

7.12 Photovoltaik-(PV)-Stromversorgungssysteme



(1_7.12)

(1_7.12)

Anmerkung:

Die Abkürzung « PV » wird für « Photovoltaik » verwendet und ist in diesem Dokument für Solar-Photovoltaik-Stromversorgungssysteme eingesetzt.

Kapitel 7.12

7.12.1 Anwendungsbereich, Zweck und allgemeine Grundsätze

7.12.1.1 Anwendungsbereich

7.12.2 Begriffsbestimmungen

7.12.2.1 Harmonisierte Begriffsbestimmungen

7.12.3 Bestimmung allgemeiner Merkmale

7.12.3.1 Zweck, Stromversorgung und Aufbau der Anlage

7.12.4 Schutzmassnahmen

7.12.4.1 Schutz gegen elektrischen Schlag

7.12.4.3 Überstromschutz

7.12.4.4 Schutz gegen Überspannung

7.12.5 Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel

7.12.5.1 Allgemeine Bestimmungen

7.12.5.2 Leitungen

7.12.5.3 Errichtungen zum Trennen, Schalten, Steuern und Überwachen

7.12.5.4 Erdung und Schutzleiter

7.12.6 Prüfungen

7.12.1 Anwendungsbereich, Zweck und allgemeine Grundsätze



(1_7.12.1)

(1_7.12.1)

7.12.1.1 Anwendungsbereich



(1_7.12.1.1)



(1_7.12.1.1)

.1 Geltungsbereich



Die besonderen Bestimmungen dieses Kapitels gelten für Solar-Photovoltaik-Stromversorgungssysteme. Die speziellen Anforderungen dieses Kapitels sind für elektrische Anlagen von PV-Stromversorgungssystemen anzuwenden.

Die Bestimmungen dieses Kapitels gelten für Solar-Photovoltaik-Stromversorgungssysteme mit DC-Spannungen ≤ 1000 V für die Anordnung an Gebäuden.



Anmerkung:

Anforderungen für PV-Stromversorgungssysteme, die für einen vom Versorgungsnetz unabhängigen Betrieb vorgesehen sind, sind in Bearbeitung.

7.12.2 Begriffsbestimmungen



 (1_7.12.2) 
 (1_7.12.2)

7.12.2.1 Harmonisierte Begriffsbestimmungen




 (1_7.12.2.1)

 (1_7.12.2.1)

(B+E)

Anmerkung:



Es sind sowohl die Begriffe von  IEC 60050-826 (1_0.3) als auch die folgenden Begriffe anzuwenden.

7.12.2.1.1 PV-Zelle (Solarzelle)


 (1_7.12.2.1.1)

 (1_7.12.2.1.1)



Elementares PV-Element, das Elektrizität erzeugt, wenn es mit Licht wie zum Beispiel Sonneneinstrahlung in Berührung kommt.

7.12.2.1.2 PV-Modul (Solarmodul)


 (1_7.12.2.1.2)

 (1_7.12.2.1.2)



Kleinste komplette, gegen Umwelteinflüsse geschützte Einheit untereinander verbundener PV-Zellen.

7.12.2.1.3 PV-Strang


 (1_7.12.2.1.3)

 (1_7.12.2.1.3)



Stromkreis in dem PV-Module zu einem PV-Array in Reihe geschaltet sind, um die festgelegte Ausgangsspannung zu erreichen.

7.12.2.1.4 PV-Array (PV-Stromerzeugungsbauereinheit)


 (1_7.12.2.1.4)

 (1_7.12.2.1.4)



Mechanisch und elektrisch zusammengefasste Kombination von PV-Modulen und anderen notwendigen Komponenten um eine Gleichstromversorgungseinheit zu bilden.

7.12.2.1.5 PV-Array-Anschlusskasten


 (1_7.12.2.1.5)

 (1_7.12.2.1.5)

Gehäuse, in dem alle PV-Stränge eines PV-Arrays elektrisch untereinander verbunden sind und in dem, falls erforderlich, Schutzvorrichtungen angeordnet sind.

