



Überspannungsschutz in Niederspannungsanlagen

Überarbeitung der DIN VDE 0100-443 und -534

Inhalt

- Anwendungsbereich der DIN VDE 0100-443 und -534
- Notwendigkeit von Überspannungsschutzmaßnahmen
- Bemessungsstoßspannung von Betriebsmitteln
- Prüfklasse und Einbauort der SPDs
- Schutzanforderungen und Anschlussschema
- Auswahl und Anschluss von SPDs, Schutz bei Überstrom, Selektivität
- Stoßstromfestigkeit vorgeschalteter Installationseinrichtungen
- Fehlerschutz und Installation von SPDs in Verbindung mit RCDs
- Wirksamer Schutzbereich von SPDs
- Anschlussleitungen von SPDs
- Standardinstallationen

Sonderdruck aus

Elektropraktiker 02/03 2016

Überspannungsschutz in Niederspannungsanlagen (1)

Überarbeitung der DIN VDE 0100-443 und der DIN VDE 0100-534

Die Überarbeitung der Inhalte beider Normen wurde auf internationaler Ebene bei IEC und CENELEC abgeschlossen. Die für Deutschland maßgeblichen VDE-Vorschriften werden zur Zeit auf der Basis der europäischen HD-Dokumente erarbeitet. Für 2016 ist deshalb die Veröffentlichung der für Deutschland maßgeblichen VDE-Vorschriften DIN VDE 0100-443 und DIN VDE 0100-534 zu erwarten. Der Beitrag befasst sich mit den wesentlichen Änderungen.

Die Normen DIN VDE 0100-443 und DIN VDE 0100-534 sind die wichtigsten Installationsvorschriften für den Überspannungsschutz in Niederspannungsanlagen [1][2]. In DIN VDE 0100-534 werden Kriterien aufgeführt, wie Überspannungsschutzeinrichtungen (SPDs) sowohl für den Überspannungs- als auch den Blitzschutz auszuwählen und zu installieren sind. Ob SPDs in einer elektrischen Anlage zu installieren sind, wird hingegen in DIN VDE 0100-443 und in den Blitzschutznormen der Reihe VDE 0185-305 [3] beantwortet.

Die neuen Ausgaben werden die aktuelle DIN VDE 0100-443 von 2007 [4] und die DIN VDE 0100-534 von 2009 [5] ersetzen.

Die internationalen Normungsarbeiten sind bereits abgeschlossen – IEC-Normen IEC 60364-4-44, Edition 2.1, mit dem überarbeiteten Abschnitt 443 [6] und IEC 60364-5-53 mit dem aktualisierten Abschnitt 534 [7] wurden beide im September 2015 veröffentlicht. Auch die für Europa maßgeblichen HD-Dokumente FprHD 60364-4-443 und FprHD 60364-5-534 wurden zwischenzeitlich positiv abgestimmt. Die für Deutschland verbindlichen Normen DIN VDE 0100-443 und DIN VDE 0100-534 stellen die Übernahme dieser Harmonisierungsdokumente dar. Sowohl DIN VDE 0100-443 als auch DIN VDE 0100-534 könnten damit im Laufe des Jahres 2016 in Deutschland veröffentlicht werden.

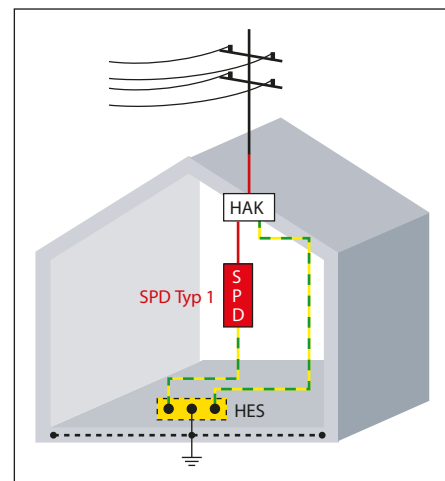
Autor

Dipl.-Ing. (FH) Josef Birkel ist Mitarbeiter der Firma DEHN + Söhne GmbH + Co. KG., Neumarkt, sowie der nationalen und internationalen Normungsgremien der vorgestellten Normen.

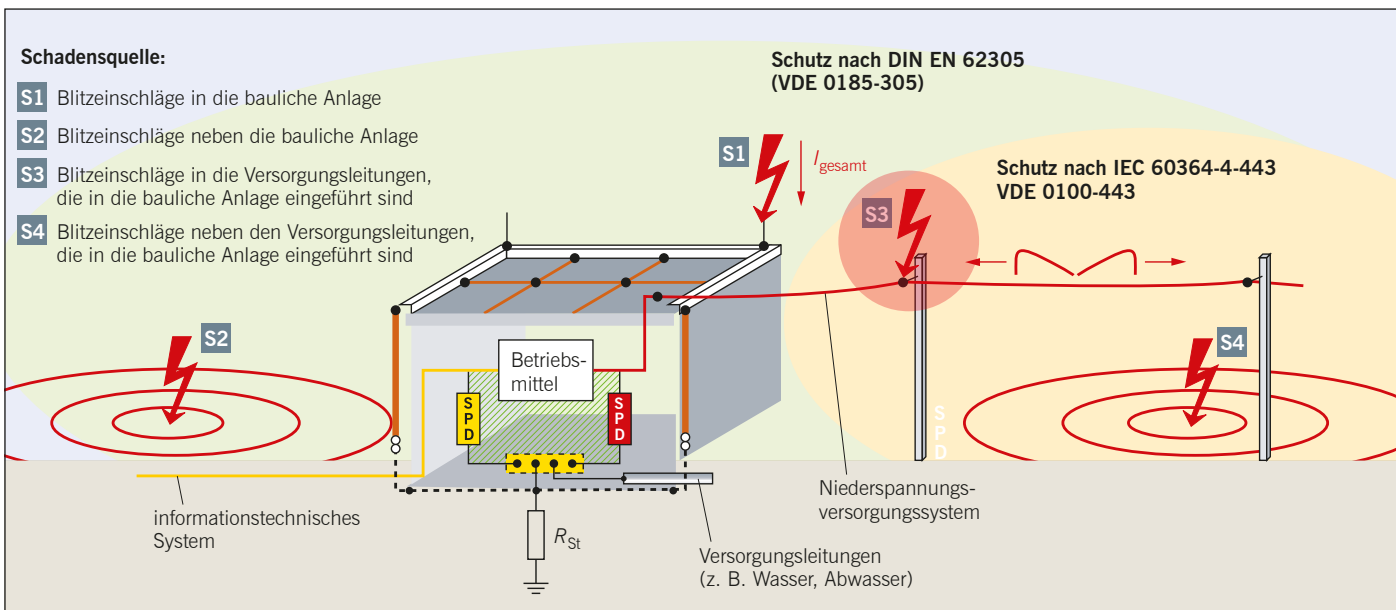
DIN VDE 0100-443

Anwendungsbereich

Die DIN VDE 0100-443 beschreibt die Entscheidungskriterien, wann Überspannungsschutzmaßnahmen in Niederspannungsanlagen vorzusehen sind. Wie bereits in der gültigen Ausgabe der DIN VDE 0100-443 von 2007, beinhaltet auch der zukünftige Standard den Schutz von elektrischen Anlagen bei transienten Überspannungen, die infolge atmosphärischer Entladungen oder infolge von Schaltvorgängen verursacht werden. Dabei werden in der Norm die Transienten betrachtet, die über das Stromversorgungssystem eingekoppelt werden. Im Anwendungsbereich sind neben Überspan-



1 Überspannungsschutz bei Gebäuden ohne äußeres Blitzschutzsystem, aber mit Einspeisung über eine Niederspannungsfreileitung



2 Zuordnung der Schadensquellen S1 bis S4 - Direkte Blitzschläge in Versorgungsleitungen im Anwendungsbereich DIN VDE 0100-443

nungen, die durch Blitzeinschläge in der Nähe der Versorgungsleitungen entstehen – Schadensquelle S4 nach VDE 0185-305-1 – nun explizit auch direkte Blitzeinschläge in die Versorgungsleitung – Schadensquelle S3 nach DIN VDE 0185-305-1 berücksichtigt – siehe Bild 1. Die Blitzschutznormen fordern zum Schutz bei Schadensquelle S3 den Einbau von Typ 1 SPDs, um auch die bei einem Blitzeinschlag in den letzten Mast nahe dem Verbraucher auftretenden Blitzteilströme zu beherrschen.

