

(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
19. Januar 2023 (19.01.2023)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2023/285376 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H03K 17/567 (2006.01) H03K 17/12 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2022/069313

(22) Internationales Anmeldedatum:

11. Juli 2022 (11.07.2022)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2021 207 312.3

12. Juli 2021 (12.07.2021) DE

(71) Anmelder: ZF FRIEDRICHSHAFEN AG [DE/DE]; Löß-
wentaler Straße 20, 88046 Friedrichshafen (DE).

(72) Erfinder: MEILER, Michael; Bismarckstraße 28a, 95444
Bayreuth (DE). BERTELSHOFER, Teresa; Friedrichstra-
ße 30, 95444 Bayreuth (DE).

(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, CV, CZ, DJ, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, 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, ST, SV,
SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC,
VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: METHOD FOR THE OPERATING-POINT-DEPENDENT ACTUATION OF A TOPOLOGICAL SEMICONDUCTOR
SWITCH FOR A POWER ELECTRONICS SYSTEM

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR BETRIEBSPUNKTABHÄNGIGEN ANSTEUERUNG EINES TOPOLOGISCHEN
HALBLEITERSCHALTERS FÜR EIN LEISTUNGSELEKTRONIKSYSTEM

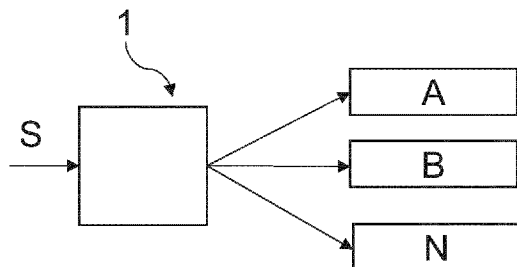


Fig. 1

(57) Abstract: Proposed is a method for the operating-point-dependent actuation of a topological semiconductor switch for a power electronics system, wherein the topological semiconductor is subdivided into at least two groups (A, B, N) of power semiconductor materials that are made of different semiconductor types. Furthermore, a switching threshold is specified from which switching from one of the groups to another group takes place or from which at least one other group is switched on in addition to the active group of the topological semiconductor switch in order to conduct the output power. In addition, data on at least one physical quantity (S) describing the operating state of the system is acquired as input data and is averaged. Said data and the switching threshold are used to determine which of the at least two groups of power semiconductor materials is actuated to conduct the output power.

(57) Zusammenfassung: Vorgeschlagen wird ein Verfahren zur betriebspunktabhängigen Ansteuerung eines topologischen Halbleiterschalters für ein Leistungselektroniksystem, wobei der topologische Halbleiterschalter in mindestens zwei Gruppen (A, B, N) an Leistungshalbleitern unterteilt ist, die aus unterschiedlichen Halbleitermaterialien und/ oder unterschiedlichen Halbleitertypen gebildet sind. Ferner wird eine Umschaltsschwelle vorgegeben, ab der ein Umschalten von einer der Gruppen auf eine andere der Gruppen oder ein Dazuschalten mindestens einer anderen Gruppe zu der aktiven Gruppe des topologischen Halbleiterschalters erfolgt, um die Ausgangsleistung zu führen. Außerdem werden Daten mindestens einer physikalischen Größe (S), welche den Betriebszustand des Systems beschreibt, als Eingangsdaten erfasst und gemittelt. Basierend auf diesen Daten und der Umschaltsschwelle wird bestimmt, welche der mindestens zwei Gruppen an Leistungshalbleitern angesteuert wird, um die Ausgangsleistung zu führen.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, 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)
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

Verfahren zur betriebspunktabhängigen Ansteuerung eines topologischen
Halbleiterschalters für ein Leistungselektroniksystem

Die vorliegende Erfindung betrifft das Gebiet der Elektromobilität, insbesondere ein Verfahren zur betriebspunktabhängigen Ansteuerung eines topologischen Halbleiterschalters für ein Leistungselektroniksystem.

