



(10) **DE 10 2019 204 280 A1** 2020.10.01

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2019 204 280.5**

(22) Anmeldetag: **27.03.2019**

(43) Offenlegungstag: **01.10.2020**

(51) Int Cl.: **H02M 1/38 (2007.01)**

H02M 7/48 (2007.01)

B60L 50/60 (2019.01)

(71) Anmelder:
**ZF FRIEDRICHSHAFEN AG, 88046
Friedrichshafen, DE**

(72) Erfinder:
Schmid, Andreas, 88239 Wangen, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

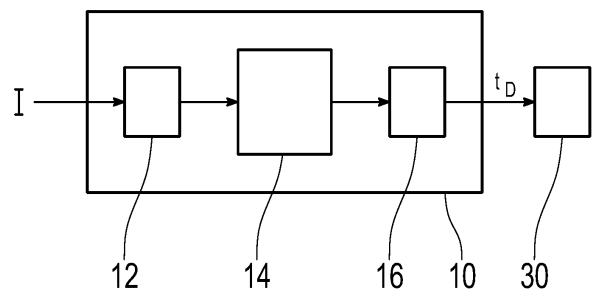
| | | |
|-----------|-------------------------|-----------|
| DE | 10 2015 223 727 | A1 |
| US | 2005 / 0 253 165 | A1 |
| EP | 1 230 734 | B1 |

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Steuergerät zur Bestimmung einer Totzeit für leistungselektronische Schalter**

(57) Zusammenfassung: Steuergerät (10) zur Ansteuerung einer Brückenschaltung (30) eines Fahrzeugleistungsmoduls, umfassend -eine Eingangsschnittstelle (12) zum Erhalten eines Ausgangsstroms der Brückenschaltung (30); eine Auswerteeinheit (14) zum Bestimmen einer adaptiven Totzeit in Abhängigkeit vom erhaltenen Ausgangsstrom, wobei die adaptive Totzeit an eine vorbestimmte Kommutierungszeit der Brückenschaltung (30) gekoppelt und durch einen vorbestimmten Minimalwert begrenzt ist; und eine Signaleinheit (16) zum Erzeugen eines Steuersignals zum Einprägen der adaptiven Totzeit in die Brückenschaltung (30).



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft das Gebiet der halbleiterbasierten Leistungsmodule. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung ein Steuergerät zur Bestimmung einer Totzeit für leistungselektronische Schalter, etwa einen Umrichter für ein Elektro- und/oder Hybridfahrzeug.

TECHNISCHER HINTERGRUND

[0002] Leistungselektronische Schalter bzw. Schaltungen werden heutzutage für eine Vielzahl von Anwendungen eingesetzt. Insbesondere in der fortschreitenden Elektromobilität spielt die Leistungselektronik eine Schlüsselrolle. Mit der zunehmenden Zahl der im Fahrzeug integrierten Funktionen nimmt auch die Anzahl und Komplexität der dort verbauten Leistungselektronik zu.

[0003] Bei vielen leistungselektronischen Schaltungen wie Netzteilen und Umrichtern werden Brückenschaltungen verwendet, die typischerweise aus einem oberen (Highside) Schalter und einem unteren (Lowside-) Schalter besteht. Der Highside-Schalter (HS-Schalter) kann einen Transistor, etwa einen Feldeffekttransistor (FET) umfassen, der eine Last an eine Versorgungsspannung schaltet. Der Lowside-Schalter (LS-Schalter) kann ebenfalls einen Transistor, etwa einen FET, umfassen, der eine Last gegen die Masse (bzw. Erde) schaltet.

[0004] Eine solche Brückenschaltung ist beispielsweise aus EP1230734B1 bekannt.

[0005] Die beiden Schalter sollen im Betrieb invertiert zueinander angesteuert werden. Beim Ein- und Ausschalten kommt es sowohl in einem HS- als auch in einem LS-Schalter zu einer Zeitverzögerung. Diese ist darauf zurückzuführen, dass nach Anlegen einer Gate-Source-Spannung (V_{GS}) die Drain-Source-Spannung (V_{DS}) mit einer Verzögerung auf Letztere reagiert. Jedoch weisen die beiden Schalter unterschiedlich lange Verzögerungszeiten aufgrund der unterschiedlichen Reaktionsgeschwindigkeit der Drain-Source-Spannung auf die Gate-Source-Spannung, sowie unterschiedlich lange Anstiegs- und Abfallzeiten beim Ein- und Ausschalten auf. Die Anstiegs- bzw. Abfallzeiten beziehen sich auf die Zeitdauer, die die Drain-Source-Spannung benötigt, um den Endwert zu erreichen. Dies führt dazu, dass die beiden Schalter unterschiedlich schnell ein- und ausschalten. Folglich können die HS- und LS-Schalter nicht ohne Weiteres invertiert zueinander angesteuert werden. Andernfalls würde es zu einer Überlappungsphase führen, während derer beide Schalter gleichzeitig leitend sind, was wiederum einen hohen Querstrom zur Folge hätte, der von einem der bei-

den Schalter zum anderen Schalter fließt und einem den gesamten Leistungsschalter zerstörenden Kurzschluss gleicht.

