fuse.on

Die technische Hintergrundinfo von SIBA:
Know-how rund um die elektrische Sicherung

Kurzschluss-Schutz in PV-Anlagen

Anforderungen an Sicherungen für die Photovoltaik

Sie profitieren.
Mit Sicherheit.

SIBA
Sicherungen | Fuses

Kurzschluss-Schutz in PV-Anlagen

Anforderungen an Sicherungen für die Photovoltaik

Von
Heinz-Ulrich Haas
Leiter Forschung
und Entwicklung
SIBA GmbH

1 Die aktuelle Normensituation

Sicherungen in PV-Anlagen müssen außer den üblichen Sicherungseigenschaften noch anlagenspezifische Kriterien erfüllen, welche in den Vorgaben der internationalen Norm IEC 60269-6 (DIN EN 60269-6 – VDE 0636-6) sowie der US-amerikanischen Norm UL 248-19 ihre Berücksichtigung finden. Beide Normen sind noch recht jung, die IEC wurde Ende 2010, die letzte Version der UL erst 2015 veröffentlicht. In ihren Forderungen an die Sicherung sind sie vergleichbar, in der Benennung der Betriebsklasse „gPV“ sogar identisch. [1, 2]

Im Gegensatz zu den Standardsicherungen, welche nur unter Wechselspannung ausschalten, sind in diesen Normen Sicherungen festgelegt, welche ausschließlich für den Einsatz im Gleichspannungskreis von „Photovoltaischen Energieerzeugungssystemen“ vorgesehen sind. Sie können die typischen Kurzschlüsse in PV-Anlagen abschalten, was bedeutet, dass sie schon ein wenig oberhalb ihres Bemessungsstromes Anlagen-Fehlerströme unterbrechen. Eine besondere Forderung in diesen Normen ist die Zyklenfestigkeit. Die Sicherungen müssen einerseits einem extremen Temperaturwechsel, andererseits aber auch einem aufwändigen Lastwechsel folgen können. Dies erfordert eine spezielle Gestaltung des Schmelzleiters im Innern der Sicherung, ist aber auch eine Herausforderung an das Design der Sicherung. Schließlich soll ein steter Lastwechsel, verursacht durch häufigen Wolkenzug, nicht zu ihrem Ansprechen führen.

Allerdings hält ein kleiner Unterschied zwischen den beiden Standards die Normenwelt in Atem: Die internationale Norm bestimmt, dass der 1,45-fache Bemessungsstrom in einer Zeit von 1 h ($I_n \leq 63$ A) unter Normbedingungen von der gPV-Sicherung abzuschalten ist, wobei die amerikanische UL-Norm den 1,35-fachen Bemessungsstrom als Referenzwert vorgibt. Per Definition hat auch die IEC dies berücksichtigt: In einer Note weist sie darauf hin, dass die Sicherungen im praktischen Einsatz den 1,35-fachen Bemessungsstrom in einer Zeit < 2 h problemlos abschalten.

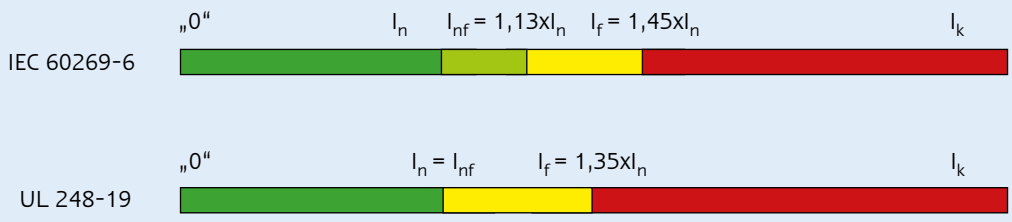


Bild 1: Betriebs- und Ausschaltbereiche der gPV-Sicherungen nach IEC- und UL-Vorgaben

SIBA
Sicherungen | Fuses

Sie profitieren.
Mit Sicherheit.

Die Welt könnte damit in Ordnung sein, ist sie aber nicht. Es laufen Normenbestrebungen, auch in der IEC für die typischen Strangsicherungen das 1,35-fache des Bemessungsstroms als Referenzwert des kleinsten Ausschaltstroms festzuschreiben.

Die PV-Sicherungen nach UL (und möglicherweise auch die künftigen Sicherungen gemäß IEC) sind also *bei gleichem Bemessungsstrom* etwas flinker. Sie schalten schneller bei einem Fehlerstrom ab, was bei der Auslegung des Schutzkonzepts berücksichtigt werden muss. Bild 1 verdeutlicht den Unterschied.

