

EMV-ANFORDERUNGEN AN MODERNE ÜBERSPANNUNGSSCHUTZGERÄTE

Michael Naß* / Jens Schönau* / Arnd Ehrhardt⁺

^{*)} CE-LAB GmbH, Am Hammergrund 1
98693 Ilmenau / Germany
Phone: 03677 / 6479-80
Fax: 03677 / 6479-89
E-mail: j.schoenau@ce-lab.de

⁺⁾ DEHN+SÖHNE GmbH + Co.KG, Hans-Dehn-Str. 1
92306 Neumarkt / Germany
Phone: 09181 / 906-404
Fax: 09181 / 906-312
E-mail: arnd.ehrhardt@technik.dehn.de

KURZFASSUNG

Neuartige Überspannungsschutzgeräte haben nicht nur ihre unmittelbare Schutzaufgabe zu erfüllen, vielmehr spielen auch Überwachungsfunktionen oder Fehleranalysen eine entscheidende Rolle zur Gewährleistung ihrer sicheren und zuverlässigen Funktion. Insbesondere für den Kombi-Ableiter DEHNlimit PV, der für den Blitz- und Überspannungsschutz von Photovoltaik (PV) -Anlagen bestimmt ist, ist eine elektronische Steuerung zur Erfüllung der bestimmungsgemäßen Funktion unverzichtbar. Der Beitrag beschreibt die Anforderungen bezüglich der Elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV), die an solche modernen Überspannungsschutzgeräte mit elektronischen Steuerungen zu stellen sind.

Schlagworte - Elektromagnetische Verträglichkeit, Überspannungsschutz, Störfestigkeit, Photovoltaik

1. AUFBAU UND FUNKTION DES DEHNlimit

Das Überspannungsschutzgerät DEHNlimit PV ist in Aufbau und Funktion genau an die Anforderungen zum Einsatz in PV-Anlagen angepasst. Als Kombi-Ableiter auf Funkenstreckenbasis ist er in der Lage, auch energiereiche Blitzteilströme der Impulsform $T_1/T_2 = 10/350 \mu\text{s}$ bis zu Maximalwerten von 25 kA je Schutzpfad sicher und gefahrlos abzuleiten (Typ 1-Schutzgerät) [1].

Mit einem garantierten Schutzpegel von $\leq 3,3 \text{ kV}$ (Schutzpfad $L+ \rightarrow L-$) bzw. $\leq 4 \text{ kV}$ (Schutzpfade $L+/L- \rightarrow \text{PE}$) entspricht er dem Schutzbedarf üblicher PV-Generator-Stromkreise [2]. Durch die Auslegung auf eine höchste Dauerspannung von 1000 Vdc ist er problemlos auch in größeren PV-Anlagen mit ausgedehnten Strings und entsprechend hohen maximalen Systemspannungen einsetzbar. Durch die Auslegung als Funkenstreckenableiter mit parallelem Löschkreis war es möglich geworden, diese leistungsfähige Ableiter-Technologie auch in DC-Kreisen von PV-Anlagen mit den bekannten Besonderheiten des Gleichstromschaltens anzuwenden.

Dies gelingt aber nur durch den Einsatz einer geeigneten Steuerelektronik, die sowohl die Aufgabe

der Zustandsanalyse bei Ansprechen als auch der Bypass-Ansteuerung bei Abschaltung übernimmt. Hierbei stellt die intelligente Steuerung des Schutzgerätes fest, ob es sich bei dem Stromfluss durch den Ableiter um einen Stoßstrom infolge einer Blitzentladung handelt oder ob ein Folgestrom vom PV-Generator vorliegt [3]. Bei einer Stoßstromeinwirkung wird von der Funkenstrecke die komplette Ableitung übernommen (Triggerung), während bei Gleichstromerkennung die Ansteuerung der Bypass-Schaltung zur Funkenstreckenlöschung erfolgt (Abschaltung).