[0006] Hinzu kommt, dass bei moderneren Leistungsschaltern, die beispielsweise einen Metal-Oxid-Halbleiter-FET (MOSFET) oder einen Galliumnitrid (GaN)-basierten Hochelektronenmobilitätstransistor (GaN-HEMT) umfassen, die Verzögerungszeit beim Ausschalten üblicherweise wesentlich länger als beim Einschalten ist.

[0007] Es wurden in der Vergangenheit verschiedene Lösungen vorgeschlagen, die das obige Problem zu beheben versuchen. Beispielsweise wird eine sogenannte „Totzeit“ (bzw. Verriegelungszeit) eingeführt, die als jene Zeitspanne definiert ist, in der weder der HS-Schalter noch der LS-Schalter geschlossen ist. Dadurch wird das Kurzschließen der Versorgungsspannung und somit eine Querleitung verhindert.

[0008] Jedoch sind die aus dem Stand der Technik bekannten leistungselektronischen Schaltungen mit einem hohen Leitverlust behaftet. Dieser ist darauf zurückzuführen, dass die Totzeit nicht angemessen, in vielen Fällen zu groß, gewählt ist. Leistungshalbleiter, die eine Rückwärtsleitung ermöglichen, weisen im ausgeschalteten Zustand eine deutlich erhöhte Flussspannung auf. Hierdurch führt eine große Totzeit zu einer Erhöhung der Leitverluste in der Rückwärtsleitung.

[0009] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zu Grunde, die Totzeit bei leistungselektronischen Schaltungen zu optimieren, sodass die Leitverluste in der Rückwärtsleitung reduziert werden.

[0010] Die Aufgabe wird gelöst durch ein Steuergerät, ein Steuerverfahren, ein Optimierungsverfahren, ein Computer-Programm-Produkt, ein computerlesbares Speichermedium sowie ein Datenträgersignal gemäß den unabhängigen Patentansprüchen gelöst.

[0011] Das Fahrzeugleistungsmodul umfasst zumindest einen in Rückwärtsrichtung schaltbare Leistungshalbleiter. In Betracht kommen beispielsweise Halbleiter mit großen Bandlücken (Engl.: Wide Bandgap Semiconductors) wie Galliumnitrid (GaN) oder Siliziumcarbid (SiC). Das Fahrzeugleistungsmodul kann einen oder mehrere Metal-Oxid-Halbleiter-Feldeffekttransistoren (MOSFETs), einen oder mehrere Hochelektronenmobilitätstransistoren (HEMTs) umfassen.

[0012] Die Brückenschaltung kann eine Halbbrücke umfassend einen HS-Schalter und einen LS-Schalter sein. Alternativ kann es bei der Brückenschaltung um eine so genannte Multilevel-Halbbrücke handeln. Die Eingangsschnittstelle kann beispielsweise als Analog-Digital-Wandler oder als Schnittstelle einer Da-

tenleitung (z.B. Serial Peripheral Interface, SPI) ausgebildet sein.

[0013] Der Ausgangsstrom kann von einem Stromwandler, einem Amperemeter oder einer Datenleitung erhalten werden. Die Auswerteeinheit umfasst beispielsweise einen Mikrocontroller oder eine Feldprogrammierbare Gatter-Anordnung (Engl.: FPGA), oder ist Teil des Mikrocontrollers, der den Ausgangsstrom ausliest und in Abhängigkeit hiervon die adaptive Totzeit bestimmt. Hierunter können drei Bestimmungsvarianten verstanden werden: gemäß einer ersten Bestimmungsvariante misst die Auswerteeinheit mittels eines in Letzterer integrierten oder mit Letzterem verbundenen Messmoduls die Kommutierungszeit sowie den Minimalwert der Totzeit der Brückenschaltung. Anschließend verwendet die Auswerteeinheit die Kommutierungszeit und den Minimalwert, um die adaptive Totzeit durch Kombinieren dieser beiden Messgrößen zu bestimmen. In diesem Fall bezieht sich das Wort „vorbestimmt“ im Zusammenhang mit der Kommutierungszeit und dem Minimalwert darauf, dass diese beiden Messgrößen vor deren Kombinieren durch die Auswerteeinheit selbst bestimmt wurden.

[0014] Gemäß einer zweiten Bestimmungsvariante verwendet die Auswerteeinheit eine Kommutierungszeit und einen Minimalwert, wobei diese beiden Messgrößen mittels Charakterisierung der oder einer anderen Brückenschaltung (z.B. an einem Prototyp) erhalten sind. Anschließend verwendet die Auswerteeinheit die Kommutierungszeit und den Minimalwert, um die adaptive Totzeit durch Kombinieren dieser beiden Messgrößen zu bestimmen. In diesem Fall bezieht sich das Wort „vorbestimmt“ im Zusammenhang mit der Kommutierungszeit und dem Minimalwert analog zur ersten Bestimmungsvariante darauf, dass diese beiden Messgrößen vor deren Kombinieren mittels der Charakterisierung (am Prototyp) bestimmt wurden.

