

(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
31. Oktober 2019 (31.10.2019)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/206564 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H02H 9/00 (2006.01) H02H 9/02 (2006.01)
H03K 17/082 (2006.01) H03K 17/08 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/058037

(22) Internationales Anmeldedatum:
29. März 2019 (29.03.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
18169794.7 27. April 2018 (27.04.2018) EP

(71) Anmelder: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
[DE/DE]; Werner-von-Siemens-Straße 1, 80333 München (DE).

(72) Erfinder: TROYER, Markus; Maria-Schabschneider-Gasse 77, 3040 Neulengbach (AT).

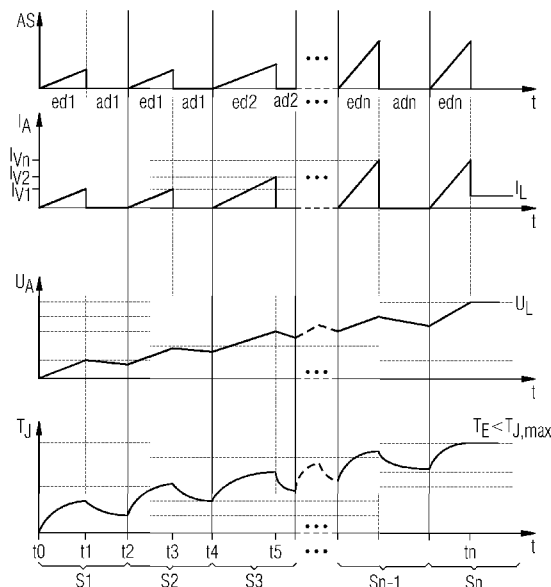
(74) Anwalt: MAIER, Daniel; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: METHOD FOR REDUCING A THERMAL LOAD ON A CONTROLLABLE SWITCHING ELEMENT

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR REDUKTION EINER THERMISCHEN BELASTUNG EINES STEUERBAREN SCHALTELEMENTS

FIG 3



(57) Abstract: The invention relates to a method for reducing a thermal load on a switching element (SE) of an electronic fuse (SI) when switching on a load (L), said switching element being actuated by an actuation signal (AS) with a specified actuation period. At least one output voltage (U_A) applied to the load, an output current (I_A) flowing into the load, and/or the temperature of the switching element (SE) are continuously ascertained (102), and set values at which a specified maximally allowable temperature increase of the switching element (SE) is kept within a specified actuation period are specified (100, 110) for the switch-on duration of the switching element and/or for a switch-off current and for the switch-off duration of the switching element. Additionally, the following steps are carried out: a. switching on the switching element (SE, 101); b. switching off the switching element (SE) at least upon reaching a set value of the switch-off current or the switch-on duration (106); and c. switching on the switching element (SE) again after reaching the set value of the switch-off duration (108). Steps b and c are repeated until the output voltage (U_A) reaches a value which falls below a specified difference with respect to the input voltage of the electronic fuse (SI) or the output current (I_A) reaches a specified duration current (I_L). The set values of the switch-on duration and/or switch-off current and the switch-off duration are maintained until new set values have been determined (103) on the basis of the output voltage (U_A), the output current (I_A), and/or the temperature, wherein a pulse duty factor between the switch-on duration and the switch-off duration is adapted, and the specified maximally allowable temperature increase of the switching element is further observed.

WO 2019/206564 A1

(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)

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Reduktion einer thermischen Belastung eines Schaltelements (SE) einer elektronischen Sicherung (SI) bei Anschalten einer Last (L), welches durch ein Ansteuersignal (AS) mit einer vorgegebenen Ansteuerperiode angesteuert wird. Es werden laufend zumindest eine an der Last anliegenden Ausgangsspannung (U_A), ein in die Last fließenden Ausgangsstrom (I_A) und/oder eine Temperatur des Schaltelements (SE) ermittelt (102) und für die Einschaltdauer des Schaltelements und/oder für einen Ausschaltstrom und für die Ausschaltdauer des Schaltelements Vorgabewerte vorgegeben (100, 110), bei welchen ein vorgegebener, maximal zulässiger Anstieg der Temperatur des Schaltelements (SE) innerhalb der vorgegebenen Ansteuerperiode eingehalten wird. Weiterhin werden die folgenden Schritte durchlaufen: a. Einschalten des Schaltelements (SE, 101); b. Ausschalten des Schaltelements (SE) bei zumindest Erreichen eines Vorgabewertes des Ausschaltstroms oder der Einschaltdauer (106); c. neuerliches Einschalten des Schaltelements (SE) nach Erreichen des Vorgabewertes der Ausschaltdauer (108). Dabei werden die Schritte b und c wiederholt, bis die Ausgangsspannung (U_A) einen Wert erreicht, welcher in Bezug auf die Eingangsspannung der elektronischen Sicherung (SI) eine vorgebbare Differenz unterschreitet, oder der Ausgangsstrom (I_A) einen vorgebbaren Dauerstrom (I_L) erreicht. Die Vorgabewerte von Einschaltdauer und/oder Ausschaltstrom sowie Ausschaltdauer werden beibehalten, bis auf Basis von Ausgangsspannung (U_A), Ausgangsstrom (I_A) und/oder Temperatur neue Vorgabewerte bestimmt wurden (103), wobei ein Tastverhältnis zwischen Einschaltdauer und Ausschaltdauer angepasst und der vorgegebene, maximal zulässige Anstieg der Temperatur am Schaltelement weiterhin eingehalten wird.

Beschreibung

Verfahren zur Reduktion einer thermischen Belastung eines steuerbaren Schaltelements

5

Technisches Gebiet

Die gegenständliche Erfindung betrifft ein Verfahren zur Reduktion einer thermischen Belastung eines steuerbaren Schaltelements einer elektronischen Sicherung beim Anschalten bzw. während eines Anschaltvorgangs einer Last, insbesondere einer Last mit kapazitivem Anteil bzw. einer kapazitiven Last. Dabei wird das Schaltelement mittels eines Ansteuersignals mit einer vorgegebenen Ansteuerperiode angesteuert, welche einen Einschaltdauer und einen Ausschaltdauer des Schaltelements aufweist.

Stand der Technik

Elektronische Sicherungen werden heutzutage bei einer Vielzahl an Geräten, insbesondere zwischen einer Spannungs- und/oder Stromversorgung und einer elektrischen Last, als Schutzvorrichtung eingesetzt. Durch eine elektronische Sicherung wird beispielsweise bei einem Kurzschluss oder einer Überlastung sicher und schnell ein Stromfluss in die derart abgesicherte Last bzw. Komponente (z.B. eine Steuerung, eine speicherprogrammierbare Schaltung, ein Prozessor, etc.) unterbrochen, um diese Last sowie zugehörige Zuleitungen vor Beschädigung oder Zerstörung zu schützen. Dazu umfasst eine elektronische Sicherung üblicherweise ein Schaltelement - meist einen Halbleiter-basierten Schalter, durch welchen der Stromkreis unterbrochen wird. Eine derartige elektronische Sicherung bzw. Überwachungseinheit für Stromversorgungen ist beispielsweise aus der Schrift EP 1 236 257 B1 bekannt.

35

Bei elektrischen Lasten mit kapazitiven Anteil bzw. bei kapazitiven Lasten können bei betriebsmäßigem Anschalten dieser Last an eine Spannungs- und/oder Stromversorgungsquelle (zumeist eine Gleichspannungsquelle) durch den kapazitiven An-

teil relativ rasch ansteigende Einschaltströme verursacht werden. Die kapazitiven Anteile der Last bzw. eine kapazitive Last stellt dabei einen idealen Kondensator dar, welcher beim Anlegen eines Spannungssprungs wie z.B. beim Anschalten an die Spannungsversorgung einen theoretisch gemäß der Formel $i_c(t) = C \cdot dU/dt$ unendlichen Stromimpuls zur Folge hat bzw. im Einschaltmoment einen idealen Kurzschluss darstellen kann. In der Praxis werden derartige Stromimpulse beispielsweise zumindest durch die parasitären, ohmschen Anteile der Leitungen, ohmsche Anteile des Schaltelements, einen äquivalenten Serienwiderstand (ESR), in welchem die ohmschen Leitungs- und die dielektrischen Umpolungsverluste des Kondensators zusammengefasst sind, etc. begrenzt.

Allerdings können derartige Einschaltströme immer noch Werte erreichen, durch welche es z.B. innerhalb einiger Millisekunden oder kürzer zu einem sehr raschen Anstieg der Temperatur des Schaltelements bis zu einer Schaltelement-spezifischen Abschalttemperatur kommen kann, bei welcher das Schaltelement abgeschaltet oder eine gegebenenfalls optionale, weitere Schutzvorrichtung (z.B. Schmelzsicherung, etc.) der elektronischen Sicherung ungewollt zum Auslösen gebracht wird. Dieser Temperaturanstieg kann beim Schaltelement z.B. vor allem aufgrund einer thermischen Belastung zu mechanischem Stress und mittelfristig zu Schäden am Schaltelement führen. So kann beispielsweise eine Verlötlung des Schaltelements auf einem Trägermaterial darunter leiden und damit die Lebensdauer des Schaltelements erheblich reduzieren werden, wenn derartige Temperaturanstiege öfter erfolgen.

Um eine Beschädigung des Schaltelements oder ein ungewolltes Auslösen einer gegebenenfalls optionalen, weiteren Schutzvorrichtung der elektronischen Sicherung beim Anschalten insbesondere einer Last mit kapazitivem Anteil zu verhindern, ist es notwendig, die Einschaltströme entsprechend zu begrenzen und damit die thermische Belastung des Schaltelements zu reduzieren. So können z.B. durch entsprechende Beschaltung des Schaltelements die Einschaltströme auf einen Wert begrenzt

werden, welcher für das Schaltelement keine Gefahr darstellt bzw. welcher unterhalb eines Abschaltstromwertes einer gegebenenfalls vorhandenen, zusätzlichen Sicherungsvorrichtung (z.B. zusätzliche Schmelzsicherung) liegt.

5

Dazu wird das Schaltelement beispielsweise derart beschaltet, dass es z.B. als gesteuerte Stromquelle eingesetzt wird - d.h. bei Verwendung eines Transistors (z.B. MOS-FETs) als Schaltelement wird der Transistor im so genannten Linearbetrieb betrieben. Bei Linearbetrieb ist der Transistor weder 10 völlig gesperrt noch völlig durchgeschaltet. Durch die entsprechende Beschaltung bzw. das Betreiben des Schaltelements im Linearbetrieb wird beispielsweise der Spannungssprung beim Anschalten der Last in einen konstanten Strom gewandelt, über 15 welchen der kapazitive Lastanteil aufgeladen wird, bis sich ein betriebsmäßiger Ausgangs- bzw. Laststrom einstellt. Dazu ist beispielsweise aus der Schrift US 6,225,797 B1 eine Schaltung zur Begrenzung eines Einschaltstroms durch einen Transistor bekannt. Allerdings hat sich dabei vor allem eine 20 Dimensionierung des Schaltelements bzw. des Transistors als schwierig erwiesen. Für einen Einsatz in der Praxis sind insbesondere leistungsfähige Bauteile notwendig, von welchen die Erfordernisse einer industriellen Anwendung erfüllt werden, aber deren Kosten immer noch ein vertretbares Maß aufweisen 25 müssen.

Aus der Schrift EP 1 384 303 B1 ist daher eine Stromversorgung mit Abschaltsicherung bekannt, bei welcher die Einschaltströme auf parallele Zweige und damit die Verlustenergie 30 auf zwei Schaltelemente im Linearbetrieb verteilt werden. Dabei weist einer der beiden Zweige einen zusätzlichen Leistungswiderstand zur Strombegrenzung auf. Um z.B. eine thermisch günstige Lastaufteilung zu erzielen, muss die Ansteuerung der Schaltelemente entsprechend gestaltet werden und die 35 Schaltung weist damit eine relativ aufwendige und komplexe Schaltungstopologie auf.