Die erforderliche Stromversorgung erhält die Steuerelektronik direkt vom angeschlossnen PV-Generator. Da die Stromaufnahme aber im Bereich $< 5 \text{ mA}$ liegt, stellt dies keine besondere Belastung dar.

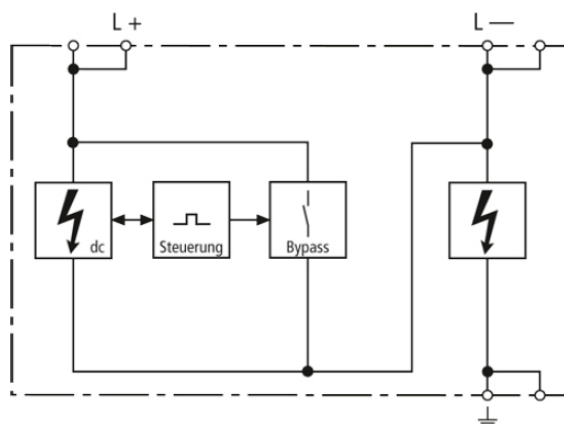


Abbildung 1 – Grundaufbau des DEHNlimit PV

Abbildung 1 zeigt eine Ansicht und ein Prinzipschaltbild des DEHNlimit PV. In Abbildung 2 ist exemplarisch ein Strom-/Spannungsverlauf während eines Ableitvorgangs mit Folgestromlöschung dargestellt.

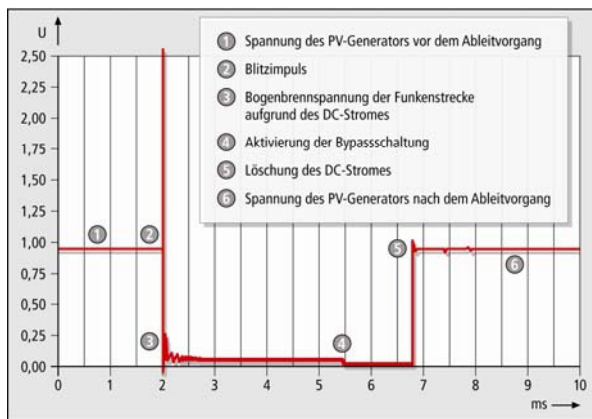


Abbildung 2 – Funktion des DEHNlimit PV

2. PRÜFANFORDERUNGEN AN ÜBERSPANNUNGSSCHUTZGERÄTE

Überspannungsschutzgeräte für den Einsatz in Niederspannungsanlagen sind zunächst ganz grundsätzlich zu den klassischen Installationsgeräten zu zählen. Als elektrische Betriebsmittel zur Verwendung innerhalb bestimmter Spannungsgrenzen unterliegen sie dem Geltungsbereich der Europäischen Niederspannungsrichtlinie 2006/95/EG [4]. Als zutreffende Produktnorm gilt für sie die EN 61643-11 [5], auf Basis deren Anwendung dann schließlich die Konformität mit den geltenden Sicherheitsanforderungen zum Erreichen der wesentlichen Sicherheitsziele bestätigt werden kann. Diese Herstellererklärung steht im Zusammenhang mit der erforderlichen CE-Kennzeichnung des Produktes für den freien Warenverkehr innerhalb des Europäischen Binnenmarktes. Dementsprechend ist die EN 61643-11 als geltende Produktnorm im Amtsblatt zur Niederspannungsrichtlinie verbindlich gelistet und ihre Anwendung ist obligatorisch.

Weil an dem elektrischen Betriebsmittel aber zugleich auch elektronische Komponenten zum Einsatz kommen, fällt das Produkt ebenso in den Geltungsbereich der Europäischen EMV-Richtlinie 2004/108/EG [6]. Da hier bis dato jedoch noch keine produktspezifischen EMV-Anforderungen formuliert wurden, sind entsprechende Fachgrundnormen auszuwählen und anzuwenden. In Anbetracht des vorgesehenen Einsatzes des Gerätes bieten sich hierbei die Normen EN 61000-6-2 (Störfestigkeit) und die EN 61000-6-4 (Störaussendung) an, deren Anwendung eine industrielle Umgebung zugrunde liegt [7, 8].

