



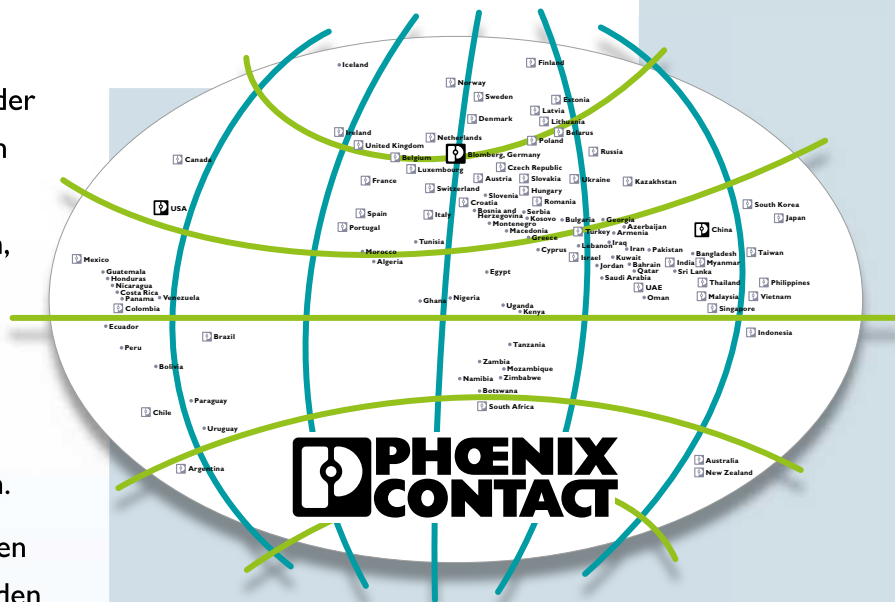
Grundlagen Blitz- und Überspannungsschutz

Vom Entstehen von Überspannungen
bis zum umfassenden Schutzkonzept

Weltweit im Dialog mit Kunden und Partnern

Phoenix Contact ist ein weltweit agierender Marktführer mit Unternehmenszentrale in Deutschland. Die Unternehmensgruppe steht für zukunftsweisende Komponenten, Systeme und Lösungen in der Elektrotechnik, Elektronik und Automation. Ein globales Netzwerk in mehr als 100 Ländern mit 14.500 Mitarbeitern garantiert die wichtige Nähe zum Kunden.

Mit einem breitgefächerten und innovativen Produktportfolio bieten wir unseren Kunden zukunftsfähige Lösungen für unterschiedliche Applikationen und Industrien. Das gilt besonders für die Bereiche Energie, Infrastruktur, Prozess und Fabrikautomation.





Grundlagen Blitz- und Überspannungsschutz

Wir möchten Ihnen nicht nur mit überzeugenden Lösungen, sondern auch mit Rat und Tat zur Seite stehen. Dazu gehören die grundlegenden Informationen zu Themen der Technik und Elektronik. In dieser Broschüre erhalten Sie einen Einblick in den Blitz- und Überspannungsschutz von elektrischen Anlagen. Informieren Sie sich kurz und knapp über die wichtigsten Fakten. Schlagen Sie nach, welche Lösungen es für die vielfältigen Herausforderungen auf diesem Gebiet gibt. Oder vertiefen Sie Ihr Wissen über Zusammenhänge und Hintergründe, die sonst nur Spezialisten bekannt sind.

Wir wünschen Ihnen – im wahrsten Sinne des Wortes – eine spannende Lektüre!

Lösungen auf dem neuesten Stand

Bei Phoenix Contact wird besonderer Wert auf Entwicklungskompetenz und die hohe Fertigungstiefe gelegt. Alle wesentlichen Technologien vom kompletten Engineering, dem Werkzeugbau, der Metallbearbeitung, der Kunststofffertigung, bis hin zur Elektronikentwicklung und der Elektronikfertigung sind im eigenen Hause vorhanden. Bereits seit dem Jahr 1983 entwickelt und fertigt Phoenix Contact Überspannungsschutzgeräte und ist heute Technologieführer in diesem Bereich. Das Unternehmen bietet viele innovative Lösungen für jede Branche und Anwendung, u. a. für die

- Stromversorgung
- Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik
- Datentechnik und
- Sende- und Empfangsanlagen

Die langjährige Erfahrung auf diesem Gebiet zeichnet Phoenix Contact genauso aus wie die hohe Kompetenz in Entwicklung und Fertigung. Dazu zählt nicht zuletzt das hauseigene, weltweit leistungsstärkste und akkreditierte Blitz- und Hochstromlabor. Es ist die Basis für exakte, laufend angepasste Prüfverfahren und eine anwendungsnahe Grundlagenforschung – und somit für Lösungen, die aktuelle Erkenntnisse aus Wissenschaft und Praxis zeitnah umsetzen.

Zusammengefasst: Produkte auf höchstem Qualitätsniveau und dem neuesten Stand der Technik.

Fragen und Antworten

Möglicherweise haben Sie viele Fragen – von der grundsätzlichen Frage, wie Überspannungen überhaupt entstehen, bis hin zu technischen Details über Netzsysteme oder zu einzelnen Bestandteilen eines Überspannungsschutzkonzepts bis hin zum Gerät. Hier schlagen Sie nach:

**Was ist eine Überspannung?
Wie entsteht diese?**

→ Kapitel 1, Seite 6

**Welchen Schaden können
Überspannungen verursachen?**

→ Kapitel 1.5, Seite 9

**Wie funktioniert
Überspannungsschutz?**

→ Kapitel 2.1, Seite 10

**Welche gesetzlichen oder
normativen Vorgaben gibt es für den
Überspannungsschutz?**

→ Kapitel 2.2, Seite 11

**Woraus besteht ein ganzheitliches
Überspannungsschutzkonzept?**

→ Kapitel 2.3 ff., Seite 13

**Wie lässt sich die Qualität von
Überspannungsschutzgeräten
nachweisen?**

→ Kapitel 3.3, Seite 18

→ Kapitel 4, Seite 22

**In welchen Anwendungen ist
Überspannungsschutz besonders
wichtig?**

→ Kapitel 6, Seite 28

Begriffserklärungen

→ Kapitel 7, Seite 64



Inhalt

| | |
|---|-----------|
| 1. Überspannungen | 6 |
| 1.1 Phänomen Überspannung | 6 |
| 1.2 Ursachen | 7 |
| 1.3 Einkopplungsarten | 8 |
| 1.4 Wirkungsrichtung | 8 |
| 1.5 Auswirkungen und Schäden | 9 |
| 2. Überspannungsschutz: Was ist zu beachten? | 10 |
| 2.1 So funktioniert Überspannungsschutz | 10 |
| 2.2 Normen zum Blitz- und Überspannungsschutz | 11 |
| 2.3 Grundsätzliche Schutzmaßnahmen und -vorrichtungen | 13 |
| 2.4 Blitzschutzzonen | 14 |
| 2.5 Das Schutzkreisprinzip | 15 |
| 3. Klassifizierung und Prüfung von Überspannungs-Schutzgeräten | 16 |
| 3.1 Anforderungen nach IEC 61643 | 16 |
| 3.2 Wichtige Kenngrößen für Überspannungs-Schutzgeräte | 17 |
| 3.3 Wartung und Prüfung nach IEC 62305 | 18 |
| 3.4 Impuls- und Hochstromprüftechnik | 20 |
| 4. Qualitätsmerkmale von Überspannungs-Schutzgeräten | 22 |
| 4.1 CE-Konformitätserklärung | 22 |
| 4.2 Unabhängige Produktzertifizierungen | 23 |
| 4.3 Kompetenz im Überspannungsschutz | 24 |
| 5. Blitzstrom-Messsystem | 26 |
| 5.1 Intelligente Überwachung | 26 |
| 5.2 Blitzstromerfassung | 27 |
| 6. Einsatzgebiete | 28 |
| 6.1 Schutz von Wechselspannungssystemen | 28 |
| 6.2 Schutz von Gleichspannungssystemen mit linearen Spannungsquellen | 41 |
| 6.3 Schutz von Gleichspannungssystemen in Photovoltaikanlagen | 43 |
| 6.4 Schutz von Signalübertragungskreisen der MSR-Technik | 48 |
| 6.5 Schutz von Signalübertragungskreisen in der Informationstechnik | 60 |
| 6.6 Schutz von Signalübertragungskreisen in der Telekommunikationstechnik | 62 |
| 6.7 Schutz von Signalübertragungskreisen in Sende- und Empfangsanlagen | 63 |
| 7. Glossar | 64 |
| 8. Literaturverzeichnis | 67 |

1 Überspannungen

In elektrischen Anlagen und elektronischen Systemen können verschiedene Arten von Überspannungen auftreten. Sie unterscheiden sich hauptsächlich in ihrer Dauer und Amplitude. Je nach Ursache kann eine Überspannung wenige hundert Mikrosekunden, aber auch einige Stunden oder Tage andauern. Die Amplitude kann von wenigen Millivolt bis zu einigen zehntausend Volt reichen. Eine spezielle Ursache von Überspannungen sind Blitzenentladungen. Direkte und indirekte Einschläge können neben hohen Überspannungsamplituden auch besonders hohe und teils lange Stromflüsse zur Folge haben, deren Auswirkungen dann sehr gravierend sind.

1.1 Phänomen Überspannung

Jedes elektrische Gerät weist eine definierte Isolationsfestigkeit gegenüber Stoßspannungen auf. Überschreitet die Höhe einer Überspannung diese Festigkeit, so können Störungen oder Schäden auftreten. Überspannungen mit sehr hohen Amplituden im Kilovoltbereich sind in der Regel sogenannte transiente Überspannungen, d. h. von vergleichsweise kurzer Dauer von wenigen Mikro- bis einigen hundert Mikrosekunden.

Die hohe Amplitude und kurze Dauer bedeutet wiederum sehr steile Spannungsanstiege und hohe Spannungsdifferenzen vor deren Auswirkungen nur Überspannungsschutz schützen kann.

Zwar kann dem Betreiber einer elektrischen Anlage der materielle Schaden an seiner Anlage durch eine entsprechende Versicherung ersetzt werden, jedoch ist der zeitliche Ausfall der Anlage bis zur Instandsetzung ein eigenes Risiko. Die-

ser Ausfall ist oftmals nicht versichert und kann innerhalb kürzester Zeit zur großen finanziellen Belastung werden – insbesondere im Vergleich zu den Kosten eines Blitz- und Überspannungsschutzkonzepts.

1.2 Ursachen

Je nach Ursache unterscheiden sich die typische Dauer und die Amplitude einer Überspannung.

Blitzentladungen

Blitzentladungen (lightning electromagnetic pulse, LEMP) haben von allen Entstehungsursachen das größte Zerstörungspotenzial. Sie verursachen transiente Überspannungen, die sich über weite Entfernungen ausbreiten können und oft mit Stoßströmen hoher Amplitude verbunden sind. Schon die indirekten Auswirkungen eines Blitzschlags können zu einer Überspannung von mehreren Kilovolt und Stoßströmen zehntausender Ampere führen. Trotz der sehr kurzen Dauer – wenige Mikro- bis zu einigen hundert Mikrosekunden – kann ein solches Ereignis zum Totalausfall oder sogar der Zerstörung der betroffenen Installation führen.

Schaltvorgänge

Schaltvorgänge erzeugen elektromagnetische Impulse (switching electromagnetic pulse, SEMP), die wiederum zu induzierten Überspannungen führen, die sich auf elektrischen Leitungen ausbreiten können. Die kurzzeitig sehr hohen Stromflüsse bei Kurzschlüssen oder dem



Abb. 1: Blitzentladungen haben ein extrem hohes Zerstörungspotenzial

Zuschalten von Verbrauchern mit hohen Einschaltströmen können transiente Überspannungen induzieren.

Elektrostatische Entladungen

Elektrostatische Entladungen (electrostatic discharge, ESD) treten auf, wenn sich Körper mit unterschiedlichem elektrostatischem Potenzial annähern und es zu einem Ladungsaustausch kommt. In elektrischen Anlagen und elektronischen Systemen kann es zur elektrostatischen Aufladung eines Körpers kommen, die schließlich so hoch wird, dass es zu einem Überschlag zu einem Körper

anderen Potentials kommt. Der plötzliche Ladungsaustausch führt zu einer kurzzeitigen Stoßspannung. Dies stellt insbesondere für empfindliche elektronische Bauteile eine Gefährdung dar.



Abb. 2: Leistungsstarke Elektromotoren induzieren Überspannungen durch große Einschaltströme

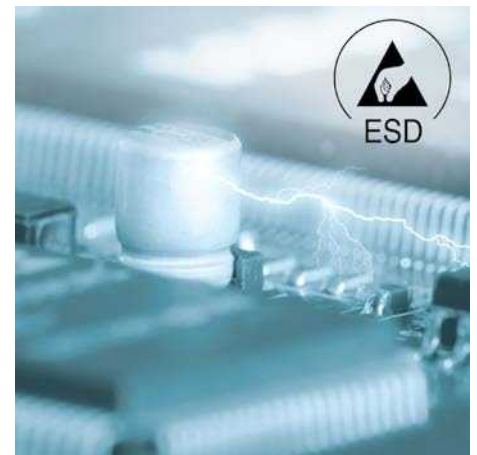


Abb. 3: Elektrostatische Entladungen gefährden vor allem empfindliche Elektronik

1.3 Einkopplungsarten

Überspannungen können auf unterschiedliche Weise in einen Stromkreis gelangen. In der Realität handelt es sich in der Regel um eine Überlagerung der einzelnen Einkopplungsarten.

Galvanische Einkopplung

Zwei Stromkreise, die elektrisch leitfähig miteinander verbunden sind, können sich gegenseitig direkt beeinflussen. Eine Spannungs- oder Stromänderung in einem Kreis, erzeugt eine entsprechende Reaktion im anderen Kreis.

Induktive Einkopplung

Ein schnell ansteigender Stromfluss durch einen Leiter erzeugt ein Magnetfeld mit sich schnell ändernder

Stärke um den Leiter. Befindet sich ein weiterer Leiter in diesem Magnetfeld, so entsteht auf diesem, durch die Änderung der Magnetfeldstärke nach dem Induktionsgesetz, eine Spannungsdifferenz.

Kapazitive Einkopplung

Zwischen zwei Punkten mit unterschiedlichem Potenzial besteht ein elektrisches Feld. Die Ladungsträger von Körpern, die sich innerhalb des Felds befinden, werden entsprechend der Feldrichtung und -stärke nach dem physikalischen Prinzip der Influenz ausgerichtet. So entsteht auch innerhalb des Körpers ein Potenzialunterschied, also eine Spannungsdifferenz.

1.4 Wirkungsrichtung

Querspannung (symmetrische Spannung, differential mode voltage)

Die symmetrischen Überspannungen gefährden in erster Linie Betriebsmittel, die zwischen zwei aktiven Potenzialen liegen. Sie können zu Schäden führen, wenn die Spannungsfestigkeit des Betriebsmittels überschritten wird.

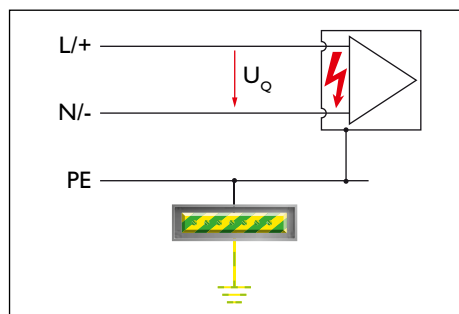


Abb. 4: Querspannung

Längsspannung (asymmetrische Spannung, common mode voltage)

Die asymmetrischen Überspannungen gefährden in erster Linie Betriebsmittel, die zwischen aktiven Potenzialen (Phasen- und Neutraleiter) und dem Erdpotential liegen. Sie können zu Schäden führen, wenn die Isolationsfestigkeit des Betriebsmittels überschritten wird.

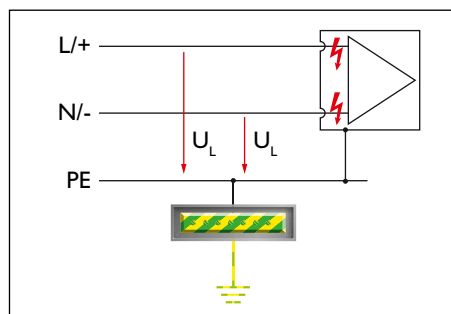


Abb. 5: Längsspannung

1.5 Auswirkungen und Schäden

Der Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV) veröffentlicht regelmäßig Statistiken, die Rückschlüsse auf die Entwicklung von Schadenssummen in Abhängigkeit verschiedener Ursachen zulassen. Danach verursachen Blitze und Überspannungen, nach Feuer und Sturm, die meisten Schäden. Im Jahr 2012 betrug ihr Anteil an allen versicherten Schäden 18 %. Oder anders gesagt: Fast jeder fünfte versicherte Schaden ist auf eine Überspannung zurückzuführen.

Geräteausfälle oder -defekte werden also häufiger als gedacht durch Überspannungen hervorgerufen. Laut Statistik des GDV gelten Überspannungen sogar als deren häufigste Schadensursache. Und diese Zahlen beziehen sich lediglich auf die Schäden, aus denen in Folge ein Brandschaden entstanden ist.

Abb. 6 zeigt, dass die Anzahl der beim GDV gemeldeten Blitz- und Überspannungsschäden 2013 gegenüber dem Vorjahr um etwa 20 % zurückgegangen ist. Die finanziellen Leistungen der Ver-

sicherungen sanken jedoch nur um 10 %. Legt man die Werte aus dem vergleichbaren Jahr 2010 zugrunde, so lässt sich eine Kostensteigerung von ungefähr 20 % ausmachen. Eine der Ursachen sehen die Versicherer darin, dass einerseits immer mehr, andererseits empfindlichere elektronische Geräte in die Haushalte Einzug halten. Durchschnittlich schlug ein einzelner Blitz- bzw. Überspannungsschaden im Jahr 2013 mit 800 € zu Buche. Das ist der höchste Wert seit Beginn der Statistik.

Bei gewerblichen Anlagen sind jedoch die Ausfallfolgen, beispielsweise in Form von Stillstandszeiten oder Datenverlusten, meist viel gravierender. Der Ausfall eines betrieblich genutzten Geräts oder einer Maschine führt sehr häufig zu Kosten, die die Instandsetzung des defekten Geräts um ein Vielfaches übersteigen.

Beispielsweise können die durch den Ausfall eines Mobilfunkmasten für den Betreiber entstehenden Kosten im Bereich von einigen Euro pro Sekunde liegen. Hochgerechnet auf einen Tag

entspricht dies bereits einem Schaden von mehr als 100.000 €.

Aus diesem Grund ist ein durchgängiges Überspannungsschutzkonzept für industrielle und gewerbliche Anlagen dringend erforderlich. Es geht nicht nur um einen effektiven Brand- und Personenschutz, sondern gerade darum, ein großes finanzielles Risiko auszuschließen.

Ein weiterer Aspekt, der die Notwendigkeit von Blitz- und Überspannungsschutz in Zukunft unterstreichen wird, ist die Zunahme der statistischen Wahrscheinlichkeit von Blitzereignissen. Diverse Studien sagen bereits voraus, dass im Zuge des globalen Klimawandels die Häufigkeit von Gewittern steigen wird. Diese Entwicklung beschränkt sich dabei nicht nur auf Regionen, die ohnehin bereits ein hohes Einschlagsrisiko aufweisen, sondern bezieht sich global auf alle Regionen der Erde.

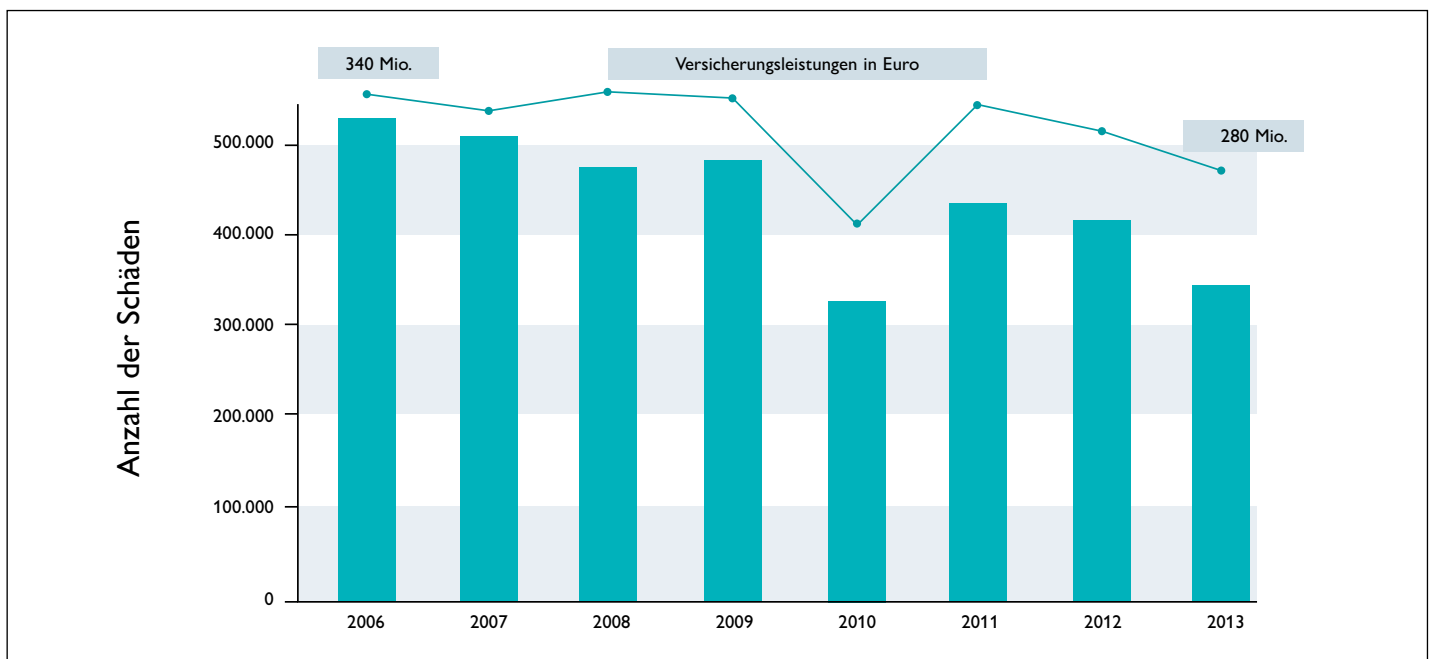


Abb. 6: Anzahl der Schäden durch Blitzereignisse und Überspannungen und Höhe der Versicherungsleistungen

2 Überspannungsschutz: Was ist zu beachten?

Ein wirkungsvoller Überspannungsschutz wird nicht einfach so installiert. Er muss individuell angepasst sein – auf die zu schützende Anlage und auf die vor Ort herrschenden Umgebungsbedingungen. Aus diesem Grund sollten Planung und Konzept ganzheitlich aufgebaut sein. Das heißt: Von der Berücksichtigung der Normen und Vorgaben bis zur Erarbeitung eines Blitzschutzkonzepts sind viele Details zu berücksichtigen.

2.1 So funktioniert Überspannungsschutz

Überspannungsschutz soll gewährleisten, dass Überspannungen keine Schäden an Installationen, Betriebsmitteln oder Endgeräten verursachen.

Daher müssen Überspannungsschutzgeräte (surge protective device, SPD) vor allem zwei Aufgaben erfüllen:

- Die Überspannung in ihrer Amplitude begrenzen, sodass die Isolationsfestigkeit der Geräte nicht überschritten wird.

