

besteht für das Bauteil Zerstörungsgefahr. Da noch weitere Einflüsse wie Kollektor-Spitzenstrom und Sperrschichttemperatur den sicheren Betrieb beeinflussen, knickt die Gerade im Bereich höherer Ströme ab.

2.8.5 Gehäuseformen eines IGBT

IGBT werden häufig als Module mit integrierter Freilaufdiode bis hin zu komplett integrierten Wechselrichterschaltungen geliefert. IGBT-Module haben meist eine Blockform und daher nur 1 Seite die zur Wärmeabgabe dient. Bild 2.69 zeigt eine typische Bauform des IGBT, Bild 2.70 gibt entsprechende Abmessungen wieder. Teilweise werden auch ganze Brückenschaltungen in einem Modul aufgebaut, so dass sich der externe Verdrahtungsaufwand auf ein Minimum reduzieren lässt. Manche IGBT werden auch im Scheibengehäuse ausgeliefert und können dann effektiver gekühlt werden.

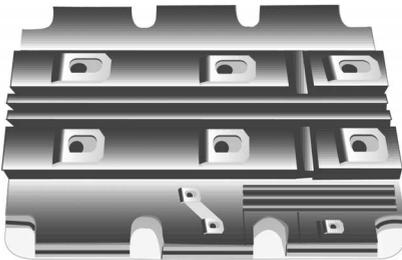


Bild 2.69 Bauform eines IGBT

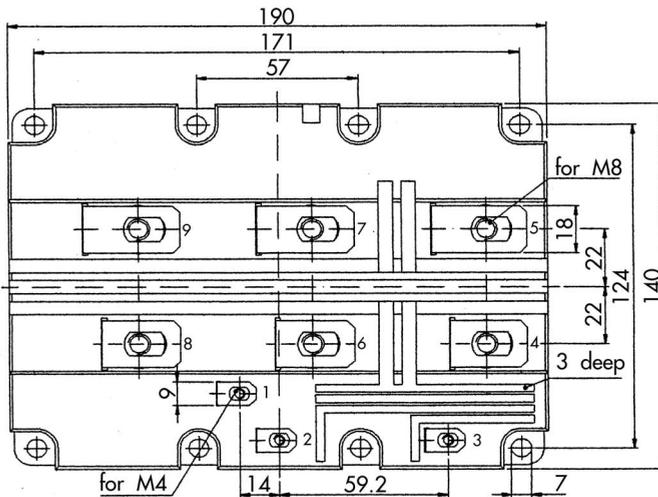


Bild 2.70 Abmessungen eines IGBT-Moduls (Quelle: eupec GmbH)

Der Ausgangskondensator sorgt für eine nahezu vollständig geglättete Ausgangsspannung U_R .

Wird T1 eingeschaltet, verkleinert sich der Lastwiderstand für die Spannungsquelle und der Strom i_L nimmt zu. Die Zunahme des Stroms hängt von der Spannungshöhe U_d und der Spuleninduktivität L ab.

Wird T1 abgeschaltet, fließt der Strom i_L , getrieben durch die Spule L , weiter gegen die höhere Spannung U_R und nimmt dabei ab. Die Spannung U_T über T1 ist in diesem Betriebszustand gleich U_R .

Vereinfacht kann man sagen, dass der Strom i_L im Zeitpunkt des kurzgeschlossenen T1 Anlauf nimmt, um gegen die höhere Spannung U_R anzufließen. Die Diode D1 verhindert, dass der Strom wieder vom Kondensator abfließen kann, sobald die Spule L den Strom nicht mehr gegen die Spannung des Kondensators C treiben kann.

Die Zeit, die von einem Einschalten von T1 bis zum nächsten Einschalten von T1 vergeht, wird wie beim Tiefsetzsteller Periodendauer genannt.

Die Periodendauer und die Ausschaltzeit T_a bestimmen die Ausgangsspannung U_R .

$$U = T/T_a \cdot U_d$$

mit

T/T_a Aussteuerungsgrad a

Die Diode D1 trennt die Schaltung in 2 Teile. Auf beiden Seiten muss die Energiebilanz im zeitlichen Mittel gleich groß sein, d.h. $U_R \cdot I_R = U_d \cdot I_L$ sein. Damit ergibt sich für den Mittelwert des Laststrom I_R

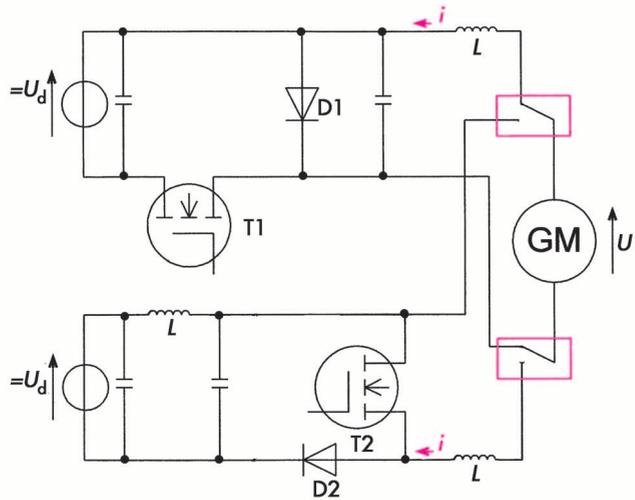
$$I_R = U_d/U_R \cdot I_L$$

Eine wesentliche Anwendung der Gleichstromsteller ist der Antrieb von Gleichstrommotoren. Die Last R in Bild 6.30a wird dann durch einen Motor ersetzt. Da die Drehzahl eines Gleichstrommotors von der Speisespannung abhängt, kann mit Hilfe eines Gleichstromstellers die Drehzahl gesteuert werden.