[0015] Gemäß einer dritten Bestimmungsvariante verwendet die Auswerteeinheit eine Kommutierungszeit und einen Minimalwert, wobei diese beiden Messgrößen mittels Charakterisierung der oder einer anderen Brückenschaltung (z.B. am Prototyp) gewonnen und kombiniert sind. In diesem Fall bezieht sich das Wort „vorbestimmt“ im Zusammenhang mit der Kommutierungszeit und dem Minimalwert darauf, dass diese beiden Messgrößen vor dem Zeitpunkt bestimmt und kombiniert wurden, zu dem sie der Auswerteeinheit zwecks Bestimmung der adaptiven Totzeit eingespeist werden. Beispielsweise kann das Steuergerät ein Speichermedium zum Speichern der/des vorbestimmten und kombinierten Kommutierungszeit/Minimalwertes der Totzeit in Abhängigkeit vom Ausgangsstrom der charakterisierten Brückenschaltung (Prototyp) aufweisen.

[0016] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist die Kommutierungszeit als eine Zeitdauer definiert, innerhalb derer eine Drain-Source-Spannung (V_{DS}) der Brückenschaltung von einem Anfangswert auf 30%, 25%, 20%, 15%, 10%, 5% oder 0% des Anfangswerts abfällt.

[0017] Basierend auf der adaptiven Totzeit wird ein Steuersignal mittels der Signaleinheit erzeugt, wobei das Steuersignal dazu dient, die adaptive Totzeit der Brückenschaltung einzuprägen. Das Steuersignal kann beispielsweise ein erstes Pulsdauermodulationssignal (z.B. PWM-Signal) für einen oberen Schalter (HS-Schalter) der Brückenschaltung und ein zweites Pulsdauermodulationssignal (z.B. PWM-Signal) für einen unteren Schalter (LS-Schalter) der Brückenschaltung umfassen. Die Signaleinheit kann Teil eines Mikrocontrollers sein.

[0018] Das erfindungsgemäße Steuergerät und Steuerverfahren sind aufgrund der adaptiven Totzeit gegenüber den aus dem Stand der Technik bekannten Lösungen vorteilhaft. Durch die Begrenzung der adaptiven Totzeit auf den vorbestimmten Minimalwert kann die eingangs erwähnte Querleitung vermieden bzw. reduziert werden. Dies verhindert einen Kurzschlussstrom und damit einhergehend eine Zerstörung der Leistungshalbleiter aufgrund deren Überhitzung. Unter einer Begrenzung der Totzeit auf den Minimalwert wird verstanden, dass die Totzeit größer als der Minimalwert oder diesem gleich ist.

[0019] Außerdem wird dadurch, dass die Totzeit an die vorbestimmte Kommutierungszeit gekoppelt ist, das so genannte „Double Switching“ vermieden. Bei Leistungshalbleitern steigen die Kommutierungszeiten mit sinkendem Laststrom stark an, weil der am Stromausgang als Kondensator fungierende Schalter mit einer Ausgangskapazität vergleichsweise langsam umgeladen wird. Wenn die Totzeit kürzer als die Kommutierungszeit ist, ist der Ausgangskondensator des jeweiligen Leistungsschalters zum Zeitpunkt des Einschaltens noch nicht vollständig entladen. Hierbei kommt es zum Double Switching bzw. zu einer hart-schaltenden Transiente, bei der die am Schalter anliegende Spannung und der am Schalter anliegende Strom zeitgleich ungleich Null sind. Dies führt zu zusätzlichen Verlusten, die verhindert werden können, wenn die Totzeit größer als oder gleich der Kommutierungszeit gewählt wird. Unter einer Kopplung der Totzeit an die Kommutierungszeit der Brückenschaltung wird verstanden, dass die Totzeit der Kommutierungszeit gleichgesetzt oder über eine festgelegte rechnerische Beziehung (z.B. mit einer festen Differenz und/oder einem festen Multiplikationsfaktor) mit der Kommutierungszeit in Relation gesetzt wird.

[0020] Ferner wird hierdurch eine gegenüber den aus dem Stand der Technik bekannten Lösungen verbesserte Ansteuerung der Brückenschaltung rea-

lisiert, bei der die Brückenschaltung nicht zwangsläufig im Betrieb auf ihr Schaltverhalten untersucht und beim Auftreten eines Fehlverhaltens (z.B. Leitverlust bzw. Double Switching) korrigiert zu werden braucht. Im Gegensatz hierzu können (z.B. mittels Charakterisierung eines Prototyps) vorbestimmte Kommutierungszeiten und Minimalwerte der Totzeit als bestehende Daten verwendet werden, um die Totzeit, die der Brückenschaltung in Form eines Steuersignals einzuprägen ist, in Abhängigkeit vom Ausgangsstrom zu bestimmen. Dies ermöglicht die einfache Ansteuerung der Brückenschaltung mittels der optimierten, adaptiven Totzeit.

