

Leitungsschutzschalter



Dimensionierung geeigneter Leitungsschutzschalter für Wechselrichter unter PV-spezifischen Einflüssen

1 Einleitung

Die Auswahl des richtigen Leitungsschutzschalters hängt von verschiedenen Einflussfaktoren ab. Gerade bei PV-Anlagen wirken sich einige Faktoren stärker aus als in gewöhnlichen Elektroinstallationen. Bei Nichtbeachtung dieser Faktoren erhöht sich die Gefahr, dass der Leitungsschutzschalter bei normalen Betriebsbedingungen auslöst. Daher ist es wichtig, diese Einflüsse besonders zu berücksichtigen, nur so ist eine zuverlässige Funktion der PV-Anlage und eine höchstmögliche Einspeisung gewährleistet.

Auf den nachfolgenden Seiten werden die Faktoren, die bei der Auswahl eines Leitungsschutzschalters berücksichtigt werden müssen, die speziellen Einflüsse bei PV-Anlagen und die Folgen eines falsch ausgelegten Leitungsschutzschalters beschrieben. Abschließend wird eine tabellarische Übersicht der maximal zulässigen Absicherung der SMA Wechselrichter Sunny Boy, Sunny Mini Central und Sunny Tripower dargestellt.

2 Einflussfaktoren bei der Auswahl geeigneter

2.1 Allgemeine Einflussfaktoren

Die allgemeinen Voraussetzungen für die Auswahl eines Leitungsschutzschalters sind durch Normen und länderspezifische Bestimmungen festgelegt. Nachfolgend werden allgemein zutreffende Einflussfaktoren genannt, die bei der Auswahl eines geeigneten Leitungsschutzschalters beachtet werden müssen:

Einflüsse auf die Stromtragfähigkeit der Leitung:

- **Art der verwendeten Leitung**

Die Stromtragfähigkeit der verwendeten Leitung hängt vom Leitungsquerschnitt, Leitungsmaterial und von der Art der Leitung (Isolierung, Anzahl der Adern, usw.) ab. Der Leitungsschutzschalter muss daher den Strom soweit begrenzen, dass dieser nicht überschritten wird.

- **Umgebungstemperatur an der Leitung**

Eine erhöhte Umgebungstemperatur an der Leitung führt zu einer Minderung der Stromtragfähigkeit.

- **Verlegeart der Leitung**

Wird die Leitung zum Beispiel in Isoliermaterial verlegt, verringert sich ihre Stromtragfähigkeit. Je schlechter die Wärmeabgabe der Leitung nach außen ist, desto geringer ist ihre Stromtragfähigkeit.

- **Häufung von Leitungen**

Werden Leitungen dicht zusammen verlegt, erwärmen sie sich gegenseitig. Durch die Erwärmung der Leitungen verringert sich die Stromtragfähigkeit.

Einflüsse auf die Dimensionierung:

- **Schleifenimpedanz**

Die Schleifenimpedanz der Leitung begrenzt im Fehlerfall den Strom. Dies darf keinen Einfluss auf die Auslösezeiten des Leitungsschutzschalters haben.

- **Gegenseitige Erwärmung von Leitungsschutzschaltern**

Werden Leitungsschutzschalter zu dicht aneinander gereiht, erwärmen sie sich gegenseitig. Bei einer zu großen Wärmebeeinträchtigung lösen sie bereits unterhalb ihres Nennstroms aus.

- **Umgebungstemperatur am Leitungsschutzschalter**

Durch eine erhöhte Umgebungstemperatur am Leitungsschutzschalter kann weniger Wärme abgegeben werden. Dadurch löst der Leitungsschutzschalter bei einem Strom aus, der unter seinem Nennstrom liegt.

- **Selektivität**

Aufeinanderfolgende Sicherungen/Leitungsschutzschalter müssen aufeinander abgestimmt sein, um ungewollte Auslösungen vorgeschalteter Sicherungseinrichtungen zu vermeiden.

- **Art des angeschlossenen Geräts**

Je nach Anlaufverhalten des angeschlossenen Geräts müssen unterschiedliche Charakteristiken eingesetzt werden, um Fehlauflösungen zu vermeiden.

