

Einsatz von Überspannungsschutzgeräten (SPD) in Photovoltaikanlagen

Schäden durch Blitzteilströme und Überspannungen ziehen nicht nur hohe Reparaturkosten nach sich, sondern führen häufig auch zu Ausfallzeiten von Maschinen und Anlagen.

Nur ein in sich geschlossenes Blitzschutzkonzept kann die gewünschte Sicherheit für elektronische und elektrische Geräte erzielen. Entsprechend jeder Anforderung muss der richtige Schutz gewählt werden.

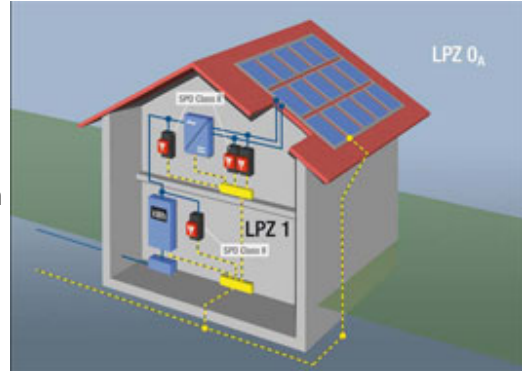
Die in Industrie- und Zweckgebäuden vorhandenen elektrischen Leitungen müssen durch ein Energie-, MSR- und Daten-Überspannungsschutzgeräte abgesichert werden, um das Risiko der Zerstörung der Endgeräte durch Blitz und Überspannung zu verhindern. Speziell das Thema Schutz von Photovoltaik-Anlagen ist derzeit ein Brennpunkt welches Investoren, Installateure und Planer gleichermaßen interessiert. Mit einem ausführlichen Beitrag soll diese Thema Hilfestellung im Umgang mit Überspannungskomponenten im Bereich Photovoltaik geben.



Beim Einsatz von Überspannungsschutzgeräten (engl.: surge protective device = SPD) in Photovoltaikanlagen gilt es, einige Besonderheiten zu beachten. Im Gegensatz zu Anwendungen von SPDs in Wechselspannungssystemen handelt es sich bei einer Photovoltaikanlage um eine Gleichspannungsquelle mit spezifischen Eigenschaften. Beim Anlagenkonzept sind diese spezifischen Eigenschaften zu berücksichtigen und die SPDs daraufhin abzustimmen. So sind SPDs für PV-Anlagen sowohl für eine maximale Leerlaufspannung ($U_{OC\ STC}$ = Spannung des unbelasteten Stromkreises unter Standardprüfbedingungen) des Solargenerators, als auch hinsichtlich einer maximalen Anlagenverfügbarkeit und Sicherheit auszulegen. Die Photovoltaik ist eine elementare Säule der Energiegewinnung im Bereich der erneuerbaren respektive regenerativen Energien. Dies trifft nicht nur auf Deutschland zu, wichtige Exportmärkte sind gleichermaßen Südeuropa und Nordamerika. Seit Juni 2006 gibt es für die Errichtung von Photovoltaikanlagen die Norm DIN VDE 0100 (VDE 0100) Teil 712 [1]. Sie ist eine europäische harmonisierte Norm, das heißt es handelt sich um ein HD-Dokument. Seit 1. März 2008 ist ihre Übergangsfrist beendet, die Norm ist folglich gültig und muss angewendet werden. In dieser Norm sind Hinweise zu Überspannungsschutzeinrichtungen und dem Blitzschutz zu finden. Ein Überspannungsschutz wird dort zwar nicht explizit gefordert, jedoch empfohlen. Gleichfalls weist die Norm darauf hin, dass beim Einsatz eines Blitzschutzes, die PV-Anlage durch eine isolierte Fangeinrichtung geschützt sein muss – unter Beachtung des Trennungsabstands.

