

Diodenmodule MDD 16, MDD 25 und MDD 40, TGL 42 739

Dr. rer. nat. LOTHAR EGLINSKI und
Dipl.-Ing. JÜRGEN HEIDER

Mitteilung aus dem ZFT des Kombinates VEB Elektro-Apparate-Werke
Berlin-Treptow „Friedrich Ebert“

Anwendung

In den letzten Jahren zeichnet sich bei den international führenden Herstellern von Halbleiterleistungsbau-elementen der Trend ab; Bauelemente im Strombereich bis zu einigen 100 A in Modulbauweise zu realisieren. Dabei sind zwei oder mehr funktionell zusammengeschaltete Halbleiterchips von einem gemeinsamen Gehäuse mit herausgeführten Strom- und Steueranschlüssen umgeben. Die beim Betrieb der Bauelemente entstehende Wärme ist über eine potentialfreie, im allgemeinen metallene Grundplatte an einen Kühlkörper abführbar.

Bei derartigen leistungselektronischen Modulen hat sich in der Stromrichtertechnik international neben dem Kompaktgleichrichter, der eine komplette Brückenschaltung enthält, ein Bauelement durchgesetzt, das funktionell einen Brückenzweig (Dreipol-zweigpaar) darstellt und dadurch vielseitig einsetzbar ist.

Die allgemeine Entwicklungstendenz geht zur Erstellung eines umfangreichen Sortiments von voll-, halb- und ungesteuerten Brückenschaltungen im Strombereich bis 50 A sowie von voll-, halb- und ungesteuerten Zweigpaaren für den Einsatz in netzgelöschten und selbstgelöschten Stromrichterschaltungen. Die Ablösung konventioneller Einzel-Leistungsgleichrichter durch leistungselektronische Module entspricht dem Weltstand, da ihr Einsatz beim Aufbau der

Tafel 1: Empfehlungen zur TSE-Schaltung für Diodenmodule, Schaltung B2U, B2H

Die Wirksamkeit der TSE-Schaltung ist für den speziellen Anwendungsfall zu überprüfen

Netz-Nennspannung	MDD 16			MDD 25, MDD 40		
	C in μF	R in Ω	P in W	C in μF	R in Ω	P in W
≤ 110 V	0,22	47	0,5	0,33	27	1
≤ 220 V	0,1	68	1	0,22	47	1
≤ 380 V	0,068	120	2	0,1	82	2
≤ 500 V	0,047	220	4	0,068	120	4
≤ 600 V	0,033	330	4	0,047	180	4

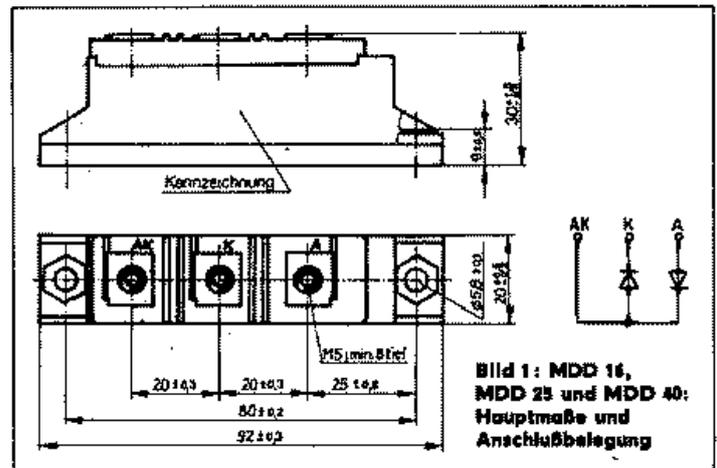


Bild 1: MDD 16, MDD 25 und MDD 40: Hauptmaße und Anschlußbelegung

Stellglieder von Stromrichtern mit einigen wesentlichen technischen und ökonomischen Vorteilen verbunden ist:

- Verringerung des Montageaufwandes
- Vereinfachung der Lagerhaltung
- Nutzung des Kühlkörpers als konstruktives Element und Verwendung nur eines Kühlkörpers für mehrere Module durch potentialfreies Bauelementegehäuse
- Volumenreduzierung
- Materialeinsparung
- Zuverlässigkeitserhöhung
- Verringerung des Entwicklungs- und Konstruktionsaufwandes bei Neuentwicklungen.