Eine weitere Möglichkeit, das Schaltelement vor thermischer Belastung zu schützen, stellen beispielsweise zusätzlich in die Schaltung eingebrachte Impedanzen dar. Dazu können beispielsweise so genannte Heißleiter oder NTC-Widerstände eingesetzt werden, welche z.B. in Serie zum Schaltelement angebracht werden. Ein Heißleiter bzw. NTC-Widerstand, welcher seine Leitfähigkeit mit steigender Temperatur verändert, kann beispielsweise im Einschaltmoment hochohmig einen hohen Einschaltstrom verringern. Im weiteren Verlauf wird er durch aufgenommene Verlustenergie niederohmig und kann den sich im Normalbetrieb einstellenden Dauerstrom leiten. Alternativ können z.B. auch so genannte Kaltleiter bzw. PTC-Widerstände seriell zum Schaltelement für eine Strombegrenzung im Einschaltmoment eingesetzt werden. Die Kaltleiter weisen allerdings den Nachteil auf, dass diese für einen Normalbetrieb aufgrund ihres Leitverhaltens vor allem bei hohen Temperaturen z.B. mittels eines Parallelpfades (z.B. bestehend aus einem Transistor oder Relais) deaktiviert werden müssen. Ein weiterer Nachteil des Einsatzes von thermisch sensitiven Widerständen wie z.B. Heißleiter oder Kaltleiter besteht auch in der erforderlichen Baugröße. Damit der thermisch sensitive Widerstand eine bei relativ hohen Einschaltströmen auftretende und abzuleitende Verlustenergie aufnehmen kann, sind zumeist relativ große Widerstandsdurchmesser notwendig. Die Herstellung solcher thermisch sensitiven Widerstände ist allerdings relativ aufwendig und kostenintensiv.

Weiterhin können die Einschaltströme mittels einer Beschaltung des Schaltelements derart begrenzt werden, dass eine Beschädigung des Schaltelements durch Vorgabe einer Grenztemperatur oder eines vorgegebenen, maximal zulässigen Temperaturhubs verhindert wird. D.h. der sich durch die Begrenzung ergebende Strom würde zwar nach einer Begrenzungszeit das Schaltelement thermisch überlasten, aber durch Vorgabe einer Grenztemperatur bzw. eines maximal zulässigen Temperaturhubs wird das Schaltelement abgeschaltet, bevor z.B. eine Beschädigung des Schaltelements eintreten kann.

Aus der Schrift DE 203 02 275 U1 ist beispielsweise ein elektronischer Schalter bekannt, bei welchem mittels einer Regeleinrichtung ein Strom durch einen MOS-FET auf einen vorgegebenen Referenzwert begrenzt wird. Dabei wird zusätzlich
5 die Temperatur des MOS-FETs überwacht und der Schalter bei Überschreiten eines vorgegebenen Temperaturschwellwertes abgeschaltet.

Aus der Schrift DE 10 2012 103 551 B4 ist ebenfalls eine
10 elektronische Sicherungsvorrichtung bekannt, bei welcher anhand einer Ausgangsspannung, welche an einer angeschlossenen Last anliegt, nach Auslösen der Sicherung bzw. nach Öffnen des Schaltelements festgestellt wird, ob ein Kurzschluss oder nur kurzzeitige Stromimpulse aufgrund von Einschaltströmen
15 bzw. des Ladens einer kapazitiven Last vorliegen. Dazu wird die Differenz zwischen einer vor und nach dem Öffnen des Schaltelements gemessenen Ausgangsspannung mit einem Schwellwert verglichen und das Schaltelement wieder geschlossen, wenn die Differenz den Schwellwert übersteigt. Dabei kann
20 auch eine Temperaturbestimmungsvorrichtung vorgesehen sein, welche anhand eines Ausgangsstroms die Temperatur des Schaltelements und/oder einer Schmelzsicherung abschätzt. Diese Information wird dann von einer Steuereinrichtung verwendet, um zu prüfen, ob die Temperatur unterhalb einer vorgegebenen
25 Temperaturschwelle liegt, und um damit eine dauerhafte Überlast oder eine Beschädigung des Schaltelements und/oder der Schmelzsicherung durch Öffnen des Schaltelements zu verhindern.

30 Der elektronische Schalter aus der Schrift DE 203 02 275 U1 sowie die elektronische Sicherung aus der Schrift DE 10 2012 103 551 B4 bleiben bei Überschreiten der vorgegebenen Temperaturschwelle ausgeschaltet. Es ist aber z.B. möglich, das Schaltelement nach einer definierten Abkühlzeit wieder einzu-
35 schalten, bis z.B. die vorgegebene Temperaturschwelle wieder erreicht wird. Durch ein derartiges wiederholtes Ein- und Ausschalten des Schaltelements wird beispielsweise der kapazitive Anteil der Last geladen. Die Einschaltstromspitzen

beim Einschalten des Schaltelements werden dadurch reduziert, bis sich ein betriebsmäßiger Dauerstrom (z.B. der am Ausgang der elektronischen Sicherung vorgegebenen Strom oder der Nennstrom) einstellt. Zum Abführen der durch die Stromimpulse
5 entstehende Verlustenergie bzw. Wärmeenergie werden z.B. parasitäre ohmsche Anteile von Leitungen, Klemmen, der äquivalenten Serienwiderstand (ESR), etc. genutzt, wobei durch die zeitliche Begrenzung der Energieimpulse vorerst nur unmittelbar am Stromfluss beteiligte Teile des Schaltelements die
10 Verlustenergie bzw. die entstehende Wärme aufnehmen können. Es entstehen damit relativ große Temperaturhübe, durch welche das Schaltelement relativ großem thermischen Stress ausgesetzt ist. Die Lebensdauer des Schaltelements, aber auch die Lebensdauer anderer Bauelemente der elektronischen Sicherung
15 können dadurch z.B. erheblich verkürzt werden. Vor allem Halbleiter-basierte Schaltelemente altern z.B. aufgrund thermischer Belastung wesentlich rascher.

Weiterhin ist aus der Schrift US 6,552,889 B1 ein Verfahren
20 zum Betreiben eines elektronischen Schaltelements, vor allem eines Metalloxid-Halbleiter-Feldeffekttransistor (MOS-FET) bekannt, durch welches sichergestellt wird, dass der MOS-FET unterhalb seiner maximal zulässigen Betriebsgrenzen, insbesondere für Temperatur und Strom, betrieben wird. Dazu ist
25 dem Schaltelement bzw. dem MOS-FET ein proportional verkleinerter Messtransistor zugeordnet, welcher mit dem gleichen Steuersignal wie der MOS-FET angesteuert wird und dadurch einen dem Stromfluss durch den MOS-FET proportionalen Messstrom aufweist. Sobald der am Messtransistor ermittelte Messstrom
30 erwarten lässt, dass ein vorgegebener maximal zulässiger Stromfluss über den MOS-FET erreicht oder überschritten ist, werden der MOS-FET sowie der Messtransistor abgeschaltet und die Schaltung in einen so genannten Puls-Gate-Betrieb versetzt. Bei diesem werden nach einer vorgegebenen Wartezeit
35 der MOS-FET wie der Messtransistor wieder langsam mittels eines rampenförmigen Steuersignals für eine vorgegebene Zeitdauer eingeschaltet und bei Erreichen des maximal zulässigen Stromflusses wieder ausgeschaltet. Diese Vorgehensweise wird

solange wiederholt, bis vom Stromfluss der vorgegebene, maximal zulässige Wert nicht mehr überschritten wird. Erst dann wird die Schaltung bzw. der MOS-FET in einen Normalbetrieb geschaltet, solange der Stromfluss unter dem vorgegebene, maximal zulässige Wert bleibt. Durch die fest vorgegebene Ausschaltdauer im Puls-Gate-Betrieb kann der MOS-FET zwar abkühlen, allerdings kann der Temperaturhub während der Einschaltdauer und das Abkühlen während der Ausschaltdauer aufgrund unterschiedlicher Umgebungsbedingungen sehr stark schwanken. Weiterhin kann es durch den Temperaturhub während der Einschaltdauer zu einer relativ starken Belastung des Schaltelements kommen, welche sich negativ auf die Lebensdauer auswirken kann.

15 **Darstellung der Erfindung**

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren anzugeben, durch welches auf einfache und kostensparende Weise eine thermische Belastung einer elektronischen Sicherung, insbesondere eines Schaltelements, bei Anschalten einer Last, insbesondere einer kapazitiven Last, reduziert und eine Lebensdauer der elektronischen Sicherung wesentlich erhöht wird.

25 Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren der eingangs genannten Art mit den Merkmalen gemäß dem unabhängigen Patentanspruch gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen beschrieben.

30 Erfindungsgemäß erfolgt die Lösung der Aufgabe durch ein Verfahren der eingangs erwähnten Art, bei welchem ein Schaltelement einer elektronischen Sicherung mittels eines Ansteuersignals angesteuert wird, wobei das Ansteuersignal eine vorgegebene Ansteuerperiode bestehend aus einer Einschaltdauer und einer Ausschaltdauer des Schaltelements aufweist. Während des Anschaltvorgangs der Last werden ein zeitlicher Verlauf von zumindest einer an der Last anliegenden Ausgangsspannung und/oder eines in die Last fließenden Ausgangsstroms und/oder

einer Temperatur des Schaltelements ermittelt. Weiterhin werden für die Einschaltdauer des Schaltelements und/oder für einen Ausschaltstrom und für die Ausschaltdauer des Schaltelements Vorgabewerte vorgegeben, bei welchen ein vorgegebener, maximal zulässiger Anstieg der Temperatur des Schaltelements innerhalb der vorgegebenen Ansteuerperiode eingehalten wird. Dabei werden die folgenden Schritte durchlaufen:

5

- a. Einschalten des Schaltelements;
- b. Ausschalten des Schaltelements bei zumindest Erreichen
10 des Vorgabewertes der Einschaltdauer oder des Ausschaltstroms; und
- c. neuerliches Einschalten des Schaltelements bei Erreichen des Vorgabewertes der Ausschaltdauer.

10

15

Dabei werden die Schritte b bis c wiederholt durchlaufen, bis vom ermittelten Verlauf der Ausgangsspannung ein Wert erreicht wird, bei welchem in Bezug auf eine Eingangsspannung der elektronischen Sicherung eine vorgebbare Differenz unterschritten wird - d.h., dass von einer Differenz aus Eingangsspannung und ermittelter Ausgangsspannung der elektronischen
20 Sicherung eine vorgebbare Differenz bzw. ein vorgebbarer Schwellwert unterschritten wird. Alternativ kann ein Durchlaufen der Schritte b bis c beendet werden, wenn vom ermittelten Verlauf des Ausgangsstroms ein vorgebbarer, maximaler Dauerstrom zumindest unterschritten wird. Beim wiederholten

20

25

Durchlaufen der Schritte b bis c werden die Vorgabewerte für die Einschaltdauer und/oder für den Ausschaltstrom und für die Ausschaltdauer solange beibehalten, bis auf Basis des ermittelten Verlaufs der Ausgangsspannung und/oder des Ausgangsstroms und/oder der Temperatur des Schaltelements neue

30

Vorgabewerte ermittelt werden. Die neuen Vorgabewerte werden dabei derart ermittelt, dass ein Tastverhältnis zwischen Einschaltdauer und Ausschaltdauer des Schaltelements derart angepasst wird, dass ein vorgegebener, maximal zulässiger Anstieg der Temperatur des Schaltelements innerhalb der An-

35

steuerperiode zumindest weiterhin eingehalten bzw. nicht erreicht wird. D.h. ein Verhältnis zwischen Ein- und Ausschaltdauer des Schaltelements innerhalb der vorgegebenen Ansteuerperiode wird entsprechend verändert - wird die Einschaltdauer

z.B. verlängert, so wird die Ausschaltdauer entsprechend verkürzt oder umgekehrt, damit die vorgegebene Ansteuerperiode (z.B. eine Zeitdauer von 100µs bis 10ms) eingehalten bleibt.

5 Der Hauptaspekt der erfindungsgemäß vorgeschlagenen Lösung besteht darin, dass durch das Ansteuersignal ein Temperaturanstieg innerhalb der vorgegebenen Ansteuerperiode des Ansteuersignals beim Anschalten der Last verlangsamt und begrenzt wird. Die Ansteuerperiode kann dabei eine Zeitdauer
10 aufweisen, welche vorzugsweise zwischen 100µs bis 10ms, idealerweise bei 1ms, liegt. Dazu wird das Schaltelement anfänglich wiederholend mit dem Ansteuersignal derart angesteuert, dass es nur für eine relativ kurze Einschaltdauer eingeschaltet und in einem Linearbetrieb betrieben wird - d.h. es werden
15 im Verhältnis zur Ausschaltdauer niedrige Vorgabewerte für die Einschaltdauer bzw. den Ausschaltstrom vorgegeben. Mit steigender Ausgangsspannung an der Last und/oder gegen den vorgebbaren, maximalen Dauerstrom an der Last sinkendem Ausgangstrom bzw. solange von der Temperatur des Schaltelements eine vorgegebene Schaltelement-Maximaltemperatur (z.B. durch Hersteller bzw. Datenblatt angegebene maximal zulässige Schaltelementtemperatur, Auslösetemperatur einer integrierten Schutzvorrichtung, etc.) nicht erreicht wird, können neue
20 Vorgabewerte für Einschaltdauer und/oder Ausschaltstrom sowie Ausschaltdauer dem erfindungsgemäßen Verfahren vorgegeben
25 werden.