- Die mit Überspannungen verbundenen Stoßströme zur fernen Erde hin ableiten.

Die Funktionsweise des Überspannungsschutzes lässt sich einfach anhand des Stromversorgungsschemas eines Betriebsmittels erklären (Abb. 7).

Wie im vorangegangenen Kapitel 1.4 beschrieben, kann sich eine Überspannung entweder zwischen den aktiven Leitern als Querspannung (Abb. 8)

oder zwischen aktiven Leitern und dem Schutzleiter bzw. Erdpotenzial als Längsspannung ergeben (Abb. 9).

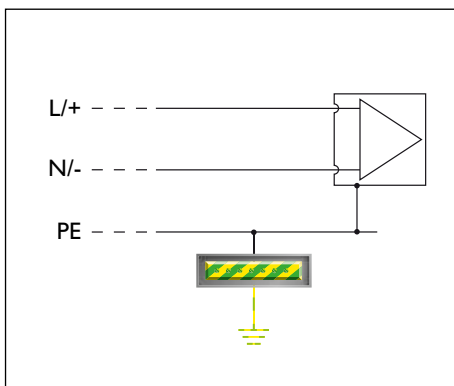


Abb. 7: Schematische Stromversorgung eines Betriebsmittels

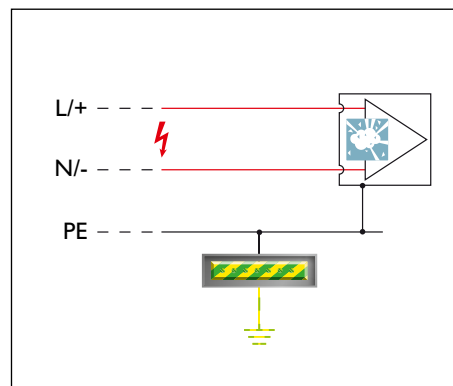


Abb. 8: Auswirkungen einer Überspannung als Querspannung

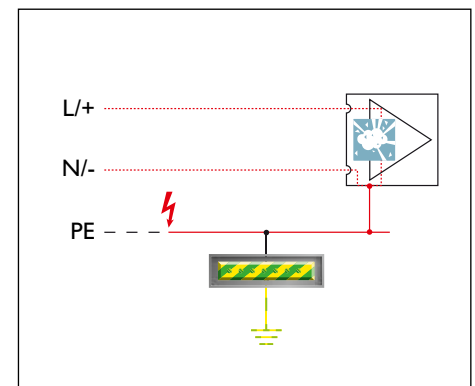


Abb. 9: Auswirkungen einer Überspannung als Längsspannung

Daher werden Überspannungsschutzgeräte jeweils parallel zum Betriebsmittel zwischen den aktiven Leitern selbst (Abb. 10) und den aktiven Leitern und dem Schutzleiter installiert (Abb. 11). Ein Überspannungsschutzgerät funktioniert analog zu einem Schalter, der sich für die kurze Zeit der Überspannung schließt. Dadurch entsteht ein Quasi-Kurzschluss, Stoßströme können in Richtung Erde oder Versorgungsnetz abfließen. Die Spannungsdifferenz wird so begrenzt (Abb. 12 und 13). Dieser Quasi-Kurzschluss besteht dabei nur für die Dauer des Überspannungsereignisses, typischerweise einige Mikrosekunden. Das zu schützende Betriebsmittel wird dadurch geschützt und arbeitet unbeeinflusst weiter.

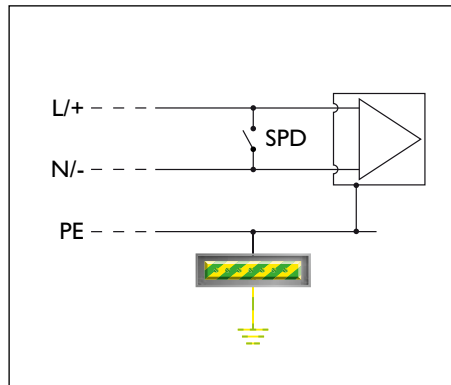


Abb. 10: SPD zwischen den aktiven Leitern

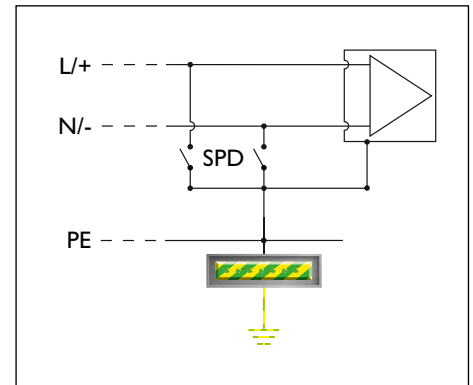


Abb. 11: SPD zwischen aktiven Leitern und dem Schutzleiter

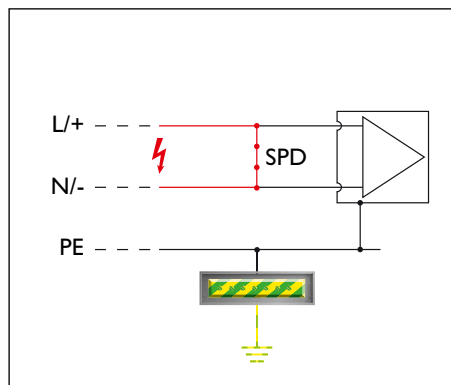


Abb. 12: SPD zwischen aktiven Leitern im Fall einer Querspannung

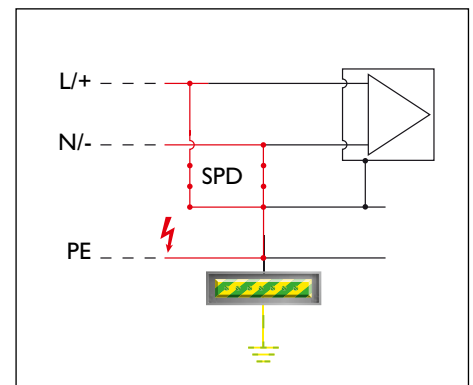


Abb. 13: SPD zwischen aktiven Leitern und dem Schutzleiter im Fall einer Längsspannung

2.2 Normen zum Blitz- und Überspannungsschutz

Nationale und internationale Normen geben eine Orientierung, wenn es um den Aufbau eines Blitz- und Überspannungsschutzkonzepts sowie die Auslegung der einzelnen Schutzgeräte geht. Es wird unterschieden zwischen folgenden Schutzmaßnahmen:

- Schutzmaßnahmen gegen Blitzereignisse: Hiermit befasst sich die sogenannte Blitzschutznorm IEC 62305 [1] [2] [3] [4]. Zentraler Bestandteil ist eine ausführliche Risikoanalyse bzgl. der Notwendigkeit, des Umfangs und der Wirtschaftlichkeit eines Schutzkonzepts.

- Schutzmaßnahmen gegen atmosphärische Einflüsse oder Schalthandlungen: Hiermit befasst sich die IEC 60364-4-44 [5]. Sie geht, verglichen mit IEC 62305, von einer verkürzten Risikoanalyse aus und leitet daraus entsprechende Maßnahmen ab.

Neben den angesprochenen Normen sind ggf. weitere gesetzliche und landesspezifische Vorgaben zu beachten, die oftmals den Einsatz von Überspannungsschutz bereits verbindlich fordern. In folgenden Kapiteln wird darauf verzichtet auf einzelne nationale Besonderheiten einzugehen. Normative Verweise werden

soweit möglich auf Basis der internationalen IEC-Dokumente vorgenommen.

2.2.1 Blitzschutz nach IEC 62305

Teil 1: Eigenschaften von Blitzeinschlägen

In Teil 1 dieser Norm [1] werden die charakteristischen Eigenschaften von Blitzeinschlägen, deren Auftretenswahrscheinlichkeit und Gefährdungspotenzial beschrieben.

Teil 2: Risikoanalyse

Die Risikoanalyse nach Teil 2 dieser Norm [2] beschreibt ein Verfahren, mit dem zunächst die Notwendigkeit des Blitzschutzes für eine bauliche Anlage analysiert wird. Verschiedene Schadensquellen, z. B. ein direkter Blitzeinschlag ins Gebäude, rücken dabei ebenso in den Blickpunkt wie die daraus resultierenden Schadensarten:

- Verlust der Gesundheit oder des Lebens von Menschen
- Verlust von technischen Dienstleistungen für die Öffentlichkeit
- Verlust von unersetzlichem Kulturgut
- Wirtschaftliche Verluste

Der wirtschaftliche Nutzen wird im Vergleich ermittelt: Wie nehmen sich

die jährlichen Gesamtkosten für ein Blitzschutzsystem zu den Kosten möglicher Schäden ohne Blitzschutzsystem aus? Basis für die Kostenbetrachtung sind Aufwände für Planung, Errichtung und Wartung des Blitzschutzsystems.

Teil 3 und 4: Planungshilfen und -vorgaben

Ergibt das Risikomanagement, dass Blitzschutz erforderlich und wirtschaftlich ist, lassen sich Art und Umfang der konkreten Schutzmaßnahme anhand der Teile 3 [3] und 4 [4] dieser Norm planen. Maßgeblich für Art und Umfang der Maßnahmen ist der sogenannte Gefährdungspegel, der sich aus dem Risikomanagement ergibt.

Bei baulichen Anlagen, die ein extrem hohes Maß an Sicherheit erfordern, müssen nahezu alle Blitze sicher eingefangen und abgeleitet werden. Bei Anlagen, bei denen ein höheres Restrisiko akzeptabel ist, wird in Kauf genommen, dass Blitze mit geringen Amplituden nicht eingefangen werden. Abb. 14 zeigt, in Abhängigkeit des Gefährdungspegels, die kleinsten Stromamplituden von Blitzen, die noch

sicher eingefangen werden können sowie die größten Stromamplituden von Blitzen, die sicher abgeleitet werden können. Dies wird durch die Blitzschutzklassen I bis IV beschrieben.

Des Weiteren beschreiben diese auch die Einfangwahrscheinlichkeit bezogen auf das gesamte Blitzaufkommen. Die höchste Blitzschutzklasse I steht dabei für eine Einfangwahrscheinlichkeit von 99 %.

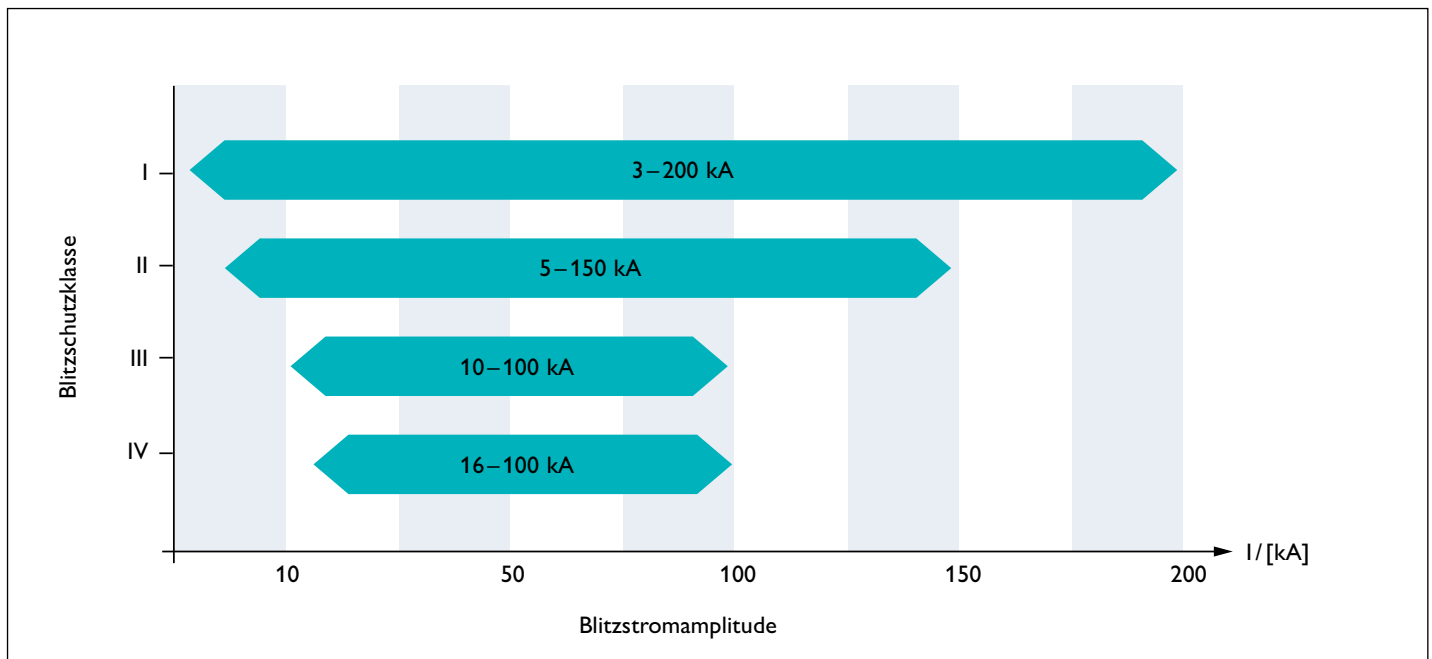


Abb. 14: Blitzschutzklassen nach IEC 62305-1 [1] mit zugehörigen Minimal- und Maximalwerten der Blitzstromamplitude

2.2.2 Überspannungsschutz nach IEC 60364-4-44

IEC 60364-4-44 [5] beschreibt u. a. die Anforderungen zum Schutz der elektrischen Installation vor transienten Überspannungen verursacht durch atmosphärische Einflüsse.

Dabei fallen unter den Anwendungsbereich der Norm transiente Überspannungen, die über das Stromversorgungssystem übertragen werden. Dies beinhaltet neben Überspannungen, die z. B. durch Schaltvorgänge entstehen, auch den Direkteinschlag eines Blitzes in die Versorgungsleitung. Direkte Blitzeinschläge in oder nahe einer baulichen Anlage werden hingegen nicht betrachtet, hierfür ist die IEC 62305 [1-4] anzuwenden. Ebenfalls nicht in die Anwendung

der Norm fallen Installationen, wenn die Folgen durch Überspannungen Einfluss haben auf:

- bauliche Anlagen mit Explosionsrisiko,
- bauliche Anlagen, bei denen eine Beschädigung die Umwelt beeinflussen könnte (z. B. chemietechnische Anlagen oder Kernkraftwerke).

Überspannungsschutzgeräte müssen gemäß IEC 60364-4-44 verwendet werden, wenn transiente Überspannungen auf folgende Punkte Auswirkungen haben können:

- Menschenleben, z. B. Anlagen für Sicherheitszwecke, medizinisch genutzte Bereiche
- Öffentliche und kulturelle Einrichtungen, z. B. Ausfall von öffentlichen Diensten, Telekommunikationszentren, Museen

- Aktivitäten in der Industrie oder im Gewerbe, z. B. Hotels, Banken, Industriebetriebe, Gewerbemärkte, landwirtschaftliche Betriebe

In allen anderen Fällen muss nach internationaler Norm eine Risikobewertung durchgeführt werden.

Es gibt jedoch landesspezifische Abweichungen, in denen der Einsatz von Überspannungsschutz generell verpflichtend ist und eine Risikobewertung damit entfällt.

2.3 Grundsätzliche Schutzmaßnahmen und -vorrichtungen

Für den ganzheitlichen Schutz einer baulichen Anlage vor den Auswirkungen von Blitzeinschlägen und Überspannungen sind mehrere aufeinander abgestimmte Schutzmaßnahmen bzw. Schutzvorrichtungen notwendig. Eine grobe Unterteilung lässt sich wie folgt treffen:

- Äußerer Blitzschutz
- Innerer Blitzschutz
- Erdung und Potenzialausgleich
- Koordiniertes SPD-System

2.3.1 Äußerer Blitzschutz

Der äußere Blitzschutz (Abb. 15) hat die Aufgabe, sich dem zu schützenden Objekt nähernde Blitze einzufangen und den Blitzstrom vom Einschlagpunkt zur Erde hin abzuleiten. Gefährliche Funkenbildung soll vermieden werden. Schäden durch thermische, magnetische oder elektrische Wirkungen müssen dabei durch Auslegung und Dimensionierung ausgeschlossen werden. Der äußere

Blitzschutz ist ein System: Er besteht aus der Fangeinrichtung, den Ableitungen und der Erdungsanlage.

Maßgeblich für die Planung und Errichtung von äußeren Blitzschutzsystemen ist Teil 3 der Norm IEC 62305 [3]. Grundlage ist die Ermittlung und Festlegung der Blitzschutzklasse. Sie ergibt sich aus der Risikoanalyse. Gibt es keine Vorschriften oder Spezifikationen zum äußeren Blitzschutz, wird mindestens die Blitzschutzklasse III empfohlen.

Auch die Position der Fangeinrichtungen am Gebäude muss festgelegt werden. Dazu gibt es drei Verfahren:

- Blitzkugelfverfahren
- Schutzwinkelverfahren
- Maschenverfahren

Zur Isolation des äußeren Blitzschutzsystems ist ein Mindestabstand zwischen Elektroleitungen und metallenen Installationen einzuhalten, der sogenannte Trennungsabstand.



Abb. 15 Äußerer Blitzschutz am Beispiel eines Einfamilienhauses

2.3.2 Innerer Blitzschutz

Das innere Blitzschutzsystem soll eine gefährliche Funkenbildung innerhalb der Anlage verhindern. Funken können durch blitzbedingte Überspannungen im äußeren Blitzschutzsystem oder in anderen leitenden Teilen der baulichen Anlage verursacht werden.

Das innere Blitzschutzsystem besteht aus dem Potenzialausgleichsystem und der elektrischen Isolierung durch ausreichende Abstände bzw. geeignete Materialien vom äußeren Blitzschutzsystem.

Der Blitzschutz-Potenzialausgleich soll gefährliche Potenzialunterschiede vermeiden. Im Wesentlichen wird dazu das Blitzschutzsystem mit metallenen Installationen, inneren Systemen sowie elektrischen und elektronischen Systemen innerhalb der Anlage verbunden. Das geschieht über Potenzialausgleichsleitungen, Überspannungsschutzgeräte oder Trennfunkstrecken.

2.3.3 Erdung und Potenzialausgleich

Die Erdungsanlage hat die Aufgabe, den zur Erde abgeleiteten Blitzstrom im Erdreich zu verteilen. Dabei ist die Geometrie der Erdungsanlage ausschlaggebend für ein effektives Ableiten des Blitzstroms, nicht der Wert des Erdungswiderstands. Auch ein wirkungsvoller Potenzialausgleich ist wichtig. Der Potenzialausgleich verbindet über Leitungen alle elektrisch leitfähigen Teile miteinander. Aktive Leiter sind dabei über Überspannungsschutzgeräte in den Potenzialausgleich eingebunden.

2.3.4 Koordiniertes SPD-System

Unter einem koordinierten SPD-System versteht man ein mehrstufiges, aufeinander abgestimmtes System von Überspannungsschutzgeräten.

Folgende Punkte sind empfehlenswert, um ein leistungsfähiges SPD-System zu errichten:

- Einteilung der baulichen Anlage in sogenannte Blitzschutz-zonen
- Einbezug aller Leitungen, die Zonen-grenzen kreuzen, über geeignete SPDs in den lokalen Potenzialausgleich
- Koordination verschiedener Typen von SPDs: Die Geräte müssen koordiniert zueinander ansprechen, um die Überlastung einzelner SPDs zu verhindern.
- Kurze Zuleitungen für den Anschluss der SPDs zwischen aktiven Leitern und dem Potenzialausgleich einsetzen
- Getrennte Verlegung geschützter und ungeschützter Leitungen
- Beim Überspannungsschutz von Signalübertragungskreisen wird empfohlen, die Erdung von Betriebsmitteln nur über das jeweilige SPD vorzunehmen

2.4 Blitzschutz-zonen

Die Einbauorte von Überspannungsschutzgeräten innerhalb einer baulichen Anlage werden durch das sogenannte Blitzschutz-zonen-Konzept aus Teil 4 der Blitzschutznorm IEC 62305 [4] bestimmt.

Es unterteilt eine bauliche Anlage in Blitzschutz-zonen (lightning protection zone, LPZ), und zwar von außen nach innen mit abnehmendem Gefährdungs-pegel. So können in den äußeren Zonen nur unempfindliche Betriebsmittel verwendet werden, in der inneren Zone hingegen auch empfindliches Equipment.

Die einzelnen Zonen sind folgendermaßen charakterisiert und benannt:

LPZ 0_A

Ungeschützte Zone außerhalb eines Gebäudes, in der direkte Blitzeinschläge möglich sind. Gefahren und Schäden können durch die direkte Einkopplung von Blitzströmen in Leitungen und das ungedämpfte magnetische Feld der Blitzentladung entstehen.

LPZ 0_B

Zone außerhalb des Gebäudes, die z. B. durch eine Fangeinrichtung vor direkten Blitzeinschlägen geschützt ist. Gefahren und Schäden können durch das ungedämpfte magnetische Feld der Blitzentladung und induzierte Stoßströme auf Leitungen entstehen.

LPZ 1

Zone innerhalb des Gebäudes, in der noch mit energiereichen Überspannungen bzw. Stoßströmen und starken elektromagnetischen Feldern gerechnet wird.

LPZ 2

Zone innerhalb eines Gebäudes, in der mit bereits deutlich abgeschwächten Überspannungen bzw. Stoßströmen und elektromagnetischen Feldern gerechnet wird.

LPZ 3

Zone innerhalb des Gebäudes, in der nur noch mit extrem niedrigen oder gar keinen Überspannungen bzw. Stoßströmen und sehr schwachen bis nicht vorhandenen elektromagnetischen Feldern gerechnet wird.

An allen Leitungen, die Zonengrenzen kreuzen, müssen koordinierte Überspannungsschutzgeräte eingesetzt werden (Abb. 16). Deren Ableitvermögen richten sich nach der zu erreichenden Blitzschutzklasse, die nach gesetzlichen Vorgaben, nach behördlichen Vorgaben, nach behördlichen Vorgaben, nach behördlichen Vorgaben oder durch eine Risikoanalyse bestimmt wurde. Für die Auswahl der Überspannungsschutzgeräte ist gemäß der Norm davon auszugehen, dass 50 % des Blitzstroms zur Erde hin abgeleitet werden. Die anderen 50 % des Blitzstroms gelangen über den Hauptpotenzialausgleich in die elektrische Installation und müssen dort vom SPD-System abgeleitet werden.

