

3.6.2 Verhalten von IGBT und MOSFET bei Überlast und Kurzschluß

Überlast:

Prinzipiell unterscheiden sich das Schalt- und Durchlaßverhalten bei Überlast nicht vom „Normalbetrieb“ unter Nennbedingungen. Da aufgrund des höheren Laststromes höhere Verluste im Bauelement auftreten, muß zur Einhaltung der maximal zulässigen Sperrschichttemperatur der Überlastbereich eingeschränkt werden.

Nicht nur der Absolutwert der Sperrschichttemperatur sondern auch die bei Überlast auftretenden Temperaturwechsel wirken hier begrenzend.

Die Einschränkungen werden in SOA-Diagrammen in den Datenblättern angegeben.

Bild 3.52 zeigt ausgewählte Beispiele für MOSFET und IGBT.

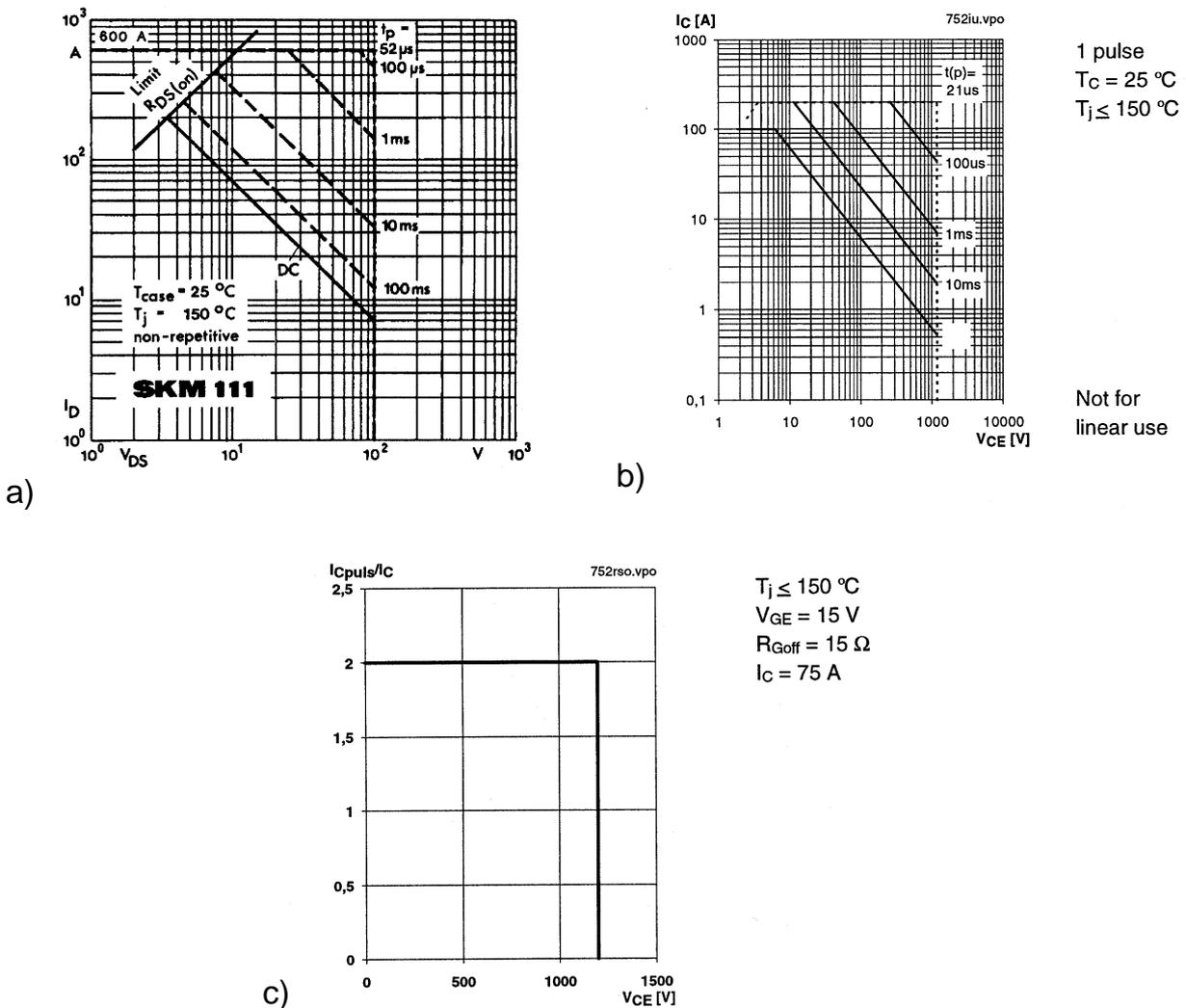


Bild 3.52 SOA-Diagramme für MOSFET und IGBT  
 a) Maximaler SOA-Bereich MOSFET SKM111  
 b) Maximaler SOA-Bereich IGBT SKM100GB123D  
 c) Ausschalt-SOA-Bereich (! periodisch !) IGBT SKM100GB123D

**Kurzschluß:**

Grundsätzlich sind IGBTs und MOSFETs kurzschlußfeste Bauelemente, d.h. sie können unter Einhaltung von Randbedingungen Kurzschlüssen ausgesetzt werden und diese abschalten, ohne das dabei Beschädigungen der Leistungshalbleiter auftreten.

