

D0- und D-Sicherungen für den kombinierten Halbleiter- und Leitungsschutz

Sicherungen zum Schutz der Halbleiter und gleichzeitig der Geräteleitungen wurden jetzt in den Bauformen D0 und D weiterentwickelt. Damit ist ein weiterer Schritt zur Reduzierung der Anlagenkosten und des Platzbedarfs möglich. Bewährt haben sich diese Kombinationssicherungen schon seit fünf Jahren in Anlagen der Leistungselektronik und sind in diesem Einsatzgebiet etabliert.

Thorsten Falkenberg

Das D0- und gleichermaßen das D-Sicherungssystem bestehen aus dem Sicherungseinsatz, einem Passeinsatz, der Schraubkappe und dem Sicherungshalter (Bild 1). Während der Sicherungshalter bzw. das Sicherungsunterteil mit dem

Die Betriebsklasse „gRL“ beschreibt dabei die Doppelfunktion aus einem Überlastschutz der Leitungen und einem Kurzschlusschutz der Halbleiter. In der Niederspannungs-Hochleistungs-Bauform (NH-Bauform) mit Messerkontakten sowie in zylindrischer Abmessung stehen für den gesamten hierfür infrage kommenden Leistungsbereich ausreichend Typen zur Verfügung. Innerhalb dieser Bauformen kann aus einem umfangreichen Angebot an Größen und Bemessungsströmen die jeweils günstigste Lösung hinsichtlich des zur Verfügung stehenden Platzes in der Anlage gefunden werden.

Das Typenspektrum hat die Siba GmbH & Co. KG [1] nun um Sicherungseinsätze der Bauformen D0 und D erweitert. Diese gerade in Europa sehr weit verbreiteten Sicherungen bestehen durch die zur Verfügung stehenden Aufbauvarianten sowie ihrem geringen Platzbedarf.

D0- und D-Sicherungen

Mit fast 100 Jahren für die D-Sicherungen bzw. fast 40 Jahren für die D0-Sicherungen wird die Verbreitung dieser ursprünglich zur Verwendung in Haushalten vorgesehenen Sicherungen deutlich. In der Industrie sind die auch als „Diazed“ (diametral abgestuftes zweiteiliges Edisongewinde) und „Neozed“ be-



Bild 1. Aufbau des Sicherungssystems

kannten Sicherungen zum Leitungsschutz als Betriebsklasse „gG“ und Halbleiter-schutz in den Betriebsklassen „gR“ und „aR“ im Einsatz.

Passeinsatz bauseitig in der Anlage montiert sind, ist der Sicherungseinsatz in Verbindung mit der Schraubkappe für den Anwender zugänglich. Wird die iso-

Bemessungsstrom I_n in A	Kennmelder	Größe	
		D0-System	D-System
2	rosa	D01	DII
4	braun		
6	grün		
10	rot		
13	schwarz		
16	grau	D02	DIII
20	blau		
25	gelb		
35	schwarz		
50	weiß	D03	-
63	kupfer		
80	silber		
100	rot		

Tabelle 1. Bemessungsströme und farbliche Kennzeichnung des Kennmelders

Dipl.-Ing. Thorsten Falkenberg (38) ist technischer Projektleiter im Bereich Halbleiterschutz der Siba GmbH & Co. KG in Lünen. E-Mail: thorsten.falkenberg@siba.de



lierte Schraubkappe mit einem darin befindlichen Sicherungseinsatz in den Sicherungssockel eingeschraubt, ist das gesamte System berührungsgeschützt.