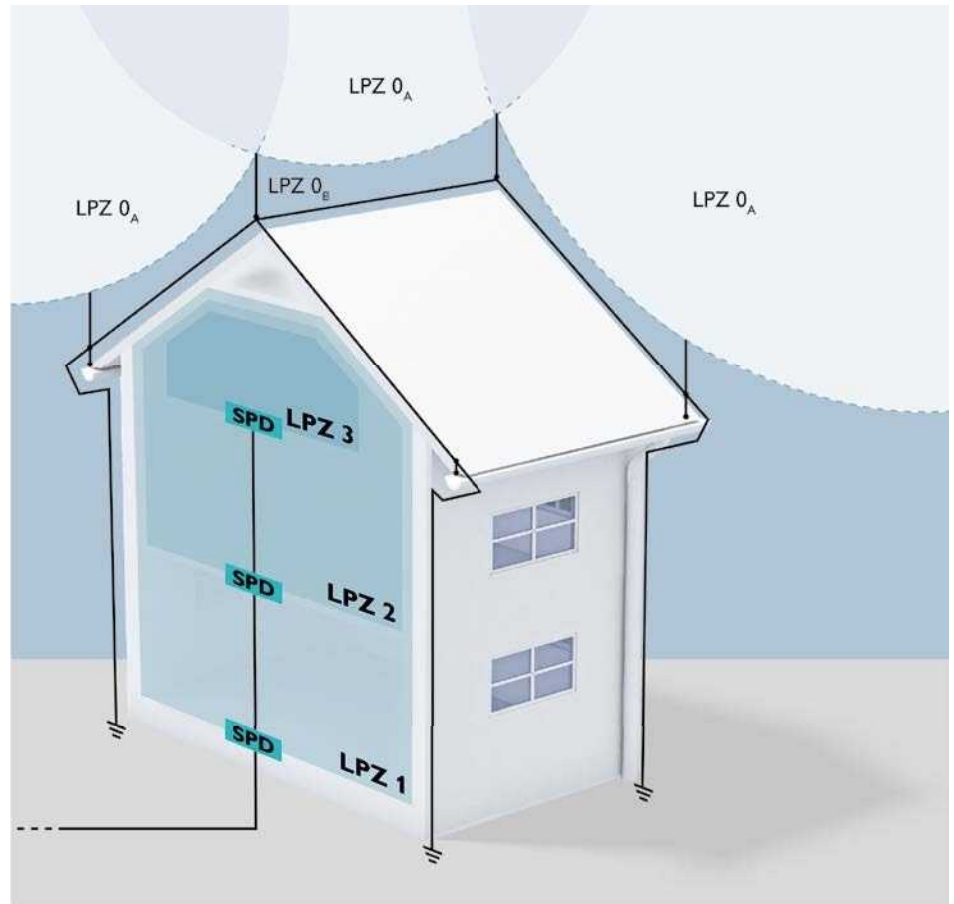


Abb. 16: Blitzschutzkonzept mit zueinander koordinierten SPDs an den jeweiligen Zonenübergängen

2.5 Das Schutzkreisprinzip

Eine anschauliche Darstellung des Blitzschutzkonzepts ist der sogenannte Schutzkreis (Abb. 17). Dabei ist gedanklich ein Kreis um das zu schützende Objekt zu ziehen. An allen Stellen, an denen Leitungen diesen Kreis schneiden, sind Überspannungsschutzgeräte zu installieren. Damit ist der Bereich innerhalb des Schutzkreises gesichert. Einkopplungen leitungsgebundener Überspannungen werden so abgemildert, dass ein wirkungsvoller Schutz erreicht wird.

Der Schutzkreis muss dabei alle elektrischen und elektronischen Übertragungsleitungen folgender Bereiche einschließen:

- Stromversorgung
- Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik
- Informationstechnik
- Sende- und Empfangsanlagen

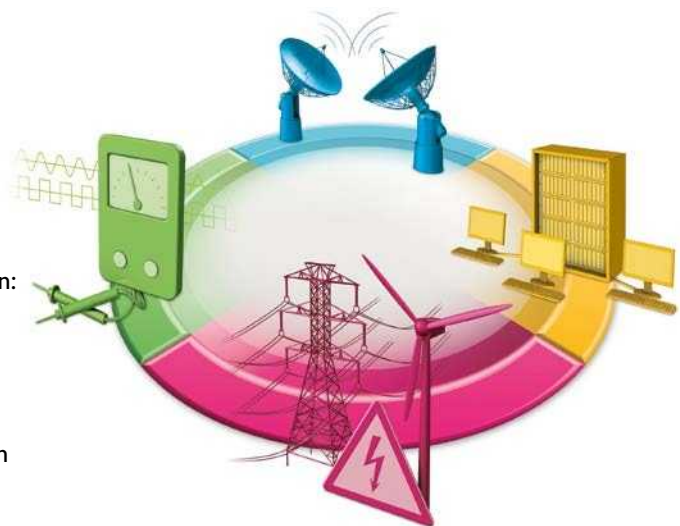


Abb. 17: Schutzkreis

3

Klassifizierung und Prüfung von Überspannungsschutzgeräten

Überspannungsschutzgeräte müssen definierte Schutzfunktionen und Leistungsparameter aufweisen, um für den Einsatz in entsprechenden Schutzkonzepten geeignet zu sein.

Dazu werden sie nach einer eigenen internationalen Produktnormenreihe entwickelt, geprüft und klassifiziert. Doch auch während des späteren Einsatzes muss die ordnungsgemäße Funktion und damit die Aufrechterhaltung der Schutzfunktion in regelmäßigen Abständen kontrolliert werden, wie es auch für andere sicherheitsrelevante Komponenten von elektrischen Installationen und elektronischen Systemen gefordert ist.

3.1 Anforderungen nach IEC 61643

Die Überspannungsschutzgeräte (SPDs) werden nach ihren Leistungswerten, abhängig von Schutzklasse und Einsatzort, allgemein klassifiziert, und zwar in der Produktnorm IEC 61643. Dort finden sich Begriffsdefinitionen, allgemeine Anforderungen und Prüfverfahren für Überspannungsschutzgeräte. Die Normenreihe enthält u. a.:

- IEC 61643-11: Überspannungsschutzgeräte für den Einsatz in Niederspannungsanlagen – Anforderungen und Prüfungen [6]
- IEC 61643-21: Überspannungsschutzgeräte für den Einsatz in Telekommunikations- und signalverarbeitenden Netzwerken – Leistungsanforderungen und Prüfverfahren [7]
- IEC 61643-31: Überspannungsschutzgeräte für den Einsatz in Niederspannungsanlagen – Anforderungen und Prüfungen für Überspannungsschutzgeräte für den Einsatz in Photovoltaik-Installationen [8]

Diese Reihe soll in Zukunft um folgenden Teil ergänzt werden:

- IEC 61643-41: Überspannungsschutzgeräte für den Einsatz in Nieder-Gleichspannungsanlagen – Anforderungen und Prüfungen



Abb. 18: IEC 61643 – Die Produktnorm für Überspannungsschutzgeräte

3.2 Wichtige Kenngrößen für Überspannungsschutzgeräte

Nennspannung (U_N)

Nennwert der Spannung des Strom- oder Signalkreises, bezogen auf den vorgesehenen Einsatz des SPDs.

Die angegebene Nennspannung für ein SPD entspricht der Systemspannung des typischen Einsatzorts des SPDs, für ein übliches Drehstromsystem also z. B. 230/400 V AC. Es können auch Systeme mit niedrigeren Systemspannungen durch das SPD geschützt werden. Bei höheren Systemspannungen muss von Fall zu Fall entschieden werden, ob das SPD eingesetzt werden kann und ob Einschränkungen dabei zu beachten sind.

Nennlaststrom (I_L)

Maximaler Effektivwert des Nennstroms, der zu einer an dem geschützten Ausgang des SPDs angeschlossenen Last fließen kann.

Dieser Maximalwert wird durch die betriebsstromführenden Teile innerhalb des SPDs vorgegeben, diese müssen der Dauerstrombelastung thermisch standhalten können.

Kurzschlussfestigkeit (I_{SCCR})

Höchster unbeeinflusster Kurzschlussstrom des elektrischen Netzes, für den das SPD in Verbindung mit der vorgelagerten Überstromschutzeinrichtung bemessen ist.

Die Kurzschlussfestigkeit gibt an, bis zu welchem prospektiven Kurzschlussstrom am Einbauort das SPD eingesetzt werden darf. Die entsprechenden Prüfungen zur Festlegung dieses Werts werden in Verbindung mit der maximal zulässigen vorgelagerten Überstromschutzeinrichtung (overcurrent protective device, OCPD) durchgeführt. Im Fall der speziellen Überspannungsschutzgeräte für Photovoltaikanlagen entspricht der Wert I_{SCPV} dem maximalen Gleichstrom-Kurzschlussstrom einer Anlage, bis zu dem das SPD eingesetzt werden darf.

Höchste Dauerspannung (U_C)

Höchster Effektivwert der Spannung, die dauernd an den Anschlüssen des SPDs angelegt werden darf.

Die höchste Dauerspannung muss mindestens 10 % über dem Wert der Nennspannung liegen. In Systemen mit größeren Spannungsschwankungen müssen SPDs eingesetzt werden, die einen größeren Abstand zwischen U_C und U_N aufweisen.

Schutzpegel (U_p)

Maximale Spannung, die an den Anschlussklemmen des SPDs während der Belastung mit einem Impuls festgelegter Spannungssteilheit und Belastung mit einem Ableitstoßstrom gegebener Amplitude und Wellenform auftreten kann.

Dieser Wert charakterisiert die Überspannungsschutzwirkung des SPDs. Im Fall einer Überspannung oder eines Stoßstroms innerhalb der Leistungsparameter des SPDs wird die Spannung an den geschützten Anschlüssen des SPDs sicher auf maximal diesen Wert begrenzt.

Blitzstoßstrom (I_{imp})

Scheitelwert des durch das SPD fließenden Stroms mit der Impulsform (10/350 μ s).

Die Impulsform (10/350 μ s) eines Stoßstroms wird für die Simulation des Stromverlaufs von direkten Blitzeinschlägen verwendet. Der Wert des Blitzstoßstroms wird für die speziellen Prüfungen eines SPDs zum Nachweis der Tragfähigkeit in Bezug auf energiereiche Blitzströme verwendet. Je nach vorgegebener Blitzschutzklasse für ein Blitzschutzsystem müssen die SPDs entsprechende Mindestwerte in Bezug auf diesen Scheitelwert erfüllen.

Nennableitstoßstrom (I_n)

Scheitelwert des durch das SPD fließenden Stroms mit der Impulsform (8/20 μ s).

Die Impulsform (8/20 μ s) eines Stoßstroms ist charakteristisch für die Auswirkungen eines indirekten Blitzeinschlags oder einer Schalthandlung. Der Wert des Nennableitstoßstroms wird für eine Vielzahl an Prüfungen eines SPDs verwendet, u. a. auch zur Bestimmung des Schutzpegels. Je nach vorgegebener Blitzschutzklasse für ein Blitzschutzsystem müssen die SPDs entsprechende Mindestwerte in Bezug auf diesen Scheitelwert erfüllen.

Leerlaufspannung (U_{OC})

Leerlaufspannung des Hybridgenerators an den Anschlusspunkten des SPD.

Ein Hybridgenerator erzeugt einen sogenannten kombinierten Stoß, d. h. er liefert im Leerlauf einen Spannungsimpuls definierter Impulsform, in der Regel (1,2/50 μ s), und im Kurzschluss einen Stromimpuls definierter Impulsform, in der Regel (8/20 μ s). Der kombinierte Stoß ist charakteristisch für die Auswirkungen von induzierten Überspannungen. Je nach vorgegebener Schutzklasse für ein Blitzschutzsystem müssen die SPDs entsprechende Mindestwerte in Bezug auf diesen Wert erfüllen.

Normative Stoßstrom- und Stoßspannungsimpulse

Die spannungsbegrenzende Funktion der SPDs wird u. a. durch Stoßströme der Impulsform (8/20 μ s) (Abb. 19) geprüft, d. h. mit einer Anstiegszeit von 8 μ s und einer Rückenhalbwertszeit von 20 μ s. Diese Impulsform gibt auch Aufschluss über das dynamische Ansprechverhalten des SPDs. Für spannungsschaltende SPDs, wie Funkenstrecken oder gasgefüllte Überspannungsableiter, wird dieses Ansprechverhalten zusätzlich mit einem sehr schnellen Stoßspannungsimpuls der

Impulsform (1,2/50 μ s) (Abb. 20) geprüft. SPDs, die für den Schutz vor direkten Blitzströmen konzipiert sind, werden zusätzlich mit Stoßströmen der Impulsform (10/350 μ s) (Abb. 21) geprüft. Die Amplitude richtet sich dabei nach dem vom Hersteller für das Gerät spezifizierten Blitzstoßstrom. Diese Impulsform enthält bei gleicher Amplitude ein Vielfaches an elektrischer Ladung im Vergleich zur (8/20 μ s) Impulsform. Sie belastet damit das SPD energetisch deutlich stärker.

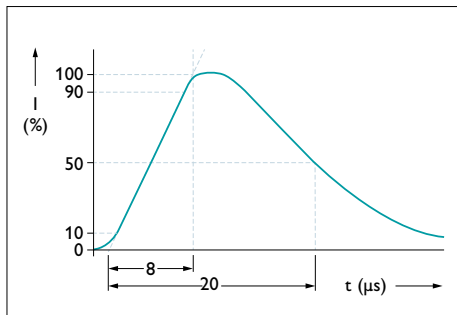


Abb. 19: Verlauf eines (8/20 μ s)-Stoßstromimpulses

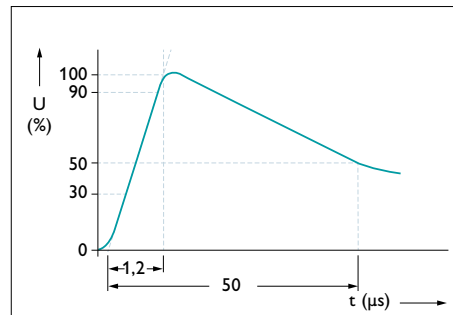


Abb. 20: Verlauf eines (1,2/50 μ s)-Stoßspannungsimpulses

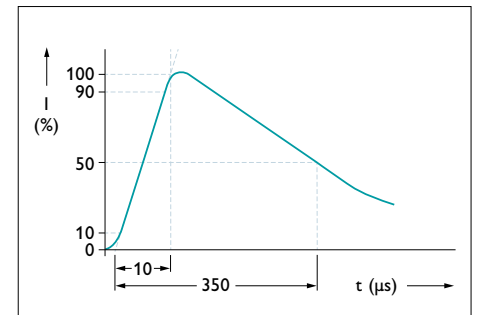


Abb. 21: Verlauf eines (10/350 μ s)-Stoßstromimpulses

3.3 Wartung und Prüfung nach IEC 62305

Um eine hohe Anlagenverfügbarkeit zu erreichen, müssen Anlagenbetreiber ihre elektrische Anlage regelmäßig inspizieren und warten (Tabelle 1). Dies wird, abhängig vom jeweiligen Anlagentyp, von Gesetzgebern, Aufsichtsbehörden oder Berufsgenossenschaften vorgeschrieben. Die regelmäßige Prüfung und Wartung von Blitzschutzsystemen – äußerem

und innerem Blitzschutz – wird ebenfalls in Anhang E.7 der Blitzschutznorm IEC 62305-3 [3] gefordert. Für die fachgerechte Prüfung von Blitzschutzsystemen sind besondere Kenntnisse erforderlich. Deshalb wird dort gefordert, dass diese Prüfung von einer sogenannten Blitzschutz-Fachkraft durchgeführt wird. Eine Prüfung der SPDs ist

dabei ebenfalls Bestandteil. Die Norm verpflichtet auch dazu, die Wartung ordnungsgemäß zu dokumentieren. Die drei folgenden Punkte sind besonders zu beachten:

| Blitzschutzklasse | Sichtprüfung (Jahre) | Umfassende Prüfung (Jahre) | Umfassende Prüfung bei kritischen Situationen (Jahre) |
|-------------------|----------------------|----------------------------|---|
| I und II | 1 | 2 | 1 |
| III und IV | 2 | 4 | 1 |

Tabelle 1: Prüfintervalle nach IEC 62305-3 [3]

- „Umfassende Prüfungen bei kritischen Situationen“ beziehen sich auf bauliche Anlagen, die sensible Systeme enthalten oder auf Anlagen mit einer größeren Anzahl an Personen.
- Explosionsgeschützte, bauliche Anlagen sollten alle 6 Monate einer Sichtprüfung unterzogen werden. Der elektrische Test der Installationen sollte einmal im Jahr durchgeführt werden.
- Für Anlagen mit hohen sicherheitstechnischen Anforderungen kann z. B. der Gesetzgeber eine umfassende Prüfung vorschreiben. Das kann nötig werden, wenn ein Blitzeinschlag innerhalb eines bestimmten Radius um die jeweilige Anlage stattgefunden hat.

3.3.1 Elektrische Prüfung

An dieser Stelle ergibt sich die Frage, was genau eine umfassende Prüfung leisten soll. Eine Sichtprüfung allein lässt häufig nicht zuverlässig auf die Funktionstüchtigkeit eines SPDs schließen. Eine elektrische Prüfung hingegen kann das Leistungsvermögen von SPDs eindeutig nachweisen.

Bei der elektrischen Prüfung von SPDs, die eine reale Überspannung simuliert, wird die Prüfspannung so gewählt, dass das SPD „arbeitet“, d. h. leitfähig wird. Die Messergebnisse werden danach mit Referenzwerten verglichen und bewertet.

3.3.2 Prüfgerät CHECKMASTER 2

Der CHECKMASTER 2 (Abb. 22) ist ein tragbares, robustes und einfach bedienbares Hochspannungsprüfgerät von Phoenix Contact für steckbare Überspannungsschutzgeräte. Es führt eine automatische, elektrische Prüfung von steckbaren SPDs durch.

Vorteile

Das modular aufgebaute und intelligente Prüfgerät ist mit einem Bedienbildschirm, einem Barcode-Scanner, einer speicherprogrammierbaren Steuerung sowie einem fernsteuerbaren und strombegrenzenden Hochspannungsnetzteil ausgestattet. Durch Prüfadapter kann der CHECKMASTER 2 einfach an unterschiedliche Überspannungsschutzgeräte angepasst werden. Diese Prüfadapter können werkzeuglos ausgetauscht werden, ohne das Prüfgerät ausschalten zu müssen.

Der CHECKMASTER 2 erkennt nicht nur defekte Überspannungsschutzgeräte. Er ist auch in der Lage, bereits vorgeschädigte Überspannungsschutzgeräte zu erkennen, deren elektrische Parameter sich am Rand des definierten Toleranzbereichs befinden.

Um auch Überspannungsschutzgeräte prüfen zu können, die zukünftig neu entwickelt werden, können per USB-Stick Software-Updates durchgeführt werden. Diese stehen für die Bauteile-Datenbank, die Firmware und die Bediensprachen zur Verfügung.

Das Prüfprotokoll mit Prüfergebnissen, Einbauorten und alphanumerischen

Werten wird netzausfallsicher gespeichert und kann per USB-Schnittstelle auf einem USB-Stick gespeichert werden. Es kann mit Standard-Office-Software (MS-Word, MS-Excel usw.) weiterverarbeitet werden.

CHECKMASTER 2

Der CHECKMASTER 2 ermöglicht eine komfortable und vollautomatische Prüfung steckbarer Überspannungsschutzgeräte. Vorgeschädigte und überlastete Überspannungsschutzgeräte werden sicher erkannt und können vorbeugend ausgetauscht werden. Alle Prüfergebnisse werden normgerecht dokumentiert.



Abb. 22: Hochspannungsprüfgerät CHECKMASTER 2

3.4 Impuls- und Hochstromprüftechnik

Überspannungsschutzgeräte sind umso wirkungsvoller, je genauer sie auf die Anforderungen und Besonderheiten ihres Anwendungsgebiets zugeschnitten sind. Die Entwicklung von Überspannungsschutzgeräten verlangt daher eine labortechnische Nachbildung der Einsatzbedingungen – genauer gesagt, der elektrischen Bedingungen sowie der zu erwartenden Überspannungseignisse.

Realitätsnahe Nachbildung von Überspannungseignissen

Für die prüftechnische Qualifizierung von leistungsfähigen SPDs aller Typen muss das Kurzschlussverhalten von leistungsfähigen Niederspannungs-Stromversorgungssystemen nachgebildet werden. Hierfür wird ein einstellbarer Drehstromtransformator mit einem anpassbaren Kurzschlussstromverhalten eingesetzt. Diese Nachbildung wird mit einem Stoßstromgenerator gekoppelt, der Stoßströme erzeugt, die typischerweise durch transiente Überspannungseignisse hervorgerufen werden. Nur mit einer derartigen Prüfanordnung können die Leistungsfähigkeit der Schutzgeräte sowie deren Wechselwirkungen mit unter-

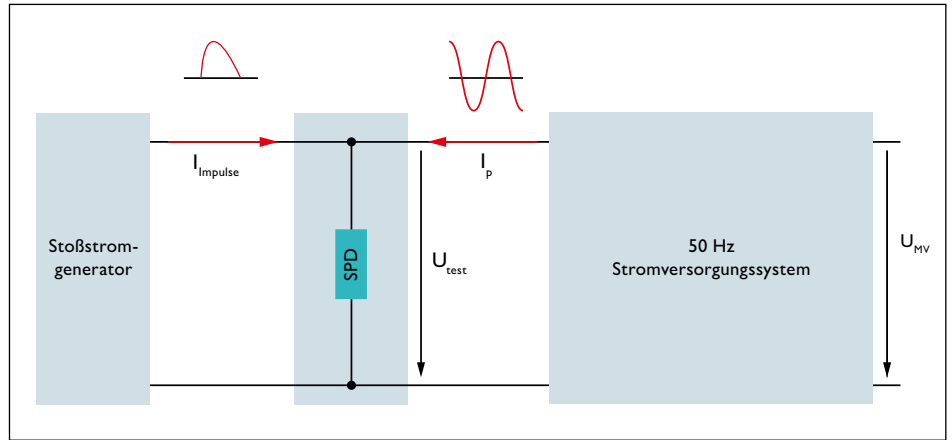


Abb. 24: 50-Hz-Hochstromprüfanlage zur Nachbildung unterschiedlicher Niederspannungs-Stromversorgungssysteme

schiedlichen Stromversorgungssystemen bestimmt werden. Die Norm IEC 61643-11 [6] beschreibt in diesem Zusammenhang einen Prüfablauf, der als Arbeitsprüfung bezeichnet wird. Bei dieser Prüfung wird das Überspannungsschutzgerät mit Stoßstromimpulsen beaufschlagt, während es gleichzeitig an ein definiertes parametrisiertes Stromversorgungssystem angeschlossen ist. Der prinzipielle Aufbau einer derartigen Prüfanlage – im Wesentlichen bestehend aus Stoßstrom-

generator, Überspannungsschutzgerät und netzfrequentem Stromversorgungssystem – ist in Abb. 24 dargestellt.

Simulation von Blitzstoßströmen

Stoßstromgeneratoren (Abb. 27) sind wichtige Bestandteile des Hochstromlabors: Sie ermöglichen, das Ableitvermögen zu bestimmen, Bauteile des äußeren Blitzschutzes zu testen und auch die Funktion von Überspannungsschutzkonzepten nachzuweisen. Sie simulieren



Abb. 23: Widerstände und Induktivitäten auf der Hoch- und Niederspannungsseite des Prüftransformators



Abb. 25: Prüfplätze der Hochstromprüfanlage



Abb. 26: Vollautomatisierte Prüfanlage zur Bestimmung des Überlast- und Ausfallverhalten von Überspannungs-Schutzgeräten gemäß IEC 61643-11 [6]



Abb. 27: Blitzstoßstromgenerator

Blitzstoßströme mit Amplituden bis zu 100 kA der Impulsform (10/350 μ s) und Stoßströme z. B. aus Schaltüberspannungen mit Amplituden von 200 kA und mehr der Impulsform (8/20 μ s).

Vollautomatische Prüfungen

Die Anforderungen an Überspannungsschutzgeräte gemäß IEC 61643-11 [6] verlangen Prüfungen (Abb. 26), die das Überlast- und Ausfallverhalten bewerten. Eine wichtige Prüfung, die eine Alterung des Überspannungsschutzgeräts infolge steigender Leckströme simuliert, ist die sogenannte Prüfung der thermischen Stabilität. Die Versuchsdurchführung kann dabei über mehrere Stunden andauern. Ähnlich zeit- und ressourcenintensive Prüfsequenzen sind in IEC 61643-21 [7] für SPDs zum Einsatz in Signalübertragungskreisen definiert.