Die Diodenmodule MDD 16, MDD 25 und MDD 40 sind vornehmlich zum Einsatz in ungesteuerten B2- und B6-Schaltungen und in B2HZ-Schaltungen (nach TGL 200-0608/21) für Netzanwendungen vorgesehen.

Bauform

Das Gehäuse eines Diodenmoduls besteht aus der zur Wärmeabführung dienenden metallenen Grundplatte, dem Gehäuserahmen und einem aufschiebenden Deckel – beide Teile aus einem Kunststoff hoher Wärmebeständigkeit. Grundplatte und Gehäuserahmen bilden eine verlorene Form für den Verguß des Bauelements.

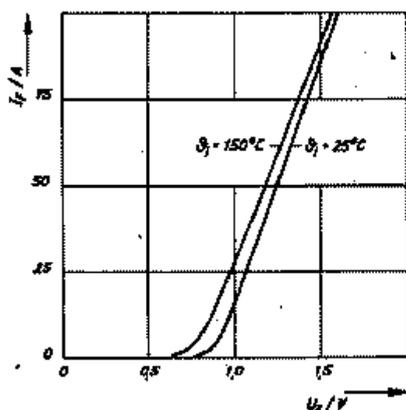


Bild 2: MDD 16: Obere Werte der Durchlaßkennlinie
Parameter: Sperrschichttemperatur θ_j

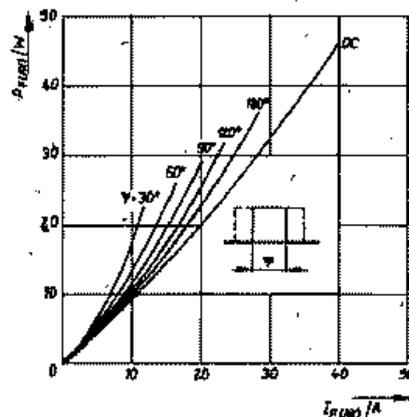


Bild 3: MDD 16: Durchlaßverlustleistung $P_{F(AV)}$ einer Diode in Abhängigkeit vom Durchlaßstrommittelwert $I_{F(AV)}$ bei rechteckförmigem Stromverlauf
Parameter: Stromflußwinkel

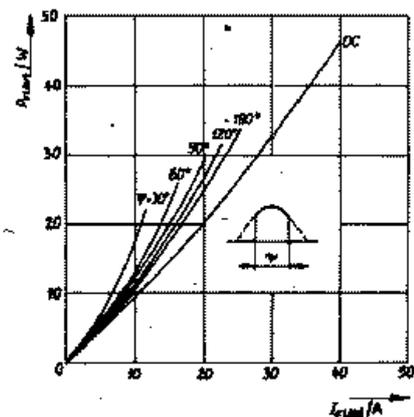


Bild 4: MDD 16: Durchlaßverlustleistung $P_{F(AV)}$ einer Diode in Abhängigkeit vom Durchlaßstrommittelwert $I_{F(AV)}$ bei sinusförmigem Stromverlauf
Parameter: Stromflußwinkel

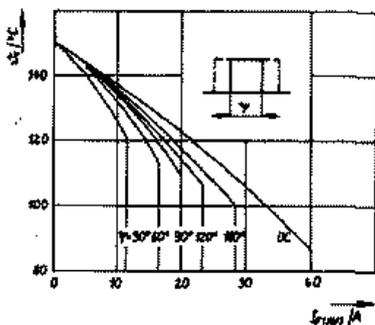


Bild 5: MDD 16: Höchstzulässige Modulgrundplattentemperatur θ_j in Abhängigkeit vom Durchlaßstrommittelwert I_{AV} bei rechteckförmigem Stromverlauf
Parameter: Stromflußwinkel

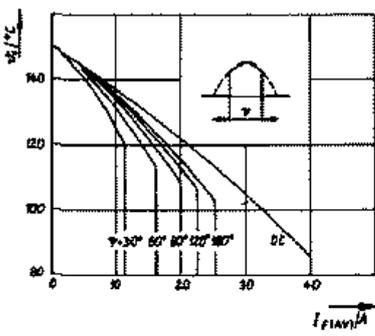


Bild 6: MDD 16: Höchstzulässige Modulgrundplattentemperatur θ_j in Abhängigkeit vom Durchlaßstrommittelwert I_{AV} bei sinusförmigem Stromverlauf
Parameter: Stromflußwinkel

