

Beschreibung

Elektronischer Schutzschalter

Die Erfindung betrifft einen elektronischen Schutzschalter mit einem Halbleiterschalter, dessen Source-Anschluss und dessen Drain-Anschluss zwischen einem Spannungseingang und einem Lastausgang geschaltet sind, und dessen Gate-Anschluss mit einer Steuereinrichtung verbunden ist, welcher eingangsseitig ein den Laststrom repräsentierendes Signal zugeführt ist.

Ein derartiger elektronischer Schalter oder Schutzschalter ist beispielsweise aus der DE 203 02 275 U1 bekannt. Der elektronische Schalter weist einen Halbleiterschalter in Form eines MOSFET (Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffekttransistor) auf, der zwischen einem Betriebsspannungsanschluss und einem Lastanschluss in einen Strompfad geschaltet ist. Um in einem Gleichspannungsnetz eine zuverlässige Strombegrenzung zu erreichen, wird ein von einem Stromsensor im Strompfad erfasster Messwert einem Komparatoreingang einer Regeleinrichtung zugeführt. Bei Vorliegen eines Einschaltsignals und bei einem unterhalb eines Referenzwert liegenden Messwert steuert die Regeleinrichtung den Halbleiterschalter auf, während bei einem den Referenzwert überschreitenden Messwert die Regeleinrichtung den Leistungstransistor zusteuert und den über diesen fließenden Strom auf den Referenzwert begrenzt.

Aus der EP 1 186 086 B1 ist ein Stromverteilungssystem im Niederspannungsbereich, insbesondere im 24V DC-Bereich, mit einer Anzahl von Stromkreisen mit jeweils einem elektronischen Schutzschalter als Kurzschluss- und/oder Überlastschutz bekannt. Die Stromkreise sind mittels eines getakteten Netzteils gemeinsam gespeist. Im Überlastfall erfolgt bei Überschreiten einer einstellbaren Stromschwelle, z. B. beim 1,1-fachen des Nennstroms (I_N) eine Sperrung des elektronischen Schutzschalters nach Ablauf einer Verzögerungszeit, während im Kurzschlussfall zunächst eine Strombegrenzung und nach Überschreiten einer weiteren Stromschwelle (z. B. $2 \times I_N$) eine Sperrung des Schutzschalters nach Ablauf einer bestimmten Abschaltzeit erfolgt.

Aus der EP 1 150 410 A2 ist ein mittels eines Mikroprozessors über einen Auslösekreis angesteuerter elektronischer Schutzschalter bekannt, der die Energieversorgung zu einer Last mit einer Zeitverzögerung unterbricht. Zuvor oder zeitgleich erfolgt eine partielle Unterbrechung des Schutzschalters.

Eine partielle Unterbrechung eines elektronischen Schutzschalters mit mehreren Schaltblöcken, die jeweils einen elektronischen Schalter in Form eines MOSFET und einen diesen über einen gemeinsamen Mikroprozessor steuernden Komparator aufweisen, ist auch aus der EP 1 294 069 B1 bekannt. Im Falle eines Überstroms wird die Energieversorgung zur Last nach einer Zeitverzögerung unterbrochen, die auf eine partielle Untersagung des wenigstens einen Schalters folgt.

Zum Schalten insbesondere kapazitiver Lasten und/oder zu deren Schutz gegen Überstrom und Kurzschluss wird der Halbleiterschalter des elektronischen Schutzschalters als Konstantstromquelle zum Laden der Kapazität genutzt. Der Halbleiterschalter und insbesondere ein hierbei eingesetzter MOSFET muss in der Lage sein, während des Schaltens beziehungsweise im Zuge des Ladens der Kapazität die Verlustleistung in Folge des Einschaltstroms tragen können. Aufgrund dieser Situation werden elektronische Schutzschalter, insbesondere solche mit konstanter Strombegrenzung, üblicherweise mit einem überdimensionierten Halbleiterschalter (MOSFET) ausgelegt, um dieser Verlustleistung ausreichend Rechnung zu tragen. Eine derartige Dimensionierung des eingesetzten Halbleiterschalters führt jedoch zu einem erhöhten Kostenaufwand und einem entsprechend großen Raumbedarf innerhalb der Schaltung des elektronischen Schutzschalters.