Dabei wird die Einschaltdauer im Verhältnis zur Ausschaltdauer vergrößert - d.h. das Schaltelement bleibt während der
30 vorgegebenen Ansteuerperiode des Ansteuersignals länger eingeschaltet, während die Ausschaltdauer im Maß einer Verlängerung der Einschaltdauer reduziert wird. Dabei wird allerdings darauf geachtet, dass der vorgegebene, maximal zulässige Anstieg der Temperatur des Schaltelements innerhalb der Ansteuerperiode
35 zumindest nicht erreicht bzw. unterschritten wird. Weiterhin ist die vorgegebene Ansteuerperiode und/oder eine Frequenz des Ansteuersignals derart gewählt, dass der vorgegebene, maximal zulässige Anstieg der Temperatur des

Schaltelements innerhalb der vorgegebenen Ansteuerperiode eingehalten wird. Die Temperaturanstiege des Schaltelements je Einschaltdauer (Erwärmung) werden damit auf einen Wert begrenzt, welcher beispielsweise nur einen Bruchteil (z.B. 1/10 bis 1/50) eines Gesamttemperaturanstiegs des Schaltelements von Raumtemperatur (z.B. 25°C) auf vorgegebene Schaltelement-Maximaltemperatur (z.B. 175°C) ausmacht und einen vorgegebenen, maximal zulässigen Anstieg der Temperatur des Schaltelements je Ansteuerperiode nicht überschreitet bzw. maximal erreicht. Durch die jeweilige Ausschaltdauer wird dem Schaltelement zusätzlich Zeit für eine Abkühlung gegeben. Damit wird die thermische Belastung des Schaltelements - wie z.B. mechanischer Stress einer Verlotung zwischen Bauelement und Trägermaterial, etc. - reduziert und die Lebensdauer des Schaltelements verlängert.

Weiterhin wird durch das erfindungsgemäße Verfahren eine Erwärmung des Schaltelements während des Anschaltvorgangs einer Last, insbesondere kapazitiven Last, auf eine Vielzahl relative kleiner „Mikro“-Temperaturhübe aufgeteilt, wobei durch die entsprechenden Vorgabewerte für Einschaltdauer bzw. Ausschaltstrom, bei welchen das Schaltelement ausgeschaltet wird, der Temperaturanstieg im Schaltelement je Ansteuerperiode möglichst gering gehalten bzw. ein Stromimpuls kurz gehalten wird. Dadurch wird eine Erwärmungsgeschwindigkeit des Schaltelements idealerweise gesenkt bzw. ein annähernd linearer Temperaturanstieg am Schaltelement während des gesamten Anschaltvorgangs der Last, welcher sich über eine längere Zeit erstreckt, erreicht. So können sich z.B. Lötstellen des Schaltelements gleichmäßiger erwärmen und eine im Schaltelement umgesetzte Verlustenergie, welche durch das Laden der kapazitiven Anteile der Last entsteht, auf eine größere thermische Masse verteilt werden. D.h. die beim Anschalten der Last mit kapazitivem Anteil in Form von Wärme entstehende Verlustenergie kann effizienter vom Schaltelement an die unmittelbare Umgebung wie z.B. Gehäuse und in weiterer Folge über die Luft abgeführt oder an Kühleinrichtungen (z.B. Kühlkörper, Kupferflächen, etc.) abgegeben werden. Damit kann

vom Schaltelement insgesamt mehr Verlustenergie aufgenommen und so beispielsweise eine Last mit größerem kapazitiven Anteil geschaltet werden, ohne dass das Schaltelement z.B. beschädigt wird. Durch die Reduktion des Temperaturanstiegs sowie einer damit verbundenen effizienteren Verteilung der Verlustenergie bzw. der entstandenen Wärme wird die Lebensdauer des Schaltelements bzw. der elektronischen Sicherung erhöht.

Zusätzlich wird auch eine gegebenenfalls optional vorhandene zusätzliche Schutzvorrichtung (z.B. Schmelzsicherung) entlastet sowie deren Dimensionierung vereinfacht. Eine solche zusätzliche Schutzvorrichtung sollte im Fehlerfall bei Versagen der elektronischen Sicherung (z.B. Kurzschluss, etc.) entsprechend den Anforderungen beispielsweise zum Schutz der Kabel, etc. auslösen, aber im Fall von Einschaltstromspitzen nicht ansprechen. Beim Anschaltvorgang der Last können für eine derartige Schutzvorrichtung z.B. kostengünstigere Varianten bzw. Produkte verwendet werden.

Idealerweise können die Vorgabewerte für die Einschaltdauer und/oder den Ausschaltstrom sowie die Ausschaltdauer unverändert beibehalten werden, wenn der vorgegebene, maximal zulässige Anstiegs der Temperatur des Schaltelements in der jeweiligen Ansteuerperiode zumindest erreicht wird. D.h. erwärmt sich das Schaltelement zumindest in der Höhe des vorgegebenen, maximal zulässigen Temperaturanstiegs, so werden keine neuen Vorgabewerte für das erfindungsgemäße Verfahren vorgegeben, um eine thermische Belastung weiterhin so gering wie möglich zu halten bzw. ein Auslösen einer gegebenenfalls optional vorhandene zusätzliche Schutzvorrichtung zu verhindern.

Werden neue Vorgabewerte ermittelt, so ist es günstig, wenn mit einem Steigen der an der Last anliegenden Ausgangsspannung und/oder einem Absinken des in die Last fließenden Ausgangsstroms gegen den vorgebbaren, maximalen Dauerstrom das Tastverhältnis zwischen Einschaltdauer und Ausschaltdauer verringert wird. D.h. solange bei Ausführung des Verfahrens

ein für die Ansteuerperiode vorgegebener, maximal zulässiger Anstieg der Temperatur des Schaltelements innerhalb der Ansteuerperiode zumindest nicht erreicht wird, wird der Vorgabewert der Einschaltdauer und/oder des Ausschaltstroms mit der steigender Ausgangsspannung und/oder mit dem gegen den vorgebbaren, maximalen Dauerstrom sinkenden Ausgangsstrom in einem Maß erhöht, in welchem der Vorgabewert der Ausschaltdauer verringert wird, um die vorgegebene Ansteuerperiode einzuhalten. Die vorgegebene Ansteuerperiode liegt dabei vorzugsweise zwischen 100µs und 10ms - idealerweise bei 1ms.

Es ist vorteilhaft, wenn aus dem jeweils ermittelten, zeitlichen Verlauf der Ausgangsspannung und/oder des Ausgangsstroms und/oder gegebenenfalls der Temperatur des Schaltelements die neue Vorgabewerte für Einschaltdauer und/oder Ausschaltstrom und Ausschaltdauer des Schaltelements abgeleitet sowie das Ansteuersignal an die neuen Gegebenheiten angepasst werden. Da sich aufgrund des Ladens der kapazitiven Lastanteile die Einschaltstromspitzen und damit die Verlustenergie im Schaltelement reduzieren - bis bei vollständiger Ladung der kapazitiven Lastanteile ein vorgebbarer, maximaler Dauerstrom erreicht wird, können die Vorgabewerte entsprechend angepasst werden. D.h. die Einschaltdauer des Schaltelements kann beispielsweise verlängert und/oder der Ausschaltstrom z.B. erhöht sowie die Ausschaltdauer des Schaltelements z.B. entsprechend verkürzt werden. Weiterhin kann ein Anschalten einer rein ohmschen Last mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens durch das Ermitteln des zeitlichen Verlaufs insbesondere der Ausgangsspannung sehr rasch - d.h. idealerweise bereits beim ersten Schaltzyklus des Schaltelements - erkannt werden. Zusätzlich lässt sich mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens auch ein Kurzschluss in wenigen Schaltzyklen des Schaltelements leicht erkennen.

Für ein Ermitteln der neuen Vorgabewerte von Einschaltdauer und/oder Ausschaltstrom sowie Ausschaltdauer ist es günstig, wenn der jeweils ermittelte, zeitliche Verlauf der Ausgangsspannung, des Ausgangsstroms und/oder der Temperatur des

Schaltelements gemittelt wird. Dabei wird der jeweilige ermittelte, zeitliche Verlauf beispielsweise über eine Ermittlungsdauer der neuen Vorgabewerte gemittelt und damit z.B. brauchbare Werte für das Ermittlungsverfahren generiert. Ein
5 Mitteln des jeweiligen zeitlichen Verlaufs kann beispielsweise mittels mathematischer Methoden wie z.B. Bildung von arithmetischen Mittelwerten, Bildung von Effektivwerten, etc. erfolgen. Alternativ kann das Mitteln z.B. auch durch Filterung (z.B. mittels einer Tiefpassfilters oder Hochpassfilters
10 beliebiger Ordnung) oder durch Ausschluss oder Auswahl bzw. Selektion von Werten aus dem jeweils ermittelten, zeitlichen Verlauf erfolgen.

Weiterhin ist es von Vorteil, wenn erste Vorgabewerte für die
15 Einschaltdauer und/oder den Ausschaltstrom sowie die Ausschaltdauer anhand eines thermischen Modells des Schaltele- ments bestimmt werden. Weiterhin ist es günstig, wenn der vorgegebene, maximal zulässige Anstieg der Temperatur des Schaltele- ments innerhalb der Ansteuerperiode ebenfalls auf
20 Basis des thermischen Modells des Schaltelelements bestimmt wird. Als thermisches Modell für das Schaltelement kann beispielsweise ein so genanntes Cauer-Netzwerk oder ein so ge- nanntes Foster-Netzwerk verwendet werden, durch welche eine thermische Charakterisierung zumindest des Schaltele- ments
25 oder der elektrischen Sicherung vorgenommen werden kann. Mit Hilfe dieser Netzwerke, in welchen thermisch relevante Schichten im Wärmepfad z.B. durch thermische Widerstände und Wärmekapazitäten dargestellt werden, können beispielsweise sehr rasch Temperaturen in einem elektronischen System wie
30 z.B. einem elektrischen Schaltelement abgeschätzt bzw. berechnet werden. Damit lassen sich anhand des thermischen Modells des Schaltelelements beispielsweise sehr einfach erste Vorgabewerte für Einschaltdauer und/oder Ausschaltstrom sowie Ausschaltdauer des Schaltelelements als Startwerte für das er- findungsgemäße Verfahren oder die Ansteuerperiode sowie ein
35 maximal, zulässiger Temperaturanstieg innerhalb der Ansteuerperiode ermitteln, wobei z.B. thermische Gegebenheiten des jeweils in der elektronischen Sicherung verwendeten Schalt-

elements (z.B. Junction-Temperatur bei einem Transistor als Schaltelement, thermische Kapazitäten des Schaltelements, Weiterleitungsfähigkeit der Verlustenergie bzw. Wärme, etc.) abgeschätzt und berücksichtigt werden können.

5

Vom jeweiligen thermischen Modell kann idealerweise zusätzlich ein durch das Ansteuersignal vorgegebener, maximal möglicher Stromanstieg des Ausgangsstroms am Schaltelement berücksichtigt werden. Damit kann auf einfache Weise eine vom Stromanstieg abhängige Entwicklung der Verlustenergie bzw. Wärme im Schaltelement bzw. in der elektronischen Sicherung und eine vom Stromanstieg im Schaltelement abhängige Temperaturentwicklung abgeschätzt werden. Insbesondere die ersten Vorgabewerte für die Einschaltdauer und/oder den Ausschaltstrom sowie die Ausschaltdauer als Startwerte für das erfindungsgemäße Verfahren können damit auf einen maximal zulässigen Temperaturanstieg innerhalb der vorgegebenen Ansteuerperiode angepasst werden.

Alternativ oder zusätzlich kann in Schritt b) das Schaltelement bei zumindest Erreichen des vorgegebene, maximal zulässige Anstieg der Temperatur des Schaltelements abgeschaltet werden. Dazu kann z.B. der ermittelte zeitliche Verlauf der Temperatur des Schaltelements herangezogen werden, um einen in der jeweiligen Ansteuerperiode aktuellen Temperaturanstieg des Schaltelements zu ermitteln. Alternativ kann z.B. ein aktueller Temperaturanstieg des Schaltelements in der jeweiligen Ansteuerperiode auch anhand des ermittelten zeitlichen Verlaufs des in Last fließenden Ausgangsstroms und errechnet werden, da die Verlustleistung proportional zum über das Schaltelement in die Last fließenden Ausgangsstrom ist.