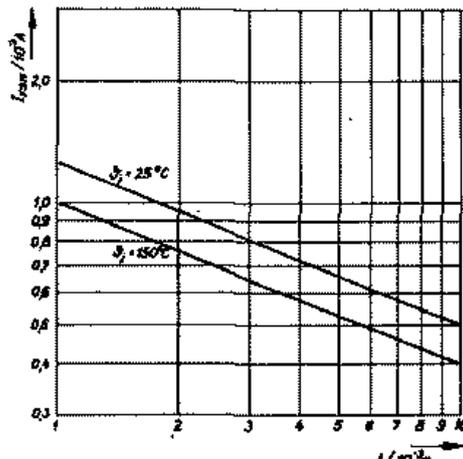


Bild 9: MDD 16: Höchstzulässige Stoßstromamplitude I_{PKM} in Abhängigkeit von der Zeit bei sinusförmigem Stromverlauf und nachfolgender Sperrspannungsbelastung $U_{RKM} = 0$
Parameter: Sperrschichttemperatur θ_j

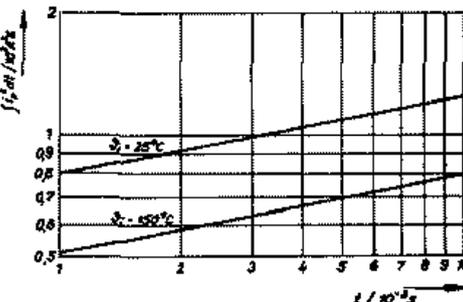


Bild 10: MDD 16: Höchstzulässiges Stoßstromintegral $\int I_{PKM} dt$ in Abhängigkeit von der Zeit bei nachfolgender Sperrspannungsbelastung $U_{RKM} = 0$
Parameter: Sperrschichttemperatur θ_j

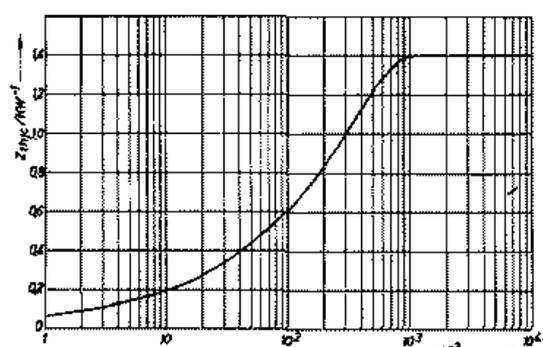


Bild 11: MDD 16: Transiente Wärmelimpedanz $Z_{\theta jc}$ für Konstantstrom

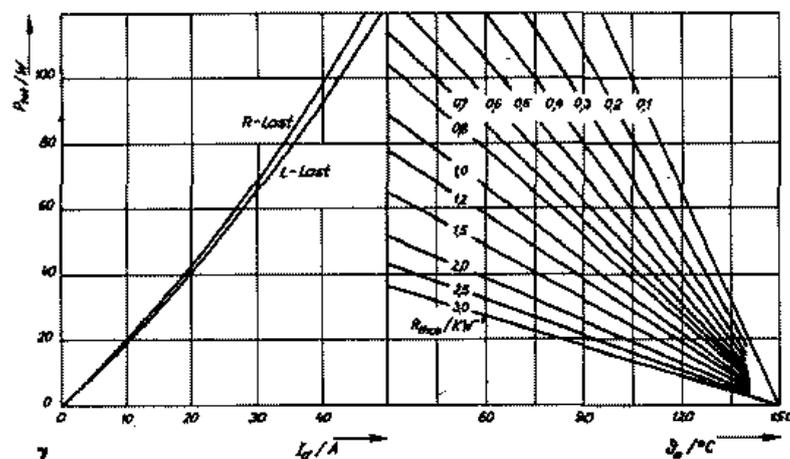


Bild 7: MDD 16: Zusammenhang zwischen höchstzulässigem Ausgangsstrom I_{AV} einer Zweipuls-Brückenschaltung, Gesamtverlustleistung P_{tot} der Schaltung, höchstzulässiger Umgebungstemperatur θ_{a1} , höchstzulässiger Gehäusetemperatur θ_{a2} , höchstzulässigem Wärmewiderstand Modulgrundplatte - Umgebung $R_{th(a)}$ ($R_{th(a)} = R_{th(a)} + 1/2 R_{th(c)}$) und Art der Last (ohmsch oder induktiv)

