

Fuseology



Fuse links, thermal Circuit Breakers

General Information

Fuse links are self-acting break appliances for the protection of electrical devices against unsuitable current loads. The current flow is interrupted by the melting of the fuse wire in which the current flows.

The following international regulations and recommendations in their currently valid version are valid for fuse links.

- DIN 72581 - DIN 43560 - ISO 8820 - UL 275 - SAE
 (Further the level of technology, the details of the actually valid implementation provisions, the safety-principle "human beings, animals and material assets must be protected against danger", as well as the qualification of the installed components should be taken into account - self-responsibility of the manufacturer of electrical devices.)

The Polyfuse® is actually a positive polymeric temperature coefficient (PPTC) device consisting of conductive carbon black particles. Under normal operating conditions, strings of carbon particles conduct current while exhibiting a very low internal resistance. When the Polyfuse's® trip or fault current is exceeded, the particle strings break up and disperse randomly followed by a rise in internal component resistance of several orders of magnitude. This rapid increase in resistance limits current flow to nearly zero effectively protecting the downstream circuitry. When the fault subsides or power is removed, the Polyfuse® cools and resets returning to its pre-tripped state.

The basic components of a thermal circuit breaker are the thermal alloy element (bimetal), electrical contacts, and the terminals for external connections. When an overload occurs, heat is generated as the current flows through the thermal alloy element causing it to deflect and separate the electrical contacts, interrupting current flow.

An important parameter used to judge the performance of a thermal circuit breaker is the time-versus-current characteristic curve, which is similar to that of a fuse. A thermal circuit breaker is generally not a one-event type device as is a fuse. The resettable features of circuit breakers are often found attractive for use in electrical circuits where non-resetting interruption of current flow is undesirable.

It is important to note that cycle life of a thermal circuit breaker is impacted both by the operational characteristic of the circuit breaker as well as the relative magnitude and duration of overcurrents or short circuits that the device experiences.

SAE-Types of thermal Circuit Breakers

In contrast to fuse links, thermal Circuit Breakers are resettable. There are SAE definitions for the different types of thermal circuit breakers, which are described below. Four different reset operational methods are generally available:

- **Type I (automatic reset):** the circuit breaker trips and resets in response to the overcurrent condition in a repetitive fashion. **This version shall be used in applications that provide for other self-limiting or non-resettable means (such as after a main fuse, main manual-reset circuit breaker, or momentary switch). These devices, while automatic in reset function, are not designed for long-term cycling conditions in applications where operator awareness of circuit fault or serviceability access is limited, leading to undesirable problems.** Refer to SAE J553 or J1625 for additional details.
- **Type II (modified reset):** the circuit breaker contains an additional resistive component that causes the tripped bimetal element to remain open. The open circuit condition is maintained (except for a low milliamp draw through the resistor) until the entire thermal circuit breaker is re-energised. Requires minimum voltage/current to maintain open circuit – see standards for details.
- **Type III (manual reset):** the circuit breaker will trip in response to an overcurrent condition after which a reset button or lever extends externally to indicate that the breaker has tripped and is in a non-conducting status. The trip indicator button or lever must be manually activated to return the device to normal operation.
- **Type III* (switchable):** same as the Type III manual reset with the additional feature that allows the user to open the circuit using an externally accessible trip mechanism.

Regarding the layout of thermal circuit breakers, it is required that the application provides enough current for operating the circuit breaker in the event of a failure. Otherwise it is possible that it fails to trip, and the failure in the circuit may persist. This applies in particular to applications that are incapable of providing enough fault current for activating the circuit breaker.

Sicherungen, thermische Überstromschutzschalter

Allgemeines

Sicherungen sind selbsttätig wirkende Unterbrechungsvorrichtungen zum Schutz von elektrischen Anwendungen gegen Strombelastungen unzulässiger Stärke und Dauer, bei denen der Stromfluß durch Abschmelzen des vom Strom durchflossenen Schmelzleiters unterbrochen wird.

Für Sicherungen gelten folgende internationale Bestimmungen und Empfehlungen der jeweils gültigen Fassung:
 - DIN 72581 - DIN 43560 - ISO 8820 - UL 275 - SAE
 (Des Weiteren sind der Stand der Technik, die Einzelheiten der jeweils gültigen Anwendungsvorschriften, der Sicherheitsgrundsatz "Menschen, Tiere und Sachwerte vor Gefahren zu schützen", sowie die Qualifikation der eingesetzten Bauelemente zu beachten - Eigenverantwortung des Herstellers elektrischer Betriebsmittel.)