Halbleitertransistoren werden in vielen Bereichen als elektronische Schalter eingesetzt und als Halbleiterschalter bezeichnet. Dies ist möglich, da ein Halbleiterschalter zwischen zwei Zuständen hin und her schalten kann. Ein erster Zustand ist ein eingeschalteter Zustand. In diesem Zustand kann der Halbleiterschalter Strom führen und sich analog wie ein niedriger Widerstand oder eine Diode in Durchlassrichtung verhalten. Der andere Zustand ist der Sperrzustand. In diesem Zustand ist der Halbleiterschalter in der Lage, eine anliegende Spannung z.B. 400V oder 800V aufzunehmen.

Ein Halbleiterschalter zeichnet sich dadurch aus, dass dieser zwischen den beiden genannten Zuständen sehr schnell und effizient hin und her wechseln kann. Dieses hin und her schalten zwischen dem leitenden und dem sperrenden Zustand des Halbleiterschalters ist die Grundlage für viele elektronische Schaltungen wie Netzteile, Wechselrichter, Gleichrichter, Antriebsinverter.

Damit der Halbleiterschalter zwischen diesen beiden Zuständen hin und her wechseln kann, verfügt dieser über einen Ansteueranschluss, den sogenannten Gate-Treiber, über den der Halbleiterschalter angesteuert wird. Bei der Ansteuerung des Halbleiterschalters unterscheidet man allgemein zwei Ansteuertypen. Spannungsgesteuerte Halbleiterschalter und stromgesteuerte Halbleiterschalter. Bei den spannungsgesteuerten Halbleiterschaltern muss die Ansteuerspannung über oder unter einem definierten Pegel, z.B. +5V oder -3V, liegen, damit der Halbleiterschalter seinen Zustand (leitend oder sperrend) wechselt. Bei stromgesteuerten Halbleiterschaltern muss ein definierter Steuerstrom über- oder unterschritten werden, damit der Halbleiterschalter seinen Zustand ändert.

Für beide Varianten wird eine Ansteuerschaltung benötigt, welche die Ansteuerung des Halbleiterschalters realisiert.

Bisher bekannte Ansteuerschaltungen oder Ansteueranordnungen verfügen über eine Eingangsseite und eine Ausgangsseite. Die Eingangsseite verfügt über mindestens eine Signalgröße, welche die Information trägt, ob der Halbleiterschalter eingeschaltet (leitender Zustand) oder ausgeschaltet (sperrender Zustand) werden soll. Des Weiteren kann die Ansteueranordnung eine Potentialtrennung zwischen Eingangs- und Ausgangsseite aufweisen. Die Ausgangsseite weist mindestens ein Ausgangssignal auf, welches durch die Ansteueranordnung so in Bezug auf Spannungspegel, Stromstärke, etc. aufbereitet ist, dass der Halbleiterschalter mit diesem Signal direkt angesteuert werden kann.

Darüber hinaus wurde von der Anmelderin bereits eine Anordnung für einen topologischen Schalter vorgeschlagen, die wenigstens zwei Leistungshalbleiter, insbesondere Leistungstransistoren, aufweist, deren topologischer Halbleiterschalter wenigstens einen ersten Leistungshalbleiter mit einem ersten Halbleitermaterial und wenigstens einen zweiten Leistungshalbleiter mit einem zweiten Halbleitermaterial aufweist.

Allerdings können diese Ansteueranordnungen nur für topologische Halbleiterschalter eingesetzt werden, die aus gleichartigen Halbleiterschaltern bestehen. Im Falle eines topologischen Schalters, der aus einer Parallelschaltung unterschiedlicher Halbleiterschaltermaterialien mit großer Bandlücke wie z.B. SiC, GaN, Si, etc. und oder unterschiedlicher Halbleitertypen wie MOSFET (Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffekttransistor), IGBT (Bipolartransistor mit isolierter Gate-Elektrode bzw. Insulated Gate Bipolar Transistor), JFET (Sperrschicht-Feldeffekttransistor bzw. Junction FET) etc. besteht, ist es nicht möglich, die unterschiedlichen Halbleitertypen mit dieser Anordnung separat anzusteuern, da jeder Halbleitertyp über ein separates Ansteuersignal verfügen muss.