Äußerer Blitzschutz

Aufgrund ihrer großflächigen Ausdehnung und der zumeist exponierten Lage gefährden atmosphärische Entladungen – wie Blitze – Photovoltaikanlagen in besonderem Maße. Zu unterscheiden sind hierbei direkte Blitzeinwirkungen und so genannte indirekte (induktive und kapazitive) Einwirkungen. Die Notwendigkeit des Blitzschutzes ergibt sich einerseits aus den normativen Forderungen und hängt andererseits auch von der Applikation selbst ab, sprich ob es sich etwa um eine Gebäude- oder eine Feldinstallation handelt. Bei Gebäudeinstallationen wird unterschieden zwischen der Installation des PV-Generators auf dem Dach eines öffentlichen Gebäudes – mit vorhandener Blitzschutzanlage – und der Installation auf einem Scheunendach – ohne Blitzschutzanlage. Feldinstallationen bieten aufgrund der großflächigen Module gleichfalls große potentielle Angriffsflächen, hierbei ist ein äußerer Blitzschutz in jedem Fall empfehlenswert, um direkte Blitzeinschläge zu verhindern.



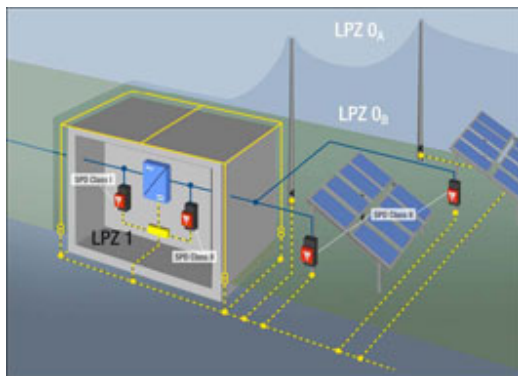
Normative Hinweise finden sich in der DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3) Beiblatt 2 (Auslegung nach Schutzklasse bzw. Gefährdungspegel LPL III) [2], sowie der VdS-Richtlinie 2010 [3], (PV-Anlage > 10 kW, dann Blitzschutz erforderlich). Zusätzlich werden Überspannungsschutzmaßnahmen gefordert. So ist der PV-Generator vorzugsweise durch eine getrennte Fangeinrichtung zu schützen. Ist jedoch ein direkter Anschluss des PV-Generators nicht vermeidbar, wird also beispielsweise der Trennungsabstand nicht eingehalten, dann gilt es die Auswirkungen von Blitzteilströmen zu beachten.

Es sollten grundsätzlich geschirmte Generatorhauptleitungen verwendet werden, um induzierte Überspannungen möglichst gering zu halten. Zusätzlich lässt sich bei ausreichendem Schirmquerschnitt (mindestens 16mm² Cu) der Kabelschirm zur Führung von Blitzteilströmen nutzen. Gleiches gilt für den Einsatz von geschlossenen Metallgehäusen. Bei Kabel und Metallgehäusen ist die Erdung beidseitig auszuführen. Damit befindet sich die Generatorhauptleitung (DC-Seite) in der LPZ 1 (engl.: lightning protection zone), das heißt ein Überspannungsschutzgerät SPD vom Typ 2 genügt. Andernfalls wäre ein SPD Typ 1 erforderlich.

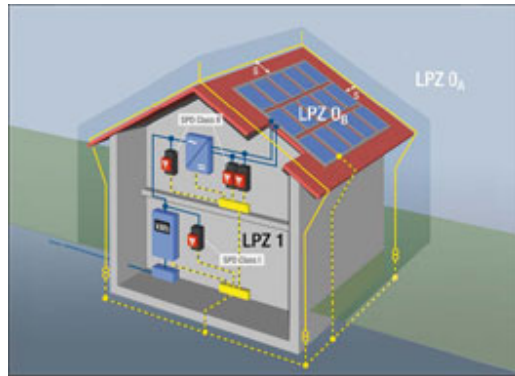
Einsatz und korrekte Auslegung von Überspannungsschutzgeräten