Im Gegensatz zum NH-System sind D0- und D-Sicherungen von elektrotechnischen Laien bedienbar. Durch eine Codierung des Passrings (D0) bzw. der Passschraube (D) wird eine weitgehende Unverwechselbarkeit des zu verwendenden Sicherungs-Bemessungsstroms I_r erreicht. Zur Erkennung des Schaltzustands sind die Sicherungen mit einem farbigen Kennmelder ausgestattet. In der Tabelle 1 wurde neben den verfügbaren Bemessungsströmen auch die Farbcodierung der Kennmelder aufgenommen. Die Hersteller von Schaltgeräten bieten im D0- und D-System eine große Palette unterschiedlicher Sicherungshalter an:



Bild 2. Lasttrennschalter für D0-Sicherungen [2]

- Aufbauvariante – ein- oder mehrpolig im Schaltschrank frei verdrahtet zu verwenden,
 - Tragschienenmontage – die Sicherungssockel sind beliebig zueinander anreihbar,
 - dreipolige Lasttrennschalter für D0-Sicherungen (Bild 2),
 - spezielle Sicherungshalter für Sammelschienensysteme.
- Die Teile sind preiswert, einfach über den Großhandel zu beziehen und der Ersatz dieser langlebigen Produkte ist über viele Jahre gesichert. Das gan-

ze System ist genormt nach IEC 60269-3-1:2004-07 [3] bzw. DIN VDE 0636-301 (VDE 0636-301):2005-08 [4]. Hier sind elektrische und mechanische Grenzwerte festgelegt. Hat ein Sicherungseinsatz im Fehlerfall abgeschaltet, ist er problemlos der Reststoffverwertung zuzuführen [5].

Die Betriebsklasse „gRL“

Wie in Bild 3 dargestellt, beinhaltet der typische Aufbau einer Stromrichterabsicherung die Installation einer Leitungsschutzsicherung sowie einer speziellen Halbleiterschutzsicherung. Die Leitungsschutzsicherung übernimmt hierbei neben dem thermischen Schutz auch den Kurzschlusschutz der Zuleitung. Aufgrund der hohen Werte ihrer Ausschaltintegrale sind die Leitungsschutzsicherungen nicht in der Lage, einen ausreichenden Kurzschlusschutz der Halbleiter sicherzustellen. Dies bedingt den Einsatz von superflinken Halbleiterschutzsicherungen, die neben der Berücksichtigung des entsprechenden Grenzlastintegrals der zu schützenden Halbleiterzelle auch im Hinblick auf die zu erwartende Lichtbogenspannung optimal auf den entsprechenden Halbleiter ausgelegt werden. Die superflinke Charakteristik resultiert in sehr hohen Werten der Kontakttemperaturen und somit der Leistungsabgabe der Halbleiterschutzsicherungen. Hierdurch ist die Berücksichtigung von hohen Korrekturfaktoren k_W zur optimalen Auslegung des Bemessungsstroms I_r des Sicherungseinsatzes nötig. Nicht selten sind hierbei Werte des doppelten Bemessungsstroms I_r zum eigentlichen Anlagennennstrom I_N .

Dieses Absicherungskonzept zeigt, dass zum Schutz der jeweiligen Komponenten je ein speziell abgestimmtes Sicherungssystem installiert werden muss. Hierdurch ergeben sich für den Anwender ein doppel-

ter Platzbedarf sowie doppelte Investitionskosten. Durch die Entwicklung spezieller Schmelzleiterkonstruktionen wird die Schutzfunktion der Halbleiterschutzsicherung (Betriebsklasse „gR“) sowie einer Leitungsschutzsicherung (Betriebsklasse „gG“) in einem Isolierkörper realisiert. Die resultierende Zeit/Strom-Kennlinie (Bild 4) macht deutlich, dass sich die Sicherungseinsätze der Betriebsklasse „gRL“ (grün) im Überlastbereich vergleichbar mit einer herkömmlichen Leitungsschutzsicherung (schwarz) verhalten. Im Kurz-

Form von NH-Sicherungen, sind von Siba nun auch die Typen der immer noch weit verbreiteten Bauformen D bzw. DO um diese Betriebsklasse erweitert worden. Mithilfe dieser Bauformen sind Absicherungen von Geräten bis zu einer Netzspannung von AC 500 V mit einem Strombereich von 2 A bis 100 A realisierbar.