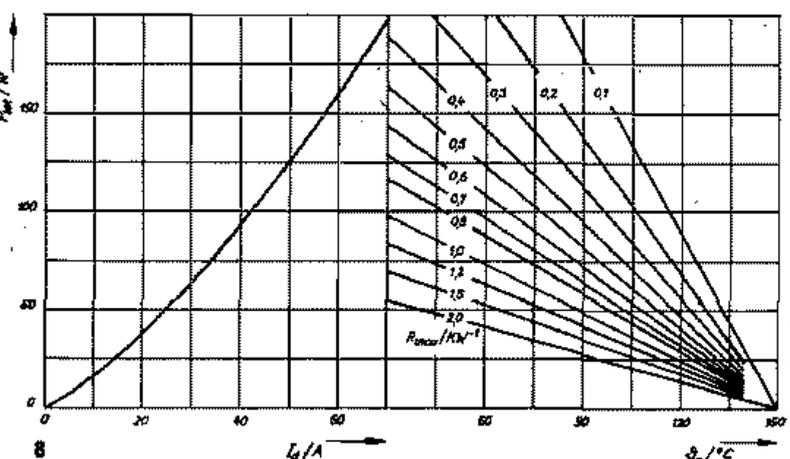


Bild 8: MDD 16: Zusammenhang zwischen höchstzulässigem Ausgangsstrom I_{AV} einer Sechspuls-Brückenschaltung, Gesamtverlustleistung P_{tot} der Schaltung, höchstzulässiger Umgebungstemperatur θ_{a1} , höchstzulässiger Gehäusetemperatur θ_{a2} , höchstzulässigem Wärmewiderstand Modulgrundplatte - Umgebung $R_{th(a)}$ ($R_{th(a)} = R_{th(a)} + 1/2 R_{th(c)}$)

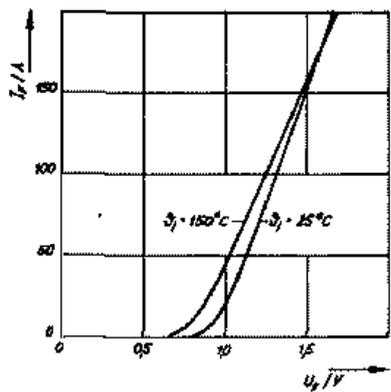


Bild 12: MDD 25 und MDD 40: Obere Werte der Durchlaßkennlinie
Parameter: Sperrschichttemperatur θ_j

Die Hauptmaße des im Bild 1 dargestellten Bauelementes entsprechen denen der Bauform TO-240 AA (JEDEC) bzw. A 77 A (IEC).

Montagehinweise

Vor der Montage der Diodenmodule auf dem Kühlkörper sind die Auflageflächen hauchdünn mit Wärmeleitpaste (z. B. Silikonpaste NP 4401, VEB Chemiewerk Nünchritz) zu bestreichen. Es wird empfohlen, eine Gummidruckrolle zu verwenden.

Für die Befestigung der Module am Kühlkörper wird die Verwendung von Zylinderschrauben mit Innensechskant M5 geeigneter Länge nach TGL 0-912-8.8 empfohlen. Bei Al-Kühlkörpern ist eine Einschraubtiefe $t \geq 10$ mm zu gewährleisten.

Bei der Befestigung ist das vorgeschriebene Anzugsdrehmoment einzuhalten. Nach einer Wartezeit von mindestens drei Stunden sind die Schrauben nochmals mit dem gleichen Drehmoment nachzuziehen, da die Wärmeleitpaste zwischen Kühlkörper und Bauelement hervorquillt.

An den elektrischen Anschlüssen sollten Stromschienen befestigt werden. Die Verwendung von Kabelschuhen wird nur bei gleichzeitiger Verwendung von Stromschienen angeraten. Hier wird der Einsatz von Sechskantschrauben M5 geeigneter Länge nach TGL 0-933-8.8 in Verbindung mit Scheiben 5,3 TGL 17 774-St oder 5,3 TGL 0-125St empfohlen. Das angegebene Anzugsdrehmoment ist einzuhalten.