Die genannte Produktnorm für Überspannungsschutzgeräte berücksichtigt zwar im Abschnitt 7.10 „Typprüfungen - Elektromagnetische Verträglichkeit“ bereits die EMV-Problematik für diese elektrischen

Betriebsmittel, konkrete Anforderungen sind hier aber noch in Beratung. Wenn schließlich die EMV-Aspekte in detaillierter und produktbezogener Weise geeignete Berücksichtigung in der EN 61643-11 finden, ist von einer Listung dieser Produktnorm auch in der EMV-Richtlinie auszugehen. Bis dahin obliegt es dem Hersteller, gegebenenfalls gemeinsam mit einem fachkundigen EMV-Prüfdienstleister, die relevanten EMV-Anforderungen bezogen auf die Einsatzbedingungen des Schutzgerätes festzulegen. Im vorliegenden Fall geschah dieses zusammen mit dem EMV-Prüflabor der CE-LAB GmbH in Ilmenau [9].

3. BEWERTUNG DER EMV

EMV-Prüflaboratorien sind im Allgemeinen mit speziell aufgebauten Prüfplätzen auf die Durchführung von normenkonformen Prüfungen an Betriebsmitteln unter Standard-Betriebsbedingungen ausgerüstet. Wegen der vorgesehenen Verwendung des Versuchsobjekts (Equipment Under Test – EUT) in PV-Anlagen, muss der Betrieb bei einer höchsten Dauerspannung bis 1000 Vdc grundsätzlich auch bei den EMV-Messungen berücksichtigt werden. Dies stellt aber insofern erhöhte Anforderungen an das Prüflabor, da gewöhnliche Stromversorgungen, Filtereinrichtungen und Entkoppelmaßnahmen für diese Spannungen nicht vorgesehen sind. Dementsprechend musste eine gezielte Vorbereitung auf diese Prüfaufgabe erfolgen.

Um das Prüfobjekt bei allen im Abschnitt 1 genannten Funktionszuständen angemessen untersuchen und bewerten zu können, wurden die Messungen sowohl an einem Prüfobjekt in serienreifem Zustand als auch an einem speziell modifiziertem Prüfmuster durchgeführt. Die Modifikation durch den Hersteller erfolgte dabei in der Weise, dass über eine optische Schnittstelle, welche direkt auf die Steuerung des Prüfobjektes einwirkte, ein spezielles Prüfgerät angeschlossen werden konnte. Mit diesem Prüfgerät konnte der Ableiter dann während der EMV-Messungen zyklisch ausgelöst und der Löschvorgang initialisiert werden.

Die Bewertung der EMV-Eigenschaften von Prüfobjekten hat ganz allgemein gemäß den formulierten Schutzziele der EMV-Richtlinie zu erfolgen und unterteilt sich somit in die Abschnitte ‚Störaussendung‘ und ‚Störfestigkeit‘.

3.1. Störaussendung

Von Überspannungsschutzgeräten, die entweder keine elektronischen Schaltungen oder nur elektronische Schaltungen enthalten, in denen bei normalem Betrieb keine Grundfrequenzen oberhalb 9 kHz auftreten, können elektromagnetische Störungen nur während des Ableitvorgangs erzeugt werden. Die Zeitdauer dieser Vorgänge liegt im Bereich von Mikro- bis Millisekunden, so dass die Frequenzen, Pegel und Auswirkungen dieser Störaussendungen als Teil der normalen elektromagnetischen Umgebung von Nie-

derspannungsinformationen anzusehen sind. Deswegen gelten in diesem Fall die Anforderungen an die elektromagnetische Störaussendung als erfüllt. Dies ist ebenfalls die Betrachtungsweise der EN 61643-11 und steht in Übereinstimmung mit den Aussagen der EN 61000-6-4. Aufgrund der Eigenschaften des DEHNlimit war dieser Aspekt so anzuwenden.