Es ist eine Aufgabe dieser Erfindung, dieses Problem zu überwinden. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Zur Lösung wird ein Verfahren zur betriebspunktabhängigen Ansteuerung eines topologischen Halbleiterschalters für ein Leistungselektroniksystem bereitgestellt, wobei der topologische Halbleiterschalter in mindestens zwei Gruppen an Leistungshalbleitern unterteilt ist, die aus unterschiedlichen Halbleitermaterialien und/oder unterschiedlichen Halbleitertypen gebildet sind. Ferner wird eine Umschaltsschwelle vorgegeben, ab der ein Umschalten von einer der Gruppen auf eine andere der Gruppen oder ein Dazuschalten mindestens einer anderen Gruppe zu der aktiven Gruppe des topologischen Halbleiterschalters erfolgt, um die Ausgangsleistung zu führen. Außerdem werden Daten mindestens einer physikalischen Größe, welche den Betriebszustand des Systems beschreibt, als Eingangsdaten erfasst und gemittelt. Basierend auf diesen Daten und der Umschaltsschwelle wird bestimmt, welche der mindestens zwei Gruppen an Leistungshalbleitern angesteuert wird, um die Ausgangsleistung zu führen.

Durch Verwenden von für das zu betreibende System, also z.B. einen Elektromotor eines Fahrzeugs, betriebsrelevanten physikalischen Größen, einer Mittelung der erfassten Werte und Festlegen einer Umschaltsschwelle kann eine verbesserte Bestimmung erfolgen, welcher Leistungshalbleiter für die angeforderte Leistung angesteuert werden soll und ein entsprechendes Ansteuersignal ausgegeben werden. Somit können unterschiedliche Leistungshalbleiter, die unabhängig voneinander angesteuert werden, und auch aus unterschiedlichen Materialien und/oder Typen bestehen können, einen einzigen topologischen Halbleiterschalter darstellen. Damit wird eine Optimierung der Ansteuerung der verwendeten Leistungshalbleiter zur besseren Ausnutzung deren Eigenschaften erreicht werden.

Somit können die Eigenschaften unterschiedlicher Gruppen an Leistungshalbleitern kombiniert werden, so dass sich die Gruppen gegenseitig unterstützen. Es kann eine höhere Effizienz erreicht werden.

In einer Ausführung wird die Umschaltsschwelle in Abhängigkeit des Betriebspunkts des Systems vorgegeben. In einer alternativen Ausführung wird die Umschaltsschwelle durch Verwenden einer Entscheidungsmatrix vorgegeben. Vorteilhaft

basiert die Entscheidungsmatrix auf einem Motorleistungskennfeld eines Elektromotors eines Fahrzeugs.

In einer Ausführung ist eine Hysterese im Bereich der vorgegebenen Umschaltswelle vorgesehen, um ein Toggeln der Ansteuerung zwischen zwei Gruppen an Leistungshalbleitern zu verhindern.

In einer Ausführung sind die Halbleitermaterialien gewählt aus einem Material, mindestens umfassend eines aus Si, SiC, GaN. In einer Ausführung sind die Halbleitertypen mindestens gewählt aus aktiv schaltbaren Transistoren wie MOSFET, IGBT, JFET.

Ferner wird ein Computerprogramm mit Programmcode zur Durchführung des Verfahrens vorgeschlagen, sowie ein Leistungselektroniksystem mit einem Prozessor, auf dem das Computerprogramm ausführbar ist.

Ferner wird ein Leistungselektroniksystem vorgeschlagen, wobei das Leistungselektroniksystem einen Inverter aufweist. Ferner wird ein Elektroantrieb eines Fahrzeugs mit dem Leistungselektroniksystem sowie ein Fahrzeug mit dem Elektroantrieb vorgeschlagen.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung, anhand der Figuren der Zeichnung, die erfindungsgemäße Einzelheiten zeigt, und aus den Ansprüchen. Die einzelnen Merkmale können je einzeln für sich oder zu mehreren in beliebiger Kombination bei einer Variante der Erfindung verwirklicht sein.

Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung werden nachfolgend anhand der beigefügten Zeichnung näher erläutert.

Figur 1 zeigt eine abstrahierte Darstellung des Verfahrens zur betriebspunktabhängigen Ansteuerung eines topologischen Halbleiterschalters gemäß einer Ausführung der vorliegenden Erfindung.

Figuren 2 und 3 zeigen schematische Darstellungen einer Umsetzung des Verfahrens gemäß einer Ausführung der vorliegenden Erfindung.