Eindeutiger ist zukünftig auch die Abgrenzung zu den Blitzschutznormen. Bei Anlagen, die auch bei den Schadensquellen S1 „Blitzeinschlag in die bauliche Anlage“ und S2 „Blitzeinschlag neben die bauliche Anlage“ geschützt werden müssen, erfolgt der Schutz entsprechend VDE 0185-305 (Bild 2). Es wird zukünftig auch besonders darauf hingewiesen, dass bauliche Anlagen mit Explosionsrisiko und für die Umwelt gefährliche bauliche Anlagen (wie z. B. Chemieanlagen, petrochemische Anlagen, Kernkraftwerke usw.) nicht in den Anwendungsbereich der DIN VDE 0100-443 fallen.

Notwendigkeit von Überspannungsschutzmaßnahmen

Systemeigene Beherrschung von Überspannungen

Die bisherige DIN VDE 0100-443 unterscheidet beim Überspannungsschutz zwei grundlegende Fälle:

- 1 Systemeigener Schutz – abhängig von der Art des Stromversorgungsnetzes, ohne zusätzliche Schutzeinrichtungen oder
- 2 Überspannungsschutz durch den Einsatz von zusätzlichen Schutzeinrichtungen.

Bisher ging man davon aus, dass bei einigen Stromversorgungssystemen ein systemeigener Schutz gegeben ist und dementsprechend die Installation von Überspannungsschutz-

einrichtungen nicht zwingend gefordert wurde. Die DIN VDE 0100-443 von 2007 führt dazu aus:

„... wenn eine Anlage von einem vollständig in Erde verlegten Niederspannungsnetz versorgt wird und keine Freileitungen einschließt, reicht für den Schutz bei Überspannungen die Stehstoßspannungsfestigkeit der Betriebsmittel entsprechend Tabelle 1 aus und es ist kein besonderer Schutz bei Überspannungen atmosphärischen Ursprungs notwendig ...“

„... wenn eine Anlage durch Niederspannungs-Freileitungen versorgt wird oder Freileitungen enthält und der keraunische Pegel in der betrachteten Gegend bei höchstens 25 Gewittertagen pro Jahr liegt (Umgebungsbedingung AQ 1: ≤ 25 Gewittertage pro Jahr), ist ein zusätzlicher Schutz bei Überspannungen atmosphärischen Ursprungs nicht gefordert ...“

Dieses Prinzip der systemeigenen Beherrschung wird in der neuen Ausgabe der DIN VDE 0100-443 ersatzlos gestrichen. Da es sich hierbei um eine fundamentale Änderung handelt, begründet die Norm dieses wie folgt: Die Erfahrungen der letzten Jahre zeigten, dass das Prinzip der systemeigenen Beherrschung von Überspannungen nicht mehr ausreichend sein kann, weil

- 1 transiente, über das Versorgungsnetz übertragene Überspannungen in den meisten Anlagen nicht nennenswert abgeschwächt oder gedämpft werden,
- 2 auch in Kabelnetzen Blitzteilströme eingekoppelt und übertragen werden können,
- 3 eine hohe Zahl von überspannungsbedingten Schäden an Geräten und Anlagen auftreten, die an mehrere unterschiedliche Netze, z.B. dem Strom- und Datennetz, angeschlossen sind. Solche Schäden treten sowohl in Kabelnetzen als auch an Anlagen mit Freileitungen auf. Es wird deshalb darauf hingewiesen, dass neben dem Schutz

der Stromversorgung auch der Überspannungsschutz des informationstechnischen Systems berücksichtigt werden sollte.

In der neuen Normenausgabe wird klargestellt, dass transiente Überspannungen durch den Einbau von Überspannungsschutzeinrichtungen (SPDs) beherrscht werden können. Die Überspannungsschutzeinrichtungen begrenzen die transienten Überspannungen entsprechend der Stehstoßspannungsfestigkeit der Installation. Dabei ist zu berücksichtigen, dass empfindliche elektronische Betriebsmittel der Überspannungskategorie I nur in Kombination mit einem externen SPD direkt an das Stromversorgungsnetz angeschlossen werden können. Diese Forderung bekommt bei „intelligenten“ Stromnetzen eine immer größere Bedeutung.

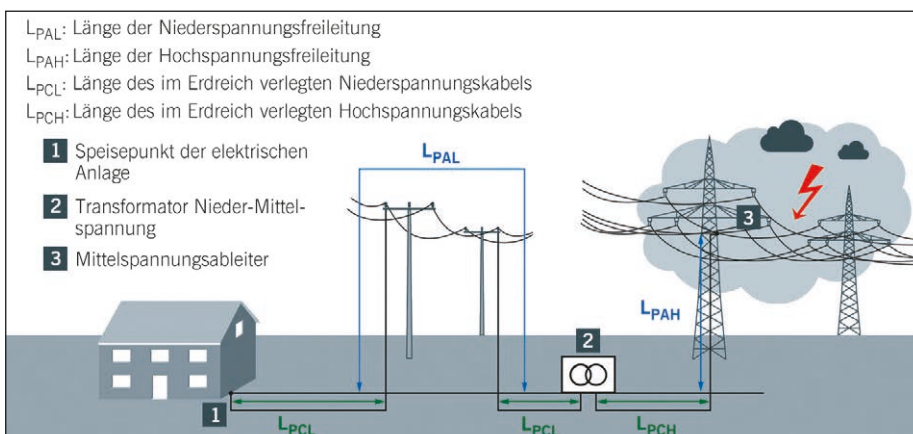
In diesem Zusammenhang ist zu beachten, dass der Anwendungsbereich der DIN VDE 0100-443 nicht den Überspannungsschutz von Daten- und Telekommunikationsleitungen beinhaltet. Deswegen können Installationsnormen keine verbindliche Forderung nach Überspannungsschutz für diese Systeme enthalten. Es wurde jedoch eine Empfehlung aufgenommen, dass Überspannungsschutz auch für Datenleitungen berücksichtigt werden sollte, wenn Überspannungsschutz für die Stromversorgung gefordert ist.

Beherrschung von Überspannungen durch SPDs

Neu formuliert werden die Kategorien, in denen zur Beherrschung der Überspannungen der Einbau von SPDs vorgeschrieben wird. Dabei weichen in diesem zentralen Abschnitt der Norm die Vorgaben in der für Deutschland maßgeblichen DIN VDE 0100-443 und in den internationalen Normen von CENELEC (Europa) und IEC voneinander ab.

Die zukünftige DIN VDE 0100-443 fordert für Deutschland, dass Überspannungsschutz vorzusehen ist, wenn transiente Überspannungen Auswirkungen haben können auf:

- (1) Menschenleben, z. B. Anlagen für Sicherheitszwecke und Krankenhäuser.
- (2) Öffentliche Einrichtungen und Kulturbesitz, z. B. öffentliche Dienste, Telekommunikationszentren und Museen.
- (3) Gewerbe- und Industrieaktivitäten, z. B. Hotels, Banken, Industriebetriebe, Handel, Bauernhöfe.
- (4) Große Menschenansammlungen, z. B. in großen (Wohn)Gebäuden, Kirchen, Büros, Schulen (neue Forderung in Europa und Deutschland).
- (5) Einzelpersonen, z. B. in Wohngebäuden und kleinen Büros, wenn in diesen Gebäuden Betriebsmittel der Überspan-



3 Länge der Versorgungsleitungen bei Risikoanalyse nach IEC 60364-4-41

Tabelle 1 Erweiterter Bereich der Bemessungsstoßspannung in der neuen DIN VDE 0100-443

Nennspannung der elektrischen Anlage in V	Spannung Außenleiter zu Neutralleiter abgeleitet von den a.c. oder d.c. Nennspannungen von bis einschließlich in V	Geforderte Bemessungsstoßspannung der Betriebsmittel in kV ^{a)}			
		Überspannungskategorie IV (Betriebsmittel mit sehr hoher Stoßspannungsfestigkeit) Zum Beispiel Elektrizitätszähler, Rundsteuerempfänger	Überspannungskategorie III (Betriebsmittel mit hoher Stoßspannungsfestigkeit) Zum Beispiel Verteilertafeln, Schalter, Steckdosen	Überspannungskategorie II (Betriebsmittel mit normaler Stoßspannungsfestigkeit) Zum Beispiel Haushaltsgeräte, Werkzeuge	Überspannungskategorie I (Betriebsmittel mit geringer Stoßspannungsfestigkeit) Zum Beispiel empfindliche elektronische Geräte
120/208	150	4	2,5	1,5	0,8
230/400 277/480	300	6	4	2,5	1,5
400/690	600	8	6	4	2,5
1000	1000	12	8	6	4
1500 d.c.	1500 d.c.	15	10	8	6

a) Aktive Leiter zu Erde

nungskategorien I oder II installiert werden (neue Forderung in Deutschland).