[0021] Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0022] Gemäß einer weiteren Ausführungsform hängt der vorbestimmte Minimalwert von einer Einschaltverzögerungszeit der Brückenschaltung beim Einschalten, einer Einschaltansteuerverzögerungszeit einer Gate-Ansteuerung der Brückenschaltung beim Einschalten, einer Ausschaltverzögerungszeit der Brückenschaltung beim Ausschalten, und/oder einer Ausschaltansteuerverzögerungszeit einer Gate-Ansteuerung der Brückenschaltung beim Ausschalten ab.

[0023] Durch die Begrenzung der Totzeit auf diesen Minimalwert kann die Querleitung wirksam vermieden werden. Insbesondere können zusätzlich zu den Verzögerungszeiten betreffend die Reaktion der Drain-Source-Spannung auf die Gate-Spannung auch Verzögerungszeiten der Gate-Ansteuerung selbst beim Ein- bzw. Ausschalten berücksichtigt werden. Alternativ oder zusätzlich kann der so bestimmte Minimalwert der Totzeit um einen Reservewert erhöht werden, um die Querleitung unter möglichst allen Betriebsbedingungen (z.B. thermische Einflüsse, die das Schaltverhalten der Leistungshalbleiter stark verändern können) zu verhindern.

[0024] Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist die Auswerteeinheit dazu ausgebildet, um die adaptive Totzeit dem Minimalwert für einen ersten Bereich des Ausgangsstroms oberhalb eines vordefinierten Schwellenwerts und/oder der vorbestimmten Kommutierungszeit für einen zweiten Bereich des Ausgangsstroms unterhalb des Schwellenwerts gleichzusetzen.

[0025] Der Schwellenwert kann anhand der vorbestimmten Kommutierungszeit und/oder des vorbestimmten Minimalwertes der Totzeit festgelegt werden. Beispielsweise ist der Schwellenwert der Stromwert im Schnittpunkt zwischen dem Verlauf der Kommutierungszeit in Abhängigkeit vom Ausgangsstrom (Laststrom) der charakterisierten Brückenschaltung (Prototyp) und der Geraden des konstanten Minimal-

wertes der Totzeit in einem Diagramm, in dem die Zeit (Kommutierungszeit bzw. Totzeit) gegen den Laststrom aufgetragen ist. Dies ist bei Leistungshalbleitern, deren Kommutierungszeit mit steigendem Laststrom abfällt, besonders vorteilhaft.

[0026] Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist die Auswerteeinheit dazu ausgebildet, die vorbestimmte Kommutierungszeit und/oder den vorbestimmten Minimalwert aus einer Tabelle oder einem Variablenfeld in Abhängigkeit vom Ausgangsstrom zu selektieren.

[0027] Die Tabelle (etwa eine Look-up-Tabelle) bzw. das Variablenfeld (z.B. ein Array) sind vorzugsweise mittels der oben erwähnten Charakterisierung der Brückenschaltung bzw. des Prototyps gewonnen. In einer ersten Spalte der Tabelle oder des Variablenfelds sind mehrere Werte des Ausgangsstroms der Brückenschaltung hinterlegt. In einer zweiten Spalte der Tabelle oder des Variablenfelds sind Werte der Totzeit hinterlegt, die zu den mehreren Werten des Ausgangsstroms ermittelt und zudem an die vorbestimmte Kommutierungszeit gekoppelt und auf den vorbestimmten Minimalwert begrenzt ist. Somit kann die Auswerteeinheit auf einfache Weise auf mittels einer Prototyp-Charakterisierung im Vorfeld gewonnene Daten der optimierten, adaptiven Totzeit zugreifen, um die Brückenschaltung hierauf basierend anzusteuern.

[0028] Anstatt der Tabelle bzw. des Variablenfelds kann die Auswerteeinheit auf eine Näherungsformel zugreifen, die beispielsweise basierend auf den oben erwähnten, mittels der Prototyp-Charakterisierung im Vorfeld gewonnenen Daten der optimierten, adaptiven Totzeit erhalten ist. Die Näherungsformel beschreibt somit die mathematische Abhängigkeit der durch das Kombinieren der vorbestimmten Kommutierungszeit und des vorbestimmten Minimalwerts erhaltenen adaptiven Totzeit vom Last- bzw. Ausgangsstrom der charakterisierten Brückenschaltung (Prototyp). Dies ermöglicht eine verbesserte Ansteuerung, da die adaptive Totzeit über einen vergleichsweise erweiterten und kontinuierlichen Bereich anstatt lediglich diskreter Werte des Laststroms der Brückenschaltung festlegbar ist.