2.2 PV-spezifische Einflussfaktoren

Bei PV-Anlagen können sich einige der zuvor genannten Einflussfaktoren stärker als gewöhnlich auf die Auswahl des Leitungsschutzschalters auswirken. Nachfolgend werden die PV-spezifischen Einflussfaktoren genannt, die bei der Auswahl eines geeigneten Leitungsschutzschalters beachtet werden müssen:

Einflüsse auf die Stromtragfähigkeit der Leitung:

- **Umgebungstemperatur an der Leitung**

Bei PV-Anlagen werden häufig Leitungen im Außenbereich verlegt (Freilandanlagen, Anlagen auf Flachdächern usw.). Dort ist meist eine höhere Umgebungstemperatur anzunehmen als bei der Installation in Gebäuden. Durch die Erhöhung der Umgebungstemperatur verringert sich die Stromtragfähigkeit.

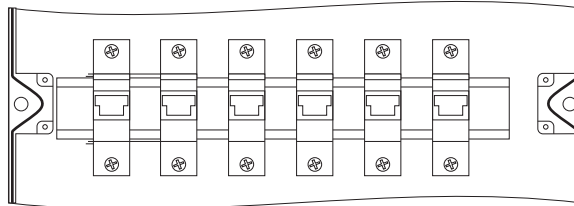
- **Gegenseitige Erwärmung von Leitungsschutzschaltern**

Bei PV-Anlagen werden häufig an benachbarten Leitungsschutzschaltern ebenfalls Wechselrichter angeschlossen, die zeitgleich ihren maximalen Strom einspeisen (Gleichzeitigkeit). Dadurch erwärmen sich die Leitungsschutzschalter schneller und ein vorzeitiges Auslösen kann verursacht werden. Um eine ausreichende Wärmeabgabe zu gewährleisten und ein vorzeitiges Auslösen zu verhindern, müssen zwischen den einzelnen Leitungsschutzschaltern größere Abstände eingehalten werden.

Für die Abschlüsse der Wärmebeeinträchtigung wird ein Korrekturfaktor in den technischen Daten des Leitungsschutzschalters angegeben. Der Korrekturfaktor kann z. B. bei einer Anreihung von neun Geräten 0,77 betragen. Der Leitungsschutzschalter mit einem Nennstrom von 50 A verhält sich dann so als wäre sein Nennstrom $0,77 \times 50 \text{ A} = 38,5 \text{ A}$.

Reicht dieser Strom nicht aus, kann z. B. ein Leitungsschutzschalter mit höherem Nennstrom verwendet werden. Hier ist zu berücksichtigen, dass die Sicherung je nach Situation (keine Gleichzeitigkeit) auch erst bei ihrem Nennstrom anspricht. Die daran angeschlossene Leitung muss dann auch eine entsprechende Stromtragfähigkeit besitzen oder durch eine mit größerem Leitungsquerschnitt ersetzt werden.

Eine weitere Möglichkeit ist, den Abstand der Leitungsschutzschalter zu erhöhen. Dadurch kann mehr Wärme abgegeben werden und ein ungewolltes Auslösen verhindert werden.



- **Umgebungstemperatur am Leitungsschutzschalter**

Durch die vorher beschriebene Gleichzeitigkeit kann sich der Verteiler, in dem der Leitungsschutzschalter installiert ist, stärker erwärmen als es für gewöhnliche Installationen üblich ist. Da die elektrischen Verteilungen bei PV-Anlagen oft außerhalb von Gebäuden errichtet werden, muss mit höheren Temperaturen im Verteiler gerechnet werden.

Angaben zu Reduktionsfaktoren für diesen Einfluss werden in den technischen Daten des Leitungsschutzschalters angegeben.

- **Art des angeschlossenen Geräts**

Die zutreffende Charakteristik des jeweiligen Wechselrichters ist der Installationsanleitung zu entnehmen. Die Lasttrenneigenschaften eines Leitungsschutzschalters können genutzt werden, um den Wechselrichter unter Last vom Netz zu trennen.