Weiterhin kann es günstig sein, wenn in Schritt b) alternativ oder zusätzlich der ermittelte, zeitliche Verlauf der Temperatur des Schaltelements mit einer vorgebbaren Grenztemperatur verglichen und das Schaltelement bei zumindest Erreichen dieser Grenztemperatur abgeschaltet wird. Die vorgebbare Grenztemperatur (z.B. eine Temperatur unterhalb einer maximal

zulässige Schaltelementtemperatur oder Auslösetemperatur einer integrierten Schutzvorrichtung) kann ebenfalls in vorteilhafter Weise anhand des thermischen Modells des Schaltelements ermittelt werden.

5

Die Temperatur des Schaltelements kann unmittelbar - d.h. direkt im Schaltelement - oder mittelbar an einem Gehäuse des Schaltelements bestimmt werden. Bei einer mittelbaren Temperaturbestimmung wird z.B. eine Temperatur am Gehäuse oder in einer direkten Umgebung des Schaltelements gemessen. Anhand der gemessenen Temperaturwerte kann dann auf eine Temperatur innerhalb des Schaltelements rückgeschlossen werden. Für eine direkte Temperaturbestimmung kann beispielsweise ein Schaltelement mit integrierter Temperaturmessung verwendet werden, bei welchem z.B. direkt eine Junction-Temperatur bestimmt wird. Durch die Nutzung der Temperatur des Schaltelements als Abschaltkriterium für das Schaltelement können sehr leicht Beschädigungen des Schaltelements oder ein Auslösen einer gegebenenfalls zusätzlichen, integrierten Schutzvorrichtung verhindert werden.

Eine bevorzugte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass das Ansteuersignal aus einem Vorgabesignal abgeleitet wird. Dieses Vorgabesignal wird idealerweise aus dem jeweils ermittelten, zeitlichen Verlauf der Ausgangsspannung und/oder des Ausgangsstroms und/oder der Temperatur des Schaltelements ermittelt und in vorteilhafter Weise von einer Auswerteeinheit generiert. D.h. von der Auswerteeinheit werden anhand des zeitlichen Verlaufs der Ausgabespannung, des Ausgabestroms und/oder der Temperatur während des erfindungsgemäßen Verfahrens die neuen - an die jeweiligen Gegebenheiten (z.B. Ladezustand der kapazitiven Lastanteile, aktuelle Temperatur des Schaltelements, etc.) angepassten - Vorgabewerte ermittelt bzw. berechnet und anhand des Vorgabesignals an eine Ansteuereinheit weitergegeben.

Von der Ansteuereinheit wird dann aus dem Vorgabesignal das Ansteuersignal für das Schaltelement erzeugt. Das Ansteuer-

signal ist dabei idealerweise als rampenförmiges Signal aus-
gestaltet, mit welchem das Schaltelement angesteuert wird
(z.B. rampenförmiges Signal für Gate-Source-Spannung bei ei-
nem Transistor als Schaltelement). Durch eine Rampenform des
5 Ansteuersignals kann beispielsweise der durch das Schaltele-
ment fließende Ausgangsstrom während des Anschaltvorgangs im
Anstieg $di(t)/dt$ und/oder im erreichten Stromwert begrenzt
werden. Damit kann beispielsweise der Temperaturanstieg des
Schaltelements möglichst gering gehalten bzw. auf den vorge-
10 gebenen, maximal zulässigen Anstieg der Temperatur des
Schaltelements begrenzt werden.

Eine zweckmäßige Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass
zum Ermitteln des zeitlichen Verlaufs von zumindest der an
15 der Last anliegenden Ausgangsspannung und/oder des in die
Last fließenden Ausgangsstroms und/oder der Temperatur des
Schaltelements eine Überwachungseinheit vorgesehen wird. In
der Überwachungseinheit können z.B. in vorteilhafter Weise
mittels unterschiedlicher Messeinheiten ermittelte Werte von
20 Ausgangsspannung, Ausgangsstrom und/oder Temperatur zu zeit-
lichen Verläufen zusammengefasst und gegebenenfalls Mittel-
werte z.B. über einen Berechnungszeitraum bestimmt werden.
Die von der Überwachungseinheit ermittelten Verläufe und/oder
Werte können dann zur weiteren Verwendung wie z.B. der Be-
25 rechnung neuer Vorgabewerte an die Auswerteeinheit wei-
tergeleitet werden.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfah-
rens sieht vor, dass eine Impedanz zusätzlich in Serie zum
30 Schaltelement angebracht wird. Durch Verwendung einer Impe-
danz, welche z.B. als ohmscher Widerstand mit fixer oder va-
riabler Widerstandswert ausgeführt ist, kann der Stromanstieg
beim Anschalten der Last zusätzlich gedämpft und verzögert
werden. In der Folge wird dadurch auch der Temperaturanstieg
35 im Schaltelement verlangsamt sowie eine strombegrenzende Wir-
kung von z.B. parasitären Verlusten (z.B. Leitungsverluste,
Innenwiderstand des Schaltelements, etc.) verstärkt. Alterna-
tiv kann die Impedanz auch als Induktivität ausgestaltet

sind, durch welche beim Einschalten des Schaltelements ein zu rascher Stromanstieg verhindert wird.

Als Schaltelement kann in der elektronischen Sicherung idealerweise ein Transistor, insbesondere ein so genannter Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffekttransistor oder MOS-FET, verwendet werden. Ein MOS-FET gehört zu den Feldeffekttransistoren mit isoliertem Gate, bei welchem die Ansteuerung über eine Steuerspannung (Gate-Source-Spannung) als Ansteuersignal erfolgt. Der Einsatz eines MOS-FETs stellt eine einfache und kostengünstige Realisierung des Schaltelements dar, wobei MOS-FET eine relativ hohe Schaltgeschwindigkeit aufweisen können.

Eine spezielle Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass das Schaltelement gemeinsam mit der Überwachungseinheit und der Ansteuereinheit als so genanntes integriertes Bauelement ausgeführt wird. Dadurch kann die Schaltung der elektronischen Sicherung einfacher gestaltet und die Baugröße weiter verringert werden.

20

Kurzbeschreibung der Zeichnung

Die Erfindung wird nachfolgend in beispielhafter Weise anhand der beigefügten Figuren erläutert. Es zeigen beispielhaft:

25

Figur 1 eine elektronische Sicherung zur Durchführung des Verfahrens zur Reduktion einer thermischen Belastung eines Schaltelements

Figur 2 einen beispielhaften Ablauf des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Reduktion einer thermischen Belastung eines Schaltelements bei Anschalten einer Last

Figur 3 beispielhaft und schematisch zeitliche Verläufe eines Ansteuersignals für das Schaltelement, eines Ausgangsstroms, einer Ausgangsspannung sowie einer Temperatur des Schaltelements während des Ablaufs des erfindungsgemäßen Verfahrens

35

Ausführung der Erfindung

Figur 1 zeigt beispielhaft und in schematischer Weise eine elektronische Sicherung SI mit zumindest einem steuerbaren Schaltelement SE, welche zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Reduktion einer thermischen Belastung eines Schaltelements SE eingerichtet ist. Die elektronische Sicherung SI kann beispielsweise als Schutzvorrichtung zwischen einer Versorgungsquelle, und eine elektrische Last L geschaltet werden. Als Versorgungsquelle wird beispielsweise eine Spannungsquelle verwendet, von welcher eine Eingangsspannung U_E geliefert wird. Die elektrische Last L umfasst beispielsweise einen ohmschen Anteil R_L und einen kapazitiven Anteil C_L , welcher bei einem Anschaltvorgang bzw. im Einschaltmoment im Schaltelement SE der elektrischen Sicherung SI zu relativ hohen Einschaltströmen führen kann. Weiterhin kann die elektrische Last z.B. auch einen induktiven Anteil aufweisen. An der Last L liegt eine Ausgangsspannung U_A der elektrischen Sicherung SI an. Es fließt ein Ausgangsstrom I_A der elektrischen Sicherung SI in die Last L, wobei für einen laufenden Betrieb der Sicherung ein maximal zulässiger Dauerstrom I_L einstellbar ist. Dieser Dauerstrom I_L kann beispielsweise einem so genannten Nennstrom für die elektrische Last L entsprechen oder einen vorgebbaren, meist unterhalb des Nennstroms liegenden Wert annehmen. Während des Anschaltvorgangs kann der Ausgangsstrom I_A Werte annehmen, welche oberhalb des Wertes des Dauerstroms I_L liegen.

Zusätzlich sind z.B. Leitungsverluste, Kupfer- und Leitungsverluste der Sicherung SI, Innenwiderstand der Versorgungsquelle, etc. als parasitärer, ohmscher Widerstand R_p dargestellt, durch welchen die Einschaltströme bzw. die Stromimpuls während des Anschaltvorgangs zumindest geringfügig begrenzt werden. Für eine weitere Begrenzung der Einschaltströme kann beispielsweise eine mit dem Schaltelement SE in Serie angebrachte - in Figur 1 nicht dargestellte - Impedanz vorgesehen werden. Diese Impedanz kann z.B. als ohmscher Widerstand mit einem fixen oder variablen Widerstandswert (z.B.

als Thermistor) ausgeführt sein. Alternativ kann für diese Impedanz auch eine Induktivität verwendet werden, durch welche ein zu rascher Stromanstieg bei betriebsmäßigen Anschaltvorgang der Last L an das Schaltelement SE verhindert wird.

5

Die elektrische Sicherung SI kann neben dem steuerbaren Schaltelement SE optional eine zusätzliche Schutzvorrichtung SV aufweisen. Als zusätzliche Schutzvorrichtung SV kann beispielsweise eine Schmelzsicherung eingesetzt werden, welche im Fehlerfall (z.B. bei einem Kurzschluss, etc.) ansprechen soll, allerdings durch bei einem betriebsmäßigen Anschaltvorgang entstehende Stromimpulse bzw. Einschaltströme nicht zum Auslösen gebracht werden soll.

15 Als Schaltelement SE kann in der elektrischen Sicherung z.B. ein Transistor - insbesondere ein so genannter Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffekttransistor oder MOS-FET - eingesetzt werden. Idealerweise wird ein n-Kanal-MOS-FET verwendet. Das Schaltelement SE wird über ein Ansteuersignal AS mit einer
20 vorgegebenen Ansteuerperiode angesteuert, welches bei einem MOS-FET als Schaltelement SE beispielsweise als so genannte Gate-Source-Spannung angelegt wird. Die Ansteuerperiode besteht aus einer Einschaltdauer und einer Ausschaltdauer des Schaltelements und kann z.B. eine Dauer von $100\mu\text{s}$ bis zu 10ms
25 - idealerweise von 1ms - aufweisen. Durch das Ansteuersignal AS kann z.B. ein maximal möglicher Stromanstieg $di_A(t)/dt$ des in die Last L fließenden Ausgangsstroms I_A beim Anschaltvorgang der Last L begrenzt. Das Ansteuersignal AS wird aus einem Vorgabesignal VS mittels einer Ansteuereinheit AE erzeugt
30 und ist beispielsweise - wie z.B. in Figur 3 dargestellt - rampenförmig ausgestaltet. Durch das Ansteuersignal AS wird der Temperaturanstieg des Schaltelements SE während der Ansteuerperiode und gegebenenfalls der Stromanstieg $di_A(t)/dt$ des in die Last L fließenden Ausgangsstroms I_A gesteuert, wobei
35 die Rampenform bzw. eine Steigung des Ansteuersignals AS z.B. den Ausgangsstrom I_A durch das Schaltelement SE geregelt ansteigen lässt und damit einen Temperaturanstieg des Schaltelements während der jeweiligen Ansteuerperiode, insbesondere

innerhalb der jeweiligen Einschaltdauer des Schaltelements möglichst gering hält bzw. auf einen vorgegebenen, maximal zulässigen Anstieg der Temperatur begrenzt.