[0029] Das erfindungsgemäße Computerprogrammprodukt ist ausgeführt, in einen Speicher eines Computers geladen zu werden und umfasst Softwarecodeabschnitte, mit denen die Verfahrensschritte des erfindungsgemäßen Verfahrens ausgeführt werden, wenn das Computerprogrammprodukt auf dem Computer läuft.

[0030] Ein Programm gehört zur Software eines Daten verarbeitenden Systems, zum Beispiel einer Auswerteeinrichtung oder einem Computer. Software ist ein Sammelbegriff für Programme und zugehörigen

Daten. Das Komplement zu Software ist Hardware. Hardware bezeichnet die mechanische und elektronische Ausrichtung eines Daten verarbeitenden Systems. Ein Computer ist eine Auswerteeinrichtung.

[0031] Computerprogrammprodukte umfassen in der Regel eine Folge von Befehlen, durch die die Hardware bei geladenem Programm veranlasst wird, ein bestimmtes Verfahren durchzuführen, das zu einem bestimmten Ergebnis führt. Wenn das betreffende Programm auf einem Computer zum Einsatz kommt, ruft das Computerprogrammprodukt den oben beschriebenen erfinderischen technischen Effekt hervor.

[0032] Das erfindungsgemäße Computerprogrammprodukt ist Plattform unabhängig. Das heißt, es kann auf jeder beliebigen Rechenplattform ausgeführt werden. Bevorzugt wird das Computerprogrammprodukt auf einer erfindungsgemäßen Auswertevorrichtung zum Erfassen des Umfelds des Fahrzeugs ausgeführt.

[0033] Die Softwarecodeabschnitte sind in einer beliebigen Programmiersprache geschrieben, zum Beispiel in Python, Java, JavaScript, C, C++, C#, Matlab, LabView, Objective C. Alternativ oder zusätzlich kann eine Hardware-Beschreibungssprache (z.B. VHDL) verwendet werden.

[0034] Das computerlesbare Speichermedium ist beispielsweise ein elektronisches, magnetisches, optisches oder magneto-optisches Speichermedium.

[0035] Das Datenträgersignal ist ein Signal, welches das Computer-Programm-Produkt von einem Speichermedium, auf dem das Computer-Programm-Produkt gespeichert ist, auf eine andere Entität, beispielsweise ein anderes Speichermedium, einen Server, ein Cloud-System, ein drahtloses Kommunikationssystem der 4G/5G oder eine Daten verarbeitende Einrichtung, überträgt.

[0036] Ausführungsformen werden nun beispielhaft und unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Steuergeräts gemäß einer Ausführungsform;

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Brückenschaltung, die durch das Steuergerät angesteuert wird; und

Fig. 3 eine schematische Darstellung eines Verfahrens zur Optimierung einer Totzeit für die Brückenschaltung

[0037] In den Figuren beziehen sich gleiche Bezugszeichen auf gleiche oder funktionsähnliche Bezugs-teile. In den einzelnen Figuren sind die jeweils relevanten Bezugs-teile gekennzeichnet.

[0038] **Fig. 1** zeigt eine schematische Darstellung eines Steuergeräts **10** gemäß einer Ausführungsform. Das Steuergerät **10** umfasst eine Eingangsschnittstelle **12**, eine Auswerteeinheit **14** und eine Signaleinheit **16**. Über die Eingangsschnittstelle **12** wird ein Ausgangsstrom, der an einem Ausgang einer Brückenschaltung **30**, beispielsweise mittels eines Amperemeters **40** (**Fig. 2**), gemessen ist, erhalten. Die Auswerteeinheit **14** wertet den Ausgangsstrom aus und bestimmt in Abhängigkeit hiervon eine adaptive Totzeit. Dabei verwendet die Auswerteeinheit **14**, wie in **Fig. 2** beispielhaft gezeigt, eine Tabelle 142, in der Daten der adaptiven Totzeit t_D in Abhängigkeit vom Laststrom I hinterlegt sind.

[0039] **Fig. 3** zeigt schematisch das Verfahren zur Ermittlung der adaptiven Totzeit, mittels dessen die Daten der Tabelle 142 gewonnen werden: in einem Schritt **S1** wird die minimale Totzeit (Minimalwert) an einem Brückenschaltungsprototyp gemessen. In einem weiteren Schritt **S2** wird die Kommutierungszeit t_c am gleichen oder einem anderen Brückenschaltungsprototyp in Abhängigkeit vom Laststrom I gemessen. In einem weiteren Schritt werden die Messergebnisse der Schritte **S1** und **S2** kombiniert, um die adaptive Totzeit t_D in Abhängigkeit vom Laststrom I zu erhalten. Die adaptive Totzeit kann, wie in **Fig. 3** beispielhaft gezeigt, zusammen mit den zugehörigen Laststromwerten in einer Tabelle gespeichert sein. Alternativ oder zusätzlich kann basierend auf den Wertepaaren, bei denen jedes Wertepaar zum einen die adaptive Totzeit und zum anderen den zugehörigen Laststrom umfasst, eine Näherungsformel (in **Fig. 3** als Kurve im Diagramm dargestellt) ermittelt werden: $t_D = aI^b$. Hierbei sind a und b Näherungsparameter.

