.

**[0016]** Eine Aufgabe der Erfindung ist es, eine vereinfachte Ansteuerungsschaltung zur Totzeitsteuerung bereitzustellen, die auf eine zuverlässige Weise erlaubt, die Wandlerschaltung in einem nullspannungsschaltenden Modus zu betreiben, und die gleichzeitig mit wenig Messaufwand und kostengünstig einsetzbar ist.

**[0017]** Erfindungsgemäß wird eine Ansteuerungsschaltung für eine mit der Primärwicklung eines Transformators gekoppelte Eingangsschaltstufe bereitgestellt gemäß dem unabhängigen Anspruch 1.

Ferner wird ein dazugehöriges Verfahren sowie eine Schaltnetzteil mit der erfindungsgemäßen Ansteuerungsschaltung gemäß den nebengeordneten unabhängigen Ansprüchen geschaffen.

**[0018]** Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

**[0019]** Die erfindungsgemäße Ansteuerungsschaltung steuert eine Eingangsschaltstufe, die mit der Primärwicklung eines Transformators gekoppelt ist, um aus einer Eingangsgleichspannung durch Wechseln zwischen zwei Schaltzuständen eine Primärwechselspannung des Transformators zu erzeugen. Die Ansteuerungsschaltung ist dazu eingerichtet, die Länge der Totzeit zwischen der Deaktivierung eines ersten Schaltzustands der Schaltzustände und der Aktivierung eines zweiten Schaltzustands der Schaltzustände zu steuern, basierend auf einem Sekundärstrom und einer Ausgangsspannung des Sekundärkreises des Transformators.

**[0020]** Ein Vorteil der Erfindung ist, dass die gemäß dem Stand der Messung erforderliche Messung der Eingangsspannung sowie des Primärstroms des Transformators entfällt. Dies ist insbesondere deswegen vorteilhaft, weil die Ausgangsspannung sowie der Laststrom oft auf einfachere Weise extern bestimmt werden können, ohne in die Transformator-schaltung einzugreifen, oder weil schon für andere Zwecke vorhandene Messeinrichtungen benutzt werden können.

**[0021]** Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung weist die Ansteuerungsschaltung einen Pulsweitenmodulator zur Erzeugung von Ansteuerungsimpulsen für mindestens ein Schalterelement der Eingangsschaltstufe auf.

**[0022]** Bevorzugt weist die Ansteuerungsschaltung eine Rückkopplungsschaltung auf, die mit dem Pulsweitenmodulator gekoppelt ist und einen ersten Teilschaltkreis, der mit der Ausgangsspannung des Sekundärkreises koppelt, und einen zweiten Teilschaltkreis, der mit dem Sekundärstrom koppelt, aufweist.

**[0023]** Ein Vorteil davon ist, dass die erfindungsgemäße Ansteuerungsschaltung vorteilhaft mit einer Rückkopplungsschaltung kombiniert werden kann, wobei Werte für den Sekundärstrom und die Ausgangsspannung schon vorliegen mit den Eingangssignalen der Rückkopplungsschaltung. Diese Größen können zur Verarbeitung in den Pulsweitenmodulator abgezweigt werden.

**[0024]** Ferner kann die Ansteuerungsschaltung gemäß einer Ausführungsform eine Berechnungseinheit zum Berechnen der Totzeit unter Einbeziehung eines aktuellen Tastgrads der Eingangsschaltstufe aufweisen.

**[0025]** Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung dieser Ausführungsform weist die Berechnungseinheit einen Zwischenspeicher für den Tastgrad auf. Alternativ oder zusätzlich ist die Berechnungseinheit dazu eingerichtet ist, einen aktuellen Tastgrad aus einem Verlauf des Sekundärstroms und der Ausgangsspannung herzuleiten.

**[0026]** Bevorzugt weist die erfindungsgemäße Ansteuerungsschaltung einen Speicher für ein Kennfeld auf, das die Totzeit als eine Funktion des Sekundärstrom, der Ausgangsspannung und dem Tastgrad beschreibt.