Akkreditierung nach DIN EN ISO/IEC 17025

Nicht nur die technische Ausstattung des Prüflabors zählt: Ebenso wichtig sind die fachliche Kompetenz der Mitarbeiter, die Wirksamkeit eines Managementsystems zur Qualitätssicherung sowie Unabhängigkeit und Überparteilichkeit der Prüfkriterien. Die wesentlichen

Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboren sind in DIN EN ISO/IEC 17025 beschrieben. Die Umsetzung und Einhaltung dieses Standards kann z. B. durch die Deutsche Akkreditierungsstelle (DAkkS) überprüft und bestätigt werden.

Laborbetrieb auf höchstem Niveau

- Jedes Überspannungseignis lässt sich nachbilden. Phoenix Contact kann alle Niederspannungs-Stromversorgungssysteme in ihren Eigenschaften realitätsnah nachbilden – in der eigenen, dreiphasig ausgeführten 50-Hz-Hochstromprüfanlage. Sie erzeugt höchste Kurzschlussströme von bis zu 50000 A. Zudem lassen sich die Prüfparameter sehr fein abstimmen und einstellen – die ideale Grundlage, um maßgeschneiderte Überspannungsschutzkonzepte zu entwickeln.
- Leicht reproduzierbare Prüfergebnisse, effizienter Prüfbetrieb. Das Labor von Phoenix Contact ist hochgradig automatisiert und eignet sich somit ideal für ein kontinuierliches Qualitäts-Monitoring.
- Nachweislich höchste und unabhängig bestätigte Qualität. Das Impuls- und Hochstromlabor von Phoenix Contact ist nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiert.

4 Qualitätsmerkmale von Überspannungsschutzgeräten

Die Qualität und Leistungsfähigkeit von Überspannungsschutzgeräten ist für einen Kunden schwer zu beurteilen. Die korrekte Funktionsweise kann nur in entsprechend ausgestatteten Laboren geprüft werden. Neben dem äußeren Erscheinungsbild und der Haptik können also nur die vom Hersteller spezifizierten technischen Daten eine Orientierung bieten. Umso wichtiger ist eine zuverlässige Aussage des Herstellers über die Leistungsfähigkeit des SPDs und das Bestehen der normativ verankerten Prüfungen im jeweiligen Teil der Normenreihe IEC 61643.

4.1 CE-Konformitätserklärung

Eine erste Qualitätsaussage ist die CE-Konformitätserklärung. Sie bezeugt die Übereinstimmung des Produkts mit der Niederspannungsrichtlinie 2014/35/EU der Europäischen Union. Für Überspannungsschutzgeräte wird vor allem die Erfüllung der Prüfanforderungen der Normenreihe EN 61643, die auf der Reihe IEC 61643 basiert, als Basis für die Bewertung herangezogen. Bitte beachten Sie: Die CE-Konformitätsbewertung und -erklärung erfolgt durch den Hersteller. Sie ist damit kein Prüfsiegel eines unabhängigen Instituts oder eine sonstige Bescheinigung einer

Untersuchung und Bewertung des Produkts durch Dritte. Das CE-Siegel bedeutet lediglich, dass der Hersteller die Einhaltung der einschlägigen Vorschriften in Bezug auf sein Produkt bestätigt. Beim Beweis von Nicht-Einhaltung der einschlägigen Vorschriften oder Missbrauch der CE-Kennzeichnung können rechtliche Schritte eingeleitet werden, die bis zum Verbot des Inverkehrbringens durch die europäische Marktaufsicht reichen können.



Offizielles CE-Logo zur Kennzeichnung von Produkten

4.2 Unabhängige Produktzertifizierungen

Ein echter Qualitätsnachweis sind Produktzertifizierungen unabhängiger Prüfinstitute. Sie können die Erfüllung der jeweiligen normativen Prüfanforderungen bestätigen. Darüber hinaus können sie zusätzliche Eigenschaften der Produkte dokumentieren, wie z. B. die Unempfindlichkeit gegenüber Schock- und Vibrationseinwirkungen oder Sicherheitsanforderungen bestimmter Binnenmärkte.

Die normativen Anforderungen an SPDs setzen teils sehr aufwändige Prüfungen voraus, die nur wenige Prüflabore auf der Welt in vollem Umfang durchführen können. Bei immer mehr Herstellern und Anbietern von SPDs, gerade im Niedrigpreissegment, sind zudem die Angaben zur Leistungsfähigkeit der Geräte in Frage zu stellen. So kommt der unabhängigen Zertifizierung

von SPDs und damit der Bestätigung der Leistungsangaben eine immer größere Bedeutung zu.

KEMA, VDE, ÖVE und mehr

Diese Prüfzeichen unabhängiger Prüfinstitute bestätigen z. B. die Erfüllung des aktuellen Stands der jeweiligen Prüfanforderungen der Normenreihe IEC 61643.

UL, CSA, EAC und mehr

Diese Zertifizierungen sind Beispiele für Anforderungen bestimmter Binnenmärkte.

UL und CSA stellen dabei in eigenen Standards Sicherheitsforderungen an die Produkte für den nordamerikanischen Markt oder Gebiete mit amerikanischem Einfluss. EAC hingegen ist eine eher administrative Freigabe der Produkte für

den eurasischen Wirtschaftsraum. Sie gleicht der CE-Konformitätserklärung und kann auch auf deren Basis erlangt werden.

GL, ATEX, IECEx und mehr

Diese Zulassungen zertifizieren das Verhalten der Produkte unter bestimmten Umgebungsbedingungen.

GL bescheinigt dabei die Unempfindlichkeit der Produkte gegenüber äußeren Einflüssen im maritimen Umfeld bzw. auf See, wie z. B. Schock, Vibrationen, Luftfeuchte oder Salzkonzentration.

ATEX und IECEx bestätigen wiederum die Eignung der Produkte für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen, wie sie z. B. häufig in der Prozessindustrie existieren.



Abb. 28: Produktzertifizierungen unabhängiger Prüfinstitute

Unabhängig bestätigte Qualität

Phoenix Contact lässt weite Teile seines Produktspektrums im Überspannungsschutz durch unabhängige Prüfinstitute zertifizieren. Dadurch wird Normenkonformität und höchste Produktqualität für den Anwender nachgewiesen.

4.3 Kompetenz im Überspannungsschutz

Applikationsverständnis

Die Weiterentwicklung der elektrischen Anlagen- und Systemtechnik führt immer wieder zu neuen Technologien und infolgedessen auch zu völlig neuartigen technischen Lösungen, die sehr spezifische Anforderungen an den Überspannungsschutz stellen. Ein Beispiel ist die Systemtechnik zur Nutzung regenerativer Energien (Photovoltaik und Windkraft). Deshalb ist es wichtig, das jeweils zu schützende System und dessen Umgebung sehr genau zu verstehen, um maßgeschneiderte Überspannungsschutzgeräte zu entwickeln.

Forschung und Entwicklung

Grundlage der Weiterentwicklung ist ein intensives Engagement in der Grundlagenforschung und Technologieentwicklung. Folgende Aufgaben stellen sich dabei:

- Präzise Anforderungen an Überspannungsschutzgeräte bestimmen (Schutzziele)
- Neue, geeignete Materialien für Anwendungen erforschen

- Innovative Basistechnologien erschließen und beherrschen
- Entwicklungsprozesse strukturieren
- Neue Schutzkonzepte sowie -geräte mit maßgeschneiderten Eigenschaften entwickeln

Prüfung und Qualifikation

Prüfanlagen, die reale Bedingungen nachbilden können, sind für die Entwicklung von Überspannungsschutzkonzepten und -geräten dringend notwendig. Das gilt ebenso für den labortechnischen Versuch.

Produktion und Qualitätssicherung

Die Produktion von marktgerechten Überspannungsschutzgeräten auf höchstem Qualitätsniveau verlangt bereits in der Entwicklungsphase dieser Produkte die Berücksichtigung prozess- und -verfahrensrelevanter Aspekte. Dies setzt eine frühzeitige Verzahnung der Produktentwicklungsaktivitäten mit der Prozess- und Verfahrensentwicklung voraus.

Von Bedeutung sind qualitätssichernde Maßnahmen, die in der Serienfertigung als Stückprüfungen ausgeführt werden sollten. Für Überspannungsschutzgeräte sind z. B. zerstörende Prüfungen sinnvoll, die die Produkteigenschaften bis zur Leistungsgrenze und darüber hinaus erfassen. So lassen sich mögliche Abweichungen in Fertigungsprozessen und damit der Produktqualität frühzeitig erkennen.



Abb. 29: Praxisnah an der Applikation

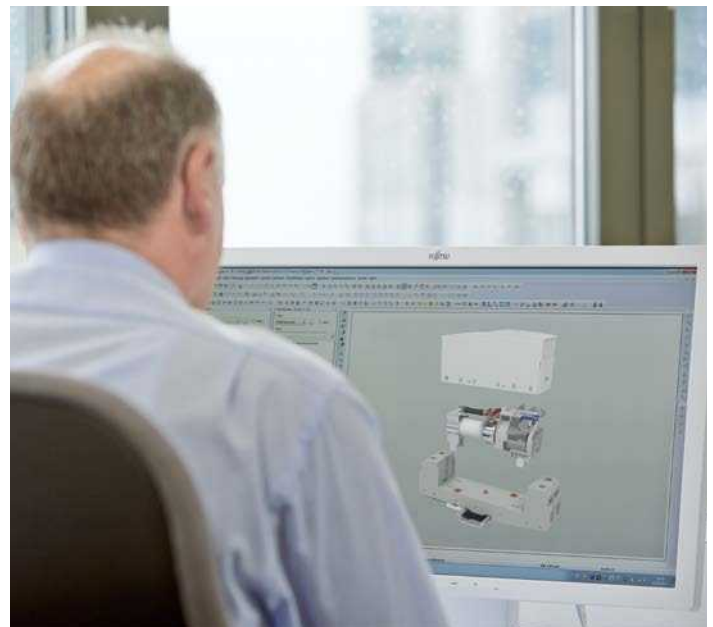


Abb. 30: Forschungsgeprägte Entwicklung

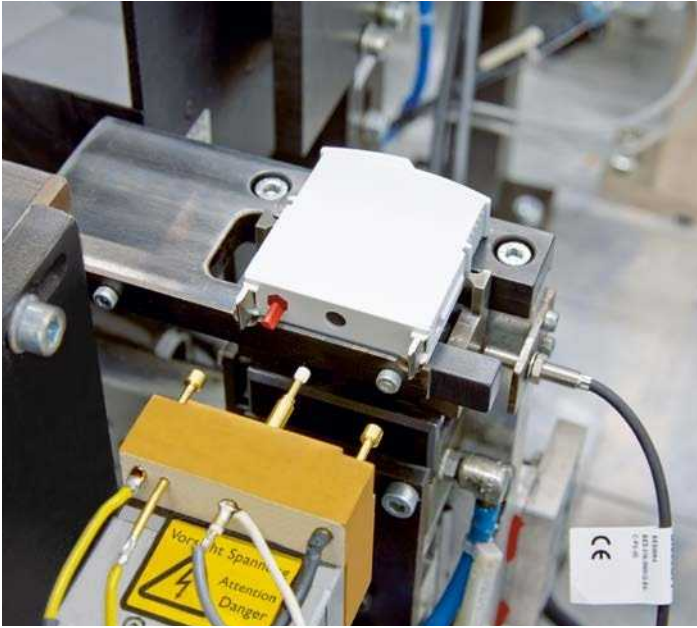


Abb. 31: Qualitätssicherung im Produktionsprozess



Abb. 32: Realitätsnahe Prüfbedingungen

Partner mit Erfahrung und Know-how

Mit Phoenix Contact als Anbieter von Lösungen im Bereich des Überspannungsschutzes profitieren Sie von vielen Vorteilen:

- Grundlagenforschung und Technologieentwicklung im eigenen Haus, die gezielt neue Technologien und Werkstoffe für den Überspannungsschutz erschließen und nutzbar machen.
- Produktentwicklung im Netzwerk durch Technologie- und Hochschulkooperationen sowie aktive Mitarbeit in relevanten nationalen und internationalen Gremien und Arbeitskreisen.
- Betrieb eines eigenen, nach ISO/IEC 17025 akkreditierten Impuls- und Hochstromlabors, das die vollumfängliche Qualifikation von Überspannungsschutzgeräten gemäß allen gängigen Standards im Bereich des Blitz- und Überspannungsschutzes ermöglicht.
- Enge Verzahnung von Produkt-, Verfahrens- und Prozessentwicklung, die es ermöglicht, dass Fertigungsaspekte, die notwendig sind, um Produkte auf höchstem Qualitätsniveau zu garantieren, von Beginn an bei der Produktgestaltung berücksichtigt werden.
- Standardisierte Qualitätsüberprüfungen, die als automatisierte Stückprüfungen fertigungsprozessbegleitend und zudem chargenbezogen in einer zerstörenden Stichprobenprüfung durchgeführt werden und somit Produkte auf höchstem Qualitäts- und Sicherheitsniveau garantieren.

5 Blitzstrom-Messsystem

Blitzeinschläge verursachen verheerende Beschädigungen an Gebäuden und Anlagen. Sie gefährden besonders exponiert gelegene Bauwerke, wie Offshore-Windparks, Funkmasten, Freizeitanlagen oder hohe Gebäude. Eine kontinuierliche Beobachtung durch Personen ist bei exponiert gelegenen oder großflächigen Anlagen nahezu unmöglich, sodass Zerstörungen zu spät bemerkt werden.

Das Blitzstrom-Messsystem LM-S erfasst und analysiert Blitzeinschläge in Echtzeit. Es informiert online über die Stärke des Einschlags auf Basis der Wirkungsparameter von Blitzentladungen. Durch Zusammenführen der Betriebsparameter der Anlage und der Messdaten bietet das System eine fundierte Entscheidungsgrundlage für Kontroll- und Wartungseinsätze.

5.1 Intelligente Überwachung

Blitzeinschläge können verheerende Schäden an Gebäuden und Anlagen verursachen. Es kann dabei zu massiven Zerstörungen kommen, die auch Folgeschäden verursachen können.

Der Schaden ist vordergründig von der Ladung des Blitzes abhängig. Aber auch die Ausführung des Blitz- und Überspannungsschutzkonzepts hat Einfluss auf das Schadensausmaß.

Besonders blitzgefährdete Anlagen sind exponiert gelegen oder großflächig, z. B. Windkraftanlagen, Energieerzeugungsanlagen, großflächige Industriebetriebe und Bahnanlagen. Bei derartigen Anlagen ist eine lückenlose Blitzschutzmaßnahme grundsätzlich sehr schwierig, unter Umständen sogar unmöglich

umzusetzen. Zerstörungen oder Beschädigungen der Anlage werden daher oft erst durch Folgeschäden bemerkt.

Daher werden immer häufiger intelligente Monitoring-Systeme eingesetzt. Sie überwachen kontinuierlich den Zustand einer Anlage. Besondere Ereignisse und Parameterabweichungen melden sie unmittelbar an eine zentrale Auswerteeinheit. Das hilft, auf mögliche Störungen bzw. Schäden sofort zu reagieren und somit Folgeschäden sowie lange Ausfallzeiten zu vermeiden.

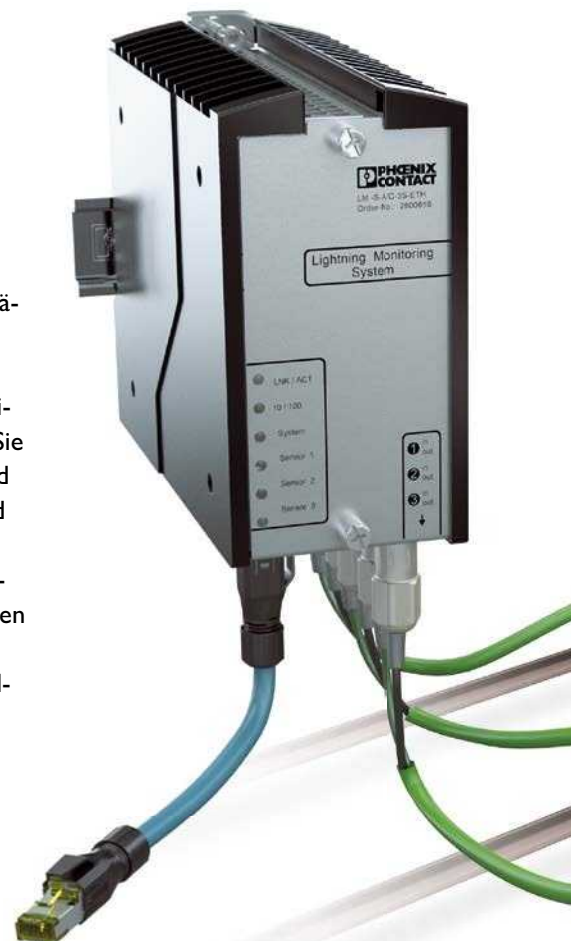


Abb. 33: Lightning Monitoring System

5.2 Blitzstromerfassung

Das Blitzstrom-Messsystem LM-S (Abb. 33) bietet die Möglichkeit einer Blitzstromerfassung: Schlägt ein Blitz in eine Fangstange ein, so baut sich ein Magnetfeld um die blitzstromführende Ableitung auf. Der sog. Faraday-Effekt besagt, dass ein solches Magnetfeld die Polarisation von Lichtwellen verändern kann. Um letztendlich den Blitzstrom zu messen, nutzt das LM-S diesen Effekt. Dazu wird ein Lichtsignal vor der Messstrecke des Sensors polarisiert. Durch das Magnetfeld wird dann innerhalb der Messstrecke die Polarisationssebene des Lichtsignals gedreht. Mit Hilfe eines weiteren Polarisationsfilters kann die Drehung der Polarisationssebene des Lichts bestimmt werden und daraus wiederum die Stärke des Magnetfelds, das auf die Messstrecke eingewirkt hat. Die charakteristischen Kennwerte des Blitzereignisses – Amplitude, Blitzstromsteilheit, spezifische Energie und Ladung

– können so von der Auswerteeinheit ermittelt und mit Datum und Uhrzeit des Blitzereignisses gespeichert werden.

Wenn in Gebäuden oder Windenergieanlagen Blitzereignisse gemessen werden, sind jederzeit Rückschlüsse aus der Relation zwischen den Blitzparametern und der damit verbundenen möglichen Schädigungen oder Zerstörungen möglich.

Auch bei einer Schadensregulierung werden Informationen über Blitzereignisse mit Hilfe von Blitzinformationssystemen eingeholt. Diese Systeme können einen Blitzereignis mit einer Genauigkeit von 200 Metern orten. Aber ob und an welcher Stelle der Blitz ein Gebäude oder eine Anlage getroffen hat, das kann nur mit einem Blitzstrom-Messsystem wie dem LM-S bestimmt werden.

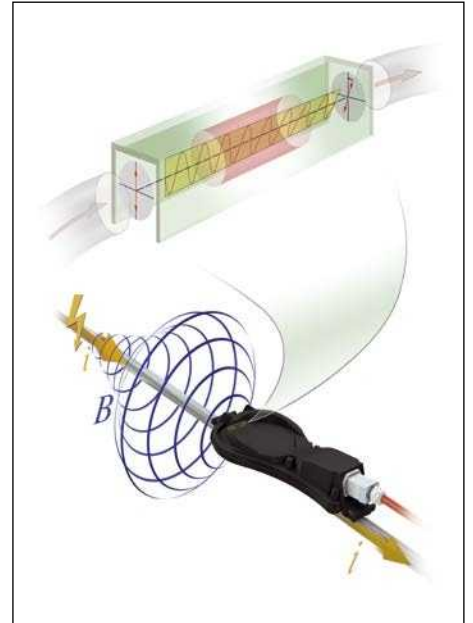


Abb. 34: Funktionsprinzip Faraday-Effekt



Blitzstrom-Messsystem LM-S

Das Lightning Monitoring System erfasst Blitzereignisse in das Blitzschutzsystem eines Gebäudes oder einer Anlage. Alle Messdaten stehen für eine Fernabfrage über diverse Schnittstellen wie das integrierte Web-Interface oder Modbus bereit. Die gemessenen Größen der Blitzentladung sind dabei:

- Amplitude I_{peak}
- Gradient di/dt
- Ladung Q
- Spezifische Energie W/R



Abb. 35: Burj-Khalifa-Anwendung LM-S

6 Einsatzgebiete

Die Normenreihe IEC 61643 unterteilt die Anwendungsgebiete, in denen Überspannungs-Schutzgeräte eingesetzt werden, in Niederspannungsanlagen, Telekommunikations- und signalverarbeitende Netzwerke sowie Photovoltaikinstallationen. Generell gibt es in allen Bereichen sehr unterschiedliche, individuelle Systemvoraussetzungen. Dementsprechend können auch die Lösungen bzw. die Schritte dorthin sehr verschieden aussehen. Es lohnt sich, diese Anwendungen genauer zu betrachten.

6.1 Schutz von Wechselspannungssystemen

6.1.1 SPD-Typen und Technologien

Das Blitzschutzzonen-Konzept sieht an allen Leitungen, die Zonengrenzen kreuzen, zueinander koordinierte Überspannungs-Schutzgeräte vor. Deren Leistungswerte richten sich nach der zu erreichenden Schutzklasse.

Je nach Zonenübergang sind daher verschiedene SPDs nötig (siehe Tabelle 2). Die Anforderungen an die einzelnen SPD-Typen sind in der Norm für Überspannungs-Schutzgeräte für den Einsatz in Niederspannungsanlagen IEC 61643-11 [6] definiert.

Daraus leitet sich ein mehrstufiges Schutzkonzept ab (Abb. 36).

| Zonenübergang | SPD-Typ | Bezeichnung |
|----------------------------|---------|------------------------------------|
| LPZ 0 _A → LPZ 1 | Typ 1 | Blitzstromableiter / Kombiableiter |
| LPZ 0 _B → LPZ 1 | Typ 2 | Überspannungsableiter |
| LPZ 1 → LPZ 2 | Typ 2 | Überspannungsableiter |
| LPZ 2 → LPZ 3 | Typ 3 | Geräteschutz |

Tabelle 2: Blitzschutzzonen-Übergang und zugehöriger SPD-Typ

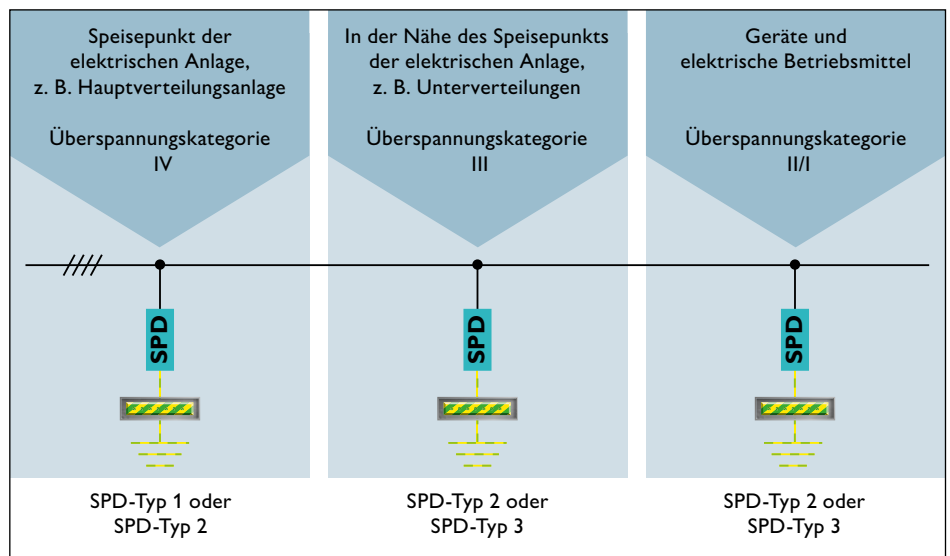


Abb. 36: Mehrstufiges Schutzkonzept

Die Mehrstufigkeit begrenzt den Gefährdungspegel von Zone zu Zone. Die Amplituden und spezifischen Energien der zu erwartenden Überspannungen bzw. Stoßströme nehmen immer weiter ab. Damit sinkt auch der Spannungswert, auf den die einzelnen SPDs Überspannungen begrenzen müssen. Dies wird durch entsprechend niedrige Schutzpegel der SPDs erreicht, diese richten sich nach der Isolationsfestigkeit der zu schützenden Betriebsmittel in unmittelbarer Nähe. Die Isolationsfestigkeit wird nach IEC 60664-1 [9] in den Überspannungskategorien I bis IV (Tabelle 3) angegeben.