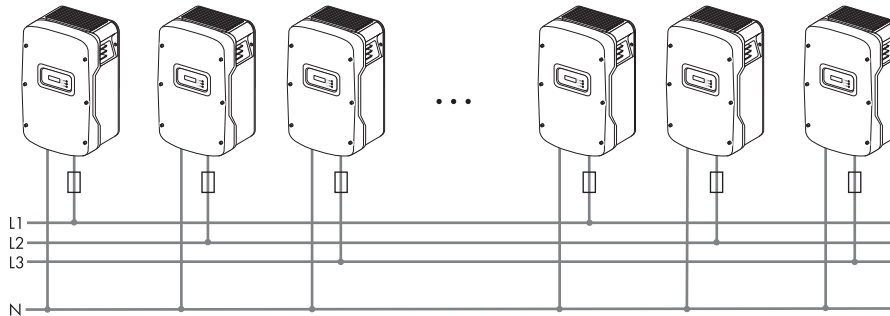
Ein Schraubsicherungselement z. B. D-System (Diazed) oder DO-System (Neozed) hat keine Lasttrenneigenschaften und darf somit als Leitungsschutz, jedoch **nicht** als Lasttrenneinrichtung eingesetzt werden.

Das Sicherungselement kann beim Trennen unter Last zerstört oder dessen Funktion durch Kontaktbrand beeinträchtigt werden. Zwischen Leitungsschutzschalter und Wechselrichter dürfen keine zusätzlichen Verbraucher angeschlossen werden.

3 Berechnungsbeispiel

Beispiel für die thermische Auslegung eines Leitungsschutzschalters an einer PV-Anlage im Netzparallelbetrieb

PV-Anlage mit neun Wechselrichtern Sunny Mini Central 7000HV und drei Wechselrichtern pro Phase.



Benötigte technische Angaben des Sunny Mini Central 7000HV:

- maximaler Ausgangsstrom = 31 A
- maximal zulässige Absicherung des Sunny Mini Central = 50 A
- Die Auswahl der Leitung sowie deren Verlegeart und Umgebungstemperaturen und weitere Randbedingungen begrenzen die maximale Absicherung der Leitung.

Für unser Beispiel wird angenommen, dass die gewählte Leitung (6 mm²) bei der beispielhaften Verlegung noch einen Nennstrom von 32,2 A tragen kann.

Auswahl der Leitungsschutzschalter

Beispiel für die thermische Auswahl eines 40 A Leitungsschutzschalters mit der Auslösecharakteristik B ohne Abstand zwischen den Leitungsschutzschaltern

- Der maximal mögliche Nennstrom der verwendeten Leitung sowie die maximal mögliche Absicherung des Sunny Mini Central begrenzt den maximal möglichen Nennstrom der Leitungsschutzschalter.
- In unserem Beispiel werden 40 A angenommen.
- Prüfen Sie die Leitungsschutzschalter zusätzlich auf ihre thermische Verwendbarkeit.

Belastungsfaktoren laut Datenblattangaben:

- Minderung durch Dauerlast > 1 h = 0,9
In der Photovoltaik sind Dauerlasten über mehr als eine Stunde möglich
- Minderung durch Aneinanderreihung von neun Leitungsschutzschaltern ohne Abstand = 0,77
Bei der Verwendung von nur einem Leitungsschutzschalter ist der Faktor = 1
- Erhöhung des Nennstroms durch Umgebungstemperaturen von 40 °C im Verteiler = 1,07
Resultiert aus der Auslegung der Leitungsschutzschalter auf 50 °C

Ergebnis:

Der Nennbelastungsstrom des Leitungsschutzschalters ergibt sich aus:

$$I_{bn} = 40 \text{ A} \times 0,9 \times 0,77 \times 1,07 = 29,7 \text{ A}$$

Fazit:

Sie können den gewählten Leitungsschutzschalter im genannten Fall nicht verwenden, da die maximale Strombelastbarkeit, für einen störungsfreien Betrieb, unter dem maximalen Ausgangsstrom des verwendeten Wechselrichters liegt. **Der Leitungsschutzschalter wird bei Nennbetrieb auslösen.**

