

(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
24. Januar 2013 (24.01.2013)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2013/010898 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H03K 17/082 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/063648

(22) Internationales Anmeldedatum:
12. Juli 2012 (12.07.2012)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102011079552.9 21. Juli 2011 (21.07.2011) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
[DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **GEDIGA, Swen**
[DE/DE]; Görlitzerstr. 30, 91315 Höchstadt/Aisch (DE).
HANDT, Karsten [DE/DE]; Brunhildstraße 15, 90559
Burghann (DE). **SOMMER, Rainer** [DE/DE]; Im
Kirschgarten 14 B, 91336 Heroldsbach (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **SIEMENS**
AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80506
München (DE).

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

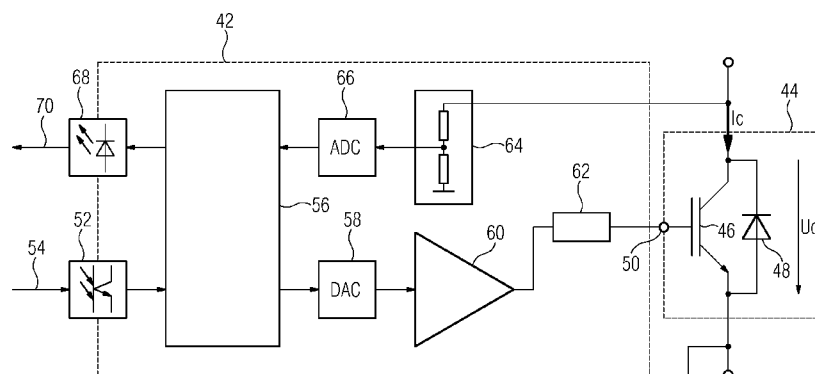
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: CIRCUIT ARRANGEMENT FOR SWITCHING A CURRENT, AND METHOD FOR OPERATING A
SEMICONDUCTOR CIRCUIT BREAKER

(54) Bezeichnung : SCHALTUNGSANORDNUNG ZUM SCHALTEN EINES STROMES UND VERFAHREN ZUM
BETREIBEN EINES HALBLEITER-LEISTUNGSSCHALTERS

FIG 2



(57) Abstract: When switching a current (I_c) by means of a semiconductor circuit breaker (44), provision can be made for a control voltage to be generated at the control input (50) of the semiconductor circuit breaker (44) by an actuation circuit (42) at switching flanks of a switching signal, said control voltage having a profile which is flattened in relation to the profile of the switching signal. One disadvantage of a solution of this kind is that the switching losses in the power semiconductor (44) are very high for the period during which the control voltage is reduced only slowly with a flattened profile. The object of the present invention is to reduce the switching losses in a semiconductor circuit breaker (44). In the case of the circuit arrangement according to the invention, a value can be predefined for a switching parameter of a control device (56) of the actuation circuit (42), it being possible for a switching behaviour of the actuation circuit (42) to be influenced by said switching parameter. In this case, a specific parameter value of the switching parameter can be varied during operation of the actuation circuit (42).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2013/010898 A1



SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Beim Schalten eines Stromes (I_c) mittels eines Halbleiter- Leistungsschalters (44) kann vorgesehen sein, dass durch eine Ansteuerschaltung (42) bei Schaltflanken eines Schaltsignals eine Steuerspannung am Steuereingang (50) des Halbleiter-Leistungsschalters (44) erzeugt wird, die einen im Verhältnis zu dem Verlauf des Schaltsignals abgeflachten Verlauf aufweist. Nachteilig bei einer solchen Lösung ist, dass für die Zeitdauer, während welcher die Steuerspannung nur langsam mit einem abgeflachten Verlauf abgesenkt wird, die Schaltverluste in dem Leistungshalbleiter (44) sehr hoch sind. Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, bei einem Halbleiter-Leistungsschalter (44) die Schaltverluste zu verringern. Bei der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung kann ein Wert für einen Schaltparameter einer Steuereinrichtung (56) der Ansteuerschaltung (42) vorgegeben werden, durch welchen ein Schaltverhalten der Ansteuerschaltung (42) beeinflussbar ist. Ein konkreter Parameterwert des Schaltparameters ist dabei während eines Betriebes der Ansteuerschaltung (42) veränderbar.

Beschreibung

Schaltungsanordnung zum Schalten eines Stromes und Verfahren zum Betreiben eines Halbleiter-Leistungsschalters

5

Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zum Schalten eines Stromes in Abhängigkeit von einem vorgegebenen Schaltsignal. Die Schaltungsanordnung umfasst einen Halbleiter-Leistungsschalter zum Schalten eines Stromes sowie eine Ansteuereinrichtung für den Halbleiter-Leistungsschalter. Die Ansteuereinrichtung ist dazu ausgelegt, das Schaltsignal zu empfangen und in Abhängigkeit von dem empfangenen Schaltsignal an einem Steuereingang des Halbleiter-Leistungsschalters eine Steuerspannung zu erzeugen.

15

Eine Schaltungsanordnung dieser Art ist aus der WO 2008/032113 A1 bekannt. Eine solche Schaltungsanordnung kann z.B. in einem steuerbaren Umrichter bereitgestellt sein, wie er zum Betreiben einer Drehstrommaschine verwendet werden kann.

20

Die Funktionsweise eines steuerbaren Umrichters wird im Folgenden anhand von FIG 1 näher erläutert. Mittels eines Umrichters 10 können mit Hilfe einer Gleichspannung U_{zk} in Phasenleitern 12, 14, 16 Wechselströme I_1 , I_2 , I_3 erzeugt werden, die zusammen einen Drehstrom bilden, mit dem eine elektrische Maschine 18 betrieben werden kann. Die Gleichspannung U_{zk} kann beispielsweise zwischen zwei Stromschienen $ZK+$, $ZK-$ eines Zwischenkreises eines Frequenzumrichters bereitgestellt sein. Zum Erzeugen der Wechselströme I_1 , I_2 , I_3 sind die Phasenleiter 12, 14, 16 jeweils über eine Halbbrücke 20, 22, 24 mit den Stromschienen $ZK+$, $ZK-$ in der in FIG 1 gezeigten Weise verbunden. Wie die Wechselströme I_1 , I_2 , I_3 erzeugt werden, ist im Folgenden im Zusammenhang mit der Halbbrücke 20 erläutert. Entsprechendes gilt auch für die Wechselströme I_2 und I_3 im Verbindung mit den Halbbrücken 22 und 24.

35

Die Halbbrücke 20 weist zwei Halbleiter-Leistungsschalter 26, 28 auf, von denen jeder einen Transistor Tr1 bzw. Tr2 und eine diesem anti-parallel geschaltete Diode V1 bzw. V2 aufweist. Über die Halbleiter-Leistungsschalter 26, 28 ist der Phasenleiter 12 einmal mit der Plus-Stromschiene ZK+ und einmal mit der Minus-Stromschiene ZK- verschaltet. Bei den Transistoren Tr1, Tr2 kann es sich z.B. um IGBT (Insulated gate bipolar transistor) oder um MOSFET (Metal oxide semiconductor field effect transistor) handeln. Die Halbleiter-Leistungsschalter 26, 28 sind jeweils über eine Steuerleitung 30, 32 mit einer Steuereinheit 34 verbunden. Die Steuereinheit 34 erzeugt ein Taktsignal 36, welches über die Steuerleitung 30 zum Halbleiter-Leistungsschalter 26 übertragen wird. Durch das Taktsignal 36 wird der Transistor Tr1 des Halbleiter-Leistungsschalters 26 abwechselnd in einen leitenden und einen sperrenden Zustand geschaltet. Über die andere Steuerleitung 32 überträgt die Steuereinheit 34 ein Gegentaktsignal zum Halbleiter-Leistungsschalter 26, so dass der Transistor Tr2 des Halbleiter-Leistungsschalters 28 im Gegentaktsignal zum Transistor Tr1 geschaltet wird. Das abwechselnde Schalten der Transistoren Tr1 und Tr2 erzeugt in dem Phasenleiter 12 eine Wechselspannung und damit den Wechselstrom I1. Zum Erzeugen des Drehstroms werden durch die Steuereinheit 34 entsprechend phasenversetzte Taktsignale über weitere Steuerleitungen an Leistungsschalter der übrigen Halbbrücken 22 und 24 übertragen. Mittels der Dioden der Halbleiter-Leistungsschalter ist es möglich, eine von der elektrischen Maschine 18 erzeugte Wechselspannung gleichzurichten.

Die von der Steuereinheit 34 erzeugten Taktsignale, wie das Taktsignal 36, sind in der Regel nicht in einer Form vorhanden, um damit einen Halbleiter-Leistungsschalter schalten zu können. Daher ist einem Steuereingang 38 des Halbleiter-Leistungsschalters 26 eine Ansteuerschaltung 40 vorgeschaltet, welche mittels einer (nicht näher dargestellten) Treiberschaltung in Abhängigkeit von dem Taktsignal 36 eine Steuerspannung an dem Steuereingang 38 erzeugt. Der Steuereingang 38 ist im Falle eines Transistors dessen Gate bzw. Basis. In

gleicher Weise ist dem Halbleiter-Leistungsschalter 28 eine entsprechende Ansteuerschaltung und sind auch den Leistungsschaltern der Brücken 22 und 24 entsprechende Ansteuerschaltungen vorgeschaltet.

5

Beim Schalten eines Stromes mittels z.B. des Halbleiter-Leistungsschalters 26 muss beachtet werden, dass in Abhängigkeit davon, wie schnell der Halbleiter-Leistungsschalter 26 beispielsweise von einem leitenden in einen sperrenden Zustand überführt wird, durch (in FIG 1 nicht dargestellte) Induktivitäten des Schaltkreises eine Spannung induziert werden kann. Diese Induktionsspannung überlagert sich dann der Betriebsspannung, so dass sich am Halbleiter-Leistungsschalter 26 ein Wert der über diesem abfallenden Spannung ergeben kann, der über einem höchstens zulässigen Wert liegt. Hierdurch können dann Komponenten des Halbleiter-Leistungsschalters 26 beschädigt werden. Deshalb kann vorgesehen sein, dass durch die Ansteuerschaltung 40 zumindest bei Schaltflanken des Schaltsignals 36, durch die ein Sperren des Halbleiter-Leistungsschalters 26 bewirkt wird, eine Steuerspannung am Steuereingang 38 erzeugt wird, die einen im Verhältnis zu dem Verlauf des Schaltsignals 36 abgeflachten Verlauf aufweist.

Um eine Steuerspannung mit einem abgeflachten Verlauf zu erhalten, lehrt die Druckschrift WO 2008/032113 A1, einen durch den Leistungshalbleiter fließenden Strom zu messen und während eines Schaltvorgangs im zeitlichen Verlauf der Stromstärke eine Extremstelle (ein Maximum oder ein Minimum) zu ermitteln. Bis zum Erreichen der Extremstelle wird eine Steuerspannung am Steuereingang des Leistungshalbleiters nur langsam verändert, so dass sich ein rampenförmiger Verlauf der Steuerspannung ergibt und sich eine Leitfähigkeit des Leistungshalbleiters nur verhältnismäßig langsam ändert. Nach Erreichen der Extremstelle wird die Steuerspannung dann abrupt auf ihren Endwert geschaltet.

Nachteilig bei einer solchen Lösung ist, dass für die Zeitdauer, während welcher die Steuerspannung nur langsam mit einem rampenförmigen Verlauf abgesenkt wird, die Schaltverluste in dem Leistungshalbleiter sehr hoch sind.

5

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, bei einem Halbleiter-Leistungsschalter die Schaltverluste zu verringern.

Die Aufgabe wird durch eine Schaltungsanordnung gemäß Patentanspruch 1 und durch ein Verfahren gemäß Patentanspruch 8 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung und des erfindungsgemäßen Verfahrens sind durch die Unteransprüche gegeben.