- 5 Das Vorgabesignal VS wird von einer Auswerteeinheit AW auf Basis eines zeitlichen Verlaufs des Ausgangsstroms I_A und/oder der Ausgangsspannung U_A und/oder einer Temperatur des Schaltelements SE ermittelt. D.h. für die Erzeugung des Vorgabesignals VS, welches auch Vorgabewerte wie z.B. Aus-
- 10 schaltdauer, Einschaltdauer und/oder Ausschaltstrom für das erfindungsgemäße Verfahren inkludiert, wird zumindest einer der zeitlichen Verläufe von Ausgangsstrom I_A oder Ausgangsspannung U_A oder Temperatur des Schaltelements SE als Führungsgröße herangezogen. Das Vorgabesignal VS kann als
- 15 pulsweitenmoduliertes Rechtecksignal ausgestaltet sein und gibt beispielsweise durch die Berücksichtigung der Vorgabewerte die jeweilige Ausgestaltung des Ansteuersignals AS (z.B. Steigung und Länge der Rampenform) vor.
- 20 Für die Ermittlung der zeitlichen Verläufe von Ausgangsstrom I_A und/oder Ausgangsspannung U_A und/oder der Temperatur des Schaltelements SE wird eine Überwachungseinheit UE vorgesehen. Durch die Überwachungseinheit UE werden beispielsweise Messwerte von Ausgangsstrom I_A und/oder Ausgangsspannung U_A
- 25 und/oder Temperatur des Schaltelements SE gesammelt, welche z.B. von entsprechenden Sensor- oder Messvorrichtungen T_{SE} , A, V ermittelt werden. Insbesondere kann dabei die Temperatur des Schaltelements SE - wie beispielhaft in Figur 1 dargestellt - unmittelbar direkt am Schaltelement SE bestimmt wer-
- 30 den. Alternativ kann die Temperatur des Schaltelements SE auch mittelbar an einem Gehäuse des Schaltelements SE ermittelt werden. Dabei wird beispielsweise anhand einer gemessenen Gehäusetemperatur auf eine Temperatur bzw. auf einen Temperaturanstieg des Schaltelements SE, vor allem auf die so
- 35 genannte Junction-Temperatur, zurückgeschlossen. Eine derartige Abschätzung der Temperatur des Schaltelements SE bzw. des zugehörigen, zeitlichen Verlaufs kann z.B. von der Überwachungseinheit UE vorgenommen werden.

Weiterhin kann das Schaltelement SE als integriertes Bauelement ausgeführt sein, wobei dieses integrierte Bauelement zumindest die Überwachungseinheit UE und die Ansteuereinheit AW sowie gegebenenfalls vorhandene Sensor- oder Messvorrichtungen T_{SE} , A, V für z.B. Temperatur, Strom und/oder Spannung
5 umfassen kann.

Figur 2 zeigt beispielhaft einen bevorzugten Ablauf des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Reduktion der thermischen Belastung eines steuerbaren Schaltelements SE einer elektrischen Sicherung SI wie beispielhaft in Figur 1 dargestellt.
10 Das Verfahren beginnt mit einem Initialisierungs- oder Kalibrierungsschritt 100. Im Kalibrierungsschritt 100 werden anhand eines thermischen Modells des Schaltelements SE wie z.B. dem so genannten Cauer-Netzwerk oder dem so genannten Foster-Netzwerk erste Vorgabewerte für eine Einschaltdauer des Schaltelements SE und/oder einen Ausschaltstrom sowie für einen Ausschaltdauer des Schaltelements SE als Startwerte bestimmt, wobei beispielsweise von den ersten Vorgabewerten
15 bzw. Startwerten für die Einschaltdauer und die Ausschaltdauer die vorgegebene Ansteuerperiode gebildet werden kann.
20

Dabei können beispielsweise spezifische Parameter und/oder Vorgaben des jeweils in der elektrischen Sicherung SI verwendeten Schaltelements SE wie z.B. maximal zulässige Junction-Temperatur, etc. berücksichtigt werden. Weiterhin werden vom thermischen Modell der maximal mögliche Stromanstieg des Ausgangsstrom I_A und/oder ein maximal zulässiger Anstieg der Temperatur des Schaltelements SE für die vorgegebene Ansteuerperiode (z.B. maximal zulässiger Temperaturhub der Junction-Temperatur innerhalb eines Schaltzyklus des Schaltelements SE) abgeleitet. D.h. im Kalibrierungsschritt 100 werden aus dem thermischen Modell des Schaltelements SE für eine ungünstige Kombination der ohmschen Anteile R_L und der kapazitiven Anteil C_L der Last L z.B. ein maximal zulässiger Temperaturhub innerhalb der vorgegebenen Ansteuerperiode (z.B. der Junction-Temperatur, der Schaltelementtemperatur) und/oder ein maximal zulässiger Stromanstieg $di_A(t)/dt$ des
25
30
35

Ausgangsstroms I_A ermittelt. Daraus können z.B. die ersten Vorgabewerte für die Einschaltdauer und/oder einen Ausschaltstrom sowie für einen Ausschaltdauer des Schaltelements SE sowie das von der Auswerteeinheit AW generierte Vorgabesignal VS abgeleitet werden. Das Vorgabesignal VS - basierend auf den ersten Vorgabewerten - wird dann an die Ansteuereinheit AE weitergeleitet und daraus das erste Ansteuersignal AS für das Schaltelement SE z.B. als rampenförmiges Ansteuersignal AS erzeugt.

10

In einem Einschaltsschritt 101 wird das Schaltelement SE angesteuert durch das Ansteuersignal AS eingeschaltet und der Anschaltvorgang gestartet. Dabei wird das Schaltelement SE vom Ansteuersignal AS derart angesteuert, dass ein Temperaturanstieg des Schaltelements SE möglichst gering bleibt bzw. der vorgegebene, maximal zulässige Anstieg der Temperatur des Schaltelements SE möglichst nicht erreicht bzw. nicht überschritten wird. Vor allem wird darauf geachtet, dass insbesondere ein zeitlicher Verlauf der Junction-Temperatur des Schaltelements SE einen kritischen Wert der Junction-Temperatur nicht übersteigt und keine Schädigung des Schaltelements SE eintritt. Dazu kann beispielsweise mittels des Ansteuersignals AS der Anstieg der Temperatur des Schaltelements innerhalb einer Ansteuerperiode direkt oder indirekt durch eine Begrenzung des in die Last L fließende Ausgangsstrom I_A bzw. des entsprechenden Stromanstiegs $di_A(t)/dt$ beim Anschalten der Last L begrenzt werden. Parallel zum Einschaltsschritt 101 wird in einem Messschritt 102 z.B. mit Hilfe von Sensor- oder Messvorrichtungen T_{SE} , A, V zumindest einer der zeitlichen Verläufe von Ausgangsstrom I_A und/oder Ausgangsspannung U_A und/oder Temperatur des Schaltelements SE von der Überwachungseinheit UE ermittelt.

30

35

Auf Basis der jeweils im Messschritt 102 ermittelten, zeitlichen Verläufe von Ausgangsstrom I_A und/oder Ausgangsspannung U_A und/oder Temperatur des Schaltelements SE werden dann in einem Ermittlungsschritt 103 z.B. von der Auswerteeinheit AW neue Vorgabewerte für die Einschaltdauer des Schaltelements

SE und/oder den Ausschaltstrom sowie die Ausschaltdauer des Schaltelements SE bestimmt, wobei ein Tastverhältnis zwischen Einschaltdauer und Ausschaltdauer angepasst wird. So kann z.B. die Einschaltdauer durch einen entsprechenden neuen Vorgabewert für die Einschaltdauer und/oder den Ausschaltstrom in einem Maß verlängert, in welchem die Ausschaltdauer durch einen neuen Vorgabewert für die Ausschaltdauer reduziert wird. Weiterhin wird darauf geachtet, dass der vorgegebene, maximal zulässige Temperaturanstieg des Schaltelements SE innerhalb der Ansteuerperiode zumindest nicht erreicht wird bzw. eingehalten wird.

Dazu können beispielsweise die jeweils ermittelten, zeitlichen Verläufe von Ausgangsstrom I_A und/oder Ausgangsspannung U_A und/oder Temperatur des Schaltelements SE direkt oder in gemittelter Form herangezogen werden. Ein Mitteln der einzelnen ermittelten, zeitlichen Verläufe von Ausgangsstrom I_A und/oder Ausgangsspannung U_A und/oder Temperatur des Schaltelements SE kann beispielsweise mathematisch - z.B. durch Bildung des jeweiligen arithmetischen Mittels oder durch Bildung von Effektivwerten - erfolgen oder alternativ mittels Filterung (beispielsweise mit Tiefpass- oder Hochpassfiltern beliebiger Ordnung) oder mittels Ausschluss oder Selektion von ermittelten Werten aus dem jeweiligen zeitlichen Verlauf durchgeführt werden.

Weiterhin werden der Messschritt 102 sowie der Ermittlungsschritt 103 parallel zu bzw. weitgehend unabhängig von anderen Schritten zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens durchgeführt. In einem Vorgabenprüfschritt 109 wird dann geprüft, ob von der Auswerteeinheit AW neue Vorgabewerte für die Einschaltdauer und/oder den Ausschaltstrom sowie die Ausschaltdauer bestimmt wurden.

In einem Abbruchprüfschritt 104 wird geprüft, ob vom ermittelten, zeitlichen Verlauf der Ausgangsspannung U_A ein Wert erreicht wurde, bei welchem in Bezug auf die Eingangsspannung U_E der elektronischen Sicherung SI eine vorgebbare Differenz

unterschritten wird. D.h. es wird beispielsweise geprüft, ob eine Differenz aus Eingangsspannung U_E und Ausgangsspannung U_A (z.B. einem Mittelwert aus dem ermittelten, zeitlichen Verlauf) einen vorgebbaren Toleranzwert unterschreitet. Alternativ kann im Abbruchsprüfschritt 104 auch geprüft werden, ob vom ermittelten, zeitlichen Verlauf des Ausgangsstroms I_A einen vorgebbaren, maximalen Dauerstrom I_L unterschritten wird. Auch dabei kann z.B. ein Mittelwert aus dem ermittelten, zeitlichen Verlauf des Ausgangsstroms I_A herangezogen werden. Wird entweder vom zeitlichen Verlauf der Ausgangsspannung U_A ein Wert erreicht, bei welchem in Bezug auf die Eingangsspannung U_E der elektronischen Sicherung SI eine vorgebbare Differenz unterschritten wird, oder vom zeitlichen Verlauf des Ausgangsstroms I_A einen vorgebbaren, maximalen Dauerstrom I_L unterschritten, so wird das erfindungsgemäße Verfahren in einem Endschritt 105 abgebrochen bzw. beendet. Der Abbruchsprüfschritt 104 kann beispielsweise von der Auswerteeinheit AW durchgeführt werden. Die zeitlichen Verläufe von Ausgangsspannung U_A bzw. Ausgangsstrom I_A können z.B. im Messschritt 102 bestimmt werden.

Sind die im Abbruchsprüfschritt 104 vorgegebenen Abbruchsbedingungen nicht erfüllt, so bleibt das Schaltelement SE solange eingeschaltet, bis in einem Schaltprüfungsschritt 106 festgestellt wird, dass der Vorgabewert der Einschaltdauer - z.B. bei einem ersten Schaltzyklus des Schaltelements SE der Startwert für die Einschaltdauer des Schaltelements SE - zumindest erreicht ist. Alternativ oder zusätzlich, kann im Schaltprüfungsschritt 106 auch geprüft werden, ob der Vorgabewert bzw. im ersten Schaltzyklus des Schaltelements SE der vorgegebene Startwert des Ausschaltstroms vom jeweiligen, im Messschritt 102 aktuell ermittelten Ausgangsstrom I_A zumindest erreicht oder überschritten wird. Der Schaltprüfungsschritt 106 kann beispielsweise von der Auswerteeinheit AW durchgeführt werden.

Im Schaltprüfungsschritt 106 kann alternativ oder zusätzlich geprüft werden, ob der vorgegebene, maximal zulässig Anstieg

der Temperatur des Schaltelements SE im aktuellen Schaltzyklus des Schaltelements SE bzw. in der aktuellen Ansteuerperiode des Ansteuersignals AS erreicht oder überschritten wurde. Das Schaltelement SE kann dann abgeschaltet werden. Der aktuelle Temperaturanstieg des Schaltelements SE kann beispielsweise auf Basis des im Messschritt 102 ermittelten Verlaufs der Temperatur des Schaltelements SE bestimmt oder z.B. auf Basis des im Messschritt 102 ermittelten, zeitlichen Verlaufs des in die Last L fließenden Ausgangsstroms I_A errechnet oder abgeschätzt werden.

Weiterhin kann im Schaltprüfungsschritt 106 alternativ oder zusätzlich der im Messschritt 102 ermittelte, zeitliche Verlauf der Temperatur des Schaltelements SE mit einer vorgebbaren Grenztemperatur für das Schaltelement SE verglichen werden. Im Schaltprüfungsschritt 106 wird dann geprüft, ob die vorgebbare Grenztemperatur vom ermittelten Temperaturverlauf zumindest erreicht bzw. überschritten wird. Die vorgebbare Grenztemperatur für das Schaltelement SE kann beispielsweise aus dem thermischen Modell des Schaltelements SE abgeleitet werden.