(6) Gebäude mit der Klassifizierung „feuergefährlich“ nach DIN VDE 0100-510 [8], z. B. Scheunen, Werkstätten für Holzbearbeitung (neue Empfehlung in Deutschland).

In den Fällen (1) bis (3) ist in der bereits gültigen DIN VDE 0100-443 die Installation von Überspannungsschutz vorgeschrieben. Zukünftig wird für den Fall (4) sowohl in der deutschen als auch in der europäischen Norm nun der Einbau von SPDs ebenfalls verpflichtend.

Für die Fälle (5) und (6) wird der Einbau von Überspannungsschutzeinrichtungen in der für Deutschland maßgeblichen DIN VDE 0100-443 durch eine sogenannte „besondere nationale Bedingung“ geregelt.

Vereinfachte Risikoanalyse

Die internationalen Normen von CENELEC und IEC fordern, dass für die Fälle, in denen Überspannungsschutz nicht verpflichtend ist, die Notwendigkeit von Überspannungsschutzmaßnahmen durch eine von EN/IEC 62305-2 abgeleitete, vereinfachte Risikoanalyse zu ermitteln ist. Im Rahmen der entsprechenden Berechnung wird ein Risikofaktor (CRL) ermittelt, bei welchem berücksichtigt werden,

- die Umgebungsbedingungen der Anlage (städtisch, vorstädtisch, ländlich),
- die Erdblitzdichte Ng am Errichtungsort der Anlage und der Versorgungsleitung sowie
- die Länge der Versorgungsleitung (Nieder- und Hoch/Mittelspannung) – siehe Bild 3.

In den IEC- und CENELEC-Normen wird darüber hinaus ausgeführt, dass Überspan-

nungsschutzmaßnahmen für die genannten Fälle (4) und (5) vorzusehen sind, wenn eine solche Risikoanalyse nicht durchgeführt wird. Für Wohngebäude muss darüber hinaus eine wirtschaftliche Bewertung der Kosten für den Überspannungsschutz im Vergleich zum Wert der übrigen elektrischen Anlage erfolgen.

Hinweis: Die vereinfachte Risikoanalyse wird in Deutschland nicht angewendet.

Schaltüberspannungen

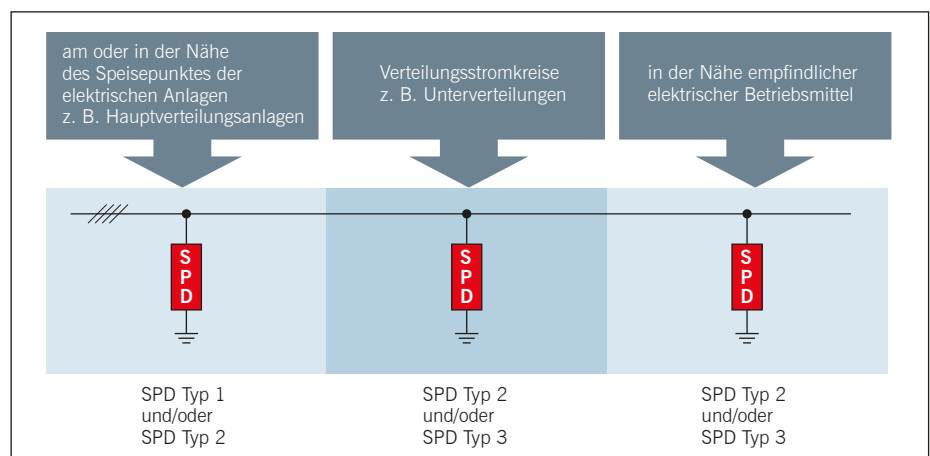
Einen breiteren Raum nehmen in der neuen Ausgabe des Teiles 443 Schaltüberspannungen ein. Die bis dato pauschale Aussage, dass Schaltüberspannungen im Allgemeinen niedriger sind als atmosphärische Überspannungen, wird präzisiert.

Überspannungsschutz sollte dort vorgesehen werden, wo Schaltüberspannungen erzeugt werden können, welche über der Überspannungskategorie der Anlage liegen, zum Beispiel:

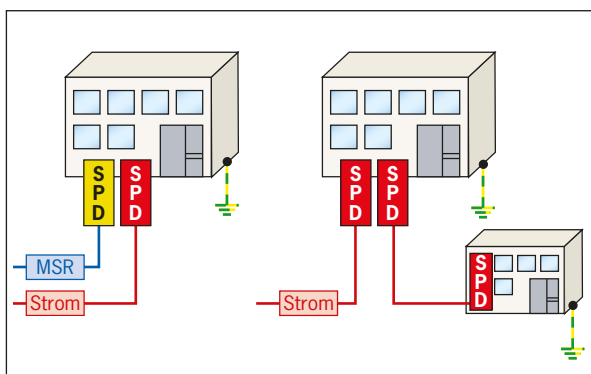
- bei Generatoreinspeisungen in der Niederspannungsanlage,
 - beim Schalten großer induktiver Lasten (Motoren, Transformatoren),
 - beim Schalten großer kapazitiver Lasten (Kondensatorbänke, Speichereinheiten),
 - beim Schalten hoher Lastströme.
- Schaltüberspannungen können dabei in der Zeitdauer und dem damit einhergehenden Energieinhalt die blitzbedingten Überspannungen überschreiten. Weitere Hinweise zum Schutz bei Schaltüberspannungen sind in der DIN VDE 0100-444 [9] enthalten.

Bemessungsstoßspannung von Betriebsmitteln

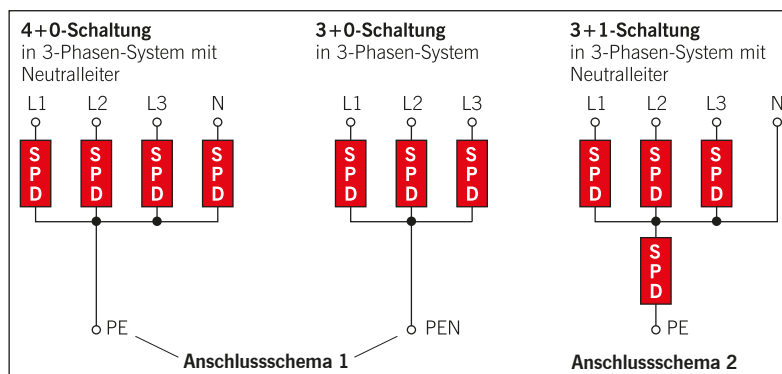
Erweitert wurden in Übereinstimmung mit den Grundsätzen der Isolationskoordination nach VDE 0110-1 [10] der Anwendungsbereich und die Spannungsebenen für die Bemessungsstoßspannung von Betriebsmitteln



4 Installation von SPDs Typ 1, Typ 2, Typ 3



5 Zusätzliche SPDs zum Schutz informationstechnischer Anlagen und bei Leitungen, die das Gebäude verlassen



6 SPD-Anschlussschemata

und damit einhergehend die Überspannungskategorien I bis IV. Es werden jetzt auch explizit Gleichspannungssysteme aufgeführt und dabei für DC-Systeme auch Spannungsbereiche bis 1 500 V berücksichtigt, siehe Tabelle 1. Damit werden beispielsweise auch Anwendungen in großen PV-Anlagen berücksichtigt.

DIN VDE 0100-534

Anwendungsbereich und Begriffe

Die DIN VDE 0100-534 enthält die Bestimmungen zur Auswahl und Errichtung von Überspannungsschutzeinrichtungen (SPDs). Mit dem Begriff Überspannungsschutzeinrichtung (SPD: Surge Protective Device) werden nun einheitliche Bezeichnungen in den Errichtungsvorschriften und dem Produktstandard EN 61643-11 [11] verwendet. Neu aufgenommen wurde der Begriff „SPD-Kombination“ für ein oder mehrere SPDs einschließlich aller vom SPD-Hersteller geforderten Abtrennvorrichtungen, die zum Überspannungsschutz einer bestimmten Anlagenkonfiguration notwendig sind. Durch den Einbau von SPDs in Niederspannungs-Verteilungsnetzen sollen transiente Überspannungen nach DIN VDE 0100-443 und VDE 0185-305 soweit begrenzt werden, dass die Vorgaben der Isolationskoordination eingehalten werden.