15 Mit der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung kann ein Strom in Abhängigkeit von einem vorgebbaren Schaltsignal geschaltet werden. Die Schaltungsanordnung weist dazu eine Ansteuereinrichtung auf, die dazu ausgelegt ist, das Schaltsignal zu empfangen und in Abhängigkeit von dem empfangenen Schaltsig-
20 nal einen Halbleiter-Leistungsschalter anzusteuern. Im Zusammenhang mit dem oben beschriebenen Umrichter könnte die Ansteuereinrichtung z.B. eine Ansteuerschaltung für den Halbleiter-Leistungsschalter bilden, die das Schaltsignal von dem Mikrocontroller empfängt.

25

Mit dem Halbleiter-Leistungsschalter kann ein Strom kontrolliert geschaltet werden. Um die Stromstärke des Stromes gemäß dem Schaltsignal zu verändern, erzeugt die Ansteuereinrichtung in Abhängigkeit von dem empfangenen Schaltsignal eine
30 Steuerspannung an einem Steuereingang des Halbleiter-Leistungsschalters. Ein zeitlicher Verlauf der Steuerspannung wird dabei derart vorgegeben, dass während eines Schaltvorgangs wenigstens eine vorbestimmte Betriebsgröße des Halbleiter-Leistungsschalters, also z.B. eine Kollektor-Emitter-
35 Spannung eines IGBT, ein vorbestimmtes Kriterium erfüllt. Es wird also nicht einfach abrupt und dauerhaft zwischen einem leitenden und einem sperrenden Zustand des Halbleiter-Leistungsschalters umgeschaltet. Stattdessen wird ein zeitlicher

Verlauf der Betriebsgröße beim Übergang zwischen den beiden Schaltzuständen (leitend und sperrend) berücksichtigt und ein Schaltvorgang durch einen entsprechenden Verlauf der Steuerungsspannung z.B. verlängert, um eine Induktionsspannung gering zu halten.

Eine Betriebsgröße kann z. B. eine über einem Transistor und/oder einer Diode des Halbleiter-Leistungsschalters abfallende Spannung oder eine Steigung eines zeitlichen Verlaufs dieser Spannung sein. Genauso kann eine Steigung eines zeitlichen Verlaufs des zu schaltenden Stromes als Betriebsgröße beim Schalten berücksichtigt werden.

Als Kriterium für die Betriebsgröße kann z.B. vorgegeben sein, dass die Betriebsgröße während des Schaltens einen bestimmten Sollwert annehmen soll. Genauso kann vorgegeben sein, dass die Betriebsgröße einen bestimmten Grenzwert nicht über- bzw. unterschreiten soll.

Bei der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung ist das Kriterium, also z.B. ein bestimmter Sollwert oder ein bestimmter Grenzwert, durch einen Schaltparameter der Ansteuereinrichtung festgelegt. Ein konkreter Parameterwert des Schaltparameters ist dabei während eines Betriebes der Schaltungsanordnung veränderbar. Bezogen auf die Beispiele können also der Sollwert bzw. der Grenzwert im Betrieb verändert werden. Das Schaltverhalten der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung lässt sich somit durch Verändern eines bestimmten Parameterwertes während des Betriebes gezielt ändern und an einen aktuellen Betriebszustand des Halbleiter-Leistungsschalters anpassen. Das Schaltverhalten muss also nicht mehr durchgehend derart angepasst sein, dass eine Induktion einer unzulässig hohen Spannung durch Induktivitäten stets für eine Worst-Case-Bedingung verhindert wird. Dahinter steht die Erkenntnis, dass die Schaltdauer nur dann verlängert werden muss, wenn auch tatsächlich eine hohe Induktionsspannung zu erwarten ist. In allen übrigen Fällen kann der zu schaltende Strom schnell unterbrochen werden. Dies vermeidet die Schaltverluste.

te, wie sie bei einem verzögerten Übergang beispielsweise mit einem rampenförmigen Verlauf der Steuerspannung entstehen.

5 Eine weitere Erkenntnis ist, dass die maximal zulässige Spannung über dem Halbleiter-Leistungsschalter von dessen Temperatur abhängt. Ein bestimmter Typ eines Halbleiter-Leistungsschalters kann z.B. besonders spannungsresistent sein, wenn er verhältnismäßig warm ist. In diesem Fall ist dann eine kürzere Schaltdauer durch Vorgabe entsprechender Parameterwerte möglich.

Natürlich gilt das für das Unterbrechen des Stromes Gesagte auch für ein Anschalten desselben.

15 Das erfindungsgemäße Verfahren sieht vor, einen Halbleiter-Leistungsschalter mittels einer Signalgebereinrichtung, mit der sich ein Schaltsignal erzeugen lässt, sowie mittels einer Ansteuereinrichtung zu steuern, wobei letztere eine Steuerspannung für den Halbleiter-Leistungsschalter in Abhängigkeit von dem Schaltsignal erzeugt. Zum Schalten des Halbleiter-Leistungsschalters wird das Schaltsignal mittels der Signalgebereinrichtung erzeugt und an die Ansteuereinrichtung übertragen. Diese empfängt das Schaltsignal und erzeugt eine Steuerspannung an einem Steuereingang des Halbleiter-Leistungsschalters in Abhängigkeit von dem Schaltsignal. Zunächst wird aber ein Betriebszustand des Halbleiter-Leistungsschalters ermittelt und in Abhängigkeit von dem ermittelten Betriebszustand wenigstens ein Parameterwert eines Schaltparameters der Ansteuereinrichtung festgelegt. Durch den Parameterwert des Schaltparameters ist dann während eines Schaltvorganges des Halbleiter-Leistungsschalters ein Kriterium für eine Betriebsgröße des Halbleiter-Leistungsschalters festgelegt. Während des Schaltvorganges wird dann eine Steuerspannung mit einem zeitlichen Verlauf des Spannungswerts in der Weise erzeugt, dass die Betriebsgröße das durch den Parameterwert vorgegebene Kriterium erfüllt.

Die erfindungsgemäße Schaltungseinrichtung weist in einer vorteilhaften Ausführungsform eine Messeinrichtung zum Erfassen wenigstens einer Betriebsgröße auf. Diese gemessene Betriebsgröße muss nicht zwingend dieselbe sein, die nachher
5 beim Schalten berücksichtigt wird. So kann etwa eine Temperatur eines Transistors des Halbleiter-Leistungsschalters oder eine Temperatur einer zu dem Transistor anti-parallel geschalteten Diode des Halbleiter-Leistungsschalters gemessen werden. Bei Halbleiter-Bauelementen sind die Sperrfähigkeit
10 und das Schaltverhalten oftmals von der Temperatur abhängig. Mit bekannter Temperatur kann somit ein Grenzwert für die über dem Halbleiter-Leistungsschalter abfallende Spannung vorgegeben werden. Durch Messen der Betriebsgröße ist der aktuelle Betriebszustand des Halbleiter-Leistungsschalters dann
15 bekannt, und es kann ein passender Wert für den Schaltparameter festgelegt werden.

Bei einer anderen Weiterbildung der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung wird eine Stromstärke eines durch den Halbleiter-Leistungsschalter fließenden Stromes gemessen. Hier ergibt sich der Vorteil, dass aus dem Messwert ermittelt werden kann, ob überhaupt das Risiko besteht, dass bei einem schnellen Sperren (oder Öffnen) des Halbleiter-Leistungsschalters eine unzulässig hohe Spannung entsteht.

25 Es kann auch vorgesehen sein, dass eine über dem Halbleiter-Leistungsschalter abfallende Spannung, also z.B. eine Kollektor-Emitter-Spannung eines Transistors, mittels der Messeinrichtung gemessen wird. Anhand dieser Betriebsgröße lässt
30 sich dann z. B. feststellen, wie nahe sich der Halbleiter-Leistungsschalter bereits an einem höchstens zulässigen Sperrspannungswert befindet und wie groß infolgedessen eine induzierte Spannung höchstens sein darf. Entsprechend schnell (oder langsam) kann dann der Halbleiter-Leistungsschalter ge-
35 schaltet werden.

Es kann auch vorgesehen sein, dass durch die Messeinrichtung ein zeitlicher Mittelwert zu einer der vorhergehenden Größen

ermittelt wird. Hierdurch lässt sich ein störender Einfluss von kurzzeitigen Lastspitzen auf die Messung verringern.

5 Anstelle einer Messung kann auch vorgesehen sein, eine Betriebsgröße des Halbleiter-Leistungsschalters, insbesondere eine Temperatur desselben, auf der Grundlage eines numerischen Modells in Abhängigkeit von wenigstens einer anderen Betriebsgröße zu ermitteln. Dann muss kein zusätzlicher Sensor zum Messen der erstgenannten Betriebsgröße bereitgestellt
10 sein.

In einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung ist die Ansteuereinrichtung dazu ausgelegt, in Abhängigkeit von einem Betriebszustand des Halbleiter-Leistungsschalters den Parameterwert selbständig festzulegen, insbesondere auf der Grundlage einer Kennlinie. Dadurch ergibt
15 sich der Vorteil, dass ein Gerät, in welchem die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung verwendet werden soll, nicht dahingehend angepasst werden muss, dass es einen Parameterwert für die Ansteuereinrichtung ermitteln kann. Die Ansteuereinrichtung ist dann selbst dazu in der Lage. Die Verwendung einer Kennlinie (oder mehrerer davon) hat dabei den Vorteil, dass bei der Schaltungsanordnung der Typ des Halbleiter-Leistungsschalters beim Ermitteln des Parameterwerts einfach
20 dadurch berücksichtigt werden kann, dass eine passende Kennlinie in der Ansteuereinrichtung gespeichert wird.

In einer anderen Weiterbildung ist die Ansteuereinrichtung dazu ausgelegt, den Parameterwert für einen vorbestimmten
30 Schaltparameter zusammen mit dem Schaltsignal über eine Steuerleitung zu empfangen. Dadurch ergibt sich der Vorteil, dass das Schaltverhalten im Voraus an eine zukünftige Folge von Schaltbefehlen angepasst werden kann.

35 Die beiden vorangehend beschriebenen Möglichkeiten der Ermittlung eines Parameterwerts können auch kombiniert werden. So kann für einen der Schaltparameter ein Parameterwert durch die Ansteuereinrichtung bestimmt und einer für einen anderen

der Schaltparameter zusammen mit dem Schaltsignal von außerhalb durch die Ansteuereinrichtung empfangen werden.

In einer anderen vorteilhaften Weiterbildung der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung ist die Ansteuereinrichtung dazu ausgelegt, über einen Schalteingang ein digitales Signal auf der Grundlage eines fehlertoleranten Übertragungsprotokolls zu empfangen und/oder über einen Messausgang ein digitales Signal auf der Grundlage eines fehlertoleranten Übertragungsprotokolls auszusenden. Hierdurch kann verhindert werden, dass eine Störstrahlung dazu führt, dass das Schaltverhalten der Schaltungsanordnung in unerwünschter Weise beeinflusst wird.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Dazu zeigt:

- | | |
|-------|--|
| FIG 1 | eine schematische Darstellung eines prinzipiellen Aufbaus eines Umrichters; |
| FIG 2 | eine schematische Darstellung einer Ansteuerschaltung und eines Halbleiter-Leistungsschalters, die zusammen eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung bilden; |
| FIG 3 | ein Diagramm, in welchem veranschaulicht ist, welchen Einfluss auf einen Abschaltvorgang Schaltparameter haben, die bei der Ansteuerschaltung von FIG 2 einstellbar sein können; |
| FIG 4 | ein Diagramm, in welchem veranschaulicht ist, welchen Einfluss auf einen Einschaltvorgang Schaltparameter haben, die bei der Ansteuerschaltung von FIG 2 einstellbar sein können; |
| FIG 5 | ein Diagramm, in welchem ein Zusammenhang zwischen einer Temperatur des Halbleiter-Leistungsschalters von FIG 2 und dessen |

höchstens zulässiger Sperrspannung dargestellt ist;

FIG 6 bis FIG 11 jeweils eine schematische Darstellung einer Ansteuerschaltung mit einem Halbleiter-Leistungsschalter, die zusammen jeweils eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung bilden.