**[0027]** Das erfindungsgemäße Schaltnetzteil weist die erfindungsgemäße Ansteuerungsschaltung auf, wobei die Ansteuerungsschaltung eine Ansteuerung eines nullspannungsschaltenden Vollbrücken- oder Halbbrückenwandlers der Schaltungsanordnung ist.

**[0028]** Das erfindungsgemäße Verfahren ist analog zu dem unabhängigen Vorrichtungsanspruch 1 durch eine Steuerung der Länge der Totzeit basierend auf einen Sekundärstrom und einer Ausgangsspannung des Sekundärkreises des Transformators gekennzeichnet.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0029]** Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung unter Bezugnahme auf die begleitenden Zeichnungen im Detail beschrieben. In den Zeichnungen ist:

**[0030]** [Fig. 1](#) das Schaltbild eines Hauptschaltkreises eines beispielhaften Leistungswandlers gemäß dem Stand der Technik, bei dem die Erfindung angewandt wird,

**[0031]** [Fig. 2](#) ein Schaltdiagramm einer bekannte Ansteuerungsschaltung für eine Eingangsstufe einer Transformator-Verschaltung, inklusive einem Teilschaltbild einer Rückkopplungsschaltung, die mit einer Ausgangsspannung  $U_o$  und einem Sekundärstromes  $I_o$  koppelt, wobei die Totzeit mittels eines gemessenen Primärstromes  $I_L$  und einer zugehörigen gespeicherten Nachschlagetabelle erfolgt, gemäß dem Stand der Technik,

**[0032]** [Fig. 3](#) ein weiteres bekanntes Schaltdiagramm einer Ansteuerungsschaltung, ähnlich zu dem in [Fig. 2](#), wobei die Totzeit anhand des gemessene Primärstroms  $I_L$ , sowie einer Eingangsspannung  $U_i$  und einer Schalterspannung  $U_s$  berechnet wird, gemäß dem Stand der Technik,

**[0033]** [Fig. 4](#) den Verlauf von Ansteuerungssignalen von zwei im Wesentlichen zueinander im Gegentakt angesteuerten Schalterelementen einer Eingangsschaltstufe, mit einem Totzeitanteil  $t_d$  zwischen den

Schaltungsimpulsen, gemäß dem Stand der Technik, und

**[0034]** Fig. 5 ein Schaltdiagramm einer Ansteuerungsschaltung gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

#### Ausführungsformen der Erfindung

**[0035]** In den Figuren weisen gleiche Bezugszeichen auf gleiche oder ähnliche Komponenten hin.

**[0036]** In Fig. 5 wird eine Ansteuerungsschaltung 500 gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung gezeigt. Im Unterschied zu den in den Fig. 2 und Fig. 3 gezeigten Ansteuerungsschaltungen 200, 300 gemäß dem Stand der Technik, müssen bei der erfindungsgemäßen Lösung weder eine primärseitige Gleichspannung, d.h. Eingangsgleichspannung  $U_i$  oder Schalterspannung  $U_s$ , noch der Transformator-Primärstrom  $I_L$  gemessen werden. Stattdessen werden die Informationen aus der Ausgangsspannung  $U_o$  und dem Laststrom, d.h. dem sekundärseitigem Ausgangsstrom  $I_o$  verwendet, um eine anpassbare Totzeitsteuerung zu realisieren.

**[0037]** Um einen nullspannungsschaltenden Modus zu erreichen, kann die Totzeit  $t_d$  gemäß der folgenden Formel hergeleitet werden (beispielhaft für die sogenannte resonante Seite einer lagging-leg-passiv-aktiv-Halbbrücke):

$$t_d \approx \frac{8C_{oss}U_i}{I_L}$$

**[0038]** Die Klemmen-Gleichspannung  $U_i$  kann geschrieben werden mit:

$$U_i = \frac{nU_o}{D}$$

**[0039]** Dabei steht  $n$  für die Anzahl der Windungen, und  $D$  ist der Tastgrad der Eingangsschaltstufe.

**[0040]** Der Ausschaltstrom des Transformators wird berechnet mit:

$$I_L = (I_o - \frac{U_o}{2L}(1 - D)T_s) / n$$

**[0041]** Somit kann die Totzeit abgeleitet werden, beispielsweise unter Verwendung eines Kennfeldes bzw. einer Nachschlagtabelle (lookup-table), wobei  $U_o$ ,  $I_o$ , und  $D$  die Eingabeparameter sind, wie in Fig. 5 gezeigt wird.

