1910 2010 100

DEHN

Überspannungsschutz für PV-Anlagen

Sonderdruck Nr. 71
aus de 13/14_2009

AUF EINEN BLICK

Nach einigen Jahren Photovoltaikboom ist der Anteil dieser jungen Technologie an der Gesamtenergieerzeugung zwar noch relativ gering, doch stehen die Zeichen deutlich auf Expansion. Der Beitrag beschreibt die Entwicklung von Schutzkonzepten für PV-Anlagen und die dabei zu überwindenden Hürden. Weiterhin befasst sich der Autor mit einem zukunftsfähigen Produkt für den Überspannungsschutz.

Überspannungsschutz für PV-Anlagen

Investition nachhaltig vor Schaden bewahren

Der Betreiber einer PV-Anlage rechnet langfristig mit einer Rendite der mit der Errichtung und dem Betrieb der PV-Anlage verbundenen finanziellen Aufwendungen. Zur Erreichung dieses Ziels ist neben der Auswahl effizienter Solarmodule und Wechselrichter auch dem Überspannungsschutz besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

Mit ihrer exponierten Lage sind PV-Anlagen über Jahrzehnte allen Witterungseinflüssen ausgesetzt. Gerade darauf sollte der Betreiber seine Aufmerksamkeit richten. Denn was nützt der hohe Wirkungsgrad eines Wechselrichters, wenn ein einzelnes Gewitter innerhalb der geplanten Betriebszeit der PV-Anlage alle Träume über eine Kapitalrendite sozusagen blitzschnell zunichte macht?

Wetter und Blitzen standhalten

Um solch einem technischen und auch finanziellen Totalschaden zuvorzukommen, planen verantwortungsvolle Errichter von PV-Anlagen von Beginn an Aufwendungen für Blitz- und Überspannungsschutzmaßnahmen in das Anlagenkonzept ein. Eine Übersicht über die Blitz- und Überspannungsschutzmaßnahmen am Beispiel einer PV-Kleinanlage gibt **Bild 1**.

Dass die PV-Anlagentechnologie den Kinderschuhen entwachsen ist, zeigt auch die Tatsache, dass die internationale Normung von Betriebsmittelstandards und Installationsrichtlinien derzeit auf Hochtouren läuft. Am wichtigsten sind dabei die Sicherheitsanforderungen für den Personen- und Sachschutz.