7.12.2.1.6 PV-Generator


 (1_7.12.2.1.6)


(1_7.12.2.1.6)

Gesamtheit aller PV-Arrays, welche im Betrieb DC-seitig elektrisch miteinander verbunden sind.

7.12.2.1.7 PV-Generatoranschlusskasten**(1_7.12.2.1.7)****(1_7.12.2.1.7)**

Gehäuse, in dem alle PV-Arrays elektrisch untereinander verbunden sind und in dem, falls erforderlich Schutzeinrichtungen angeordnet sind.

7.12.2.1.8 PV-Strangkabel/-leitung**(1_7.12.2.1.8)****(1_7.12.2.1.8)**

Leitung zur Verbindung der PV-Module zu einem PV-Strang.

7.12.2.1.9 PV-Arraykabel/-leitung**(1_7.12.2.1.9)****(1_7.12.2.1.9)**

Abgangskabel oder Abgangsleitung eines PV-Arrays.

7.12.2.1.10 PV-Gleichstromhauptkabel/-leitung**(1_7.12.2.1.10)****(1_7.12.2.1.10)**

Leitung zur Verbindung des PV-Generatoranschlusskastens mit den gleichstromseitigen Klemmen des PV-Wechselrichters.

7.12.2.1.11 PV-Wechselrichter**(1_7.12.2.1.11)****(1_7.12.2.1.11)**

Einrichtung, die Gleichspannung und Gleichstrom in Wechselspannung und Wechselstrom umformt.

7.12.2.1.12 PV-Versorgungskabel/-leitung**(1_7.12.2.1.12)****(1_7.12.2.1.12)**

Leitung zur Verbindung der wechselstromseitigen Klemmen des PV-Wechselrichters mit einem Verteilungsstromkreis der elektrischen Anlage.



7.12.2.1.13 PV-AC-Modul**(1_7.12.2.1.13)****(1_7.12.2.1.13)**


Kombination von PV-Modul und integriertem Wechselrichter, bei der die elektrische Schnittstelle nur aus den Klemmen auf der Wechselspannungsseite besteht. Ein Zugang zur Gleichspannungsseite ist nicht vorgesehen.

7.12.2.1.14 PV-Anlage**(1_7.12.2.1.14)****(1_7.12.2.1.14)**



Errichtete Betriebsmittel eines PV-Stromversorgungssystems.

7.12.2.1.15 Standardprüfbedingungen (STC)


 (1_7.12.2.1.15)

 (1_7.12.2.1.15)



Prüfbedingungen die in  EN 60904-3 (1_0.3) für PV-Zellen und PV-Module festgelegt sind.
 (1000 W/m² Einstrahlung bei 25° C Zelltemperatur und einem Sonnenspektrum von AM = 1,5)

7.12.2.1.16 Spannung des unbelasteten Stromkreises unter Standardprüfbedingungen $U_{OC\ STC}$


 (1_7.12.2.1.16)

 (1_7.12.2.1.16)



Spannung unter Standardprüfbedingungen an einem unbelasteten (offenen) PV-Modul, PV-Strang, eines PV-Arrays, einem PV-Generator oder auf der Gleichspannungsseite des PV-Wechselrichters

7.12.2.1.17 Kurzschlussstrom unter Standardprüfbedingungen $I_{SC\ STC}$


 (1_7.12.2.1.17)

 (1_7.12.2.1.17)



Kurzschlussstrom eines PV-Moduls ($I_{M\ SC\ STC}$), PV-Strangs ($I_{S\ SC\ STC}$), eines PV-Arrays ($I_{A\ SC\ STC}$) oder eines PV-Generators ($I_{G\ SC\ STC}$) unter Standardprüfbedingungen.