Prüfklasse und Einbauort der SPDs

Die Mindestanforderung zum Schutz bei blitzbedingten Überspannungen oder bei Schaltüberspannungen lautet weiterhin, dass Typ 2 SPDs so nah wie möglich am Speisepunkt der elektrischen Anlage installiert werden müssen.

Bei Gebäuden mit einem äußeren Blitzschutzsystem (LPS) oder falls der Schutz gegen die

Auswirkungen direkter Blitzeinschläge anderweitig gefordert wird, sind Typ 1 SPDs vorgeschrieben.

Werden bauliche Anlagen ohne äußeres Blitzschutzsystem durch eine Niederspannungsfreileitung versorgt, so fordert zukünftig die VDE 0100-534 den Einbau von Typ 1 SPDs entsprechend einem neu aufgenommenen Anhang B: „Anlagen mit Freileitungseinspeisungen“. Dies ist für Deutschland eine neue normative Bestimmung, die in Einklang steht mit den Vorgaben in der Blitzschutznorm VDE 0185-305-1. Es wird hier ein direkter Blitzeinschlag in den letzten Mast nahe der Verbrauchereinrichtung berücksichtigt. In den internationalen Vorschriften hingegen sind die Typ 1 SPDs in diesem Fall optional.

Zusätzliche SPDs

Es wird nun explizit darauf hingewiesen, dass zum Schutz von empfindlichen Betriebsmitteln zusätzlich Typ 2 und/ oder Typ 3 SPDs entsprechend der im Bild 4 gezeigten Anordnung notwendig sein können.

Um die elektrische Anlage auch bei Überspannungen zu schützen, die nicht über

das Niederspannungs-Verteilungsnetz in die Verbrauchereinrichtung eingekoppelt werden, wird darauf hingewiesen, dass zusätzliche SPDs in folgenden Fällen notwendig sein können:

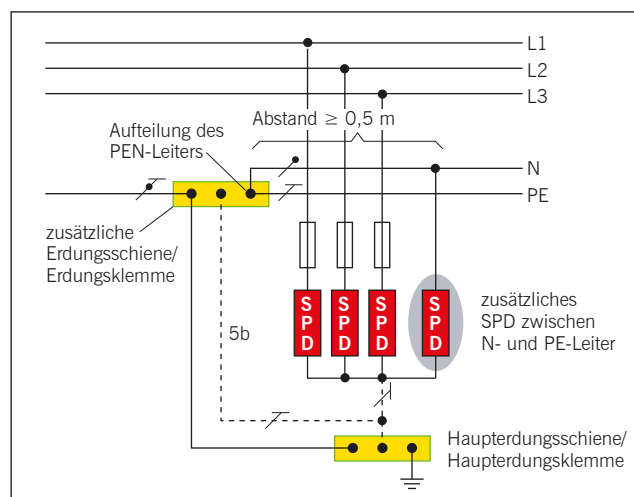
- Schaltüberspannungen, die durch elektrische Verbrauchsmittel in der Anlage verursacht werden,
- Überspannungen, die über andere Netze wie z.B. Telefon- oder Datenleitungen übertragen werden,
- Überspannungen, die über Leitungen eingekoppelt werden, die das zu schützende Gebäude verlassen.

Es sollen die SPDs so nah als möglich an der Schadensquelle eingebaut werden – Bild 5.

Schutzanforderungen und Anschlussschema

Bei den grundlegenden Anforderungen zum Schutz bei Überspannungen und den daraus resultierenden Anschlussschemata wird nun zwischen drei Situationen unterschieden:

- Überspannungsschutz muss zwischen den aktiven Leitern und Erde installiert werden, da blitzbedingte Überspannungen als



7 Überspannungsschutz im TN-S-System und im TN-C-S-System

Potentialanhebung gegen „ferne“ Erde auftreten (Gleichtakt).

- I Zusätzlicher Überspannungsschutz zwischen den Außenleitern und dem Neutralleiter wird aus Gründen des Endgeräteschutzes empfohlen (Gegentakt).
- I Der Schutz zwischen den aktiven Leitern bei mehrphasigen Systemen ist optional und sollte beispielsweise dann berücksichtigt werden, wenn in Anlagen Schaltüberspannungen zu erwarten sind

Aus diesen Schutzanforderungen leiten sich die bekannten Anschlussschemata entsprechend der Art der Erdverbindung ab – Bild 6. In der aktuellen VDE 0100-534 wird in einer nationalen Grauschattierung der Einbau eines zusätzlichen SPDs zwischen N- und PE-Leitern beschrieben, wenn in TN-S- oder TN-C-S-Systemen der Aufteilungspunkt des PEN-Leiters und der Einbauort des SPDs mehr als 0,5 Meter auseinanderliegen – Bild 7. Diese Forderung wurde nun in den allgemeinen normativen Text aufgenommen. In den internationalen Vorschriften von IEC und CENELEC heißt es dazu einschränkend, dass diese zusätzliche Schutzeinrichtung zwischen N-Leiter und PE-Leiter nicht notwendig ist, wenn

die Aufteilung des PEN-Leiters und der Einbau des SPDs in demselben Schaltschrank erfolgt.

Literatur

- [1] Birkel, J.; Zahlmann, P.: DIN VDE 0100-443 und DIN VDE 0100-534: Zwei neue Installationsvorschriften für Überspannungs-Schutzeinrichtungen: Neue Anforderungen – neue Lösungen. etz Teil 1: Heft 08/2008; Teil 2: Heft 01/2009.
- [2] Birkel, J.: Überarbeitung der DIN VDE 0100-443 und DIN VDE 0100-534 für den Überspannungsschutz in Niederspannungsanlagen. Tagungsband 11. VDE-ABB Blitzschutztagung; Neu-Ulm 2015.
- [3] DIN EN 62305 (VDE 0185-305) Blitzschutz – Teil 1 bis Teil 4.
- [4] DIN VDE 0100-443 (VDE 0100 Teil 443):2007-06 Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 4-44: Schutzmaßnahmen – Schutz bei Störspannungen und elektromagnetischen Störgrößen – Abschnitt 443: Schutz bei Überspannungen infolge atmosphärischer Einflüsse oder von Schaltvorgängen.
- [5] DIN VDE 0100-534 (VDE 0100 Teil 534):2009-02 Errichten von Niederspannungsanlagen – Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Schaltgeräte und Steuergeräte – Überspannungs-Schutzeinrichtungen.
- [6] IEC 60364-4-44: Low-voltage electrical installations – Part 4-44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances; Edition 2.1 2015-09 – Amendment 1: Clause 443 – Protection against overvoltages of atmospheric origin or due to switching.
- [7] IEC 60364-5-53: Electrical installations of buildings – Part 5-53: Selection and erection of electrical equipment – Isolation, switching and control; Edition 3.2 2015-09; Amendment 2: Clause 534 – Devices for protection against overvoltages.
- [8] DIN VDE 0100-510 (VDE 0100 Teil 510): 2014-10 Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 5-51: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Allgemeine Bestimmungen.
- [9] DIN VDE 0100-444 (VDE 0100 Teil 444):2010-10 Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 4-44: Schutzmaßnahmen – Schutz bei Störspannungen und elektromagnetischen Störgrößen.
- [10] DIN EN 60664-1 (VDE 0110-1):2008-01 Isolationskoordination für elektrische Betriebsmittel in Niederspannungsanlagen – Teil 1: Grundsätze, Anforderungen und Prüfungen.
- [11] DIN EN 61643-11 (VDE 0675-6-11):2013-04 Überspannungsschutzgeräte für Niederspannung – Teil 11: Überspannungsschutzgeräte für den Einsatz in Niederspannungsanlagen – Anforderungen und Prüfungen. ■

Mit freundlicher Genehmigung
HUSS-MEDIEN GmbH, ep ELEKTROPRAKTIKER

© 2016

Alle Rechte vorbehalten. Vervielfältigungen auf Datenträgern jeglicher Art sind verboten.