3.2. Störfestigkeit

Die Untersuchung der Störfestigkeit erfolgte nach einem zuvor genau festgelegten Prüfplan, der alle zu berücksichtigenden bzw. vereinbarten Prüfschritte enthielt. Die Teilprüfungen selbst erfolgten nach den Vorgaben der jeweilig zutreffenden EMV-Grundnormen aus der Reihe EN 61000-4-X. Die zu bewertenden Prüfkriterien waren durch das bereits beschriebene Betriebsverhalten des Schutzgerätes unmittelbar vorgegeben:

- kein ungewolltes Zünden des Ableiters
- gezielte Triggerung des Ableiters und zuverlässige Ansteuerung der Bypass-Schaltung

Die durchgeführten Teilprüfungen werden nachfolgend kurz vorgestellt.

3.2.1. Störfestigkeit gegen hochfrequ. Einstrahlung

Die Prüfdurchführung der Störfestigkeit gegen hochfrequente Einstrahlung erfolgte in einer Absorberkabine mit einer 3m-Messstrecke. Die Beaufschlagung mit elektrischer Feldstärke erfolgte in den Frequenzbereichen 80 MHz - 1 GHz / 1,4 GHz - 2 GHz und 2 GHz - 2,7 GHz, wobei auf Feldstärkewerte von 10 V/m, 3 V/m und 1 V/m geregelt wurde. Durch diesen Test soll untersucht werden, ob in Leiterstrukturen oder Bauelemente von elektronischen Schaltungen über Strahlungskopplung in diesen hochfrequenten Bereichen entsprechende Störgrößen eingekoppelt werden können, die zu einer Fehlfunktion der Schaltung führen. Als relevante Norm gilt hierfür die EN 61000-4-3. Abbildung 3 zeigt den Prüfplatz.

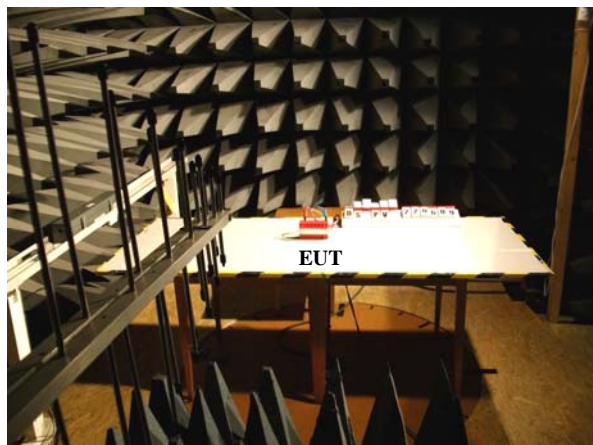


Abbildung 3 – Prüfaufbau bei Test der Störfestigkeit gegen hochfrequente Einstrahlung

3.2.2. Störfestigkeit gegen hochfrequ. Einströmung

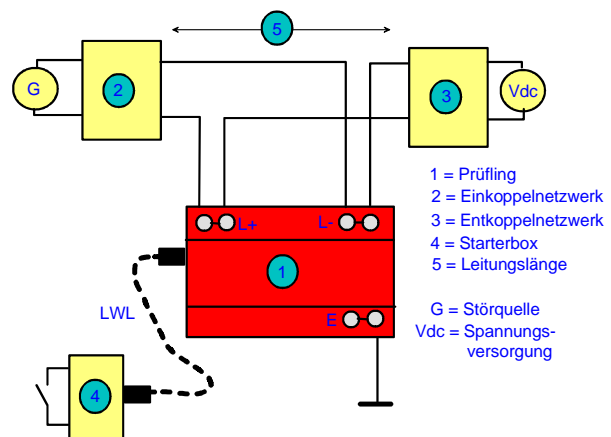


Abbildung 4 – Prinzipieller Prüfaufbau zur Untersuchung der geleiteten Störfestigkeit