Lösung 1:

Setzen Sie einen 50 A Leitungsschutzschalter ein. Damit wird die maximale Strombelastbarkeit bei 37,1 A liegen ($I_{bn} = 50 \text{ A} \times 0,9 \times 0,77 \times 1,07 = 37,1 \text{ A}$) und der Leitungsschutzschalter wird bei Nennbetrieb nicht auslösen. Beachten Sie, dass die gewählte Leitung von 6 mm² bei dieser Lösung **nicht** verwendet werden darf. Es muss eine Leitung mit größerem Querschnitt eingesetzt werden. Die Strombelastbarkeit dieser Leitung muss für die gewählte Absicherung geeignet sein.

Lösung 2:

Erhöhen Sie den Abstand zwischen den Leitungsschutzschaltern auf 8 mm und setzen Sie einen 40 A Leitungsschutzschalter ein. Der Minderungsfaktor beträgt dann 0,98 statt 0,77. Damit würde die maximale Strombelastbarkeit bei 37,7 A liegen ($I_{bn} = 40 \text{ A} \times 0,9 \times 0,98 \times 1,07 = 37,7 \text{ A}$) und der Leitungsschutzschalter wird bei Nennbetrieb **nicht** auslösen. Beachten Sie, dass die gewählte Leitung von 6 mm² bei dieser Lösung nicht verwendet werden darf. Die Strombelastbarkeit dieser Leitung muss für die gewählte Absicherung geeignet sein.

4 Maximal zulässige Absicherung

Eine Übersicht über die maximal zulässige Absicherung der verschiedenen SMA Wechselrichter bietet folgende Tabelle:

Wechselrichtertyp	Maximale Absicherung (Stromstärke)
SBS2.5-1VL-10	16 A
SB1.5-1VL-40 / SB2.0-1VL-40 / SB2.5-1VL-40	16 A
Multigate-10	16 A
SB 1200 / 1700	16 A
SB 1300TL-10 / 1600TL-10 / 2100TL	16 A
SB 2500 / 3000	16 A
SB 2500TLST-21 / 3000TLST-21	32 A
SB 2000HF-30 / 2500HF-30 / 3000HF-30	25 A
SB3.0-1AV-40 / SB3.6-1AV-40 / SB4.0-1AV-40 / SB5.0-1AV-40	32 A
SB3.0-1AV-41 / SB3.6-1AV-41 / SB4.0-1AV-41 / SB5.0-1AV-41 / SB6.0-1AV-41	32 A
SB 3300TL HC	32 A
SB 3300 / 3800	25 A
SB 3000TL-20 / 4000TL-20 / 5000TL-20	32 A
SB 3000TL-21 / 3600TL-21 / 4000TL-21 / 5000TL-21 / 6000TL-21	32 A
SB 3600SE-10 / 5000SE-10	32 A
SMC 4600A / 5000A / 6000A	40 A
SMC 7000HV	50 A
SMC 6000TL / 7000TL / 8000TL	50 A
SMC 9000TL-10 / 10000TL-10 / 11000TL-10	80 A

Wechselrichtertyp	Maximale Absicherung (Stromstärke)
SMC 9000TLRP-10 / 10000TLRP-10 / 110000TLRP-10	80 A
STP3.0-3AV-40 / STP4.0-3AV-40 / STP5.0-3AV-40 / STP6.0-3AV-40	32 A
STP 5000TL-20 / 6000TL-20 / 7000TL-20 / 8000TL-20 / 9000TL-20 / 10000TL-20 / 12000TL-20	32 A
STP8.0-3AV-40 / STP10.0-3AV-40	32 A
STP 8000TL-10 / 10000TL-10 / 12000TL-10 / 15000TL-10 / 17000TL-10	50 A
STP 15000TLEE-10 / 20000TLEE-10	50 A
STP 15000TL-30 / 20000TL-30 / 25000TL-30	50 A
STP 50-40	100 A
STP 50-41	100 A
STP 60-10	125 A
SHP 75-10	160 A