Die Polyfuse® Serie sind polymere Bauelemente mit einem positiven Temperaturkoeffizienten (PPTC). Unter normalen Betriebsbedingungen bilden leitfähige Partikel im Polymer niederohmige Strompfade. Beim Überschreiten des Auslösestroms heizt sich das Bauteil auf und die Strompfade brechen auseinander. Dabei steigt der Innenwiderstand rapide um mehrere Dekaden an und begrenzt den Strom auf einen sicheren Wert. Nach Beseitigung des Fehlers und Unterbrechen der Spannung kühlt die Polyfuse® ab und die Strompfade rekombinieren sich selbstständig.

Die grundlegenden Komponenten eines Wärmeschutzschalters sind das Wärmeelement (Bi-Metall) aus legiertem Material, elektrische Kontakte und Anschlüsse für externe Verbindungen. Beim Auftreten eines Überstroms wird Wärme erzeugt. Der durch das Bi-Metall fließende Strom erzeugt eine Verlustleistung, die in Wärme umgesetzt wird. Diese erwärmt das Bi-Metall. Es verformt sich und trennt die elektrischen Kontakte. Der Stromfluss ist unterbrochen.

Ein wichtiger Parameter zur Beurteilung eines Wärmeschutzschalters ist die Zeit-Strom-Kennlinie, ähnlich der einer Sicherung. Ein thermischer Überstromschutzschalter ist gewöhnlich nicht nur für einen Auslösungsfall bestimmt. Da Sicherungsautomaten wieder anwendbar sind, gelten sie oft als günstig für den Einsatz in elektrischen Stromkreisen, wo eine nicht rückgängig zu machende Unterbrechung im Stromfluss unerwünscht ist.

Es muss unbedingt darauf hingewiesen werden, dass die Lebensdauer eines Wärmeschutzschalters sowohl durch die Betriebsmerkmale des Schutzschalters als auch durch die relative Größe und Dauer von Überströmen oder Kurzschlüssen bestimmt wird, denen die Vorrichtung ausgesetzt ist.

SAE-Typen der thermischen Überstromschutzschalter

Im Gegensatz zu Sicherungen sind Sicherungsautomaten rücksetzbar. Dazu gibt es von der SAE Definitionen zu unterschiedlichen Typen. Allgemein stehen vier verschiedene Rückstellverfahren zur Verfügung:

- **Typ I (automatische Rückstellung):** Der Schutzschalter wird als Reaktion auf die Überstrombedingung wiederholt ausgelöst und erneut zurückgestellt. **Diese Version ist bei Anwendungen für andere selbstbegrenzende oder nicht rückstellbare Vorrichtungen zu benutzen (beispielsweise nach einer Hauptsicherung, einem manuell rückstellbaren Schutzschalter oder Tastschalter). Diese Vorrichtungen sind, obwohl sie eine automatische Rückstellfunktion aufweisen, nicht für langanhaltende Wiederholungen bei Anwendungen bestimmt, wo die Wahrnehmungsmöglichkeit des Bedienpersonals bei einem Fehler im Stromkreis oder die Betriebsfähigkeit begrenzt ist, wodurch sich unerwünschte Probleme ergeben können.** Weitere Angaben dazu können SAE J553 oder J1625 entnommen werden.
- **Typ II (modifizierte Rückstellung):** Der Schutzschalter enthält eine zusätzliche Widerstandskomponente, durch welche die das ausgelöste Bi-Metall offen gehalten wird. Die geöffnete Stellung wird beibehalten (außer einem Strom im niedrigen Milliampere-Bereich über den Widerstand bis der ganze thermische Schutzschalter wieder mit Energie beaufschlagt wird. Eine(r) minimale(r) Spannung/Strom ist erforderlich, um den Stromkreis offen zu halten - Einzelheiten dazu sind den Normen zu entnehmen.
- **Typ III (manuelle Rückstellung):** Der Schutzschalter wird ausgelöst auf Grund eines Überstroms, wonach ein Rückstellknopf oder -hebel heraus ragt um anzuzeigen, dass der Schutzschalter geöffnet hat und sich im nicht leitenden Zustand befindet. Der Knopf/Hebel zur Auslösungsanzeige muss manuell betätigt werden, damit der thermische Schutzschalter wieder in den normalen Betriebszustand zurückversetzt wird.
- **Typ III* (schaltbar):** ebenso wie Typ III - manuelle Rückstellung, mit zusätzlicher Funktion, die es dem Benutzer gestattet, den Stromkreis mit Hilfe eines extern zugänglichen Auslösemechanismus zu öffnen.

