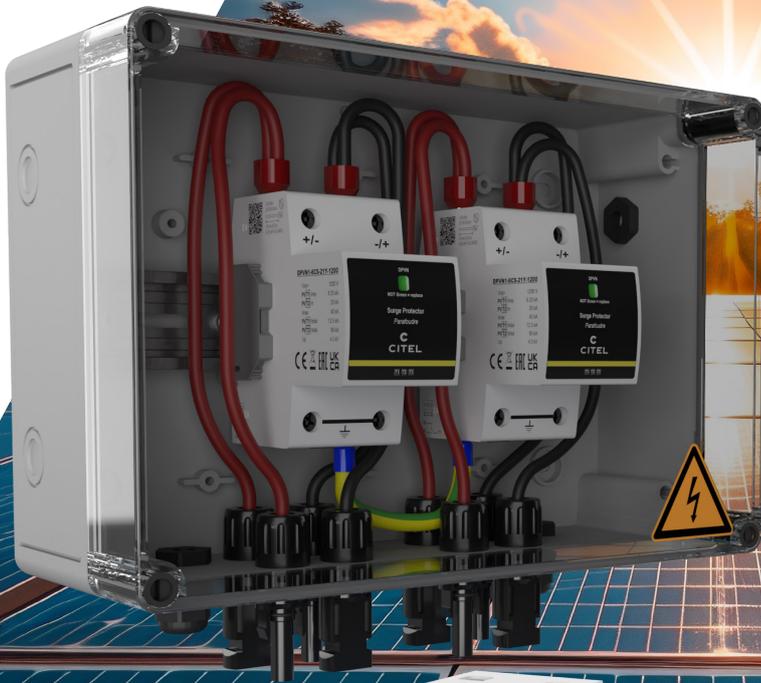




CITEL

ÜBERSPANNUNGSSCHUTZ FÜR PHOTOVOLTAIKANLAGEN

TECHNISCHE INFORMATION



ÜBERSPANNUNGSSCHUTZ FÜR PHOTOVOLTAIKANLAGEN

Einleitung

Seit der französische Physiker Alexandre Edmond Becquerel (1820 - 1891) im Jahr 1839 den photoelektrischen Effekt entdeckte, haben Generationen von Wissenschaftlern, Visionären und Unternehmern unermüdlich an der Idee gearbeitet, unseren immer größer werdenden Energiebedarf mit dem allgegenwärtigen, lebensspendenden Sonnenlicht zu stillen.

Dieser erste Funke, der vor fast 200 Jahren gezündet wurde, hat sich heute zu einer der billigsten und nachhaltigsten Quellen für elektrische Energie entwickelt. Die weltweit installierte Kapazität von PV-Anlagen wird im Jahr 2025 etwa 2 TW (2000 GW) erreichen, was die wachsende Abhängigkeit von der Solarenergie als wichtige Stromquelle verdeutlicht. Allein auf Europa entfallen rund 260 GW dieser Kapazität, womit die Photovoltaik einen wichtigen Beitrag zum Energiemix der Region leistet.

Tatsächlich liefert die Solarenergie inzwischen fast 10 % der europäischen Nettostromerzeugung. Auf globaler Ebene haben die kombinierten Anstrengungen von Wind- und Solarenergie zunehmend an Bedeutung gewonnen und liefern zusammen etwa 14 % der gesamten Stromerzeugung der Welt.

Diese Verschiebung unterstreicht den sich beschleunigenden Übergang zu erneuerbaren Energien und die wachsende Bedeutung der Photovoltaik für die Deckung des weltweiten Energiebedarfs.

Um mit einer solchen PV-Anlage mehr als 20 Jahre lang zuverlässig sauberen und günstigen Strom erzeugen zu können, ist es äußerst wichtig, hochwertige Komponenten wie Module und Wechselrichter auszuwählen und die Anlage sorgfältig zu planen und zu installieren. Aber auch wenn dies alles beachtet wurde, gibt es beim Betrieb des Kraftwerks eine Reihe von Risiken, die die Energieproduktion stören, die Schlüsselkomponenten der Anlage beschädigen oder im schlimmsten Fall zerstören können. Nicht nur für die technische Ausrüstung, sondern auch für die finanzielle Investition des Betreibers kann eine solche Situation unerwünschte, negative Folgen haben. Deshalb ist es wichtig, diese Risiken direkt im Vorfeld zu kalkulieren und bereits in der Planungsphase des Projekts Maßnahmen zu ergreifen, um sie zu vermeiden oder die Anlage dagegen zu schützen.



Grundlegende Normen und Schutzkonzepte

Eine Art von Risiko sind die negativen Auswirkungen von Blitzeinschlägen und Überspannungen. Auch wenn die Wahrscheinlichkeit eines direkten Blitzeinschlags in die PV-Module oder die Struktur der PV-Anlage (Szenario S1 in Abbildung 1) je nach Standort und Exposition der Anlage recht gering ist, koppelt ein solches Ereignis Blitzteilströme von mehreren tausend Ampere in die Leitungen des Systems ein. Viel wahrscheinlicher ist ein Blitzeinschlag in die Umgebung der PV-Anlage (S2), in die Freileitungen (S4) oder in das vorgelagerte Spannungsverteilnetz (S3). In diesem Fall wird durch eine induktive Einkopplung oder durch eine Anhebung des Erdpotentials eine Überspannung in das System induziert. Die häufigsten Überspannungsarten sind jedoch solche, die durch das Schalten von größeren Lasten im Netz verursacht werden. Im Vergleich zu Blitzeinschlägen sind diese Überspannungen energiearm, treten aber um ein Vielfaches häufiger auf. Auch wenn diese Überspannungen nur selten zu direkt sichtbaren Schäden führen, ist die Belastung der Isolierung und damit die Lebensdauer der installierten Geräte deutlich geringer. Diese Arten von Risiken sind in Abbildung 1 dargestellt.

Um diese Risiken zu vermeiden oder zumindest das Risiko und den möglichen Einfluss dieser Überspannungen auf die PV-Anlage zu reduzieren, gibt es eine Vielzahl von möglichen Maßnahmen, die in zahlreichen Normen und Vorschriften beschrieben sind. Bei der Planung und Installation von Blitzschutzsystemen ist die Einhaltung etablierter Normen unerlässlich. Die grundlegende Richtlinie in diesem Bereich ist die Norm IEC 62305 „Schutz gegen Blitzschlag“ mit den entsprechenden nationalen Umsetzungen. Die IEC 62305 ist eine umfassende Norm, in der die wesentlichen Kriterien für die Entscheidung, ob ein Blitzschutzsystem erforderlich ist, sowie für die Planung und Ausführung eines solchen Systems festgelegt sind. Diese Norm ist unverzichtbar, um sicherzustellen, dass sowohl der Entwurfsprozess als auch die Installation von Blitzschutzsystemen die erforderlichen Sicherheits- und Leistungsanforderungen erfüllen.