Ein schnelleres Ausschalten wird durch eine Vergrößerung des Innenwiderstands der Sicherungen erreicht, was wiederum eine Erhöhung der Leistungsabgabe der Sicherungen und deren Körpertemperaturen zur Folge hat ... was natürlich niemand in seiner Anlage wünscht. Aber auch dies wird in den Normen durch unterschiedliche Absicherungsempfehlungen berücksichtigt.

2 Das empfiehlt die Norm

Durch eine praktische Zuordnung vom Sicherungs-Ansprechstrom zum Modul-Kurzschlussstrom gestaltet sich die Auswahl des Bemessungsstroms der Strangsicherung eigentlich recht simpel. Der Modulhersteller ermittelt bei der Prüfung der Rückstromfestigkeit des Moduls einen *maximal* möglichen Bemessungsstrom, in dem er es mit 135% dieses Nennwerts über eine Zeit von 2 Stunden belastet, ohne dass es sich entflammen darf (DIN EN 61730-2). Wird nun in der Anlage diese Sicherung mit dem *maximalen* Bemessungsstrom verwendet, ist sichergestellt, dass sie bei einem Fehler in Höhe des 1,35-fachen Bemessungsstroms in einer Zeit von kleiner als 2 Stunden abschaltet. [3]

Meist kann jedoch mit einem *kleineren* Bemessungsstrom ein optimaleres Schutzziel erreicht werden. So empfiehlt IEC 60269-6 im Anhang BB die Berechnung auf Basis des tatsächlichen Anlagen-Kurzschlussstroms. Unter der Voraussetzung einer Bestrahlungsstärke von 1200 Wm^{-2} und einer Umgebungstemperatur von 45 °C kann mit 1,4 x I_{SC} meist ein *niedrigerer* Bemessungsstrom ermittelt werden.

Handelt es sich um Sicherungen nach UL 248-19 werden sie gemäß dem National Electrical Code (NEC) mit 1,56 x I_{SC} ausgewählt. Damit sind auch hier eine höhere Bestrahlungsstärke und höhere Umgebungstemperaturen bis 40 °C sowie ein niedrigerer Dauerstrom der UL-Sicherungen berücksichtigt. Ähnlich dürfte die Empfehlung in der künftigen IEC 60269-6 ausfallen.

Sich.-Standard	Kleinster Sicherungsbemessungsstrom	Typ. SIBA-Sicherung 10 x 38 mm
IEC 60269-6	$I_n \geq 1{,}4 \times I_{SC}$	50 xxx 26
UL 248-19	$I_n \geq 1{,}56 \times I_{SC}$	50 xxx 28

Tabelle 1: Kleinster Bemessungsstrom I_n nach gültiger Norm für die Strangsicherung

Auch der Sub-Array-Sicherung kommt neben dem Leitungsschutz die Aufgabe zu, die PV-Module vor unzulässigem Rückstrom zu schützen. Die Array-Sicherung, als zentrale Sicherung vor dem Wechselrichtereingang, ist zum Schutz der PV-Leitungen vorgesehen. Der maximale Bemessungsstrom der Sub-Array oder Array-Sicherung ist auf die zulässige Dauerstrombelastbarkeit der PV-Leitungen oder PV-Kabel ausgerichtet (DIN VDE 0100-430). In den Entwürfen zu IEC 62548 wird für beide Anwendungen ein Sicherungs-Bemessungsstrom von 1,25 bis 2,4 x I_{SC} empfohlen. [4, 5]

Die Sicherungsbemessungsspannung orientiert sich an der Leerlaufspannung der Modulkette: Bezogen auf eine niedrigste Temperatur von -25 °C soll sie mindestens das 1,2-fache der Leerlaufspannung $U_{VO\ STC}$ betragen.