Für die Bemessung von thermischen Schutzschaltern ist es erforderlich, dass in einem Fehlerfall die Anwendung ausreichend Leistung dem Sicherungsautomaten zur Verfügung stellt. Andernfalls kann es zu einer unerwünschten "Nichtauslösung" kommen, in der dann der Fehler im Stromkreis bestehen bleibt. Dies gilt insbesondere für Anwendungen, die keinen ausreichenden Fehlerstrom bereitstellen können, um den Schutzschalter auslösen zu können.

Explanations, Recommendations / Begriffe, Anwendungshinweise

The rated voltage (U_N) of a fuse link has to be at least equal or higher than the operating voltage of the device or assembly unit which is to be protected with the fuse link. If the operating voltage is very low, the fuse link's natural resistance (voltage drop) must possibly be taken into consideration.

The voltage drop (U_N) is measured according to standards e.g. DIN, ISO, JASO, partially maximum values common for PUDENZ are stated as well.

The rated current (I_{rat}) of a fuse link should approximately correspond to the operating current of the device or assembly unit which is to be protected (in accordance with the ambient temperature and rated current-definition, which means the permitted continuous currents).

Higher ambient temperatures (T_{umg}) mean additional load for the fuse links. The heating conditions of the maximum occurring ambient temperature have to be checked, in particular with high rated currents of the fuses, and a strong thermal radiation of components nearby. For such applications, the fuse should be derated in accordance with the following diagram, resp. table (see factor F_T):

Due to different specifications of rated current the recommended continuous current of the fuse links is max. 80% of their rated current (with an ambient temperature of 23°C), see also the fuse-specific current-carrying capacity (F) on the individual pages of the catalogue.

The pre-arcing time limits indicate the relation of fusing time to current. (They are presented as an envelope curve for all mentioned rated currents).

The melting integral (I^2t) results from the squared melting current and the corresponding melting time. At excess current with melting times < 5 ms the melting integral remains constant. The data in this catalogue are based on 6 or 10 x I_{rat} . The melting integral is an index for the time-current characteristic and informs about the pulse consistency of a fuse link. The mentioned melting integrals are typical values.

The breaking capacity (I_b) should be sufficient for any operating and error conditions. The short-circuit current (maximum fault current) to be interrupted by the fuse links at the rated voltage under default conditions must not be higher than the current corresponding to the breaking capacity of the fuse link.

The maximum power dissipation (P_V) is determined at a load with rated current, after having obtained temperature equilibrium. In operation, these values can occur for some time.

Typical values are indicated and in addition the standard values for fuses that comply with standards.

Die Nennspannung (U_N) der Sicherungen muß mindestens gleich oder größer als die Betriebsspannung der Anwendung oder der Baugruppe sein, für deren Schutz der Sicherungseinsatz bestimmt ist. Wenn die Betriebsspannung sehr niedrig ist, muß u.U. der Eigenwiderstand (Spannungsfall) der Sicherungen berücksichtigt werden.

Der Spannungsfall (U_D) - wird gemäß Normen, z.B. DIN, ISO, JASO ermittelt; zum Teil werden auch durchwas anderes esetzen Maximal-Werte angegeben.

Der Nennstrom (I_N) soll etwa dem Betriebsstrom der zu schützenden Anwendung oder Baugruppe (unter Beachtung von Umgebungstemperatur definiertem Nennstrom, d.h. zulässigen Dauerströmen) entsprechen.

Höhere Umgebungstemperaturen bedeuten eine höhere Belastung der Sicherung. Bei solchen Anwendungsfällen ist deshalb die Korrektur (Derating) des Nennstromes entsprechend folgendem Diagramm bzw. Tabelle (siehe Faktor F_T) zu berücksichtigen:

Bedingt durch die unterschiedliche Definition des Nennstromes beträgt die empfohlene Dauerbelastbarkeit der Sicherungen max. 80% ihres Nennstromes ausgehend von einer Umgebungstemperatur von 23 °C, siehe auch sicherungsspezifische Dauerbelastbarkeit (F) auf den einzelnen Katalogseiten.