Die niedrigen Werte der Leistungsabgabe sowie der Wärmeentwicklung an den Sicherungskontakten führen dazu, dass nur sehr geringe Korrekturfaktoren k_W zu berücksichtigen sind.

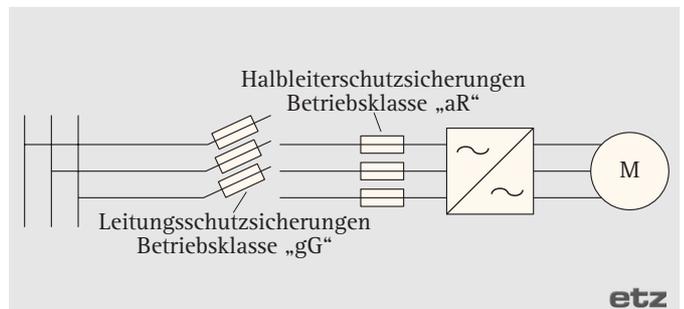


Bild 3. Konventioneller Stromrichterschutz durch Schmelzsicherungen

schlussbereich (Schmelzzeiten < 100 ms) sind sie jedoch weit aus flinker als eine Leitungsschutzsicherung und besitzen somit ausreichend niedrige Gesamtausschalt- I^2t -Werte um den jeweiligen Halbleiter zu schützen.

Die Schmelzleiter der Sicherungseinsätze sind besonders angeformt um den auftretenden zyklischen Wechsellastbeanspruchungen der Anwendungen gerecht zu werden. Die Sicherungen wurden weit vor Aufnahme in die nationale und internationale Normung von Siba mit der Betriebsklasse „gRL“ gekennzeichnet. Dies, um die Verwendung zum Ganzbereichschutz („g“) der Halbleiter („R“) und der zugehörigen Leitungen („L“) zu verdeutlichen.

D- und DO-Sicherungen in der Betriebsklasse „gRL“

Nach der erfolgreichen Einführung der Kombinationssicherungen in mittleren bis hohen Leistungsbereichen in

sichtigen sind. Eingehende Prüfungen im Labor des Herstellers haben ergeben, dass die jeweiligen Sicherungseinsätze unter den in der Norm geforderten Werten der höchsten Leistungsabgabe liegen (s. Tabelle 2). Im Gegensatz zu den bisher erhältlichen Halbleitersicherungen der Baugröße D bzw. DO sind die Kombinationssicherungen bis zu ihrem Bemessungsstrom in den entsprechenden Sicherungsunterteilen belastbar [3, 4].

Die Bemessungsströme der Sicherungseinsätze wurden derart ausgelegt, dass der Überlastbereich des Sicherungseinsatzes auf die max. Belastbarkeit der zu schützenden Leitung bezogen werden kann. Im Gegensatz zu den speziellen superflinken Halbleiterschutzsicherungen können die Bemessungsströme I_r der Kombinationssicherungen direkt auf den Anlagennennstrom I_N ausgelegt.

Bemessungsstrom I_r in A	D01- ... D03-Bauform		DII- ... DIV-Bauform	
	Geprüfte Siba-Werte	Forderungen gemäß DIN VDE 0636-301 bzw. IEC 60269-3-1	Geprüfte Siba-Werte	Forderungen gemäß DIN VDE 0636-301 bzw. IEC 60269-3-1
	Leistungsabgabe P_v in W	Höchste Leistungsabgabe in W	Leistungsabgabe P_v in W	Höchste Leistungsabgabe in W
10	1,3	2,0	1,6	2,6
16	1,9	2,5	2,4	3,2
25	2,1	3,5	2,9	4,5
50	3,9	5,0	6,0	6,5
63	5,1	5,5	7,0	7,0

Tabelle 2. Werte der Leistungsabgabe im Vergleich zur Forderung gemäß DIN VDE 0636-301 (VDE 0636-301) bzw. IEC 60269-3-1 [3, 4]