Einer der wichtigsten Aspekte der IEC 62305 ist die Einbeziehung eines detaillierten Risikobewertungsverfahrens. Dieses Verfahren dient dazu, die spezifischen Bedürfnisse eines bestimmten Standorts oder einer Anlage zu bewerten, wobei Faktoren wie die Wahrscheinlichkeit von Blitzeinschlägen, die möglichen Folgen solcher Einschläge und die Wirksamkeit der vorgeschlagenen Schutzmaßnahmen berücksichtigt werden. Das Ergebnis dieser Risikobewertung ist von entscheidender Bedeutung, da es die Entscheidungsgrundlage für die Notwendigkeit und den Umfang von Blitzschutzmaßnahmen bildet. Nur durch ein gründliches Verständnis dieser Risiken kann ein effektives und effizientes Blitzschutzsystem entwickelt werden.

Während der Schwerpunkt häufig auf Maßnahmen des äußeren Blitzschutzes liegt, wie z. B. der Installation von Blitzableitern oder Fangeinrichtungen, ist es ebenso wichtig, den inneren Blitz- und Überspannungsschutz zu berücksichtigen. Der innere Schutz ist von entscheidender Bedeutung, um empfindliche elektrische und elektronische Geräte vor den schädlichen Auswirkungen von Überspannungen zu schützen, die sowohl durch direkte Blitzeinschläge als auch durch indirekte blitzbedingte Phänomene verursacht werden können. Dieser interne Schutz wird in erster Linie durch den Einsatz von Überspannungsschutzgeräten (Surge Protective Devices, SPDs) erreicht.

SPDs sind Geräte, die an Strom- und Datenleitungen angeschlossen werden, wo sie als erste Verteidigungslinie gegen Überspannungen fungieren. Indem sie übermäßige Spannungen von kritischen Geräten ableiten, tragen SPDs dazu bei, Schäden, Störungen und eine mögliche Zerstörung von elektronischen Geräten und Systemen zu verhindern. Der Schutz, den SPDs bieten, ist nicht nur für die Unversehrtheit einzelner Geräte entscheidend, sondern auch für den kontinuierlichen Betrieb einer Vielzahl kleinerer und größerer Systeme und Netzwerke.

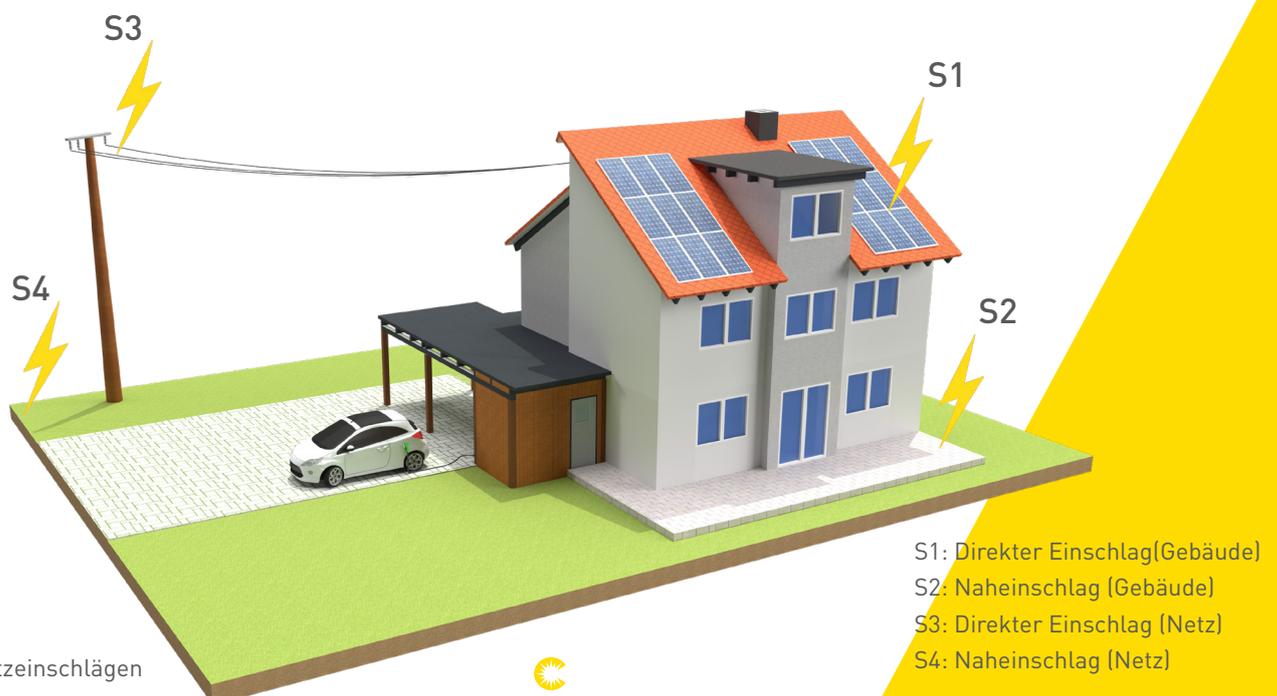


Abbildung 1:
Arten von Blitzeinschlägen

Wichtige Normen und Richtlinien

Die Normen, die den Entwurf, die Prüfung, die Auswahl und die Anwendung von SPDs regeln, sind in der Reihe IEC 61643 beschrieben. Diese Normenreihe ist umfassend und deckt eine Vielzahl von Aspekten im Zusammenhang mit dem Überspannungsschutz ab. Sie enthält Normen, die die Anforderungen und Prüfverfahren für die Entwicklung von SPDs festlegen, um sicherzustellen, dass diese Geräte in der Lage sind, unter einer Vielzahl von Bedingungen zuverlässigen Schutz zu bieten. Darüber hinaus bietet die IEC 61643-Reihe Anleitungen für die Auswahl und Anwendung von SPDs, die Fachleuten helfen, die am besten geeigneten Geräte für bestimmte Situationen auszuwählen. Innerhalb der IEC 61643-Reihe gibt es Normen, die auf verschiedene Anwendungen zugeschnitten sind und die die unterschiedlichen Umgebungen widerspiegeln, in denen SPDs eingesetzt werden. Dazu gehören Normen für Wechselstromsysteme, die häufig in Wohn-, Geschäfts- und Industriegebäuden zu finden sind, sowie Normen für Datenkommunikationssysteme, die in der heutigen vernetzten Welt immer wichtiger werden. Die Reihe deckt auch SPDs für PV-Anlagen ab, um der wachsenden Bedeutung erneuerbarer Energiequellen Rechnung zu tragen, und für Gleichstromanwendungen, die in verschiedenen technologischen und industriellen Kontexten weit verbreitet sind.