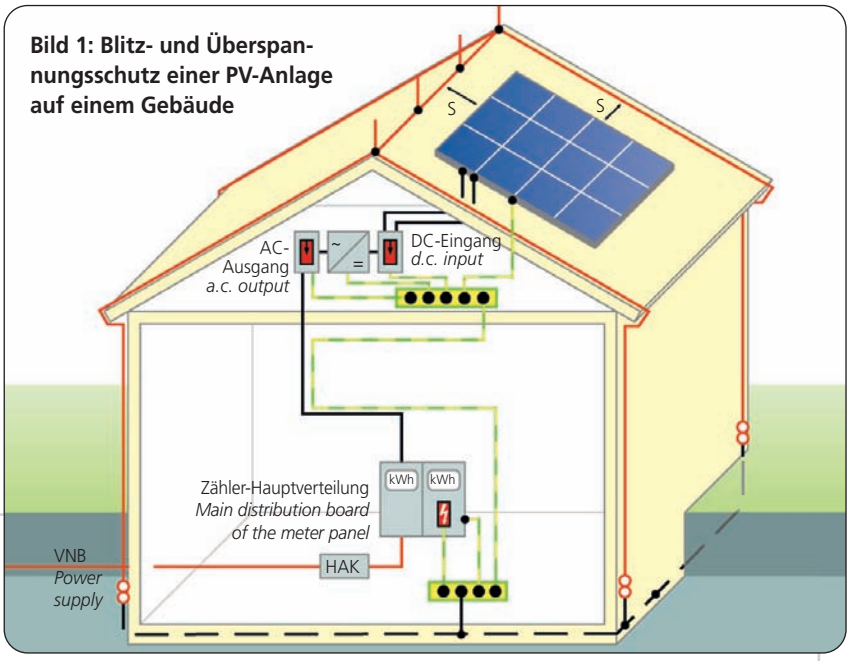
Geeignete Schutzmaßnahmen

Wegen ihrer Besonderheit als eine von der Beleuchtungsstärke abhängigen Gleichstromquelle nimmt die PV-Anlage eine Sonderstellung ein. Sehr hohe Gleichspannungen bis zu 1000 V und Gleichströme im Bereich von einigen 10 A kennzeichnen schon Anlagen kleinerer und mittlerer Leistung. In größeren PV-Anlagen können je nach Topologie höhere Spannungen und Ströme vorkommen. Besonders für die Auslegung der Schutzmaßnahmen für den Personen- und Sachschutz stellt es sich sehr nachteilig dar, dass im Generatorstromkreis kaum signifikante Kurzschlussströme zur Verfügung stehen, die das sonst in der Niederspannung übliche Abschalten der Versorgung im Falle eines Fehlers im Stromkreis sicherstellen.

Es galt also bisher, alternative Schutzmaßnahmen auf die Besonderheiten der PV-Anlage anzupassen und anzuwenden. Derzeit scheint nur die Schutzmaßnahme der doppelten und verstärkten Isolierung für die Anwendung im Generatorstromkreis praktikabel zu sein. Doch auch hier müssen die besonderen Bedingungen einer nahezu komplett im Freien angeordneten elektrischen Anlage berücksichtigt werden. Nicht nur Regen, Frost, UV-Strahlung, Hitze, Sturm, Hagel und Gewitter stellen ständige Bedrohungen der Anlage dar, sondern auch Beschädigungen durch Nagetiere, Vögel und nicht zuletzt sogar Vandalismus.

Bei PV-Anlagen kommt noch erschwerend hinzu, dass von einigen der verwendeten Technologien kaum Langzeiterfahrungen vorliegen. Nur der frühen Förderung der PV-Technik in Deutschland ist es zu verdanken, dass nach und nach erste Langzeitergebnisse über das Betriebsverhalten von PV-Anlagen und der verwendeten Betriebsmittel bekannt werden. In allen Unternehmen der PV-Branche sind erfahrene Ingenieure damit beschäftigt, die aus der Praxis gewonnenen Ergebnisse in die zukünftige Geräteentwicklung einzubringen. Dies begründet u. a. die für die Elektrotechnik relativ kurzen Produktlebenszyklen von PV-spezifischen Betriebsmitteln.

Bild 1: Blitz- und Überspannungsschutz einer PV-Anlage auf einem Gebäude



Quelle: DS109/09.09, DEHN + SÖHNE

Was für die PV-Technik gilt, trifft natürlich auch für die in diesem Umfeld eingesetzten Sicherheitstechniken zu. Am Beispiel des Überspannungsschutzes lässt sich diese Entwicklung sehr gut nachvollziehen: Mit Beginn der ersten gewerblich genutzten PV-Anlagen Mitte der 1980er-Jahre wurden zum Schutz der Betriebsmittel des Generatorstromkreises Überspannungsschutzgeräte in Varistortechnologie eingesetzt, die sowohl in ihrem Aufbau als auch in ihrer Verschaltung untereinander nach den Regeln der Niederspannungstechnik auf der Wechselspannungsseite ausgelegt waren.

Überspannungsschutz mit Y-Schaltung

Erst mit der ersten großen Boomwelle im PV-Bereich in den 1990er-Jahren wurde deutlich, dass bei der Auslegung von Überspannungsschutzgeräten nicht allein davon ausgegangen werden kann, dass sich die Anlage über die gesamte Betriebsdauer im fehlerfreien Zustand befindet. Auch wenn der Isolationsfehler bei Anwendung der Schutzmaßnahme doppelte und verstärkte Isolierung nicht betrachtet wird, so tritt dieser Fehler aufgrund der besonderen Installationsumgebung nicht gerade selten auf und kann schwere Schäden an den Betriebsmitteln herbeiführen. Im Fehlerfall an einer PV-Anlage liegen Gleichspannungen an und es können Gleichströme zu benachbarten, geerdeten Anlagenteilen fließen. Hier drängt sich dem Techniker der Vergleich mit der Lichtbogenentwicklung beim Elektroschweißen auf. Und tatsächlich, ausgefallene Betriebsmittel sind nicht selten teilweise oder sogar restlos abgebrannt.