Die Beispiele stellen bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung dar.

In FIG 2 ist eine Ansteuerschaltung 42 gezeigt, die in einem (in FIG 2 nicht näher dargestellten) steuerbaren Umrichter eines Frequenzumrichters eingebaut ist. Eine Bauweise des Umrichters kann beispielsweise derjenigen des Umrichters 10 entsprechen. Die Ansteuerschaltung 42 steuert einen Halbleiter-Leistungsschalter 44. Dieser weist einen Transistor 46 (hier einen IGBT) und eine zu diesem anti-parallel geschaltete Diode 48 auf. Anstelle des IGBT kann z.B. auch ein MOSFET vorgesehen sein. Zum Steuern des Halbleiter-Leistungsschalters 44 erzeugt die Ansteuerschaltung 42 eine Steuerspannung an einem Steuereingang 50 des Halbleiter-Leistungsschalters 44. Der Steuereingang 50 entspricht hier dem Gate des IGBT 46. Die Ansteuerschaltung 42 und der Halbleiter-Leistungsschalter 44 stellen zusammen eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung dar. Mittels des Halbleiter-Leistungsschalters 44 wird ein Strom I_c gesteuert.

Die Steuerspannung wird in Abhängigkeit von einem Schaltsignal erzeugt, welches die Ansteuerschaltung 42 über einen Lichtempfänger oder Eingangs-Optokoppler 52 empfängt, über den die Ansteuerschaltung 42 mit einer Signalleitung 54 einer (nicht dargestellten) Umrichtersteuerung verbunden ist. Die Umrichtersteuerung ist eine Signalgebereinrichtung des Umrichters ähnlich der bereits beschriebenen Steuereinheit 34.

Das Schaltsignal wird von einer programmierbaren Steuereinrichtung 56 ausgewertet. Die Steuereinrichtung kann z.B.

durch einen FPGA (field programmable gate array) oder einen ASIC (application-specific integrated circuit) bereitgestellt sein. Über das Schaltsignal gibt die Umrichtersteuerung vor, ob sich der Halbleiter-Leistungsschalter 44 in einem leitenden oder einem sperrenden Zustand befinden soll. Die Steuereinrichtung 56 erzeugt ein entsprechendes digitales Signal, zu welchem von einem Digital-Analog-Wandler 58 ein analoges Signal erzeugt wird. Das analoge Signal wird von einer Verstärkerschaltung 60 verstärkt und als Steuerspannung über einen Gate-Widerstand 62 zum Steuereingang 50 übertragen.

In der Steuereinrichtung 56 kann ein digitales Filter oder eine digitale Regelung vorgesehen sein, um aus dem Schaltsignal der Umsteuerschaltung ein zum Ansteuern des Halbleiter-Leistungsschalters 44 geeignetes digitales Signal zu erzeugen. Zudem ist es möglich, Schutzfunktionen z.B. für den Halbleiter-Leistungsschalter 44 vorzusehen. Die Steuereinrichtung 56 bildet eine digitale Schnittstelle zwischen der Umrichtersteuerung und dem Halbleiter-Leistungsschalter 44.

Die Ansteuerschaltung 42 weist eine Spannungsmesseinrichtung 64 auf, mit welcher die Kollektor-Emitter-Spannung U_{ce} des Transistors 46 erfasst wird. Diese entspricht hier zugleich der Diodenspannung U_d . Über einen Analog-Digital-Wandler 66 wird der erfasste Spannungswert in einen digitalen Messwert umgewandelt, der von der Steuereinrichtung 56 ausgewertet wird. Die Diodenspannung U_d stellt eine Betriebsgröße des Halbleiter-Leistungsschalters 44 dar.

Bei der Ansteuerschaltung 42 können über einen Lichtsender oder Ausgangs-Optokoppler 68 und eine Signalleitung 70 Daten, wie z.B. digitale Messwerte oder Zustandsinformationen, zur Umrichtersteuerung übertragen werden.

Bei der Ansteuerschaltung 42 kann vorgesehen sein, dass zum Austauschen von Daten zwischen der Umrichtersteuerung und der Steuereinrichtung 56 ein fehlertolerantes Übertragungsprotokoll verwendet wird, so dass auch bei einer Verfälschung der

Daten, beispielsweise durch eine Störstrahlung, die ursprünglich gesendeten Informationen (bis zu einem bestimmten Grad der Verfälschung) wieder aus den verfälschten Daten rekonstruiert werden können. Beispiele für ein solches Übertragungsprotokoll sind ein Barker-Code und ein zyklischer Code.

Wenn durch das Schaltsignal der Steuerleitung 54 ein Wechsel des Schaltzustands des Halbleiter-Leistungsschalters 44, also von leitend auf sperrend oder umgekehrt, durch die Umrichtersteuerung vorgegeben wird, so wird von der Ansteuerschaltung 42 ein entsprechender Schaltvorgang durch Verändern der Steuerspannung am Steuereingang 50 bewirkt. Das Schaltverhalten der Ansteuerschaltung 42 ist dabei durch Schaltparameter der Steuereinrichtung 56 bestimmt, deren Werte während des Betriebs der Ansteuerschaltung 42 verändert werden können. Die Werte für die Schaltparameter sind bei der Ansteuerschaltung 42 zusammen mit dem Schaltsignal über die Steuerleitung 54 von der Umrichtersteuerung zur Steuereinrichtung 56 übertragbar.

Anhand von FIG 3 und FIG 4 ist im Folgenden erläutert, welchen Einfluss das Einstellen von Schaltparametern auf einen bestimmten Wert auf einen Schaltvorgang hat.

In FIG 3 ist ein Verlauf der Stromstärke des Stromes I_c und der Spannung U_d während eines Abschaltvorganges gezeigt. Zum Unterbrechen des Stromes I_c wird seine Stromstärke graduell verringert, so dass der zeitliche Verlauf der Stromstärke während des Schaltvorganges eine endliche Steigung aufweist. Eine Steigung dI_{off}/dt (Ableitung von I_c nach der Zeit während des Abschaltens) stellt dabei einen Schaltparameter dar. Diese Steigung entspricht der Schaltgeschwindigkeit, mit welcher der Schaltvorgang durchgeführt wird.

Durch Festlegen eines bestimmten Parameterwerts des Schaltparameters für die Steigung dI_{off}/dt bei der Steuereinrichtung 56 wird in dem gezeigten Beispiel vorgegeben, dass während des Abschaltens die Stromstärke des Stromes I_c die Bedingung

erfüllt, dass die Steigung dI_{off}/dt vom Betrage her nicht größer als der eingestellte Parameterwert werden darf. Diese Bedingung stellt somit ein Kriterium dar, das während des Schaltvorgangs erfüllt sein muss. Bei der Steuereinrichtung 56 kann zum Einhalten der Bedingung ein entsprechender Steueralgorithmus oder ein Regelalgorithmus mit einem geschlossenen Regelkreis bereitgestellt sein.

Einen zweiten Schaltparameter stellt ein Spannungshöchstwert $U_{\text{ce,max}}$ der Kollektor-Emitter-Spannung U_{ce} dar, der nicht überschritten werden darf. Als ein dritter Schaltparameter kann die Steigung dU_{off}/dt der Diodenspannung U_{d} vorgebar sein. Der Verlauf der Spannung U_{d} weist bei dem Abschaltvorgang eine Überhöhung 72 auf, die durch eine Spannung verursacht wird, welche durch eine (in FIG 2 nicht dargestellte) Induktivität beim Abschalten des Stromes I_{c} erzeugt wird. Der Höchstwert der Überhöhung 72, d.h. der Spannungshöchstwert $U_{\text{ce,max}}$, kann durch Einstellen von Werten der Schaltparameter für $U_{\text{ce,max}}$ und/oder dU_{off}/dt beeinflusst werden.

In FIG 4 sind entsprechende Angaben wie in FIG 3 zu einem Anschaltvorgang gemacht. Gezeigt sind wieder ein zeitlicher Verlauf der Diodenspannung U_{d} und der Stromstärke des Stromes I_{c} . Hierzu kann vorgesehen sein, über Schaltparameter eine Steigung dI_{on}/dt der Stromstärke des Stromes I_{c} und/oder eine Steigung dU_{on}/dt bei der Steuereinrichtung 56 vorgeben zu können. Der Verlauf des Diodenstromes I_{c} weist eine Spitze 74 auf, die durch das Rückstromverhalten der abkommutierten Freilaufdiode verursacht wird. Ein Höchstwert der Stromspitze 74 kann durch Einstellen von Werten der Schaltparameter beeinflusst werden.

Der Spannungshöchstwert $U_{\text{ce,max}}$ und die Steigungen dI_{on}/dt , dU_{on}/dt , dI_{off}/dt und dU_{off}/dt stellen Betriebsgrößen des Halbleiter-Leistungsschalters 44 dar. Im Folgenden werden für die Schaltparameter der Steuereinrichtung 56 dieselben Bezeichnungen verwendet wie für die Betriebsgrößen, welche sie beeinflussen. Somit können also Schaltparameter $U_{\text{ce,max}}$, dI_{on}/dt

on/dt , dU_{on}/dt , dI_{off}/dt und/oder dU_{off}/dt vorgesehen sein. Bei der Steuereinrichtung 56 müssen aber nicht für alle der beschriebenen Betriebsgrößen Schaltparameter vorgesehen sein.

5 In FIG 5 ist eine Kennlinie 76 gezeigt, durch welche eine Abhängigkeit einer höchstens zulässigen Sperrspannung $U_{ce,max}(T)$ von einer Temperatur T des Transistors 46 beschrieben ist. Die Sperrfähigkeit des Transistors 46 nimmt gemäß der Kennlinie 76 mit der Temperatur T ab. Die Kennlinie
10 76 kann z.B. als messtechnisch ermittelte Wertetabelle oder auch als mathematische Funktion bereitgestellt sein.

Durch die Einführung der digitalen Steuereinrichtung 56 ist es möglich, das Schalten des Transistors 44 von dessen Temperatur T sowie seinen Schalteigenschaften online, also während
15 des Betriebs, zu beeinflussen. Eine Auslegung der IGBT-Ansteuerung auf besonders ungünstigste Bedingung (worst case) kann somit entfallen. Eine Worst-Case-Bedingung kann sich beispielsweise ergeben, wenn der Strom I_c bei einer sehr
20 niedrigen Temperatur geschaltet werden muss. Der Halbleiter-Leistungsschalter 44 weist bei niedriger Temperatur neben einer geringeren zulässigen Maximalspannung (siehe FIG 5) noch ein verändertes Schaltverhalten auf, was in Verbindung mit Streuinduktivitäten zu einer erhöhten Spannungsbelastung führen
25 kann. Durch Anpassen der Schaltparameter an den tatsächlichen Betriebszustand des Halbleiter-Leistungsschalters 44 können die Schaltverluste verringert und die Ausnutzung des Halbleiter-Leistungsschalters 44 (z.B. seine Lebensdauer) erhöht werden.

30

In FIG 6 bis FIG 11 sind weitere Schaltungsanordnungen mit jeweils einer Ansteuerschaltung und einem Halbleiter-Leistungsschalter gezeigt. In den Figuren sind Elemente, deren Funktionsweise Elementen von FIG 2 entsprechen, mit denselben
35 Bezugszeichen versehen wie in FIG 2. Diese Elemente werden im Folgenden nicht noch einmal erläutert.

In FIG 6 ist eine Ansteuerschaltung 78 gezeigt, die mit einem Temperatursensor 80 verbunden ist. Der Temperatursensor 80 misst eine Temperatur T eines Halbleiter-Leistungsschalters 44. Es kann sich in dem gezeigten Beispiel um die Temperatur eines Transistors 46 oder einer Diode 48 des Halbleiter-Leistungsschalters 44 handeln. Der Temperatursensor 80 kann z.B. auf einem Kühlkörper des Halbleiter-Leistungsschalters 44 oder innerhalb des Halbleiter-Leistungsschalters 44 angeordnet sein. Ein Messwert des Temperatursensors 80 wird durch einen Analog-Digital-Wandler 82 in einen digitalen Messwert umgewandelt, der von einer Steuereinrichtung 56 beim Erzeugen einer Steuerspannung zum Steuern des Halbleiter-Leistungsschalters 44 als Betriebsgröße desselben berücksichtigt wird.