Für die Planung, den Bau und den Betrieb einer PV-Anlage sind die Anwendungsnormen für AC-Netze (Teil 12) und die Anwendungsnorm speziell für PV-Anlagen (Teil 32) innerhalb der Reihe IEC 61643 von besonderer Bedeutung. Diese Normen bieten detaillierte Anleitungen zur effektiven Umsetzung des Überspannungsschutzes sowohl in AC- als

auch in PV-Anlagen und stellen sicher, dass die gesamte PV-Anlage gegen mögliche Schäden durch Überspannungen geschützt ist.

Neben der IEC 61643-Reihe gibt es weitere einschlägige Normen, die den ordnungsgemäßen Einsatz von SPDs näher erläutern, z. B. IEC 60364-4-44 und IEC 60364-5-53 für Wechselstromnetze. Diese Normen spielen eine entscheidende Rolle im Gesamtrahmen für elektrische Anlagen und bieten zusätzliche Anweisungen und Anforderungen für die Integration von SPDs in verschiedene Arten von elektrischen Systemen. Die Norm IEC 60364-7-712 sollte hier auch erwähnt werden.

Ein grundlegendes Prinzip, das sich durch alle diese Normen zieht, ist die Vorschrift, dass SPDs installiert werden müssen, es sei denn, eine umfassende Risikoanalyse, die von einer qualifizierten Blitzschutzfachkraft durchgeführt wird, ergibt etwas anderes. Diese Risikoanalyse ist ein entscheidender Prozess, der die spezifischen Bedingungen eines Standorts bewertet, um festzustellen, ob SPDs notwendig sind. Die Durchführung einer solchen Risikoanalyse ist jedoch oft ein komplexes und kostspieliges Unterfangen, das in der Regel kritischen Infrastrukturen wie Schulen, Krankenhäusern oder anderen wichtigen Einrichtungen vorbehalten ist, bei denen die Folgen überspannungsbedingter Schäden besonders schwerwiegend sein könnten. Für die meisten PV-Anlagen wird nur selten eine detaillierte Risikoanalyse durchgeführt. Daher schreiben die Normen in Ermangelung einer solchen Analyse vor, dass SPDs sowohl auf der AC- als auch auf der PV-Seite des Systems installiert werden müssen.



Strategische Platzierung von SPDs für effektiven Überspannungsschutz

Die nächste kritische Überlegung ist die Bestimmung der genauen Standorte, an denen die SPDs innerhalb des Systems installiert werden müssen. Gemäß IEC 61643-12 sollte der primäre SPD so nah wie möglich an dem Punkt installiert werden, an dem das Wechselstromnetz in das Gebäude eintritt. Dieser Ort befindet sich in der Regel in der Niederspannungshauptverteilung. Wenn die Entfernung zwischen diesem primären SPD und dem Wechselrichter jedoch mehr als 10 Meter beträgt, muss ein sekundärer SPD so nah wie möglich am Wechselrichter installiert werden. Dies ist entscheidend für die Aufrechterhaltung der Wirksamkeit des Überspannungsschutzes bei größeren Kabellängen.

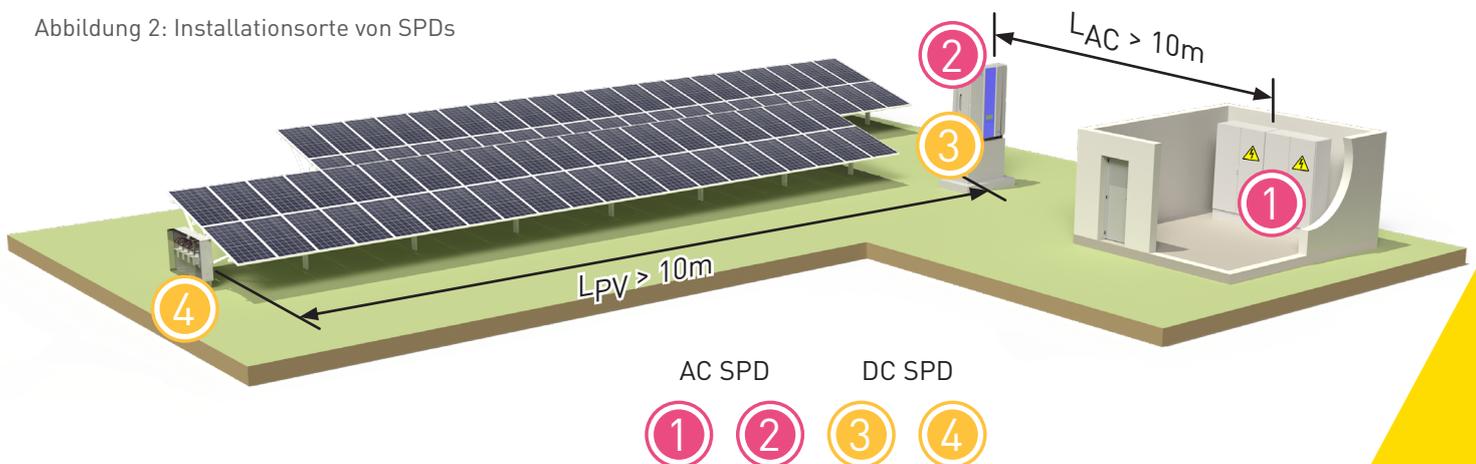
Im Zusammenhang mit PV-Anlagen identifiziert die Anwendungsnorm IEC 61643-32 den Wechselrichter als die kritischste Komponente der Anlage, die geschützt werden muss. Daher sollte der primäre PV-SPD so nahe wie möglich am Wechselrichter positioniert werden. Wenn die String-Leitungen, die den Wechselrichter mit den PV-Modulen verbinden, eine Länge von mehr als 10 Metern haben, sollte ein sekundärer SPD in der Nähe der PV-Module installiert werden, um zusätzlichen Schutz zu bieten. Abbildung 2 zeigt die erforderlichen Installationspositionen für die primären und sekundären SPDs auf der AC- und PV-Seite, basierend auf den IEC-Normen. Für einen umfassenden Schutz des Wechselrichters betont die IEC 61643-32 auch die Notwendigkeit,

Daten- und Kommunikationsleitungen zu schützen. Diese Leitungen sind für den Betrieb und die Überwachung der PV-Anlage unerlässlich und ebenso anfällig für Überspannungsschäden.

Um den Schutz auf der PV-Seite zu erleichtern, wird der Einsatz von Generatoranschlusskästen (GAK) empfohlen. Diese Boxen, die sich in der Nähe der Module befinden, fassen die einzelnen PV-Strings zusammen und bieten einen optimalen Ort für die Installation von SPDs, die das System vor Überspannungen schützen.