Die Schmelz-Zeit-Grenzwerte geben die Abhängigkeit der Schmelzzeit vom Strom an. (Sie sind in Form von Hüllkurven für den gesamten angegebenen Strombereiche dargestellt.)

Das Schmelzintegral (I^2t) ergibt sich aus dem Produkt aus dem Quadrat des Schmelzstromes und der dazugehörigen Schmelzzeit. Bei hohen Überströmen mit Schmelzzeiten < 5 ms bleibt das Schmelzintegral konstant. Für die Angaben in dieser Liste wurden die Werte bei 6 bzw. 10 x I_N verwendet. Das Schmelzintegral ist ein Kennzeichen für die Zeit-Strom-Charakteristik und ermöglicht z.B. eine Aussage über die „Pulsfestigkeit“ eines Sicherungseinsatzes. Die angegebenen Schmelzintegrale sind typische Werte.

Das (Aus-) Schaltvermögen (I_b) soll für alle Betriebs- und Fehlerbedingungen ausreichend sein. Der Kurzschlußstrom (max. auftretender Fehlerstrom), den der Sicherungseinsatz bei seiner Nennspannung unter vorgegebenen Bedingungen unterbrechen soll, darf nicht höher sein als der Strom, der dem Schaltvermögen der Sicherung entspricht.

Die maximale Verlustleistung (P_V) wird bei einer Belastung mit dem Nennstrom nach Erreichen des Temperaturgleichgewichts ermittelt. Diese Werte können im praktischen Betrieb für eine längere Zeit auftreten.

Angegeben werden typische Werte und bei Sicherungen nach Norm zusätzlich die Normwerte.

Quality control / Qualitätssicherung

For the production of high-quality fuse links, a good knowledge of and a long experience in the field of these components are a prerequisite. Quality control starts with the correct selection of design, materials, type of manufacturing, manufacturing procedures, etc., in order to fulfil the pre-defined requirements. All relevant characteristics of the components are included in quality control.

Our target for quality is 100% product quality.

Quality control in detail:

The quality control system is based on the international standard DIN EN ISO 9001:2000, tailored to the specific requirements for protective elements and tested by independent certification centres.

Certification was carried out in accordance with:

- ISO/TS 16949:2002
- DIN EN ISO 9001:2000
- DIN EN ISO 14001

and is confirmed every year by a repeated audit carried out by the certifying authority.

The purchased parts are checked in the goods inward inspection according to the spot check system in accordance with IEC 410 (DIN ISO 2859 T1, MIL-STD 105 D). The other individual parts and assemblies produced in our company are checked in the same way. In production, corresponding manufacturing production controls are inserted in the individual sections of production.

The final inspection of the products manufactured by us is again carried out according to IEC 2859 T1, test type II; we differentiate between

- **Critical faults:** risk for life and limb excluding the use of it for electrical reasons or reasons of safety, e.g. failure of the fuse to trip within the defined time-current-limits
- **Major faults:** that impair usability, e.g. poor marking, exceeding of tolerances of the measurements, and
- **Minor faults:** that impair appearance.

The electrical characteristic curve test of the fuse links is carried out in accordance with the actually valid standard or the PWN (Pudenz works standard). As this is a destructive test, it is based on a consideration of extreme values, i.e. fuse links with a high voltage loss are used for assessing the non-fusing current and fuse links with a small voltage loss are used for assessing the fusing current.

Für die Produktion von Sicherungen hoher Qualität sind gute Kenntnisse und langjährige Erfahrungen über diese Bauelemente Voraussetzung. Die Qualitätssicherung beginnt bereits mit der richtigen Auswahl der Konstruktion, des Materials, der Fertigungsart, des Fertigungsverfahrens usw., damit die vorgegebenen Forderungen erfüllt werden. So werden zur Qualitätssicherung alle relevanten Merkmale der Bauelemente einbezogen.

Als Qualitätsziel wird die 100%-ige Produktqualität angestrebt.

Zur Qualitätssicherung im einzelnen:

Das Qualitätssicherungssystem basiert auf der internationalen Norm DIN EN ISO 9001:2000, ist auf die besonderen Anforderungen für Schutzelemente zugeschnitten und wird durch unabhängige Zertifizierungsinstitute überprüft.

Die Zertifizierung erfolgte in Übereinstimmung mit:

- ISO/TS 16949:2002
- DIN EN ISO 9001:2000
- DIN EN ISO 14001

und wird jährlich mit einer erneuten Auditierung durch das Zertifizierungsinstitut bestätigt.