In der Steuereinrichtung 56 ist eine Kennlinie 76 gespeichert, wie sie in FIG 5 dargestellt ist. Anhand der Kennlinie 76 wird in Abhängigkeit von der Temperatur T ein Wert für die höchstens zulässige Sperrspannung $U_{ce,max}(T)$ ermittelt. Der ermittelte Wert wird als Parameterwert für einen Schaltparameter $U_{ce,max}$ der Steuereinrichtung 56 eingestellt.

In FIG 7 ist eine Umrichtersteuerung 84 eines Umrichters gezeigt, die über eine Steuerleitung 54 ein Schaltsignal an eine Ansteuerschaltung sendet, die der bereits in FIG 2 gezeigten Ansteuerschaltung 42 entspricht. Die Umrichtersteuerung 84 stellt eine Signalgebereinrichtung dar. Sie sendet das Schaltsignal zusammen mit einem Parameterwert für den Schaltparameter $U_{ce,max}$. Der Parameterwert wird auf der Grundlage eines numerischen Modells 86 ermittelt. Mittels des Modells 86 kann eine momentane Temperatur T eines Halbleiter-Leistungsschalters 44 berechnet werden. Anhand der berechneten Temperatur T wird durch die Umrichtersteuerung 84 mittels einer Kennlinie 76 (siehe FIG 5) der Parameterwert bestimmt. Die Kennlinie 76 ist in einem Kennlinienspeicher 88 gespeichert.

Das numerische Modell 86 benötigt als Eingangsparameter eine Anfangstemperatur T_a des Halbleiter-Leistungsschalters 44,

die dieser zum einem Betriebsbeginn des Umrichters aufgewiesen hat. Ein weiterer Eingangsparameter ist eine Leistung P , welche seit Betriebsbeginn in dem Halbleiter-Leistungsschalter 44 umgesetzt wurde. Die Leistung P wird in einer Berechnungseinheit 90 aus Zeitverläufen einer Betriebsspannung $u(t)$ und eines Betriebsstromes $i(t)$ ermittelt, die von dem Umrichter mittels des Halbleiter-Leistungsschalters 44 seit Betriebsbeginn an einem (nicht dargestellten) Anschluss bereitgestellt wurden.

Eine Kommunikationseinheit 92 überträgt den ermittelten Parameterwert zusammen mit einem von einer das eigentliche Schaltsignal erzeugenden Taktgebereinrichtung 94 über die Steuerleitung 54. Über weitere, in FIG 7 nicht gezeigte Steuerleitungen werden Parameterwerte auch an weitere (nicht dargestellte) Ansteuerschaltungen des Umrichters übertragen. Die Werte für die Schaltparameter können unter Verwendung eines fehlertoleranten Übertragungsprotokolls an die einzelnen Ansteuerschaltungen des Umrichters übertragen und dort in programmierbaren Steuereinrichtungen als Parameterwerte in die programmierbaren Steuereinrichtungen übernommen werden.

Anstelle des Temperaturmodells kann auch eine Messung der Temperatur innerhalb des Umrichters erfolgen.

In FIG 8 ist eine Ansteuerschaltung 96 gezeigt, an die ein Stromwandler 98 angeschlossen ist. Der Stromwandler 98 misst eine Stromstärke eines zu schaltenden Stromes I_c . Ein Messwert des Stromwandlers 98 wird hier durch einen Analog-Digital-Wandler 100 der Ansteuerschaltung 96 in einen digitalen Messwert umgewandelt, der von einer Steuereinrichtung 56 beim Erzeugen einer Steuerspannung zum Steuern eines Halbleiter-Leistungsschalters 44 als Betriebsgröße desselben berücksichtigt wird. Bei dem Halbleiter-Leistungsschalter 44 kommt es bei dem darin eingebauten Typ eines Transistors 46 und dem Typ einer eingebauten Diode 48 unter bestimmten Betriebsbedingungen zu Aufsteilungen, wie einer Überhöhung 72 (FIG 3) beim Sperren oder einer Spitze 74 (FIG 4) beim Schließen des

Halbleiter-Leistungsschalters 44. Grund dafür kann z.B. ein Strom- oder Spannungsabriss sein, d.h. eine abrupte Veränderung der Beträge dieser Größen. Dieses Verhalten ist aber auf sehr wenige Betriebspunkte beschränkt. Anhand einer Messung
5 des Stromes I_c mittels des Stromwandlers 98 und einer Messung einer Diodenspannung U_d mittels einer Spannungsmesseinrichtung 64 kann schon vor einem eigentlichen Schaltvorgang im Voraus ermittelt werden, ob ein solcher Betriebspunkt vor-
10 liegt. Mit anderen Worten können durch Messen der Betriebsgrößen I_c und U_d der Betriebszustand des Halbleiter-Leistungsschalters 44 ermittelt und Schaltparameter der Steuereinrichtung 56 im Voraus entsprechend festgelegt werden. In dem in FIG 8 gezeigten Beispiel können anhand der Messwerte für die Diodenspannung U_d und der Stromstärke des zu schal-
15 tenden Stromes I_c Parameterwerte für Schaltparameter $U_{ce,max}$, dI_{off}/dt , dU_{off}/dt , dI_{on}/dt und dU_{on}/dt ermittelt werden. Die für den jeweiligen Betriebszustand günstigsten Parameterwerte sind hier in einer Tabelle 102 innerhalb der Steuereinrichtung 56 hinterlegt.

20 In FIG 9 ist eine Umrichtersteuerung 104 eines (nicht weiter dargestellten) Umrichters gezeigt, die eine Tabelle 102' aufweist, mittels welcher ähnlich wie mit der Tabelle 102 Parameterwerte für Schaltparameter einer Ansteuerschaltung 42 er-
25 mittelt werden können. Die ermittelten Parameterwerte werden von einer Kommunikationseinheit 92 zusammen mit einem Schaltsignal einer Taktgebereinrichtung 94 in der im Zusammenhang mit FIG 7 beschriebenen Weise an die Ansteuerschaltung 42 (und weitere, nicht dargestellte Ansteuerschaltungen) über-
30 tragen. Mittels der Tabelle 102' kann die Ermittlung der Parameterwerte auf der Grundlage eines aktuellen Betriebszustands erfolgen, der anhand von Messungen von Zeitverläufen einer Betriebsspannung $u(t)$ und eines Betriebsstromes $i(t)$ ermittelt wird.

35 In FIG 10 ist eine Ansteuerschaltung 106 gezeigt, bei welcher Schaltparameter $U_{ce,max}$, dI_{off}/dt , dU_{off}/dt , dI_{on}/dt , dU_{on}/dt einer Steuereinrichtung 56 in Abhängigkeit von drei Betriebs-

größen eines Halbleiter-Leistungsschalters 44 ermittelt werden, nämlich einem Strom I_c , einer Diodenspannung U_d und einer Temperatur T eines Halbleiter-Leistungsschalters 44. Die Temperatur T des Halbleiter-Leistungsschalters 44 wird erfasst und die zulässige temperaturabhängige Schaltgeschwindigkeit dI_{off}/dt , dI_{on}/dt in Abhängigkeit vom Strom I_c und der Spannung U_d aus einer zuvor messtechnisch ermittelten Tabelle 108 bestimmt und als Parameterwert der Schaltparameter dI_{off}/dt , dI_{on}/dt festgelegt. Auch die Werte der übrigen Schaltparameter $U_{ce,max}$, dU_{off}/dt und dU_{on}/dt werden anhand der Tabelle und in Abhängigkeit vom aktuellen Betriebszustand festgelegt.

In FIG 11 ist eine Umrichtersteuerung 110 gezeigt, welche Schaltparameter $U_{ce,max}$, dI_{off}/dt , dU_{off}/dt , dI_{on}/dt , dU_{on}/dt in einer Weise ermittelt, wie es auch durch die Steuereinrichtung 56 der Ansteuerschaltung 106 ermöglicht ist. Anstelle einer Temperaturmessung kann hier die Verwendung eines numerischen Modells 86 vorgesehen sein. Auf der Grundlage des ermittelten Betriebszustands eines Halbleiter-Leistungsschalters 44 werden anhand einer Tabelle 108' die Parameterwerte für die Schaltparameter $U_{ce,max}$, dI_{off}/dt , dU_{off}/dt , dI_{on}/dt , dU_{on}/dt ermittelt und an eine Ansteuerschaltung 42 übermittelt.

Durch die Beispiele ist gezeigt, wie mittels einer digital programmierbaren Ansteuerschaltung die Möglichkeit geschaffen ist, während eines Betriebs eines Umrichters Schaltparameter neu zu konfigurieren oder zu verändern. Es kann eine temperaturabhängige Online-Beeinflussung der zulässigen Maximalspannung im Schaltbetrieb zur Reduzierung der Schaltverluste ermöglicht sein. Genauso kann eine strom- und spannungsabhängige Online-Beeinflussung der Einschalt- und Ausschaltparameter ermöglicht sein. Die Übertragung von Parameterwerten zur Beeinflussung des Schaltverhaltens kann zusammen mit einem Schaltsignal codiert erfolgen. Dabei kann die Übertragung von Parameterwerten mit Hilfe eines fehlertoleranten Übertragungsprotokolls erfolgen.

Es kann somit erreicht werden, dass Schaltverluste eines Halbleiter-Leistungsschalters 44 über einen großen Bereich von möglichen Betriebstemperaturen des Halbleiter-Leistungsschalters 44 konstant gehalten werden. Da die Schaltgeschwindigkeit nun nicht mehr auf den tiefsten Temperaturwert (worst case) zur Begrenzung der auftretenden Überspannungen angepasst sein muss (siehe FIG 5), kann so bei höheren Temperaturen eine deutlich höhere Schaltgeschwindigkeit erreicht und damit die Verlustleistung verringert werden.

Patentansprüche

1. Schaltungsanordnung zum Schalten eines Stromes (I_c) in Abhängigkeit von einem vorgebbaren Schaltsignal, umfassend:

- 5 - einen Halbleiter-Leistungsschalter (44) zum Schalten des Stromes (I_c) und
- eine Ansteuereinrichtung (42, 78, 96, 106), welche dazu ausgelegt ist, das Schaltsignal zu empfangen und in Abhängigkeit von dem empfangenen Schaltsignal an einem Steuereingang
- 10 (50) des Halbleiter-Leistungsschalters (44) eine Steuerungsspannung mit einem zeitlichen Verlauf zu erzeugen, durch welchen bewirkt ist, dass während eines Schaltvorgangs wenigstens eine vorbestimmte Betriebsgröße ($U_{ce,max}$, dI_{off}/dt , dU_{off}/dt , dI_{on}/dt , dU_{on}/dt) des Halbleiter-Leistungsschalters (44) ein vorbestimmtes Kriterium erfüllt,
- 15 wobei das Kriterium durch einen Schaltparameter ($U_{ce,max}$, dI_{off}/dt , dU_{off}/dt , dI_{on}/dt , dU_{on}/dt) der Ansteuereinrichtung (42, 78, 96, 106) vorgegeben ist und ein Parameterwert des Schaltparameters ($U_{ce,max}$, dI_{off}/dt , dU_{off}/dt , dI_{on}/dt , dU_{on}/dt) während eines Betriebes der Schaltungsanordnung
- 20 veränderbar ist.

2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass zu wenigstens einer der folgenden Betriebsgrößen durch Festlegen eines Parameterwerts

25 ein Kriterium vorgebbar ist:

- einer über einem Transistor und/oder einer Diode des Halbleiter-Leistungsschalters (44) abfallenden Spannung ($U_{ce,max}$),
- 30 - einer Steigung (dU_{off}/dt , dU_{on}/dt) eines zeitlichen Verlaufs dieser Spannung,
- einer Steigung (dI_{off}/dt , dI_{on}/dt) eines zeitlichen Verlaufs des zu schaltenden Stromes (I_c) und/oder
- einem zeitlichen Mittelwert zu einer der vorhergehenden
- 35 Größen.