Wird im Schaltprüfungsschritt 106 festgestellt, dass entweder der Vorgabewert der Einschaltdauer oder der Vorgabewert des Ausschaltstroms erreicht bzw. überschritten wurde, so wird in einem Ausschaltsschritt 107 das Schaltelement SE ausgeschaltet. Zusätzlich oder alternativ kann auch ein Erreichen oder Überschreiten des vorgegebenen, maximal zulässigen Anstiegs der Temperatur des Schaltelements SE innerhalb einer Ansteuerperiode und/oder ein Erreichen der vorgebbaren Grenztemperatur durch den ermittelten, zeitlichen Verlauf der Temperatur am Schaltelement SE zur Durchführung des Ausschaltsschritts 107 bzw. zum Abschalten des Schaltelements SE führen.

35

Das Schaltelement SE bleibt dann solange ausgeschaltet, bis der Vorgabewert der Ausschaltdauer bzw. im ersten Schaltzyklus der Startwert der Ausschaltdauer zumindest erreicht bzw.

überschritten wird. Das Erreichen der vorgegebenen Ausschalt-
dauer wird in einem Ausschaltprüfschritt 108 überprüft. Ist
die vorgegebene Ausschaltdauer erreicht, so kann im Vorgaben-
prüfschritt 109 ermittelt, ob neue Vorgabewerte für die Ein-
5 schaltdauer und/oder den Ausschaltstrom sowie die Ausschalt-
dauer im Ermittlungsschritt 103 z.B. von der Auswerteeinheit
AW auf Basis der ermittelten, zeitlichen Verläufe von Aus-
gangsstrom I_A und/oder Ausgangsspannung U_A und/oder der Tem-
peratur des Schaltelement SE bestimmt worden sind.

10

Wurden keine neuen Vorgabewerte ermittelt, so werden zumin-
dest für den nächsten Schaltzyklus des Schaltelements SE bzw.
Durchlauf des Verfahrens die bisherigen Vorgabewerte weiter-
hin verwendet. Das Schaltelement SE wird dann im Einschalt-
15 schritt 101 neuerlich eingeschaltet, wobei die Vorgabewerte
und damit das Ansteuersignal AS unverändert bleiben.

20

Liegen neue Vorgabewerte für die Einschaltdauer und/oder den
Ausschaltstrom sowie die Ausschaltdauer vor, so werden die
bisherigen Vorgabewerte durch die neuen Vorgabewerte in einem
Austauschschritt 110 ersetzt und für das Vorgabesignal VS ge-
nutzt bzw. mit diesem ausgegeben. D.h. das Vorgabesignal VS
wird z.B. von der Auswerteeinheit AW auf Basis der neuen Vor-
gabewerte angepasst und über die Ansteuereinheit in ein neues
25 bzw. angepasstes Ansteuersignal AS für das Schaltelement SE
umgewandelt. Das Schaltelement SE wird dann im Einschalt-
schritt 101 mit dem angepassten Ansteuersignal AS eingeschalt-
tet. Dadurch kann beispielsweise ein Temperaturanstieg des
Schaltelements SE innerhalb der Ansteuerperiode, insbesondere
30 während der neuen Einschaltdauer, wieder unterhalb des vorge-
gebenen, maximal zulässigen Temperaturanstiegs gehalten wer-
den und/oder ein möglicher Stromanstieg $di_A(t)/dt$ durch das
Schaltelement SE verändert bzw. geregelt werden - wie bei-
spielhaft in Figur 3 dargestellt.

35

Alternativ kann der Vorgabeprüfschritt 109 auch vor dem Aus-
schaltprüfschritt 108 durchgeführt werden. D.h. es werden vor
der Prüfung, ob der Vorgabewert der Ausschaltdauer des

Schaltelements SE im Ausschaltprüfschritt 108 erreicht ist, der Vorgabeprüfschritt 109 und gegebenenfalls bei Vorliegen neuer Vorgabewerte für Einschaltdauer und/oder Ausschaltstrom sowie Ausschaltdauer des Schaltelements SE der Austausch-

5 schritt 110 durchgeführt.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird dann solange durchgeführt, bis im Abbruchprüfschritt 104 festgestellt wird, dass eine der Abbruchbedingungen erfüllt ist, und mit dem End-

10 schritt 105 beendet, wobei das Schaltelement SE betriebsmäßig eingeschaltet bleibt.

In Figur 3 sind beispielhaft und schematisch ein zeitlicher Verlauf des Ansteuersignals AS für das Schaltelement SE sowie

15 entsprechende, zeitliche Verläufe des Ausgangsstroms I_A , der Ausgangsspannung U_A und der Temperatur T_J des Schaltelements SE während des Ablaufs mehrerer Wiederholungen des erfindungsgemäßen Verfahrens bis zu einem Abbruch bzw. Beendigung durch den Abbruchprüfschritt 104 bzw. den Endschritt 105

20 dargestellt. Dabei sind in einem obersten Diagramm der zeitliche Verlauf des Ansteuersignals AS, in einem ersten, mittleren Diagramm der zeitliche Verlauf des Ausgangsstroms I_A , in einem zweiten, mittleren Diagramm der zeitliche Verlauf der Ausgangsspannung U_A und in einem untersten Diagramm der

25 zeitliche Verlauf einer Temperatur T_J des Schaltelements SE, insbesondere einer so genannten Junction-Temperatur T_J , beispielhaft dargestellt. Auf der jeweiligen x-Achse ist dabei die Zeit t und auf der jeweiligen y-Achse sind das Ansteuersignal AS für das Schaltelement SE, ein entsprechender Verlauf des Ausgangsstroms I_A bzw. der Ausgangsspannung U_A bzw. der Temperatur T_J des Schaltelements SE aufgetragen. Es werden

30 beispielhaft Durchläufe des erfindungsgemäßen Verfahrens bzw. Schaltzyklen S_1 bis S_n mit einer vorgegebenen, weitgehend konstanten Ansteuerperiode - bestehend aus Einschaltdauer ed_1, \dots, ed_n und Ausschaltdauer ad_1, \dots, ad_n - vom Schaltelement SE durchlaufen. Ein Schaltzyklus bzw. die vorgegebene

35 Ansteuerperiode kann beispielsweise eine Dauer von $100\mu s$ bis zu $10ms$ - idealerweise eine Dauer von $1ms$ - aufweisen.

Im Kalibrierungsschritt 100 werden für das Verfahren auf Basis des thermischen Modells des Schaltelements SE ein erster Vorgabewert ed_1 für die Einschaltdauer, ein erster Vorgabewert ad_1 für die Ausschaltdauer und/oder ein erster Vorgabewert I_{V1} für den Ausschaltstrom vorgegeben, bei welchen ein ebenfalls im Kalibrierungsschritt 100 bestimmter, maximal zulässiger Anstieg der Temperatur des Schaltelements SE je Ansteuerperiode eingehalten wird. Im Einschaltsschritt 101 wird das Schaltelement zu einem ersten Zeitpunkt t_0 mittels des Ansteuersignals AS eingeschaltet und damit ein erster Schaltzyklus S1 gestartet. Das Ansteuersignal AS kann dazu eine Rampenform aufweisen. Dabei wird ein Temperaturanstieg des Schaltelements SE begrenzt - entweder direkt oder indirekt über eine Begrenzung des Stromanstieg $di_A(t)/dt$ des Ausgangsstroms I_A durch das Schaltelement SE, wie im ersten, mittleren Diagramm beispielhaft im zeitlichen Verlauf des Ausgangsstroms I_A dargestellt. D.h. der Strom durch das Schaltelement SE bzw. der Ausgangsstrom I_A steigt proportional zum bzw. geregelt durch das Ansteuersignal AS an.

20

Da durch die über das Schaltelement SE übertragene Energie der kapazitive Anteil C_L der Last L geladen wird, wird auch ein im zweiten, mittleren Diagramm dargestellter Anstieg der Ausgangsspannung U_A bewirkt. Analog zum Anstieg des Ausgangsstrom I_A steigt auch die Temperatur T_J des Schaltelements SE - wie im untersten Diagramm dargestellt - sowie eine im Schaltelement SE umgesetzte Verlustenergie an. Dabei wird darauf geachtet, dass der Anstieg der Temperatur T_J bzw. der Temperaturanstieg im Vergleich zu einer maximal zulässigen Temperatur $T_{J,max}$ wesentlich kleiner ausfällt und der vorgegebene, maximal zulässige Temperaturanstieg des Schaltelements SE eingehalten wird.

Wird in einem zweiten Zeitpunkt t_1 im Schaltprüfschritt 106 des ersten Schaltzyklus S1 festgestellt, dass entweder der erste Vorgabewert ed_1 für die Einschaltdauer oder der erste Vorgabewert I_{V1} für den Ausschaltstrom erreicht bzw. überschritten wird, so wird das Schaltelement SE durch das An-

steuersignal AS im Ausschaltsschritt 107 abgeschaltet. D.h. das Ansteuersignal AS wird wie im obersten Diagramm dargestellt beendet, wodurch wie im ersten, mittleren Diagramm dargestellt der Ausgangsstrom I_A durch das Schaltelement auf
5 einen Wert 0 geht. Die Ausgangsspannung U_A sinkt wie im zweiten, mittleren Diagramm dargestellt ab, da nach dem Abschalten des Schaltelements SE der kapazitiven Anteil C_L der Last L - beispielsweise durch den ohmschen Anteil R_L der Last L, wieder entladen wird. Weiterhin sinkt auch - wie im untersten
10 Diagramm dargestellt - die Temperatur T_J des Schaltelements SE ab, da während der Ausschaltdauer ad_1 eine während der Einschaltdauer ed_1 entstandene Erwärmung des Schaltelements SE zumindest teilweise z.B. an die Umgebung wie z.B. Gehäuse und in weiterer Folge an Kühleinrichtungen (z.B. Kühlkörper,
15 Kupferflächen, etc.) abgegeben werden.

Die Aufladung des kapazitiven Anteils C_L der Last bzw. das Ansteigen der Ausgangsspannung U_A hat zur Folge, dass weniger Verlustenergie im Schaltelement SE umgesetzt wird. D.h. die
20 Vorgabewerte für Einschaltdauer ed_1, \dots, ed_n und/oder Ausschaltstrom I_{V_1}, \dots, I_{V_n} sowie Ausschaltdauer ad_1, \dots, ad_n können für zumindest einen folgenden Schaltzyklus S_2, \dots, S_n und damit das Ansteuersignal AS angepasst werden. Dazu wird zumindest einer der zeitlichen Verläufe von Ausgangsstrom I_A
25 und/oder Ausgangsspannung U_A und/oder Temperatur T_J des Schaltelements SE herangezogen. Es können von der Auswerteeinheit AW neue Vorgabewerte derart berechnet werden, dass ein Tastverhältnis zwischen Einschaltdauer und Ausschaltdauer des Schaltelements SE angepasst (z.B. verringert) wird, wobei
30 weiterhin der vorgegebene, maximal zulässige Anstieg der Temperatur des Schaltelements SE innerhalb der Ansteuerperiode eingehalten bzw. nicht erreicht oder überschritten wird.

Nachdem im Ausschaltprüfschritt 108 festgestellt wurde, dass
35 der erste Vorgabewert ad_1 der Ausschaltdauer erreicht bzw. überschritten wurde, wird in einem dritten Zeitpunkt t_2 das Schaltelement SE durch den Einschaltsschritt 101 für einen zweiten Schaltzyklus S_2 eingeschaltet. Da im Vorgabepf-

schritt 109 festgestellt wurde, dass z.B. noch keine neuen Vorgabewerte für ed_1, \dots, ed_n und/oder Ausschaltstrom I_{V_1}, \dots, I_{V_n} sowie Ausschaltdauer ad_1, \dots, ad_n vorliegen bzw. von der Auswerteeinheit AW berechnet wurden, werden für den zweiten Schaltzyklus S2 die ersten Vorgabewerte ed_1, ad_1, I_{V_1} weiter verwendet. D.h. wie im obersten Diagramm dargestellt, entspricht der Verlauf des Ansteuersignals AS im zweiten Schaltzyklus S2 dem Verlauf im ersten Schaltzyklus S1. Aus dem ersten, mittleren Diagramm ist wieder ersichtlich, dass der Ausgangsstrom I_A ebenfalls proportional dem Ansteuersignal AS ansteigt. Die Ausgangsspannung U_A steigt allerdings - wie im zweiten, mittleren Diagramm dargestellt - aufgrund der weiteren Aufladung des kapazitiven Anteils C_L der Last L im zweiten Schaltzyklus S2 weiter an. Aus dem untersten Diagramm ist ersichtlich, dass auch die Temperatur T_J des Schaltelements SE weiter ansteigt.