Gleichstromsteller werden häufig zur Drehzahlregelung von Gleichstrommotoren eingesetzt.

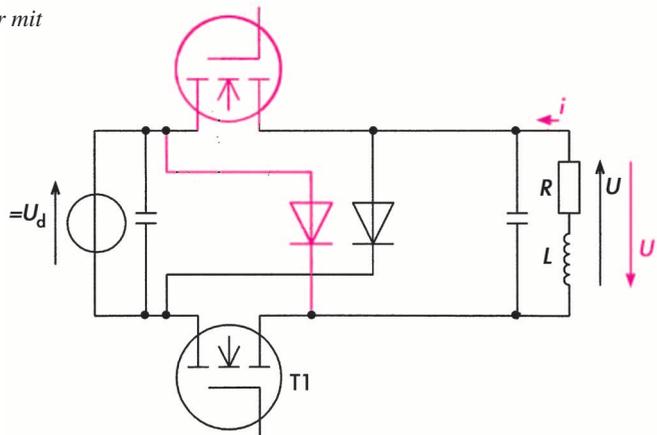
Will man den Gleichstrommotor abbremsen, wird ein Hochsetzsteller eingesetzt. In dieser Betriebsweise wird der Motor zum Generator. Dazu wird die niedrigere, generatorisch erzeugte Spannung des Generators über den Hochsetzsteller an die Spannungsquelle abgegeben. Beim Abbremsvorgang wird Energie an die Spannungsquelle (z.B. Akkumulator eines Batteriefahrzeugs) zurückgegeben. Der Akkumulator wird dann beim Bremsen geladen. Über Umschalterschütze können beide Schaltungen an den Motor geschaltet werden (Bild 6.33).

Bild 6.33 Gleichstromantrieb mit Hoch- und Tiefsetzsteller



Die beiden oben beschriebenen Schaltungen erlauben den Betrieb in den Quadranten 1 und 2 (vgl. Bild 6.18). Für einen Betrieb in den beiden anderen Quadranten (3 und 4) muss die Spannung am Motor negativ eingestellt werden. Dazu muss ein gegenparalleler Zweig aufgebaut werden (Bild 6.34).

Bild 6.34 Gleichstromsteller mit Spannungsumkehrzweig



8.1 Ein- und Ausschalten von Strömen bzw. Spannungen

Die Übersicht beginnt mit den für einfaches Ein- und Ausschalten benötigten Schaltungen. Natürlich kann für diese Anwendung auch ein mechanisches Relais bzw. Schütz verwendet werden. Halbleiterschalter haben aber folgende Vorteile:

- ❑ Lebensdauer
Während ein mechanischer Schalter nur zwischen 10^3 (Leistungsschalter) und 10^6 (Lastschütz) Schaltvorgänge verkraftet, ist die Schaltspielzahl beim Halbleiterbauelement nahezu unbegrenzt.
- ❑ Schaltverzögerung
Die Zeit, die vom Anliegen des Schaltbefehls bis zum Beginn des Schaltvorganges vergeht, die Eigenzeit, liegt bei Halbleiterbauelementen im μs -Bereich, während mechanische Schalter mindestens 10 ms brauchen.
- ❑ Steuerleistung
Die Steuerleistung ist bei Halbleiterschaltern meist niedriger.
- ❑ Schaltverhalten
Mechanische Schalter können beim Einschalten prellen. Unter prellen versteht man einen Schwingungsvorgang während des Einschaltens.
Beim Ausschalten entsteht bei mechanischen Schaltern ein Lichtbogen. Zudem verursachen mechanische Schalter Geräusche und evtl. Vibrationen, die die Umgebung stören. Diese Nachteile treten bei Halbleiterbauelementen nicht auf.

Als Schalter eingesetzte Halbleiterbauelemente haben aber auch Nachteile:

- ❑ Durchlassspannung
Gegenüber mechanischen Schaltern haben Leistungshalbleiter hohe Durchlassspannungen (ca. 2 V gegenüber wenigen mV bei mechanischen Schaltern).
- ❑ Sperrstrom
Bei Halbleiterbauelementen fließt immer ein Sperrstrom. Mechanische Schalter lassen keinen Sperrstrom fließen.
- ❑ Sperrspannung
Während die Luft- und Kriechstrecken bei mechanischen Schützen ausreichend groß dimensioniert werden können, ist die Spannungsfestigkeit bei Halbleitern immer ein Kompromiss mit anderen wichtigen Eigenschaften.
- ❑ Preis
Leistungshalbleiterbauelemente sind erheblich teurer als mechanische Schalter.

Für das Schalten von Wechselströmen genügt ein Thyristor. Nach dem Stromnulldurchgang sperrt der Thyristor wieder.