In den nachfolgenden Figurenbeschreibungen sind gleiche Elemente bzw. Funktionen mit gleichen Bezugszeichen versehen.

Inverter, auch Stromrichter genannt, benötigen ein Leistungsmodul oder ein Halbleiterpackage, damit der aus einer Batterie stammende Gleichstrom in Wechselstrom umgewandelt wird. Das Leistungsmodul weist topologische Schalter mit Halbleitern als Leistungstransistoren auf, die zum Steuern der Ströme und zur Erzeugung des Wechselstroms verwendet werden. Dabei sind unterschiedliche Ausgestaltungen von Leistungstransistoren bekannt. Unter anderem ist es bekannt, sogenannte MOSFETs (Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffekttransistor) oder IGBTs (Insulated Gate Bipolar Transistor) zu verwenden. Das dabei verwendete Halbleitermaterial kann Silizium (Si), Siliziumcarbid (SiC), Galliumnitrid (GaN) oder jedes andere Halbleitermaterial sein. Bevorzugt sind Materialien mit einer großen Bandlücke (engl: wide bandgap).

Im Bereich der Elektromobilität ist es zur Einhaltung strenger (durch Gesetzgeber vorgegebener) Flotteneffizienzziele nötig, die Effizienz des Inverters durch den Einsatz neuartiger Halbleitertechnologien, wie z.B. SiC MOSFETs, zu erhöhen. Die Halbleiterfläche für einen normalen, d.h. durchschnittlichen, Fahrbetrieb ist überdimensioniert, da der auslegungsrelevante Betriebspunkt nur selten erreicht wird. Problematisch ist, dass die Halbleiterfläche neuerer Technologien (Wide-Bandgap-Halbleiter = WBG), die eine höhere inhärente Effizienz aufweisen (wie z.B. SiC oder GaN), teuer ist im Vergleich zu herkömmlichem Silizium. Bei herkömmlichen Systemen mit Halbleitern, die aus einem kostengünstigeren Material (wie z.B. Silizium) bestehen, kann in Bezug auf den auslegungsrelevanten Betriebspunkt mit Sicherheitsmargen dimensioniert werden, da die Kosten pro Halbleiterfläche gering sind im Vergleich zu WBG-Materialien. Beim Einsatz von WBG Halbleitern in einer herkömmlichen Auslegung wird nicht nur Platz vergeudet, es tritt auch ein preislicher Nachteil

auf. Deshalb ist es nötig, ein Optimum zwischen bestmöglicher Technologie und geringstmöglichen Kosten zu finden.

Hierfür erfolgt die Auslegung der anzusteuernenden Halbleiter, indem die Auswahl des Halbleitertyps und des Halbleitermaterials entsprechend der Anwendung, d.h. der Zielvorgabe, erfolgt. Halbleitertransistoren mit Silizium weisen beispielsweise bei größeren Strömen eine bessere Leitfähigkeit auf, während Halbleitertransistoren mit Siliziumcarbid diese Eigenschaft bei kleineren Strömen aufweisen. Somit kann z.B. die Stromversorgung verbrauchsoptimiert realisiert werden.

Bisher ist es nicht möglich, unterschiedliche, parallel geschaltete Leistungshalbleiter, die aus unterschiedlichen Halbleitermaterialien und/oder unterschiedlichen Halbleitertypen gebildet sind, durch einen einzigen topologischen Halbleiterschalter anzusteuern. Dies würde aber zu einer Optimierung der Verwendung der geschalteten Leistungshalbleiter beitragen. Um dies zu ändern, wird das nachfolgend beschriebene Verfahren vorgeschlagen.