Bei der Betrachtung des Kurzschlusses (soll am Beispiel des IGBT erfolgen) müssen zunächst zwei Fälle unterschieden werden.

**Kurzschluß I (KS I)**

Beim KS I schaltet der Transistor auf einen bereits bestehenden Lastkurzschluß ein, d.h. bereits vor dem Eintritt des Kurzschlusses liegt die volle Zwischenkreisspannung über dem Transistor an. Der Anstieg des Kurzschlußstromes wird durch die Ansteuerparameter (Treiberspannung, Gate-Vorwiderstand) bestimmt. Dieser Anstieg des Transistorstromes induziert über der parasitären Induktivität des Kurzschlußkreises einen Spannungsabfall, der als Spannungseinbruch in der Kollektor-Emitter-Spannung zu sehen ist (Bild 3.53).

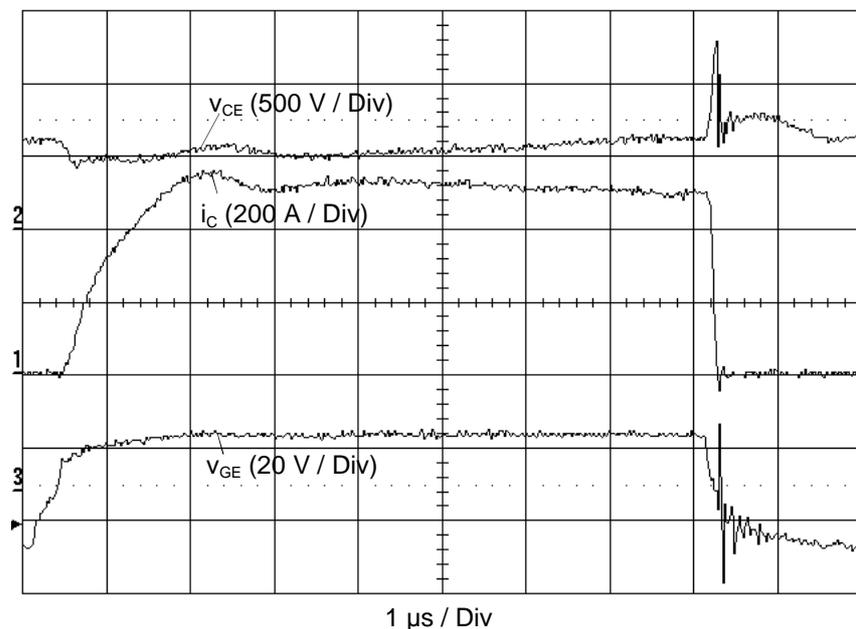


Bild 3.53 Verläufe beim KS I eines IGBT (SKM100GB123D)

Der stationäre Kurzschlußstrom stellt sich auf einen Wert ein, der durch das Ausgangskennlinienfeld des Transistors bestimmt wird. Typische Werte liegen bei IGBTs zwischen dem 8-10fachen Nennstrom (s. Bild 3.56b).

