

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) **CH 701 375 B1**

(51) Int. Cl.: **H02H 1/04 (2006.01)**
H02M 3/07 (2006.01)
H01H 33/00 (2006.01)

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-lichtensteinerischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTSCHRIFT**

(21) Anmeldenummer: 00734/03

(22) Anmeldedatum: 25.04.2003

(24) Patent erteilt: 14.01.2011

(45) Patentschrift veröffentlicht: 14.01.2011

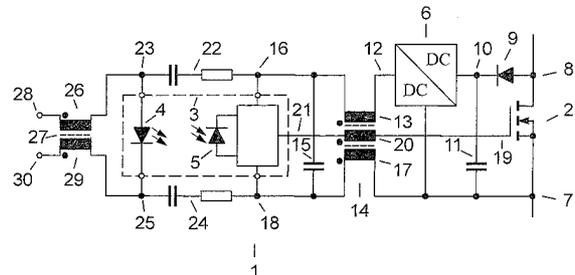
(73) Inhaber:
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich,
Rämistrasse 101
8092 Zürich (CH)

(72) Erfinder:
Johann Miniböck, 3752 Walkenstein (AU)
Johann W. Kolar, 8044 Zürich (CH)

(54) **Vorrichtung erhöhter Gleichtaktstörfestigkeit zur Ansteuerung abschaltbarer Leistungshalbleiter.**

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung (1) mit einer Gleichtaktstörfestigkeit von mehr als 15 kV/µs zur Ansteuerung eines abschaltbaren Leistungshalbleiters (2) bei Einsatz eines integrierten Ansteuerbausteines (3) mit optischer Potentialtrennung der Ansteuerinformation. Erfindungsgemäss werden ausgehend von der positiven Versorgungsspannungsklemme (16) und der negativen Versorgungsspannungsklemme (18) des integrierten Ansteuerbausteines (3) gleiche RC-Serienschaltungen (22) und (24) gegen die Anode (23) und die Kathode (25) der Sendediode (4) des integrierten Ansteuerbausteines (3) gelegt. Weiters wird zwischen den Signaleingängen (28), (30) der Vorrichtung (1) und Sendediode (4) eine Gleichtaktinduktivität (27) eingefügt. Tritt eine steile Änderung des Sourcepotentials des Leistungshalbleiters (2) auf, wird die zwischen Sendediode (4) und Empfangsdiode (5) auftretende Differenzspannung durch die RC-Glieder (22), (24) in ihrer Steilheit begrenzt und somit sichergestellt, dass die Spezifikation des integrierten Ansteuerbausteines (3) hinsichtlich maximal zulässiger Steilheit der Gleichtaktspannung eingehalten wird. Erfindungsgemäss kann die Gleichtaktinduktivität (27) durch eine transistorseitige Gleichtaktinduktivität (14) ergänzt werden, welche zwischen dem DC-DC Konverter (6) und dem Abblockkondensator (15) des integrierten Ansteuerbausteines (3) eingefügt wird und auch die Gateleitung einschliesst. Im Sinne hoher Gleichtaktstörfestigkeit wird erfindungsgemäss weiters die Ansteuerenergie nicht ausgehend von einem sen-

dediodenseitigen Bezugspotential gebildet, sondern direkt aus der über dem Leistungstransistor auftretenden Spannung durch eine Diode (9) und einen Glättungskondensator (11) abgeleitet.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung mit einer Gleichtaktstörfestigkeit von mehr als 15 kV/ μ s zur Ansteuerung abschaltbarer Leistungshalbleiter, wie sie im Oberbegriff des Patentanspruches 1 beschrieben ist.