Aber warum ist ein sekundäres SPD notwendig, wenn die Kabellänge mehr als 10 Meter beträgt? Die Antwort liegt in den physikalischen Eigenschaften von Blitz- oder Schaltüberspannungen. SPDs eliminieren die Überspannung nicht vollständig, sondern reduzieren sie auf ein Niveau, das für die Anlage unschädlich ist. Aufgrund von Reflexionen und Brechungen entlang der Kabel kann der Reststoß jedoch potenziell auf einen doppelt so hohen Spitzenwert ansteigen. Dieser verstärkte Reststoß kann Werte erreichen, die für die Anlage nicht mehr sicher sind. Daher muss dieser verstärkte Reststoß abgeleitet werden, bevor er Schaden anrichten kann. Deshalb wird der sekundäre SPD in der Nähe des zu schützenden Geräts installiert.

Abbildung 2: Installationsorte von SPDs



Auswahl des richtigen SPD: Arten und Schutzniveaus

Die nächste wichtige Frage ist die nach der Auswahl des geeigneten SPD für die jeweilige Anwendung. Bei der Auswahl müssen die verschiedenen Parameter verstanden und die Einhaltung der einschlägigen Normen sichergestellt werden. Die IEC-Normen klassifizieren SPDs in drei verschiedene Typen, die jeweils für bestimmte Schutzniveaus ausgelegt sind: SPDs vom Typ 1 sind so konstruiert, dass sie direkte oder indirekte Blitzeinschläge sicher ableiten. Sie sind mit einem quadratischen Symbol mit der Aufschrift „T1“ gekennzeichnet-

net. Der genormte Prüfimpuls, der zur Annäherung an die Blitzströme für diese SPDs verwendet wird, ist durch eine „10/350µs“-Wellenform gekennzeichnet, d. h. eine Anstiegszeit des Impulses von 10 µs und ein Abklingen auf 50 % des Spitzenwertes innerhalb von 350 µs. Der wichtigste Parameter bei SPDs des Typs 1 ist die Blitzstoßstromtragfähigkeit, die als „Iimp“ bezeichnet wird. Die Norm schreibt einen Mindest-Impuls von 5 kA sowohl für AC- als auch für PV-Anwendungen vor.

SPDs vom Typ 2 sind für den Schutz vor Überspannungen ausgelegt, die galvanisch, induktiv oder kapazitiv in das System eingekoppelt werden. Diese SPDs sind mit einem „T2“-Symbol im Quadrat gekennzeichnet.

Der Prüfimpuls für Geräte vom Typ 2 ist durch eine „8/20µs“-Wellenform gekennzeichnet. Diese Wellenform mit ihrer viel kürzeren Abklingzeit zeigt an, dass der Prüfimpuls im Vergleich zum 10/350-µs-Impuls deutlich weniger energiereich ist. Der entscheidende Parameter für SPDs des Typs 2 ist der Nennableitstoßstrom, welcher mit „In“ gekennzeichnet wird. Die Norm schreibt einen Mindestwert von 5 kA sowohl für AC- als auch für PV-Anwendungen vor, wobei für besondere Bedingungen oder Installationen auch höhere Werte erforderlich sein können.

SPDs vom Typ 3 bieten einen guten Schutz für empfindliche Geräte. Diese Geräte sind mit einem Quadrat gekennzeichnet, das ein „T3“-Symbol enthält. Der Prüfimpuls für SPDs vom Typ 3 ist eine kombinierte Welle, die aus einem Spannungsimpuls mit einer „1,2/50µs“ und einem Stromimpuls mit einer „8/20µs“ Wellenform besteht. Der Schlüsselparameter für diese SPDs ist „Uoc“ mit typischen Werten wie $U_{oc} = 6 \text{ kV}$. SPDs des Typs 3 sind entscheidend für den Schutz hochempfindlicher Geräte wie Computer oder speicherpro-

grammierbare Steuerungen (SPS). Im Zusammenhang mit PV-Anlagen könnten diese empfindlichen Komponenten in Form von Strangstrommessung auch in Generatoranschlusskästen zu finden sein, die direkt von der PV-Spannung gespeist werden. Andere empfindliche Anwendungen können Sensoren, Überwachungssysteme oder Kommunikationsgeräte umfassen, die dezentral in der PV-Anlage installiert sind und direkt von der von den Modulen erzeugten Energie gespeist werden. Es wird daher dringend empfohlen, SPDs einzusetzen, die in diesen Szenarien einen Feinschutz bieten. In Tabelle 1 sind die wichtigsten Merkmale und Anwendungen jedes SPD-Typs in Übereinstimmung mit den obigen detaillierten Beschreibungen klar unterschieden.

Die heutigen SPDs kombinieren oft verschiedene Schutzniveaus in einem Gerät. Viele handelsübliche SPDs sind Hybride aus den Schutzstufen Typ 1 und Typ 2 (T1+2). CITEL ist mit seiner DPVN-Serie noch einen Schritt weiter gegangen und bietet als erster Hersteller SPDs an, die alle drei Schutzstufen (T1+2+3) in einem einzigen Gerät vereinen. Diese Erfindung wurde von einem renommierten Prüfinstitut unabhängig verifiziert, wodurch die Serie das Recht erhielt, das KEMA-Zeichen zu tragen.

Tabelle 1: Übersicht über die SPD-Typen, Symbole und Schlüssel-Parameter

SPD Typ	Verwendung	Symbol	Test (Prüfwelle)	Haupteigenschaften	Mindestanforderung
Typ 1	Leitet direkte oder indirekte Blitzeinschläge sicher ab		10/350 µs	Blitzstoßstromtragfähigkeit (Iimp)	Mindest-Imp = 5 kA (sowohl für AC- als auch für PV-Anwendungen)
Typ 2	Schützt vor galvanisch, induktiv oder kapazitiv gekoppelten Überspannungen		8/20 µs	Nennableitstoßstrom (In)	Minimum In = 5 kA (sowohl für AC- als auch für PV-Anwendungen; höhere Werte für Sonderfälle)
Typ 3	Bietet einen guten Schutz für empfindliche Geräte		1,2/50 µs (Spannung) und 8/20 µs (Strom)	Leerlaufspannung (Uoc)	Typischer Uoc = 6 kV (empfohlen für empfindliche Geräte in PV-Anlagen)