6.1.2 Typ 1: Blitzstromableiter / Kombiableiter

Überspannungsschutzgeräte vom Typ 1 müssen die höchsten Anforderungen in Bezug auf Amplitude und spezifische Energie von Stoßströmen erfüllen, denn sie sollen auch vor den Auswirkungen direkter Blitzeinschläge schützen. In der typischen Installationsumgebung der Hauptverteilung ist auch der Anspruch an die Kurzschlussfestigkeit sehr hoch. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, wird eine leistungsstarke Technologie benötigt, z. B. die Funkenstreckentechnologie.

Funkenstreckentechnologie

Das Funktionsprinzip einer Funkenstrecke stellt sich zunächst recht einfach dar: Zwei Elektroden stehen sich in einem definiertem Abstand gegenüber. Getrennt durch ein Medium, wie z. B. Luft, wirkt diese Anordnung zunächst isolierend (Abb. 37). Liegt zwischen beiden Elektroden eine Spannung an, die die Durchschlagfestigkeit von Luft (ca. 3 kV/mm) auf diesem Abstand z. B. aufgrund einer Überspannung übersteigt, kommt es zur Ausprägung eines Lichtbogens. Im Vergleich zum isolierenden Zustand mit einem Widerstand im Gigaohmbereich ist die Impedanz des Lichtbogens verschwindend gering und damit auch der

| Nennspannung des Stromversorgungssystems | | Spannung Leiter-zu-Neutralleiter, abgeleitet von der Nennwechsel- oder Nenngleichspannung bis einschließlich | Bemessungsstoßspannung | | | |
|--|-----------|--|------------------------|------|------|-------|
| | | | Überspannungskategorie | | | |
| Dreiphasig | Einphasig | | I | II | III | IV |
| V | V | V | V | V | V | V |
| | | 50 | 330 | 500 | 800 | 1500 |
| | | 100 | 500 | 800 | 1500 | 2500 |
| | 120 – 240 | 150 | 800 | 1500 | 2500 | 4000 |
| 230/400 277/480 | | 300 | 1500 | 2500 | 4000 | 6000 |
| 400/690 | | 600 | 2500 | 4000 | 6000 | 8000 |
| 1000 | | 1000 | 4000 | 6000 | 8000 | 12000 |

Tabelle 3: Überspannungskategorien in Abhängigkeit der Nennspannung

Spannungsfall über der Funkenstrecke.

Diese Eigenschaft ist optimal für das Ableiten von Blitzströmen: Je niedriger die sogenannte Restspannung der Funkenstrecke ist, desto geringer ist der zu beherrschende Energieeintrag. In Bezug auf den abrupten Wechsel der Impedanz und damit der Spannungsdifferenz über der Funkenstrecke wird die nicht-lineare Charakteristik als spannungsschaltend bezeichnet. Ein großer Vorteil, der aus der niedrigen Restspannung erwächst, ist die geringe Belastung des geschützten Equipments durch Spannungen oberhalb der spezifizierten Nennspannung bzw. höchsten Dauerspannung. Für die vergleichsweise lange Dauer von Blitzströmen liegt die Restspannung einer Funkenstrecke sehr niedrig, im Bereich der höchsten Dauerspannung des zu schützenden Geräts. SPDs des Typs 1 mit spannungsbegrenzenden Komponenten liegen oft mehrere hundert Volt darüber – eine deutlich größere Belastung für das geschützte Equipment.

Moderne Funkenstrecken sind in der Regel in robusten Stahlgehäusen gekapselt, sodass während des Ableitvorgangs keine durch den Lichtbogen erzeugte, ionisierte Gase in die Umgebung austreten können. Des Weiteren sind die Funkenstrecken oftmals getriggert, sie

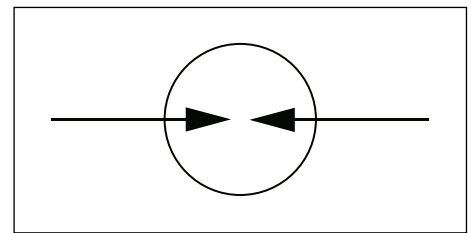


Abb. 37: Schaltzeichen einer gekapselten Funkenstrecke

haben eine zusätzliche Beschaltung zur Begünstigung des Zündens der Funkenstrecke. Das begrenzt die Restspannung auf ein sehr niedriges Niveau – deutlich unterhalb der Spannung, die sich allein auf Basis der Durchschlagfestigkeit der Luft ergeben würde. Auch wenn die Installationsumgebung von SPDs des Typs 1 es meist nicht erfordert: Die Schutzpegel moderner, getriggelter Funkenstrecken liegen oft auf dem Niveau der niedrigsten Überspannungskategorie I (bezogen auf die Nennspannung des Systems).

Folgestrom-Löschfähigkeit

Eine spezielle Kenngröße für Funkenstrecken ist die sogenannte Folgestrom-Löschfähigkeit I_{fi} . Wird eine Funkenstrecke durch eine Überspannung gezündet, bildet sie für das angeschlossene Versorgungsnetz einen Quasi-Kurzschluss, durch den Strom getrieben wird. Die Funkenstrecke muss daher in der Lage sein, nach dem Ableitvorgang selbsttätig, ohne Auslösen der vorgelagerten Überspannungseinrichtung, den Netzstrom zu unterdrücken bzw. zu unterbrechen. Die Folgestrom-Löschfähigkeit gibt an, bis zu welchem prospektiven Kurzschlussstrom am Einbauort dies gewährleistet ist. Moderne Funkenstrecken müssen daher zwei Aufgaben erfüllen:

- Energiereiche Blitzströme ableiten
- Folgestrome leistungsstarker Versorgungsnetze unterdrücken

Im Fall der Blitzströme ist die Impedanz der Funkenstrecke im besten Fall sehr niedrig, um den Energieeintrag möglichst gering zu halten und den Verschleiß zu minimieren. Bei Folgeströmen muss die Impedanz hingegen möglichst hoch

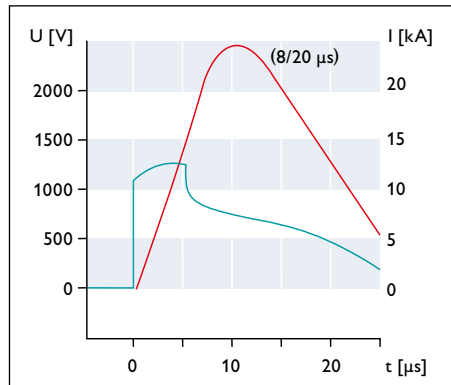


Abb. 38: Typische Restspannungskurve einer getriggerten Funkenstrecke bei Belastung mit einem (8/20 µs)-Impuls

sein, um ein schnelles Verlöschen zu gewährleisten.

Um hohen Blitzstromamplituden von bis zu 50 kA an Versorgungsnetzen mit prospektiven Kurzschlussströmen bis 100 kA standhalten zu können, sind heutige Funkenstrecken daher oft komplex konstruiert und bestehen aus vielen funktionellen Einzelteilen (Abb. 39).

Netzfolgestromfreie Funkenstreckentechnologie

Für eine möglichst hohe Anlagenverfügbarkeit ist die Begrenzung von Netzfolgeströmen essenziell:

- Vorgelagerte Überspannungseinrichtungen lösen nicht unnötig durch Netzfolgeströme aus
- Die Installation wird nicht durch zusätzliche hohe Stromflüsse belastet

Der Verschleiß der Funkenstrecke wird minimiert
Erstmals ist es Phoenix Contact gelungen, mit der Safe Energy Control-Technologie (siehe 6.1.10) eine komplett netzfolgestromfreie Funkenstrecke zu entwickeln und am Markt anzubieten.

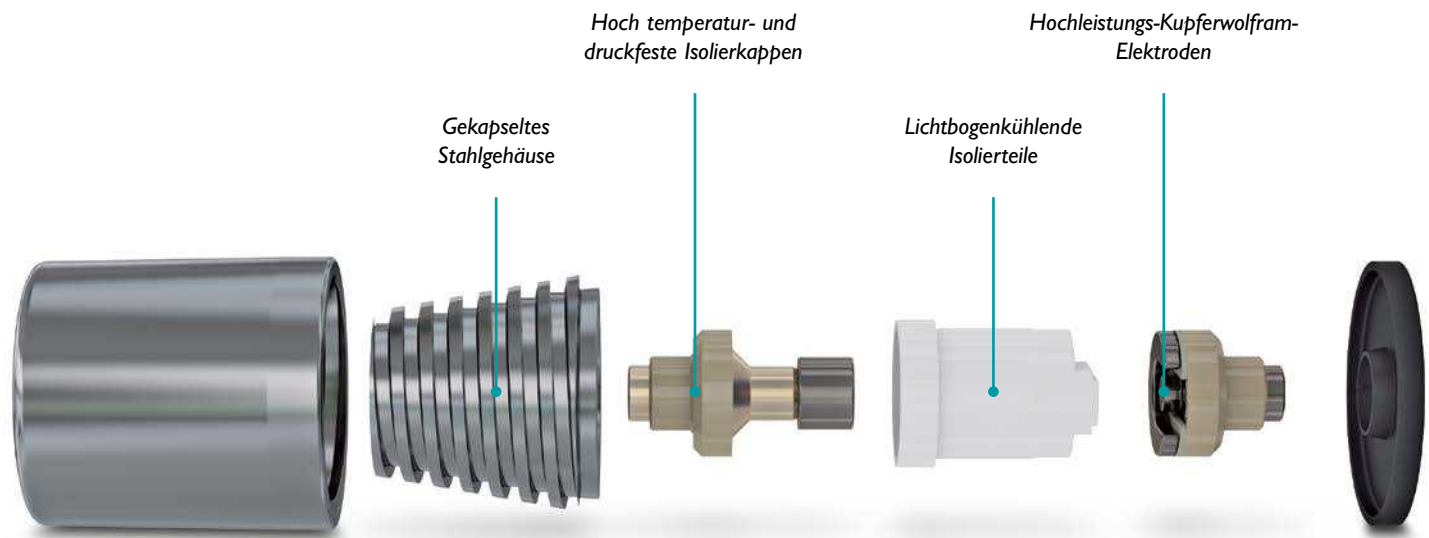


Abb. 39: Einzelteile einer modernen gekapselten Funkenstrecke

6.1.3 Typ 2: Überspannungsableiter

Überspannungsschutzgeräte vom Typ 2 sind üblicherweise in Unterverteilungen oder Maschinenschaltschränken verbaut. Diese SPDs müssen induzierte Überspannungen aus indirekten Blitzschlägen oder Schalthandlungen ableiten können, jedoch keine direkten Blitzströme. Daher ist der zu beherrschende Energieeintrag deutlich geringer. Allerdings sind induzierte Überspannungen durch Schalthandlungen oft sehr dynamisch. Hier bewährt sich eine Ableitertechnologie mit schnellem Ansprechverhalten, z. B. die Varistortechnologie.

Varistortechnologie

Varistoren (variable resistor bzw. metal oxide varistor, MOV) (Abb. 40) sind Halbleiter-Bauelemente aus Metalloxidkeramiken. Sie weisen eine nicht-lineare Strom-Spannungs-Kennlinie auf (Abb. 41). In niedrigen Spannungsbereichen ist der Widerstand eines Varistors sehr hoch, in höheren Spannungsbereichen hingegen fällt der Widerstand rapide ab, sodass sehr hohe Ströme problemlos darüber abgeleitet werden können.

Daher wird die Charakteristik von Varistoren als spannungsbegrenzend bezeichnet. Mit einer typischen Ansprechzeit im unteren Nanosekundenbereich sind Varistoren sehr gut geeignet, um auch besonders dynamische Überspannungsphänomene zu begrenzen.

Blitzstromtragfähige Varistoren

Hochleistungs-Varistorkeramiken können sogar ein Impulsableitvermögen von 12,5 kA (10/350 μ s) bei akzeptablem Bauraum aufweisen. Dadurch eignen sie sich grundsätzlich auch als SPDs des Typs 1 für Umgebungen mit geringen Gefährdungspegeln.

Für ein höheres Impulsableitvermögen von 25 kA bis 50 kA (10/350 μ s) muss in der Regel mit der Parallelschaltung mehrerer Varistoren gearbeitet werden.

Überspannungsschutzhersteller, denen keine Funkenstreckentechnologie zur Verfügung steht, setzen daher häufig Varistoren als SPDs des Typs 1 für die Anforderungen der Blitzschutzklasse I ein. Dieses Konzept weist allerdings gravierende Mängel auf. Stimmt die Charakteristik der parallelgeschalteten Varistoren nicht exakt überein, eine Anforderung, die quasi nicht zu erreichen ist, werden die einzelnen Pfade während eines Ableitvorgangs unterschiedlich stark belastet. Dementsprechend altern sie unterschiedlich stark. Über die Zeit wird die ungleichmäßige Belastung dadurch immer größer. Das führt letztendlich zur Überlastung eines

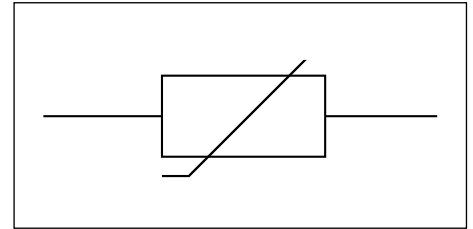


Abb. 40: Schaltzeichen eines Varistors

Varistors und damit zum Ausfall des gesamten SPDs.

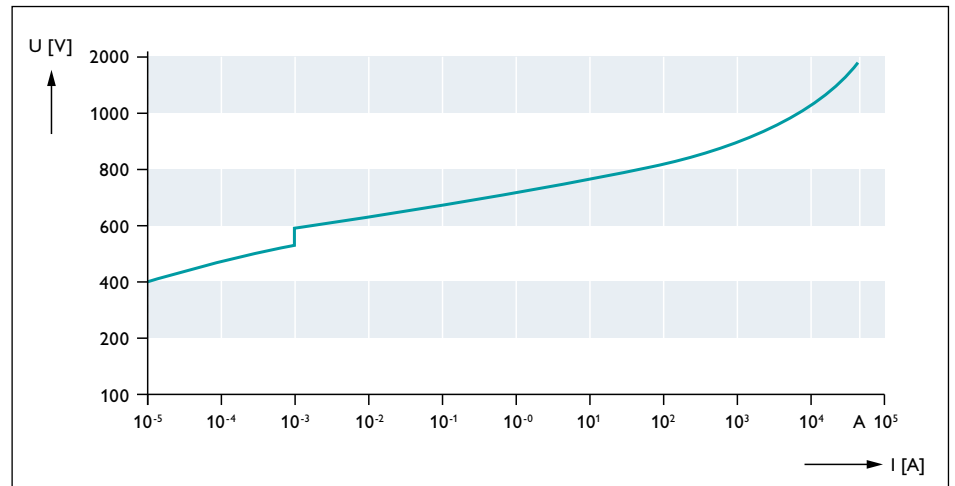


Abb. 41: Strom-Spannungs-Kennlinie eines Varistors mit 320 V AC Bemessungsspannung (min. bzw. max. Toleranz vor bzw. nach dem mA-Punkt)

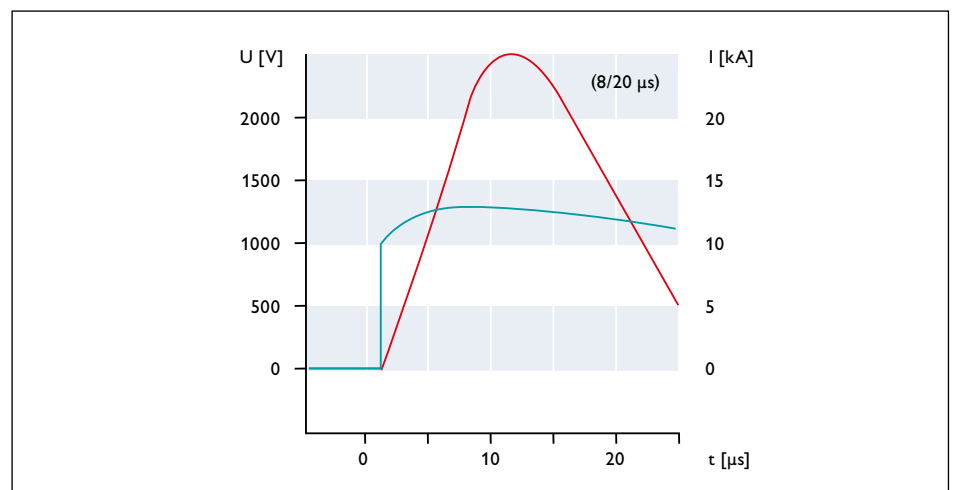


Abb. 42: Restspannung eines Varistors mit 350 V AC Bemessungsspannung bei Belastung mit 25 kA (8/20 μ s)

6.1.4 Typ 3: Geräteschutz

Überspannungsschutzgeräte vom Typ 3 sind in der Regel direkt vor den zu schützenden Endgeräten verbaut. Aufgrund unterschiedlicher Installationsumgebungen gibt es SPDs des Typs 3 in sehr verschiedenen Bauformen. Neben der gängigen Hutschienenmontage gibt es Geräte für den Einbau in Steckdosen oder zur direkten Montage auf einer Leiterplatte des Endgeräts.

Technologisch sind SPDs des Typs 3 meist ähnlich zu Typ 2 auf Varistorbasis aufgebaut, allerdings sind die Anforderungen an das Ableitvermögen gegenüber Typ 2 nochmals geringer.

Oftmals kann es sinnvoll sein, den Schutz der Stromversorgung mit dem Schutz anderer Schnittstellen der Endgeräte wie Daten- oder Kommunikationsleitungen zu verbinden. Hierfür gibt es kombinierte Geräte, sie übernehmen den Überspannungsschutz für alle entsprechenden (Versorgungs-)Leitungen.

6.1.5 Koordination verschiedener SPD-Typen

Das Blitzschutzzonen-Konzept sieht an allen Leitungen, die Zonengrenzen kreuzen, zueinander koordinierte Überspannungsschutzgeräte vor. Deren Leistungswerte richten sich nach der zu erreichenden Schutzklasse.

Je nach Zonenübergang sind daher verschiedene Typen nötig (siehe Tabelle 2). Die Anforderungen an die einzelnen SPD-Typen sind in der Produktnorm für Überspannungsschutzgeräte IEC 61643-11 [6] definiert.

Daraus lässt sich ein mehrstufiges Schutzkonzept ableiten (Abb. 43):

Beginnt man an den inneren Schutzzonen, so müssen ein SPD des Typs 3 und ein vorgelagertes SPD des Typs 2 zueinander koordinieren. Es muss gewährleistet sein, dass das SPD des Typs 3 nicht energetisch überlastet wird. Da in Blitzschutzzone 2 nur noch mit Überspannungen geringer Amplituden zu rechnen ist, kann eine Koordination bereits über das Ansprechverhalten der SPDs erreicht werden. Das SPD des Typs 3 bzw. die darin verwendeten Komponenten müssen so ausgelegt sein,

dass sie erst bei höheren Spannungswerten ansprechen als die SPDs des Typs 2.

In Richtung der äußeren Blitzschutzzonen muss wiederum die Koordination zwischen SPD des Typs 2 und vorgelagerten SPDs des Typs 1 gewährleistet sein. Da hier auch mit direkten Blitz- bzw. Teilblitzströmen zu rechnen ist, die nur von einem SPD des Typs 1 getragen werden können, ist das selektive Ansprechen der SPDs zueinander besonders wichtig. Es könnte sonst zu einer Überlastung des SPD des Typs 2 kommen.

Da die eingesetzten Technologien für SPDs des Typs 1 sehr unterschiedlich sind, kann es keine allgemeingültigen Koordinationsbedingungen geben. Einen klaren Vorteil bieten in diesem Bereich funkenstreckenbasierte SPDs des Typs 1. Ihre vergleichsweise niedrige Restspannung von wenigen hundert Volt über den Großteil der Dauer eines Blitzstroms gewährleistet eine fast komplette Übernahme des Stromflusses.

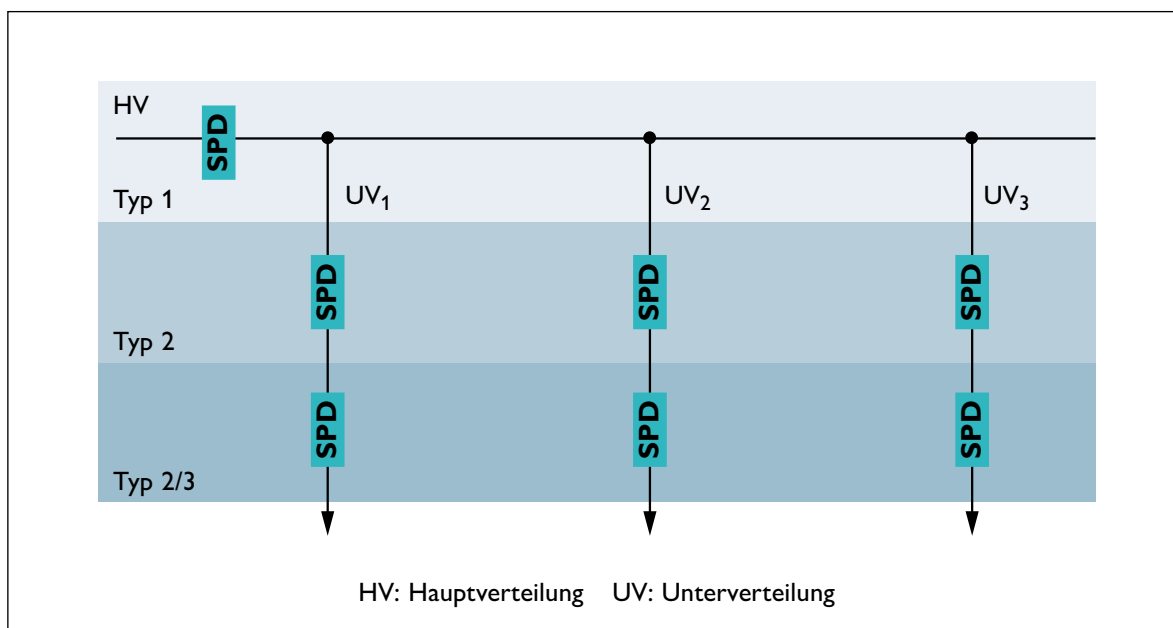


Abb. 43: Mehrstufiges Schutzkonzept mit verschiedenen, aufeinander folgenden SPD-Typen

6.1.6 Netzsysteme nach IEC 60364

Die Ausführung eines Überspannungsschutzkonzepts für Drehstromsysteme hängt u.a. vom vorliegenden Netzsystem ab. Diese Systeme können anhand der Ausführung der Erdung des versorgenden Transformators, der Verbraucheranlage und deren Verbindung zueinander unterschieden werden.

