

MEISTERWISSEN



Einzelüberwachung elektronischer Leistungsschalter

G. Graichen, Chemnitz

Ein in vielfältigster Form in der gesamten Elektrotechnik/Elektronik auftretendes Problem ist ein wirksamer Überstrom- und Kurzschlusschutz. Auf diesem Wege können kostenintensive Zerstörungen weitestgehend vermieden sowie die Verfügbarkeit von Geräten und Anlagen deutlich erhöht werden. Der Beitrag erläutert ein Schutzkonzept mittels feldgesteuerter Leistungsschalter Power-MOSFET und IGBT.

Schutzeinrichtungen

Aus der klassischen Niederspannungstechnik sind sowohl Schmelzsicherungen als auch Leitungsschutzschalter bekannte Schutzmaßnahmen. Geräteintern haben Feinsicherungen und Thermo-Überstromsicherungen (meist Bimetallschalter) nach wie vor große Bedeutung. Künftig ist mit einem erweiterten Einsatz neuartiger Sicherungselemente zu rechnen, deren Hauptvorteil das selbsttätige Rückstellen nach Stromreduzierung ist. Die ohne Anspruch auf Vollständigkeit genannten, in der Praxis weit verbreiteten Schutzmaßnahmen stoßen an Grenzen, wenn es im Bereich der Elektronik/Leistungselektronik notwendigerweise um äußerst rasch wirksame Schutzeinrichtungen geht. So kommen dann in der elektronischen Gerätetechnik schnell ansprechende elektronische Sicherungen mit an konkrete Erfordernisse angepasstem Betriebsverhalten zum Einsatz. Feinsicherungen als Zusatzschutz für das Gesamtgerät ergänzen die Schutzmaßnahmen. Nachfolgend soll eine zunehmend wichtige und in der Praxis immer häufiger anzutreffende Methode für den effektiven Schutz jedes einzelnen elektronischen Leistungsschalters in ihrer prinzipiellen Wirkungsweise vorgestellt werden. Die sogenannte Einzelschalterüberwachung kommt sowohl in

der modernen Stromversorgungstechnik, z. B. als Kurzschlusschutz, als auch in industriellen Anlagen der Leistungselektronik zum Einsatz.

Kriterien des Schutzes

Grenzwertfassung. Ausgangspunkt für eine Einzelüberwachung von elektronischen Leistungsschaltern sind deren Eigenschaften im EIN-Zustand. Eine erste notwendige Eigenschaft ist der Anstieg der Spannung bei Überstrom bzw. lastseitigem Kurzschluss, was mit Hilfe eines Schwellwertschalters erkannt und zur Zwangsabschaltung über die Ansteuereinrichtung des Schalters genutzt werden kann. Es handelt sich dabei üblicherweise um eine Grenzwertfassung,

nicht um eine Strommessung im eigentlichen Sinn.

Reaktionszeit. Eine zweite notwendige Eigenschaft des zu überwachenden Bauelementes ergibt sich daraus, dass zwischen Erkennen eines Überlastungsfalles und einer sicheren Abschaltung eine wenn auch nur sehr kurze Reaktionszeit der elektronischen Abschalteneinrichtung zulässig sein muss. Das heißt, das zu überwachende Leistungs-Bauelement muss für diese kurze Zeit überstrom- und möglichst auch kurzschlussfest sein.

Elektronischer Leistungsschalter

Die zuvor genannten Forderungen erfüllen die feldgesteuerten Leistungsschalter Power-MOSFET und IGBT.

Power-MOSFET. Beim Power-MOSFET ist zwischen Source und Drain ein sehr kleiner EIN-Widerstand R_{DSon} vorhanden. Die daraus resultierende stromabhängige Drain-Source-Spannung im EIN-Zustand erlaubt ähnlich dem Strommesswiderstand eine strommäßige Überlastung bzw. einen lastseitigen Kurzschluss zu erkennen.

IGBT. Beim IGBT führt eine strommäßige Überlastung zu einer gewissen Entsättigung. Das heißt, es kommt ebenfalls zu einem Spannungsanstieg, jetzt zwischen Kollektor und Emmitter des eingeschalteten Transistors. In beiden Fällen führt folglich eine

Grenzstromüberschreitung zu einem erkennbaren und auswertbaren Spannungsanstieg an der Schaltstrecke.