Die Zukaufteile werden in der Wareneingangskontrolle nach dem Stichprobensystem, das in der IEC 410 (DIN ISO 2859 T1, MIL-STD 105 D) festgelegt ist, geprüft. In gleicher Weise werden die in unserem Hause produzierten Einzelteile und Baugruppen behandelt. Während der Produktion sind an den einzelnen Produktionsabschnitten entsprechende Fertigungskontrollen eingefügt.

Die Endkontrolle unserer gefertigten Produkte wird wiederum nach IEC 2859 T1, Prüfmethode II durchgeführt, wobei unterschieden wird zwischen

- **kritischen Fehlern:** Gefahr für Leib und Leben, die eine Verwendung aus elektrischen oder Sicherheitsgründen ausschließen, z.B. Nichtabschalten der Sicherung innerhalb der festgelegten Zeit-Strom-Grenzwerte
- **schweren Fehlern:** die die Verwendung beeinträchtigen, z.B. schlechte Markierung, Toleranzüberschreitungen der Abmessungen und
- **leichten Fehlern:** die das Aussehen beeinträchtigen.

Die elektrische Prüfung der Kennlinie der Sicherungseinsätze wird nach der jeweils gültigen Norm oder der PWN (Pudenz-Werks-Norm) durchgeführt. Da es sich hierbei um eine zerstörende Betrachtung handelt, wird eine Extremwertbetrachtung zugrunde gelegt. Sicherungseinsätze mit hohem Spannungsverlust werden zur Beurteilung des nicht auslösenden Stromes verwendet und Sicherungseinsätze mit kleinem Spannungsverlust werden zur Beurteilung des auslösenden Stromes verwendet.

Fuse Link Selection / Auswahl der Sicherung

Fuseology

With regard to the product-safety of the device and the life/reliability of the fuse links, a correct choice is important. Only when choosing correctly and when using as agreed (that means corresponding to the level of technology and the valid recommendations, as well as the specified characteristics shown in the data sheets) under consideration of the safety-principle (that is to say „human beings, animals and intrinsic values must be protected against danger“) can a definite function of the fuse links as a protection component (rated breakpoint) be possible. The personal responsibility of manufacturers of electrical devices is applicable here:

“Any person involved in the production of electrical systems or the manufacturing of electrical equipment, included those dealing with the operation of such systems or equipment is, according to the present interpretation of the law individually responsible for every aspect of compliance to the recognized rules and procedures of electrical engineering.”

1. The necessary voltage rating of a fuse link is established by its required operating voltage (taking into consideration the voltage drop of the fuse link).
- 2.1 The current rating of a fuse link ($I_{N Fuse}$) is established by the max. effective current load ($I_{operating max.}$) taking into consideration the ambient temperature (Factor F_T) and the varying rated current definitions (“constant current” definition) (see Faktor F_I).

The following applies: $I_{N Fuse}^3 I_{operating max.} \times F_I \times F_T$

- 2.2 In case of pulse loading and for semiconductor protection a suitable current rating can also be ascertained with the help of the I^2t -value (current-time-integral).
- 2.3 The above mentioned two points will help you to ascertain the most suitable current rating of a fuse link and its pre-arcing time limits (if necessary verify experimentally).
3. The necessary breaking capacity of the fuse link is determined by the max. possible fault current which can occur.
4. In addition to the above-mentioned points, the method of installation is also important for correct fuse link selection (taking into consideration possible approvals).

With regard to specific conditions of any particular application (product-safety) it is generally necessary to check the fuse link and / or the thermal circuit breaker or holder in the device which is to be protected under normal and fault conditions!

Im Hinblick auf die Produktsicherheit der Bauteile und der Lebensdauer/Zuverlässigkeit der Sicherungseinsätze ist eine korrekte Auswahl wichtig. Denn nur bei korrekter Auswahl und bei einem bestimmungsgemäßen Gebrauch (d.h. entsprechend dem Stand der Technik und der jeweils gültigen Vorschriften sowie den in den Datenblättern spezifizierten Eigenschaften) unter Beachtung des Sicherheitsgrundsatzes (d.h. Menschen, Tiere und Sachwerte vor Gefahren zu schützen) ist eine einwandfreie Funktion der Sicherungseinsätze als Bauelement (Sollbruchstelle) möglich. Es gilt hier die Eigenverantwortung der Hersteller elektrischer Betriebsmittel:

“Wer sich mit der Errichtung elektrischer Anlagen oder der Herstellung elektrischer Betriebsmittel sowie mit dem Betrieb von Anlagen oder Betriebsmitteln befaßt, ist nach herrschender Rechtsauffassung in jedem Einzelfall für die Einhaltung der anerkannten Regeln der Elektrotechnik selbst verantwortlich.”