**[0042]** In dem in Fig. 5 gezeigten Ausführungsbeispiel ist eine Rückkopplungsschaltung mit dem Pulsweitenmodulator 501 gekoppelt und weist einen ers-

ten Teilschaltkreis 503, der mit Ausgangsspannung gekoppelt ist, und einen zweiten Teilschaltkreis 504, der mit dem Sekundärstrom  $I_o$  gekoppelt ist, auf.

**[0043]** Die Länge der Totzeit wird mittels eines in einem Speicher 502 gespeicherten Kennfeldes bestimmt. Die Ansteuerungsschaltung 500 weist einen Speicher 502 zur Speicherung des Kennfeldes auf, das die Totzeit  $t_d$  als eine Funktion des Sekundärstroms  $I_o$ , der Ausgangsspannung  $U_o$  und dem Tastgrad  $D$  beschreibt. Die Speicherung des Kennfeldes und die Herleitung der Totzeit  $t_d$  kann mittels einer komplexen programmierbaren logischen Vorrichtung CPLD (Englisch: Complex Programmable Logic Device) bzw. einer programmierbaren logischen Anordnung PLA vorgenommen werden.

**[0044]** Der Pulsweitenmodulator 501 gibt Ansteuerungsimpulse an die Schalterelemente S1, S2, S3, S4 aus gemäß den Werten aus dem Kennfeld.

**[0045]** Obgleich gemäß dem in Fig. 5 gezeigten Ausführungsbeispiel ein Kennfeld verwendet wird, ist die Erfindung jedoch nicht darauf beschränkt. Zusätzlich oder alternativ weist die Ansteuerungseinheit gemäß einem anderen Ausführungsbeispiel der Erfindung eine Berechnungseinheit auf, die dazu eingerichtet ist, einen aktuellen Tastgrad  $D$  aus einem detektierten Verlauf des Sekundärstroms  $I_o$  und der Ausgangsspannung  $U_o$  herzuleiten.

**[0046]** Die Erfindung findet Anwendung beispielsweise in einer Transformator-Verschaltung, wie sie in Fig. 1 gezeigt ist. Jedoch ist die Erfindung nicht auf einen Resonanzwandlerkreis beschränkt, sondern kann auch auf andere Transformatorschaltungen angewandt werden, bei denen die Schalterelemente so angesteuert werden sollen, dass ein Nullspannungsschaltmodus erreicht wird.

**[0047]** Die erfindungsgemäße Ansteuerungsschaltung kann in einem Schaltnetzteil verwendet werden, ist jedoch nicht darauf beschränkt. Gemäß einem Aspekt der Erfindung kann die erfindungsgemäße Ansteuerungsschaltung, insbesondere die in Fig. 5 gezeigte Ansteuerungsschaltung 500, Teil einer allgemeinen Schaltungsanordnung sein, die einen Transformator 101 mit einer Primärwicklung 104 und mindestens einer Sekundärwicklung 105 aufweist, und ferner eine mit der Primärwicklung 104 des Transformators gekoppelte Eingangsschaltstufe 102 aufweist, die dazu eingerichtet ist, durch Wechseln zwischen zwei Schaltzuständen aus einer Eingangsgleichspannung eine Primärwechselspannung des Transformators zu erzeugen. Außerdem hat die Schaltungsanordnung einen mit der Sekundärspule 105 des Transformators 101 gekoppelten Sekundärkreis 103 zum Ansteuern der Eingangsschaltstufe 102.

**[0048]** Zusammenfassend ist die Ansteuerungsschaltung **500** dazu eingerichtet, die Länge der Totzeit  $t_d$  zwischen der Deaktivierung einer der Schaltzustände und der Aktivierung eines anderen der Schaltzustände zu steuern, basierend auf die Größen eines Sekundärstroms  $I_o$  und einer Ausgangsspannung  $U_o$  des Sekundärkreises **103** des Transformators **101**.