Allgemein kann der Einsatz und das Auslegen von SPDs in Niederspannungsanlagen auf Wechselstromseite als Standard betrachtet werden, hingegen ist der Einsatz und die richtige Auslegung für PV-Gleichstromgeneratoren immer noch eine Herausforderung. Denn erstens verfügt ein Solargenerator über eigene Besonderheiten und zweitens werden SPDs im Gleichspannungskreis eingesetzt. Konventionelle SPDs sind typischerweise für Wechsel- und nicht für Gleichspannungssysteme entwickelt worden. Seit Jahren existieren hierzu einschlägige Produktnormen [4], die sich prinzipiell auch auf Gleichspannungs-Anwendungen übertragen lassen. Jedoch wurden früher noch relativ niedrige PV-Systemspannungen realisiert, heute liegen sie bereits um etwa 1000V DC im unbelasteten PV-Kreis. Derart hohe Systemgleichspannung gilt es allerdings mit geeigneten Überspannungsschutzgeräten zu beherrschen.

An welchen Stellen einer PV-Anlage SPDs technisch sinnvoll und zweckmäßig zum Einsatz kommen, hängt vorrangig von der Anlagenart, dem Anlagenkonzept und der räumlichen Ausdehnung ab. Die Abbildungen verdeutlichen den prinzipiellen Unterschied: Erstens ein Gebäude mit äußerem Blitzschutz und einer auf dem Dach montierten PV-Anlage (Gebäudeinstallation), zweitens eine weitläufige PV-Solargeneratoranlage (Feldinstallation), ebenfalls mit einer äußeren Blitzschutzanlage. Im ersten Fall ist – aufgrund kurzer Leitungslängen – lediglich der Schutz des DC-Eingangs zum Wechselrichter realisiert, im zweiten Fall befinden sich SPDs sowohl im Solargeneratoranschlusskasten (zum Schutz der Solarmodule) als auch am DC-Eingang zum Wechselrichter (Schutz des Wechselrichters). Sobald die Leitungswege zwischen PV-Generator und Wechselrichter länger als 10 Meter sind, sollten in der Nähe des PV-Generators und auch in der Nähe des Wechselrichters jeweils SPDs installiert werden. Der Schutz der AC-Seite, das heißt Wechselrichter- Ausgang und Netzeinspeisung, muss dann standardmäßig mit SPDs vom Typ 2 am Wechselrichterausgang und – bei einer Gebäudeinstallation mit äußerem Blitzschutz am Netzeinspeisepunkt – mit einem SPD Typ 1-Ableiter versehen werden.