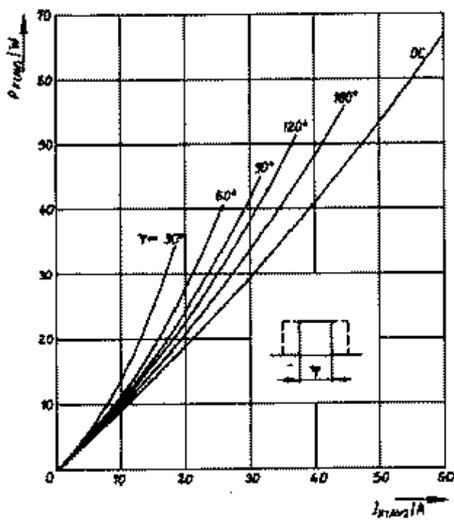


Bild 13: MDD 25 und MDD 40: Durchlaßverlustleistung $P_{F(AV)}$ einer Diode in Abhängigkeit vom Durchlaßstrommittelwert $I_{F(AV)}$ bei rechteckförmigem Stromverlauf
Parameter: Stromflußwinkel

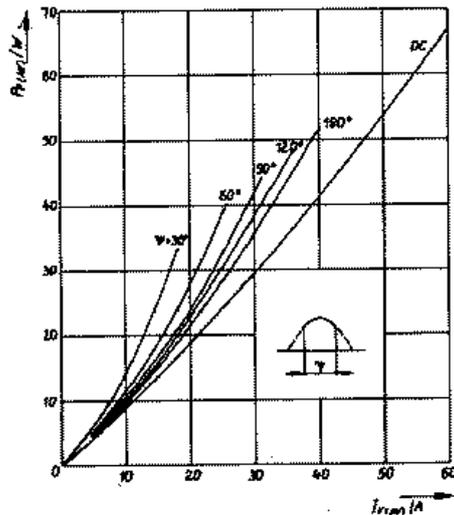


Bild 14: MDD 25 und MDD 40: Durchlaßverlustleistung $P_{F(AV)}$ einer Diode in Abhängigkeit vom Durchlaßstrommittelwert $I_{F(AV)}$ bei sinusförmigem Stromverlauf
Parameter: Stromflußwinkel

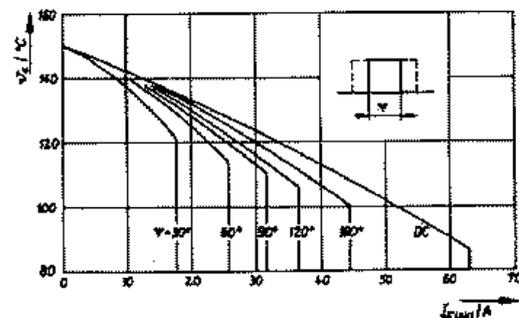


Bild 15: MDD 25 und MDD 40: Höchstzulässige Modulgrundplattentemperatur θ_c in Abhängigkeit vom Durchlaßstrommittelwert $I_{F(AV)}$ bei rechteckförmigem Stromverlauf
Parameter: Stromflußwinkel

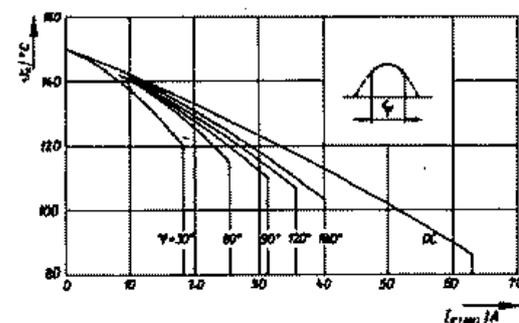


Bild 16: MDD 25 und MDD 40: Höchstzulässige Modulgrundplattentemperatur θ_c in Abhängigkeit vom Durchlaßstrommittelwert $I_{F(AV)}$ bei sinusförmigem Stromverlauf
Parameter: Stromflußwinkel

Schutz gegen Überspannungen

Zum Schutz der Diodenmodule gegen Überspannungen muß eine Beschaltung mit RC-Gliedern vorgenommen werden. Richtwerte für die Dimensionierung sind der Tafel 1 zu entnehmen. Die Wirksamkeit der Beschaltung ist zu überprüfen. Zur Dämpfung der netzseitigen Überspannungen wird der Einsatz von ZnO-Varistoren empfohlen.