Stand der Technik

[0002] Gemäss dem Stand der Technik werden bei der potentialfreien Ansteuerung abschaltbarer Leistungshalbleiter bei Forderung nach geringer Schaltverzugszeit bzw. hoher Pulstreue die Ansteuerinformation und die Ansteuerenergie über getrennte Kanäle übertragen. Die Ansteuerenergie wird ausgehend von einem Bezugspotential über hochfrequent getaktete Gleichspannungs-Gleichspannungswandler (DC/DC-Konverter) bereitgestellt, die Informationsübertragung erfolgt magnetisch mittels Pulsübertrager oder optisch mittels Optokoppler. Ein Vorzug der optischen Informationsübertragung ist hierbei die Möglichkeit der Integration mit der eigentlichen Ansteuerstufe in einem integrierten Ansteuerbaustein. Neben hoher Pulstreue ist eine hohe Gleichtaktstörfestigkeit Grundvoraussetzung für die zuverlässige Funktion einer Ansteuer-schaltung und damit des gesamten leistungselektronischen Konverters. Im Schaltaugenblick tritt bei leistungselektronischen Schaltern mit freiem, d.h. nicht mit Bezugspotential verbundenem Source oder Emitter eine steile Änderung des Sourcepotentials auf, die zu relativ hohen Ladeströmen parasitärer Schaltungskapazitäten führt, welche zu einer Störung der Ansteuerenergie- und/oder Ansteuerinformationsübertragung führen können. Weiters kann in leistungselektronischen Schaltungen eine steile Änderung des Sourcepotentials auch bei Umschaltvorgängen anderer Schaltelemente resultieren. Für die Ansteuerschaltung stellten diese Potentialänderungen eine Gleichtaktbeanspruchung dar. Von integrierten Ansteuerbausteinen typisch beherrschte Werte liegen derzeit bei 15 kV/ μ s, moderne abschaltbare Leistungshalbleiter erlauben jedoch, Schaltgeschwindigkeiten von 50–80 kV/ μ s zu erreichen. Hohe Schaltgeschwindigkeit ist dabei gleichzusetzen mit geringen Umschaltverlusten, stellt also aus Sicht der effizienter Energienutzung und einer Minimierung des Kühlaufwandes eine zwingende Voraussetzung dar.

Detaillierte Darstellung der Erfindung

[0003] Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Vorrichtung zu schaffen, welche trotz Schaltgeschwindigkeiten von bis zu 150 kV/ μ s den Einsatz konventioneller Ansteuerelemente erlaubt und eine Störung der Erzeugung der Ansteuerenergie durch steile Gleichtaktspannungen grundsätzlich vermeidet.

[0004] Erfindungsgemäss wird dies durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruches 1 erreicht, weitere vorteilhafte Ausgestaltungen sind den abhängigen Patentansprüchen zu entnehmen.