**[0049]** Der in [Fig. 1](#) gezeigte Transformator weist zwar eine zweigeteilte Sekundärwicklung **105** auf. Jedoch kann die Erfindung auch auf Transformatorschaltungen mit einer einzelnen Sekundärwicklung angewandt werden, wobei die Gleichrichtung auf eine andere Weise erfolgen kann, beispielsweise mittels eines Brückengleichrichters. Auch ist die Erfindung nicht auf MOSFETs beschränkt sondern kann stattdessen, je nach Anwendung, auch auf andere geeignete Schalterelemente, wie beispielsweise andere Arten von Halbleiterschaltern, oder Leistungsschütze angewandt werden.

**[0050]** Ein Fachmann erkennt, dass die Erfindung anwendungsspezifisch variiert werden kann, ohne dabei den Rahmen der gemäß den unabhängigen Ansprüchen offenbarten Lehre zu verlassen. Dabei können viele Einzelkomponenten oder Schaltkreismodule geändert werden.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- US 2010/0020569 [\[0014\]](#)

**Patentansprüche**

1. Ansteuerungsschaltung (**500**), für eine mit der Primärwicklung (**104**) eines Transformators (**101**) gekoppelte Eingangsschaltstufe (**102**) zum Erzeugen einer Primärwechselfspannung des Transformators (**101**) aus einer Eingangsgleichspannung ( $U_i$ ) durch Wechseln zwischen zwei Schaltzuständen, dazu eingerichtet, die Länge der Totzeit ( $t_d$ ) zwischen der Deaktivierung eines ersten Schaltzustands der Schaltzustände und der Aktivierung eines zweiten Schaltzustands der Schaltzustände zu steuern, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ansteuerung (**500**) ferner dazu eingerichtet ist, das Steuern der Länge der Totzeit ( $t_d$ ) basierend auf einem Sekundärstrom ( $I_o$ ) und einer Ausgangsspannung ( $U_o$ ) des Sekundärkreises (**103**) des Transformators (**101**) durchzuführen.

2. Ansteuerungsschaltung (**500**) nach Anspruch 1, aufweisend: einen Pulsweitenmodulator (**501**) zur Erzeugung von Ansteuerungsimpulsen für mindestens ein Schalterelement (S1, S2, S3, S4) der Eingangsschaltstufe (**102**).

3. Ansteuerungsschaltung (**500**) nach Anspruch 2, aufweisend: eine Rückkopplungsschaltung, die mit dem Pulsweitenmodulator (**501**) gekoppelt ist und einen ersten Teilschaltkreis (**503**), der mit der Ausgangsspannung ( $U_o$ ) des Sekundärkreises (**103**) gekoppelt ist, und einen zweiten Teilschaltkreis (**504**), der mit dem Sekundärstrom ( $I_o$ ) gekoppelt ist, aufweist.

4. Ansteuerungsschaltung (**500**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, aufweisend eine Berechnungseinheit zum Berechnen der Totzeit ( $t_d$ ) unter Einbeziehung eines aktuellen Tastgrads (D) der Eingangsschaltstufe (**102**).

5. Ansteuerungsschaltung (**500**) nach Anspruch 4, wobei die Berechnungseinheit einen Zwischenspeicher für den Tastgrad (D) aufweist und/oder dazu eingerichtet ist, einen aktuellen Tastgrad aus einem von der Ansteuerungseinheit (**500**) detektierten Verlauf des Sekundärstroms ( $I_o$ ) und der Ausgangsspannung ( $U_o$ ) herzuleiten.

6. Ansteuerungsschaltung (**500**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner aufweisend einen Speicher (**502**) für ein Kennfeld, das die Totzeit ( $t_d$ ) als eine Funktion des Sekundärstroms ( $I_o$ ), der Ausgangsspannung ( $U_o$ ), und dem Tastgrad (D) beschreibt.

7. Schaltnetzteil mit der Ansteuerungsschaltung (**500**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Ansteuerungsschaltung (**500**) eine Ansteuerung eines nullspannungsschaltenden Vollbrücken- oder Halbbrückenwandlers der Schaltungsanordnung ist.