Die Richtlinie zur Errichtung von Niederspannungs-Stromversorgungssystemen IEC 60364-1 [10] führt folgende Systemkonfigurationen auf:

TN-S-System

In diesem Netzsystem ist ein Punkt des versorgenden Transformators direkt geerdet, in der Regel der Sternpunkt. Der Neutraleiter (N) und der Schutzleiter (PE) werden jeweils in einem separaten Leiter zur Verbraucheranlage geführt. Eine dreiphasige Stromversorgung besteht aus fünf Leitungen: L1, L2, L3, N und PE (Abb. 44).

TN-C-System

In diesem Netzsystem ist der Sternpunkt des versorgenden Transformators direkt geerdet. Der Neutraleiter und der Schutzleiter werden in einem einzigen Leiter (PEN) zur Verbraucheranlage geführt. Eine dreiphasige Stromversorgung besteht aus vier Leitungen: L1, L2, L3 und PEN (Abb. 45).

TT-System

In diesem Netzsystem wird der geerdete Punkt des Transformators nur als Neutraleiter in die Anlage geführt. Die Körper der elektrischen Anlage sind mit einem lokalen Erdungssystem verbunden, das vom geerdeten Punkt des Transformators getrennt ist. Der Neutraleiter und der lokale Schutzleiter werden jeweils in einem separaten Leiter geführt. Eine dreiphasige Stromversorgung besteht aus fünf Leitungen: L1, L2, L3, N und lokalem PE (Abb. 46).

IT-System

In diesem Netzsystem wird der Sternpunkt des versorgenden Transformators nicht oder nur über eine hohe Impedanz geerdet. Die Körper der elektrischen Anlage sind mit einem lokalen Erdungssystem verbunden. Falls ein Neutraleiter vom Sternpunkt des versorgenden Transformators mitgeführt wird, wird dieser getrennt vom lokalen Schutzleiter geführt. Eine dreiphasige Stromversorgung besteht aus vier bzw. fünf Leitungen: L1, L2, L3, ggf. N und lokalem PE (Abb. 47).

Eine Besonderheit des IT-Systems ist, dass zeitlich begrenzt ein Isolationsfehler gegen Erde auftreten darf. Der Erdschluss einer Phase muss lediglich durch eine Isolationsüberwachung erkannt und gemeldet werden, sodass er zeitnah behoben werden kann. Erst ein zweiter Erdschluss führt zum Kurzschluss zwischen zwei Phasen und dem Auslösen der entsprechenden Überstromschutzeinrichtung. Überspannungsschutzgeräte für den Einsatz in IT-Systemen müssen daher der verketteten Spannung des Systems zzgl. Toleranz standhalten können. Dies wird durch die normative Anforderung gewährleistet, dass nur SPDs zwischen Phase und PE in IT-Systemen eingesetzt werden dürfen, deren höchste Dauerspannung mindestens der verketteten Spannung zzgl. Toleranz entspricht.

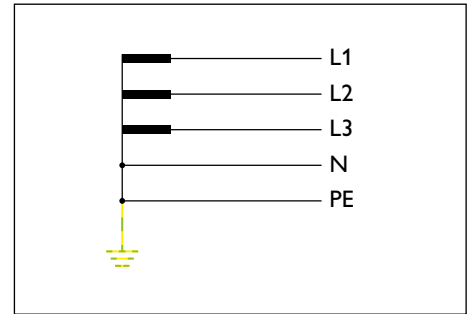


Abb. 44: TN-S-System

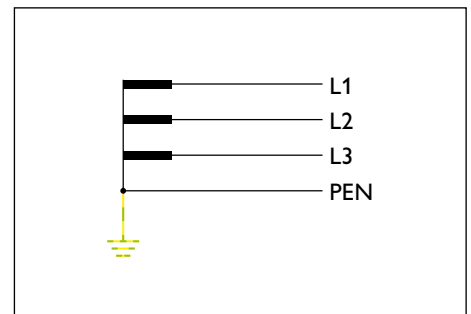


Abb. 45: TN-C-System

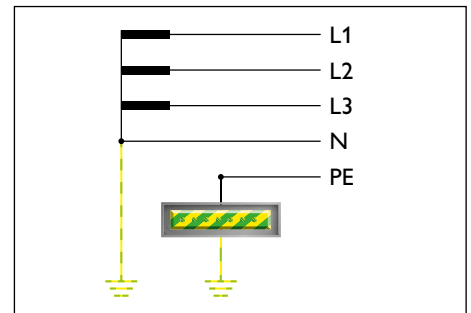


Abb. 46: TT-System

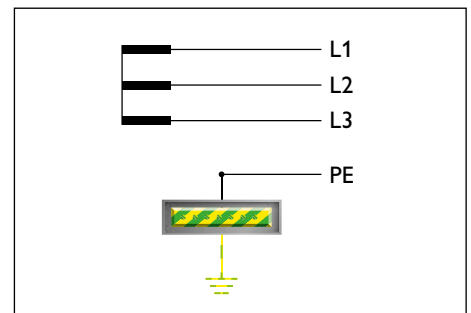


Abb. 47: IT-System

6.1.7 Amerikanische Netzsysteme

Speziell im nord- und mittelamerikanischen Raum kommen andere Netzformen zum Einsatz. Die wichtigsten sind:

- Wye-System
- Delta-System
- Split-Phase-System

Wye-System

Diese Systeme entsprechen meist den TN-Systemen, der Sternpunkt des versorgenden Transformators ist direkt geerdet und von dort wird der Schutzleiter (grounding conductor, GND) zur Verbraucheranlage geführt. Isolierte Wye-Systeme existieren ebenfalls, sind aber vergleichsweise selten. Ein möglicher Neutralleiter wird in der Regel erst innerhalb der Verbraucheranlage abgegriffen. Dies entspricht dann einem TN-C-S-System. Eine dreiphasige Stromversorgung besteht aus vier bzw. fünf Leitungen: L1, L2, L3, ggf. N und GND (Abb. 48).

Delta-System

Bei diesem System erfolgt die Erdung entweder über eine der Phasen (corner-grounded) oder einen Mittelabgriff zwischen zwei Phasen (high-leg). Der GND wird vom jeweiligen Erdungspunkt in die Verbraucheranlage geführt. Isolierte Delta-Systeme existieren ebenfalls, sind aber vergleichsweise selten.

Der Neutralleiter wird, wenn benötigt, ebenfalls meist erst in der Verbraucheranlage abgegriffen. Eine

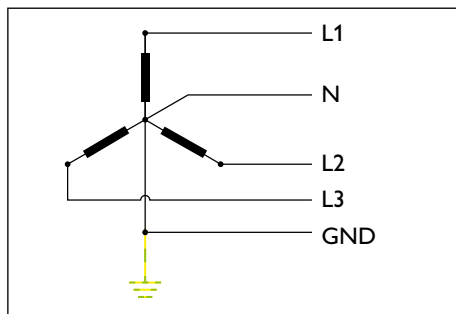


Abb. 48: Wye-System

dreiphasige Stromversorgung besteht aus vier bzw. fünf Leitungen: L1, L2, L3, ggf. N und GND (Abb. 49).

Split-Phase-System

Bei diesem weitverbreiteten zweiphasigen System wird über einen Mittelabgriff an der Transformatorwicklung geerdet und von dort ein Neutralleiter mitgeführt. Eine zweiphasige Stromversorgung besteht aus vier Leitungen: L1, L2, N und GND (Abb. 50).

6.1.8 Anschlussschemata

Überspannungsschutzgeräte sind Teil des Potenzialausgleichs einer baulichen Anlage. Sie verbinden bei einer Überspannung die aktiven Leiter elektrischer Installationen mit der Erdung.

Je nach Netzsystem der Verbraucheranlage kommen verschiedene SPDs zum Einsatz. Sie werden in unterschiedlichen Anschlussschemata (connection type, CT) kombiniert, um diese Verbindung herzustellen. In der Installationsrichtlinie für Überspannungsschutz IEC 60364-5-53 [11] werden vor allem folgende Schemata genannt:

- Anschlusschema CT1: Eine Kombination von SPDs, die einen Schutzpfad zwischen jedem aktiven Leiter (Außenleiter und Neutralleiter, falls vorhanden) und PE-Leiter aufweist. Dieses Anschlusschema wird oft auch als x+0-Schaltung bezeichnet, wobei x für die Anzahl der aktiven Leiter steht (Abb. 51).
- Anschlusschema CT2: Eine Kombina-

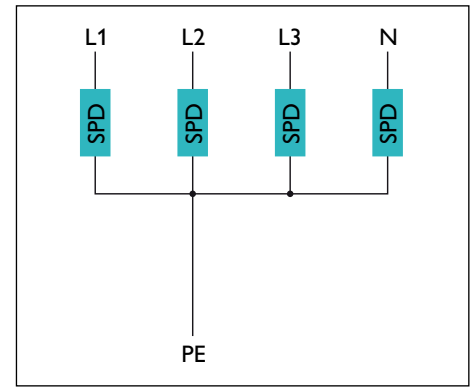


Abb. 51: Anschlusschema CT1 bzw. 4+0-Schaltung

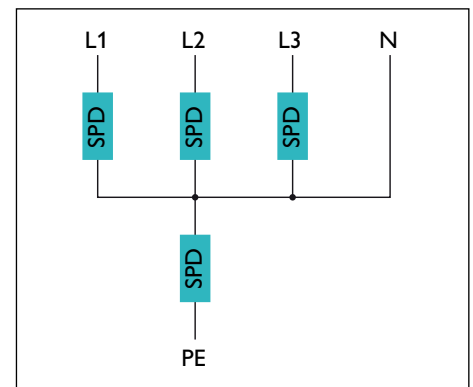


Abb. 52: Anschlusschema CT2 bzw. 3+1-Schaltung

tion von SPDs, die einen Schutzpfad zwischen jedem Außenleiter und Neutralleiter und einen Schutzpfad zwischen dem Neutralleiter und PE-Leiter aufweist. Dieses Anschlusschema wird oft auch als x+1-Schaltung bezeichnet, wobei x für die Anzahl der Außenleiter steht (Abb. 52).

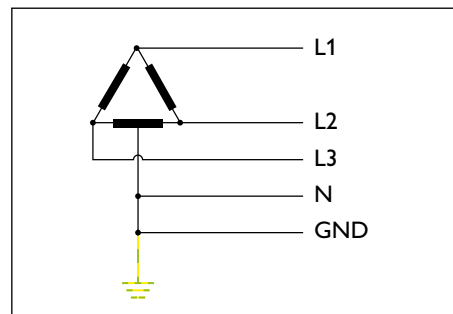


Abb. 49: Delta-System (high-leg)

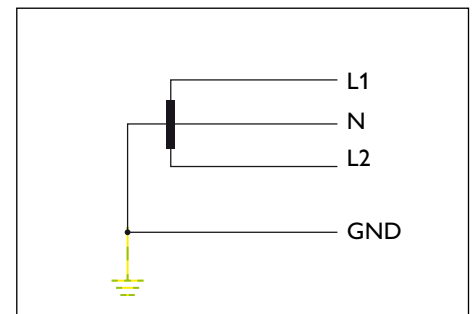


Abb. 50: Split-Phase-System

Die mögliche Anwendung der Anschlussschemata in den einzelnen Netzsystemen ist in Tabelle 4 aufgeführt. Für den Einsatz von SPDs zwischen Neutral- und Schutzleiter in IT-Systemen ist zu beachten, dass die Kurzschlussfestigkeit und ggf. die Folgestrom-Löschfähigkeit des SPDs mindestens dem zu erwartenden Kurzschlussstrom am Einbauort im Fall eines zweifachen Erdschlusses entsprechen muss.

Anschlussschema CT2

Phoenix Contact bietet für TN- und TT-Systeme vorrangig SPDs im Anschlussschema CT2 an. Die Vorteile dieses Anschlussschemas sind:

- Universelle Einsetzbarkeit in sämtlichen Ländern der Welt
- Geringerer Schutzpegel zwischen Außen- und Neutralleiter
- Keine Leckströme zum Schutzleiter durch den Einsatz von Funkenstrecken zwischen Neutral- und Schutzleiter

6.1.9 Anschluss und Überstromschutz von SPDs

Beim Auftreten transienter Überspannungen kann auf elektrischen Leitern ein induktiver Spannungsfall entstehen. Speziell beim Anschluss von Überspannungsschutz kann dieser zusätzliche Spannungsfall auf den Anschlussleitungen die Schutzwirkung abschwächen. Daher sind die Anschlussleitungen von SPDs immer so kurz wie möglich und unter Vermeidung geringer Biegeradien zu verlegen.

Der Anschluss von SPDs kann grundlegend auf zwei verschiedene Weisen erfolgen:

- Stichverdrahtung (stub wiring), siehe Abb. 53
- V-Verdrahtung (V-shaped wiring, Kelvin connection), siehe Abb. 54

In beiden Fällen sollte nach IEC 60364 Teil 5, Kapitel 53, Hauptabschnitt 534 [11] wenn immer möglich die Summe der Leitungslängen a, b und c 0,5 m nicht überschreiten. Im Fall der V-Verdrahtung ist dies besonders leicht zu gewährleisten, da hier nur die Länge c relevant ist. So kann auch der Gesamtschutzpegel bestehend aus Schutzpegel des SPDs und Spannungsfall entlang der Anschlussleitungen am besten minimiert werden.

Im Fall der Stichverdrahtung kann bzw. muss das SPD je nach Nennwert der vorgelagerten Überstromschutzeinrichtung F1 mit einer zweiten zusätzlichen Überstromschutzeinrichtung F2 mit niedrigerem Strom-Nennwert geschützt werden. Diese Verdrahtung ermöglicht prinzipiell den Einsatz in Anlagen mit beliebig großen Nennströmen, solange der prospektive Kurzschlussstrom am Einbauort des SPDs dessen Kurzschlussfestigkeit nicht übersteigt.

Die V-Verdrahtung kann hingegen nur bis zu einem Nennwert der vorgelagerten Überstromschutzeinrichtung F1 bzw. einem Nennstrom der Anlage eingesetzt werden, der die Dauerstrombelastbarkeit der Anschlussleitungen und der Anschlussklemmen des SPDs nicht überschreitet.

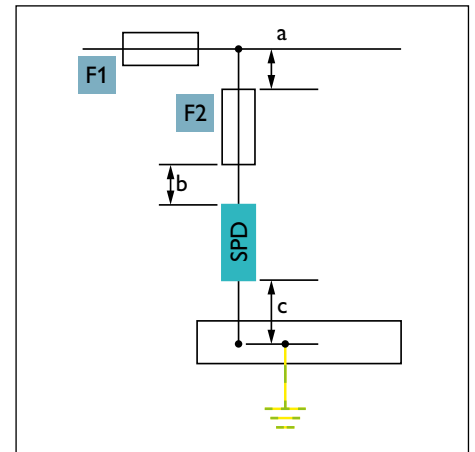


Abb. 53: Stichverdrahtung

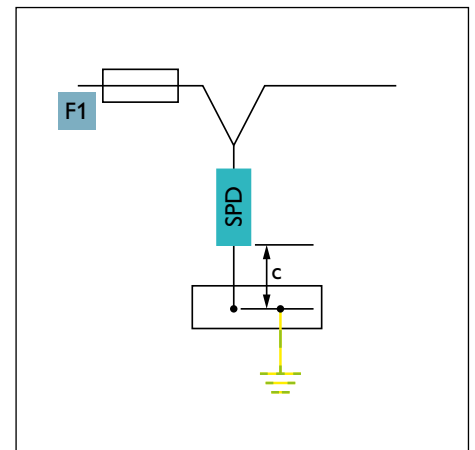


Abb. 54: V-Verdrahtung

| Netzsystem am Einbauort des SPD | Anschlussschema | |
|---|--|-----------------|
| | CT1 | CT2 |
| TN-System | ✓ | ✓ |
| TT-System | Nur nach einer Fehlerstrom-Schutzeinrichtung | ✓ |
| IT-System mit mitgeführtem Neutralleiter | ✓ | ✓ |
| IT-System ohne mitgeführten Neutralleiter | ✓ | Nicht anwendbar |

Tabelle 4: Anschlussschemata und Netzsysteme

Als Teil der elektrischen Installation sind für den Anschluss und den Überstromschutz von Überspannungsschutzgeräten entsprechende gesetzliche bzw. normative Anforderungen zu erfüllen. Die sollen in erster Linie die Betriebssicherheit der Anlage gewährleisten. Des Weiteren sind für eine korrekte Funktion des Überspannungsschutzes bestimmte Bedingungen in Bezug auf Anschluss und Absicherung zu berücksichtigen.

Die Anforderungen ergeben sich daher aus unterschiedlichen Teilen der IEC 60364 zur Errichtung von Niederspannungsanlagen: zum einen aus Teil 5, Kapitel 53, Hauptabschnitt 534 [11] zur Auswahl und Errichtung von Überspannungsschutzgeräten, zum anderen aus Teil 4, Kapitel 43 [12] zu Schutzmaßnahmen vor Überstrom sowie aus der Produktnorm für Überspannungsschutzgeräte IEC 61643-11 [6].

Anschlussquerschnitte

Fasst man diese Anforderungen zusammen, so ergeben sich folgende Bedingungen für die Dimensionierung der Anschlussleitungen von SPDs (bezogen auf PVC-isolierte Kupferkabel):

- Die Mindestquerschnitte für die Anschlussleitungen von SPDs ergeben sich zunächst aus den Anforderungen für die Installation von Überspannungsschutzgeräten je nach Anschluss der aktiven Leiter oder der Haupterdungsschiene (HES)/des Schutzleiters (PE(N)) sowie dem Typ des SPDs:
 - Anschlussquerschnitt der aktiven Leiter für SPDs des Typs 1: mind. 6 mm²
 - Anschlussquerschnitt der aktiven Leiter für SPDs des Typs 2: mind. 2,5 mm²

- Anschlussquerschnitt zur Haupterdungsschiene bzw. zum Schutzleiter für SPDs des Typs 1: mind. 16 mm²
- Anschlussquerschnitt zur Haupterdungsschiene bzw. zum Schutzleiter für SPDs des Typs 2: mind. 6 mm²
- Ab einem bestimmten Nennwert des vorgelagerten Überstromschutzes ergeben sich die Mindestquerschnitte durch die Anforderung nach Kurzschlussfestigkeit der Anschlussleitungen
- Führen die Anschlussleitungen von SPDs Betriebsstrom, so kann ab einem gewissen Stromwert die Dauerstrombelastung der Leitungen den Mindestquerschnitt vorgeben

Überstromschutz

Für die Ausführung des Überstromschutzes von SPDs muss zunächst eine Priorisierung durchgeführt werden:

- Priorität der Anlagenversorgung: Stichverdrahtung mit separater Überstromschutzeinrichtung F2 im Stich
- Priorität des Überspannungsschutzes der Anlage: V- oder Stichverdrahtung ohne separate Überstromschutzeinrichtung F2

Im ersten Fall wird durch die separate Überstromschutzeinrichtung F2 gewährleistet, dass diese bei Ausfall des SPDs, z. B. durch einen Kurzschluss, auslöst. Die vorgelagerte Überstromschutzeinrichtung F1 löst nicht aus, sodass die Versorgung der zu schützenden Betriebsmittel nicht unterbrochen wird. In diesem Fall sind die Betriebsmittel jedoch nicht mehr vor nachfolgenden Überspannungseignissen geschützt.

Im zweiten Fall übernimmt die vorgelagerte Überstromschutzeinrichtung F1 den Überstromschutz bei Ausfall des SPDs. Hierbei wird der Ausfall der Versorgung in Kauf genommen, sodass kein Schaden durch nachfolgende Überspannungseignisse entstehen kann.

Für die Dimensionierung des Überstromschutzes sind verschiedene Punkte zu beachten:

- Selektivität der jeweiligen Überstromschutzeinrichtung zu vorgelagerten Überstromschutzeinrichtungen.
- Die letzte Überstromschutzeinrichtung vor dem SPD darf den vom Hersteller für das SPD spezifizierten maximalen Nennwert der vorgelagerten Überstromschutzeinrichtung nicht überschreiten.
- Die vorgelagerte Überstromschutzeinrichtung sollte die je nach Blitzschutzklasse geforderten Amplituden von Blitz- und Stoßströmen nach Möglichkeit tragen können. Speziell im Hinblick auf energiereiche Blitzströme können zu klein dimensionierte Sicherungen eine Gefahr darstellen, da sie durch den in kürzester Zeit hohen Energieeintrag zerstört werden können.

Die Einhaltung von Selektivität hat dabei die oberste Priorität. Für den einfachen Fall, dass die beiden zu betrachtenden Überstromschutzeinrichtungen gG-Sicherungen sind, gilt bis zu einem Nennwert von 1250 A, dass $F2 \times 1,6 \leq F1$ sein muss. Handelt es sich bei einer oder beiden Überstromschutzeinrichtungen um Leitungsschutzschalter oder Leistungsschalter, müssen deren Ausschaltcharakteristika miteinander bzw. mit der Sicherungscharakteristik verglichen und ggf. aufeinander abgestimmt werden. Dies ist der Fall, wenn sich die Kurven nicht berühren oder überlappen (Abb. 55 und 56). Des Weiteren müssen sie in Bereichen von Kurzschlussströmen ausreichenden zeitlichen Abstand haben, damit die jeweils nachgelagerte der beiden Überstromschutzeinrichtungen anspricht und abschaltet.

Ähnliches gilt auch für den Fall, dass ein Leitungsschutzschalter oder Leistungsschalter als F1 den Überstromschutz für das SPD darstellen soll, ohne separate Überstromschutzeinrichtung F2. Dann muss die Ausschaltcharakteristik des Schalters entsprechend mit der

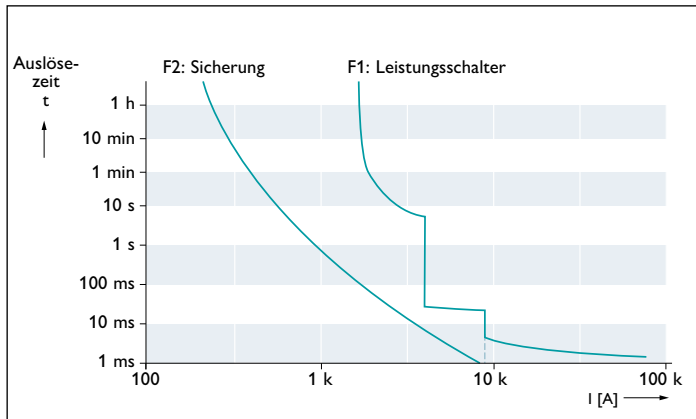


Abb. 55: Ausschaltcharakteristika eines Leistungsschalters (F1) und einer dazu selektiven gG-Sicherung (F2)

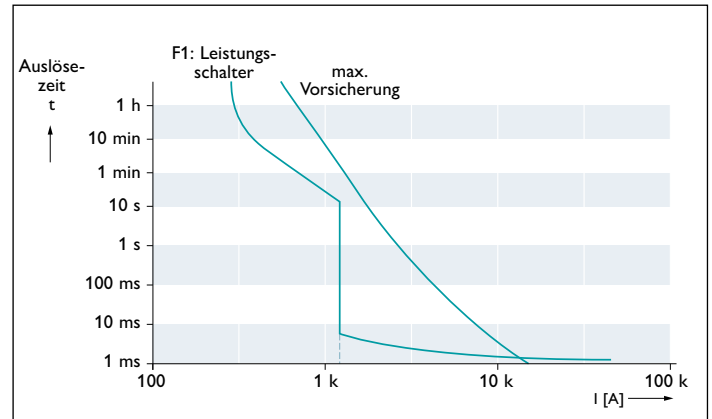


Abb. 56: Ausschaltcharakteristik eines Leistungsschalters (F1), der als vorgelagerte Überstromschutzeinrichtung für ein SPD mit maximaler Vorsicherung von 315 A gG geeignet ist

Charakteristik des vom Hersteller für das SPD spezifizierten maximalen Überspannungsschutzes verglichen werden und darf diese im Bereich von Kurzschlussströmen nicht überschreiten.