Feldinstallation mit äußerer Blitzschutzanlage

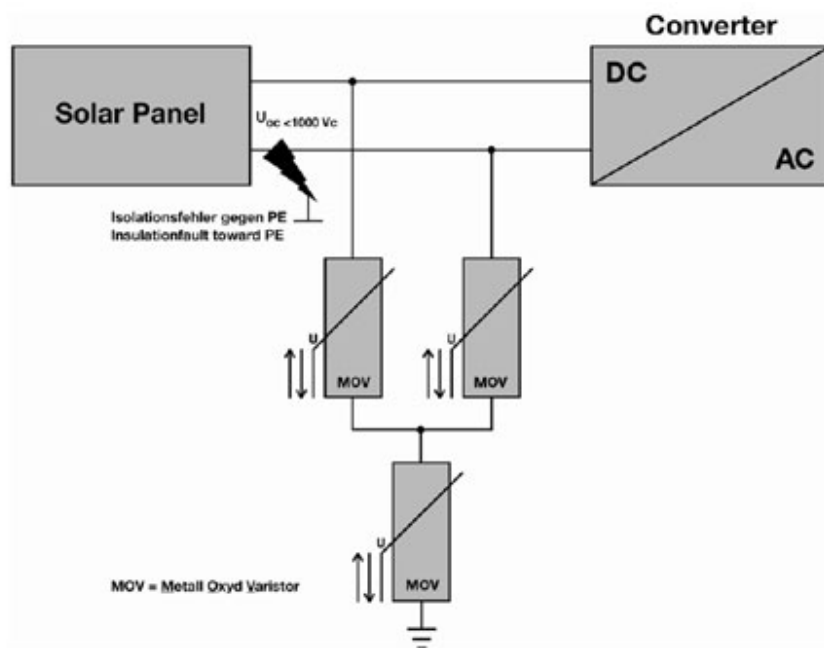


Gebäudeinstallation mit äußerer Blitzschutzanlage und Einhaltung des Trennungsabstandes

Besonderheiten auf der DC-Solargeneratorseite

Beim Schutz der DC-Seite kamen bislang stets SPDs für normale Netzwechselspannungen zum Einsatz, wobei jeweils L+ und L- gegen Erdpotential schutzbeschaltet wurden. Ausgelegt waren die SPDs dabei für mindestens 50 Prozent der maximalen Solargeneratorleerlaufspannung. Bei langjähriger Nutzung kann ein Isolationsfehler im PV-Generator auftreten. Dieser Fehlerzustand in der PV-Anlage hat dann zur Folge, dass nun die volle PV-Generatorspannung an dem SPD im nicht fehlerbehafteten Pol anliegt und eine Überlastung nach sich zieht. Werden SPDs auf Basis von Metalloxid-Varistoren durch zu hohe permanente Dauerspannungen beansprucht, so führt dies ggf. zur Zerstörung bzw. zum Auslösen der Abtrennvorrichtung. Gerade bei PV-Anlagen mit hohen Systemspannungen, kann bei der Aktivierung der Abtrennvorrichtung im ungünstigsten Fall eine Brandentwicklung bedingt durch den stehenden Schaltlichtbogen nicht restlos ausgeschlossen werden. Auch vorgelagerte Überstromschutzorgane (Sicherungen) sind hier keine Lösung, da der Kurzschlussstrom des PV-Generators nur geringfügig höher ist, als der des Nennstroms.

Heute werden zunehmend PV-Anlagen mit Systemspannungen um 1000V DC realisiert, um die Leistungsverluste möglichst gering zu halten. Damit SPDs auch solch hohe Systemspannungen beherrschen können, hat sich als Quasistandard die so genannte Y-Schaltung – bestehend aus drei Varistoren – etabliert und bewährt. Bei einem Isolationsfehler liegen dann immer noch zwei Varistoren in Reihe, was eine Überlastung des SPDs effektiv verhindert. Gleichwohl fließen auch in diesem Fall so genannte Leckströme im Varistor selbst. Die Wahrscheinlichkeit von erhöhten Leckströmen steigt mit der Alterung des Varistors und durch häufige Überspannungsbelastungen. Durch die Leckstromerhöhung kann es wiederum im ungünstigsten Falle (wie schon oben beschrieben) durch fehlendes DC-Schaltvermögen der Abtrennvorrichtung zu einer Brandentwicklung kommen.