[0005] Grundidee der Erfindung ist, für den durch einen Optokoppler realisierten Informationskanal eine, durch Schaltzustandsänderungen mit Spannungssteilheiten von bis zu 150 kV/ μ s resultierende Gleichtaktbeanspruchung durch ein Filter auf zulässige Werte zu reduzieren. Hiefür wird die auf Sourcepotential liegende Versorgungsspannung des integrierten Ansteuerbausteines durch einen Abblockkondensator gepuffert und ausgehend von der positiven sourceseitigen Versorgungsspannungsklemme eine RC-Serienschaltung gegen die Anode der Sendediode des Optokopplers und ausgehend von der negativen sourceseitigen Versorgungsspannungsklemme eine gleiche RC-Serienschaltung gegen die Kathode der Sendediode gelegt. Weiters wird zwischen Signaleingang der Ansteuerung und Sendediode eine Gleichtaktinduktivität eingefügt. Tritt nun eine steile Änderung des Sourcepotentials des angesteuerten elektronischen Schalters auf, wird die am Optokoppler, d.h. zwischen Sendediode und Sourcepotential auftretende Differenzspannung durch die RC-Glieder in ihrer Steilheit begrenzt. Der elektronische Schalter kann dabei durch einen einzelnen Leistungstransistor oder auch durch Parallelschaltung mehrerer Transistoren realisiert sein. Im Weiteren wird die Beschreibung im Sinne der Klarheit jedoch auf den Fall eines Bauelementes beschränkt und allgemein von einem abschaltbaren Leistungshalbleiter oder kurz Leistungshalbleiter gesprochen. Für Gleichtaktspannungen bilden die in den Zuleitungen zu Anode und Kathode der Sendediode liegenden Wicklungen der Gleichtaktinduktivität und die Parallelschaltung der RC-Glieder ein Tiefpassfilter zweiter Ordnung. Der Widerstand der RC-Glieder wird dabei so gewählt, dass keine Schwingung der Differenzspannung bei sprungförmiger Anregung durch eine steile Änderung des Sourcepotentials auftritt. Die schaltungstechnische Symmetrie der Anordnung hinsichtlich Gleichtaktsignalen stellt sicher, dass der noch verbleibende Gleichtaktstrom zu gleichen Teilen über die RC-Glieder fliesst, also kein Differenzstrom auftritt, der über die Sendediode fliessend zur Auslösung eines fehlerhaften Schaltvorganges führen würde. Wichtig ist hierbei, dass die Versorgungsspannung des integrierten Ansteuerbausteines niederinduktiv definiert und somit die leistungshalbleiterseitigen Anschlüsse der RC-Glieder als für hohe Frequenzen direkt verbunden angesehen werden können.

[0006] Neben der vorgehend beschriebenen Anordnung der RC-Glieder ist auch eine gekreuzte Anordnung möglich, für welche das von der positiven Versorgungsspannungsklemme des integrierten Ansteuerbausteines abzweigende RC-Glied gegen die Kathode der Sendediode und das von der negativen Versorgungsspannungsklemme abzweigende RC-Glied gegen die Anode der Sendediode geschaltet wird. Wie unmittelbar einsichtig ist diese Anordnung einer nicht gekreuzten Ausführung gleichwertig und soll daher nicht weiter diskutiert werden.

[0007] Erfindungsgemäss kann die sendediodenseitige Gleichtaktinduktivität durch eine leistungshalbleiterseitige Gleichtaktinduktivität erweitert werden, deren erste Wicklung zwischen dem positiven Ausgang des DC-DC Konverters und dem Abblockkondensator des integrierten Ansteuerbausteines eingefügt wird, und deren zweite Wicklung zwischen negativer Klemme des DC-DC Konverters und negativer Versorgungsspannungsklemme des integrierten Ansteuerbausteines ein-

gefügt wird, und deren dritte Wicklung in die Verbindungsleitung zwischen Ausgang des integrierten Ansteuerbausteines und Gate des angesteuerten Leistungshalbleiters liegend angeordnet wird.

[0008] Grundsätzlich wird auch für den Fall, dass eine der beiden Gleichtaktinduktivitäten weggelassen wird, eine wesentliche Reduktion der kapazitiven Ladeströme zufolge Änderung der Gleichtaktspannung erreicht werden bzw. die Steilheit der über dem Optokoppler auftretenden Gleichtaktspannung signifikant reduziert. Diese Ausführungsvariante ist naheliegend und soll daher hier nicht weiter beschrieben werden.