**Kurzschluß II (KS II)**

In diesem Fall befindet sich der Transistor bereits im eingeschalteten Zustand, bevor der Kurzschluß eintritt. Im Vergleich zum Kurzschluß I ist das bezüglich der Transistorbelastungen der weit kritischere Fall.

Bild 3.54 zeigt eine Ersatzschaltung sowie Prinzipverläufe zur Erklärung der auftretenden Vorgänge.

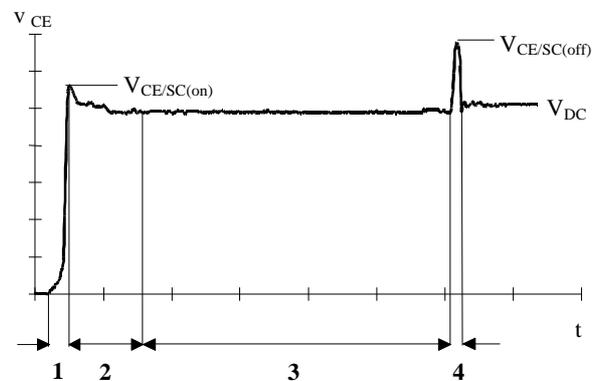
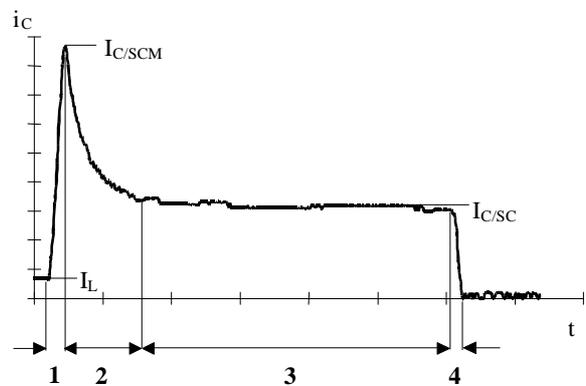
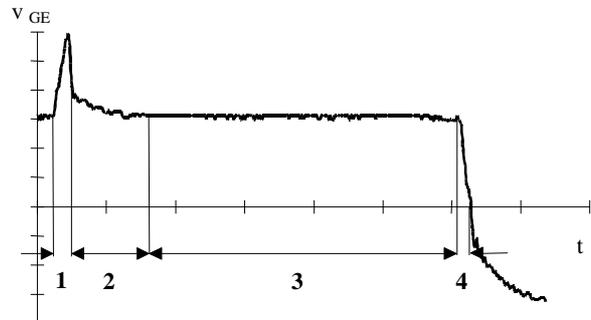
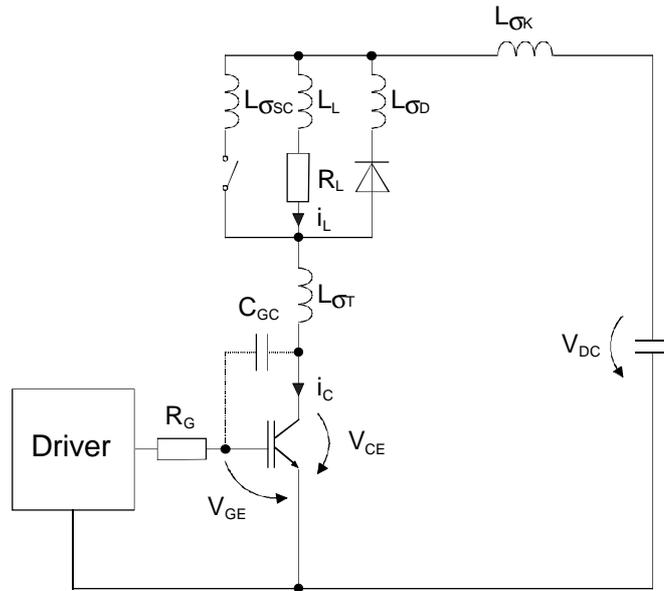


Bild 3.54 Ersatzschaltung und Prinzipverläufe des KS II [194]

Mit Eintritt des Kurzschlusses steigt der Kollektorstrom sehr schnell an, wobei die Anstiegsgeschwindigkeit von der Höhe der Zwischenkreisspannung  $V_{DC}$  und der Induktivität im Kurzschlußkreis bestimmt wird.