8. Verfahren zur Ansteuerung der Schalterelemente (S1, S2, S3, S4) einer mit der Primärwicklung eines Transformators (**101**), insbesondere in einen Schaltnetzteil, gekoppelten Eingangsschaltstufe (**102**), die durch Wechseln zwischen zwei Schaltzuständen eine Primärwechselfspannung des Transformators (**101**) aus einer Eingangsgleichspannung ( $U_i$ ) erzeugt, wobei bei dem Verfahren die Länge der Totzeit ( $t_d$ ) zwischen der Deaktivierung einer der Schaltzustände und der Aktivierung eines anderen der Schaltzustände gesteuert wird, dadurch gekennzeichnet, dass das Steuern der Länge der Totzeit ( $t_d$ ) basierend auf einem Sekundärstrom ( $I_o$ ) und einer Ausgangsspannung ( $U_o$ ) des Sekundärkreises (**103**) des Transformators (**101**) erfolgt.

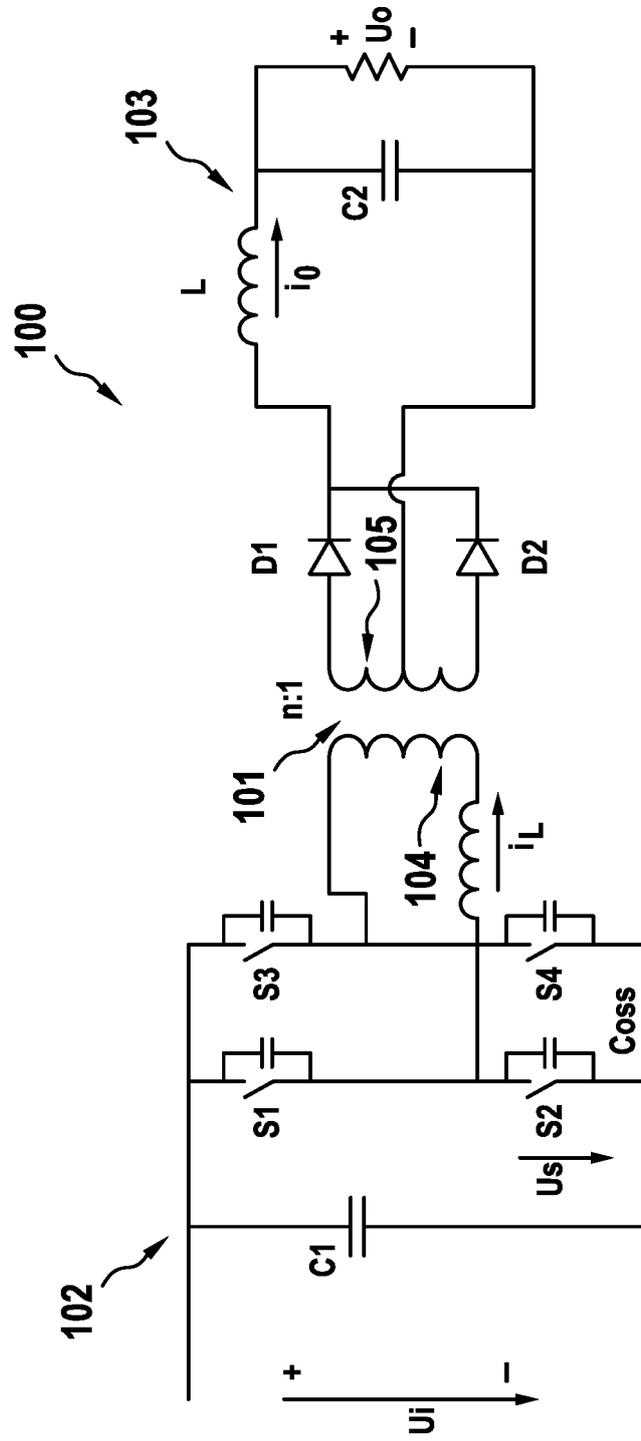
9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei die Totzeit ( $t_d$ ) unter Einbeziehung eines aktuellen Tastgrads (D) der Eingangsschaltstufe (**102**) berechnet wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei die Berechnung mittels eines zwischenspeicherten Wertes für den Tastgrad (D) erfolgt und/oder ein aktueller Tastgrad aus einem detektierten Verlauf des Sekundärstroms ( $I_o$ ) und der Ausgangsspannung ( $U_o$ ) hergeleitet wird.