3 Das empfiehlt SIBA

In SIBA's fuse.on: Nur 4 Schritte zur passenden PV-Sicherung wurde mangels einer Empfehlung der Normen in 2009 ein umfangreiches Berechnungsschema für die Bemessungsspannung und den Bemessungsstrom der Sicherungen vorgestellt. Es wurden alle, die Bemessung der Sicherung beeinflussenden Parameter aufgenommen und in der Praxis hat sich dieses Schema in leichter Modifikation durchgesetzt. [6]

$$U_n \geq U_{OC\ ARRAY} \times [1+ (\Delta \vartheta \times \text{TempKoeff der } U_{OC\ ARRAY})]$$

mit $U_{OC\ ARRAY}$ Leerlaufspannung der Modulkette

Ermittlung der Sicherungs-Bemessungsspannung U_n

$$I_n \geq I_{SCmax} / K_{TH} / A2 / K_{ZS}$$

mit	I_{SCmax}	max. Modulkurzschlussstrom (erh. Strahlung berücksichtigen)
	K_{TH}	Korrekturwert der Umgebungstemperatur
	A2	Korrekturwert für zyklische Last
	K_{ZS}	Korrekturwert Unterteilhäufung

Ermittlung des Sicherungs-Bemessungsstroms I_n

Nicht selten sind höhere Werte der Umgebungstemperatur oder der Bestrahlungsstärke zugrunde zu legen. In diesen Fällen ist eine detailliertere Berechnung notwendig. Bei einer anzunehmenden Bestrahlungsstärke von 1400 W/m^2 (entgegen dem Standardwert von 1000 W/ m^2) und einer Umgebungstemperatur von 60°C (entgegen dem Standardwert von 25°C) ergibt sich für den Bemessungsstrom:

$$I_n \geq I_{SCmod} * 1{,}7$$

(bei einem Modul-Kurzschlussstrom von 7,9 A sollte also der Sicherungsbemessungsstrom mindestens 16 A betragen).

Während die vorangegangene Berechnung für den Stringschutz häufiger angewandt wird, hat sich bei der Auswahl der Sicherungen für den Sub-Array- und Array-Schutz der höhere Faktor bereits etabliert. In diesem Fall übernimmt die Sicherung auch den Leitungsschutz und ist damit auch auf das I_z des Kabels abzustimmen.

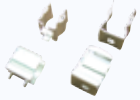
4 PV-Sicherungen, warum eigentlich?

Richtig ausgelegt schützt die PV-Sicherung die wertvolle PV-Anlage. Über viele Jahre wacht sie über die Anlagenkomponenten und braucht dabei keine Instandhaltung. Und sie unterscheidet: Kommt es zu einem Kurzschluss, schaltet sie ab ... dagegen machen ihr Wolkendurchzüge nichts aus, da bleibt sie intakt. Ist das Kabel „in die Jahre gekommen" oder gibt es Beschädigungen an den Modulen und es entstehen Lichtbögen? Kein Problem, in ihrem Schutzbereich sorgt sie für ein zügiges Trennen des schadhaften Anlageteils.

5 SIBA-PV-Sicherungen nach IEC 602169-6 und UL 248-19 (UL2579)

Größe	U_n (DC)	I_n-Bereich	Artikelnummer
10x38	1000 V	1-20 A	5021528
14x51	1000 V	10-32 A	5020426
14x65	1100 V	10-25 A	5023528
14x65	1500 V	10-30 A	5024028
10/14x85	1100 V	10-25 A	5023828
10/14x85	1500 V	10-30 A	5024328
10x85	1500	1-16 A	5011528
NH00	600V	35-160 A	2018928
NH1	1000 V	63-200 A	2055629
NH2	1000 V	200-250 A	2055729
NH3	1000 V	315-400 A	2056829
SQB-101	1000 V	100-300 A	2054428
SQB-102	1000 V	200-400 A	2054528
NH1XL	1100 V	50-200 A	2002828
NH3L	1100 V	200-500 A	2023128
NH1XL	1500 V	63-200 A	2004128
NH3L	1500 V	200-500 A	2024328
SQB 3-170	1500 V	200-500 A	2024528

Fotos auf der nächsten Seite.

Größe	Sicherungseinsatz	Sicherungshalter
10x38		
14x51		
10/14x85		
10x85		
14x65		
14x100		
NH 00 DIN 80		
NH 1		
NH 2/NH 3		
NH 1 XL		
NH 3L		
SQB1 - 170		–
SQB2 - 170		–

SIBA
Sicherungen | Fuses

Sie profitieren.
Mit Sicherheit.