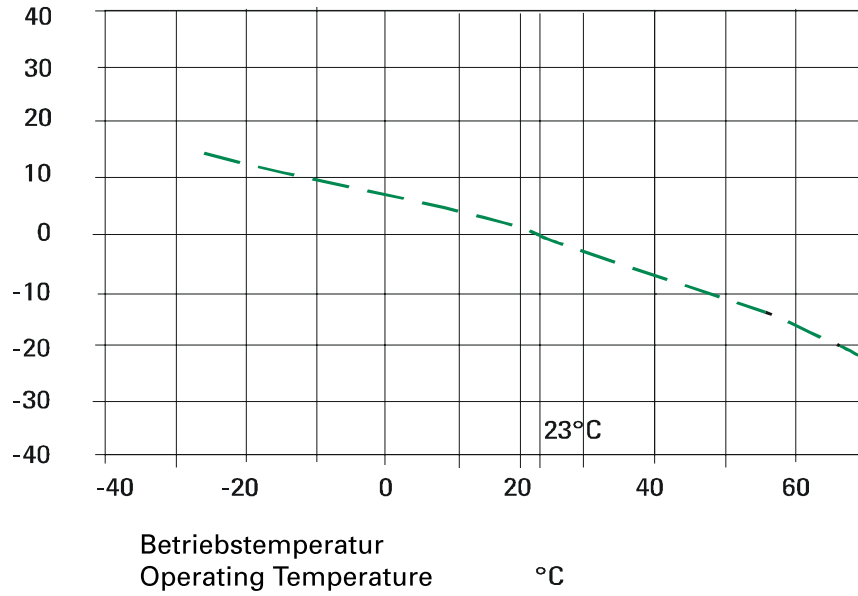
1. Die Betriebsspannung bestimmt die Nennspannung des Sicherungseinsatzes (der Spannungsfall des Sicherungseinsatzes ist zu berücksichtigen).
- 2.1 Der Nennstrom des Sicherungseinsatzes ($I_{N Sich}$) ergibt sich aus dem max. effektiven Betriebsstrom ($I_{Betrieb max.}$) unter Berücksichtigung der Umgebungstemperatur (Faktor F_T) und den unterschiedlichen Definitionen des Nennstromes (Dauerstromdefinition) (Faktor F_I).

Es gilt: $I_{N Sich}^3 I_{Betrieb max.} \times F_I \times F_T$

- 2.2 Für den Schutz von Halbleiter-Bauelementen und bei Puls-Belastungen erfolgt die Ermittlung des Nennstromes zusätzlich über den I^2t -Wert (Strom-Zeit-Integral).
- 2.3 Die beiden oben genannten Punkte stellen sicher, daß Nennstrom und Schmelzzeit-Grenzwert des Sicherungseinsatzes optimal bestimmt sind (in Zweifelsfällen wird eine experimentelle Überprüfung empfohlen).
3. Das erforderliche Ausschaltvermögen des Sicherungseinsatzes ergibt sich aus dem max. auftretenden Fehlerstrom.
4. Zusätzlich zu dem oben erwähnten Punkten ist die Art der Befestigung ein wichtiger Faktor zur richtigen Auswahl des Sicherungseinsatzes (unter Berücksichtigung evtl. notwendiger Genehmigungen).

Im Hinblick auf die spezifischen Verhältnisse der jeweils vorliegenden Anwendung (Produktsicherheit) ist es generell erforderlich, den Sicherungseinsatz bzw. den thermischen Schutzschalter im zu schützenden Gerät unter Normal- und Fehlerbedingungen zu prüfen!

I_N-Verschiebung
I_{rat}-Shifting %



Derating

T _{umg} / °C	%	FT	T _{umg} / °C	%	FT
-25	14	0,877	23	0	1,000
-20	13	0,885	30	-2	1,020
-15	12	0,893	35	-4	1,042
-10	11	0,901	40	-6	1,064
-5	10	0,909	45	-8	1,087
0	9	0,917	50	-10	1,111
5	8	0,926	55	-13	1,149
10	6	0,943	60	-16	1,190
15	4	0,962	65	-19	1,235
20	2	0,980	70	-22	1,282