Als erste Reaktion auf diese Ergebnisse legte man den Überspannungsschutz nach der sogenannten Y-Verschaltung aus. Eine zusätzlich zu den bestehenden Geräten in Reihe geschaltete Funkenstrecke in Varistortechnologie dient hier der galvanischen Isolation der Überspannungsschutzgeräte. Diese Art der Schutzbeschaltung reduzierte die Wahrscheinlichkeit einer eintretenden Überlastung der Schutzgeräte im Falle eines Isolationsfehlers deutlich. Mit der weiteren Zunahme üblicher PV-Spannungen in Bereiche zwischen 600 und 1000 V wurde es notwendig, die Schutzbeschaltung im Jahre 2002 erneut anzupassen. Die fehlerresistente Y-Schutzbeschaltung, bestehend aus drei Varistorschutzpfaden, ermöglichte es nun, auch bei PV-Anlagen mit höheren Spannungen ein Optimum zwischen erforderlichem Überspannungsschutz und der notwendigen Fehlertoleranz zu erreichen (**Bild 2**).

Bei allem Erfolg konnte diese Lösung über einen Mangel dennoch nicht hinwegtäuschen: Das Innenleben der eingesetzten Überspannungsschutzgeräte wurde ursprünglich für Wechselspannungsanwendungen ausgelegt. Bis dato gab es nämlich weder eine Produktnorm für Überspannungsschutzgeräte zur Anwendung in Gleichstromkreisen noch für PV-Anlagen.

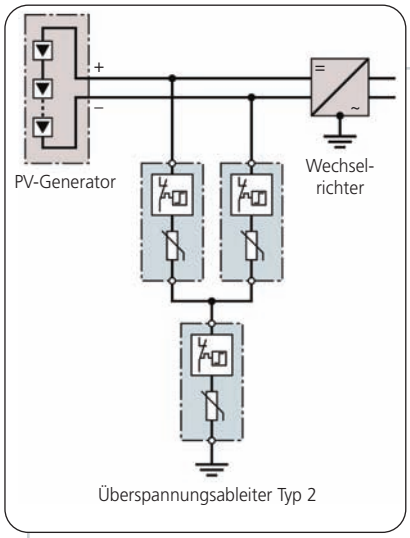


Bild 2: Einsatz von Überspannungsschutzgeräten in der fehlerresistenten Y-Beschaltung verringert die Ausfallwahrscheinlichkeit bei einem Fehler im Generatorstromkreis

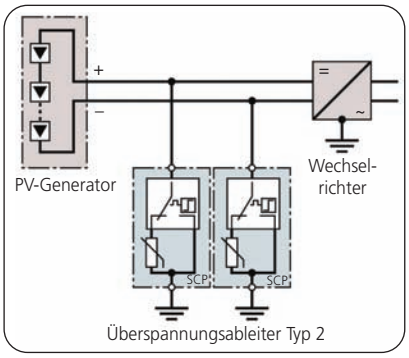


Bild 3: Erster Überspannungsableiter für PV-Anlagen mit kombinierter Abtrenn- und Kurzschließvorrichtung

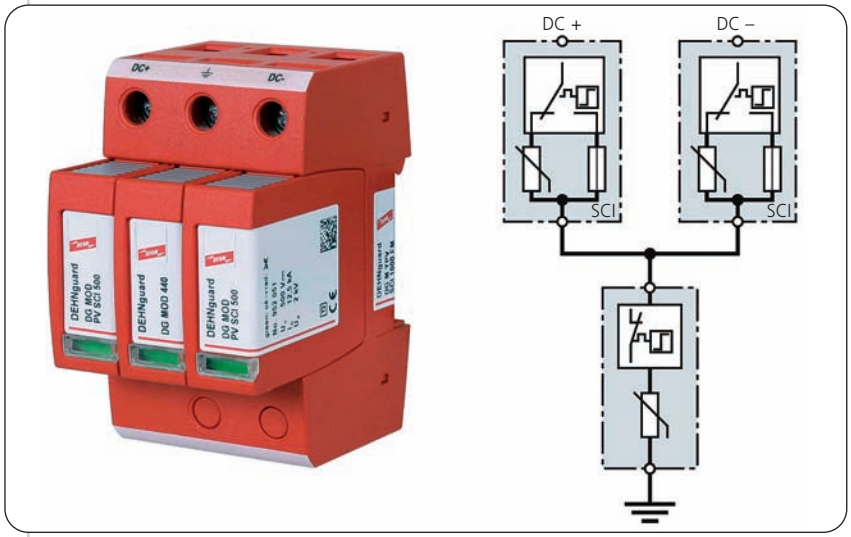


Bild 4: Modulares Überspannungsschutzgerät Dehnguard M YPV SCI 1000 mit dreistufiger Gleichstromschaltvorrichtung für PV-Anlagen