Eine alternative Möglichkeit besteht darin, eine getaktete Ansteuerung des Halbleiterschalters mittels Pulsweitenmodulation (PWM) vorzunehmen. Hierdurch ist jedoch nicht nur der Ansteueraufwand erhöht. Vielmehr führt eine PWM-Ansteuerung zu Problemen im Falle induktiver Lasten.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, unter Vermeidung der genannten Nachteile einen möglichst effektiv arbeitenden elektronischen Schutzschalter an-

zugeben. Insbesondere soll hierbei ein überdimensionierter Halbleiterschalter sowie dessen aufwändige Ansteuerung vermieden werden.

Des Weiteren soll ein geeignetes Verfahren zum Betrieb eines solchen elektronischen Schutzschalters angegeben werden. Unter einem solchen Betriebsverfahren soll insbesondere ein geeignetes Ansteuerverfahren zur Steuerung und/oder Regelung des Halbleiterschalters eines solchen elektronischen Schutzschalters, insbesondere während eines Einschaltvorgangs einer Last, verstanden werden.

Bezüglich des elektronischen Schutzschalters wird die genannte Aufgabe erfindungsgemäß gelöst durch die Merkmale des Anspruchs 1. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen sind Gegenstand der hierauf rückbezogenen Ansprüche. Hinsichtlich des Betriebs- beziehungsweise Ansteuerverfahrens wird die genannte Aufgabe erfindungsgemäß gelöst durch die Merkmale des Anspruchs 7. Vorteilhafte Weiterbildungen sind Gegenstand der hierauf rückbezogenen Unteransprüche.

Hierzu ist vorgesehen, dass eine Steuer- oder Regeleinrichtung, die mit dem Gate-Anschluss eines zwischen einen Spannungseingang und einen Lastausgang geschalteten Halbleiterschalters verbunden ist, die Drain-Source-Spannung des Halbleiterschalters ermittelt und hieraus sowie aus dem erfassten Last- oder Halbleiterstrom (Drain-Source-Strom) ein Ansteuersignal für den Halbleiterschalter erzeugt, anhand dessen die Leistung des Halbleiterschalters kleiner oder gleich einem maximalen Leistungswert eingestellt wird.

Die Erfindung geht dabei von der Überlegung aus, dass während des Ladevorgangs einer kapazitiven Last eine dynamische Strombegrenzung genutzt wird, die im Gegensatz zu einer konstanten Strombegrenzung nicht auf einen bestimmten Schwellwert festgelegt, sondern abhängig vom aktuellen Wert der Drain-Source-Spannung des Halbleiterschalters (MOSFET) ist und sich dynamisch mit der Maßgabe ändert, dass das Verhältnis zwischen dem aktuell über den Halbleiterschalter fließenden Strom (Drain-Source-Strom) und der Drain-Source-Spannung stets in einem sicheren Betriebs- oder Operationsbereich des Halbleiterschalters

gehalten wird. Die Stromsteuerung kann hierbei mit analogen Mitteln oder unter Verwendung eines Mikroprozessors erfolgen.

Da aufgrund dieser aktiven Stromsteuerung die Verlustleistung des Halbleiterschalters kontrolliert gesteuert werden kann, kann der Halbleiterschalter hinsichtlich der zu beherrschenden Verlustleistung entsprechend kleiner dimensioniert sein. Da zudem eine derartige Leistungssteuerung des Halbleiterschalters praktisch unabhängig von der Wellenform des Ansteuersignals ist, können auch induktive Lasten sicher geschaltet und geschützt werden.

Die Drain-Source-Spannung des Halbleiterschalters kann entweder direkt ermittelt oder aus verfügbaren Spannungswerten abgeleitet werden. So wird vorteilhafterweise die Drain-Spannung des Halbleiterschalters oder die Eingangsspannung des elektronischen Schutzschalters sowie die Source-Spannung des Halbleiterschalters oder die ausgangsseitige Lastspannung des elektronischen Schutzschalters erfasst und als entsprechender Spannungswert der Steuereinrichtung zugeführt. Diese ermittelt hieraus, insbesondere durch Differenzbildung, die Drain-Source-Spannung des Halbleiterschalters.

Der zur Leistungseinstellung des Halbleiterschalters, insbesondere während eines Einschaltvorgangs des elektronischen Schutzschalters, herangezogene Strommesswert entspricht aufgrund der Reihenschaltung des Halbleiterschalters mit der Last dem über diese fließenden Laststrom, der mittels eines Stromsensors im Strompfad des Halbleiterschalters und der Last erfasst wird. Die Leistungseinstellung des Halbleiterschalters erfolgt dann durch Bildung des Produkts aus der erfassten bzw. ermittelten Drain-Source-Spannung und dem Laststrom. Dabei wird der Halbleiterschalter über dessen Gate-Anschluss derart angesteuert, dass dessen Leistung kleiner oder gleich einem bestimmten, maximalen Leistungswert ist, beispielsweise 50 W.