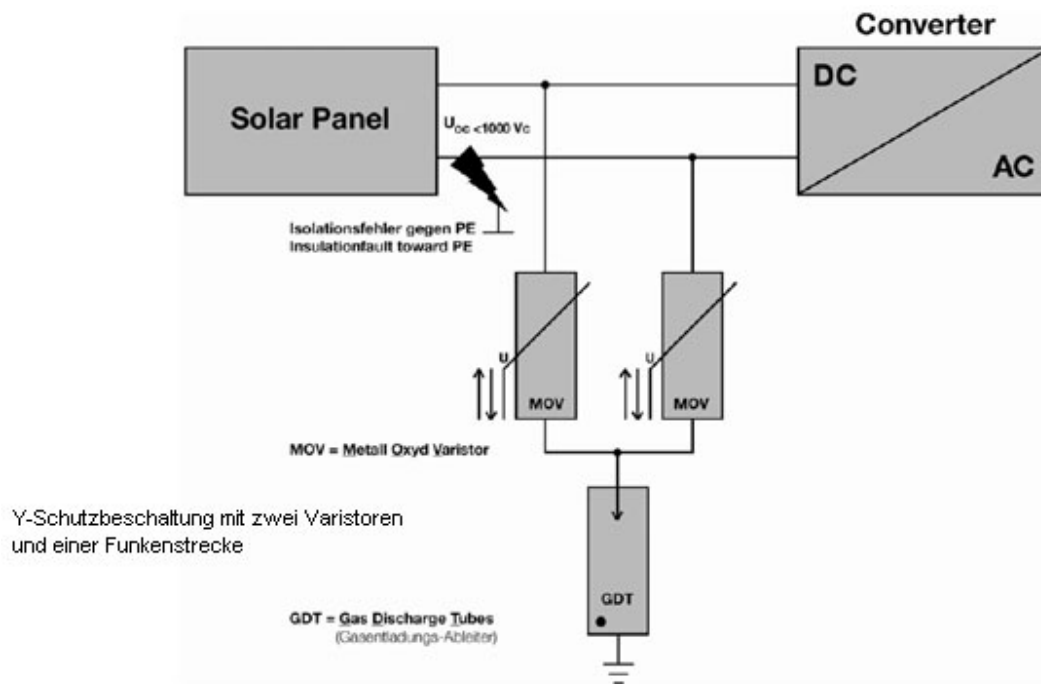
Y-Schutzbeschaltung mit drei Varistoren

Zweierlei gilt es also zu berücksichtigen – eine zu hohe Dauerspannung am SPD z.B. durch einen Fehlerzustand in der PV-Anlage und das Fließen eines hohen Leckstroms z.B. durch häufige Überspannungsbelastungen. Die Lösung bietet eine Y-Schaltung, bestehend aus zwei Varistoren und einer Funkenstrecke gegen das Erdpotential. Die Y-Schaltung verhindert bei einem Isolationsfehler im PV-Kreis eine zu hohe Dauerspannung für das SPD, die Funkenstrecke selbst verhindert einen Leckstrom. Mit anderen Worten:

Die Funkenstrecke verhindert die Aktivierung der Schutzbeschaltung beim Auftreten eines Isolationsfehlers. Eigentlich ist die Reihenschaltung eines Metalloxidvaristors und einer Funkenstrecke (hier Gasableiter) nicht neu, hier sei an die Zeiten der alten Ventilableiter erinnert. Die Anwendung in einem Gleichspannungskreis ist der einzige Unterschied. Zum wirksamen Löschen des Gasableiters muss die anstehende Spannung kleiner als die minimale Bogenbrennspannung sein.

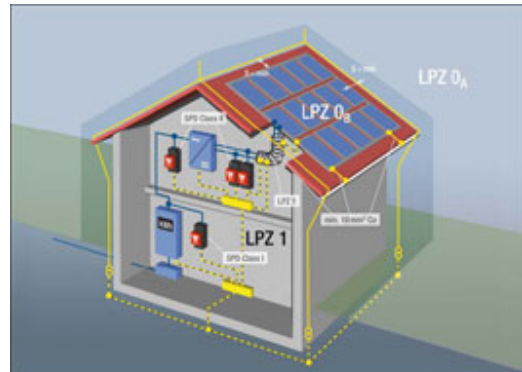
Als Resümee lässt sich festhalten: Mit der Y-Schaltung, bestehend aus zwei Varistoren und einer Funkenstrecke, wird eine absolut leckstromfreie Schutzbeschaltung realisiert und eine ungewollte Aktivierung der Abtrennvorrichtung verhindert. Hierdurch wiederum wird das bereits oben beschriebene Szenario einer möglichen Brandentwicklung wirksam verhindert. Gleichzeitig wird eine Beeinflussung einer Isolationsüberwachungseinrichtung ebenfalls verhindert.