[0040] Die Auswerteeinheit **14** bestimmt anhand der Tabelle 142 die adaptive Totzeit t_D . Basierend auf dieser erzeugt die Signaleinheit **16** ein Steuersignal, welches der Brückenschaltung **30** eingeprägt wird. In **Fig. 2** ist zusätzlich die Ansteuerung der Brückenschaltung **30** mittels des Steuergeräts **10** aus **Fig. 1** schematisch gezeigt. Ein erstes Steuersignal **144** zur Ansteuerung der Gate des HS-Schalters **32** ist schematisch als rechteckiges PWM-Signal gezeigt. Ein zweites Steuersignal **146** zur Ansteuerung der Gate des LS-Schalters **34** ist ebenfalls schematisch als rechteckiges PWM-Signal gezeigt, wobei die von der Auswerteeinheit **14** bestimmte adaptive Totzeit t_D berücksichtigt ist. Wie in **Fig. 2** beispielhaft gezeigt, werden die beiden Ansteuersignale invertiert zueinander erzeugt, wobei es eine Phase für die Dauer der Totzeit gibt, während derer keiner der beiden Schalter angesteuert wird. Im zweiten PWM-Signal für den LS-Schalter **34** ist die Signalfanke zeitlich um t_D gegenüber der Signalfanke im ersten PWM-Signal für den HS-Schalter verschoben. Zugleich ist im ersten PWM-Signal für den HS-Schalter **32** die Signalfanke

ebenfalls um t_D gegenüber der Signalflanke im zweiten PWM-Signal für den LS-Schalter **34** verschoben.

Bezugszeichenliste

| | |
|--------------|-------------------------|
| 10 | Steuergerät |
| 12 | Eingangsschnittstelle |
| 14 | Auswerteeinheit |
| 142 | Tabelle |
| 144 | erstes Steuersignal |
| 146 | zweites Steuersignal |
| 16 | Signaleinheit |
| 30 | Brückenschaltung |
| 32 | Highside-Schalter |
| 34 | Lowside-Schalter |
| 36 | erste Gate-Ansteuerung |
| 38 | zweite Gate-Ansteuerung |
| 40 | Strommeseinrichtung |
| S1-S3 | Verfahrensschritte |

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

- EP 1230734 B1 [0004]

Patentansprüche

1. Steuergerät (10) zur Ansteuerung einer Brückenschaltung (30) eines Fahrzeugleistungsmoduls, umfassend:

- eine Eingangsschnittstelle (12) zum Erhalten eines Ausgangsstroms der Brückenschaltung (30);
- eine Auswerteeinheit (14) zum Bestimmen einer adaptiven Totzeit in Abhängigkeit vom erhaltenen Ausgangsstrom, wobei die adaptive Totzeit an eine vorbestimmte Kommutierungszeit der Brückenschaltung (30) gekoppelt und durch einen vorbestimmten Minimalwert begrenzt ist; und
- eine Signaleinheit (16) zum Erzeugen eines Steuersignals zum Einprägen der adaptiven Totzeit in die Brückenschaltung (30).

2. Steuergerät (10) nach Anspruch 1, wobei die Kommutierungszeit als eine Zeitdauer definiert ist, innerhalb derer eine Drain-Source-Spannung (V_{DS}) der Brückenschaltung (30) von einem Anfangswert auf 30%, 25%, 20%, 15%, 10%, 5% oder 0% des Anfangswerts abfällt.

3. Steuergerät (10) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Eingangsschnittstelle (12) ferner dazu ausgebildet ist, die vorbestimmte Kommutierungszeit und den vorbestimmten Minimalwert zu erhalten.

4. Steuergerät (10) nach Anspruch 3, wobei die Auswerteeinheit (12) dazu ausgebildet ist, um die adaptive Totzeit dem Minimalwert für einen ersten Bereich des Ausgangsstroms oberhalb eines vordefinierten Schwellenwerts und/oder der vorbestimmten Kommutierungszeit für einen zweiten Bereich des Ausgangsstroms unterhalb des Schwellenwerts gleichzusetzen.

5. Steuergerät (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Auswerteeinheit (14) dazu ausgebildet ist, die adaptive Totzeit aus einer Tabelle oder einem Variablenfeld in Abhängigkeit vom Ausgangsstrom zu selektieren.

6. Steuergerät (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Auswerteeinheit (14) dazu ausgebildet ist, die adaptive Totzeit gemäß einer Näherungsformel in Abhängigkeit vom Ausgangsstrom zu selektieren.

7. Steuerverfahren zur Ansteuerung einer Brückenschaltung (30) eines Fahrzeugleistungsmoduls, umfassend:

- Erhalten eines Ausgangsstroms der Brückenschaltung (30);
- Bestimmen einer adaptiven Totzeit in Abhängigkeit vom erhaltenen Ausgangsstrom, wobei die adaptive Totzeit an eine vorbestimmte Kommutierungszeit der Brückenschaltung (30) gekoppelt und durch einen vorbestimmten Minimalwert begrenzt ist; und

- Erzeugen eines Steuersignals zum Einprägen der adaptiven Totzeit in die Brückenschaltung (30).