Auswahl des richtigen SPD

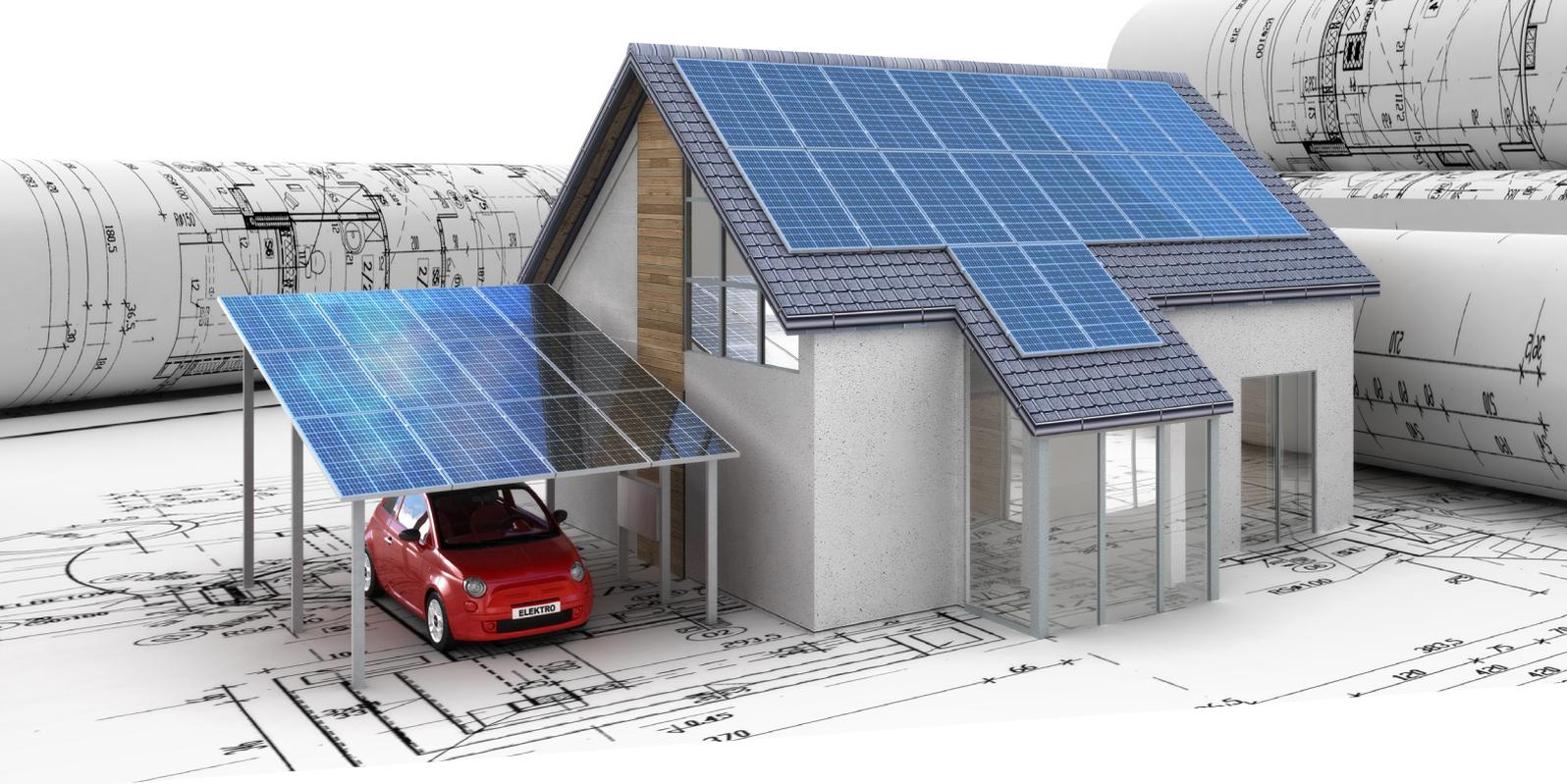
Welcher SPD-Typ sollte nun für eine PV-Anlage gewählt werden? Bei der Auswahl des geeigneten SPD für eine PV-Anlage muss zwischen Aufdachanlagen und Freiflächenanlagen (PV-Kraftwerke) unterschieden werden.

Bei Aufdachanlagen ist weiter zu prüfen, ob ein äußeres Blitzschutzsystem (LPS) vorhanden oder notwendig ist.

Wenn kein externes LPS vorhanden oder erforderlich ist, ist nach den geltenden Normen ein SPD des Typs 2 (vorzugsweise ein Kombi-Ableiter Typ 2+3) sowohl als primäres als auch, falls

erforderlich, sekundäres SPD sowohl auf der AC- als auch auf der PV-Seite ausreichend. Um jedoch einen optimalen Schutz über die Mindestanforderungen hinaus zu erreichen, wird ein Kombi-Ableiter vom Typ 1+2+3 empfohlen.

Wenn ein externes LPS vorhanden ist, muss der primäre AC-Schutz am Eintrittspunkt des Gebäudes ein SPD vom Typ 1 sein (vorzugsweise ein Kombi-Ableiter Typ 1+2+3). Wenn sich die PV-Anlage vollständig im Schutzbereich des LPS befindet und der Trennungsabstand „s“ zwischen der PV-Anlage und dem LPS



strikt eingehalten wird, sind Geräte vom Typ 2 für die PV-Seite und einen eventuell erforderlichen sekundären AC-Schutz ausreichend. Dennoch ist die Verwendung von Geräten des Typs 1 ratsam, um einen umfassenden Schutz zu gewährleisten.

Wenn der Trennungsabstand zwischen der PV-Anlage und dem externen LPS nicht eingehalten wird, müssen alle SPDs vom Typ 1 sein (besser T1+2+3).

Bei Freiflächen-PV-Anlagen stellt sich die Situation etwas anders dar. Aufgrund ihrer großen Fläche und der Tatsache, dass die Montagestruktur der PV-Module wie eine gut vermaschte externe LPS wirkt, wird bei diesen Anlagen immer von einer ex-

ternen LPS ausgegangen. Folglich müssen SPDs des Typs 1 mit einem Mindestableitvermögen von $I_{imp} = 5 \text{ kA}$ an allen Positionen verwendet werden.

Die Verwendung von SPDs, die nicht nur die Mindestanforderungen an die Entladefähigkeit erfüllen, sondern auch höhere Entladewerte bieten, kann die Lebensdauer dieser Geräte erheblich verlängern. Diese verbesserte Haltbarkeit trägt zur langfristigen Zuverlässigkeit und Sicherheit der gesamten PV-Anlage bei.

Leckstromfreie SPD-Technologie für erhöhte Systemzuverlässigkeit

Ein weiterer kritischer Faktor ist die in den SPDs verwendete Technologie. Die am weitesten verbreiteten SPDs basieren auf Metall-Oxid-Varistoren (MOVs). Diese Bauteile sind zwar wirksam bei der Bewältigung von Überspannungen, haben aber auch einige Nachteile. Einer der Hauptnachteile von MOVs ist, dass sie von Natur aus Leckstrom behaftet sind, auch wenn dieser noch so gering ist. Dieser Leckstrom führt dazu, dass MOVs mit der Zeit altern, was zu einem Anstieg des Leckstroms führt, was wiederum den Alterungsprozess noch weiter beschleunigt. Außerdem kann dieser Leckstrom den Isolationswiderstand der Anlage durch parasitäre kapazitive Effekte verringern. Während sich diese Effekte bei kleinen PV-Anlagen nicht signifikant auswirken, werden sie bei mittleren und großen Anlagen immer gravierender.