Wird in einem vierten Zeitpunkt t_3 im Schaltprüfschritt 106 des zweiten Schaltzyklus S2 festgestellt, dass entweder der erste Vorgabewert ed_1 für die Einschaltdauer oder der erste Vorgabewert I_{V_1} für den Ausschaltstrom erreicht bzw. überschritten wird, so wird das Schaltelement SE durch das Ansteuersignal AS im Ausschaltschritt 107 wieder abgeschaltet - bis in einem fünften Zeitpunkt t_4 der erste Vorgabewert ad_1 der Ausschaltdauer erreicht ist. Da beispielsweise nun im Vorgabeprüfschritt 109 festgestellt wurde, dass neuen Vorgabewerte ed_2, I_{V_2}, ad_2 für Einschaltdauer und/oder Ausschaltstrom sowie Ausschaltdauer vorliegen bzw. von der Auswerteeinheit AW berechnet wurden, werden für einen dritten Schaltzyklus S3 im Austauschschritt 110 die neuen Vorgabewerte ed_2, ad_2, I_{V_2} übernommen.

Auf Basis dieser neuen Vorgabewerte ed_2, ad_2, I_{V_2} wird dann ein neues Vorgabesignal VS und damit ein neues Ansteuersignal AS - wie beispielhaft im obersten Diagramm für den dritten Schaltzyklus S3 dargestellt - erzeugt. Mit dem neuen Ansteuersignal AS wird dann das Schaltelement SE im Einschaltschritt 101 wieder eingeschaltet. Das Schaltelement SE wird

in einem sechsten Zeitpunkt t_5 - bei Erreichen des neuen Vorgabewerts ed_2 der Einschaltdauer oder bei Erreichen des neuen Vorgabewerts I_{V2} des Ausschaltstroms im Ausschaltschritt 107 wieder ausgeschaltet, bis der neue Vorgabewert ad_2 der Ausschaltdauer erreicht ist. Dabei ist ersichtlich, dass im
5 dritten Schaltzyklus S_3 durch die neuen Vorgabewerte die Einschaltdauer ed_2 in einem Maß verlängert wurde, in welchen die Ausschaltdauer ad_2 verkürzt wurde, wobei die Ansteuerperiode bzw. die Dauer des dritten Schaltzyklus S_3 des Schaltelements
10 SE annähernd gleich geblieben ist.

Das Verfahren wird solange durchlaufen bis z.B. in einem n -ten Schaltzyklus des Schaltelements SE zu einem Zeitpunkt t_n im Abbruchsprüfschritt 104 festgestellt wird, dass vom ermittelten, zeitlichen Verlauf der Ausgangsspannung U_A ein Wert
15 erreicht wurde, bei welchem in Bezug auf die Eingangsspannung U_E der elektronischen Sicherung SI eine vorgebbare Differenz unterschritten wird. D.h. es stellt sich eine Ausgangsspannung U_A bzw. U_L ein, welche annähernd der Eingangsspannung U_E der elektrischen Sicherung SI entspricht. Alternativ kann im
20 Abbruchsprüfschritt 104 auch geprüft werden, ob vom ermittelten, zeitlichen Verlauf des Ausgangsstroms I_A einen vorgebbaren, maximalen Dauerstrom I_L erreicht bzw. unterschritten wird. Der sich einstellende Ausgangsstrom I_A bzw. I_L entspricht dabei der sich einstellenden Ausgangsspannung U_L dividiert durch den ohmschen Anteil R_L der Last. Der kapazitive Anteil C_L der Last L ist zum Zeitpunkt t_n vollständig aufgeladen. Wird entweder vom zeitlichen Verlauf der Ausgangsspannung U_A ein Wert erreicht, bei welchem in Bezug auf die Eingangsspannung U_E der elektronischen Sicherung SI eine vorgebbare Differenz unterschritten wird, oder vom zeitlichen Verlauf des Ausgangsstroms I_A einen vorgebbaren, maximalen Dauerstrom I_L erreicht bzw. unterschritten, so wird das erfindungsgemäße Verfahren in einem Endschritt 105 abgebrochen
25 bzw. beendet und das Schaltelement SE bleibt für den laufenden Betrieb eingeschaltet. Aus dem untersten Diagramm ist ersichtlich, dass sich am Schaltelement SE zum Zeitpunkt t_n eine annähernd konstante Endtemperatur T_E für den laufenden Be-

30

35

trieb einstellt. Diese Endtemperatur T_E liegt üblicherweise unterhalb einer maximal zulässigen Temperatur $T_{J,max}$, welche z.B. Schaltelement-spezifisch oder durch eine Auslösetemperatur einer optionalen, zusätzliche Schutzvorrichtung SV vorgegeben sein kann.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Reduktion einer thermischen Belastung eines steuerbaren Schaltelements (SE) einer elektronischen Sicherung (SI) bei einem Anschaltvorgang einer Last (L),
5 insbesondere einer kapazitiven Last (C_L), wobei das Schaltelement (SE) mittels eines Ansteuersignals (AS) mit vorgebbarer Ansteuerperiode bestehend aus Einschaltdauer und Ausschaltdauer angesteuert wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** während des Anschaltvorgangs ein zeitlicher
10 Verlauf von zumindest einer an der Last (L) anliegenden Ausgangsspannung (U_A) und/oder eines in die Last fließenden Ausgangsstroms (I_A) und/oder einer Temperatur des Schaltelements (SE) ermittelt wird (102), dass für die
15 Einschaltdauer des Schaltelements und/oder für einen Ausschaltstrom und für die Ausschaltdauer des Schaltelements Vorgabewerte vorgegeben werden (100, 110), bei welchen ein vorgegebener, maximal zulässiger Anstieg der Temperatur des Schaltelements (SE) innerhalb der vorgegebenen
20 Ansteuerperiode eingehalten wird, und dass dabei die folgenden Schritte durchlaufen werden:
- a. Einschalten des Schaltelements (SE, 101);
 - b. Ausschalten des Schaltelements (SE) bei zumindest Erreichen des Vorgabewertes der Einschaltdauer oder des
25 Ausschaltstroms (107);
 - c. neuerliches Einschalten des Schaltelements (SE) bei Erreichen des Vorgabewertes der Ausschaltdauer (108);
 - d. und Durchlaufen der Schritte b bis c bis vom ermittelten Verlauf der Ausgangsspannung (U_A) ein Wert erreicht wird, bei welchem in Bezug auf eine Eingangsspannung (U_E) der elektronischen Sicherung (SI) eine vorgebbare Differenz unterschritten wird, oder bis vom ermittelten Verlauf des Ausgangsstroms (I_A) ein vorgebbarer, maximaler Dauerstrom (I_L) zumindest unterschritten wird (104, 105), wobei die Vorgabewerte
30 für die Einschaltdauer und/oder für den Ausschaltstrom und für die Ausschaltdauer solange beibehalten werden, bis auf Basis des ermittelten Verlaufs der

- Ausgangsspannung (U_A) und/oder des Ausgangsstroms (I_A) und/oder der Temperatur des Schaltelements (SE) neue Vorgabewerte derart ermittelt werden (103), dass ein Tastverhältnis zwischen Einschaltdauer und Ausschalt-
- 5 dauer des Schaltelements (SE) derart angepasst wird, dass der vorgegebene, maximal zulässige Anstieg der Temperatur des Schaltelements (SE) innerhalb der Ansteuerperiode zumindest weiterhin eingehalten wird.
- 10 2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** mit einem Steigen der an der Last (L) anliegenden Ausgangsspannung (U_A) und/oder einem Absinken des in die Last fließenden Ausgangsstroms (I_A) gegen den vorgebbaren, maximalen Dauerstrom (I_L) das Tastverhältnis zwischen Einschalt-
- 15 dauer und Ausschaltdauer verringert wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** für ein Ermitteln der neuen Vorgabewerte von Einschaltdauer und/oder Ausschaltstrom sowie
- 20 Ausschaltdauer der jeweils ermittelte, zeitliche Verlauf der Ausgangsspannung (U_A), des Ausgangsstroms (I_A) und/oder der Temperatur des Schaltelements (SE) gemittelt wird (103).
- 25 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** erste Vorgabewerte für die Einschaltdauer und/oder den Ausschaltstrom sowie die Ausschaltdauer und der vorgegebene, maximal zulässige Anstieg der Temperatur des Schaltelements (SE) innerhalb der An-
- 30 steuerperiode anhand eines thermischen Modells des Schaltelements (SE), insbesondere dem so genannten Cauer-Netzwerk oder dem so genannten Foster-Netzwerk, bestimmt werden (100).
- 35 5. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** weiterhin das Schaltelement (SE) bei zumindest Erreichen des vorgegebene, maximal zu-

lässige Anstieg der Temperatur des Schaltelements (SE) abgeschaltet wird (106).

- 5 6. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** weiterhin der ermittelte, zeitliche Verlauf der Temperatur des Schaltelements (SE) mit einer vorgebbaren Grenztemperatur verglichen wird, und dass das Schaltelement (SE) bei zumindest Erreichen dieser Grenztemperatur abgeschaltet wird (106).
- 10 7. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Temperatur des Schaltelements (SE) mittelbar an einem Gehäuse des Schaltelements (SE) oder in einer direkten Umgebung des Schaltelements (SE) oder unmittelbar direkt im Schaltelement (SE) bestimmt wird (102).
- 15 8. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Ansteuersignal (AS) aus einem Vorgabesignal (VS) abgeleitet wird, wobei das Vorgabesignal (VS) aus dem jeweils ermittelten, zeitlichen Verlauf der Ausgangsspannung (U_A), des Ausgangsstroms (I_A) und/oder der Temperatur des Schaltelements (SE) bestimmt wird.
- 20 9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Vorgabesignal (VS) von einer Auswerteeinheit (AW) generiert wird.
- 25 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Ansteuersignal (AS) von einer Ansteuereinheit (AE) aus dem Vorgabesignal (VS) erzeugt wird.
- 30 11. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Ansteuersignal (AS) ein rampenförmiges Signal verwendet wird.
- 35

12. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zum Ermitteln des zeitlichen Verlaufs von zumindest der an der Last anliegenden Ausgangsspannung (U_A) und/oder des in die Last fließenden Ausgangsstroms (I_A) und/oder der Temperatur des Schaltelements (SE) eine Überwachungseinheit (UE) vorgesehen wird.
5
13. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Impedanz (R_p) zusätzlich in Serie zum Schaltelement (SE) angebracht wird.
10
14. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Schaltelement (SE) ein Transistor, insbesondere ein so genannter MOS-FET, verwendet wird.
15
15. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Schaltelement (SE) zumindest gemeinsam mit der Überwachungseinheit (UE) und der Ansteuereinheit (AE) als so genanntes integriertes Bauelement ausgeführt wird.
20