HUSS-MEDIEN GmbH
Am Friedrichshain 22, 10407 Berlin
Tel. 030 42151-378 · Fax 030 42151-251
Internet: www.elektropraktiker.de

Überspannungsschutz in Niederspannungsanlagen (2)

Überarbeitung der DIN VDE 0100-534

Auf internationaler Ebene bei IEC und CENELC wurde die Überarbeitung der beiden Normen zum Überspannungsschutz in Niederspannungsanlagen [1][2] abgeschlossen. Die für Deutschland maßgeblichen VDE-Vorschriften werden zur Zeit auf der Basis der europäischen HD-Dokumente erarbeitet. Mit deren Veröffentlichung ist 2016 zu rechnen. Im ersten Teil dieses Beitrags [3] werden die wesentlichen Änderungen in DIN VDE 0100-443 sowie teilweise der DIN VDE 0100-534 veröffentlicht. Dieser Beitragsteil befasst sich mit den restlichen Änderungen in DIN VDE 0100-534.

Im ersten Teil des Beitrags wurden zur überarbeiteten Norm DIN VDE 0100-534 bereits folgende Abschnitte behandelt:

- Anwendungsbereich und Begriffe
- Prüfklasse und Einbauorte der SPDs
- Schutzanforderungen und Anschlusschema

Auswahl von SPDs

Überarbeitete Auswahlkriterien von SPDs:

- Schutzpegel U_p und Bemessungsstoßspannung U_w
- Dauerspannung U_c
- Nennableitstoßstrom I_n und
- Blitzstoßstrom I_{imp}
- Koordination
- Kurzschlussfestigkeit I_{SCCR}
- Folgestromlöschvermögen I_{fi}
- SPDs müssen EN 61643-11 entsprechen
- Nicht mehr enthalten:
 - Zeitweilige (temporäre)
 - Überspannungen (TOVs)

Schutzpegel

Die Grundforderung, dass der Schutzpegel U_p zwischen den aktiven Leitern und PE entsprechend Überspannungskategorie II auszuwählen ist, war bereits in der Vorgängernorm so formuliert.

Dies bedeutet, dass beispielsweise bei einem 230/400 V-System ein Schutzpegel $U_p \leq 2,5$ kV einzuhalten ist.

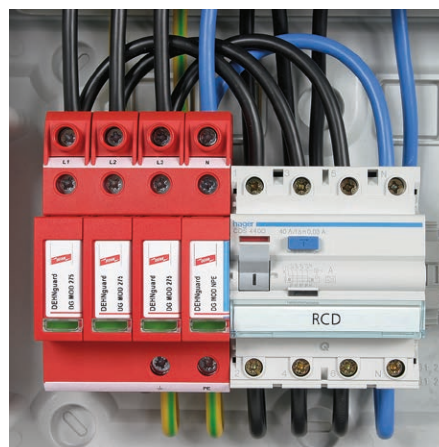
Autor

Dipl.-Ing. (FH) Josef Birkel ist Mitarbeiter der Firma DEHN + Söhne GmbH + Co. KG., Neumarkt, sowie der nationalen und internationalen Normungsgremien der vorgestellten Normen.

Es wird in der neuen Ausgabe der Norm nun darauf hingewiesen, dass diese Anforderung auch bei SPDs in der 3+1-Schaltung eingehalten werden muss.

Ergänzend wurde nun die Empfehlung aufgenommen, dass U_p nur 80 % des Wertes der Bemessungsstoßspannung U_w betragen soll. Damit sollen die Spannungsfälle an den SPD-Anschlussleitungen und den möglicherweise im Ableitpfad angeordneten Überstromschutzeinrichtungen berücksichtigt werden. Dieser Sicherheitsabstand ist nicht notwendig,

- wenn das zu schützende Betriebsmittel direkt an den SPD-Anschlussklemmen angeschlossen ist sowie bei
- SPDs mit V-förmigem Anschluss der Zu- und Weiterleitung (Bild 8) und
- SPDs mit integrierter Vorsicherung (Bild 9); Hier wird der Spannungsfall an der Überstromschutzeinrichtung bereits beim Schutzpegel des SPDs berücksichtigt.
- desweiteren in Anlagen, in denen ausschließlich Betriebsmittel der Überspannungskategorien III und VI installiert sind.



8 SPD mit V-förmigem Anschluss

Stoßstrom

Neu formuliert wurden die Vorgaben bezüglich des Mindestableitvermögens von SPDs. Die Anforderungen gelten dabei immer für die am oder in der Nähe des Speisepunktes der elektrischen Anlage installierten SPDs.

- Nennableitstoßstrom I_n der Typ 2 SPDs
Die Grundforderung an den Nennableitstoßstrom I_n der Typ 2 SPDs wurde unverändert übernommen.

Neu werden in der künftigen DIN VDE 0100-534 in Anlagen mit erhöhtem Sicherheitsbedürfnis für Typ 2 SPDs die erhöhten Werte für den Nennableitstoßstrom nach Tabelle 2 gefordert. Eine genauere Beschreibung dieser Anlagenkategorie entsprechend den Kriterien von VDE 0100-443 erfolgt noch im weiteren Normungsverfahren.

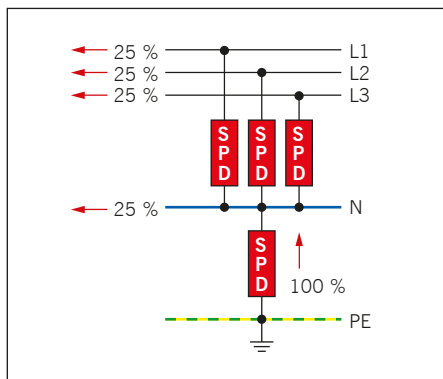
- Blitzstoßstrom I_{imp} der Typ 1 SPDs
Wird die Installation von Typ 1 SPDs gefordert und wird keine Risikoanalyse nach VDE 0185-305-2 durchgeführt, so muss der Blitzstoßstrom der Typ 1 SPDs die Mindestwerte erfüllen. Die in der Norm aufgeführten Werte gelten für die Gefährdungspegel (LPL) III und IV. Für den Gefährdungspegel LPL I erhöhen sich die Blitzstoßstromwerte entsprechend – siehe Tabelle 3.

Wird hingegen eine Risikoanalyse nach VDE 0185-305-2 durchgeführt, dann muss der Blitzstoßstrom entsprechend den in der Norm VDE 0185-305 beschriebenen Verfahren ermittelt werden.

Wie bereits ausgeführt, wird in der zukünftigen Norm ein neuer Anhang eingeführt, der auf den Überspannungsschutz bei Gebäuden mit Freileitungseinspeisung eingeht. Darin wird gefordert, dass bei Gebäuden mit Niederspannungsfreileitung, aber ohne äußeren Blitzschutz, Typ 1 SPDs mit einem Blitzstoßstrom entsprechend



9 SPD mit integrierter Vorsicherung



10 Ableitvermögen bei SPDs N-PE in der „3+1-Schaltung“

Tabelle 2 Nennableitstrom für Typ 2 SPDs bei Anlagen mit erhöhtem Sicherheitsbedürfnis

Anschluss zwischen	I_n in kA			
	1-phasiges System		3-phasiges System	
	Anschlussschema			
L und N	1	2	1	2
L und PE	10		10	
N und PE	10	20	10	40

Tabelle 4 einzubauen sind. Auch hier gilt wieder, dass die in der Norm aufgeführten Werte die Gefährdungspegel (LPL) III und IV abdecken. Für den Gefährdungspegel LPL I erhöhen sich die Stromwerte entsprechend. Dieser Anhang ist für Deutschland als normative Forderung gekennzeichnet.