Noch klarer wird dies bei der Betrachtung der jeweiligen Nennleistungsabgaben der Sicherungseinsätze. So beträgt die Leistungsabgabe P_v einer herkömmlichen Halbleiterschutzsicherung („gR“) mit dem Bemessungsstrom I_r von 63A in der D02-Bauform 15 W. Unter Berücksichtigung der Korrekturfaktoren für die max. Leistungsabgabe in Bezug auf die max. Grenzleistungsaufnahme des Sicherungsunterteils bedeutet dies einen Korrekturfaktor k_w von 0,65 (Bild 5). Somit ist die entsprechende Sicherung mit max. $63 \text{ A} \cdot 0,65 = 41 \text{ A}$ belastbar. Die Leistungs-

abgabe einer Kombinationssicherung der gleichen Baugröße ergibt etwa 5,1 W. Aufgrund der Forderung gemäß DIN VDE 0636-301 (VDE 0636-301) bzw. IEC 60269-3-1 [3, 4] von 5,5 W (Bauform D02, 63 A) ist dieser Sicherungseinsatz bis zu seinem Bemessungsstrom einsetzbar.

Praktische Anwendung Softstarter

Ein Softstarter sowie dessen Zuleitung sollen durch eine Kombinationssicherung abgesichert werden. Die Umgebungstemperatur beträgt 55 °C, der Schaltschrank wird nicht fremdbelüftet. Der Querschnitt

Nennquerschnitt Cu in mm ²	Bemessungsstrom des Sicherungseinsatzes in A für $\vartheta_U = 30 \text{ °C}$	
	Geschlossene Installation (Verlegeart B2)	Geschlossene Installation (Verlegeart C)
	drei belastete Adern	
1,5	10	16
2,5	20	20
4	25	32
6	32	40
10	40	50
16	50	63
25	80	80
35	80	100
50	100	125
70	125	160

Tabelle 3. Zuordnung der Bemessungsströme der Sicherungseinsätze zu den entsprechenden Leitungsquerschnitten für Umgebungstemperatur $\vartheta_U = 30 \text{ °C}$ (gemäß DIN VDE 0298-4 (VDE 0298-4):2003-08 [9])