3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1 oder 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass durch den Parameterwert

als Kriterium ein Grenzwert oder ein Sollwert für die Betriebsgröße ($U_{ce,max}$, dI_{off}/dt , dU_{off}/dt , dI_{on}/dt , dU_{on}/dt) vorgebbar ist.

- 5 4. Schaltungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, g e k e n n z e i c h n e t durch eine Messeinrichtung (64, 66, 80, 82, 98, 100) zum Erfassen wenigstens einer Betriebsgröße (I_c , T , U_d), durch welche ein Betriebszustand des Halbleiter-Leistungsschalters (44) beschrieben ist, insbesondere
- 10 - einer Temperatur (T) eines Transistors (46) des Halbleiter-Leistungsschalters (44),
- einer Temperatur einer zu dem Transistor (46) antiparallel geschalteten Diode (48) des Halbleiter-Leistungsschalters
- 15 (44),
- einer Stromstärke eines durch den Halbleiter-Leistungsschalter (44) fließenden Stromes (I_c),
- einer über dem Halbleiter-Leistungsschalter (44) abfallenden Spannung (U_d) und/oder
- 20 - einem zeitlichen Mittelwert zu einer der vorhergehenden Größen.

5. Schaltungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
- 25 die Ansteuereinrichtung (78, 96, 106) dazu ausgelegt ist, in Abhängigkeit von einem Betriebszustand des Halbleiter-Leistungsschalters (44) den Parameterwert selbständig festzulegen, insbesondere auf der Grundlage einer Kennlinie (76).

- 30 6. Schaltungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Ansteuereinrichtung (42) dazu ausgelegt ist, den Parameterwert für einen vorbestimmten Schaltparameter ($U_{ce,max}$, dI_{off}/dt , dU_{off}/dt , dI_{on}/dt , dU_{on}/dt) zusammen mit dem Schaltsignal über eine Steuerleitung (54) zu empfangen.
- 35

7. Schaltungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass

die Ansteuereinrichtung (42,78,96,106) dazu ausgelegt ist, über einen Schalteingang (52) ein digitales Signal auf der Grundlage eines fehlertoleranten Übertragungsprotokolls zu empfangen und/oder über einen Messausgang (68) ein digitales
5 Signal auf der Grundlage eines fehlertoleranten Übertragungsprotokolls auszusenden.

8. Verfahren zum Steuern eines Halbleiter-Leistungsschalters (44) mittels einer Signalgebereinrichtung (84,104) zum Erzeugen eines Schaltsignals und mittels einer Ansteuereinrichtung (42,78,96,106) zum Erzeugen einer Steuerspannung für den Halbleiter-Leistungsschalter (44), umfassend die Schritte:

- Ermitteln eines Betriebszustands (I_c , T , U_d) des Halbleiter-Leistungsschalters (44) und Festlegen wenigstens eines
15 Parameterwerts eines Schaltparameters ($U_{ce,max}$, dI_{off}/dt , dU_{off}/dt , dI_{on}/dt , dU_{on}/dt) der Ansteuereinrichtung (42,78,96,106), durch welchen während eines Schaltvorganges des Halbleiter-Leistungsschalters (44) ein Kriterium für wenigstens eine Betriebsgröße ($U_{ce,max}$, dI_{off}/dt , dU_{off}/dt ,
20 dI_{on}/dt , dU_{on}/dt) des Halbleiter-Leistungsschalters (44) festgelegt ist;
- Erzeugen des Schaltsignals mittels der Signalgebereinrichtung (84,104) und Übertragen des Schaltsignals an die Ansteuereinrichtung (42,78,96,106);
- 25 - Empfangen des Schaltsignals durch die Ansteuereinrichtung (42,78,96,106) und Erzeugen einer Steuerspannung an einem Steuereingang (50) des Halbleiter-Leistungsschalters (44) in Abhängigkeit von dem Schaltsignal, wobei ein zeitlicher Verlauf eines Spannungswerts der Steuerspannung derart
30 festgelegt wird, dass während eines Schaltvorgangs die Betriebsgröße ($U_{ce,max}$, dI_{off}/dt , dU_{off}/dt , dI_{on}/dt , dU_{on}/dt) das durch den Parameterwert vorgegebene Kriterium erfüllt.

9. Verfahren nach Anspruch 8, bei welchem zumindest eine der
35 folgenden Betriebsgrößen des Halbleiter-Leistungsschalters (44) zum Ermitteln des Betriebszustands gemessen wird:

- eine Temperatur (T) eines Transistors (46) des Halbleiter-Leistungsschalters (44),

- eine Temperatur einer zu dem Transistor (46) antiparallel geschalteten Diode (48) des Halbleiter-Leistungsschalters (44),
- eine Stromstärke eines durch den Halbleiter-
- 5 Leistungsschalter (44) fließenden Stromes (I_c),
- eine über dem Halbleiter-Leistungsschalter (44) abfallende Spannung (U_d),
- ein zeitlicher Mittelwert zu einer der vorhergehenden Größen.

10

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, bei welchem durch das Festlegen des Parameterwerts eines Schaltparameters ($U_{ce,max}$, dI_{off}/dt , dU_{off}/dt , dI_{on}/dt , dU_{on}/dt) ein Sollwert oder ein Grenzwert für eine der folgenden Betriebsgrößen für einen

15 Schaltvorgang vorgegeben wird:

- eine über einem Transistor (46) und/oder einer Diode (48) des Halbleiter-Leistungsschalters (44) abfallende Spannung (U_d),
- eine Steigung (dU_{off}/dt , dU_{on}/dt) eines zeitlichen Verlaufs
- 20 dieser Spannung (U_d),
- eine Steigung (dI_{off}/dt , dI_{on}/dt) eines zeitlichen Verlaufs des zu schaltenden Stromes (I_c) oder
- ein zeitlicher Mittelwert zu einer der vorhergehenden Größen.

25

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, bei welchem eine Betriebsgröße des Halbleiter-Leistungsschalters (44), insbesondere eine Temperatur (T) desselben, auf der Grundlage eines numerischen Modells (86) in Abhängigkeit von wenigstens

30 einer anderen Betriebsgröße (T_a , $i(t)$, $u(t)$) ermittelt wird.