Tafel 2

	MDD 16	MDD 25	MDD 40
Granzwerte			
periodische Spitzensperrrspannung U_{BRM} und nichtperiodische Spitzensperrrspannung U_{BRM} in V	400, 600, 800, 1 000, 1 200, 1 400, 1 600		
mittlerer Durchlaßstrom $I_{F(AV)}$ in A (Sinushalbwellen) bei $\theta_c = 122^\circ\text{C}$ bei $\theta_c = 100^\circ\text{C}$	16	25	40
effektiver Durchlaßstrom $I_{F(RMS)}$ in A	40	63	63
Stoßstrom I_{FSM} in A Sinushalbwellen, $t = 10\text{ ms}$, $U_R = 0$ bei $\theta_j = 25^\circ\text{C}$ bei $\theta_j = 150^\circ\text{C}$	500 400	700 500	1 000 800
Stoßstromintegral $\int i_F^2 dt$ in A^2s Sinushalbwellen, $t = 10\text{ ms}$, $U_R = 0$ bei $\theta_j = 25^\circ\text{C}$ bei $\theta_j = 150^\circ\text{C}$	1 250 800	2 450 1 250	5 000 3 200
Bereich der zulässigen virtuellen Sperrschichttemperatur θ_j in $^\circ\text{C}$	-40...+150		
Isolationsprüfspannung U_{ins} in kV	2,5		
Anzugsdrehmoment zur Befestigung der Module auf dem Kühlkörper in Nm	5		
Anzugsdrehmoment zur Befestigung der Stromzuführungen in Nm	2		
Kennwerte			
Durchlaßspannung U_F in V bei $I_{FM} = 80\text{ A}$, $\theta_j = 25^\circ\text{C}$	$\leq 1,49$	$\leq 1,42$	$\leq 1,42$
Schleusenspannung $U_{(TA)}$ in V)	0,85	0,85	0,85
Durchlaßersatzwiderstand r_T in m Ω)	7,5	4,5	4,5
periodischer Spitzensperrrstrom I_{BRM} in mA bei $\theta_j = 150^\circ\text{C}$, $U_R = U_{BRM}$	≤ 5	≤ 5	≤ 5
Innerer Wärmewiderstand R_{thk} in $\frac{\text{K}}{\text{W}}$ je Diode	$\leq 1,4$	$\leq 0,9$	$\leq 0,9$
Montagewärmewiderstand R_{thm} in $\frac{\text{K}}{\text{W}}$ je Modul	$\leq 0,2$		
Masse in g	≤ 200		
Sonstige Angaben			
Schutzgrad nach TGL RGW 592	IP 00		
Einsatzklasse nach TGL 9200/03	-40/+85/+30/90 / 2 1 0 2		
DSRK-Ausführungsklasse	M II		
Betrieblage	beliebig		

) Durchlaßersatzkennlinie zur Berechnung der Durchlaßverlustleistung

Schutz gegen Überstrom und Kurzschluß

Zum Kurzschlußschutz wird der Einsatz überflinker Schmelzsicherungen empfohlen, um die Strombelastbarkeit der Module voll ausnutzen zu können. Zum Schutz gegen unzulässig hohe Überströme können Vorrichtungen zur Strombegrenzung mit magnetischen und thermischen Auslösern oder an den Kühlkörper angebrachten Temperaturfühler verwendet werden. Temperaturwächter sind insbesondere bei forciertem Belüftung erforderlich, um eine Zerstörung der Halbleiterbauelemente bei Ausfall des Lüfters zu verhindern.

Isolation

Die Isolation zwischen den stromführenden Teilen und der metallenen Modulgrundplatte wird 1 min mit 2 500 V Wech-