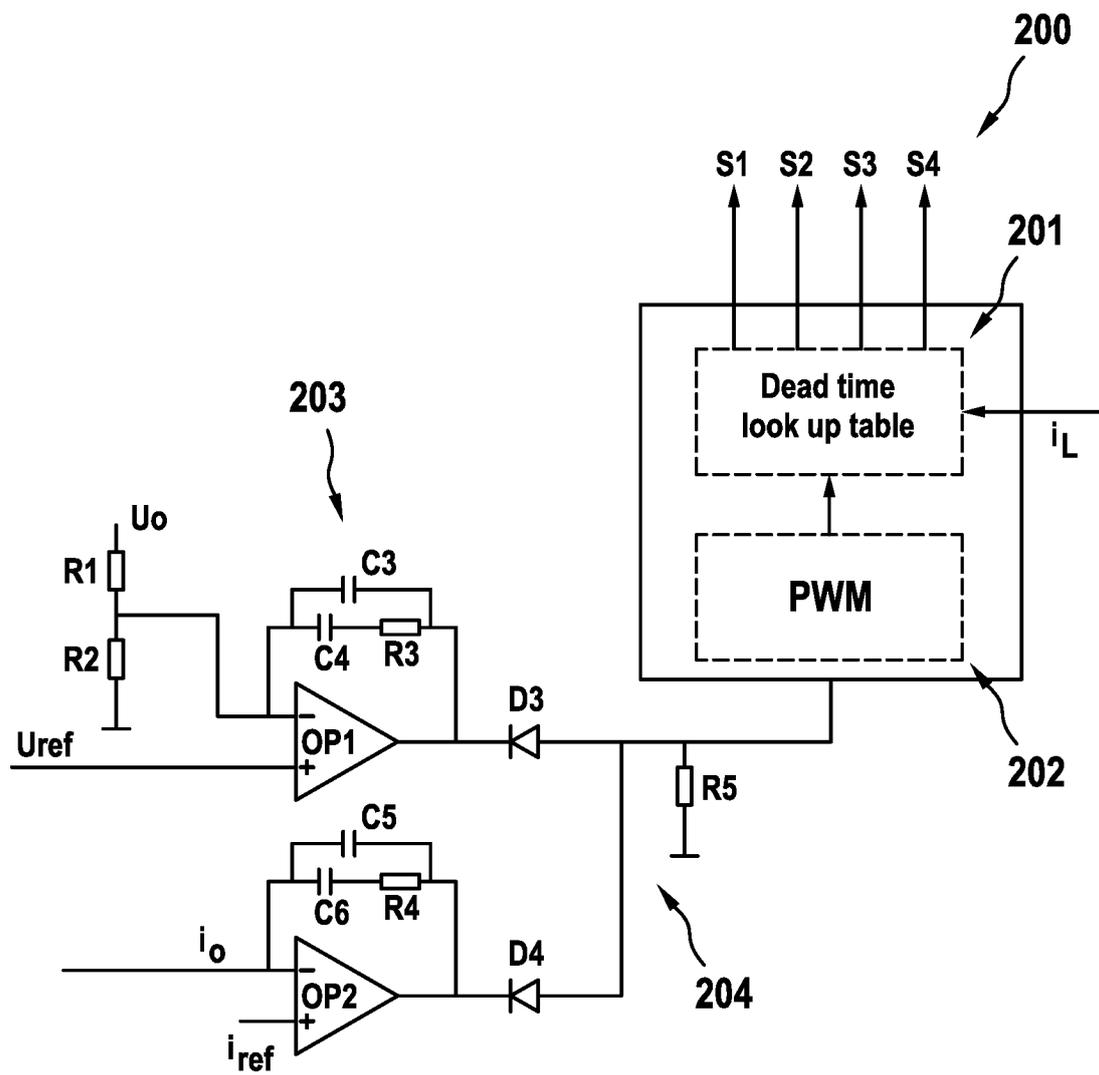
Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