Problem Reaktionszeit. Die Tatsache, dass Power-MOSFET und IGBT in der Regel einige μs (bauelementeabhängig) überlastungs- bzw. kurzschlussfest sind, sichert die oben erwähnte immer vorhandene Reaktionszeit einer elektronischen Überwachungsschaltung, um den überwachten Schalter rechtzeitig und sicher abzuschalten.

Problem Einschaltvorgang. Bei der praktischen Realisierung einer Einzelschalterüberwachung tritt stets der Einschaltvorgang, während dessen die Spannung am Leistungsschalter auf den stationären Wert im EIN-Zustand absinkt, als zusätzliches Problem auf. In dieser Phase darf eine Einzelschalterüberwachung noch nicht ansprechen, weil dies ein sofortiges Wiederabschalten zur Folge hätte.

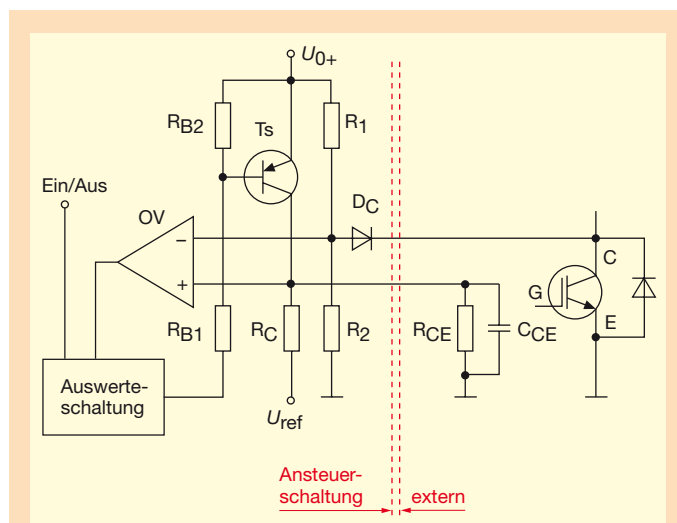
Abgrenzung. Die bisherigen Erläuterungen zu den Anforderungen an einen für eine Einzelschalterüberwachung geeigneten elektronischen Leistungsschalter machen deutlich, dass *bipolare Transistoren* und *Thyristoren* dafür kaum in Betracht kommen.

Funktionsprinzip

Das Prinzip einer sowohl für Power-MOSFET als auch IGBT geeigneten Einzeltransistorüberwachung wird nachfolgend anhand eines vereinfachten Ausführungsbeispiels mit einem IGBT (Bild 1) und zugehörigen Zeitverläufen nach Bild 2) erläutert.

Ausgangszustand

Als Ausgangszustand seien H-Pegel am Impulsausgang der Auswerteschaltung und ein abgeschalteter IGBT angenommen. Die Diode D_C und der PNP-Transistor T_S sind dann gesperrt. Am nichtinvertierenden Eingang des Operationsverstärkers OV hat sich die Spannung $U_{RCE}(0)$ als Anfangswert für einen Einschaltvorgang eingestellt; dieser Wert ist durch den externen Widerstand R_{CE} beeinflussbar (Bild 2). Am invertierenden OV-Eingang befindet sich eine Spannung $U_{R2}(0) > U_{RCE}(0)$. Diese Bedingung ist durch entsprechende



1 Vereinfachtes Schaltbeispiel für eine Einzeltransistorüberwachung

Autor
Dr.-Ing. Günter Graichen ist als freier Fachjournalist tätig, Chemnitz.

Für optimale Lichtplanung!

Aktuell



■ Mit den erforderlichen Grundlagen für die Planung und Errichtung von Beleuchtungsanlagen

■ **Schwerpunktt Themen u. a.:** aktuelle Forschungsergebnisse zur Wahrnehmungsphysiologie, Änderungen von Normen, Einsatz von Beleuchtungssoftware, Dynamische Beleuchtung mit verschiedenen Leuchtdichten und Farben

■ **Auf der CD-ROM:** Tabellen zu lichttechnischen Berechnungen und Lampendaten, farbige Abbildungen, Beispiele zur Tageslichtberechnung und ein Lichtberechnungsprogramm von DIAL.