FIG 1

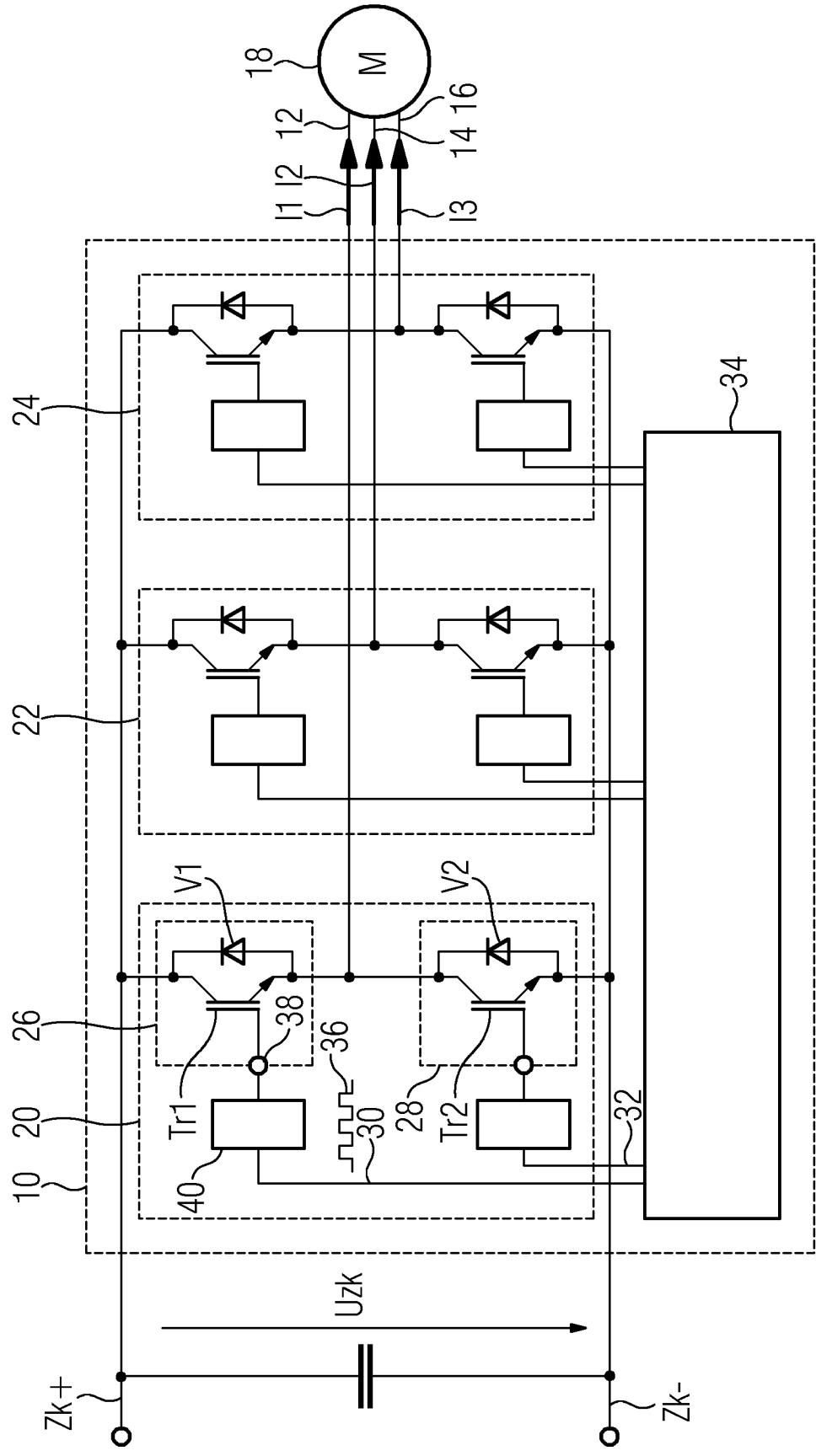


FIG 2

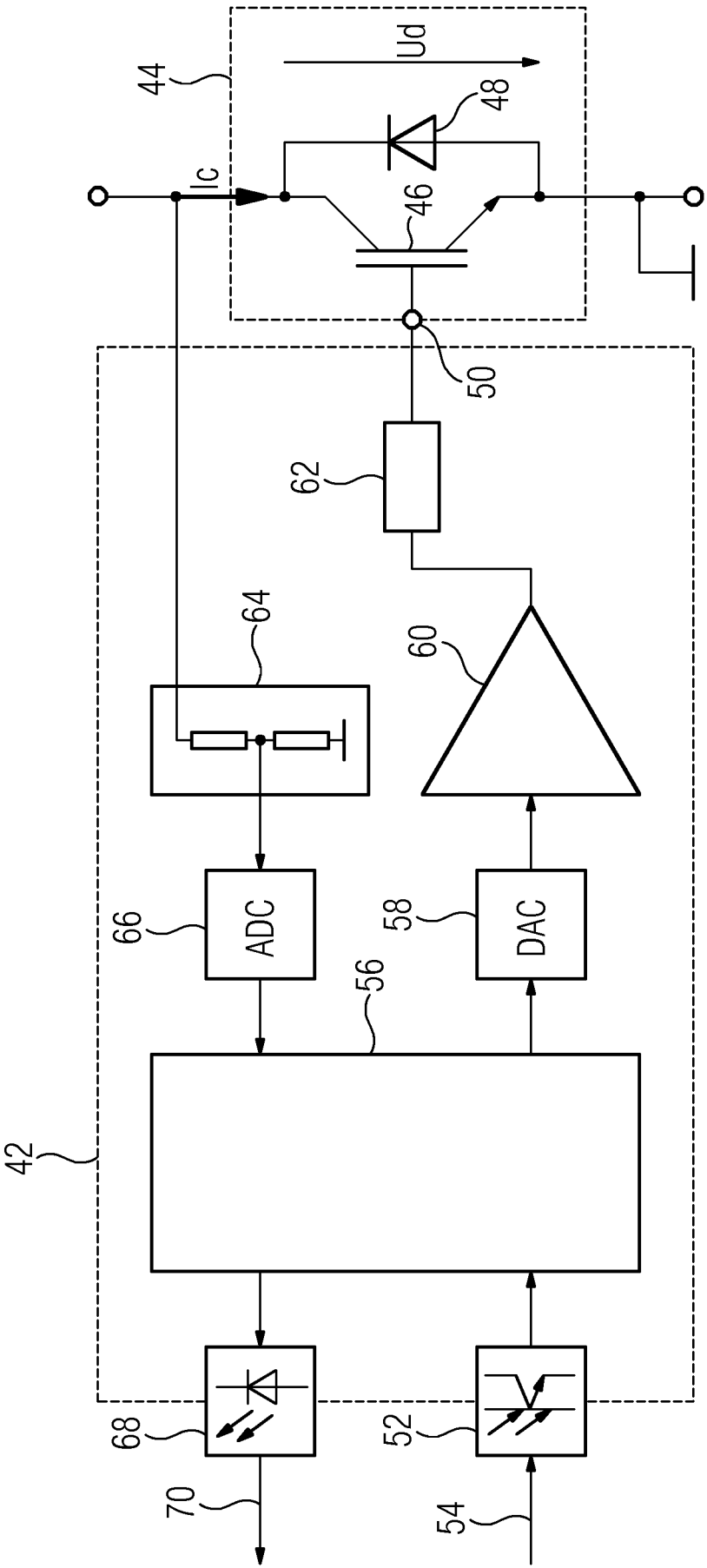


FIG 3

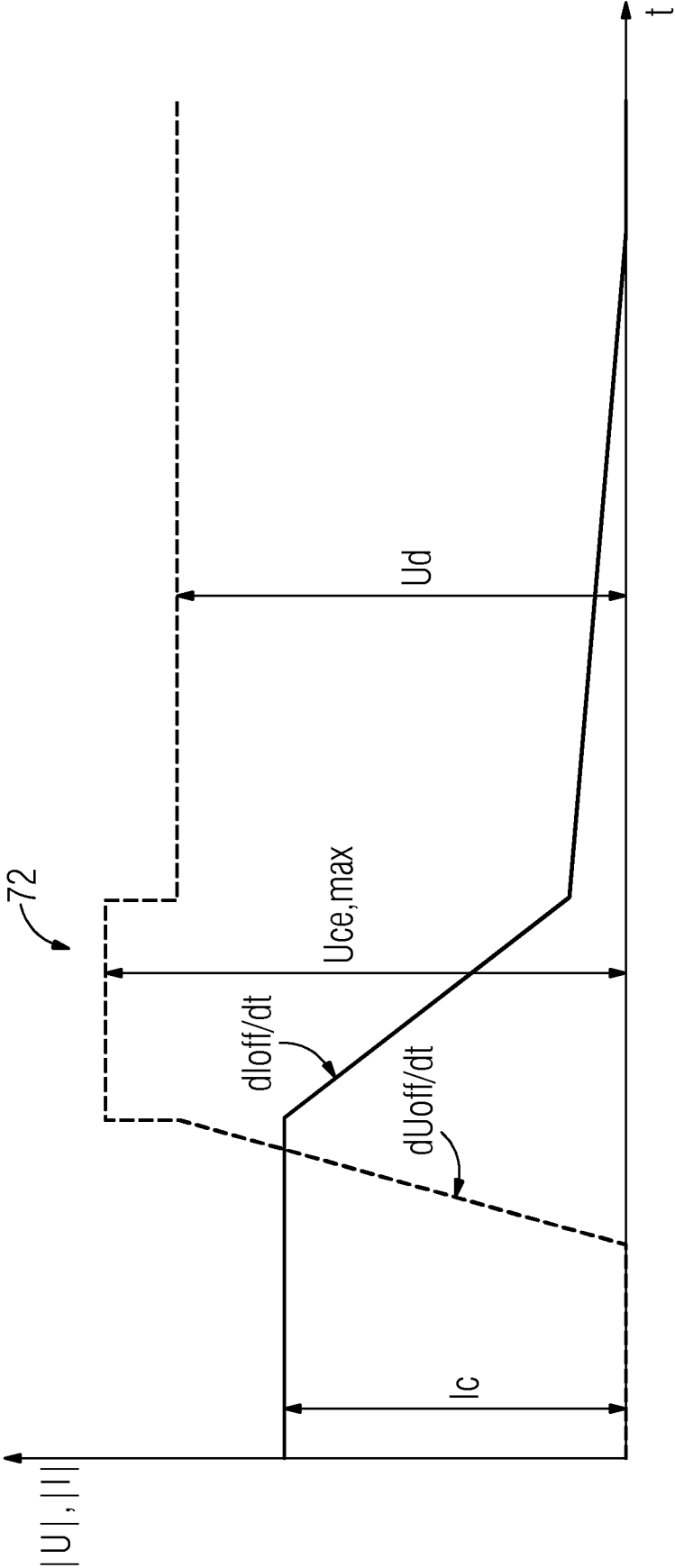


FIG 4

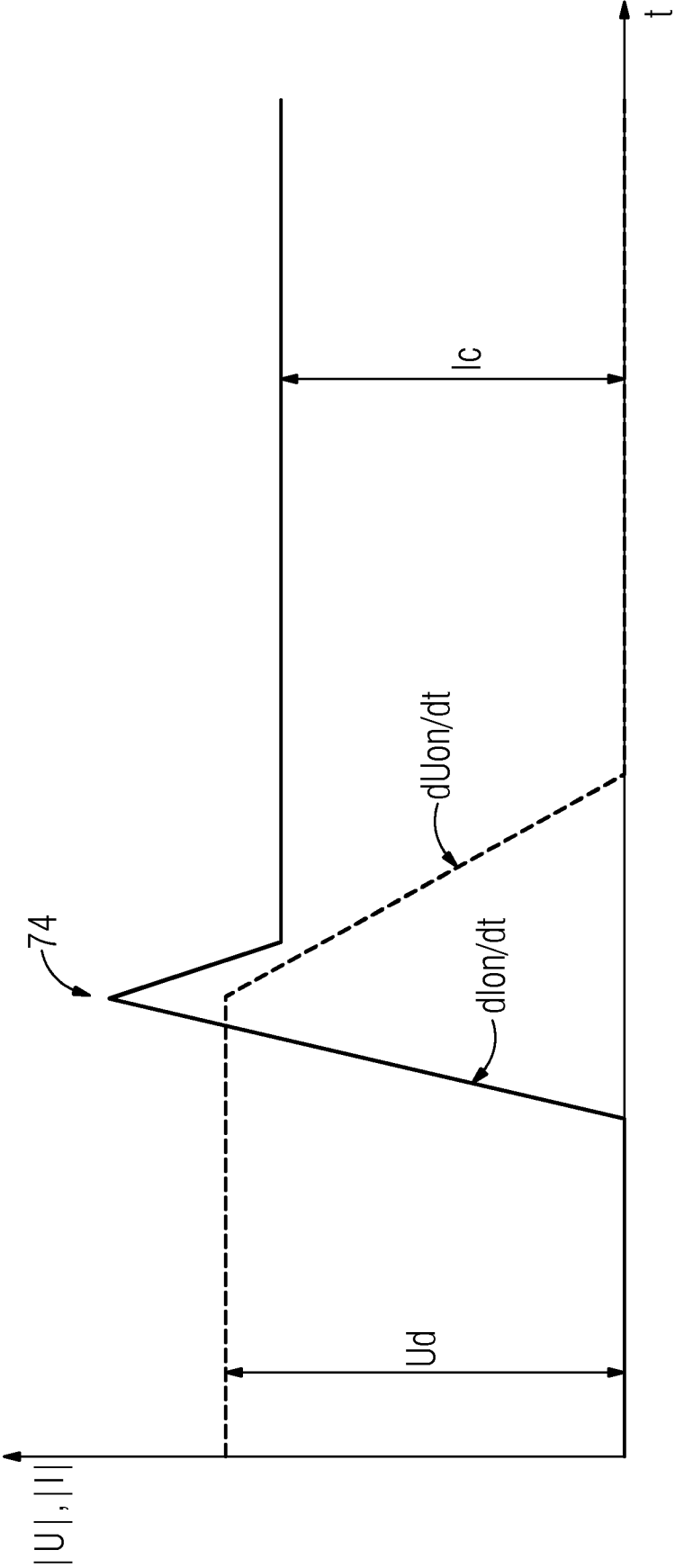


FIG 5

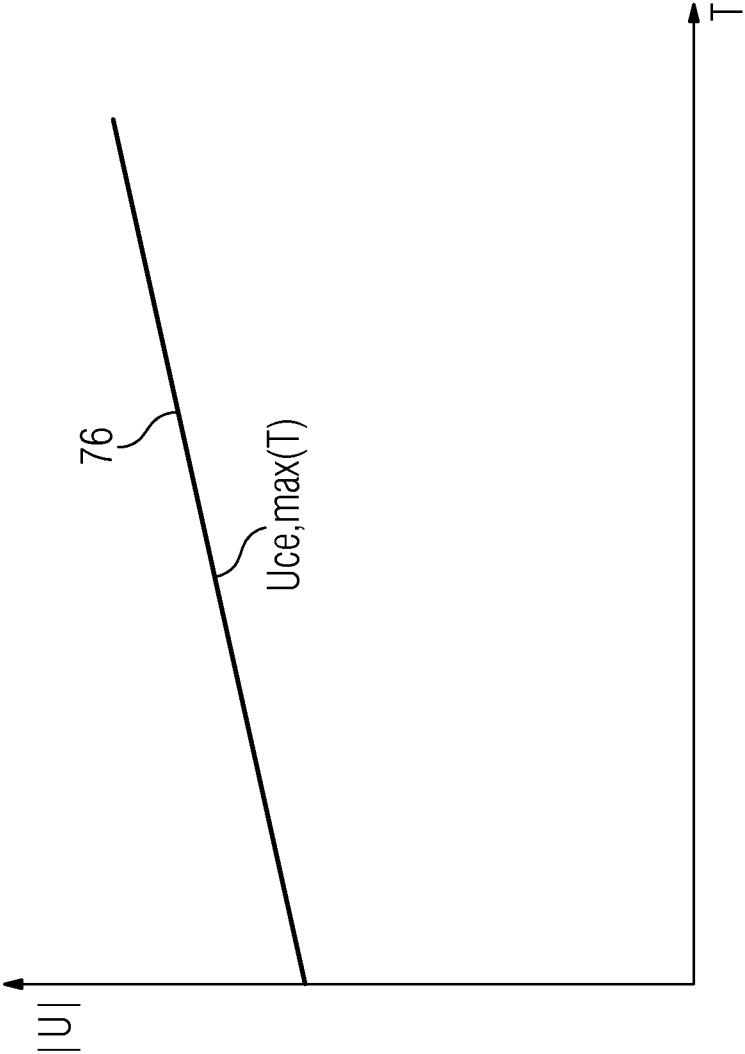


FIG 6

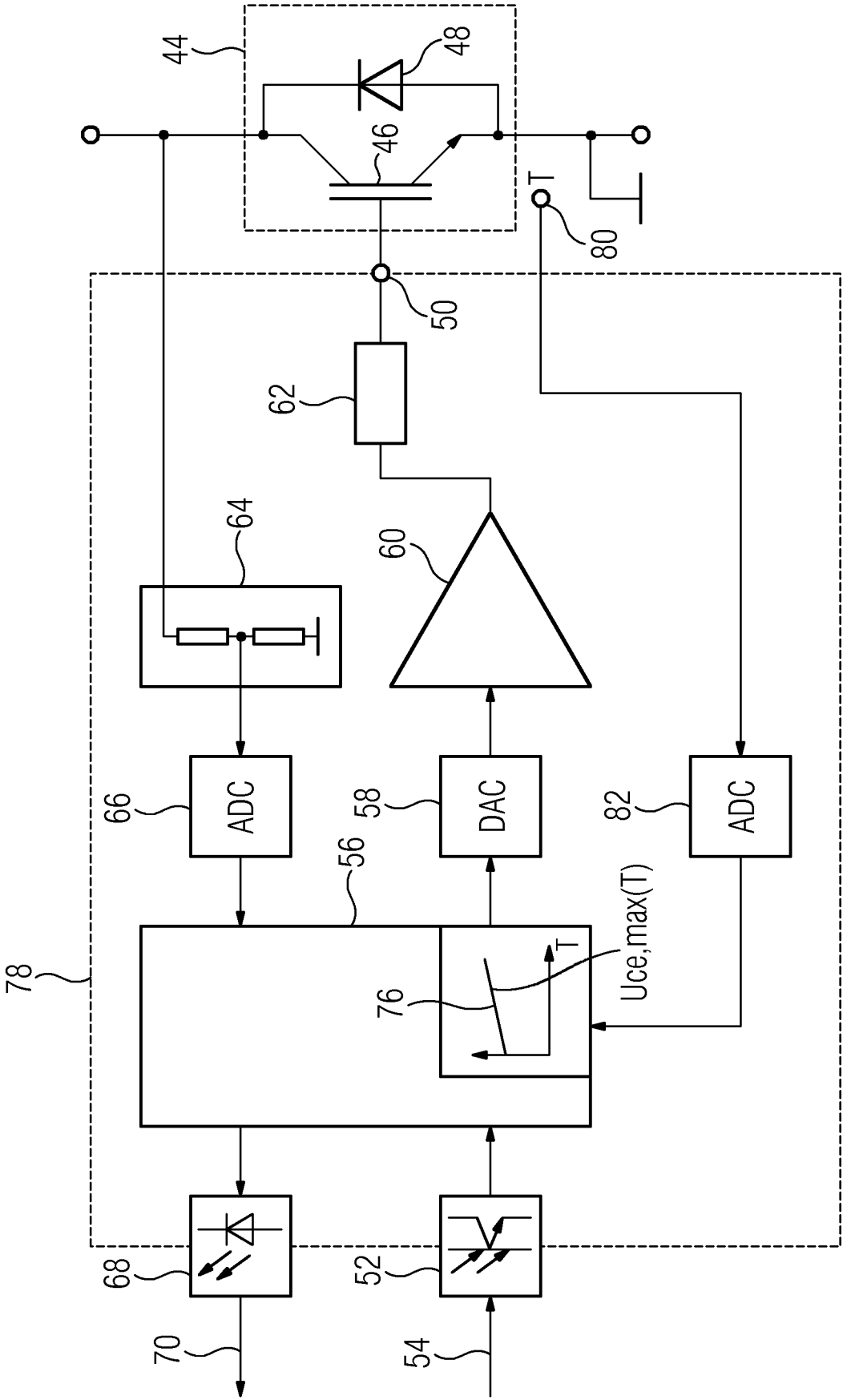


FIG 7

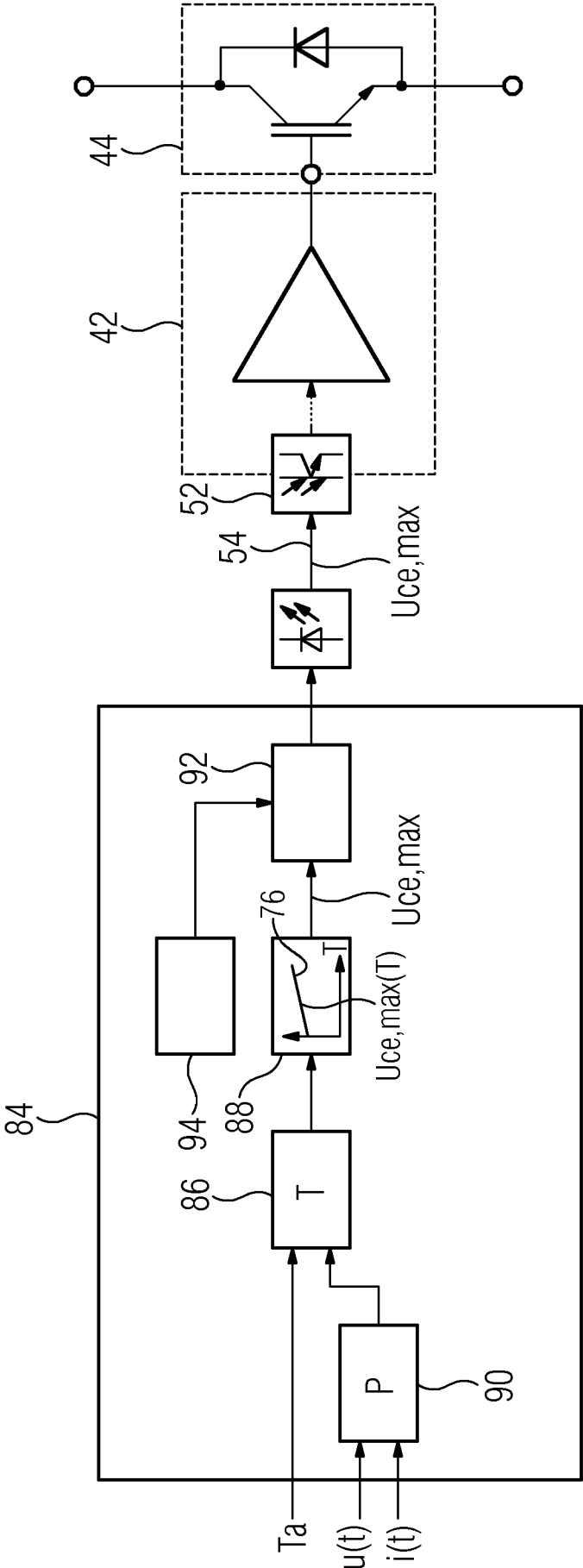


FIG 8

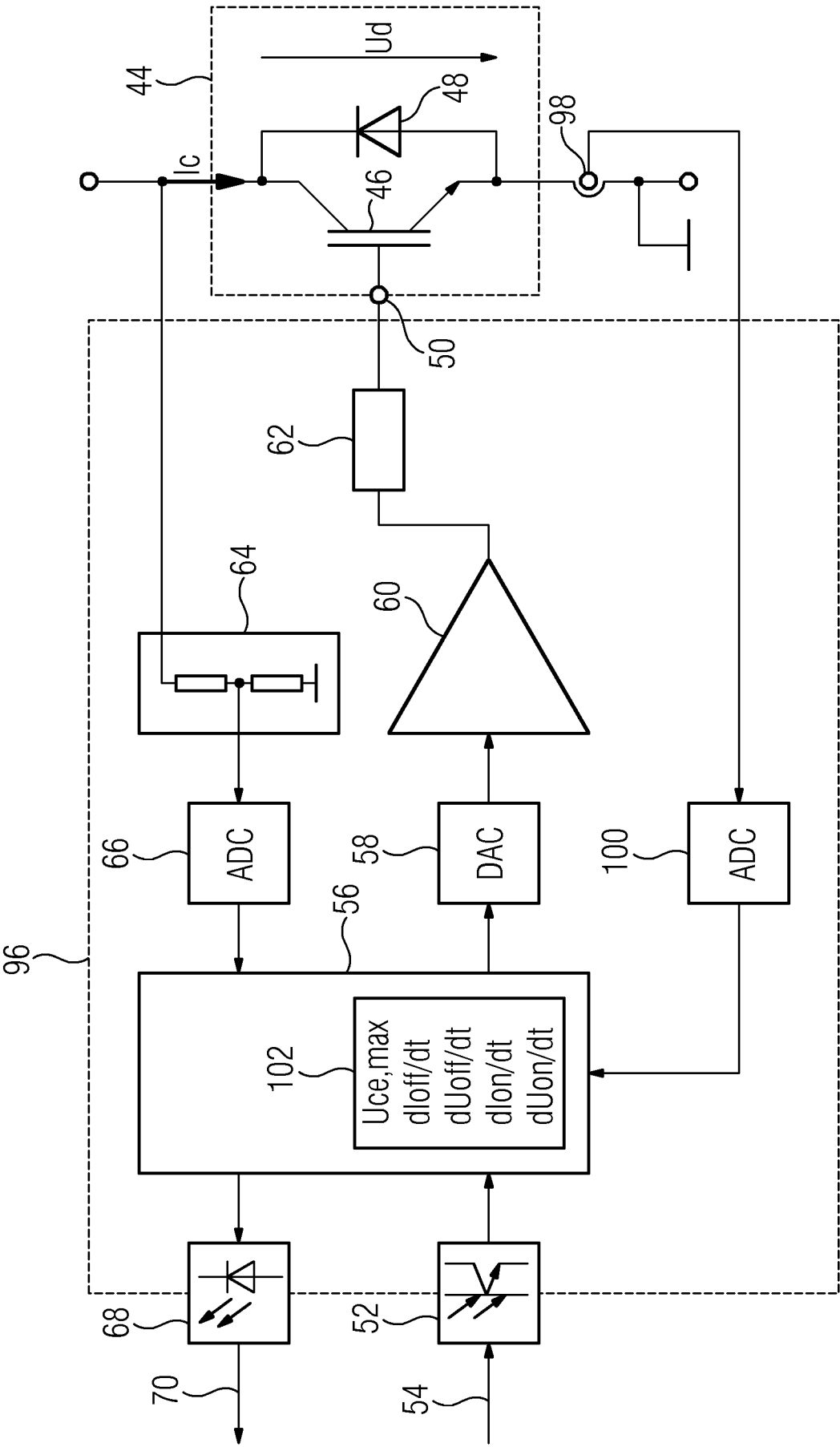


FIG 9

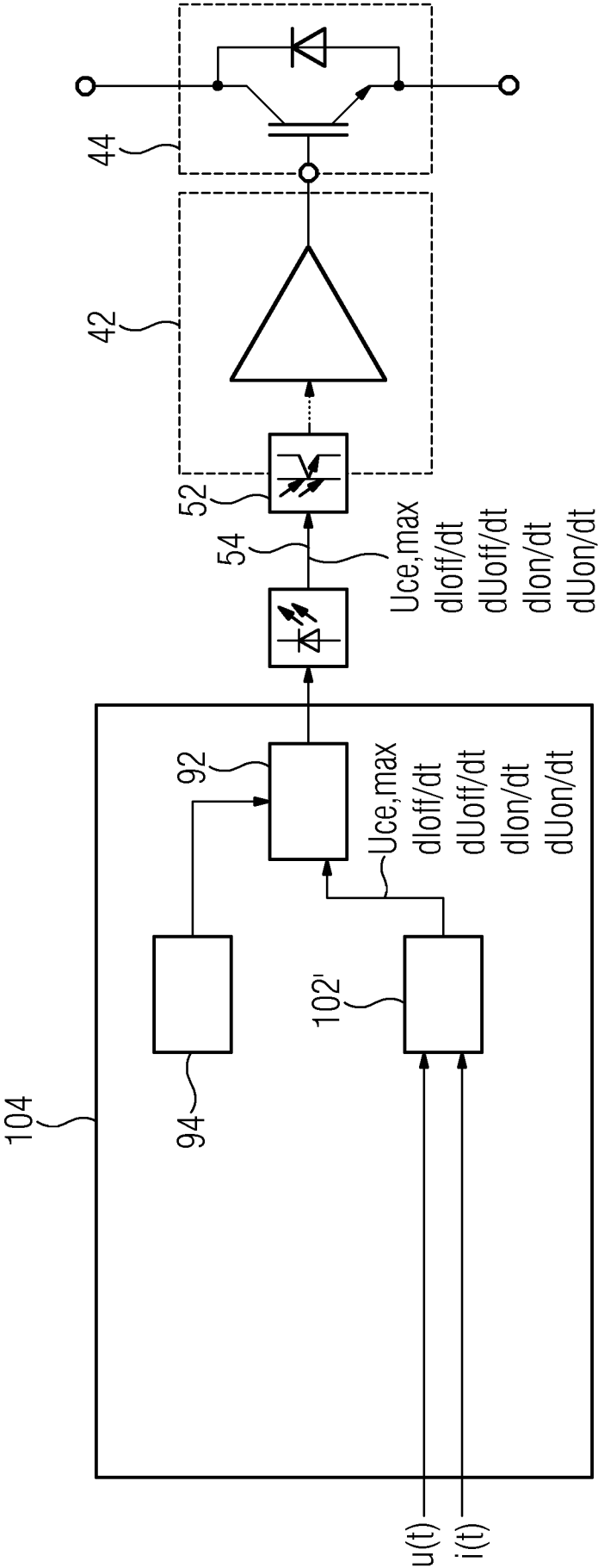


FIG 10

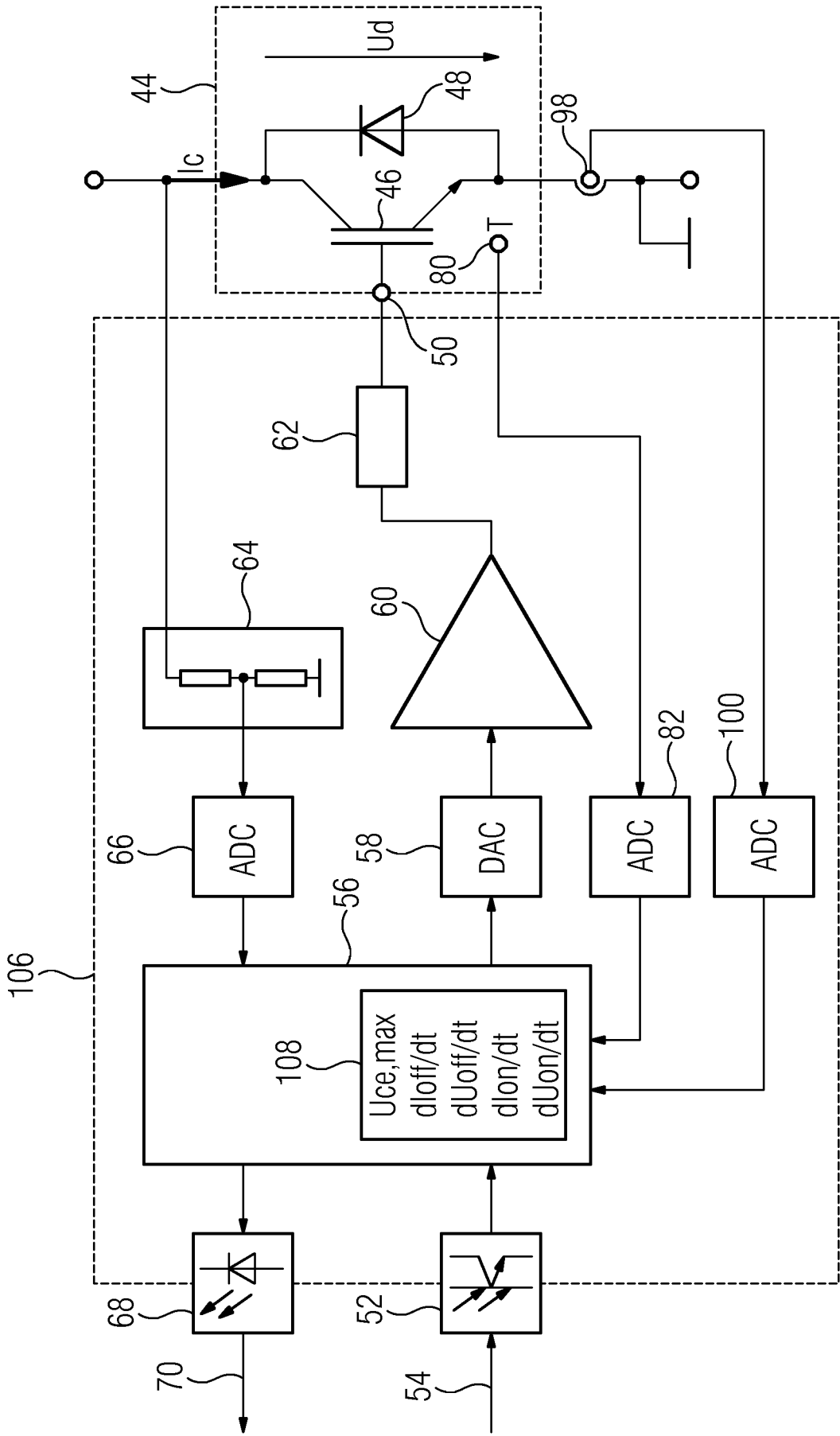
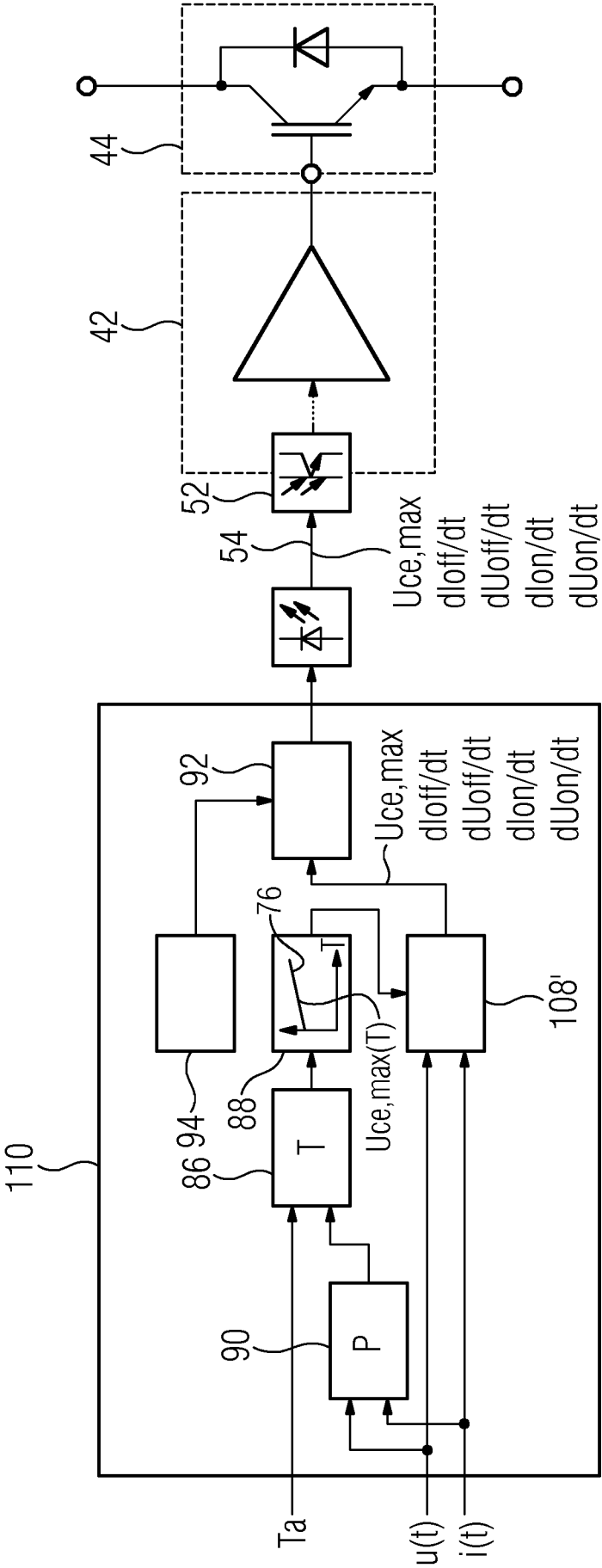


FIG 11



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/063648

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H03K17/082
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
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	US 2005/099751 A1 (KUMAGAI TOSHIYUKI [JP]) 12 May 2005 (2005-05-12) paragraphs [0025] - [0045]; figures 1,2 -----	1-11
X	WO 2008/032113 A1 (PALMER PATRICK REGINALD [GB]; WANG YALAN [GB]; BRYANT ANGUS TOBY [GB]) 20 March 2008 (2008-03-20) page 11, paragraph 3 - page 14, paragraph 2; figure 3 -----	1-11
X	US 2008/232144 A1 (KLEIN JONATHAN [US]) 25 September 2008 (2008-09-25) paragraphs [0041], [0048] - [0052]; figures 7,10 ----- -/-	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

10 October 2012

Date of mailing of the international search report

19/10/2012

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Moll, Peter