Hier lassen sich meist keine pauschalen Aussagen treffen bzw. nur für vergleichsweise niedrige Nennströme von Schaltern verglichen mit den Nennströmen der typischerweise für SPDs spezifizierten maximalen Vorsicherungen der gG-Charakteristik. Ist z. B. eine maximale Vorsicherung von 315 A gG spezifiziert, so kann im Vergleich nur ein 125-A-Leitungsschutzschalter der C-Charakteristik pauschal als Vorsicherung für das SPD dienen. Schalter höheren Nennstroms oder anderer Charakteristik müssen im Einzelfall betrachtet und ggf. geprüft werden (Abb. 56).

SPDs mit integriertem Überstromschutz

Eine besonders einfache Lösung für die Installation von SPDs in Hinblick auf den Überstromschutz sind Produkte, die bereits entsprechende Sicherungen beinhalten, wie z. B. der FLASHTRAB SEC HYBRID.



Abb. 57: FLT-SEC-H-T1-1C-264/25-FM

FLASHTRAB SEC HYBRID

Dank der integrierten Sicherung werden keine externen Sicherungselemente benötigt, Platz und Kosten werden deutlich reduziert. Die Schutzwirkung wird erhöht, da die über der Sicherung auftretende Spannungsdifferenz bereits im Schutzpegel des SPDs enthalten ist. Die für SPDs geforderten kurzen Anschlussleitungen lassen sich leicht realisieren (Abb. 57).

6.1.10 Safe Energy Control Technology (SEC)

Phoenix Contact bietet ein ideal aufeinander abgestimmtes SPD-Portfolio mit dem sich mehrstufige Schutzkonzepte einfach realisieren lassen. Überspannungsschutzgeräte mit Safe Energy Control-Technologie (SEC) verbinden maximale Leistungsfähigkeit mit hoher Langlebigkeit, sodass elektrische Ausstattungen immer sicher geschützt sind und Wartungskosten reduziert werden. Die Installation der SPDs mit SEC-Technologie ist einfach, kosten- und platzsparend. Die einzelnen SPD-Typen finden sich in den Produktfamilien nach Tabelle 5 wieder.

Rückwirkungsfrei und langlebig

Ein durchgängiges Überspannungsschutzkonzept benötigt einen leistungsfähigen Blitzstromableiter / Kombiableiter Typ 1(/2). Herkömmliche Typ-1-Funkenstrecken belasten die Installation mit hohen Netzfolgeströmen, die zum Auslösen des vorgelagerten Überstromschutzes führen können. Die Blitzstromableiter / Kombiableiter der SEC-Technologie

| SPD-Typ | Produktfamilie |
|---------|-------------------------|
| Typ 1 | FLASHTRAB SEC (FLT-SEC) |
| Typ 2 | VALVETRAB SEC (VAL-SEC) |
| Typ 3 | PLUGTRAB SEC (PLT-SEC) |

Tabelle 5: Produktfamilien mit Safe Energy Control-Technologie

sind die ersten mit netzfolgestromfreier Funkenstreckentechnologie. Das Vermeiden von Netzfolgeströmen schont die komplette Installation. Das bedeutet, sowohl das geschützte Equipment als auch die gesamte Einspeisung einschließlich des SPD wird ausschließlich durch den Ableitvorgang und damit minimal belastet. Das Nicht-Auslösen vorgelagerter Sicherungsorgane garantiert ein Maximum an Verfügbarkeit der Anlage.

Vorsicherungsfreie Lösung für jede Applikation

Die leistungsfähigen Blitzstromableiter / Kombiableiter und Überspannungsschutzgeräte mit Safe Energy Control-Technologie bieten für alle gängigen Anwendungen eine Lösung ohne den Einsatz einer separaten Ableitervorsicherung. Für Applikationen, in denen der Schutz der Installation oberste Priorität hat, können Typ-1- und Typ-2-SPDs bis zu Hauptsicherungswerten von 315 A gG ohne separaten Überstromschutz eingesetzt werden. Für darüber hinausgehende Anwendungen werden Produkte mit integrierter stoßstromfester Sicherung angeboten, wie z. B. der FLASHTRAB SEC HYBRID. Die Typ-3-SPDs der PLUGTRAB SEC-Produktfamilie können in Stichverdrahtung ohne jegliche Vorsicherung betrieben werden, ebenfalls dank integrierter stoßstromfester Sicherungen.

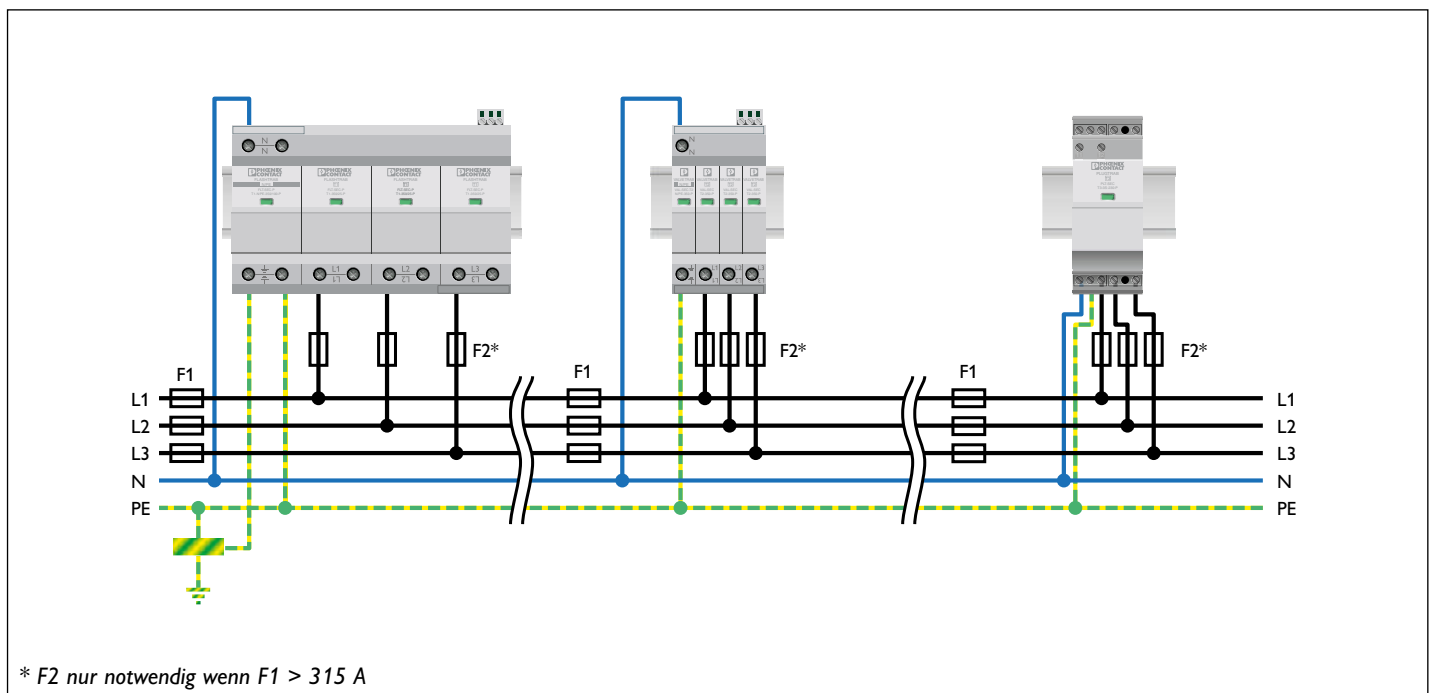


Abb. 58: Anschlussbeispiel von Überspannungsschutzgeräten in einem TN-S System

Kompakt und durchgängig steckbar

Mit dem FLASHTRAB SEC PLUS 440 umfasst das SEC-Portfolio die kompakteste Typ-1-Funkenstrecke dieser Nennspannung und mit dem VALVE-TRAB SEC das schmalste Typ-2-SPD. Das FLASHTRAB SEC T1+T2 ist die einzige direkt koordinierte Kombination aus Typ-1-Funkenstrecke und Typ-2-Varistorableiter auf kleinstem Raum. Sämtliche Produkte des SEC-Portfolios sind steckbar: eine erhebliche Erleichterung bei Wartungsarbeiten.

6.1.11 Mehrstufige Schutzkonzepte

Mit den SPDs des SEC-Portfolios lassen sich sehr einfach mehrstufige Schutzkonzepte für gängige Installationen zusammenstellen. Parameter wie höchste Dauerspannung, Schutzpegel und Ableitvermögen sind optimal aufeinander abgestimmt.

Industrielle Produktionsanlage mit äußerem Blitzschutzsystem

Am Gebäudeeintritt der Versorgungsleitungen im Umfeld der Niederspannungshaupteinspeisung wird der Schutz-zonenübergang $0_A \rightarrow 1$ durch ein SPD des Typs 1 der Produktfamilie FLASH-TRAB SEC vollzogen. Je nach Netzsystem, zu wählendem Anschlusschema und Spannungsebene der Einspeisung gibt es verschiedene Typen und Schaltungsvarianten der SPDs. Handelt es sich z. B. um ein dreiphasiges 230/400-V-AC-TN-C-System, bietet sich der FLT-SEC-P-T1-3C-350/25-FM an (Abb. 60).

Alternativ kann hier auch die Ableiterkombination FLASHTRAB SEC T1+T2 (Abb. 61) eingesetzt werden. Diese direkt koordinierte Kombination aus einem SPD des Typs 1 auf Funkenstreckenbasis und einem SPD des Typs 2 auf Varistorbasis bietet viele Vorteile beim Einsatz direkt in der Hauptverteilung.

In den weiteren Unterverteilungen für Maschinenhalle und Büroräume der Produktionsanlage wird der Schutz-zonenübergang $1 \rightarrow 2$ durch SPDs des Typs 2 der Produktfamilie VALVE-TRAB SEC vollzogen.

Eine Einspeisung als TN-C-System, wie in diesem Beispiel angenommen, wird in der Regel bereits in der Hauptverteilung in ein TN-S-System gewandelt. Somit ist die restliche Installation mit getrennt verlegtem Neutral- und Schutzleiter realisiert. Als SPD des Typs 2 bietet sich dann der VAL-SEC-T2-3S-350-FM an (Abb. 62). In den Maschinenschaltschrank und im Büro wird direkt vor empfindlichen Endgeräten der Schutz-zonenübergang $2 \rightarrow 3$ durch SPDs des Typs 3 der Produktfamilie PLUG-TRAB SEC vollzogen. Für ein mit 230 V Nennspannung betriebenes Endgerät bietet sich dann der PLT-SEC-T3-230-FM an (Abb. 63).

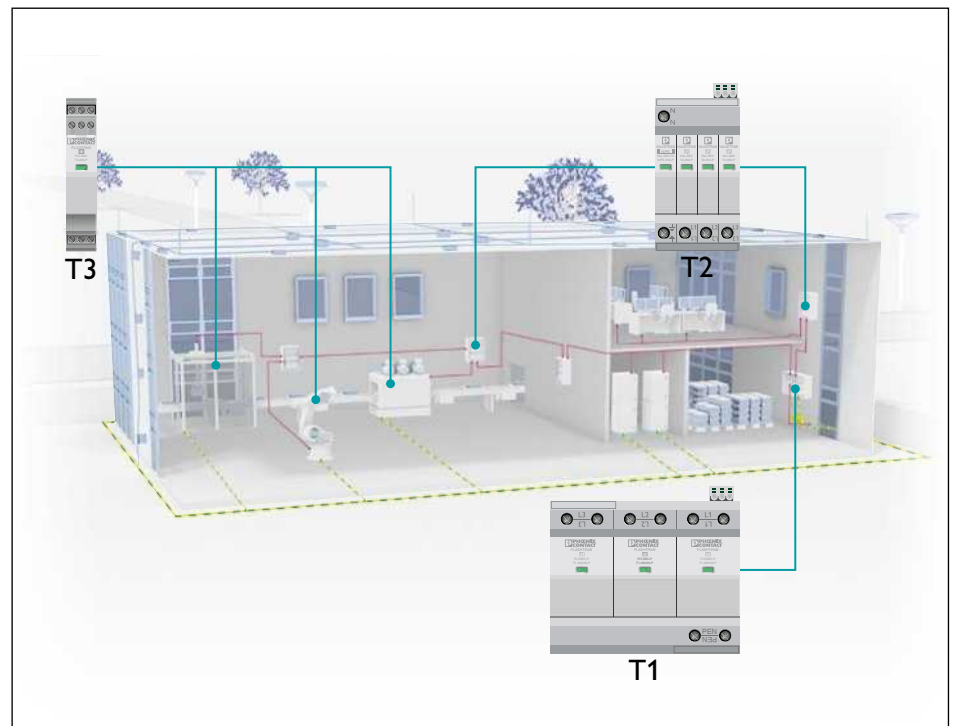


Abb. 59: Mehrstufiges Schutzkonzept am Beispiel einer industriellen Produktionsanlage

FLASHTRAB SEC

Die Typ 1 SPDs der FLASHTRAB SEC-Familie nutzen allesamt die netzfolgestromfreie Funkenstreckentechnologie. Sie garantieren damit maximale Anlagenverfügbarkeit, da vorge-

lagerte Überstromschutzorgane beim Ableitvorgang nicht ausgelöst werden, und weisen eine besonders hohe Langlebigkeit auf.



Abb. 60: FLT-SEC-P-T1-3C-350/25-FM

FLASHTRAB SEC T1+T2

Die am Markt einzigartige Ableiterkombination FLASHTRAB SEC T1+T2 schützt empfindliches Equipment optimal durch:

- Leistungsfähige SEC-Funkenstrecke zur Ableitung direkter Blitzströme

- Varistorableiter zur Begrenzung dynamischer Überspannungen
- Ideale Energieaufteilung zwischen Typ 1 und Typ 2 SPD



Abb. 61: FLT-SEC-T1+T2-3C-350/25-FM

VALVETRAB SEC

Der VALVETRAB SEC T2 besteht neben der schmalen Bauform – nur 12 mm pro Pol – vor allem durch die leistungsfähige, interne thermische Abtrennvorrichtung. Das SPD kann dadurch ohne weitere Vorsicherung bis zu 315 A gG eingesetzt werden. Es

ist auch möglich, das SPD in Netzen mit prospektiven Kurzschlussströmen am Einbauort von bis zu 50 kA zu betreiben.



Abb. 62: VAL-SEC-T2-3S-350-FM

PLUGTRAB SEC

Der PLUGTRAB SEC T3 verfügt über integrierte stoßstromfeste Sicherungen. Daher kann er sowohl mit Wechselstrom als auch mit Gleichstrom betriebene Endgeräte schützen. Der integrierte Überstromschutz ermöglicht einen Anschluss in Stichverdrah-

tung ohne separate Vorsicherung – unabhängig vom Nennstrom und der Absicherung des Stromkreises.



Abb. 63: PLT-SEC-T3-230-FM

6.2 Schutz von Gleichspannungssystemen mit linearen Spannungsquellen

Das Betriebsverhalten von Gleichstromanlagen kann aufgrund großer Unterschiede in deren Quellencharakteristik sehr stark voneinander abweichen. Eine einfache Auswahl von Überspannungsschutzgeräten ohne genaue Kenntnis der Eigenschaften der jeweiligen Anlage ist daher nicht möglich. Das gilt insbesondere für Anlagen mit begrenzten oder niedrigen Kurzschlussströmen.

Gleichspannungs-Stromversorgungssysteme mit linearer Quellencharakteristik werden vorrangig eingesetzt für:

- Verbraucher mit niedriger Gleichstrom-Versorgungsspannung, z. B. speicherprogrammierbare Steuerungen oder Telekommunikationsanlagen
- Mobil betriebene Verbraucher, z. B. Gabelstapler oder Bordstromsysteme
- Batteriespeicher von USV-Anlagen
- Rechenzentren
- Schienenfahrzeuge

Typische Stromquellen von Gleichspannungs-Stromversorgungsanlagen mit linearer Quellencharakteristik sind dabei:

- Gesteuerte und nicht-gesteuerte Gleichrichter mit oder ohne Glättung
- Geregelte Netzteile
- Ladenetzteile
- Batteriesätze

Auswahl von Überspannungsschutzgeräten

Die Auswahl von SPDs für Gleichstromanlagen ist in der Regel erheblich komplexer als für Wechselspannungs-Stromversorgungsanlagen.

Bei Wechselstromanlagen gibt es häufig nur eine genau definierte Stromquelle, bei Gleichstromanlagen allerdings oft mehrere Stromquellen mit unterschiedlichem Betriebsverhalten. Das gilt besonders bei batteriebetriebenen Gleichstromanlagen.

In den meisten Wechselstromanlagen ist der minimale Kurzschlussstrom hoch genug, um vorgelagerte Überstromschutzeinrichtungen in wenigen Millisekunden zum Auslösen zu bringen. Dies ermöglicht eine einfache Auswahl von Sicherungen, die im Fehlerfall das System zuverlässig schützen, aber hinsichtlich ihrer Bemessung auch Stoßströme tragen können. Bei Gleichstromanlagen mit begrenzten oder niedrigen Kurzschlussströmen ist es jedoch sehr wichtig, auch den minimalen prospektiven Kurzschlussstrom am Einbauort des SPDs zu kennen, um grundlegenden Sicherheitsanforderungen gerecht zu werden. Das



Abb. 64: VALVETRAB SEC DC

Nicht-Auslösen von Sicherungen durch Stoßstrombelastungen ist dann als untergeordnet anzusehen.

Wesentliche Auslegungskriterien für die Auswahl von SPDs und zugehörigen Überstromschutzeinrichtungen bei Gleichstromanlagen sind:

- Nennspannung der Gleichspannungs-Stromquelle/n
- Anzahl, Art und Betriebsverhalten der Gleichspannungs-Stromquelle/n
- Maximaler und minimaler prospektiver Kurzschlussstrom am Einbauort des SPDs

VALVETRAB SEC DC

Phoenix Contact bietet mit der Produktfamilie VALVETRAB-SEC-DC (Abb. 64) Typ 2 SPDs zum Schutz von Gleichspannungssystemen, die sich durch eine sehr kompakte Bauform auszeichnen. Bei einer Baubreite von nur 12 mm pro Pol verfügen diese SPDs über eine sehr leistungsfähige Abtrennvorrichtung, die DC-Ströme bis 200 A sicher trennen kann. Dies ermöglicht u. a. den vorsicherungsfreien Einsatz der SPDs in der Applikation. Durch den niedrigen Schutzpegel werden sensible, nachgelagerte Komponenten optimal geschützt.

Schutzschaltungen für geerdete und nicht-geerdete Gleichstromsysteme

Bevorzugte Schaltungen für SPDs in Gleichstromsystemen richten sich nach dem Anschlussschema CT1 (siehe Abb. 51) und sind entweder ein- oder zweipolig ausgeführt.

Eine 2+0-Schaltung ist ebenfalls für geerdete TN-Systeme erforderlich, wenn der Installationsort der SPDs in größerer Entfernung zum Erdungspunkt des Systems liegt (Abb. 67).

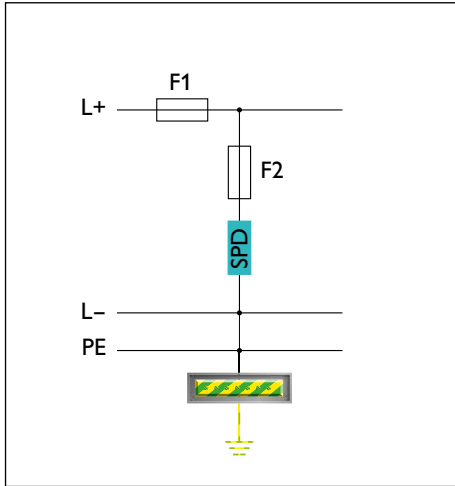


Abb. 65: 1+0-Schaltung für geerdete TN-Systeme am Erdungspunkt

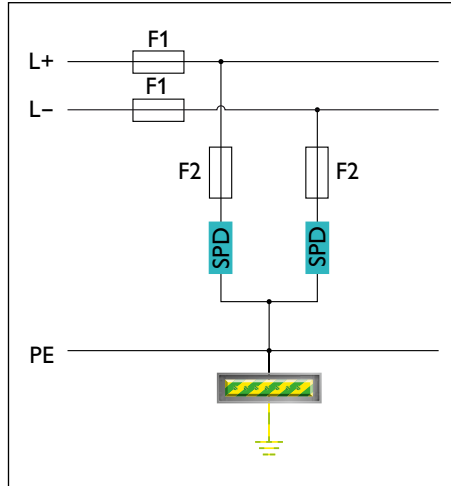


Abb. 66: 2+0-Schaltung für IT-Systeme

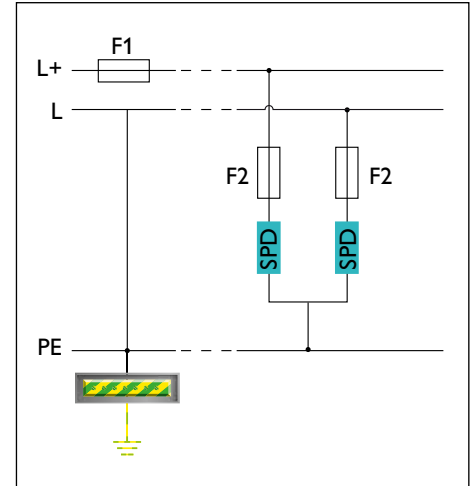


Abb. 67: 2+0-Schaltung für geerdete TN-Systeme in größerer Entfernung zum Erdungspunkt



Abb. 68: Rechenzentrum mit einem Gleichspannungs-Stromversorgungssystem mit linearer Quellencharakteristik

6.3 Schutz von Gleichspannungssystemen in Photovoltaikanlagen

Die Nutzung regenerativer Energiequellen hat in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen. Neben Windkraftanlagen, Wasserkraftwerken oder Biomasseanlagen liefern photovoltaische Stromerzeugungssysteme (PV-Anlagen) einen bedeutenden Anteil an regenerativ erzeugter Energie. PV-Anlagen werden z. B. als Aufdachanlagen auf Einfamilienhäusern und Industriegebäuden sowie Freiflächenanlagen ausgeführt. Aufgrund ihrer exponierten Lage sind diese Anlagen einem erhöhten Risiko ausgesetzt durch Blitzeinwirkungen geschädigt zu werden. Zur Vermeidung derartiger Schäden und dem damit verbundenen Verlust von Anlagenverfügbarkeit, sind bei der Konzeptionierung Maßnahmen des Blitz- und Überspannungsschutzes zu berücksichtigen. Speziell auf PV-Stromversorgungssysteme zugeschnittene Normen und Richtlinien ermöglichen dabei eine einfache Planung des Blitz- und Überspannungsschutzes für diese Anlagen.