Im Zeitintervall 1 kommt es zur Entsättigung des IGBT. Die damit einhergehende hohe Änderungsgeschwindigkeit der Kollektor-Emitter-Spannung bewirkt einen Verschiebestrom durch die Gate-Kollektor-Kapazität, der die Gate-Emitter-Spannung anhebt. Die Folge ist eine dynamische Kurzschlußstromüberhöhung  $I_{C/SCM}$ .

Nach Beendigung der Entsättigungsphase fällt der Kurzschlußstrom auf seinen stationären Wert  $I_{C/SC}$  ab (Zeitintervall 2). Dabei wird über den parasitären Induktivitäten eine Spannung induziert, die als Überspannung am IGBT wirkt.

Nach Ablauf der stationären Kurzschlußphase (Zeitintervall 3) erfolgt die Abschaltung des Kurzschlußstromes gegen die Induktivität  $L_K$  des Kommutierungskreises, die wiederum eine Überspannung am IGBT induziert (Zeitintervall 4).

Die während eines Kurzschlusses induzierten Transistorüberspannungen können im Vergleich zum Normalbetrieb um ein Vielfaches höher sein.

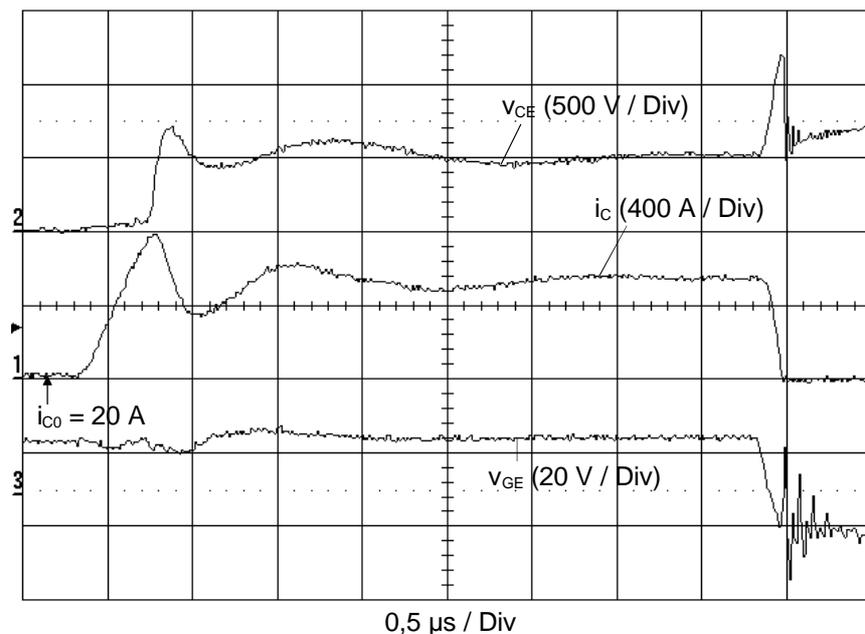


Bild 3.55 Verläufe beim KS II eines IGBTs (SKM100GB123D mit Gateklemmung)

Das SOA-Diagramm für den Kurzschlußfall, das in den Datenblättern von IGBTs angegeben ist, zeigt die Grenzen für die sichere Beherrschung des Kurzschlusses (Bild 3.56a).