In ausgedehnten PV-Anlagen, in denen mehrere SPDs eingesetzt werden, können sich die durch diese Ableitströme verursachten parasitären Leckkapazitäten so weit ansammeln, dass der Gesamtisolationswiderstand des Systems erheblich sinkt. In

Verbindung mit Umweltfaktoren, wie z. B. Feuchtigkeitsschwankungen durch Morgentau oder Regen, kann der Isolationswiderstand sogar noch weiter sinken. Diese Verringerung kann dazu führen, dass das vorgeschriebene Isolationsüberwachungssystem der Anlage eine Abschaltung auslöst oder dass die Anlage am Morgen nicht mehr anlaufen kann. Die Folge sind unnötige Produktionsausfälle, obwohl die Anlage technisch einwandfrei ist, keine Fehler aufweist und unter Einhaltung aller geltenden Normen installiert wurde. Um diese Probleme zu entschärfen, ist es ratsam, leckstromfreie SPDs anstelle von solchen zu verwenden, die ausschließlich auf MOVs basieren.

Eine hervorragende Lösung sind SPDs auf Basis der patentierten VG-Technologie von CITEL, bei der gasgefüllte Funkenstrecken (GSGs) eingesetzt werden, die für eine galvanische Isolierung sorgen. Diese Technologie verhindert nicht nur effektiv Kriech- und Leckströme zur Erde und eliminiert damit die parasitären Kapazitäten, die den Isolationswiderstand verringern, sondern verhindert auch unerwünschte Kriechströme

zwischen den Phasen. Dadurch wird die Isolationsüberwachung von Wechselrichtern nicht negativ beeinflusst, unabhängig von der Anzahl der im System installierten SPDs. Da die VG-Technologie keine Leckströme zulässt, findet außerdem keine passive Alterung der MOVs statt, was die Lebensdauer von SPDs, die auf dieser Technologie basieren, im Vergleich zu konventionellen

Designs deutlich verlängert. Der Einsatz der VG-Technologie gewährleistet, dass die PV-Anlage einen stabilen Isolationswiderstand beibehält, reduziert unnötige Abschaltungen und verlängert die Lebensdauer der Schutzvorrichtungen, was letztlich zu einem zuverlässigeren und effizienteren Solarstromerzeugungssystem führt.

Einschränkungen von in Wechselrichtern integrierten SPDs

In den letzten Jahren ist es zunehmend üblich geworden, dass die Hersteller von PV-Wechselrichtern in ihre Geräte integrierte Überspannungsschutzgeräte einbauen. Diese integrierten SPDs sind in der Regel nur als Typ 2 klassifiziert.

Dieser integrierte Schutz ist jedoch oft eher ein Marketingmerkmal als eine zuverlässige Überspannungsschutzlösung. Eines der Hauptprobleme bei diesen integrierten SPDs ist das Fehlen detaillierter technischer Spezifikationen. Kritische Informationen, wie z. B. der Nennableitstoßstrom (I_n) und der maximale Ableitstoßstrom (I_{max}), werden häufig weggelassen oder unzureichend angegeben.

Ohne diese Daten können Installateure, Anlagenbetreiber und Anlageneigentümer nicht feststellen, ob die SPDs die einschlägigen Normen, wie z. B. die der IEC 61643, erfüllen oder ob sie den spezifischen Umwelt- und Betriebsbedingungen am Installationsort standhalten. Selbst wenn die integrierten SPDs alle erforderlichen Normen erfüllen, genügen sie in der Regel nur den Mindestanforderungen. Diese Mindestanforderungen können in Szenarien, in denen die örtlichen Bedingungen höhere

Ableitungskapazitäten erfordern, unzureichend sein. Wenn beispielsweise die örtliche Umgebung durch häufige Blitzeinschläge für stärkere Überspannungen anfällig ist oder wenn die Installation ein externes LPS umfasst, kann ein SPD des Typs 1 erforderlich sein. In solchen Fällen würde das integrierte SPD des Typs 2 allein keinen ausreichenden Schutz bieten, so dass die Installation eines zusätzlichen externen SPD vor dem Wechselrichter erforderlich ist.

Nur wenige Wechselrichterhersteller arbeiten mit bekannten SPD-Herstellern zusammen, die sicherstellen, dass ihre Produkte die normativen Anforderungen nicht nur erfüllen, sondern übertreffen. Das Ergebnis dieser Zusammenarbeit sind häufig SPDs mit höheren Ableitwerten, die einen robusteren Schutz und eine längere Lebensdauer der Geräte gewährleisten.

Darüber hinaus können diese Hersteller externe Zertifizierungen erhalten, die die Qualität und Konformität ihrer SPDs mit den Normen bestätigen und dem Endkunden eine zusätzliche Sicherheit bieten.





Es ist selten, dass ein Wechselrichter über ein integriertes SPD des Typs 1 verfügt, selbst wenn es sich um ein optionales Merkmal handelt. Wenn jedoch ein SPD des Typs 2 für die Anwendung ausreichend ist, bietet die Entscheidung für eine solche Lösung im Wechselrichter mehrere Vorteile. Insbesondere kann diese Konfiguration einen deutlich höheren Schutz gegen Überspannungen bieten, so dass die empfindlichen Komponenten im Wechselrichter besser vor möglichen Schäden geschützt sind. Außerdem ist die Lebensdauer von integrierten SPDs des Typs 1 wesentlich länger, wenn die Umgebungsbedingungen darauf hindeuten, dass nur Schaltüberspannungen zu erwarten sind. Diese längere Lebensdauer verringert die Notwendigkeit einer häufigen Wartung oder eines Austauschs und trägt damit zur allgemeinen Zuverlässigkeit und Effizienz der PV-Anlage bei.

Selbst wenn integrierte SPDs vom Hersteller sorgfältig konzipiert und korrekt implementiert wurden, weisen sie eine erhebliche inhärente Einschränkung auf. Bei der Bewältigung von Überspannungen und Blitzteilströme treten diese energiereichen Ereignisse zunächst in den Wechselrichter ein. Erst nach diesem ersten Eindringen wird das Überspannungsschutzgerät tätig, um diese potenziell schädlichen Ströme abzuleiten und zu erden. Diese Abfolge stellt eine erhebliche Schwachstelle dar.