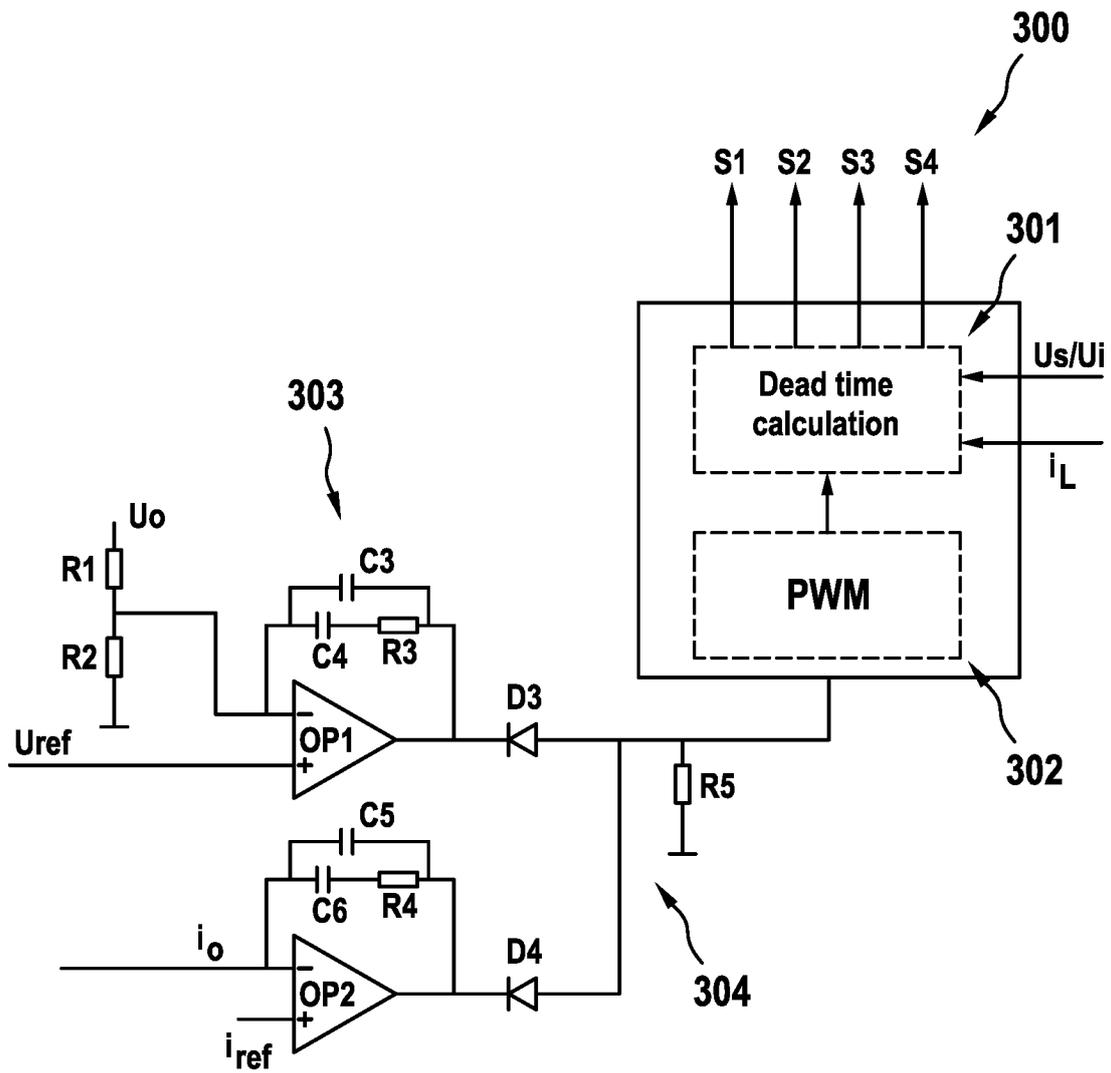
**Fig. 1**  
Stand der Technik



**Fig. 2**  
**Stand der Technik**



**Fig. 