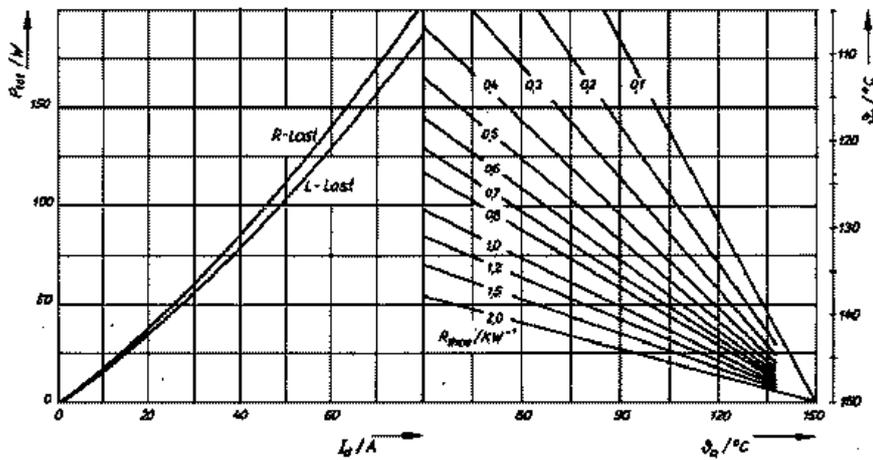


Bild 17: MDD 25 und MDD 40: Zusammenhang zwischen höchstzulässigem Ausgangsstrom I_d einer Zweipuls-Brückenschaltung, Gesamtverlustleistung P_{tot} der Schaltung, höchstzulässiger Umgebungstemperatur θ_a , höchstzulässiger Gehäusetemperatur θ_c , höchstzulässigem Wärmewiderstand Modulgrundplatte - Umgebung $R_{\theta ca}$ ($R_{\theta ca} = R_{\theta ha} + 1/2 R_{\theta ch}$) und Art der Last (ohmsch oder induktiv)

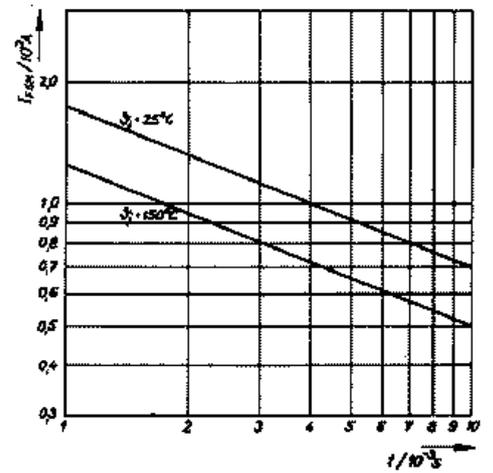


Bild 19: MDD 25: Höchstzulässige Stoßstromamplitude I_{TSM} in Abhängigkeit von der Zeit bei sinusförmigem Stromverlauf und nachfolgender Sperrspannungsbelastung $U_{RKM} = 0$. Parameter: Sperrschichttemperatur θ_j

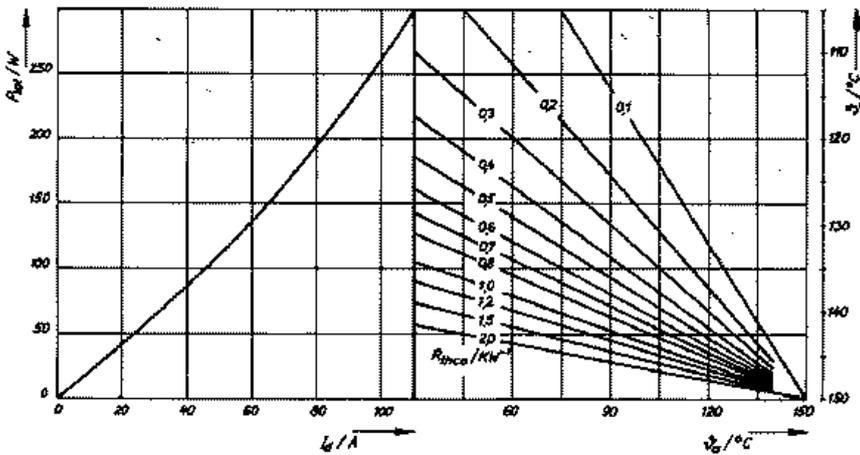


Bild 18: MDD 25 und MDD 40: Zusammenhang zwischen höchstzulässigem Ausgangsstrom I_d einer Sechspuls-Brückenschaltung, Gesamtverlustleistung P_{tot} der Schaltung, höchstzulässiger Umgebungstemperatur θ_a , höchstzulässiger Gehäusetemperatur θ_c , höchstzulässigem Wärmewiderstand Modulgrundplatte - Umgebung $R_{\theta ca}$ ($R_{\theta ca} = R_{\theta ha} + 1/2 R_{\theta ch}$)