Überspannungen zeichnen sich durch ihre Hochfrequenznatur aus, was bedeutet, dass sie sich auf komplexe und unvorhersehbare Weise in einem Wechselrichter ausbreiten können. Wenn diese Überspannungen den Wechselrichter durchlaufen, können sie in nahe gelegenen empfindlichen Komponenten Spannungen induzieren, und zwar nicht unbedingt durch direkte elektrische Verbindungen, sondern durch induktive oder kapazitive Kopplung. Dies bedeutet, dass die Überspannungsenergie ohne direkten Kontakt in kritische Teile des Wechsel-

richterschaltkreises übertragen werden kann, einfach durch die elektromagnetischen Felder, die durch die Hochfrequenzüberspannung erzeugt werden.

Die Unvorhersehbarkeit dieser Auswirkungen macht es schwierig, die Risiken vollständig zu minimieren, selbst mit einem gut konzipierten integrierten SPD. Die empfindliche Natur der modernen Wechselrichterelektronik verschärft dieses Problem noch, da selbst kleine Störungen die Leistung beeinträchtigen oder zu Ausfällen führen können.

Um diese Risiken zu vermindern, ist es immer ratsam, Überspannungen und Blitzteilströme gar nicht erst in den Wechselrichter einfließen zu lassen. Dies kann durch die Installation eines externen SPD vor dem Wechselrichter, außerhalb des Geräts, erreicht werden. Auf diese Weise wird jede Überspannungsenergie direkt in den Boden abgeleitet, bevor sie in den Wechselrichter eindringen kann. Die Verwendung eines externen SPD bietet auch den Vorteil einer einfacheren Wartung, da sie in der Regel einfacher zu inspizieren und auszutauschen sind als integrierte SPDs.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die in PV-Wechselrichtern integrierten SPDs zwar einen grundlegenden Schutz bieten, aber oft nicht ausreichen, um die langfristige Zuverlässigkeit und Sicherheit des Systems zu gewährleisten, insbesondere in Umgebungen mit einem höheren Überspannungsrisiko. Um einen optimalen Schutz zu erreichen, ist es immer sehr empfehlenswert, zusätzliche externe SPDs zu installieren, die für die spezifischen Installationsbedingungen geeignet sind und so die gesamte Photovoltaikanlage vor möglichen Schäden schützen.

Sicherstellung einer wirksamen Koordination mit anderen SPDs

Der wichtigste Punkt, der bei der Installation eines zusätzlichen Schutzgeräts vor dem Wechselrichter neben den integrierten SPDs zu beachten ist, ist die richtige Koordination zwischen den Geräten. Wenn der Schutz eines elektrischen Geräts, wie z. B. eines Wechselrichters, von mehreren kaskadierten SPDs abhängt, muss unbedingt sichergestellt werden, dass das erste und damit stärkste Schutzelement beim Auftreten einer Überspannung zuerst aktiviert wird. Dadurch wird sichergestellt, dass der energiereichste Stromstoß vom ersten SPD absorbiert oder umgeleitet wird und nicht auf nachgeschaltete Geräte gelangt, die in der Regel empfindlicher sind und weniger gut mit großen Stromstößen umgehen können. Eine ordnungsgemäße Koordination trägt dazu bei, die Wirksamkeit des gesamten Überspannungsschutzsystems zu erhalten und die gesamte Photovoltaikanlage zu schützen.

Um eine wirksame Koordination zwischen kaskadierten SPDs zu gewährleisten, benötigen Installateure und Endnutzer in der Regel Zugang zu detaillierten technischen Spezifikationen für jedes Gerät. Diese Informationen sind entscheidend für die Bestimmung der geeigneten Konfiguration zum Schutz der elektrischen Anlagen. Wie bereits erwähnt, sind jedoch solche detaillierten Daten für SPDs, die in Wechselrichter integriert sind, oft nicht verfügbar. Dieser Mangel an Informationen kann es erschweren, eine ordnungsgemäße Koordination zwischen verschiedenen Schutzgeräten zu gewährleisten, was die Komplexität des Installationsprozesses und das Risiko eines unzureichenden Schutzes erhöht. CITELE begegnet dieser Herausforderung mit seiner patentierten VG-Technologie, die eine

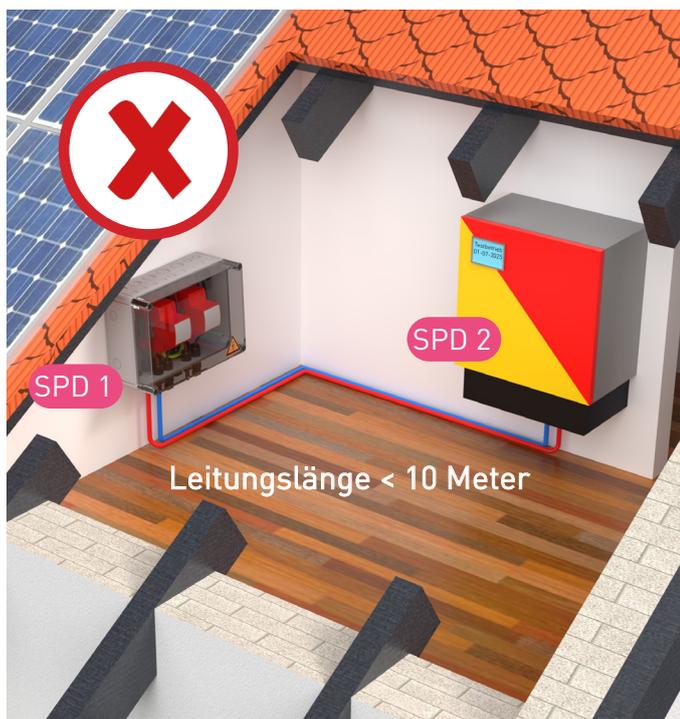
unkomplizierte und zuverlässige Lösung bietet.

Im Gegensatz zu herkömmlichen SPDs, die zusätzliche Maßnahmen oder komplexe Konfigurationen erfordern, um eine ordnungsgemäße Koordination zwischen den SPDs zu erreichen, gewährleistet die VG-Technologie einen nahtlosen Schutz, ohne dass zusätzliche Anpassungen erforderlich sind (diese Tatsache ist in Abbildung 3 beispielhaft dargestellt). Die Technologie ermöglicht es dem Überspannungsschutz, schneller zu reagieren als alle nachgeschalteten SPDs, d. h. er kann schädliche, energiereiche Überspannungen zur Erde ableiten, bevor sie die nachfolgenden SPDs erreichen können. Dadurch wird sichergestellt, dass die nachgeschalteten SPDs nicht überlastet werden, was ansonsten das gesamte Schutzsystem gefährden könnte. Die Fähigkeit, Energie effektiv zu verwalten und zu verteilen, garantiert ein optimales Schutzniveau für alle Komponenten, verhindert Überlastungen und erhält die Integrität des gesamten Systems. Neben dem Schutz der Geräte verbessert die VG-Technologie auch die langfristige Zuverlässigkeit und Leistung der Anlage. Indem sie dafür sorgt, dass die Energie angemessen aufgeteilt und verwaltet wird, verringert sie den Verschleiß der nachgeschalteten Schutzgeräte, wodurch deren Lebensdauer verlängert und der Wartungsbedarf minimiert wird.