7.12.2.1.18 Gleichspannungsseite (DC-Seite)


 (1_7.12.2.1.18)

 (1_7.12.2.1.18)



Teil einer PV-Anlage von einer PV-Zelle bis zu den Gleichspannungsanschlüssen des PV-Wechselrichters

7.12.2.1.19 Wechselspannungsseite (AC-Seite)


 (1_7.12.2.1.19)

 (1_7.12.2.1.19)



Teil der PV-Anlage von den Wechselspannungsanschlüssen des PV-Wechselrichters bis zum Anschluss des PV-Versorgungskabels oder der PV-Versorgungsleitung zur elektrischen Anlage.

7.12.2.1.20 Einfache Trennung




 (1_7.12.2.1.20)

 (1_7.12.2.1.20)

Trennung zwischen Stromkreisen oder zwischen einem Stromkreis und Erde durch Basisisolierung.



7.12.3 Bestimmung allgemeiner Merkmale


 (1_7.12.3)
 (1_7.12.3)



7.12.3.1 Zweck, Stromversorgung und Aufbau der Anlage


 (1_7.12.3.1)

 (1_7.12.3.1)

7.12.3.1.2 Arten von Verteilungssystemen


 (1_7.12.3.1.2)

 (1_7.12.3.1.2)

7.12.3.1.2.2 Systeme nach Art der Erdverbindung




 (1_7.12.3.1.2.2)

 (1_7.12.3.1.2.2)

- .1 Erdung eines der aktiven Leiter auf der Gleichspannungsseite ist erlaubt, falls mindestens einfache Trennung zwischen der Wechselspannungs- und der Gleichspannungsseite besteht.



Anmerkung:

Jede Verbindung mit Erde auf der Gleichspannungsseite muss elektrisch so ausgeführt werden, dass Korrosion vermieden wird.



7.12.4 Schutzmassnahmen


 (1_7.12.4)

 (1_7.12.4)

7.12.4.1 Schutz gegen elektrischen Schlag


 (1_7.12.4.1)

 (1_7.12.4.1)


7.12.4.1.0 Einleitung




 (1_7.12.4.1.0)

 (1_7.12.4.1.0)

Alle Betriebsmittel auf der Gleichspannungsseite müssen als unter Spannung stehend betrachtet werden, auch wenn das System von der Wechselspannungsseite getrennt ist.



.3 Allgemeine Anforderungen

Der nachfolgende Text gilt zusätzlich:

Die folgenden Schutzvorkehrungen für den Fehlerschutz (Schutz bei indirektem Berühren) gemäss  4.1.C (1_4.1.C) sind nicht erlaubt:

-  4.1.C.1 (1_4.1.C.1) Nicht leitende Umgebung und
-  4.1.C.2 (1_4.1.C.2) Schutz durch erdfreien örtlichen Schutz-Potenzialausgleich.

7.12.4.1.1 Schutzmassnahme: Automatische Abschaltung der Stromversorgung


 (1_7.12.4.1.1)

 (1_7.12.4.1.1)

.1 Allgemeines


Das PV-Wechselspannungskabel / die -Leitung muss mit einer separaten Überstrom-Schutzeinrichtung an das Verteilnetz angeschlossen werden. (B+E) (2_7.12.4.1.1)

.4 System TN 4.1.1.4


AC-seitig darf nur das System TN-S angewendet werden.


7.12.4.1.1.3 Anforderungen an den Fehlerschutz (Schutz bei indirektem Berühren)

 (1_7.12.4.1.1.3)

 (1_7.12.4.1.1.3)

.2 Automatische Abschaltung im Fehlerfall

Wo eine elektrische Anlage ein PV-Stromversorgungssystem enthält, das nicht mindestens einfache Trennung zwischen der Wechsel- und der Gleichspannungsseite vorsieht, muss eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) Bemessungsdifferenzstrom $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$ Typ B vorgeschaltet werden. Mit dieser Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) nach  IEC/TR 60755 (1_0.3), wird die automatische Abschaltung der Stromversorgung für den Fehlerschutz erreicht. (B+E) (2_7.12.4.1.1.3)

Wenn der PV-Wechselrichter konstruktiv so ausgeführt ist, dass Gleichfehlerströme in der elektrischen Anlage nicht auftreten können, ist eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) vom Typ B nach  IEC/TR 60755 (1_0.3) nicht gefordert. (B+E) (2_7.12.4.1.1.3)

7.12.4.1.2 Schutzmassnahme:

Doppelte oder verstärkte Isolierung (Sonderisolierung)

(1_7.12.4.1.2)


 (1_7.12.4.1.2)

.1 Allgemeines

Schutz durch Verwendung von Schutzklasse II oder gleichwertiger Isolierung sollte auf der Gleichspannungsseite bevorzugt angewendet werden.