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/063648

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 600 751 A2 (TEXAS INSTRUMENTS INC [US]) 8 June 1994 (1994-06-08) page 5, line 3 - page 10, line 34; figures 1-4 page 15, line 54 - page 17, line 33 -----	1-11
X	DE 10 2004 020273 A1 (SIEMENS AG [DE] CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH [DE]) 17 November 2005 (2005-11-17) paragraphs [0029] - [0035], [0038] - [0045]; figures 1,3 -----	1-11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2012/063648

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2005099751 A1	12-05-2005	JP 2005151631 A US 2005099751 A1	09-06-2005 12-05-2005
WO 2008032113 A1	20-03-2008	AT 498945 T CN 101617471 A EP 2089968 A1 JP 2010528570 A US 2010060326 A1 WO 2008032113 A1	15-03-2011 30-12-2009 19-08-2009 19-08-2010 11-03-2010 20-03-2008
US 2008232144 A1	25-09-2008	NONE	
EP 0600751 A2	08-06-1994	DE 69315308 D1 DE 69315308 T2 EP 0600751 A2 JP 6217450 A	02-01-1998 19-03-1998 08-06-1994 05-08-1994
DE 102004020273 A1	17-11-2005	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H03K17/082
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	US 2005/099751 A1 (KUMAGAI TOSHIYUKI [JP]) 12. Mai 2005 (2005-05-12) Absätze [0025] - [0045]; Abbildungen 1,2 -----	1-11
X	WO 2008/032113 A1 (PALMER PATRICK REGINALD [GB]; WANG YALAN [GB]; BRYANT ANGUS TOBY [GB]) 20. März 2008 (2008-03-20) Seite 11, Absatz 3 - Seite 14, Absatz 2; Abbildung 3 -----	1-11