Im Frequenzbereich unterhalb von 80 MHz erfolgt die Störgrößenübertragung und -einkopplung hauptsächlich geleitet. Aus diesem Grund spricht man diesbezüglich von hochfrequenter Einströmung, die nach der EN 61000-4-6 zu untersuchen ist. Im Frequenzbereich von 150 kHz – 80 MHz erfolgt die Einkopplung einer Störspannung von 10 V, die über ein Koppel-/Entkoppelnetzwerk bzw. über eine sogenannte Koppelzange in die Versorgungsleitungen des Prüfobjektes einzuspeisen ist. Abbildung 4 zeigt den prinzipiellen Prüfaufbau zur Bewertung der geleiteten Störfestigkeit.

3.2.3. Störfestigkeit gegen Magnetfelder

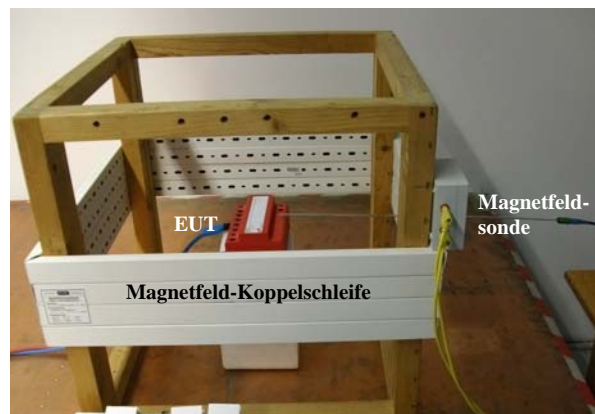


Abbildung 5 – Prüfaufbau bei Test der Störfestigkeit gegen Magnetfelder

Die Prüfung auf Störfestigkeit gegen Magnetfelder mit energietechnischen Frequenzen berücksichtigt die denkbare Einwirkung solcher Felder aus der unmittelbaren Umgebung direkt am Installationsort der elektrischen Betriebsmittel. Mit Hilfe einer einstellbaren Stromquelle, die eine spezielle Magnetfeld-Koppelschleife versorgt, wurde im inneren Prüfvolu-

men ein netzfrequentes Magnetfeld von 300 A/m erzeugt, dass mit Hilfe eines Magnetfeld-Messsystems mit Hall-Sonde überprüft werden konnte. Die eingestellte Feldstärke hatte damit eine Intensität, welche die spezifizierten ‚normalen‘ Prüfschärfen überstieg und zwischen Hersteller und Prüflabor gesondert vereinbart wurde. Abbildung 5 zeigt das Prüfobjekt angeordnet innerhalb der Magnetfeld-Koppelschleife.

3.2.4. Störfestigkeit gegen Stoßspannungen (SURGE), gegen Transiente Störsignale (BURST) und Elektrostatische Entladungen (ESD)

Da es sich bei dem Prüfobjekt selbst um ein Gerät zum Schutz vor transienten Überspannungen handelt und dieses im Allgemeinen in ‚kritischer‘ elektromagnetischer Umgebung mit starken impulsförmigen Störgrößen zum Einsatz kommt, gewinnen die Tests unter Einwirkung transientser Störungen (Surge, Burst, ESD) eine besondere Bedeutung. Durch Anwendung von Störimpulsen mit EMV-typischen Prüfpegeln sollte gezeigt werden, dass diese Transienten einer ‚normalen‘ elektromagnetischen Umgebung nicht zum ungewollten Auslösen der Schutzgeräte führen und somit eine häufige und unnötige Funktion provozieren.

Abbildung 6 zeigt die Reaktion des Prüfobjektes auf einen Spannungsimpuls mit einem Maximalwert von 1,0 kV, der bei anliegender Betriebs-Gleichspannung von 1000 V zusätzlich zwischen den aktiven Leitern L+ und L- eingekoppelt wurde. Durch die Wirkung von Schutzelementen auf der Steuerplatine wird der einwirkende Spannungsimpuls mit seiner ursprünglichen Verlaufsform von $T_1/T_2 = 1,2/50 \mu s$ zwar deutlich begrenzt, ein vollständiges Zünden des Schutzgerätes wurde aber in keinem Fall beobachtet.

