



NH/HH-Recycling



Anwendung von Schmelzsicherungen in Photovoltaikanlagen

Planung und Auslegung



Schmelzsicherungen in PV-Anlagen

Forschungsprojekt am Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik IWES

Ziel des Forschungsprojektes war es, einen Leitfaden zu erstellen, der Anwendern Hilfestellung leistet, Photovoltaikanlagen in Bezug auf den bestimmungsgemäßen Einsatz von Sicherungen, nach dem aktuellen Stand der Technik zu planen und zu errichten. Die Erstellung des Leitfadens wurde durch den NH/HH-Recyclingverein finanziell unterstützt.

Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik IWES

Bereich: Anlagentechnik und Netzintegration

Königstor 59, 34119 Kassel

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Peter Funtan

Tel.: 0561-7294-240

E-Mail: peter.funtan@iwes-fraunhofer.de



Auftreten von Überströmen

Sicherungen sind notwendig, wenn im PV-Generator ein unzulässig hoher Strom auftreten kann.

Überströme können nur im Fehlerfall auftreten – in der Regel handelt es sich um Rückströme, die die Rückstromtragfähigkeit der einzelnen PV-Module übersteigt. Diese treten nur bei der elektrischen Verkürzung eines oder mehrere Stränge auf.

Mögliche Ursachen:

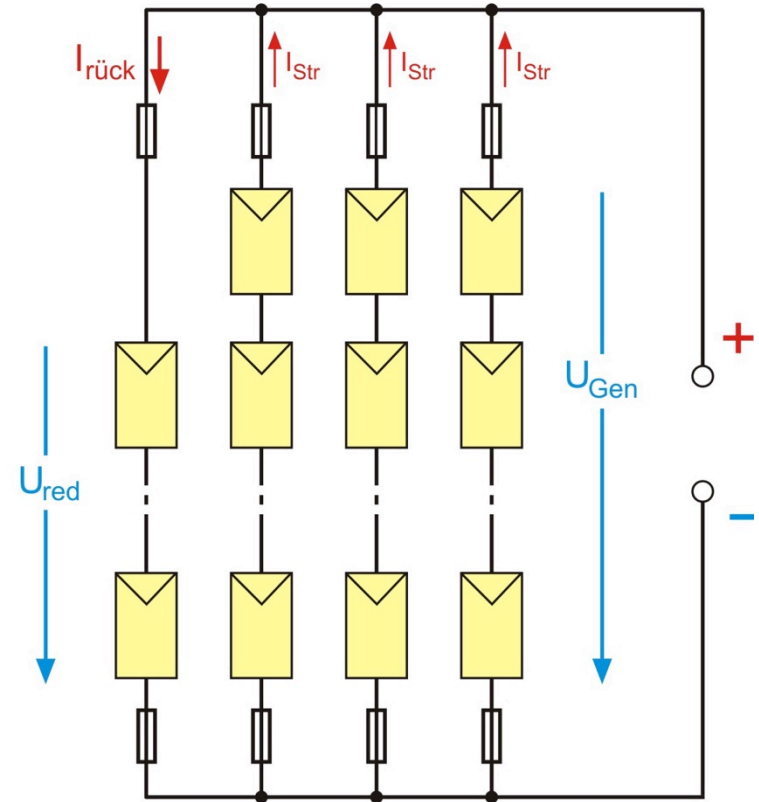
- Defekte Bypassdioden
- Ein- oder mehrfacher Erdschluss
- Verpolung von Modulen
- Installationsfehler bei der Verschaltung



Strangverkürzung

„Worst Case“ der Strangverkürzung

- Es ist nur ein Strang von der Strangverkürzung betroffen
- Der Grad der Strangverkürzung bestimmt die Höhe des möglichen Fehlerrückstroms
- Je mehr parallele Stränge umso größer der mögliche Fehlerrückstrom
- Module mit großem Füllfaktor führen schneller zu höheren Fehlerrückströmen
- Ungünstiger Betriebszustand für Fehlerrückströme ist der Leerlauf des PV-Generators



Grundlagen der Sicherungsauswahl

Wirtschaftlichkeit und Sicherheit der PV-Anlage sind die Grundlage für Planung und Auswahl der Absicherung.