7.12.4.1.4 Schutzmassnahme durch Kleinspannung SELV oder PELV


 (1_7.12.4.1.4)

 (1_7.12.4.1.4)

.1 Allgemeines

Für SELV- und PELV-Systeme ist U_N durch $U_{OC\ STC}$ zu ersetzen und darf 120 V DC nicht übersteigen.

7.12.4.1.A Vorkehrungen für den Basisschutz (Schutz gegen direktes Berühren)


 (1_7.12.4.1.A)

 (1_7.12.4.1.A)

.1 Siehe Beispiele und Erläuterungen (B+E)

.2 Siehe Beispiele und Erläuterungen (B+E)

7.12.4.3 Überstromschutz

 (1_7.12.4.3)

 (1_7.12.4.3)

7.12.4.3.3 Überlastschutz



(1_7.12.4.3.3)



(1_7.12.4.3.3)

- .1 Der Überlastschutz darf für PV-Strang- und PV-Arraykabel/-leitungen entfallen, wenn die Dauerstrombelastbarkeit der Leitung gleich oder grösser ist als der 1,25-fache Wert von $I_{SC\ STC\ an}$ jeglicher Stelle. (B+E)
- .2 Der Überlastschutz darf für PV-Gleichstromhauptkabel/-leitungen entfallen, wenn die Dauerstrombelastbarkeit der Leitung gleich oder grösser ist als der 1,25-fache Wert von $I_{SC\ STC\ des\ PV-Generators}$.

Anmerkung 1:

Diese Anforderungen von NIN 7.12.4.3.3.1 und 7.12.4.3.3.2 betreffen den Schutz der Leitungen. Für den Schutz der PV-Module müssen die Angaben der Hersteller beachtet werden.

Anmerkung 2:

Der Überlastschutz muss zusätzlich auf die Rückstromtragfähigkeit der PV-Module und Leitungen ausgelegt werden.

7.12.4.3.4 Kurzschlusschutz



(1_7.12.4.3.4)



(1_7.12.4.3.4)

- .1 Das PV-Versorgungskabel/die PV-Versorgungsleitung auf der Wechselspannungsseite muss durch eine Schutzeinrichtung für den Schutz bei Kurzschluss oder durch eine Überstrom-Schutzeinrichtung geschützt sein, die an der Anschlussstelle der Wechselspannungsseite eingebaut ist.

Der Kurzschlusschutz des PV-Versorgungskabel oder die PV-Versorgungsleitung ist durch eine Überstrom-Schutzeinrichtung zu gewährleisten. Die Kurzschluss-Schutzeinrichtung ist an der Anschlussstelle der Wechselspannungsseite (netzseitig) der Installation einzubauen.

7.12.4.4 Schutz gegen Überspannung



(1_7.12.4.4)



(1_7.12.4.4)

7.12.4.4.1 Schutz gegen elektromagnetische Beeinflussung (EMI, electromagnetic interference) in Gebäuden



(1_7.12.4.4.1)



(1_7.12.4.4.1)

Um durch Blitzströme induzierte Spannungen zu verringern, muss die Fläche aller Leiterschleifen so gering wie möglich sein. (B+E) (2_7.12.4.4.1)

7.12.4.4.3 Schutz gegen atmosphärische Überspannungen



(1_7.12.4.4.3)



(1_7.12.4.4.3)

Sämtliche Strang-, Array- und DC-Hauptleitungen von denselben PV-Strängen sind gemeinsam, örtlich zusammengefasst zu verlegen.