3**  
**Stand der Technik**



**Fig. 4**  
**Stand der Technik**

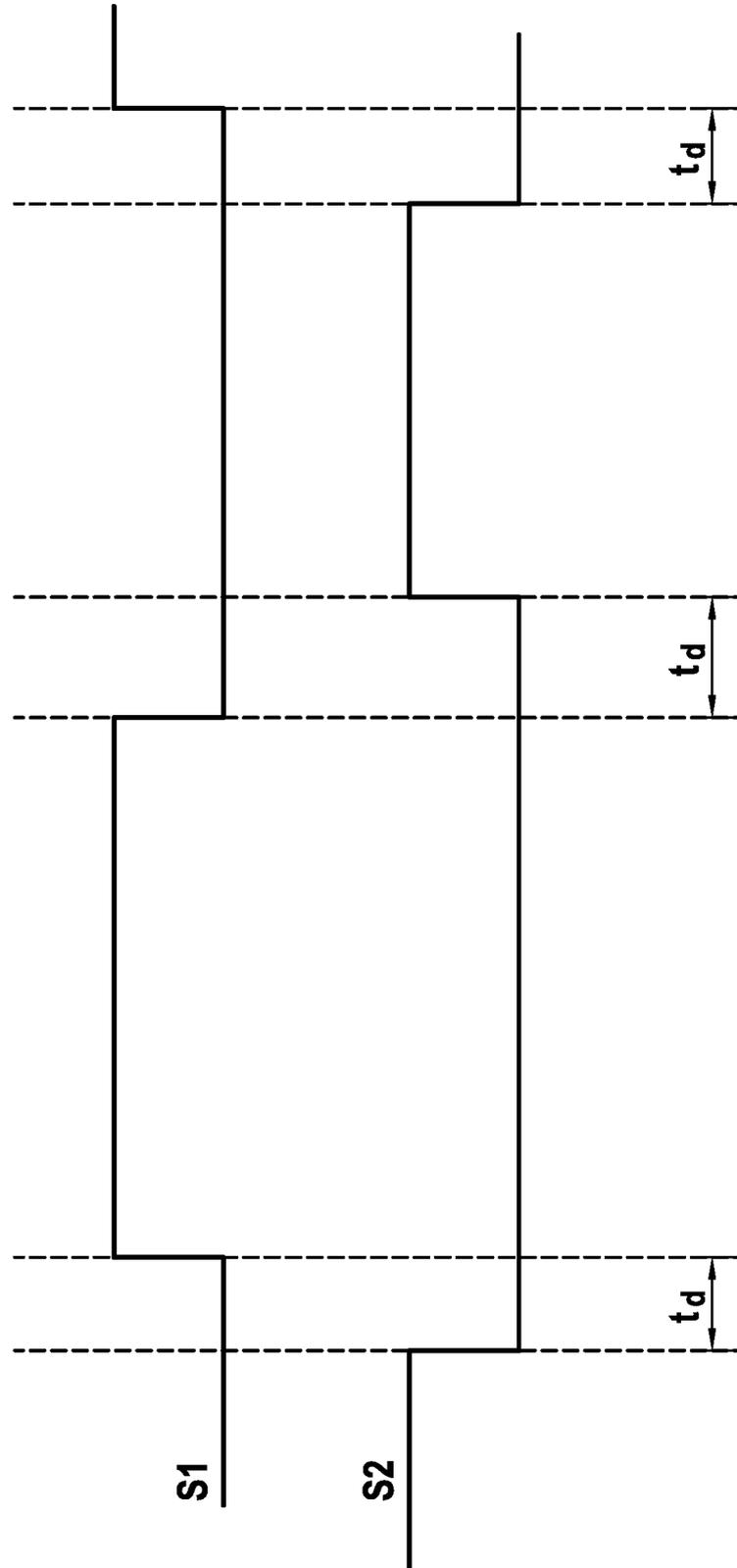


Fig. 5