X	US 2008/232144 A1 (KLEIN JONATHAN [US]) 25. September 2008 (2008-09-25) Absätze [0041], [0048] - [0052]; Abbildungen 7,10 ----- -/-	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

10. Oktober 2012

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

19/10/2012

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

Moll, Peter

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 600 751 A2 (TEXAS INSTRUMENTS INC [US]) 8. Juni 1994 (1994-06-08) Seite 5, Zeile 3 - Seite 10, Zeile 34; Abbildungen 1-4 Seite 15, Zeile 54 - Seite 17, Zeile 33 -----	1-11
X	DE 10 2004 020273 A1 (SIEMENS AG [DE] CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH [DE]) 17. November 2005 (2005-11-17) Absätze [0029] - [0035], [0038] - [0045]; Abbildungen 1,3 -----	1-11

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/063648

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2005099751	A1	12-05-2005	JP	2005151631 A		09-06-2005
			US	2005099751 A1		12-05-2005

WO 2008032113	A1	20-03-2008	AT	498945 T		15-03-2011
			CN	101617471 A		30-12-2009
			EP	2089968 A1		19-08-2009
			JP	2010528570 A		19-08-2010
			US	2010060326 A1		11-03-2010
			WO	2008032113 A1		20-03-2008

US 2008232144	A1	25-09-2008	KEINE			

EP 0600751	A2	08-06-1994	DE	69315308 D1		02-01-1998
			DE	69315308 T2		19-03-1998
			EP	0600751 A2		08-06-1994
			JP	6217450 A		05-08-1994

DE 102004020273	A1	17-11-2005	KEINE			