Bei der Planung sollte berücksichtigt werden:

- Abschaltung der Sicherungen sollte nur im Fehlerfall erfolgen
 - **Sorgfältige Auslegung der Sicherungen notwendig**
- Plus- und Minuspol sollten getrennt abgesichert sein
- Bei größeren PV-Systemen, bei denen der PV-Generator in Untergruppen aufgeteilt ist, müssen diese separat abgesichert werden
- Sicherungsüberwachung besonders bei großen Anlage
- Alternativ: Intelligente Strangüberwachung



Spannungsauslegung

- Die maximale DC-Spannung darf die zulässige Eingangsspannung des Wechselrichters nicht übersteigen
- Leerlaufspannung der Module wird bei Standard Test Conditions (STC) angegeben
- Einfluss durch Temperaturunterschiede

Berechnungsbeispiel

$$U_{oc_Gen} = U_{oc_Mod} (1 + (\Delta T \cdot T_{k_Uoc})) \cdot n_{Mod}$$

$$U_{oc_Gen} = 37,6V (1 + (50^\circ C \cdot 0,0033\% / ^\circ C)) \cdot 20$$

$$U_{oc_Gen} = 876V$$

U_{oc_Mod}	Leerlaufspannung des Moduls bei STC
U_{oc_Gen}	Leerlaufspannung String bzw. Solargenerator bei minimaler Modultemperatur
T_{k_Uoc}	Technologieabhängiger Temperaturkoeffizient
ΔT	Temperaturdifferenz zwischen minimaler Modultemperatur (üblich $-25^\circ C$) und $+25^\circ C$
n_{Mod}	Anzahl der Module im Strang
U_{n_Si}	Bemessungsspannung der Sicherung

$$U_{n_S} > U_{oc_Gen}$$

$$900V > 876V$$



Sicherungs-Bemessungsstrom

- Unerwünschtes Abschalten soll verhindert werden
- Nur der geschädigte Strang soll abgeschaltet werden und nicht die parallelen Stränge
- Rahmenbedingungen durch Korrekturwerte berücksichtigen

Faustformel:

$$I_{n_min v} \geq 1,4 \cdot I_{sc_Mod}$$

$I_{n_min v}$ vorläufiger minimaler Bemessungsstrom der Sicherung

Wert von 1,4 aus IEC 60269-6

$$I_{n_min} = I_{n_min v} \cdot k_u \cdot k_w \cdot k_h$$

k_u Korrekturfaktor Umgebungstemperatur

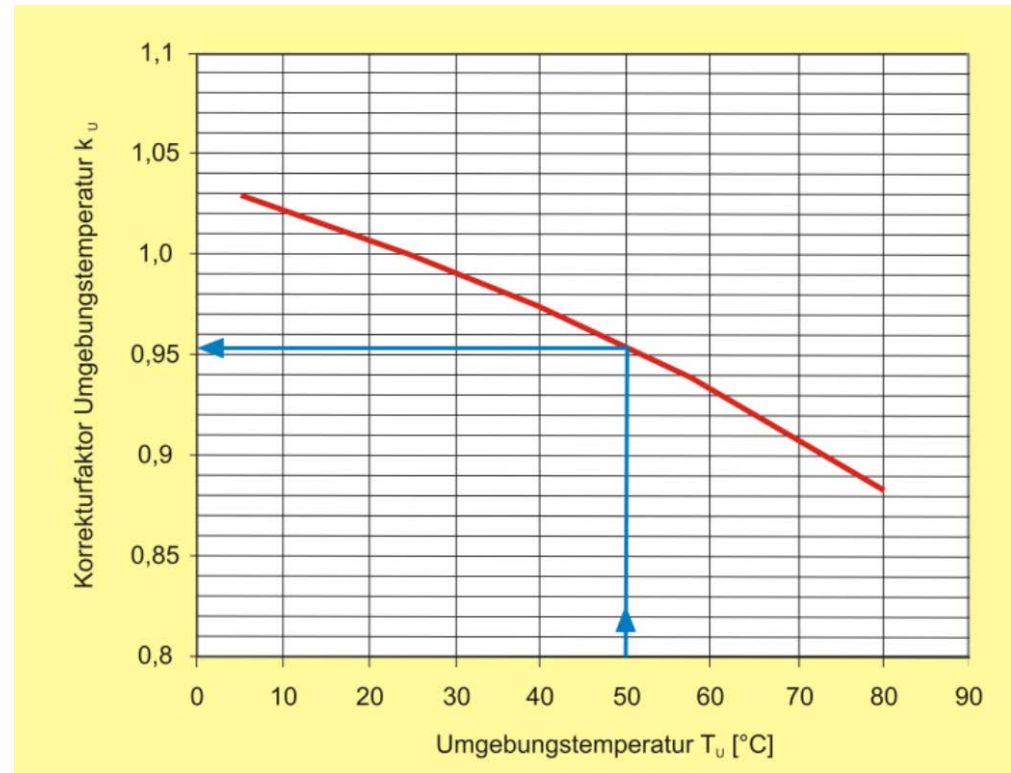
k_w Wechsellastfaktor

k_h Bemessungsbelastungsfaktor
(Korrekturfaktor Häufung Sicherungshalter)



Beispiel Korrekturfaktor Umgebungstemperatur

- Umgebungstemperatur im Generatoranschlusskasten hat Einfluss auf den Bemessungsstrom (Angaben der Sicherungshersteller)

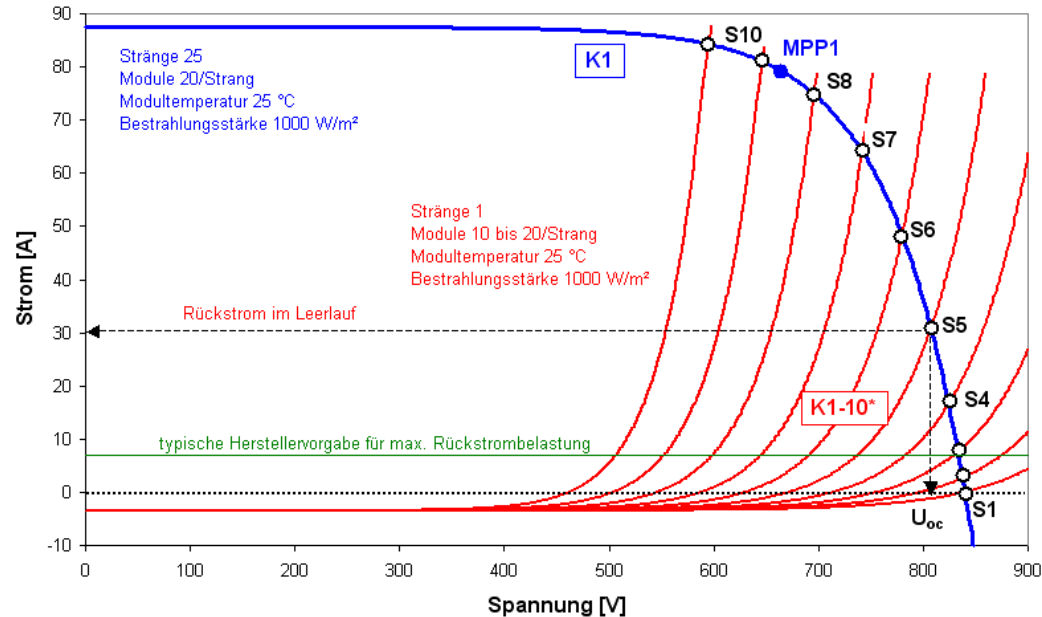


Abschaltzeiten im Fehlerfall

Die Höhe des Fehlerstroms ist abhängig von der Anzahl der parallelen Stränge im Solargenerator

$$I_{f_rev} = I_{sc_max} \cdot (n_{Strang} - 1)$$

I_{f_rev} Fehlerrückstrom
 n_{Strang} Anzahl der parallelen Stränge des Solargenerators



Der Schnittpunkt S1 entspricht einem nicht elektrisch verkürzten Strang im Vergleich zum Restgenerator. Bei höheren Spannungsdifferenzen stellen sich entsprechend höhere Rückströme ein. Es ist jeweils ein um 1 bis 10 Module verkürzter Strang dargestellt (K2-10*).