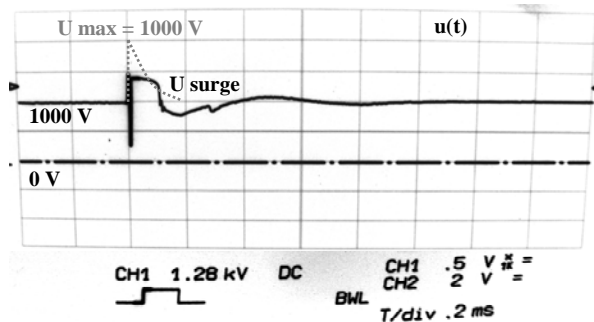


Abbildung 6 – Messverlauf bei Prüfung der Störfestigkeit gegen Stoßspannungen

Die Impulspakete der Burst-Belastung wurden über Koppelnetzwerk und Koppelkondensator direkt auf die Anschlussleitungen des Prüfobjektes eingekoppelt. Auch hierbei zeigten sich keine unbeabsichtigten Zündvorgänge. Die Steuerelektronik blieb durch die extrem steilen (5/50 ns) und wiederholt auftretenden Impulspakete bei Burst-Anwendung unbeeinflusst.



Abbildung 7 – Messplatz zur ESD-Prüfung

ESD-Tests erfolgen üblicher Weise nur an solchen Punkten bzw. Oberflächen von Prüflingen, die bei gewöhnlicher Bedienung auch zugänglich sind. Berücksichtigt man hierbei auch Wartungs- oder Servicearbeiten am Installationsort der Betriebsmittel, so kommen die Geräteoberflächen einschließlich der vorhandenen Gehäusespalte zur Durchführung der ESD-Prüfungen in Betracht. Abbildung 7 zeigt den hierzu verwendeten Prüfplatz.

3.2.5. Wechselanteile der Spannung an Gleichstrom-Netzanschlüssen

Aufgrund der vorliegenden Besonderheiten bei Einsatz der Schutzgeräte in Gleichstromkreisen von PV-Generatoren in unmittelbarer Nähe zu Wechselrichtern sollte auch der Einfluss von Wechselanteilen der Spannung an den Gleichstromnetzanschlüssen untersucht werden. Diese Messungen erfolgen nach EN 61000-4-16 und 17, wobei zur Prüfung ein Verfahren nach MIL-STD-461E (siehe Abbildung 8) gewählt wurde. Die Tests wurden bei einzelnen zuvor festgelegten diskreten Frequenzen durchgeführt:

- im Bereich 50 Hz – 1,5 kHz (in 7 Schritten) mit einer Prüfschärfe von 10 % von U_{dc} und
- im Bereich 2 kHz – 40 kHz (in 6 Schritten) mit einer Schärfe von 5 % von U_{dc}

Die Abbildung 9 zeigt einen exemplarischen Messverlauf, wie er am Prüfkreis bei Überlagerung einer Spannung von 100 V / 1 kHz nachgewiesen wurde.

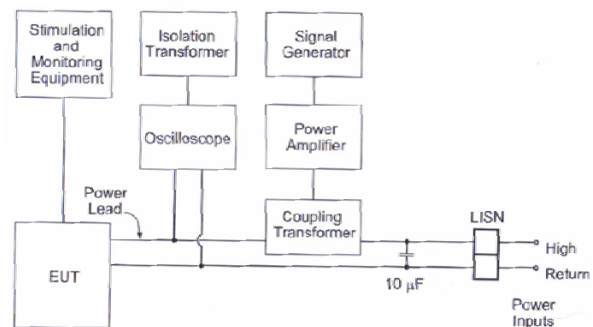


Abbildung 8 – Blockschaltbild zur Prüfung mit Wechselanteilen der Spannung an DC-Netzanschlüssen