Bereitgestellt wird ein in Figur 1 abstrahiert dargestelltes Verfahren zur betriebspunktabhängigen Ansteuerung eines topologischen Halbleiterschalters für ein Leistungselektroniksystem. Der topologische Halbleiterschalter weist wenigstens zwei parallel geschaltete Leistungshalbleiter, insbesondere Leistungstransistoren, auf. Der topologische Halbleiterschalter wird in mindestens zwei Gruppen A, B, ... N aufgeteilt. Diese Gruppen sind aus unterschiedlichen Halbleitermaterialien und/oder unterschiedlichen Halbleitertypen gebildet. Verwendete Halbleitermaterialien können Si, SiC, GaN etc. sein. Vorteilhaft werden Halbleitermaterialien mit einer großen Bandlücke verwendet. Als Halbleitertypen können aktiv schaltbare Transistoren wie MOSFET, IGBT (mit Freilaufdiode), RC-IGBT, JFET etc. verwendet werden. Auch können Gruppen A, B... N als Kaskoden-Schaltung ausgeführt sein. Beispielsweise kann eine der Gruppen A, B... N als SiC-MOSFET und eine andere der Gruppen A, B... N als Silizium-IGBT mit antiparalleler Freilaufdiode ausgeführt sein.

Ziel ist es, jede der Gruppen A, B, ... N separat ansteuern zu können. Hierfür wird eine Umschaltschwelle 100 vorgegeben, ab der ein Umschalten von einer der

Gruppen A, B....N auf eine andere der Gruppen A, B....N oder ein Dazuschalten mindestens einer anderen Gruppe A, B....N des topologischen Halbleiterschalters erfolgt, um die Ausgangsleistung zu führen.

Die Umschaltsschwelle 100 kann unterschiedlich vorgegeben werden. In einer Ausführung wird sie in Abhängigkeit des Betriebspunkts des Systems vorgegeben.

In einer alternativen Ausführung wird sie durch Verwenden einer Entscheidungsmatrix vorgegeben. Diese Entscheidungsmatrix, welche der Gruppen A, B, ...N angesteuert werden soll, kann auf einem Motorleistungskennfeld eines Elektromotors eines Fahrzeugs basieren. Hier kann z.B. ein Grenzwert bestimmt werden, ab dem eine Gruppe A, B, ...N die Ausgangsleistung stellt, wenn eine geringe Ausgangsleistung nötig ist, und die andere Gruppe A, B, ...N die Ausgangsleistung stellt, wenn eine höhere Ausgangsleistung gefordert wird, also der Grenzwert bzw. die Umschaltsschwelle 100 überschritten wird.

Um zu bestimmen, auf welche der Gruppen A, B, ...N umgeschaltet wird bzw. welche angesteuert wird, werden Daten mindestens einer physikalischen Größe S, welche den Betriebszustand des Systems beschreibt, als Eingangsdaten erfasst. Diese werden gemittelt, d.h. es wird ein Mittelwert der erfassten Eingangsdaten über einen vorgegebenen Zeitraum gebildet (in Figuren 2 und 3 als P_out gekennzeichnet).

Basierend auf diesen Daten und der Umschaltsschwelle 100 wird bestimmt, welche der mindestens zwei Gruppen A, B....N an Leistungshalbleitern angesteuert wird, um die Ausgangsleistung zu führen. Dabei kann lediglich eine der Gruppen A, B....N angesteuert werden. Es können aber auch eine oder mehrere weitere Gruppen A, B....N zusätzlich angesteuert werden, also dazugeschaltet werden, um die ausgewählte Gruppe zu unterstützen.

Die physikalischen Größen S, die zur Ansteuerung der Leistungshalbleiter herangezogen werden, sind vorteilhaft Größen für die Steuerung oder Regelung und/oder die Überwachung des Leistungselektroniksystems.

Eine solche Größe S ist z.B. der Strom I , der effektive Wert des Stroms I oder die Temperatur, wobei die Größen weiter unterteilt werden können. Beispielsweise können Kühlwassereinlauftemperatur oder Kühlwasserauslauftemperatur und/oder Halbleitertemperaturen als Temperatur herangezogen werden. Ferner können Phasenströme oder Batterieströme, der Batterieladzustand, die Spannung im Zwischenkreis, die Gaspedalstellung und damit die aktuelle Leistungsanforderung herangezogen werden.

Die Verarbeitung des bzw. der Eingangssignale S bis hin zur Entscheidung, welche der Gruppen A, B...N angesteuert werden soll, erfolgt softwaregestützt und ist in Figur 1 als Verarbeitungsblock 1 dargestellt.