Baer (Hrsg.), **Beleuchtungstechnik**, Grundlagen, 3., vollst. überarb. Aufl., 416 S., 396 Bilder, inkl. CD-ROM, Hardcover, Bestell-Nr. 3-341-01497-7, € 48,00

shop
huss

HUSS-MEDIEN GmbH
10400 Berlin
Direkt-Bestell-Service:
Tel. 030 42151-325 · Fax 030 42151-468
E-Mail: bestellung@huss-shop.de
www.huss-shop.de

Preisänderungen und Liefermöglichkeiten vorbehalten

Jetzt bestellen!

Ich bestelle zur Lieferung gegen Rechnung zzgl. Versandkosten zu den mir bekannten Geschäftsbedingungen beim **huss-shop, HUSS-MEDIEN GmbH, 10400 Berlin**

KUNDEN-NR. (siehe Adressaufkleber oder letzte Warenrechnung)

Exp.	Bestell-Nr./ISBN	Autor/Titel	€/Stück
	3-341-01497-7	Baer, Beleuchtungstechnik	48,00

Firma/Name, Vorname

Branche/Position/Z. Hd.

Telefon/Fax

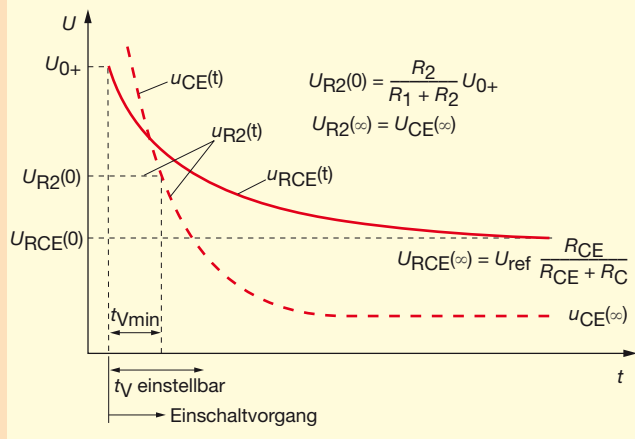
E-Mail

Straße, Nr./Postfach

Land/PLZ/Ort

Datum/Unterschrift

ep0903



2 Typisches Betriebsverhalten der Einzeltransistor-Überwachung (Einschaltvorgang)

Dimensionierung des Spannungsteilers $R_{1,2}$ und daraus resultierenden Einschränkungen für den zulässigen Bereich von R_{CE} (zur Einstellung der stationären Schaltschwelle) zu sichern. Daraus ergibt sich L-Pegel am Ausgang des Operationsverstärkers bei ausgeschaltetem IGBT.

Einschaltvorgang

Wird durch ein EIN-Signal am Gate der IGBT eingeschaltet (in Bild 1 nicht dargestellt), erscheint zugleich am Ausgang der Auswerteschaltung kurzzeitig ein L-Signal, welches den PNP-Transistors Ts kurz einschaltet. Diese kurze Zeit genügt, dass die Spannung an der Parallelschaltung von R_{CE} und C_{CE} praktisch sprunghaft bis nahezu U_{0+} ansteigt. Am nichtinvertierenden Eingang des OV ist nach dem Abschalten des PNP-Transistors die Spannung $U_{RCE}(t) > U_{R2}(0)$ wirksam, wodurch der OV-Ausgang auf H-Pegel umschaltet, was in der Auswerteschaltung ohne Wirkung nach außen bleibt.