FIG 1

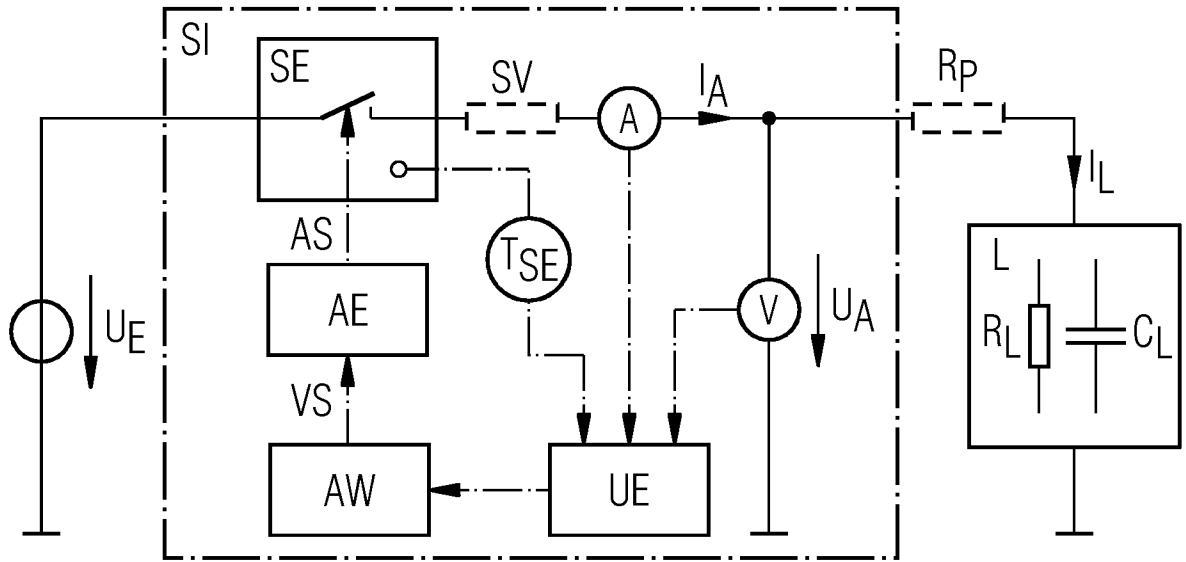


FIG 2

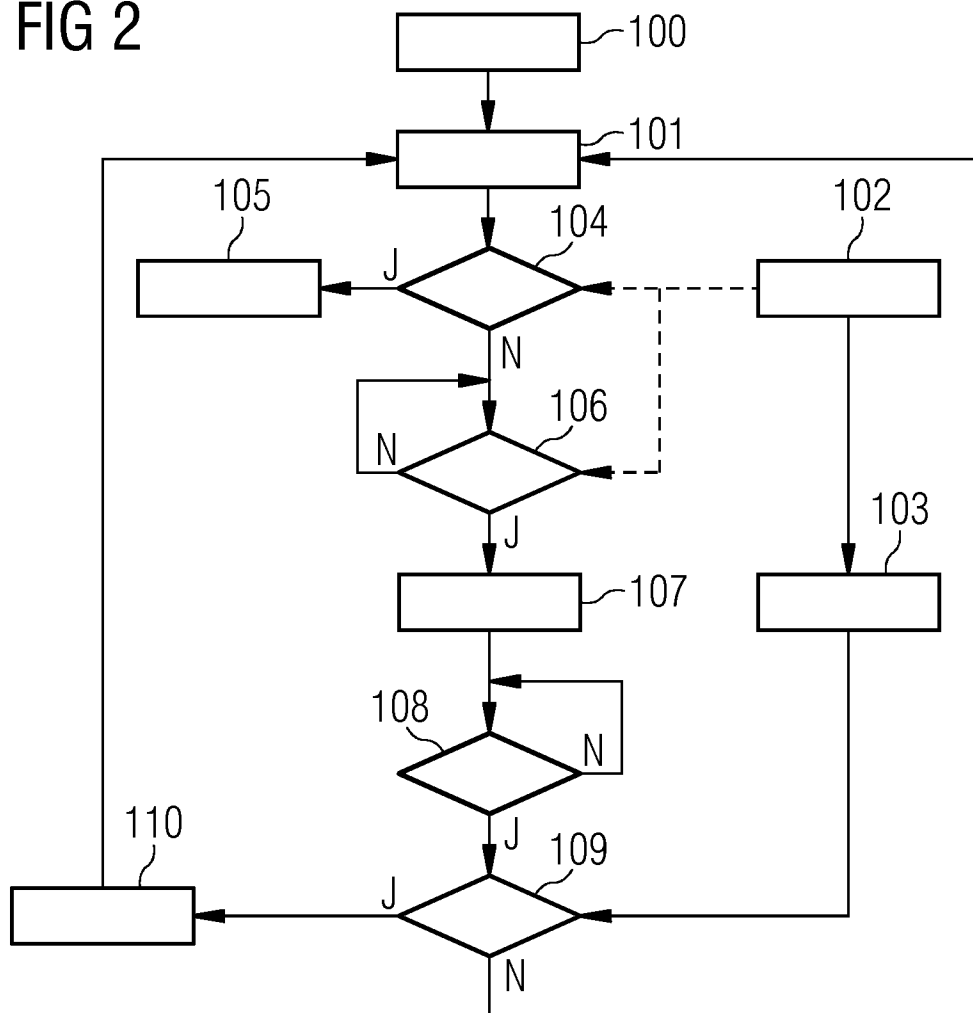
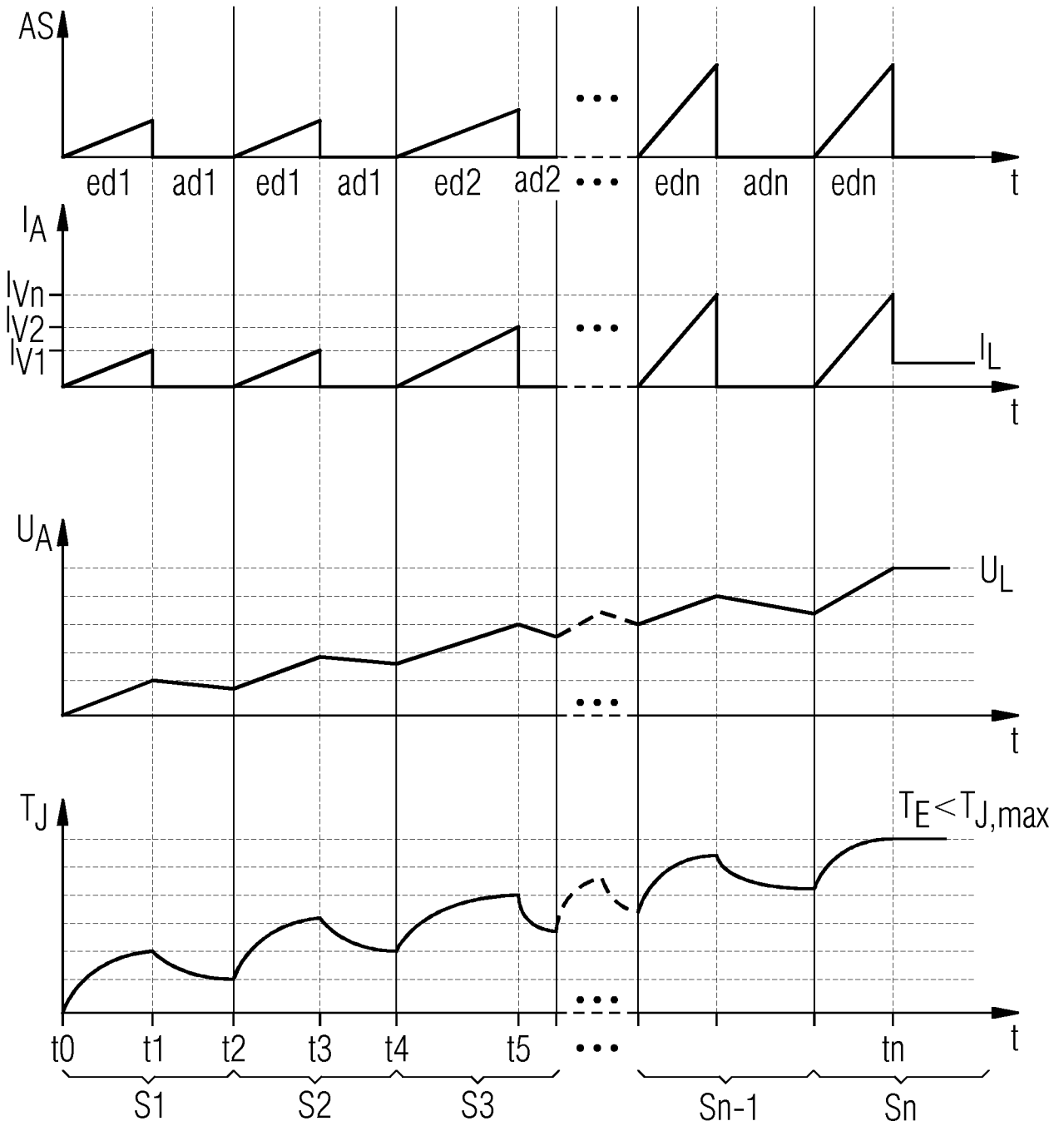


FIG 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/058037

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
H02H 9/00 (2006.01)i; H03K 17/082 (2006.01)i; H02H 9/02 (2006.01)n; H03K 17/08 (2006.01)n		
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) H02H; 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 2017063077 A1 (DONATH STEPHAN [DE] ET AL) 02 March 2017 (2017-03-02) paragraphs [0003], [0004], [0028], [0030] - [0038], [0057] - [0109] figures 1, 4, 5, 7, 8	1-15
X	DE 102014012828 A1 (ELLENBERGER & POENSGEN [DE]) 03 March 2016 (2016-03-03) paragraphs [0007] - [0011], [0031] - [0051] figures 4A-B, 6-9	1-15
A	DE 102008025465 A1 (YAZAKI CORP [JP]) 18 December 2008 (2008-12-18) figure 3	1-15
A	DE 102016201506 A1 (YAZAKI CORP) 04 August 2016 (2016-08-04) paragraph [0012] figures 1-3	1-15
A	US 2014184185 A1 (TORRISI GIOVANNI LUCA [IT] ET AL) 03 July 2014 (2014-07-03) figures 6, 7	1-15
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 05 July 2019		Date of mailing of the international search report 15 July 2019
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 Bartal, P Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/058037

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2017063077	A1	02 March 2017	CN	106486989	A	08 March 2017
				DE	102015114460	A1	02 March 2017
				US	2017063077	A1	02 March 2017
DE	102014012828	A1	03 March 2016	CA	2958304	A1	03 March 2016
				CN	107078731	A	18 August 2017
				DE	102014012828	A1	03 March 2016
				EP	3186865	A1	05 July 2017
				ES	2688162	T3	31 October 2018
				JP	6514324	B2	15 May 2019
				JP	2017529776	A	05 October 2017
				SG	11201701528U	A	30 March 2017
				US	2017170654	A1	15 June 2017
				WO	2016030483	A1	03 March 2016
DE	102008025465	A1	18 December 2008	DE	102008025465	A1	18 December 2008
				JP	4995647	B2	08 August 2012
				JP	2008311765	A	25 December 2008
				US	2008310068	A1	18 December 2008
DE	102016201506	A1	04 August 2016	DE	102016201506	A1	04 August 2016
				JP	6291432	B2	14 March 2018
				JP	2016144351	A	08 August 2016
				US	2016226238	A1	04 August 2016
US	2014184185	A1	03 July 2014	NONE			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. H02H9/00 H03K17/082 ADD. H02H9/02 H03K17/08		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) H02H 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 2017/063077 A1 (DONATH STEPHAN [DE] ET AL) 2. März 2017 (2017-03-02) Absätze [0003], [0004], [0028], [0030] - [0038], [0057] - [0109] Abbildungen 1, 4, 5, 7, 8 -----	1-15
X	DE 10 2014 012828 A1 (ELLENBERGER & POENSGEN [DE]) 3. März 2016 (2016-03-03) Absätze [0007] - [0011], [0031] - [0051] Abbildungen 4A-B, 6-9 -----	1-15
A	DE 10 2008 025465 A1 (YAZAKI CORP [JP]) 18. Dezember 2008 (2008-12-18) Abbildung 3 -----	1-15
	-/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> 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		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
5. Juli 2019		15/07/2019
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 Bartal, P

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 10 2016 201506 A1 (YAZAKI CORP) 4. August 2016 (2016-08-04) Absatz [0012] Abbildungen 1-3	1-15
A	----- US 2014/184185 A1 (TORRISI GIOVANNI LUCA [IT] ET AL) 3. Juli 2014 (2014-07-03) Abbildungen 6, 7 -----	1-15

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/058037

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2017063077 A1	02-03-2017	CN 106486989 A DE 102015114460 A1 US 2017063077 A1	08-03-2017 02-03-2017 02-03-2017
DE 102014012828 A1	03-03-2016	CA 2958304 A1 CN 107078731 A DE 102014012828 A1 EP 3186865 A1 ES 2688162 T3 JP 6514324 B2 JP 2017529776 A SG 11201701528U A US 2017170654 A1 WO 2016030483 A1	03-03-2016 18-08-2017 03-03-2016 05-07-2017 31-10-2018 15-05-2019 05-10-2017 30-03-2017 15-06-2017 03-03-2016
DE 102008025465 A1	18-12-2008	DE 102008025465 A1 JP 4995647 B2 JP 2008311765 A US 2008310068 A1	18-12-2008 08-08-2012 25-12-2008 18-12-2008
DE 102016201506 A1	04-08-2016	DE 102016201506 A1 JP 6291432 B2 JP 2016144351 A US 2016226238 A1	04-08-2016 14-03-2018 08-08-2016 04-08-2016
US 2014184185 A1	03-07-2014	KEINE	