[0009] Im Sinne einer Gleichtaktstörfestigkeit für Schaltgeschwindigkeiten von bis zu $150 \text{ kV}/\mu\text{s}$ wird erfindungsgemäss weiters die Ansteuerenergie nicht ausgehend von einem sendediodenseitigen Bezugspotential gebildet, sondern direkt aus der über dem Leistungshalbleiter anliegenden Sperrspannung abgeleitet. Hierfür wird abzweigend vom Drain des Leistungshalbleiters eine Diode gegen einen Kondensator geschaltet, dessen zweite Klemme mit dem Source des Leistungshalbleiters verbunden ist. Im Sperrzustand wird der Kondensator auf Sperrspannung geladen, die Schaltung dient vorteilhaft gleichzeitig einer Sperrspannungsbegrenzung über dem Leistungshalbleiter. Die so gewonnene Gleichspannung wird nun durch einen an sich bekannten DC-DC-Konverter in die Versorgungsgleichspannung des integrierten Ansteuerbausteines übersetzt, wobei die Steuerschaltung des DC-DC-Konverters ebenfalls auf Source-Potential bezogen arbeitet, d.h. das Bezugspotential des DC/DC-Konverters mit Source des Leistungshalbleiters und damit mit der negativen leistungshalbleiterseitigen Versorgungsspannungsklemme des integrierten Ansteuerbausteines verbunden ist. Der positive Ausgang des DC/DC-Konverters ist an die positive Versorgungsspannungsklemme des integrierten Ansteuerbausteines gelegt. Die Energieversorgung wird somit durch steile Änderungen des Sourcepotentials nicht beeinflusst, womit auch für die Erzeugung der Ansteuerenergie eine Gleichtaktstörfestigkeit für Schaltgeschwindigkeiten von bis zu $150 \text{ kV}/\mu\text{s}$ sichergestellt ist.

[0010] Eine den Patentanspruch 1 ergänzende Ausgestaltung der Erfindung beschreibt der Patentanspruch 2. Hier wird eine Serienschaltung aus zwei Kapazitäten gleichen Kapazitätswertes von der positiven Versorgungsspannungsklemme des integrierten Ansteuerbausteines gegen dessen negative Versorgungsspannungsklemme geschaltet und eine weitere Serienschaltung von zwei Kapazitäten gleicher Kapazität von der Anode der Sendediode gegen deren Kathode gelegt, weiters werden die jeweiligen Mittelpunkte der Serieschaltungen durch einen wieder parasitäre Schwingungen dämpfenden Widerstand verbunden. Durch diese Anordnung ist sichergestellt, dass auch für transistorseitig unsymmetrische Aufteilung des Gleichtaktstromes noch eine relativ hohe Verringerung der Steilheit der über dem Optokoppler auftretenden Gleichtaktspannung gegeben ist.

[0011] Ausführungsvarianten, für welche die Kondensatoren einer oder beider Kondensatorserienschaltungen durch Widerstände ersetzt und anstelle des oben genannten Widerstandes eine Kapazität angeordnet wird, sind grundsätzlich funktionsgleich und naheliegend und sollen daher nicht näher ausgeführt werden.

[0012] Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung beschreibt der Patentanspruch 3. Hierbei wird die Anordnung nach Patentanspruch 1 oder 2 durch eine Verbindungsleitung zwischen Source des Leistungshalbleiters und negativer Versorgungsspannungsklemme des integrierten Ansteuerbausteines eine direkte Verbindung hergestellt, welche die zwischen DC/DC-Konverter und integriertem Ansteuerbaustein liegende Gleichtaktinduktivität umgeht. Verbleibende Gleichtaktströme werden damit über diese Umgehungsleitung geführt und sicher von der Gateleitung ferngehalten, wo ein induktiver Spannungsabfall zufolge eines Gleichtaktstromes zu einer Anhebung oder Absenkung des Gatepotentials gegenüber Source führen und damit eine fehlerhafte Schalthandlung auslösen könnte.

Aufzählung der Zeichnungen

[0013] Die Erfindung wird nachfolgend durch eine Zeichnung näher erläutert. Es zeigt die einzige Figur:

Die an sich bekannte schematisierte Ansteuerung eines Leistungshalbleiters durch einen integrierten Ansteuerbaustein mit optischer Informationsübertragung, welche durch die erfindungsgemässe Vorrichtung im Sinne hoher Gleichtaktstörfestigkeit und Verringerung der Steilheit der über dem Optokoppler des integrierten Ansteuerbausteines auftretenden Gleichtaktspannung erweitert wird.