Ableitvermögen bei SPDs N-PE

Zu beachten sind die besonderen Anforderungen an das Ableitvermögen des SPDs zwischen Neutralleiter und PE-Leiter im Anschlussschema 2. Für das SPD zwischen N-PE gilt in der „3+1-Schaltung“ nach Bild 10:

- Typ 2 SPDs: $I_n(N-PE) = 4 \times I_n(L-N)$
- Typ 1 SPDs: $I_{imp}(N-PE) = 4 \times I_{imp}(L-N)$

Kurzschlussstrom/ Folgestromlöschvermögen

Allgemein gilt, dass die ausgewiesene Kurzschlussfestigkeit des SPDs I_{SCCR} mindestens dem am Einbauort der SPD-Kombination zu erwartenden maximalen Kurzschlussstrom entsprechen muss. Die wichtige Änderung gegenüber der Vorgängernorm ist, dass in der Ausgabe nun eindeutig beschrieben ist, dass für die Bemessung der Kurzschlussfestigkeit (I_{SCCR}) des SPDs und des Folgestromlöschvermögens (I_{fi}), falls ein solcher Wert ausgewiesen wird, der prospektive Kurzschlussstrom

Tabelle 3 Mindestwerte I_{imp} für Typ 1 SPDs

Blitzschutzklasse	Anschluss zwischen	I_{imp} in kA			
		1-phasiges System		3-phasiges System	
		Anschlussschema			
LPL III/IV	L und N		12,5		12,5
	L und PE	12,5		12,5	
	N und PE	12,5	25	12,5	50
LPL I	L und N		25		25
	L und PE	25		25	
	N und PE	25	50	25	100

Tabelle 4 Mindestwerte I_{imp} für Typ 1 SPDs bei Freileitungseinspeisung

Blitzschutzklasse	Anschluss zwischen	I_{imp} in kA			
		1-phasiges System		3-phasiges System	
		Anschlussschema			
LPL III/IV	L und N		5		5
	L und PE	5		5	
	N und PE	5	10	5	20
LPL I	L und N		10		10
	L und PE	10		10	
	N und PE	10	50	10	40

zwischen den Anschlusspunkten A und B betrachtet werden muss. Es ist also nicht zulässig, die Kurzschlussfestigkeit und das Folgestromlöschvermögen des SPDs entsprechend dem reduzierten Kurzschlussstrom nach der Überspannungsschutzanlage 2 auszuwählen (Bild 11).

Schutz bei Überstrom

Eindeutiger formuliert wurden die bestehenden Forderungen zum Kurzschlusschutz:

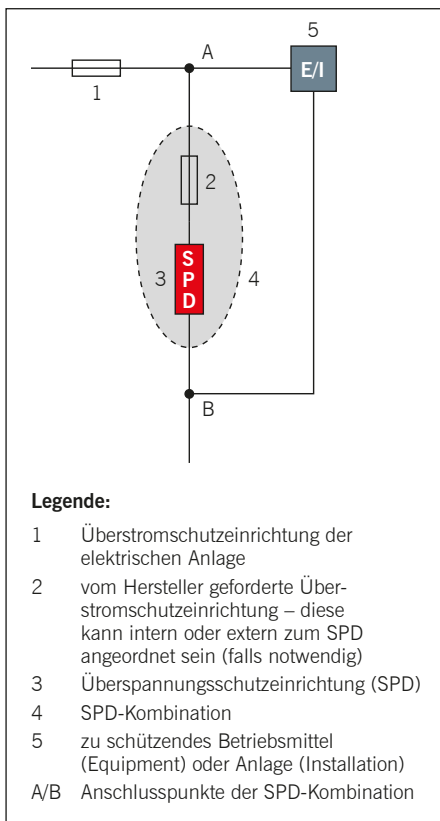
- SPDs müssen gegen Kurzschlussströme geschützt werden.
- Dieser Überstromschutz kann im SPD integriert sein oder kann extern zum SPD angeordnet werden.
- Die Bedingungen zum Kurzschlusschutz im Abschnitt 434 der VDE 0100-430 [4] müssen eingehalten werden.
- Der Nennstrom der vorgeschalteten Sicherung muss so hoch wie möglich gewählt werden, um eine möglichst hohe Stoßstromfestigkeit der gesamten SPD-Kombination zu erreichen. Dabei sind die Herstellerangaben zu berücksichtigen. Eine Umsetzung dieser Forderungen zum Überstromschutz von SPDs zeigt Bild 12 am Beispiel eines Typ 1 SPDs mit einer integrierten, stoßstromfesten Sicherung.

Bezüglich der Anordnung der vorgelagerten Überspannungsschutzanlage unterscheidet die neue Ausgabe der Norm nur noch zwei Fälle. National kann eine bevorzugte Lösung vorgegeben werden.

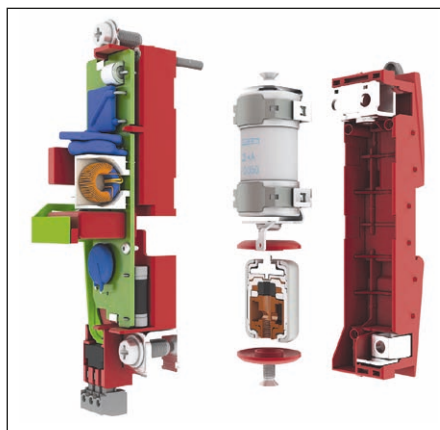
- In der ersten Variante, nach Bild 13a, wird die Überspannungsschutzanlage im SPD-Anschlusspfad installiert. Damit erhöht sich die Versorgungssicherheit der elektrischen Anlage, da beim Auslösen dieses Schutzorgans die Anlage nicht vom Netz getrennt wird. Die angeschlossenen Betriebsmittel sind jedoch dann bei weiteren Überspannungen nicht mehr geschützt.
- Die zweite Möglichkeit, entsprechend Bild 13b, besteht darin, zum Kurzschlusschutz des SPDs die Sicherung in der Anlage zu verwenden, die dem SPD-Anschlusspfad vorgeschaltet ist. In diesem Fall wird dem Überspannungsschutz die höhere Priorität eingeräumt. Ein Auslösen der Sicherung unterbricht jedoch die Versorgung der nachgeordneten elektrischen Anlage.

Selektivität

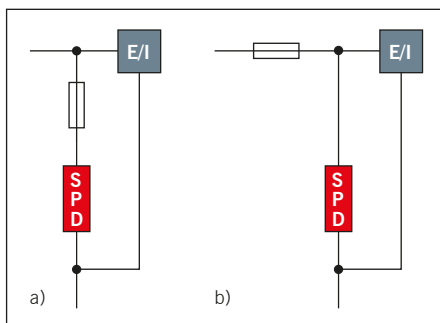
Neu aufgenommen wurde ein Abschnitt, dass, falls notwendig, entsprechend VDE 0100-530 [5] die Selektivität zwischen den Überspannungsschutzanlagen entsprechend



11 Anschluss einer SPD-Kombination



12 Typ 1 SPD mit integrierter Sicherung



13 Anordnungsmöglichkeiten des Überstromschutzes bei SPDs



14 SPDs Typ 1 im unteren Anschlussraum des Zählerschranks

der Installationsbedingungen am Einbauort des SPDs und der Herstellerangaben berücksichtigt werden muss.

Stoßstromfestigkeit vorgeschalteter Installationseinrichtungen

Ebenfalls neu hinzugekommen ist ein Abschnitt zur Stoßstromfestigkeit von Installationseinrichtungen, wie Zählern, Klemmen, Schaltern und sonstigen Schutzeinrichtungen, die dem SPD vorgeschaltet sind. Bei den meisten dieser Einrichtungen wird die Stoßstromfestigkeit nicht abgeprüft. Deshalb sollen SPDs so nah wie möglich am Speisepunkt der elektrischen Anlage installiert werden, um die Stoßstrombelastung dieser Geräte soweit wie möglich zu reduzieren. Für den Einsatz von SPDs im Zählerschrank bedeutet dies, dass SPDs Typ 1 möglichst im Hauptstromversorgungssystem, das heißt, vor dem Zähler installiert werden sollten. Bild 14 zeigt den Einsatz eines SPDs Typ 1 im unteren Anschlussraum des Zählerschranks. Damit wird verhindert, dass Blitzteilströme oder hohe Stoßströme über den SH-Schalter und den Zähler fließen. Besonders im Hinblick auf den zunehmenden Einsatz von elektronischen Zählern ist dies eine bevorzugte Installationsvariante. Die Anforderungen an SPDs, die in Hauptstromversorgungssystemen eingesetzt werden dürfen, sind in der VDN-Richtlinie „Überspannungsschutzeinrichtungen Typ 1“ [6] beschrieben und werden zukünftig in eine entsprechende VDE-Anwendungsregel einfließen.