Vorteilhafterweise ist der elektronische Schutzschalter zusätzlich mit einer konstanten Strombegrenzung ausgeführt, um den über die Last fließenden Strom im

Überlast- und/oder Kurzschlussfall auf einen bestimmten, vorgegebenen Stromschwellwert zu begrenzen.

Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand einer Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen:

- Fig. 1 in einem Blockschaltbild einen elektronischen Schutzschalter mit einem im Pluspfad einer Stromsteuerung liegenden gesteuerten Halbleiterschalter sowie mit einer zu dessen Leistungssteuerung vorgesehenen und eingerichteten Steuereinrichtung in Form beispielsweise eines Mikroprozessors,
- Fig. 2 in einem Strom-/Spannungs-Zeit-Diagramm den Verlauf des Laststrom und der Lastspannung in Folge der Leistungssteuerung des Halbleiterschalters während eines Einschaltvorgangs einer, insbesondere kapazitiven, Last im Falle eines stufen- oder treppenförmigen Stromanstiegs, und
- Fig. 3 in einem Diagramm gemäß Fig. 2 den Strom- und Spannungsverlauf im Falle eines rampenartigen Stromanstiegs.

Einander entsprechende Teile und Parameter sind in allen Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

Der schematisch dargestellte elektronische Schutzschalter 1 umfasst einen Leistungstransistor oder Halbleiterschalter 2 in Form eines MOSFET, dem in einem Strompfad 3, nämlich dem Pluspfad des Schutzschalters 1 ein Stromsensor 4 nachgeschaltet ist. Der Strompfad 3 erstreckt sich zwischen einem Betriebsspannungsanschluss oder Spannungseingang 5 und einem positiven Lastanschluss 6. An diesen wird der Pluspol einer zu schaltenden Last L angeschlossen, während deren Minuspol an einen entsprechenden negativen Lastanschluss 7 des Schutzschalters 1 anzuschließen ist. Dieser Anschluss 7 ist um Ausführungsbeispiel gegen Ground GND geführt. Die von einer Strom- oder Spannungsquelle eines Netzteils 8 erzeugte Betriebs- oder Eingangsspannung V_E in Form bei-

spielsweise einer Gleichspannung mit 24 V (DC) wird an den Spannungseingang 5 des elektronischen Schutzschalters 1 angelegt.

Bei angeschlossener Spannungsquelle 8 und angeschlossener Last L fließt beim Betrieb des Schutzschalters 1 ausgehend vom Spannungseingang 5 über den Strompfad 3 und somit über die Drain-Source-Strecke des Halbleiterschalters 2 sowie über die Last L ein Laststrom I_L gegen Bezugspotential oder Ground GND ab. Dieser über den Halbleiterschalter 2 und die Last L fließende Laststrom I_L wird mittels des Stromsensors 4 erfasst. Der erfasste Strom I_L , der aufgrund der Reihenschaltung des Halbleiterschalters 2 und der Last L dem über den Halbleiterschalter 2 fließenden Drain-Source-Strom I_{ds} entspricht, wird als Stromsignal S_I an einen ersten Eingang E_I einer Steuereinrichtung 9 geführt.

Anhand dieser Strommessung kann der Halbleiterschalter im Rahmen einer konstanten Strombegrenzung mittels der Steuereinrichtung derart angesteuert werden, dass im Überlast- oder Kurzschlussfall der Laststrom I_L zumindest kurzzeitig auf einen vorgegeben maximalen Stromwert begrenzt wird. Dieser beträgt beispielsweise dem 1,1-fachen des Nennstroms I_N im Überlastfall. Im Kurzschlussfall kann dieser maximalen Stromwert beispielsweise dem 2-fachen des Nennstroms I_N betragen. Bei nur einem Schwellwert für den Überlast- und Kurzschlussfall kann der maximale Stromwert beispielsweise das 1,5-fachen des Nennstroms I_N betragen.

Der Steuereinrichtung 9 wird zudem ein erstes Spannungssignal S_{Vd} über einen zweiten Eingang E_{Vd} zugeführt. Diese, mittels eines ersten Spannungssensors 10 erfasste Spannung entspricht beim Ausführungsbeispiel sowohl der Eingangs- oder Betriebsspannung V_E als auch der Drain-Spannung V_d des Halbleiterschalters 2 an dessen Drain-Anschluss D.