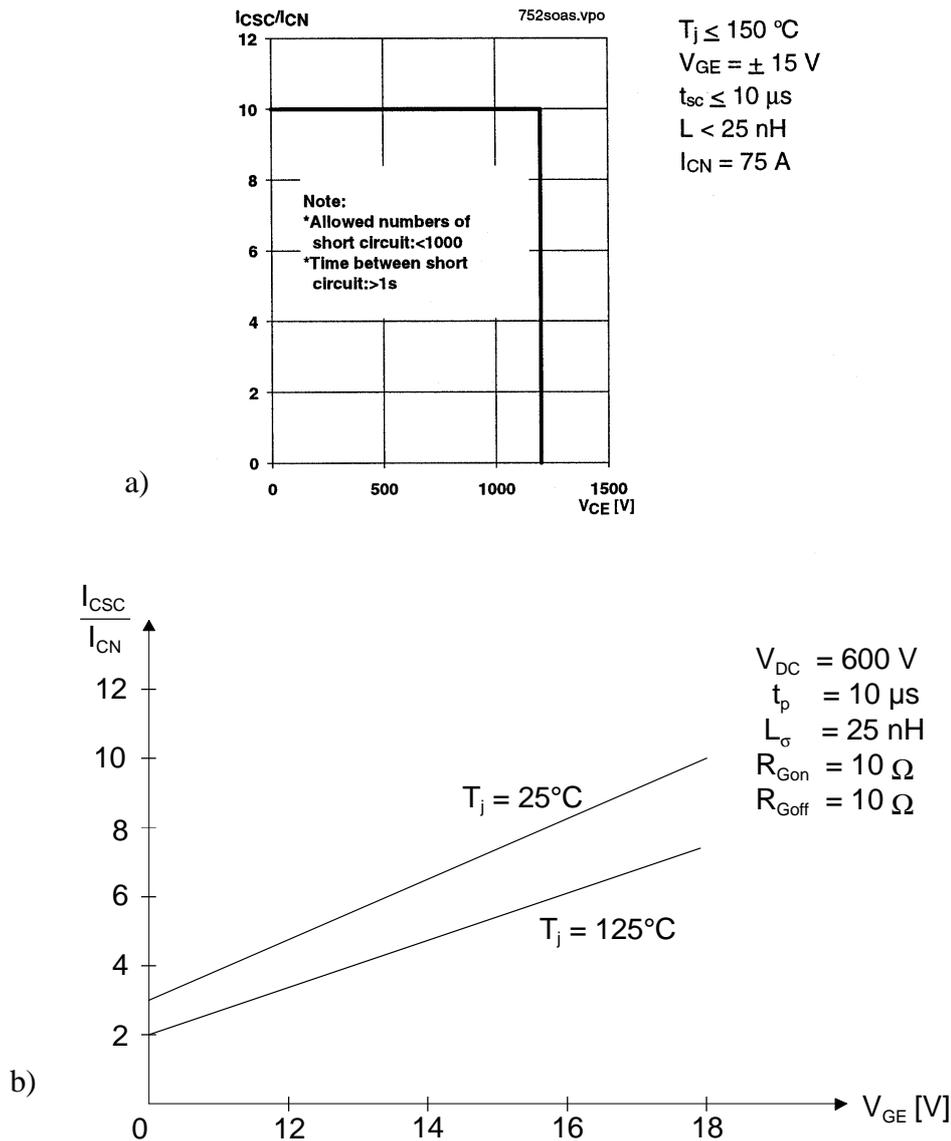


Bild 3.56 Kurzschluß-SOA-Bereiche eines NPT-IGBT

- a) normierter Kurzschlußstrom als Funktion der Kollektor-Emitter-Spannung (SKM100GB123D)
- b) normierter Kurzschlußstrom als Funktion der Gate-Emitter-Spannung (allgemeine Darstellung)

Für den SOA-Bereich gelten die folgenden wichtigen Randbedingungen:

- der Kurzschluß muß innerhalb von maximal 10 µs erkannt und abgeschaltet werden,
- die Zeit zwischen zwei Kurzschlüssen muß mindestens 1 Sekunde betragen,
- es dürfen während der Gesamtbetriebsdauer des IGBT nur weniger als 1000 Kurzschlüsse auftreten.

Bild 3.56b zeigt den Einfluß der Gate-Emitter-Spannung und der Sperrschichttemperatur auf den sich einstellenden stationären Kurzschlußstrom.

Beim Kurzschluß I und II entstehen im Transistor hohe Verluste, die die Sperrschichttemperatur erhöhen. An dieser Stelle ist der positive Temperaturkoeffizient der Kollektor-Emitter-Spannung (gilt auch für die Drain-Source-Spannung) vorteilhaft, der eine Reduzierung des Kollektorstromes während der stationären Kurzschlußphase bewirkt (s. Bild 3.56b).

Möglichkeiten zur sicheren Erkennung hoher Fehlerströme und Begrenzung der auftretenden Überspannungen sind im Kap. 3.6.3 zusammengefaßt.