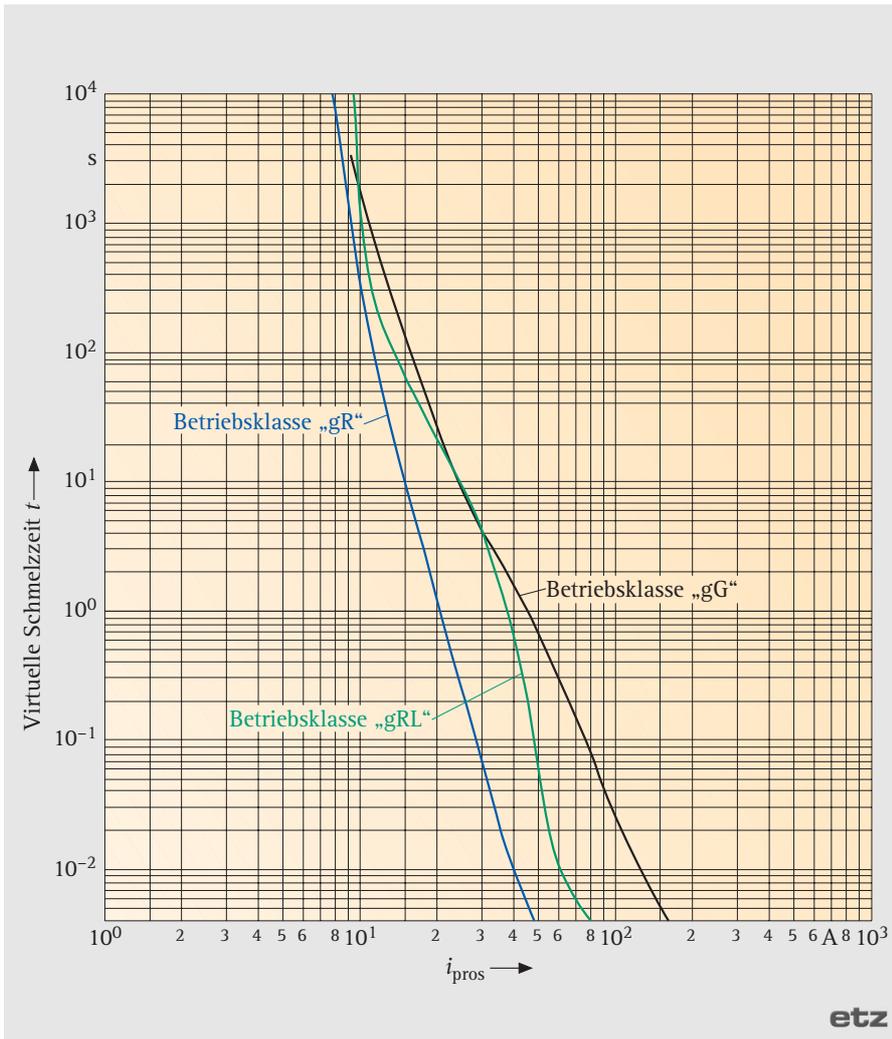


Bild 4. Zeit/Strom-Kennlinie, Betriebsklasse „gRL“

der Zuleitung beträgt 16 mm^2 , der I^2t -Wert der Halbleiter innerhalb des Softstarters beträgt $15000 \text{ A}^2\text{s}$. Bei einem Laststrom von 45 A müssen für ca. 60 s eine $1,5$ fache Überlast berücksichtigt werden. Gefordert wird ein Aufbau im D02-Sicherungshalter.

Unter Beachtung der Umgebungstemperatur von $55 \text{ }^\circ\text{C}$ sowie einem häufig auftretenden Zyklenspiel aufgrund zahlreicher Starts pro Tag errechnet sich mithilfe der in den Dokumentationen dargestellten Korrekturfaktoren k_w ein Bemessungsstrom I_r des Sicherungseinsatzes von 63 A . Das Gesamtausschaltintegral des Sicherungseinsatzes beträgt $11000 \text{ A}^2\text{s}$ und liegt somit deutlich unter den Grenzlastintegralen des zu schützenden Leistungshalbleiters.

Im Überlastbereich der Zeit/Strom-Kennlinie (hier $1,5 \cdot I_N$ für 60 s) weist die Kombinationssicherung ein trägeres Verhalten als die superflinke Halbleitersicherung auf und ist somit in der Lage, zahlreiche Starts des Softstarters ohne jegliche Veränderung der elektrischen Eigenschaften zu bestehen. In Bezug auf den Leitungsschutz ist die Sicherung darüber hinaus in der Lage, innerhalb einer ausreichenden Zeit auszulösen, wenn sie einen Strom von $1,45 \cdot I_Z$ führt. I_Z steht hierbei für die max. Belastbarkeit der zu schützenden Leitung und ist den Leitungsspezifikationen zu entnehmen. Tabelle 3 beinhaltet die Zuordnung der Bemessungsströme der Sicherungseinsätze zu den entsprechenden Leitungsquerschnitten.

Ausblick

Durch die Verwendung einer gemeinsamen Sicherungsgruppe für den Halbleiter- und Leitungsschutz lassen sich die Anlagenkosten deutlich reduzieren. Hinzu kommen Platzeinsparungen, im Besonderen bei Verwendung der kompakten D0- und D-Baureihe.