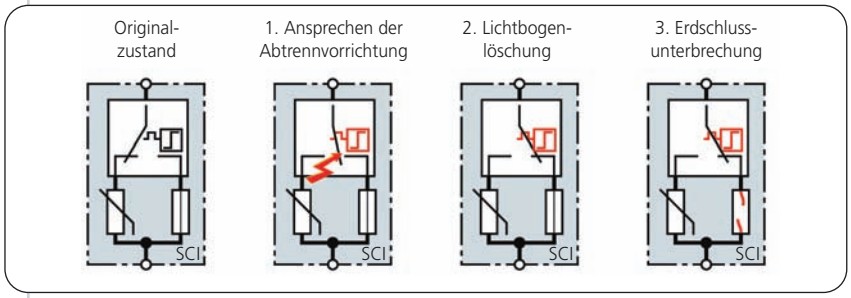


Bild 5: Schaltphasen des Überspannungsschutzgeräts mit dreistufiger Gleichstromschaltvorrichtung

Man könnte nun fragen: Überspannungsschutzgeräte wurden ursprünglich für Wechselspannungssysteme entwickelt – wo liegt das Problem? Es gilt zunächst zu verhindern, dass ein überlasteter Varistor im Überspannungsschutzgerät am Stromkreis eine Brandquelle darstellt. Es ist üblich, den Varistor mithilfe einer thermisch wirkenden Abtrennvorrichtung vom Stromkreis zu trennen. Bei Wechselspannungsanlagen lässt sich die Auslegung einer solchen Trennstelle für einen Schutzgerätehersteller relativ leicht realisieren. Bei Gleichspannungsanwendungen – und insbesondere bei der Strom- und Spannungscharakteristik einer PV-Stromquelle – ist diese Aufgabe schwer zu lösen. Auch der alternative Einsatz von Überstromschutzeinrichtungen in Reihe zu den Überspannungsschutzgeräten scheitert aufgrund des nicht definierbaren Kurzschlussstroms am Einsatzort zum Schadenszeitpunkt.

Im Jahre 2007 erschien erstmals ein Überspannungsschutzgerät mit kombinierter Abtrenn- und Kurzschließvorrichtung auf dem Markt. Von Beginn an war dieser den Besonderheiten einer PV-Anlage angepasst. Eine parallel zum Überspannungsschutzpfad liegende Kurzschließeinrichtung löschte sicher den Gleichstromschaltlichtbogen, wie er beim Öffnen einer konventionellen thermischen Abtrennvorrichtung auftreten kann (**Bild 3**). Dieses Gerät verknüpfte erstmals die Forderungen des Überspannungsschutzes mit den Belangen des Brandschutzes.

Sichere Anwendung von Überspannungsschutzgeräten

Hinsichtlich der Überspannungen und Anforderungen des Brandschutzes waren damit die Probleme gelöst. Doch es stellte sich im Anlageneinsatz schnell heraus, dass sich der Umgang mit diesem Ableiter für den Praktiker schwierig gestaltete. So setzt beispielsweise das Auswechseln eines überlasteten Ableiters in der Praxis eine Kenntnis der besonderen internen Schaltung des Geräts voraus. Entfernt der Installateur einen kurzgeschlossenen Ableiter, ohne die PV-Anlage freizuschalten, besteht eine akute Lichtbogengefahr. Umfangreiche Sicherheitshinweise auf dem Gerät und in der Montageanleitung sowie mechanische Abdeckungen der Geräteklemmen weisen auf die Besonderheit hin. In der Praxis ist ein Abschalten der PV-Anlage am Einsatzort der Überspannungsschutzgeräte oft nicht einfach zu realisieren. Das Ergebnis war eindeutig: Auch diese Generation von Überspannungsschutzgeräten konnte letztlich nur eine Übergangslösung darstellen.