Ausführung der Erfindung

[0014] In der Figur ist eine Vorrichtung 1 zur potentialfreien Ansteuerung eines abschaltbaren Leistungshalbleiters 2 dargestellt. Hierbei wird ein integrierter Ansteuerbaustein 3 mit optischer Potentialtrennung der Ansteuerinformation, d.h. mit Sendediode 4 und Empfangsdiode 5, eingesetzt, welcher über einen an sich bekannten DC/DC-Konverter 6 bezogen auf das Source 7 des Leistungshalbleiters 2 mit Spannung versorgt wird. Die Eingangsspannung des DC/DC-Konverters 6 wird erfindungsgemäss durch eine vom Drain 8 des Leistungshalbleiters 2 abzweigende Diode 9 gebildet, deren Kathode an die positive Klemme 10 eines Glättungskondensators 11 und an den positiven Eingang des DC/DC-Konverters 6 geführt ist, wobei die negative Klemme des Glättungskondensators 11 mit dem Source 7 des Leistungshalbleiters und mit der negativen Eingangsklemme des DC/DC-Konverters 6 verbunden ist. Der positive Ausgang 12 des DC/DC-Konverters 6 wird über eine erste Wicklung 13 einer Gleichtaktinduktivität 14 mit der positiven Klemme eines Abblockkondensators 15 und mit der positiven Versorgungsspannungsklemme 16 des integrierten Ansteuerbausteines 3 verbunden, weiters wird die negative Ausgangsklemme des DC/DC-Konverters 6 über eine zweite Wicklung 17 der Gleichtaktinduktivität 14 an die negative Klemme des Abblockkondensators 15 und an die negative Versorgungsspannungsklemme 18 des integrierten

Ansteuerbausteines 3 gelegt. Schliesslich wird das Gate 19 des Leistungstransistors 2 über eine dritte Wicklung 20 der Gleichtaktinduktivität 14 mit dem Ausgang 21 des integrierten Ansteuerbausteines 3 verbunden. Die Anfänge der Wicklungen 13, 17 und 20 der Gleichtaktinduktivität 14 sind hierbei bei gleicher Wicklungsrichtung der Wicklungen 13, 17 und 20 sämtlich auf Seite des integrierten Ansteuerbausteines 3 liegend angeordnet. Erfindungsgemäss ist weiters ausgehend von der positiven Versorgungsspannungsklemme 16 des integrierten Ansteuerbausteines 3 eine RC-Serienschaltung 22 gegen die Anode 23 der Sendediode 4 gelegt und ausgehend von der negativen Versorgungsspannungsklemme 18 des integrierten Ansteuerbausteines 3 eine RC-Serienschaltung 24 gegen die Kathode 25 der Sendediode 4 geschaltet, wobei die RC-Serienschaltungen 22 und 24 gleiche Widerstands- und gleiche Kapazitätswerte aufweisen. Schliesslich wird die Anode 23 der Sendediode 4 über eine erste Wicklung 26 einer Gleichtaktinduktivität 27 mit dem positiven Ansteuersignaleingang 28 der Vorrichtung 1, und die Kathode 25 der Sendediode 4 über eine zweite Wicklung 29 der Gleichtaktinduktivität 27 mit dem negativen Ansteuersignaleingang 30 der Vorrichtung 1 verbunden, wobei für gleiche Wicklungsrichtung der Wicklungen 26 und 29 die Wicklungsanfänge auf die Seite der Ansteuersignaleingänge 28 und 30 gelegt werden.