8. Verfahren zur Ermittlung einer adaptiven Totzeit einer Brückenschaltung (30), umfassend:

- Messen eines Minimalwerts der Totzeit der Brückenschaltung (30);
- Messen einer Kommutierungszeit der Brückenschaltung (30) in Abhängigkeit von einem Ausgangsstrom der Brückenschaltung (30);
- Kombinieren der gemessenen Kommutierungszeit mit dem ermittelten Minimalwert, um eine adaptive Totzeit in Abhängigkeit vom Ausgangsstrom zu erhalten, die an die gemessene Kommutierungszeit gekoppelt und durch den ermittelten Minimalwert begrenzt ist.

9. Computer-Programm-Produkt, umfassend Befehle, die bei der Ausführung des Programms durch einen Computer diesen veranlassen, das Verfahren nach Anspruch 7 oder 8 auszuführen.

10. Computerlesbares Speichermedium, auf dem das Computer-Programm-Produkt nach Anspruch 9 gespeichert ist.

11. Datenträgersignal, das das Computer-Programm-Produkt nach Anspruch 9 überträgt.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

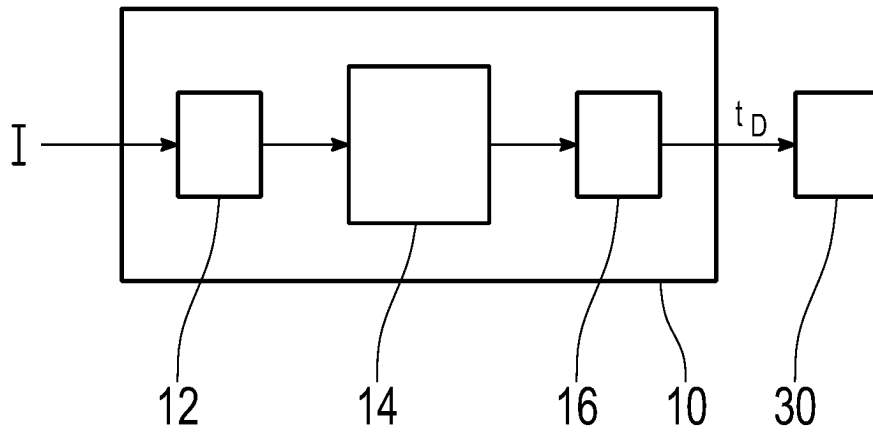


Fig. 1

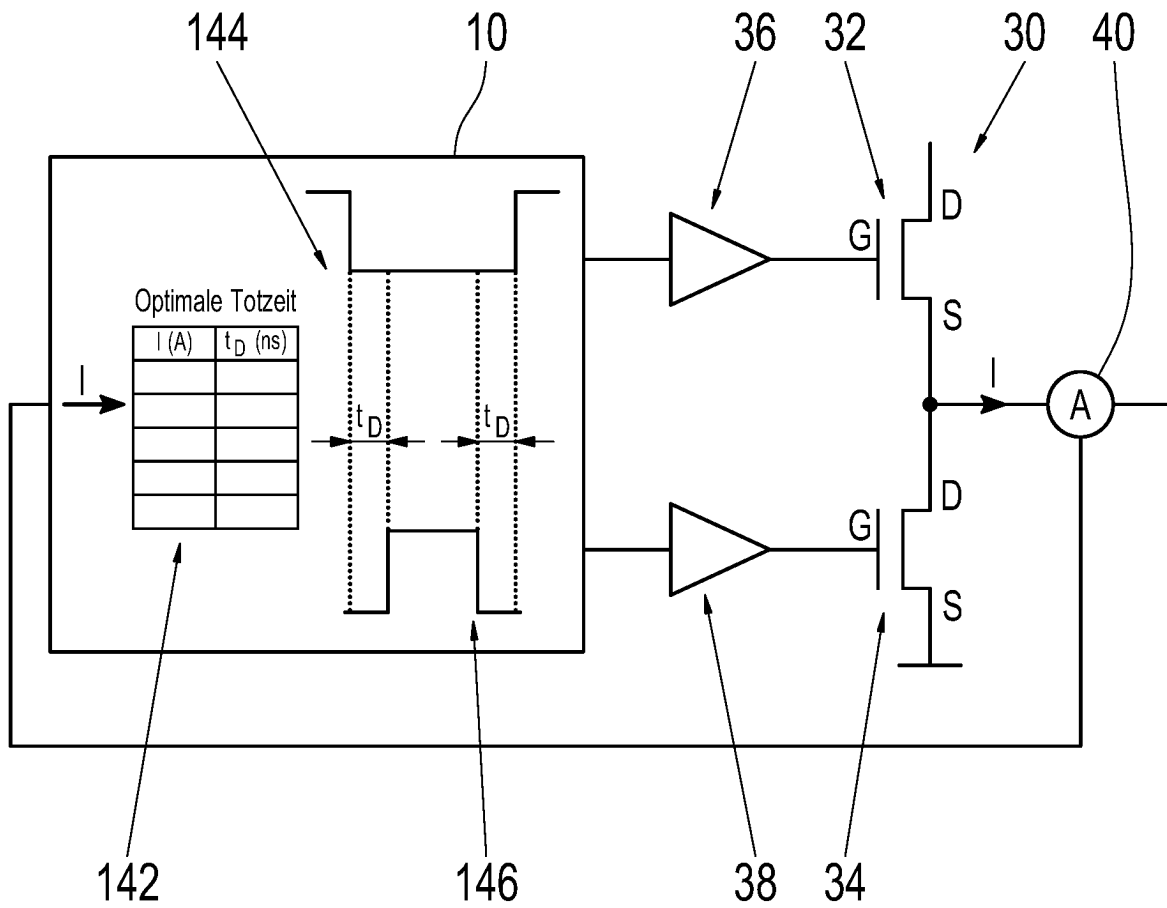


Fig. 2

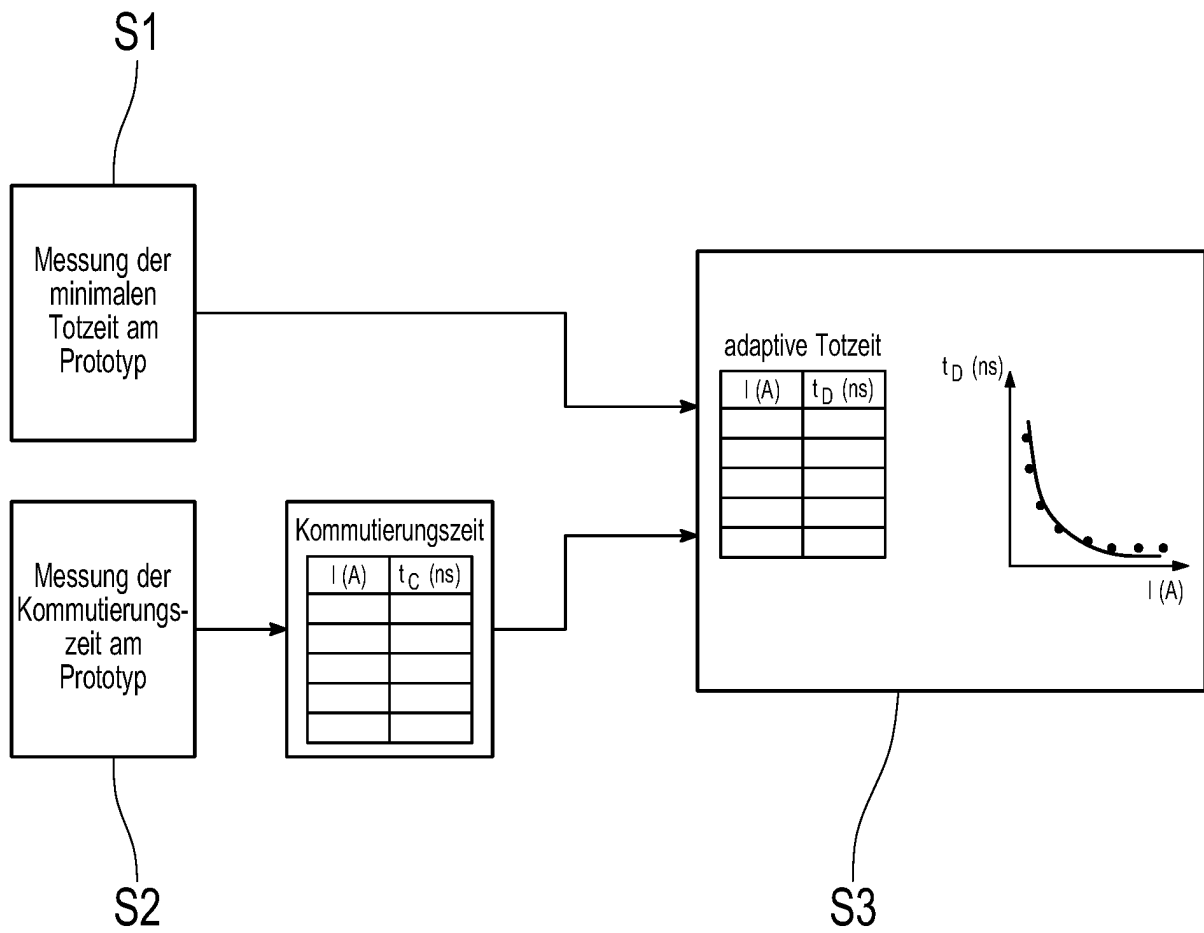


Fig. 3