Der Steuereinrichtung 9 wird zudem ein zweites Spannungssignal S_{Vs} zugeführt. Hierbei handelt es sich im Ausführungsbeispiel um sowohl die Source-Spannung V_s am Source-Anschluss S des Halbleiterschalters 2 als auch um die Lastspannung V_L . Das wiederum von einem entsprechenden, zweiten Spannungssensor 11

erfasste Spannungssignal V_s wird einem dritten Eingang E_{Vs} der Steuereinrichtung 9 zugeführt.

Die Steuereinrichtung 9 ermittelt aus den erfassten Spannungswerten V_d und V_s sowie aus dem erfassten Drain-Source-Strom I_{ds} , der dem mittels des Stromsensors 4 erfasste Laststrom I_L entspricht, gemäß der Beziehung $P_{FET} = (V_d - V_s) \cdot I_{ds}$ die aktuelle Leistung P_{FET} des Halbleiterschalters 2 und stellt diese durch dynamische Strombegrenzung des Last- und Halbleiterstroms $I_L (= I_{ds})$ derart durch entsprechende Begrenzung dieses Stromes I_{ds} ein, dass die Leistung P_{FET} einen bestimmten, maximalen Leistungswert P_{max} nicht überschreitet. Dieser Leistungswert ist beispielsweise $P_{max} = 50 \text{ W}$, welcher durch die entsprechende dynamische Ansteuerung des Halbleiterschalters 2 allenfalls erreicht, jedoch nicht überschritten wird. Hierzu generiert die Steuereinrichtung 9 ein entsprechendes Steuersignal S_G , dass an einem Ausgang A_G der Steuereinrichtung 9 abgreifbar und an den Gate-Anschluss G des Halbleiterschalters 2 geführt ist.

Aufgrund dieser dynamischen Strombegrenzung, Stromsteuerung oder Stromregelung des Halbleiterschalters 2 mittels der Steuereinrichtung 9 durch Erfassung und Auswertung der Drain-Source-Spannung V_{ds} des Halbleiterschalters 2 und des über diesen fließenden Stroms I_{ds} sowie in Folge der entsprechenden Leistungsbegrenzung des Halbleiterschalters 2 auf einen Leistungswert P_{FET} kleiner oder gleich P_{max} kann ein vergleichsweise leistungsschwacher Halbleiterschalter 2 eingesetzt werden.

Während nämlich beim Stand der Technik zur Implementierung eines 10A-Schutzschalters ($I_N = 10\text{A}$) mit einer normalen Verlustleistung von weniger als 5W dieser aufgrund der Einschalteffekte bei kapazitiven Lasten mit einem 300W-MOSFET ausgerüstet werden müsste, kann mittels der erfindungsgemäßen Leistungssteuerung durch dynamische Strombegrenzung ein wesentlich geringer dimensionierter MOSFET als Halbleiterschalter 2 eingesetzt werden.

Fig. 2 zeigt in einem Strom-/Spannungs-Zeit-Diagramm den Verlauf des Laststrom I_L und der Lastspannung V_L in Folge der Leistungssteuerung des Halbleiterschalters

ters 2 während eines Einschaltvorgangs einer kapazitiven Last L in Folge des entsprechend eingestellten Ansteuersignals S_G des Halbleiterschalters 2 im Falle eines stufen- oder treppenförmigen Anstiegs des Laststroms I_L Fig. 3 zeigt die Situation im Falle eines rampenartigen Stromanstiegs.

Die Erfindung ist nicht auf die vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt. Vielmehr können auch andere Varianten der Erfindung von dem Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Gegenstand der Erfindung zu verlassen. Insbesondere sind ferner alle im Zusammenhang mit den Ausführungsbeispielen beschriebenen Einzelmerkmale auch auf andere Weise miteinander kombinierbar, ohne den Gegenstand der Erfindung zu verlassen.

Bezugszeichenliste

1	elektronischer Schutzschalter
2	Halbleiterschalter
3	Strom-/Pluspfad
4	Stromsensor
5	Spannungseingang
6	Lastanschluss (plus)
7	Lastanschluss (minus, ground)
8	Spannungsquelle/Netzteil
9	Steuereinrichtung
10	erster Spannungssensor
11	zweiter Spannungssensor
A_G	Ausgang
D	Drain-/Anschluss
E_I	erster Eingang
E_{Vd}	zweiter Eingang
E_{Vs}	dritter Eingang
G	Gate-/Anschluss
GND	Ground/Bezugspotential
L	Last
S	Source-/Anschluss
S_I	Stromsignal
S_{Vd}	erstes Spannungssignal
S_{Vs}	zweites Spannungssignal
S_G	Ansteuersignal
I_{ds}	Halbleiter-/Drain-Source-Strom
I_L	Laststrom
I_N	Nennstrom
V_E	Betriebs-/Eingangsspannung
V_d	Drainspannung
V_s	Sourcespannung