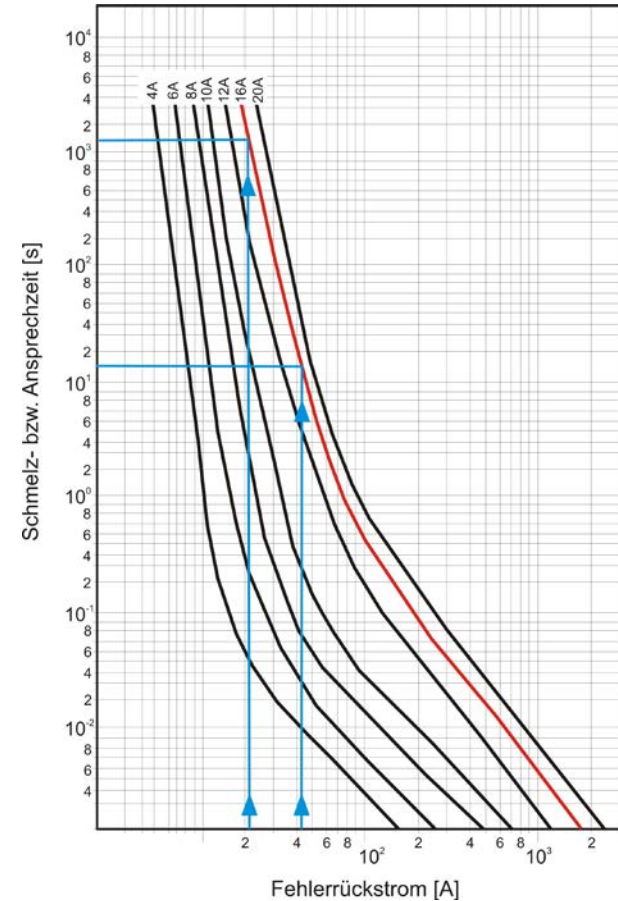


Abschaltzeiten im Fehlerfall

Bei der Rückstrom-Überlastprüfung gemäß DIN EN 61730-2 wird das PV-Modul mit dem 1,35-fachen des vom Hersteller angegebenen Modul-Überstroms für zwei Stunden beaufschlagt.



Die PV-Sicherung muss nach spätestens zwei Stunden auslösen



Zeit/Strom-Kennlinien von PV-Sicherungen



Relevante Normen

- DIN VDE 0100-712; VDE 0100-712:2006-06
- DIN IEC 60364-7-712; VDE 0100-712:2011-04
- DIN EN 61730-1; VDE 0126-30-1:2007-10
- DIN EN 61730-2; VDE 0126-30-2:2007-10
- DIN EN 50380:2003-09
- DIN EN 50524; VDE 0126-13:2010-04
- DIN EN 60269-1; VDE 0636-1:2008-03
- DIN EN 60269-6; VDE 0636-6:2011-11
- DIN EN 60127-1; VDE 0820-1:2011-12
- DIN VDE 0298-4; VDE 0298-4:2013-06
- DIN EN 61439-2; VDE 0660-600-2:2012-06
- UL 2579, Edition Date: 2013-04
- DIN VDE 0100-430:2010-10
- DIN IEC 62548; VDE 0126-42:2010-07
- DIN VDE 0100-737:2002-01
- DIN CLC/TS 61836; VDE V 0126-7:2010-04



Schmelzsicherungen eignen sich für die Absicherung von PV-Generatoren

Bei der Planung ist zu beachten:

- Richtige Dimensionierung ist wichtig für Sicherheit und Wirtschaftlichkeit
- Bemessungsspannung und Bemessungsstrom sollten sorgfältig geplant werden (Korrekturfaktoren beachten)
- PV-Sicherungen der Betriebsklasse „gPV“
- Abschaltzeit im Fehlerfall beachten
- Sicherungsüberwachung oder Strangüberwachung wichtig für den wirtschaftlichen Betrieb