Fehlerschutz und Installation von SPDs in Verbindung mit RCDs

Die grundlegenden technischen Vorgaben zum Fehlerschutz, also dem Schutz bei indirektem Berühren, wie in VDE 0100-410 [7] definiert, sind in der neuen VDE 0100-534 gegenüber der Vorgängernorm nahezu unverändert übernommen worden. Ergänzt wurde die Tabelle 5, die für die SPDs, die am oder in der Nähe des Speisepunktes der Anlage installiert sind, in Abhängigkeit der Netzform am Einbauort

der SPD-Kombination das jeweils anzuwendende Anschlusschema beschreibt. Für Deutschland gelten weiterhin die zusätzlichen nationalen Sonderregelungen, die den Einbau der am oder in der Nähe des Speisepunktes der elektrischen Anlagen geforderten SPDs Typ 1 oder Typ 2 nach der Fehlerstromschutzeinrichtung (RCD) verbieten. SPDs Typ 1 oder Typ 2 können nach der RCD nur eingebaut werden, wenn Überspannungen von der Lastseite der RCD zu erwarten sind oder wenn bereits SPDs vor dem betreffenden RCD eingebaut sind. Damit soll sichergestellt werden, dass keine wesentlichen Blitzteilströme oder hohe Impulsströme über die RCD fließen. Mit dieser Installationsvariante wird die Gefahr eines unerwünschten Auslösens der RCD verringert und somit die Versorgungssicherheit erhöht. Noch wichtiger ist jedoch die Tatsache

Tabelle 5 Anschluss schemata entsprechend der Netzform

Netzform am Einbauort der SPD-Kombination	Anschlusschema 1	Anschlusschema 2
TN-System	X	X
TT-System	SPD nur nach RCD	X
IT-System mit N-Leiter	X	X
IT-System ohne N-Leiter	X	N/A

X = anwendbar

N/A = nicht anwendbar

che, dass mit diesen Installationsvorgaben die Gefahr eines möglichen Verschweißens von Kontakten der RCD durch Impulsströme reduziert wird. Dies stellt im Hinblick auf den Personenschutz ein zusätzliches Plus an Sicherheit dar.

Anschluss von SPDs

Überarbeitet wurden die Anforderungen zum Anschluss von SPDs. Die wichtigste Änderung betrifft die maximal zulässige Anschlusslänge. So wird nun eine zulässige Gesamtlänge der Anschlussleitungen von 0,5 Meter festgelegt. Warum dieser Anschlusslänge eine solch hohe Bedeutung zukommt, ist aus Bild 15 ersichtlich. So hat sich im dargestellten Beispiel bei einer Leitungslänge von 1 Meter bei einem Stoßstrom von 15 kA der tatsächliche Schutzpegel nahezu verdreifacht.

Kann die maximale Anschlusslänge von $\leq 0,5$ Meter nicht eingehalten werden, zum Beispiel bei großen Schaltanlagen, dann ist eine der folgenden Maßnahmen zu ergreifen:

- Auswahl eines SPDs mit niedrigerem Schutzpegel.
- Einbau eines zweiten, koordinierten SPDs nahe dem zu schützenden Betriebsmittel.

- Anwendung der sogenannten „V-Verdrahtung“ und falls notwendig Einbau einer zusätzlichen Erdungsschiene oder Erdungsklemme (Bild 16).

Um die Anschlusslänge und damit die Induktivität möglichst gering zu halten, können SPDs an die Haupterdungsschiene über Metallteilen, beispielsweise dem Metallgehäuse der Schaltanlage, angeschlossen werden. Diese Metallteile müssen dabei mit einem PE, der die Vorgaben von VDE 0100-540 [8] erfüllt, verbunden sein (Bild 17). Der effektive Schutzpegel kann weiter optimiert werden, wenn eine Erdungsverbindung des SPDs sowohl mit der Haupterdungsschiene als auch mit dem Hauptschutzleiter hergestellt wird.

Wirksamer Schutzbereich von SPDs

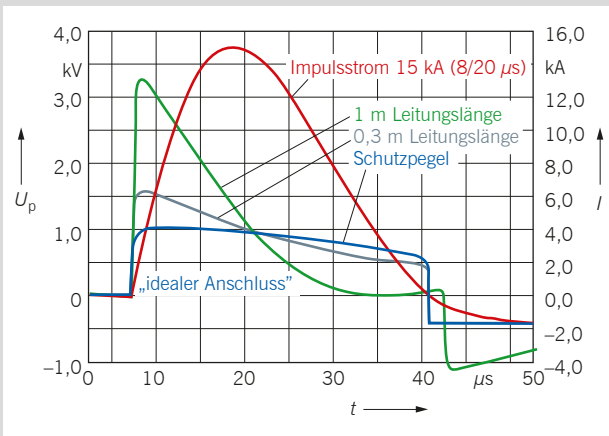
Neu eingeführt wurde der Begriff des wirksamen Schutzbereichs von SPDs. Der Schutzbereich beschreibt die zulässige Leitungslänge zwischen SPD und zu schützendem Betriebsmittel (Bild 18). Beträgt dieser Abstand mehr als 10 Meter, dann sollte eine der folgenden alternativen Maßnahmen ergriffen werden:

- Installation eines zusätzlichen SPDs so nah wie möglich am zu schützenden Betriebsmittel.
- Einbau eines ‚One-port-SPDs‘ am oder in der Nähe des Speisepunktes der elektrischen Anlage, dessen U_p 50 % von U_w der zu schützenden Anlage beträgt.
- Einbau eines ‚Two-port-SPDs‘ am oder in der Nähe des Speisepunktes der elektrischen Anlage.

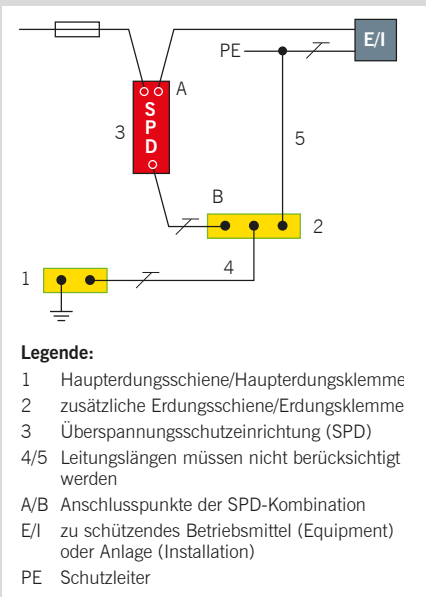
Die beiden letztgenannten Installationsvarianten sollten einhergehen mit der Schirmung der Verbindungsleitungen auf der kompletten Länge zwischen SPD und den zu schützenden Stromkreisen.

Anschlussleitungen von SPDs

Präziser gefasst wurden auch die Vorgaben zur Auslegung der Anschlussleitungen von SPDs. Die neue DIN VDE 0100-534 unterscheidet nun explizit zwischen den Mindestanforderungen an die Erdungsleiter von SPDs und den Anschlussleitungen zwischen SPD und den aktiven Leitern. Die Vorgaben in diesem neu formulierten Abschnitt gelten für Typ 1 oder Typ 2 SPDs, die am oder in der



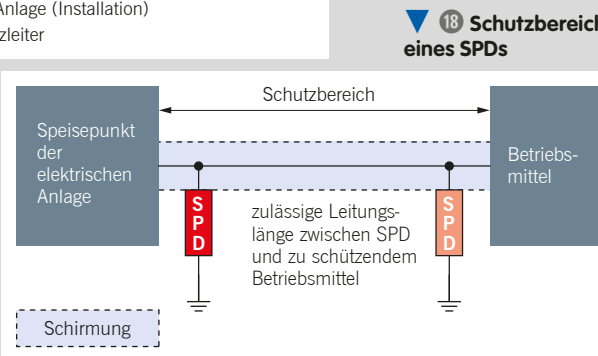
15 Einfluss der Leitungslänge auf den tatsächlichen Schutzpegel