6 Hinweis

In engem Zusammenhang mit dem Thema steht auch die Absicherung von Batteriekreisen. Hierzu hat SIBA einen Info-Flyer zusammengestellt, den Sie kostenlos anfordern können (Adresse siehe Rückseite, Downloadlink in der PDF-Fassung dieses fuse.on)

7 Literatur

[1] DIN EN 60269-6 (VDE 0636-6): 2011-11
Niederspannungssicherungen – Teil 6: Zusätzliche Anforderungen an Sicherungseinsätze für den Schutz von solaren photovoltaischen Energieerzeugungssystemen (IEC 60269-6:2010 + Corrigendum Dez.2010); Deutsche Fassung EN 60269-6:201

[2] UL 248-19 Standard for Safety - Fuses - Part 19: Photovoltaic Fuses (Nov. 2015)

[3] DIN EN 61730-2 (VDE 0126-30-2):2007-10;
Photovoltaik(PV)-Module – Sicherheitsqualifikation – Teil 2: Anforderung an die Prüfung (IEC 61730-2:2004, modifiziert); Deutsche Fassung EN 61730-2:2007

[4] IEC 62548
Design requirements for photovoltaic (PV) arrays (noch 82/646/CDV:2011-04)

[5] DIN VDE 0100-430
Errichten von Niederspannungsanlagen, Teil 4-43: Schutzmaßnahmen – Schutz bei Überstrom, (IEC 60364-4-43: 2008 modifiziert + Corrigendum Okt. 2008, Deutsche Übernahme HD 60364-4-43: 2010)

[6] fuse.on
Nur 4 Schritte zur passenden PV-Sicherung, Ausgabe 01/2009, www.siba.de

Haftungsausschluss:

Die in dieser Unterlage beschriebenen Sicherungen wurden entwickelt, um als Bauteil einer Maschine oder Gesamtanlage sicherheitsrelevante Funktionen zu übernehmen. Ein sicherheitsrelevantes System enthält in der Regel Meldegeräte, Sensoren, Auswerteeinheiten und Konzepte für sichere Abschaltungen. Die Sicherstellung einer korrekten Gesamtfunktion liegt im Verantwortungsbereich des Herstellers einer Anlage oder Maschine. Die SIBA GmbH sowie ihre Vertriebsbüros (im Folgenden „SIBA") sind nicht in der Lage, alle Eigenschaften einer Gesamtanlage oder Maschine, die nicht durch SIBA konzipiert wurde, zu garantieren. Wenn ein Produkt ausgewählt wurde, sollte es vom Anwender in allen vorgesehenen Applikationen geprüft werden. SIBA übernimmt auch keine Haftung für Empfehlungen, die durch die vorangegangene Beschreibung gegeben bzw. impliziert werden. Aufgrund der Beschreibung können keine, über die allgemeinen SIBA-Lieferbedingungen hinausgehenden Garantie-, Gewährleistungs- oder Haftungsansprüche abgeleitet werden.

Stand der Technik und Normung:

Technologien und technische Normen unterliegen permanenter Weiterentwicklung. Insofern kann diese Unterlage auch den zum Zeitpunkt der Drucklegung üblichen Stand der Technik widerspiegeln. Das ist bei Verwendung der Informationen und der aufgelisteten Typen aus dem Produktprogramm zu berücksichtigen.

Hauptsitz:
SIBA GmbH
Borker Straße 20-22
D-44534 Lünen
Tel.: +49 2306 7001 0
Fax: +49 2306 7001 10
info@siba.de
www.siba.de

Tochtergesellschaften

Was SIBA ausmacht

Wir sind Spezialisten für Sicherungen

Wir wollen, dass Menschen, Maschinen und Anlagen unserer Kunden bestmöglich geschützt sind. Wir wissen, dass dann auch der Ertrag stimmt: Die Produktion unserer Kunden läuft ohne lange Störung, weil im Falle eines Falles unsere Sicherungen rechtzeitig Schlimmeres verhindern.

Wir sind weltweit zuhause

Made in Germany bedeutet für uns auch „sold wordwide“. Mit Tochtergesellschaften auf allen Kontinenten und Vertriebspartnern in fast allen Ländern dieser Welt sorgen wir dafür, dass sie überall auf der Erde original SIBA Sicherungen erhalten.

Fotos: Lenfers | shutterstock/Monika Hunackova/GM

Wir sind unseren Kunden ganz nah

Viele unserer Produkte sind aus hochspeziellen Anforderungen unserer anspruchsvollen Kunden hervorgegangen. Daher kennen wir uns in vielen Branchen gut aus. Dank eigener Forschung und Entwicklung gestalten wir außerdem die großen industriellen Herausforderungen mit – von der Digitalisierung über die Gleichstromfabrik bis zu E-Mobilität und Energiewende.

Stand 9/2021 - K0100430