Im Bild 2 ist zu erkennen, dass die Spannung am Kollektor des IGBT während des Einschaltvorganges (gestrichelte Kurve) schneller als die Spannung an der externen RC-Parallelschaltung (Entladung von C_{CE} über R_{CE} und R_C , ausgezogene Kurve) abfällt. Weiterhin ist ersichtlich, dass nach Verstreichen einer minimalen Verzögerungszeit t_{vmin} nach Start des Einschaltvorganges infolge des Abfalls der Kollektorspannung am IGBT die Diode D_C bei $U_{CE}(t) < U_{R2}(0)$

leitend wird. Damit wird die Spannung am invertierenden OV-Eingang praktisch auf die Kollektor-Emitter-Spannung am IGBT abgesenkt. Das heißt letztlich, dass während des Einschaltvorganges ständig die Bedingung $u_{RCE}(t) > u_{R2}(t)$ erfüllt ist, der Ausgang des OV folglich ständig H-Pegel führt. Wie aus Bild 2 zu entnehmen ist, bedarf es für ein solches Betriebsverhalten eines verzögerten Abfalls der Spannung an der externen Parallelschaltung von R_{CE} und C_{CE} . Dieses kann durch geeignete Bemessung des Kondensators C_{CE} eingestellt werden. Daraus ergibt sich dann die konkrete Verzögerungszeit $t_v > t_{vmin}$, während der nach dem Start des Einschaltvorganges die Überwachung des Einzeltransistors IGBT noch nicht aktiv ist. Dies ist eine notwendige Bedingung für sicheres Einschalten des überwachten Transistors. Bei der Festlegung einer für den konkreten praktischen Fall optimalen Verzögerungszeit (so kurz wie möglich, so lang wie nötig) sind neben Herstellerangaben zum Bauelement (hier IGBT) die konkreten Lastbedingungen zu beachten.

Ausschaltvorgang

Der stationäre EIN-Zustand am IGBT ist gemäß Bild 2 durch $U_{RCE}(\infty) > U_{CE}(\infty)$ gekennzeichnet. Kommt es nach Ablauf der Verzögerungszeit t_v zu einem unzulässigen Überstrom oder gar Kurzschluss im Lastkreis, führt dies zu einem Anstieg der Schalterspannung im EIN-Zustand über

den mittels R_{CE} eingestellten Vergleichswert $U_{RCE}(\infty)$. Der Übergang von $U_{RCE}(\infty) > U_{CE}(\infty)$ nach $U_{RCE}(\infty) < U_{CE}(\infty)$ [$U_{RCE}(\infty)$ durch $U_{R2}(0)$ begrenzt] bewirkt eine HL-Flanke am OV-Ausgang, wodurch das sofortige Abschalten des IGBT gestartet wird (im Bild 1 nicht dargestellt). Dies kann durch abruptes (hartes) Abschalten, aufgrund immer vorhandener Induktivitäten insbesondere bei hohen Abschaltströmen mit Überspannungen im Lastkreis und/oder anderweitigen Störungen verbunden, oder auch durch weiches Abschalten (langsam, kontrolliert) erfolgen.

Auch wenn der IGBT über seine Ansteuerschaltung entsprechend dem normalen Betriebsrhythmus ausgeschaltet wird, sperrt nach Spannungsanstieg am Kollektor die Diode D_C und es stellt sich wieder $U_{R2}(0) > U_{RCE}(0)$ ein. Damit wird der zuvor unterstellte Ausgangszustand wieder erreicht und ein neuer Einschaltvorgang kann gestartet werden.

Bemessungsgrößen

Für eine praktische Nutzung des gezeigten Beispiels einer üblicherweise integrierten Überwachungsschaltung für einen Einzelschalter (Bild 1) sind lediglich die extern anzuschaltenden Bauelemente R_{CE} und C_{CE} entsprechend den Hinweisen der Hersteller und unter Beachtung der konkreten Erfordernisse einer am IGBT (bzw. Power-MOSFET) angeschlossenen Last zu bemessen. Dabei sollte zunächst mit Hilfe von R_{CE} die gewünschte stationäre Schaltschwelle $U_{RCE}(\infty)$ und danach mittels C_{CE} die erforderliche Verzögerungszeit t_v eingestellt werden.

Ausblick

Abschließend sei auf IGBT mit sogenanntem Stromspiegel in der Emitterleitung hingewiesen. Damit ist ein formgetreues Abbild des Emitterstromes zur Grenzwertfassung und Einzelstromtransistorüberwachung in verschiedensten Applikationen nutzbar. In welchem Grad eine unmittelbare Strommessung möglich wird, ist künftigen Entwicklungen vorbehalten. ■