In Figuren 2 und 3 ist eine Steuerung der Umschaltung anhand eines Beispiels für eine Unterschreitung (Figur 2) und eine Überschreitung (Figur 3) einer vorgegebenen Umschaltschwelle 100 durch das aus dem Eingangssignal S ermittelte und gemittelte Signal P_{out} prinzipiell gezeigt. Gezeigt ist ein Diagramm Strom I über Zeit t . Hier wird der Effektivwert des Stroms I , der zur (geforderten) Ausgangsleistung proportional ist, verwendet, um Umschaltschwelle 100 zu definieren.

Figur 2 zeigt eine Situation, bei der die gemittelte Ausgangsleistung P_{out} , welche dem Effektivwert des Phasenstroms I in etwa entspricht, kleiner ist als die vorgegebene Umschaltschwelle 100, also ein vorgegebener Phasenstrom I . Somit wird die komplette Stromwelle, d.h. die gesamte Ausgangsleistung, von einer bestimmten Gruppe, hier Gruppe A, bereitgestellt.

Figur 3 zeigt eine Situation, bei der die gemittelte Ausgangsleistung P_{out} , welche dem Effektivwert des Phasenstroms I in etwa entspricht, größer ist als die vorgegebene Umschaltschwelle 100, also ein vorgegebener Phasenstrom I . Somit wird die komplette Stromwelle, d.h. die gesamte Ausgangsleistung, von einer bestimmten Gruppe, hier Gruppe B, bereitgestellt.

Anstatt von einer Gruppe A, B... N auf eine andere Gruppe A, B... N umzuschalten, kann auch ein Dazuschalten mindestens einer weiteren Gruppe A, B... N zu der aktiven Gruppe A, B... N erfolgen.

Die Ansteueranordnung kann eine Potentialtrennung zwischen Eingangs- und Ausgangsseite aufweisen (nicht gezeigt). Diese dient z.B. zur galvanischen Trennung eines Hochvoltkreises von einem Niedervoltkreis im Fahrzeug.

Weiterhin kann eine Hysterese im Bereich der vorgegebenen Umschaltsschwelle 100 vorgesehen werden. Durch Verwenden einer Hysterese kann ein ständiges Wechseln (Toggeln) zwischen den Gruppen A, B... N, d.h. ein ständiges An- und Abschalten unterschiedlicher Leistungshalbleiter aufgrund eines kurzzeitigen Über- oder Unterschreitens von Grenzwerten zwischen zwei Ansteuermustern, verhindert werden.

Vorteilhaft ist ein Computerprogramm mit Programmcode zur Durchführung des Verfahrens vorgesehen. Das Leistungselektroniksystem ist vorteilhaft mit einem Prozessor ausgestattet, auf dem das Computerprogramm ausführbar ist. Das Verfahren kann mittels Software realisiert werden, da die Anforderung an die Datenverarbeitungsgeschwindigkeit gering ist, d.h. keine Echtzeiterfassung bzw. lediglich eine sogenannte weiche Echtzeiterfassung erfolgen muss.

Das Verfahren wird also vorteilhaft mittels mindestens einer Recheneinheit wie einer Steuereinheit ausgeführt, die vorteilhaft Teil des Leistungselektroniksystems ist. Diese führt die entsprechenden Rechenoperationen, Vergleiche etc. basierend auf den an sie übermittelten oder von ihr erfassten Eingangssignalen S gemäß des Verfahrens aus.

Durch das vorgeschlagene Verfahren können Gruppen A, B... N unterschiedlicher Leistungshalbleiter mit unterschiedlichen Halbleitermaterialien und/oder unterschiedlichen Halbleitertypen eines topologischen Halbleiterschalters separat angesteuert werden. Somit wird die Effizienz der Steuerung bzw. Regelung der Ausgangsleistung des Leistungselektroniksystems verbessert. Anwendung findet das vorgeschlagene

Verfahren bei Invertern im Bereich der Elektromobilität, also zur Ansteuerung eines Elektroantriebs.