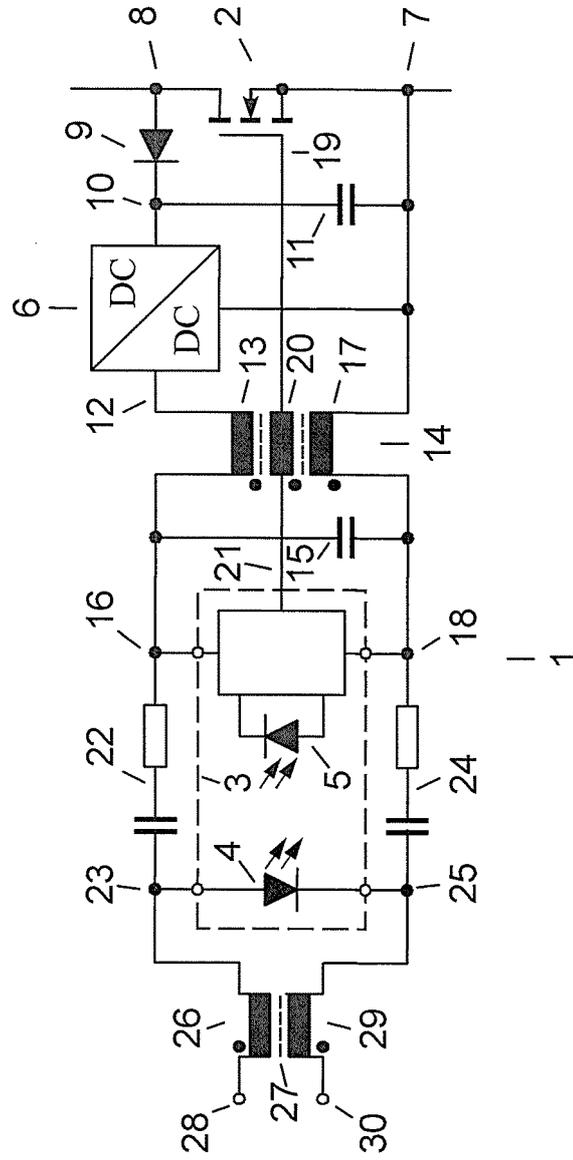
[0015] Die Ansteuerinformation wird über eine übergeordnete Regel- und Signalelektronik gebildet und in digitaler Form zwischen den Ansteuersignaleingängen 28 und 30 angelegt. Ein Befehl zum Durchschalten oder Sperren des Leistungshalbleiters 7 wird von der Sendediode 4 potentialfrei auf die Empfangsdiode 5 übertragen, womit der Ausgang 21 des integrierten Ansteuerbausteines 3 entsprechend aktiviert und der Leistungshalbleiters 2 ein- oder ausgeschaltet wird. Die hierdurch abhängig von der Anordnung des Leistungshalbleiter 2 in einer Konverterschaltung auftretende steile Änderung des Source-Potentials stellt für die Vorrichtung 1 eine Gleichtaktbeanspruchung dar; die Gleichtaktspannung tritt anfangs über den Gleichtaktinduktivitäten 14 und 27 auf, nachfolgend werden die Kapazitäten der RC-Serienschaltungen 22 und 24 entsprechend einer durch die ohmschen Widerstände gedämpften Schwingung geladen, womit eine begrenzte Steilheit der zwischen Sendediode 4 und Empfangsdiode 5 auftretenden Spannung sichergestellt und die Spezifikation des integrierten Ansteuerbausteines 3 hinsichtlich maximal zulässiger Steilheit der Gleichtaktspannung eingehalten wird.