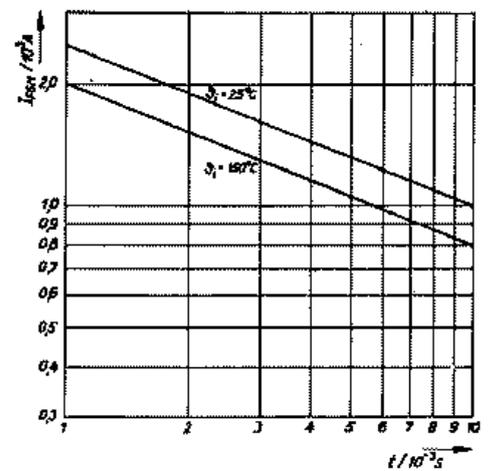


Bild 20: MDD 40: Höchstzulässige Stoßstromamplitude I_{TSM} in Abhängigkeit von der Zeit bei sinusförmigem Stromverlauf und nachfolgender Sperrspannungsbelastung $U_{RKM} = 0$. Parameter: Sperrschichttemperatur θ_j

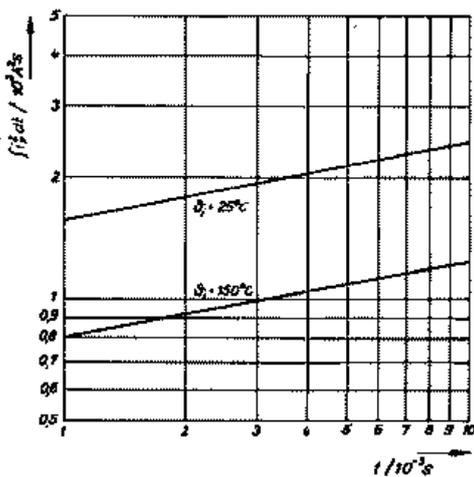


Bild 21: MDD 25: Höchstzulässiges Stoßstromintegral $\int I_T^2 dt$ in Abhängigkeit von der Zeit bei nachfolgender Sperrspannungsbelastung $U_{RKM} = 0$. Parameter: Sperrschichttemperatur θ_j

seilspannung geprüft. Bei einer Wiederholung der Isolationsprüfung durch den Bauelementeanwender, z. B. zu Kontrollzwecken oder bei der Isolationsprüfung des fertigen Gerätes, darf nur mit einer allmählich auf diesen Wert ansteigenden Spannung geprüft werden. Soll die Prüfspannung eine Minute anstehen, so ist mit maximal 2000 V zu prüfen.

Bei der Prüfung sind sämtliche elektrischen Anschlüsse des Moduls miteinander zu verbinden, um eine unzulässige Beanspruchung der Halbleiter durch induktiv oder kapazitiv übertragene Spannung zu verhindern.

Die technischen Daten sind der Tafel 2 und die Kennlinien und Diagramme den Bildern 2 bis 23 zu entnehmen.

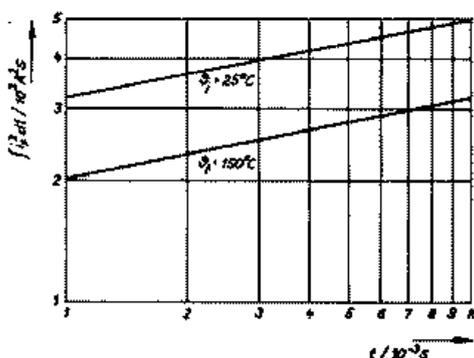


Bild 22: MDD 40: Höchstzulässiges Stoßstromintegral $\int I_T^2 dt$ in Abhängigkeit von der Zeit bei nachfolgender Sperrspannungsbelastung $U_{RKM} = 0$. Parameter: Sperrschichttemperatur θ_j

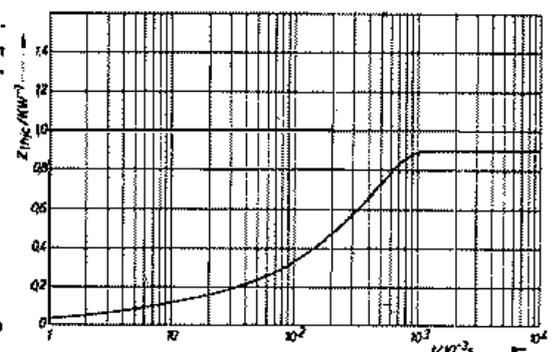


Bild 23: MDD 25 und MDD 40: Transiente Wärmeimpedanz $Z_{T(t)}$ für Konstantstrom