V_{ds} Drain-Source-Spannung

P_{FET} Halbleiterleistung

P_{max} Leistungswert/Maximalleistung

Ansprüche

1. Elektronischer Schutzschalter (1) mit einem Halbleiterschalter (2), dessen Drain-Anschluss (D) und dessen Source-Anschluss (S) zwischen einen Spannungseingang (5) und einen Lastausgang (6) geschalteten sind, und dessen Gate-Anschluss (G) mit einer Steuereinrichtung (8) verbunden ist, welcher eingangsseitig ein den Laststrom (I_L , I_{ds}) repräsentierendes Signal (S_I) zugeführt ist,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Steuereinrichtung (8) die Drain-Source-Spannung (V_{ds}) ermittelt und hieraus sowie aus dem erfassten Laststrom (I_L , I_{ds}) ein die Leistung (P_{FET}) des Halbleiterschalters (2) kleiner oder gleich einem maximalen Leistungswerts (P_{max}) einstellendes Steuersignal (S_G) an den Gate-Anschluss (G) des Halbleiterschalters (2) führt.

2. Elektronischer Schutzschalter (1) nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Steuereinrichtung (9) ein die Drain-Spannung (V_d) und ein die Source-Spannung (V_s) des Halbleiterschalters (2) repräsentierendes Spannungssignal (S_{Vd} , S_{Vs}) zugeführt sind.

3. Elektronischer Schutzschalter (1) nach Anspruch 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Steuereinrichtung (9) eingangsseitig mit einem die Eingangsspannung (V_E) und/oder die Drain-Spannung (V_d) des Halbleiterschalters (2) erfassenden Spannungsmesser (10) und mit einem die Lastspannung (V_L) und/oder die Source-Spannung (V_s) des Halbleiterschalters (2) erfassenden Spannungsmesser (11) verbunden ist.

4. Elektronischer Schutzschalter (1) nach Anspruch 2 oder 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Steuereinrichtung (9) die Drain-Source-Spannung (V_{ds}) des Halbleiterschalters (2) aus der Differenz der erfassten Drain- oder Eingangsspannung (V_d , V_E) und der erfassten Source- oder Lastspannung (V_s , V_L) ermittelt.
5. Elektronischer Schutzschalter (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Steuereinrichtung (9) in Abhängigkeit vom erfassten Laststrom (I_L) den Halbleiterschalter (2) derart ansteuert, dass im Überlast- und/oder Kurzschlussfall der Laststrom (I_L) auf einen Schwellwert (I_{max}) begrenzt ist.
6. Elektronischer Schutzschalter (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Halbleiterschalter (2) ein Feldeffekttransistor, insbesondere ein MOSFET, ist, dessen Drain-Anschluss (D) dem Spannungseingang (5) und dessen Source-Anschluss (S) dem Lastausgang oder -anschluss (6) zugeordnet ist.
7. Verfahren zum Betrieb eines elektronischen Schutzschalters (1) und/oder zur Ansteuerung eines Halbleiterschalters (2) eines solchen Schutzschalters (1), mit einem zwischen einen Spannungseingang (5) und einen Lastausgang (6) geschalteten Halbleiterschalter (2), dem ansteuerseitig ein aus dem Laststrom (I_L , I_{ds}) und aus der Drain-Source-Spannung (V_{ds}) abgeleitetes Steuersignal (S_G) zugeführt wird, mittels dessen die Leistung (P_{FET}) des Halbleiterschalters (2) kleiner oder gleich einem maximalen Leistungswerts (P_{max}) eingestellt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei die Leistung (P_{FET}) des Halbleiterschalters (2) zumindest während des Einschaltvorgangs einer Last (L) kleiner oder gleich dem maximalen Leistungswerts (P_{max}) eingestellt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, wobei die Drain-Source-Spannung (V_{ds}) des Halbleiterschalters (2) aus der Drain- oder Eingangsspannung (V_d , V_E) und aus der Source- oder Lastspannung (V_s , V_L) ermittelt wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, wobei der Halbleiterschalter (2) derart angesteuert wird, dass im Überlast- und/oder Kurzschlussfall der Laststrom (I_L) auf einen Schwellwert (I_{max}) begrenzt wird.