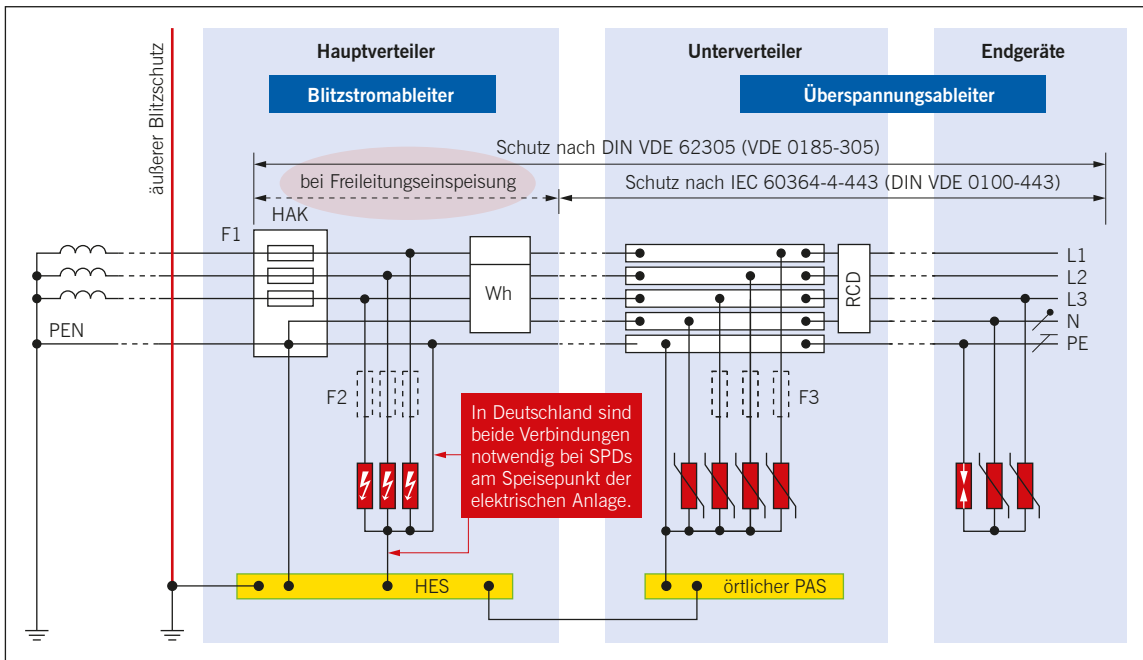
16 Optimierung der Anschlusslänge eines SPDs



17 Impedanzarme und blitzstromfeste Anbindung eines SPDs an eine metallene Montageplatte



18 Schutzbereich eines SPDs



19 Beispiel für SPDs im TN-C-S-System

Nähe des Speisepunktes der elektrischen Anlage eingebaut werden.

Erdungsleiter von SPDs

Die Leitungen zwischen SPD und der Haupterdungsschiene/Haupterdungsklemme müssen folgende Mindestquerschnitte aufweisen:

- 6 mm² Kupfer oder einen dazu leitwertgleichen anderen Leiterquerschnitt für SPD Typ 2.

Mit diesem im Vergleich zur Vorgängernorm erhöhten Querschnitt wurden nun die Anforderungen der Installationsnorm an die Vorgaben der Blitzschutznorm VDE 0185-305-4 [9] angeglichen.

- 16 mm² Kupfer oder einen dazu leitwertgleichen anderen Leiterquerschnitt für SPD Typ 1.

Mit dieser Vorgabe wurde nun eine nationale Grauschattierung der deutschen DIN VDE 0100-534 in den allgemeinen Normtext aufgenommen.

Anschlussleitungen zwischen SPD und aktiven Leitern

Bezugnehmend auf Abschnitt 433.3.1 b) der VDE 0100-430 müssen die Verbindungsleitungen zwischen SPD und den Außenleitern entsprechend dem prospektiven Kurzschlussstrom ausgelegt werden. Der Schutz bei Kurzschluss besteht darin, Schutzeinrichtungen vorzusehen, die Kurzschlussströme in den Leitern eines Stromkreises unterbrechen, ehe sie eine für die Leiterisolierung, die Anschluss- und Verbindungsstellen sowie die Umgebung der Leitungen und Kabel schädliche Wärme

hervorrufen können. Um die Impulsströme, die am Gebäudeeintritt auftreten können, zu beherrschen, müssen die Anschlussleitungen zwischen SPD und den aktiven Leitern folgende Mindestquerschnitte aufweisen:

- 2,5 mm² Kupfer oder einen dazu leitwertgleichen anderen Leiterquerschnitt für SPD Typ 2;

- 6 mm² Kupfer oder einen dazu leitwertgleichen anderen Leiterquerschnitt für SPD Typ 1.

Standardinstallationen

In einem umfangreichen Anhang werden Beispiele für Standardinstallationen von SPDs entsprechend der Art der Erdverbindung vorgestellt. Diese Darstellungen wurden überarbeitet und erweitert. Es sind in den internationalen Normenausgaben unterschiedliche Darstellungen für die einzelnen Netzformen enthalten, um auch länderspezifische Installationsumgebungen zu berücksichtigen. In der DIN VDE 0100-534 werden nur die für Deutschland relevanten Anschlussbilder in den Normtext aufgenommen. Dargestellt wird beispielhaft der Einbau von Typ 1 oder Typ 2 SPDs am oder in der Nähe des Speisepunktes der elektrischen Anlage für folgende Fälle:

- SPD in Anschlussschema 2 vor dem RCD in TT-System
- SPD in Anschlussschema 1 in TN-C-System
- SPD in TN-C-S-System bei Aufteilung des PEN-Leiters in PE- und N-Leiter vor dem SPD
- SPD in Anschlussschema 1 in TN-S-System

- SPD in IT-System mit Neutralleiter
 - SPD im IT-System ohne Neutralleiter.
- Zusätzlich zeigt eine Darstellung die Errichtung von Typ 1, Typ 2 und Typ 3 SPDs für ein TN-C-S-System (Bild 19).

Literatur

- [1] DIN VDE 0100-443 (VDE 0100 Teil 443):2007-06 Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 4-44: Schutzmaßnahmen – Schutz bei Störspannungen und elektromagnetischen Störgrößen – Abschnitt 443: Schutz bei Überspannungen infolge atmosphärischer Einflüsse oder von Schaltvorgängen.
- [2] DIN VDE 0100-534 (VDE 0100 Teil 534):2009-02 Errichten von Niederspannungsanlagen – Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Schaltgeräte und Steuergeräte – Überspannungsschutzeinrichtungen.
- [3] Birkel, J.: Überspannungsschutz in Niederspannungsanlagen (1) – Überarbeitung der DIN VDE 0100-443 und der DIN VDE 0100-534. Elektropraktiker, Berlin 70 (2016) 2, S. 117–121.
- [4] DIN VDE 0100-430 (VDE 0100 Teil 430):2010-10; Errichten von Niederspannungsanlagen Teil 4-43 Schutzmaßnahmen – Schutz bei Überstrom.
- [5] DIN VDE 0100-530 (VDE 0100 Teil 530):2011-06 Errichten von Niederspannungsanlagen Teil 5-53: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Schalt- und Steuergeräte.
- [6] VDN (Verband der Netzbetreiber) Richtlinie für den Einsatz von Überspannungs-Schutzeinrichtungen (ÜSE) Typ 1 in Hauptstromversorgungssystemen, 2. Auflage 2004
- [7] DIN VDE 0100-410 (VDE 0100 Teil 410):2007-06 Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 4-41: Schutzmaßnahmen – Schutz gegen elektrischen Schlag.
- [8] DIN VDE 0100-540 (VDE 0100 Teil 540):2012-06 Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 5-54: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Erdungsanlagen und Schutzleiter.
- [9] DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4):2011-10 Blitzschutz – Teil 4: Elektrische und elektronische Systeme in baulichen Anlagen.

www.dehn.de/vertrieb-de



**Überspannungsschutz
Blitzschutz/Erdung
Arbeitsschutz
DEHN schützt.®**

DEHN + SÖHNE
GmbH + Co.KG.

Hans-Dehn-Str. 1
Postfach 1640
92306 Neumarkt
Germany

Tel. +49 9181 906-0
Fax +49 9181 906-1100
info@dehn.de
www.dehn.de

Diejenigen Bezeichnungen von im Sonderdruck genannten Erzeugnissen, die zugleich eingetragene Marken sind, wurden nicht besonders kenntlich gemacht. Es kann also aus dem Fehlen der Markierung TM oder © nicht geschlossen werden, dass die Bezeichnung ein freier Warenname ist. Ebenso wenig ist zu entnehmen, ob Patente, Gebrauchsmuster oder sonstige intellektuelle und gewerbliche Schutzrechte vorliegen. Änderungen in Form und Technik, bei Maßen, Gewichten und Werkstoffen behalten wir uns im Sinne des Fortschrittes der Technik vor. Die Abbildungen sind unverbindlich. Druckfehler, Änderungen und Irrtümer vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung.

Informationen zu unseren eingetragenen Marken („Registered Trademarks“) finden Sie im Internet unter www.dehn.de/de/unsere-eingetragenen-marken.