Bezugszeichen

1	Verarbeitungsblock
100	Umschaltswelle
A, B...N	Gruppen an Leistungshalbleitern
S	Eingangssignal
I	Strom
t	Zeit
P_out	gemittelttes Eingangssignal

Patentansprüche

1. Verfahren zur betriebspunktabhängigen Ansteuerung eines topologischen Halbleiterschalters für ein Leistungselektroniksystem, wobei
 - der topologische Halbleiterschalter in mindestens zwei Gruppen (A, B.... N) an Leistungshalbleitern unterteilt ist, die aus unterschiedlichen Halbleitermaterialien und/oder unterschiedlichen Halbleitertypen gebildet sind,
 - eine Umschaltswelle (100) vorgegeben wird, ab der ein Umschalten von einer der Gruppen (A, B.... N) auf eine andere der Gruppen (A, B.... N) oder ein Dazuschalten mindestens einer anderen Gruppe (A, B.... N) zu der aktiven Gruppe (A, B.... N) des topologischen Halbleiterschalters erfolgt, um die Ausgangsleistung zu führen, wobei
 - Daten mindestens einer physikalischen Größe (S), welche den Betriebszustand des Systems beschreibt, als Eingangsdaten erfasst und gemittelt werden und basierend auf diesen Daten und der Umschaltswelle (100) bestimmt wird, welche der mindestens zwei Gruppen (A, B.... N) an Leistungshalbleitern angesteuert wird, um die Ausgangsleistung zu führen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Umschaltswelle (100) in Abhängigkeit des Betriebspunkts des Systems vorgegeben wird.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Umschaltswelle (100) durch Verwenden einer Entscheidungsmatrix vorgegeben wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei die Entscheidungsmatrix auf einem Motorleistungskennfeld eines Elektromotors eines Fahrzeugs basiert.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine Hysterese im Bereich der vorgegebenen Umschaltswelle (100) vorgesehen ist.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Halbleitermaterialien gewählt sind aus einem Material, mindestens umfassend eines aus Si, SiC, GaN.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Halbleitertypen mindestens gewählt sind aus MOSFET, IGBT, JFET.
8. Computerprogramm mit Programmcode zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche.
9. Leistungselektroniksystem mit einem Prozessor, auf dem das Computerprogramm nach Anspruch 8 ausführbar ist.
10. Elektroantrieb für ein Fahrzeug, aufweisend das zur Ansteuerung des Elektroantriebs gebildete Leistungselektroniksystem nach Anspruch 9.
11. Fahrzeug, aufweisend einen Elektroantrieb mit einem Leistungselektroniksystem nach Anspruch 9.