Das ermöglicht einen komplett erdfreien Aufbau – auch bei sehr hohen DC-Spannungen. Weidmüller bietet hierzu mit dem SPD Typ 2 Ableiter PU II 2+1 550 V bis zu UOC STC < 1000V DC eine ausgereifte, praxisgerechte Lösung.



Anwendungsfälle in der Praxis

Wie bereits beschrieben, werden in der Praxis Gebäude- und Feldinstallationen unterschieden. Ist ein äußerer Blitzschutz vorhanden, so ist der PV-Generator vorzugsweise in diesen als isolierte Fangeinrichtung zu integrieren. Dabei muss der Trennungsabstand gemäß DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3) eingehalten werden. Kann dieser nicht eingehalten werden, so sind Blitzteilströme zu berücksichtigen.



Gebäudeinstallation mit äußerem Blitzschutz und Nichteinhaltung des Trennungsabstandes

Die Blitzschutznorm DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3) Beiblatt 2 sagt dazu im Abschnitt 17.3: „es sollen geschirmte Generatorhauptleitungen zur Reduzierung von induzierten Überspannungen verwendet werden.“ Bei ausreichendem Querschnitt (mindestens 16 mm² Cu) kann der Kabelschirm auch zur Führung von Blitzteilströmen genutzt werden. Auch im ABB (Ausschuss für Blitzschutz und Blitzforschung im VDE) Merkblatt [5] – Blitzschutz von Photovoltaikanlagen – steht, dass die Generatorhauptleitung geschirmt ausgeführt werden soll. Dadurch lassen sich Blitzstromableiter (SPD Typ 1) einsparen, gleichwohl sind jedoch Überspannungsableiter (SPD Typ 2) beidseitig notwendig. Wie Abbildung 6 zeigt, gibt es eine praxisgerechte Lösung durch eine geschirmte Generatorhauptleitung wodurch eine Zone LPZ 1 erreicht wird. Hierdurch wird der Einsatz von SPD Typ 2-Ableiter normenkonform umgesetzt.

Installationsfertige Lösungen

Um Montagen in der Praxis so einfach wie möglich zu realisieren, bietet Weidmüller installationsfertige Lösungen zum Schutz der DC- und der AC-Seite am Wechselrichter an. Die Installationszeiten reduzieren Plug&Play-PV-Boxen mit Typ 2-Ableiter sowohl für die DC- als auch für die Kombination mit der AC-Seite, sie sind in Schutzart IP 65 ausgeführt und mit handelsüblichen MC4-Anschlüssen versehen. Weidmüller bietet PV-Boxen für einen oder zwei Solarstrings an und ebenso die Kombination mit der AC-Seite und einer Trennvorrichtung auf der DC-Seite gemäß DIN VDE 0100 (VDE 0100) Teil 712. Auf Anfrage übernimmt Weidmüller gleichfalls kundenspezifische Assemblierungen. Nur ein in sich geschlossenes Blitzschutzkonzept kann die gewünschte Sicherheit für elektronische und elektrische Geräte erzielen. Entsprechend jeder Anforderung muss der richtige Schutz gewählt werden.



Installationsfertige PV-Lösung für acht Solarstrings. Die Solarpanels sind an den Messstrennklemmen angeschlossen. Diese lassen sich für Messungen einzeln öffnen und schließen.



Installationsfertige PV-Lösungen für Solaranlagen.
Links: „PV-Box Multistring“ zum Anschließen von bis zu acht Solarstrings. Rechts: „PV-Box AC/DC“ schützt die DC-Seite von einem String und die AC-Seite.



Installationsfertige PV-Lösung für acht Solarstrings. Die Solarpanels sind an den Messtrennklemmen angeschlossen. Diese lassen sich für Messungen einzeln öffnen und schließen.