Siba fertigt Sicherungen für den kombinierten Schutz von Halbleitern und deren Zuleitung seit 1998, und diese Sicherungen sind mittlerweile in sehr vielen Geräten im Einsatz. Was unter der Werksbezeichnung „gRL“ begann, wurde 2002 in die internationale Norm IEC 60269-4 [6, 7] bzw. national DIN EN 60269-4 (VDE 0636-40):2003-11 [8]

- Genf/Schweiz: Bureau de la Commission Electrotechnique Internationale (ISBN 2-8318-7527-7)
- [4] DIN VDE 0636-301 (VDE 0636-301):2005-08 Niederspannungssicherungen – Teil 3-1: Zusätzliche Anforderungen an Sicherungen zum Gebrauch durch Laien (Sicherungen überwiegend für Hausinstallationen und ähnliche Anwendungen) – Hauptabschnitte I bis IV: Beispiele von genormten Sicherungstypen. Berlin · Offenbach: VDE VERLAG
- [5] Falkenberg, Th.: Sicherungseinsätze für den kombinierten Halbleiter- und Leitungsschutz. etz Elektrotech. + Autom. 122 (2001) H. 16, S. 42–45 (ISSN 0948-7387)
- [6] IEC 60269-4:1986-10 Low-voltage fuses – Part 4: Supplementary requirements for fuse-links for the protection of semiconductor devices. Genf/Schweiz: Bureau de la Commission Electrotechnique Internationale (ISBN 2-8318-1225-9)
- [7] IEC 60269-4-am2 Amendment 2

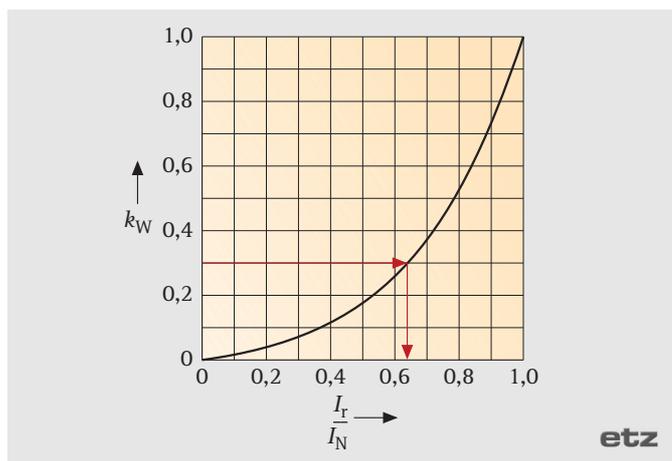


Bild 5. Korrekturdiagramm der Leistungsabgabe

als Charakteristik „gS“ aufgenommen. Heute stehen mit den hier vorgestellten Sicherungen des D0- und D-Systems noch Sicherungen in NH-Bauform sowie Sicherungen in zylindrischen Abmessungen 10 mm × 38 mm, 14 mm × 51 mm und 22 mm × 58 mm zur Verfügung.

Literatur

- [1] Siba GmbH & Co. KG, Lünen: www.siba.de
- [2] Wöhner GmbH & Co. KG, Rödental: www.woehner.de
- [3] IEC 60269-3-1:2004-07 Low-voltage fuses – Part 3-1: Supplementary requirements for fuses for use by unskilled persons (fuses mainly for household and similar applications) – Sections I to IV: Examples of types of standardized fuses. Genf/Schweiz: Bureau de la Commission Electrotechnique Internationale (ISBN 2-8318-6686-3)
- [8] DIN EN 60269-4 (VDE 0636-40): 2003-11 Niederspannungssicherungen – Teil 4: Zusätzliche Anforderungen an Sicherungseinätze zum Schutz von Halbleiterbauelementen. Berlin · Offenbach: VDE VERLAG
- [9] DIN VDE 0298-4 (VDE 0298-4): 2003-08 Verwendung von Kabeln und isolierten Leitungen für Starkstromanlagen – Teil 4: Empfohlene Werte für die Strombelastbarkeit von Kabeln und Leitungen für feste Verlegung in und an Gebäuden und von flexiblen Leitungen. Berlin · Offenbach: VDE VERLAG