Lange Leitungen, in der Regel > 10 m sind entweder

in elektrisch durchverbundene metallische Rohre oder Kanäle oder



in Kabeln mit konzentrischem Schutzleiter zu verlegen.

Kann keine geeignete Leitungsart gewählt werden, sind entsprechende Überspannungs-Schutzeinrichtungen anzuordnen. (B+E) (2_7.12.4.4.3)



Anmerkung:

Die geeignetste Leitungsart ist ein Kabel mit einem konzentrisch angeordneten Schutzleiter.



7.12.5 Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel

 (1_7.12.5) 
(1_7.12.5)



7.12.5.1 Allgemeine Bestimmungen



 (1_7.12.5.1) 
(1_7.12.5.1)

7.12.5.1.1 Allgemeines



 (1_7.12.5.1.1) 
(1_7.12.5.1.1)

7.12.5.1.1.1 Grundsatz

 (1_7.12.5.1.1.1) 
(1_7.12.5.1.1.1)

- .1 PV-Module müssen mit den Anforderungen der entsprechenden Betriebsmittelnormen übereinstimmen, z. B. mit  EN 61215 für kristalline PV-Module. Wenn $U_{OC\ MAX} > 120\ V\ DC$ übersteigt, wird empfohlen, vorzugsweise PV-Module der Schutzklasse II oder mit gleichwertiger Isolierung zu verwenden.
- .2 PV-Array-Anschlusskasten, PV-Generatoranschlusskasten und Schaltgerätekombinationen müssen mit  EN 60439-1 übereinstimmen.
- .3 Die zulässige DC-Spannung für PV-Anlagen an Gebäuden als Indach- oder auf Dachanlagen beträgt $\leq 1000\ V\ DC$

7.12.5.1.2 Betriebsbedingungen und äussere Einflüsse

 (1_7.12.5.1.2) 
(1_7.12.5.1.2)

- .1 Elektrische Betriebsmittel auf der Gleichspannungsseite müssen für Gleichspannungen und -ströme geeignet sein.
- .2

PV-Module dürfen bis zur maximalen Betriebsspannung der PV-Module und des PV-Wechselrichters, je nachdem welche geringer ist, in Reihe verbunden werden. Dabei sind die Angaben des Herstellers zu beachten. (B+E)

- .3 In Fällen, in denen Sperrdioden verwendet werden, muss ihre Sperrspannung für $2 \cdot U_{OC\ STC}$ bemessen sein. Die Sperrdioden müssen in Reihe mit den PV-Strängen geschaltet sein. (B+E)
- .4 Wenn vom Hersteller vorgegeben, müssen PV-Module so errichtet werden, dass eine entsprechende Wärmeabführung in Fällen maximaler Sonneneinstrahlung gegeben ist. (NIN 4.2.2.1.7) (B+E)

7.12.5.1.3 Zugänglichkeit



(1_7.12.5.1.3)



(1_7.12.5.1.3)

.1 Allgemeines

Die Auswahl von Betriebsmitteln muss eine sichere Wartung erleichtern und darf die vom Hersteller der PV-Betriebsmittel vorgesehenen Vorkehrungen nicht ungünstig beeinflussen, um zu ermöglichen, dass Wartungs- und Servicearbeiten sicher ausgeführt werden können. (B+E) (2_7.12.5.1.3)

7.12.5.1.4 Kennzeichnung



(1_7.12.5.1.4)




(1_7.12.5.1.4)

.1 (B+E)

.2 (B+E)

.3 (B+E)

.4 Es ist eine Systemdokumentation gemäss  EN 62446 zu erstellen und bei der Anlage bereit zu halten.