Im Wesentlichen bietet die VG-Technologie von CITELE eine umfassende, leistungsstarke Lösung für den Überspannungsschutz, die den Installationsprozess vereinfacht und gleichzeitig einen robusten, koordinierten Schutz für das gesamte System gewährleistet.

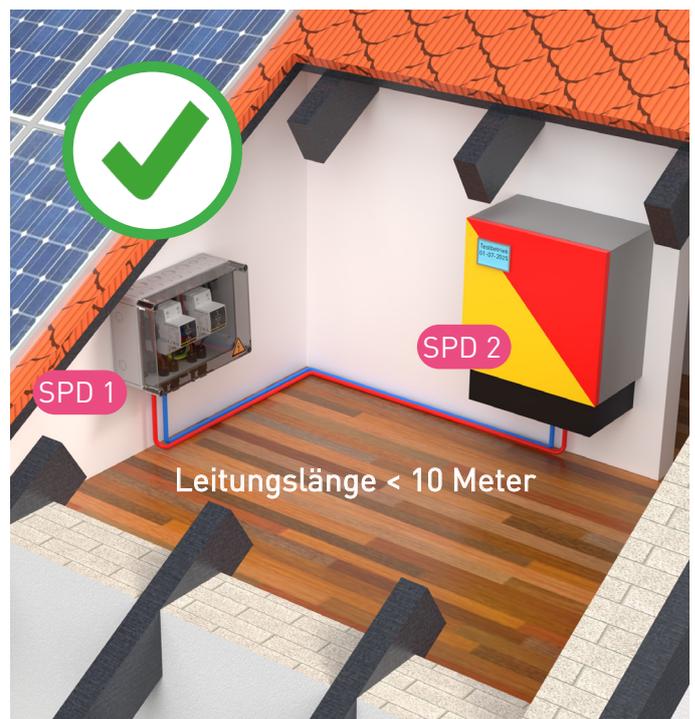
Abbildung 3

Konventionelle SPDs



Koordination zwischen zwei herkömmlichen SPDs nicht gewährleistet

CITELE VG-Technologie



Die Koordination gewährleistet durch VG-Technologie von CITELE.

Fazit

Seit den Tagen von Becquerel hat sich das Bestreben, das Sonnenlicht als zuverlässige Energiequelle nutzbar zu machen, zu einer entscheidenden Säule der weltweiten Stromerzeugung entwickelt. Heute sind die Auswahl hochwertiger Komponenten und die Durchführung strenger Schutzmaßnahmen für die Aufrechterhaltung der langfristigen Leistung von PV-Anlagen von entscheidender Bedeutung.

Trotz sorgfältiger Planung und hochwertiger Ausrüstung können Risiken wie Blitzschläge und Überspannungen den Betrieb von PV-Anlagen beeinträchtigen, was zu erheblichen finanziellen und betrieblichen Konsequenzen führen kann. Diese Überspannungen, insbesondere durch indirekte Blitzschläge oder Schaltvorgänge, können die Isolierung belasten und die Lebensdauer der Anlagen verkürzen, so dass ein Überspannungsschutz unerlässlich ist.

Die Normen IEC 62305 und IEC 61643 bieten umfassende Richtlinien für die Entwicklung effektiver Blitz- und Überspannungsschutzsysteme. Diese Normen betonen die Bedeutung von externen und internen Schutzmaßnahmen, einschließlich Überspannungsschutzgeräten (Surge Protective Devices, SPDs), um

empfindliche Komponenten vor Schäden zu schützen.

Obwohl integrierte SPDs in Wechselrichtern immer häufiger eingesetzt werden, bieten sie oft nur einen Basisschutz und erfüllen nicht immer die höheren, standortspezifischen Anforderungen. Diese integrierten Geräte können auch unbeabsichtigt dazu führen, dass Wechselrichter durch Überspannungen beschädigt werden, bevor sie reagieren können, da sie sich im Wechselrichter selbst befinden. Daher ist es ratsam, ein externes SPD zu verwenden, um einen optimalen Schutz zu gewährleisten, da es die Überspannungsenergie vom Wechselrichter ableitet, bevor sie Schaden anrichten kann.

Für einen optimalen Schutz und eine lange Lebensdauer von PV-Anlagen ist es entscheidend, nicht nur die Industriestandards einzuhalten, sondern auch externe SPDs mit geeigneten Nennwerten sorgfältig zu bewerten und einzusetzen. Dieser Ansatz erhöht nicht nur die Systemzuverlässigkeit, sondern minimiert auch potenzielle Ausfallzeiten und Wartungskosten und gewährleistet letztlich die langfristige Effizienz und Sicherheit von Photovoltaikanlagen.

			
DACN1-25CVG Serie I _{imp} =12,5 kA /Pol U _c bis zu 385 Vac	DAC50VG Serie I _n =20 kA /Pol U _c bis zu 320 Vac	DPVN1-6CVG Serie I _{imp} =6,25 kA /Pol U _{cpv} bis zu 1500 Vdc	DPVN40CVG Serie I _n =20 kA /Pol U _{cpv} bis zu 1500 Vdc
AC-Anwendungen		DC-Anwendungen	
Kombi-Ableiter			
Typ 1+2+3	Typ 2+3	Typ 1+2+3	Typ 2+3
Keine (Netz)Folgeströme (Kurzschlussströme)			
VG-Technology			
CTC-Technology			
Betriebs- und leckstromfrei			
Keine passive Alterung			





CITEL

France

Head Office

Sales departement

Paris

Tel. : +33 1 41 23 50 23

e-mail : export@citel.fr

Web : citel.fr

Factory

Reims

Tel. : +33 3 26 85 74 00

Germany

Bochum

Tel. : +49 2327 6057 0

e-mail : info@citel.de

Web : citel.de

USA

Miramar

Tel : +1 (954) 430 6310

e-mail : info@citel.us

Web : citel.us

China

Office

Shanghai

Tel. : +86 21 58 12 25 25

e-mail : info@citel.cn

Web : citel.cn

India

New Delhi

Tel. : +91 11 400 18131

e-mail : indiacitel@gmail.com

Web : citel.in

Thailand

Bangkok

Tel. : +66 (0) 2 104 9214

Web : citel.fr

UAE

Dubai

Tel : +971 501 271 737

e-mail : julien.pariat@citel.ae

Web : citel.fr

Colombia

Bogota

e-mail : export@citel.fr

Web : citel.fr