Patentansprüche

1. Vorrichtung (1) mit einer Gleichtaktstörfestigkeit von mehr als $15 \text{ kV}/\mu\text{s}$ zur potentialfreien Ansteuerung einer Zusammenschaltung mehrerer Leistungshalbleiter, welche funktional einem abschaltbaren Leistungshalbleiter entspricht oder eines einzelnen abschaltbaren Leistungshalbleiters, welcher Anschlüsse enthält, die mit einem Gate, einer Source und einem Drain eines Transistors im Wesentlichen funktional äquivalent sind, oder insbesondere eines Leistungstransistors (2), die als Hauptelemente einen integrierten Ansteuerbaustein (3) mit optischer Trennung der Ansteuerinformation über eine Sendediode (4) und eine sourceseitige Empfangsdiode (5), und einen, den integrierten Ansteuerbaustein (3) speisenden DC/DC-Konverter (6) und Gleichtaktinduktivitäten (14, 27) enthält, dadurch gekennzeichnet, dass eine vom Drain (8) des Leistungshalbleiters (2) abzweigende Diode (9) die Eingangsspannung des DC/DC-Konverters (6) bildet, wobei die Kathode der Diode (9) an die positive Klemme (10) eines Glättungskondensators (11) und an den positiven Eingang des DC/DC-Konverters (6) geführt ist, wobei die negative Klemme des Glättungskondensators (11) mit dem Source (7) des Leistungshalbleiters (2) und mit der negativen Eingangsklemme des DC/DC-Konverters (6) verbunden ist und der positive Ausgang (12) des DC/DC-Konverters (6) über eine erste Wicklung (13) einer Gleichtaktinduktivität (14) mit der positiven Klemme eines Abblockkondensators (15) und mit der positiven Versorgungsspannungsklemme (16) des integrierten Ansteuerbausteines (3) verbunden ist und weiters die negative Ausgangsklemme des DC/DC-Konverters (6) über eine zweite Wicklung (17) der Gleichtaktinduktivität (14) an die negative Klemme des Abblockkondensators (15) und an die negative Versorgungsspannungsklemme (18) des integrierten Ansteuerbausteines (3) gelegt ist und schliesslich das Gate (19) des Leistungshalbleiters (2) über eine dritte Wicklung (20) der Gleichtaktinduktivität (14) mit dem Ausgang (21) des integrierten Ansteuerbausteines (3) verbunden ist und die Anfänge der Wicklungen (13, 17, 20) der Gleichtaktinduktivität (14) bei gleicher Wicklungsrichtung der Wicklungen (13, 17, 20) sämtlich auf Seite des integrierten Ansteuerbausteines (3) liegend angeordnet sind und weiters ausgehend von der positiven Versorgungsspannungsklemme (16) des integrierten Ansteuerbausteines (3) eine RC-Serienschaltung (22) gegen die Anode (23) der Sendediode (4) gelegt und ausgehend von der negativen Versorgungsspannungsklemme (18) des integrierten Ansteuerbausteines (3) eine RC-Serienschaltung (24) gegen die Kathode (25) der Sendediode (4) geschaltet ist, wobei die RC-Serienschaltungen (22, 24) gleiche Widerstands- und gleiche Kapazitätswerte aufweisen und die Anode (23) der Sendediode (4) über eine erste Wicklung (26) einer weiteren Gleichtaktinduktivität (27) mit dem positiven Ansteuersignaleingang (28) der Vorrichtung (1), und die Kathode (25) der Sendediode (4) über eine zweite Wicklung (29) der weiteren Gleichtaktinduktivität (27) mit dem negativen Ansteuersignaleingang (30) der Vorrichtung (1) verbunden ist, wobei für gleiche Wicklungsrichtung der Wicklungen (26, 29) die Wicklungsanfänge auf der Seite der Ansteuersignaleingänge (28, 30) liegen.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Serienschaltung aus zwei Kapazitäten gleichen Kapazitätswertes von der positiven Versorgungsspannungsklemme (16) des integrierten Ansteuerbausteines (3) gegen dessen negative Versorgungsspannungsklemme (18) geschaltet und eine weitere Serienschaltung von zwei Kapazitäten gleichen Kapazitätswertes von der Anode (23) der Sendediode (4) gegen deren Kathode (25) gelegt ist und die beiden Mittelpunkte der Serieschaltungen von Kapazitäten durch einen Widerstand verbunden sind.

CH 701 375 B1

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen Source (7) des Leistungshalbleiters (2) und negativer Versorgungsspannungsklemme (18) des integrierten Ansteuerbausteines (3) eine direkte, die Gleichtaktinduktivität (14) umgehende Verbindung besteht.



Figur