7.12.5.1.5 Vermeidung gegenseitiger nachteiliger Beeinflussung



(1_7.12.5.1.5)



(1_7.12.5.1.5)

.1 (B+E)

.2 (B+E)

7.12.5.2 Leitungen



(1_7.12.5.2)



(1_7.12.5.2)

7.12.5.2.1 Allgemeines und Arten von Leitungen



(1_7.12.5.2.1)




(1_7.12.5.2.1)


.1 (B+E)

.2 (B+E)

.3 (B+E)

7.12.5.2.2 Auswahl und Errichtung nach den Umgebungseinflüssen

 (1_7.12.5.2.2)

 (1_7.12.5.2.2)


- .1 PV-Strang-, PV-Array, und PV-DC-Hauptkabel/-leitungen müssen in einer solchen Weise ausgewählt und errichtet werden, dass das Risiko eines Erdschlusses oder Kurzschlusses auf ein Minimum reduziert ist. (B+E)


Anmerkung:

Dies kann z. B. durch Verstärkung des Schutzes für die Leitungsanlagen gegen externe Einflüsse erreicht werden. (Durch Verwenden von halogenfreien Einleiterkabel/-leitungen und/oder Kabel mit konzentrischem Leiter).

- .2 Äussere Einflüsse, die zu erwarten sind wie Wind (AS), Eisbildung (AB), Temperaturen (AA) und Sonneneinstrahlung (AN), Fauna (AL) und Flora (AK) müssen berücksichtigt werden.
- .3 Trennung von AC- und DC-Leitungen (B+E)
- .4 Stockwerkübergreifende Leitungen (B+E)

7.12.5.2.6 Elektrische Verbindungen

 (1_7.12.5.2.6)

 (1_7.12.5.2.6)


(B+E) (2_7.12.5.2.6)


7.12.5.3 Errichtungen zum Trennen, Schalten, Steuern und Überwachen



 (1_7.12.5.3)

 (1_7.12.5.3)


7.12.5.3.7 Einrichtungen zum Trennen und Schalten

 (1_7.12.5.3.7)

 (1_7.12.5.3.7)

- .1 Zum Durchführen von Wartungsarbeiten am PV-Wechselrichter müssen Einrichtungen zum Trennen des PV-Wechselrichters auf der Gleichspannungsseite und der Wechsellspannungsseite vorgesehen werden.  4.6.3 und  5.3.7.3

Anmerkung:

Weitere Anforderungen bezüglich der Trennung der PV-Anlage, die parallel zur öffentlichen Stromversorgung betrieben wird, sind in  5.5.1.7 (1_5.5.1.7) enthalten.

- .2 Einrichtungen zum Trennen

1. Bei der Auswahl und Errichtung von Einrichtungen zum Trennen und Schalten, errichtet zwischen der PV-Anlage und der öffentlichen Stromversorgung, muss die öffentliche Stromversorgung als Stromquelle betrachtet werden und die PV-Anlage muss als Last betrachtet werden.

Auf der Gleichspannungsseite des PV-Wechselrichters muss ein Trennschalter, welcher die Anforderungen als Trennvorrichtung erfüllt, vorgesehen werden. (B+E) (2_7.12.5.3.7)

2. Alle Anschlusskästen (PV-Generatoranschlusskasten und PV-Array-Anschlusskasten) müssen mit einem Warnhinweis versehen werden, dass aktive Teile in den Anschlusskästen auch nach dem Trennen vom PV-Wechselrichter unter Spannung stehen können.
3. (CH) Die Bemessungsspannung auf der DC-Seite muss in einer Aufschrift enthalten sein. (NIN 7.12.5.1.4 (B+E)) (2_7.12.5.1.4)
4. (CH) Führen offene Klemmen oder Sammelschienen eine Spannung von $U_N \geq 120 \text{ V DC}$ müssen Warnschilder auf die Gefahr der spannungsführenden Teile hinweisen.

7.12.5.4 Erdung und Schutzleiter



(1_7.12.5.4)



(1_7.12.5.4)

- .1 Wenn Schutz-Potenzialausgleichsleiter verlegt werden, müssen sie parallel und so nahe wie möglich an den DC- und AC-Leitungen errichtet werden.
- .2 Schutz-Potenzialausgleich und Blitzschutz (NIN) (B+E)
- .3 (B+E)

7.12.6 Prüfungen



(1_7.12.6)

(1_7.12.6)

Isolationswerte siehe (NIN) (B+E) (2_7.12.6)