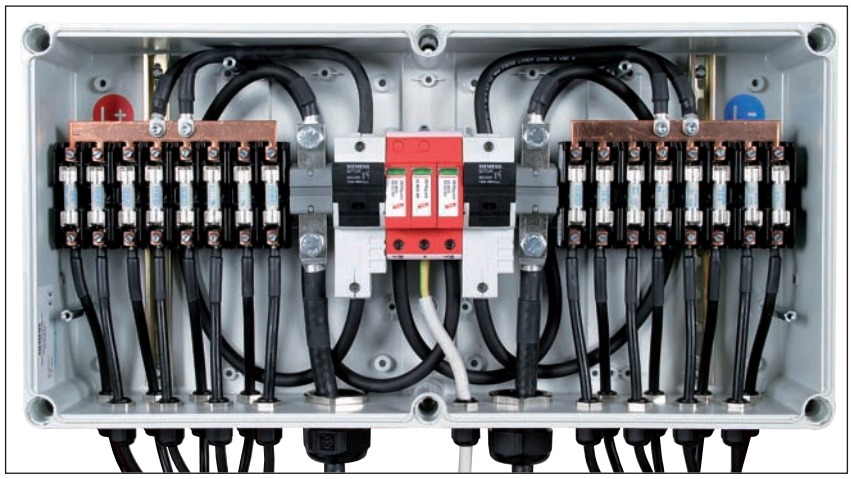


Bild 6: Anwendung des Überspannungsschutzgerätes mit dreistufiger Gleichstromschaltvorrichtung, bestehend aus kombinierter Abtrenn- und Kurzschließvorrichtung mit integrierter Sicherung zur sicheren Trennung bei Überlast

Mit der Entwicklung des Überspannungsableiters »Dehnguard M YPV SCI« ließ Dehn + Söhne, Neumarkt alle Erfahrungen der letzten drei Jahrzehnte in ein Gerät einfließen. Hierzu zählen ebenso die fehlerresistente Y-Schutzbeschaltung aus drei Varistorschutzpfaden zur Reduzierung der Ausfallwahrscheinlichkeit des Ableiters wie die bewährte, kombinierte Abtrenn- und Kurzschließvorrichtung (**Bild 4**).

Um die Abschaltung im Fehlerfall sicherzustellen, wurde eine zusätzliche, speziell für PV-Anlagen dimensionierte Sicherung im Kurzschlusspfad integriert. Dies ermöglicht dem Anwender, einen überlasteten Schutzpfad ohne Spezialwerkzeug stromlos und damit lichtbogenfrei zu entfernen und zu ersetzen. Das **Bild 5** zeigt die Schaltphasen der dreistufigen Gleichstromschaltvorrichtung im »Dehnguard M YPV SCI«. Mit dieser Entwicklung ist das Ziel erreicht, einen wirkungsvollen Überspannungsschutz für PV-Anlagen mit den Belangen des Personen- und Brandschutzes zu verbinden (**Bild 6**).

MEHR INFOS

Firmenschrift zum Thema
Dehn schützt Photovoltaikanlagen, Druckschrift DS109/03.08; Dehn + Söhne, Neumarkt

Fachbeiträge zum Thema
Dreiteiliger Fachbeitrag des Autors zur neuen DIN VDE 0100-540:2007-06 in den »de«-Ausgaben 11/2007, S. 24 ff., 12/2007, S. 26 ff., und 13-14/2007, S. 38 ff.

Link zum Thema
www.dehn.de

Fazit

Die Zukunft wird zeigen, welche Technologien sich im PV-Bereich noch entwickeln werden. Doch eines scheint sicher: Alle Schutzmaßnahmen – inklusive der Überspannungsschutzgeräte – müssen ständig auf die Veränderung im jeweiligen Anwendungsumfeld angepasst werden. Dies bedarf einer kontinuierlichen Zusammenarbeit mit allen Akteuren im PV-Bereich, aber auch den Mut und die Bereitschaft, einmal neue und unkonventionelle Wege zu gehen, wenn es um die Lösung von Problemen geht. In einem so innovativen Bereich wie der Photovoltaik kann man nicht davon ausgehen, dass alle technischen Belange in den relevanten Produkt- oder Anwendungsnormen geregelt sind. Das Zurückziehen auf die Position des Unwissenden wäre mehr als nur verantwortungslos.

Dipl.-Ing. Jens Ehrler,
Dehn + Söhne GmbH + Co.KG, Neumarkt

DEHN + SÖHNE
Blitzschutz
Überspannungsschutz
Arbeitsschutz
DEHN + SÖHNE GmbH + Co.KG.
Hans-Dehn-Str. 1
Postfach 1640
D-92306 Neumarkt
Tel. +49 9181 906-0
Fax +49 9181 906-100
www.dehn.de
info@dehn.de