1/1

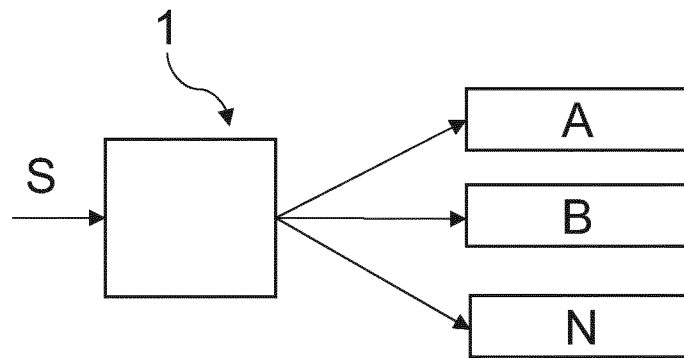


Fig. 1

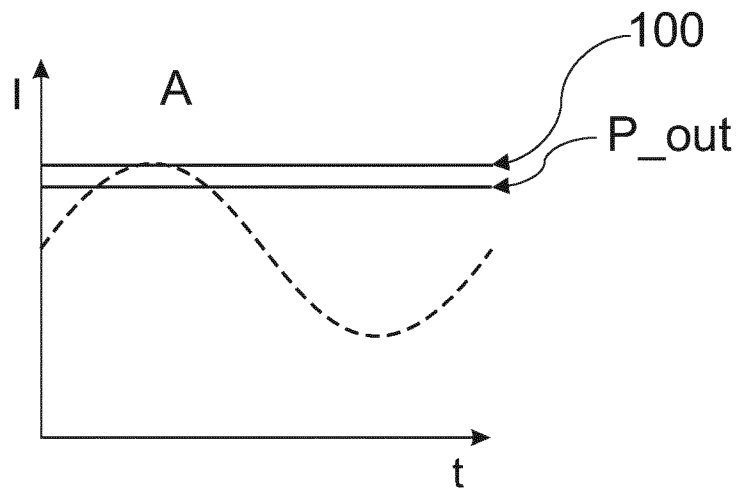


Fig. 2

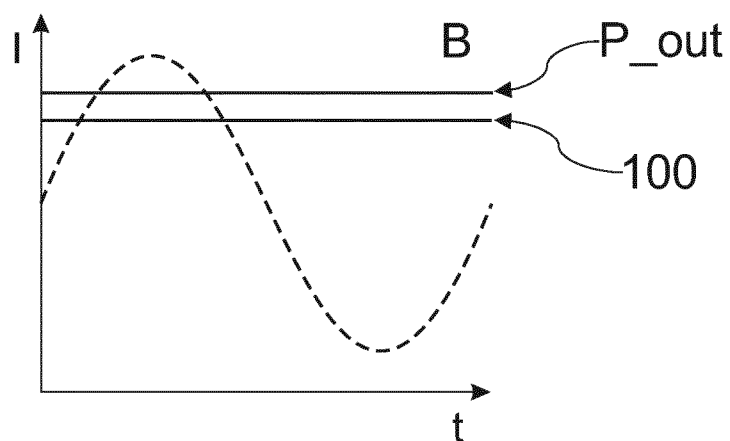


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2022/069313

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H03K 17/567(2006.01)i; H03K 17/12(2006.01)i 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) H03K 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	WO 2016014907 A1 (EATON CORP [US]) 28 January 2016 (2016-01-28) figures 8, 9, 10A, 10B, 11 paragraph [0003] - paragraph [0005] paragraph [0060] - paragraph [0061]	1-11
X	DE 102017105712 A1 (INFINEON TECHNOLOGIES AUSTRIA AG [AT]) 04 October 2018 (2018-10-04) figures 1, 5, 6B paragraph [0040] - paragraph [0045]	1-11
A	PROAKIS J G ED - PROAKIS J G. Digital Communications, PASSAGE, DIGITAL COMMUNICATIONS; [ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING. COMMUNICATIONS AND SIGNAL PROCESSING], MCGRAW HILL, NEW YORK, PAGE(S) 39 - 41, 58, 01 January 1995 (1995-01-01), ISBN: 978-0-07-113814-7. XP002289026 page 58	1-11
☐ 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 04 November 2022		Date of mailing of the international search report 15 November 2022
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Simon, Volker Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2022/069313

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2016014907	A1	28 January 2016	CN	106716832	A	24 May 2017
				EP	3172839	A1	31 May 2017
				US	2016191021	A1	30 June 2016
				US	2017294911	A1	12 October 2017
				WO	2016014907	A1	28 January 2016
DE	102017105712	A1	04 October 2018	CN	108631759	A	09 October 2018
				DE	102017105712	A1	04 October 2018
				US	2018269871	A1	20 September 2018

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. H03K17/567 H03K17/12

ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

H03K

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**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2016/014907 A1 (EATON CORP [US]) 28. Januar 2016 (2016-01-28) Abbildungen 8, 9, 10A, 10B, 11 Absatz [0003] – Absatz [0005] Absatz [0060] – Absatz [0061] -----	1-11
X	DE 10 2017 105712 A1 (INFINEON TECHNOLOGIES AUSTRIA AG [AT]) 4. Oktober 2018 (2018-10-04) Abbildungen 1, 5, 6B Absatz [0040] – Absatz [0045] ----- --/--	1-11



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



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

4. November 2022

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

15/11/2022

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

Simon, Volker

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	PROAKIS J G ED - PROAKIS J G: "Digital Communications, PASSAGE", 1. Januar 1995 (1995-01-01), DIGITAL COMMUNICATIONS; [ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING. COMMUNICATIONS AND SIGNAL PROCESSING], MCGRAW HILL, NEW YORK, PAGE(S) 39 - 41, 58, XP002289026, ISBN: 978-0-07-113814-7 Seite 58 -----	1-11

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2022/069313

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2016014907 A1	28-01-2016	CN 106716832 A	24-05-2017
		EP 3172839 A1	31-05-2017
		US 2016191021 A1	30-06-2016
		US 2017294911 A1	12-10-2017
		WO 2016014907 A1	28-01-2016
DE 102017105712 A1	04-10-2018	CN 108631759 A	09-10-2018
		DE 102017105712 A1	04-10-2018
		US 2018269871 A1	20-09-2018