Anforderungen an SPDs für den Einsatz in PV-Anlagen

Die Charakteristik von PV-Quellen stellt besondere Anforderungen an SPDs für den DC-seitigen Schutz von PV-Anlagen. Im Vergleich zu konventionellen Niederspannungs-Stromversorgungssystemen zeichnen sich PV-Anlagen insbesondere durch folgende Eigenschaften aus:

- Hohe DC-Systemspannungen bis zu 1500 V
- Quellencharakteristik, die einer nichtlinearen Stromquelle entspricht
- Betriebsstrom im optimalen Arbeitspunkt (MPP), der nur wenige Prozent unterhalb des Kurzschlussstroms der Anlage liegt
- Abhängigkeit des Kurzschlussstroms von Umgebungsbedingungen wie z. B. Einstrahlung und Temperatur

Allein bezogen auf das Überlast-Ausfallverhalten von DC-seitig eingesetzten Geräten und Komponenten ergeben sich daraus wesentliche Konsequenzen: Aufgrund des nicht definierten Kurzschlussstroms ist eine sinnvolle Koordination von Überstromschutzgeräten bzw. Sicherungen zu SPDs in diesen Anlagen oftmals schwierig. Zum anderen stellt die nichtlineare Quellencharakteristik bei Schaltvorgängen sehr hohe Anforderungen an die Leistungsfähigkeit von Schaltgeräten, Sicherungen sowie sonstiger Abtrenneinrichtungen.

Vor diesem Hintergrund wurden spezielle Anforderungen an SPDs für den Einsatz in PV-Anlagen sowie deren prüftechnischen Nachweis definiert und erstmalig in der europäischen Norm EN 50539-11 veröffentlicht. Ein besonderer Fokus dieser Normen liegt dabei auf dem Überlast- und Ausfallverhalten von SPDs für den DC-seitigen Anlagenschutz. Insbesondere Möglichkeiten zur labortechnischen Nachbildung der Quellencharakteristik von PV-Anlagen sind dort beschrieben. IEC 61643-31 [8]

bildet diese Thematik im Rahmen der internationalen Normung ab.

Diese Standards bilden die Basis für die Qualifizierung von SPDs für den DC-seitigen Einsatz in PV-Anlagen in Hinblick auf deren Leistungsfähigkeit und im Besonderen deren Sicherheit im Fehlerfall.

Auswahl und Installation von SPDs für den Schutz von PV-Anlagen

Ein wirkungsvoller Schutz vor Blitzströmen und Überspannungen ist sowohl für den DC- als auch AC-seitigen Teil von PV-Anlagen relevant. Um diesen zu realisieren, sind neben den allgemeinen Errichtungsbestimmungen für Photovoltaik-Systeme (IEC 60364-7-712) besondere Leitlinien zur Auswahl und Einbau von SPDs zum DC-seitigen Anlagenschutz zu berücksichtigen. Dies sind CLC/TS 50539-12 bzw. nachfolgend CLC/TS 61643-32 als technische Spezifikation auf europäischer Ebene sowie IEC 61643-32 [18] als internationales Pendant.

6.3.1 PV-Anlagen auf Gebäuden

Bei der Auslegung und Installation von SPDs zum Schutz von PV-Anlagen ist grundlegend zwischen baulichen Anlagen (Gebäuden) und Freiflächenanlagen zu unterscheiden.

Bei baulichen Anlagen ist die PV-Anlage Teil der Gebäudestruktur und mit der Elektroinstallation verbunden. Für die korrekte Auslegung und Installation von SPDs in diesen Anlagen sind folgende Aspekte relevant:

- Kennwerte des Versorgungssystems, wie z. B. Netzform, Nennspannung und Kurzschlussstrom
- Zu erreichende Blitzschutzklasse (LPL)
- Vorhandensein einer äußeren Blitzschutzanlage sowie die Anzahl der Ableitungen des äußeren Blitzschutzsystems

- Einhaltung des Trennungsabstands
- Einbauort des Wechselrichters
- Leitungslängen zwischen zu schützenden Geräten

Basierend auf dem Eigenschaftsprofil der zu schützenden PV-Anlage, das durch die oben genannten Aspekte charakterisiert ist, werden in IEC 61643-32 [18] Empfehlungen für die Einbauorte von SPDs sowie Anforderungen an deren Leistungsfähigkeit getroffen.

Hierbei wird zwischen Gebäudeinstallation mit und ohne äußerem Blitzschutzsystem unterschieden. Bei baulichen Anlagen ohne äußerem Blitzschutzsystem ist für den Schutz der PV-Anlage in der Regel ein Typ-2-SPD mit einem Ableitvermögen von mindestens 5 kA (8/20 μ s) je Schutzpfad ausreichend.

Dies gilt sowohl für den DC- als auch für den AC-seitigen Anlagenschutz,

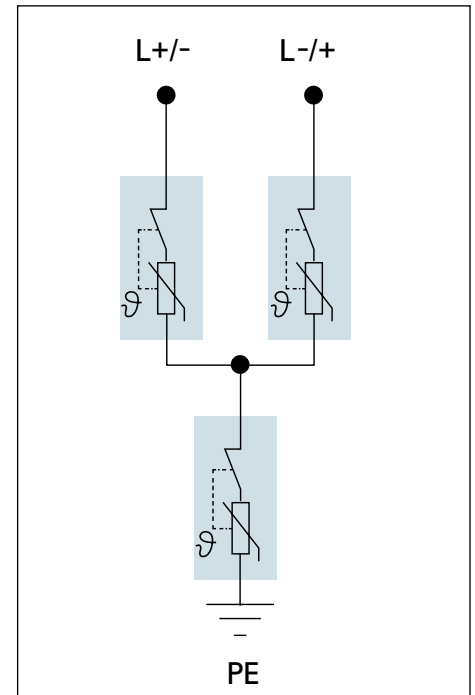


Abb. 70: Y-Schaltung aus drei Varistoren mit thermischen Trennstellen

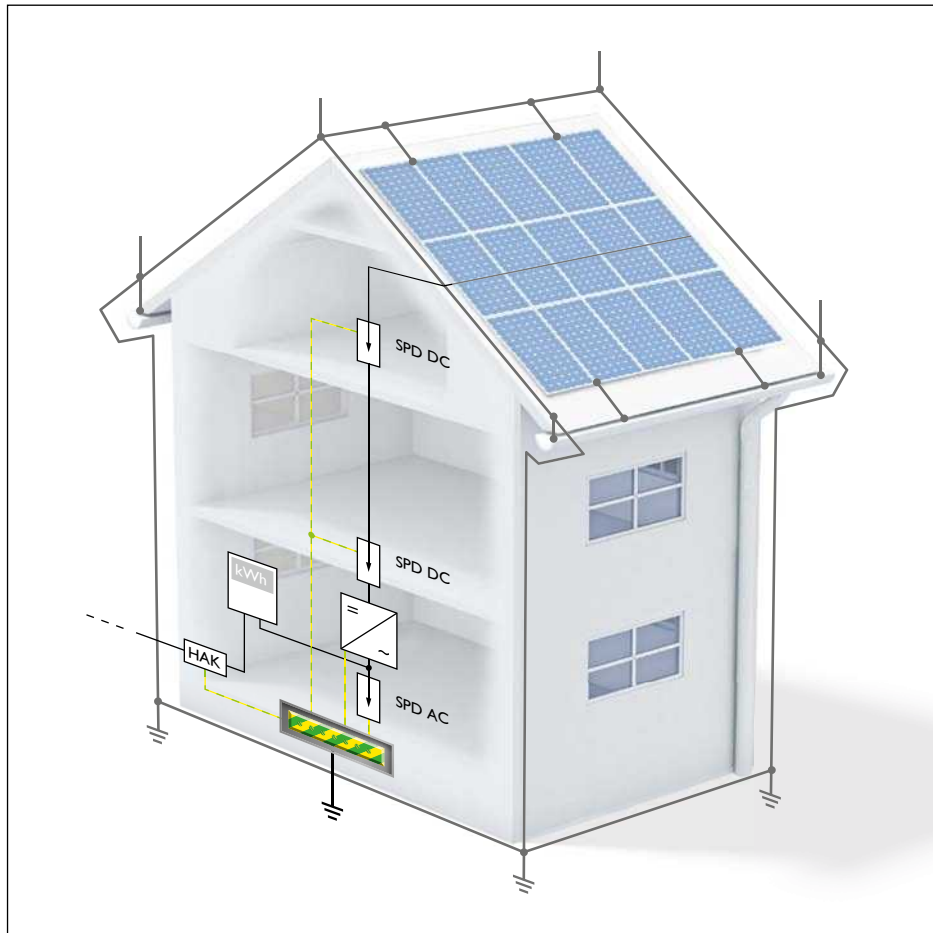


Abb. 69: Aufdachanlage auf einem Einfamilienhaus

Vorteile der Y-Schaltung

Alle Überspannungsschutzgeräte von Phoenix Contact für den DC-seitigen Schutz von PV-Anlagen basieren auf der sogenannten Y-Schaltung. Bei dieser fehlerresistenten Schaltung sind zwischen allen Potenzialen immer zwei Varistoren mit entsprechend koordinierten Abtrennvorrichtungen in Serie geschaltet. Somit ist gewährleistet, dass auch im Extremfall bei Versagen eines der Varistoren der Stromfluss durch den zweiten sicher unterbrochen werden kann. Dadurch wird ein Höchstmaß an Sicherheit erzielt.

sofern landesspezifische Vorschriften keine höheren Anforderungen definieren, wie z. B. die Forderung von Typ-1-SPDs zum Schutz der AC-Seite der Anlage.

Bei Gebäuden mit PV-Anlagen und äußerem Blitzschutzsystem bei denen der geforderte Trennungsabstand zu allen leitfähigen Teilen des Gebäudes sowie der Elektroinstallation eingehalten wird, ist für den AC-seitigen Anlagenschutz ein Typ-1-SPD erforderlich. Für den DC-seitigen Anlagenschutz ist auch in diesem Fall ein Typ-2-SPD mit einem Ableitvermögen von mindestens 5 kA

(8/20 μ s) je Schutzpfad ausreichend.

Für den Fall, dass der geforderte Trennungsabstand jedoch nicht eingehalten wird, ist für den DC-seitigen Anlagenschutz ein Typ-1-SPD erforderlich. IEC 61643-32 [18] legt hierzu das geforderte Ableitvermögen für die einzusetzenden SPDs in Abhängigkeit der Blitzschutzklasse sowie der eingesetzten SPD-Technologie fest.

Die Unterscheidung nach eingesetzter SPD-Technologie basiert auf der Tatsache, dass das SPD selbst Einfluss auf die Blitzstromverteilung in der Anlage ausübt

und damit verbunden – je nach Technologie – unterschiedlich große Stoßströme ableiten muss. IEC 61643-32 [18] trifft dabei eine Unterscheidung zwischen spannungsbegrenzenden SPDs auf Basis von Varistoren und spannungsschaltenden SPDs auf Basis von Funkenstrecken oder gasgefüllten Überspannungsableitern (gas discharge tube, GDT). Kombinationen aus diesen Grundbauelementen werden wie folgt betrachtet: Die Reihenschaltung aus Varistor und GDT wird ebenfalls als spannungsbegrenzend betrachtet, demgegenüber gilt die Par-

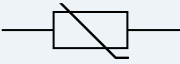
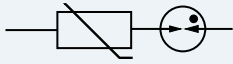
| Spannungsbegrenzende SPDs | |  | |  | | | | | |
|---------------------------|---|---|--------------|---|--------------|----------------|--------------|-------------|--------------|
| | | MOV | | MOV + GDT in Reihe | | | | | |
| Blitzschutzklasse LPL | Maximaler Blitzstoßstrom (10/350 μ s) | Anzahl der äußeren Ableitungen | | | | | | | |
| | | <4 | | | | ≥ 4 | | | |
| | | pro Schutzpfad | | I_{total} | | pro Schutzpfad | | I_{total} | |
| | | $I_{8/20}$ | $I_{10/350}$ | $I_{8/20}$ | $I_{10/350}$ | $I_{8/20}$ | $I_{10/350}$ | $I_{8/20}$ | $I_{10/350}$ |
| I oder unbekannt | 200 kA | 17 kA | 10 kA | 34 kA | 20 kA | 10 kA | 5 kA | 20 kA | 10 kA |
| II | 150 kA | 12,5 kA | 7,5 kA | 25 kA | 15 kA | 7,5 kA | 3,75 kA | 15 kA | 7,5 kA |
| III oder IV | 100 kA | 8,5 kA | 5 kA | 17 kA | 10 kA | 5 kA | 2,5 kA | 10 kA | 5 kA |

Tabelle 6: Werte für spannungsbegrenzende SPDs in der PV-Applikation auf einem Gebäude bei nicht eingehaltenem Trennungsabstand



| Spannungsschaltende SPDs | |  | |  | |
|--------------------------|---|---|---------|---|---------|
| | | GDT | | MOV + GDT parallel | |
| Blitzschutzklasse LPL | Maximaler Blitzstoßstrom (10/350 μ s) | Anzahl der äußeren Ableitungen | | | |
| | | <4 | | ≥ 4 | |
| | | pro Schutzpfad $I_{10/350}$ | | I_{total} | |
| I oder unbekannt | 200 kA | 25 kA | 50 kA | 12,5 kA | 25 kA |
| II | 150 kA | 18,5 kA | 37,5 kA | 9 kA | 18 kA |
| III oder IV | 100 kA | 12,5 kA | 25 kA | 6,25 kA | 12,5 kA |

Tabelle 7: Werte für spannungsschaltende SPDs in der PV-Applikation auf einem Gebäude bei nicht eingehaltenem Trennungsabstand

allelschaltung als spannungsschaltend. Für einen effektiven Anlagenschutz gibt IEC 61643-32 [18] weiterhin Hinweise zur Anzahl der zu installierenden SPDs sowie zu deren optimalen Installationsort. Zum Schutz des Wechselrichters gilt die Empfehlung, die SPDs möglichst nah am Wechselrichter zu installieren. Überschreitet die Leitungslänge zwischen PV-Modulen und Wechselrichter 10 m, ist ein zusätzliches Schutzgerät am anderen Leitungsende im Bereich der PV-Module zu installieren, um auch diese effektiv zu schützen.

In Anlagen mit äußerem Blitzschutzsystem und nicht-eingehaltenem Trennungsabstand müssen zudem die metallenen Rahmen und Trägersysteme der PV-Module blitzstromtragfähig mit dem Blitzschutzsystem verbunden werden. Unabhängig von der jeweiligen Leitungslänge muss in diesem Fall an jedem Einbauort ein SPD Typ 1 installiert werden. Grund hierfür ist, dass alle Leitungen der PV-Anlage als parallele Pfade zu den Potenzialausgleichsleitungen und den Gebäudeableitungen betrachtet werden und, verbunden über die SPDs, Blitzteilströme tragen müssen.

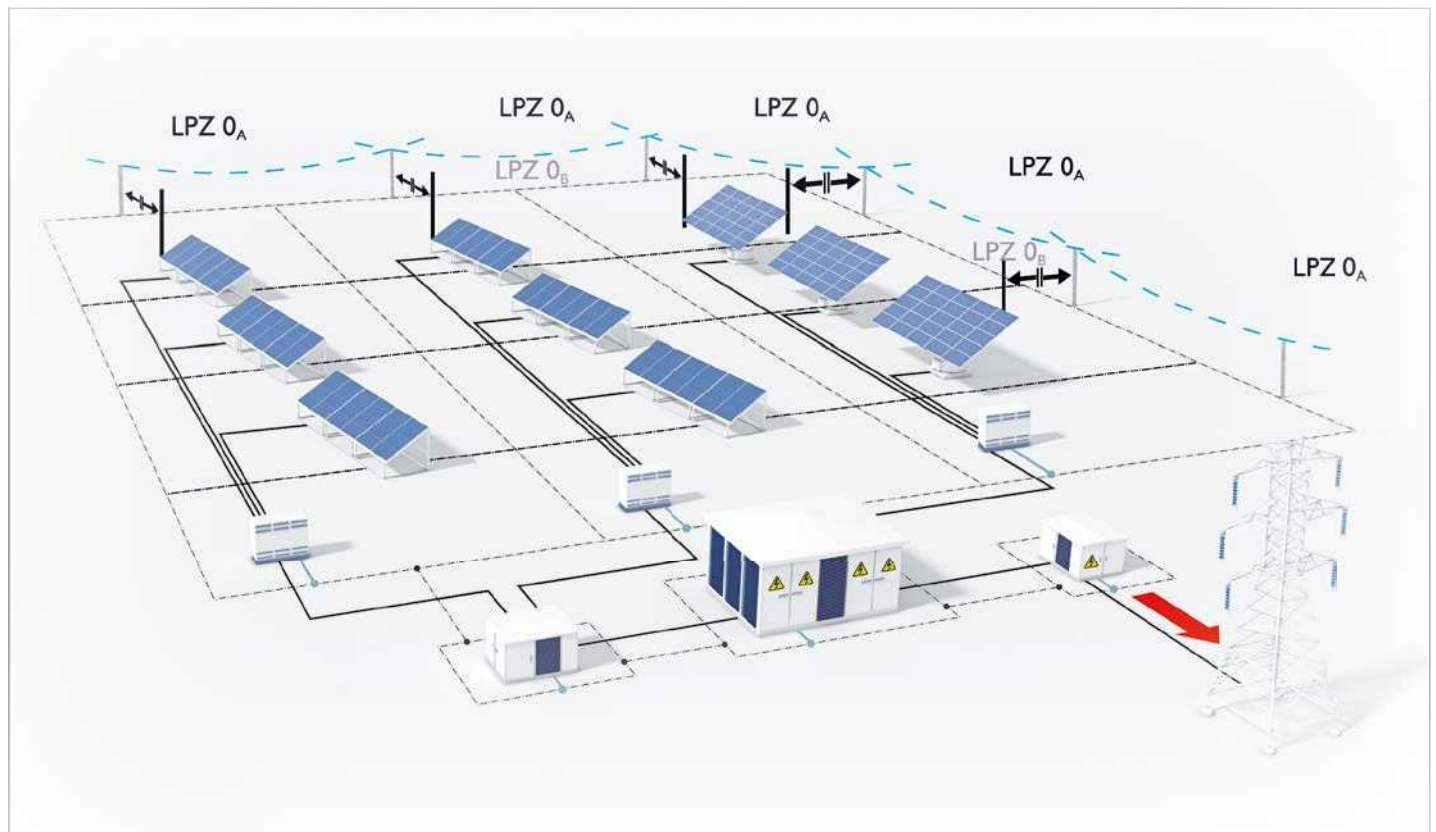


Abb. 71: Freiflächenanlage mit äußerem Blitzschutzsystem

6.3.2 Freiflächenanlagen

Für die ordnungsgemäße Auslegung von Blitz- und Überspannungsschutzsystemen für PV-Freiflächenanlagen sind im Vergleich zu baulichen Anlagen noch weitere Aspekte relevant:

- Potenzialausgleich-Maschenweite
- Ausführung des Erdungssystems
- Verwendung von Wechselrichtertypen (String- oder Zentralwechselrichter)

Freiflächenanlagen sind in der Regel durch ein stark vermaschtes Potenzialausgleichssystem charakterisiert, das im

Regelfall mit einer Vielzahl von Tiefenerdern versehen ist. Die Modulrahmen sind ebenfalls an das Potenzialausgleichssystem angebunden. Die Leitungslängen zwischen den PV-Modulen und dem Einspeisepunkt können in diesen Anlagen mehrere 100 m betragen.

Kommt es zu einem Einschlag in das äußere Blitzschutzsystem werden Blitzteilströme in das Potenzialausgleichssystem eingekoppelt. Daher sind Freiflächenanlagen mit Zentralwechselrichtern DC-seitig mit Typ-1-SPDs zu schützen, deren benötigte Leistungsfähigkeit in

Tabelle 8 angegeben ist.

Für Freiflächenanlagen mit String-Wechselrichtern, die nahe der PV-Module installiert sind, gilt:

Für den Schutz der AC-Seite sind SPDs zu wählen deren Ableitfähigkeit analog zu den Werten aus Tabelle 8 zu wählen sind. Für den Schutz der DC-Seite sind Typ-2-SPDs mit einem Ableitvermögen von mindestens 5 kA (8/20 μ s) je Schutzpfad ausreichend.

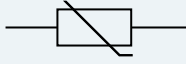


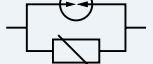
| Blitzschutzklasse LPL Maximaler Blitzstoßstrom (10/350 μ s) | | SPDs auf der DC-Seite I_{imp} in kA (10/350 μ s), I_n in kA (8/20 μ s) | | | | | | | |
|---|--------|--|-------------|---|--------------------------|---|-------------|---|--|
| | | spannungsbegrenzende SPDs | | | spannungsschaltende SPDs | | | | |
| | |  | |  | |  | |  | |
| | | MOV | | MOV + GDT in Reihe | | GDT | | MOV + GDT parallel | |
| | | $I_{10/350}$ | | $I_{8/20}$ | | $I_{10/350}$ | | | |
| | | pro Schutzpfad | I_{total} | pro Schutzpfad | I_{total} | pro Schutzpfad | I_{total} | | |
| III oder IV | 100 kA | 5 kA | 10 kA | 15 kA | 30 kA | 10 kA | 20 kA | | |

Tabelle 8: Blitzstromparameter ($I_{10/350}$) und I_n ($I_{8/20}$) für SPDs auf der DC-Seite in PV-Freiflächenanlagen mit Zentralwechselrichter

VALVETRAB-MB-...-DC-PV

Die Kosten einer PV-Anlage können deutlich gesenkt werden durch eine hohe DC-Systemspannung von bis zu 1500 V. Es werden weniger Generatoranschlusskästen benötigt und auch bei der Leitungsverlegung können Materialkosten eingespart werden.

Mit der VAL-MB-Produktfamilie setzt Phoenix Contact neue Impulse mit leistungsstarken SPDs für Spannungen bis 1500 V DC. Diese zeich-

nen sich durch ein hohes Gesamt-ableitvermögen I_{total} von 12,5 kA (10/350 μ s) aus und erfüllen damit alle normativen Anforderungen und Bedingungen der Installationsrichtlinie für den Einsatz in Blitzschutzklasse III und IV.



Abb. 72: VAL-MB-T1/T2 1500DC-PV/2+V-FM

6.4 Schutz von Signalübertragungskreisen der MSR-Technik

In der Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik (MSR-Technik) nimmt die störungsfreie Übertragung von Signalen eine zentrale Rolle ein. Der reibungslose Betrieb der Gebäudeleittechnik, Produktion oder Prozesstechnik setzt ein hohes Maß an Qualität und Verfügbarkeit der übertragenen Signale voraus. Diese sind jedoch einer zunehmend elektrisch aktiven Umgebung ausgesetzt. Dies gilt besonders für die eher schwachen Signale, die von Sensoren geliefert werden. Kleine Spannungen oder Ströme, die geschützt übertragen, aufbereitet und ausgewertet werden müssen, sind immer häufiger elektromagnetischen und hochfrequenten Störungen ausgesetzt. Ursachen dafür sind:

- Eine steigende Anzahl elektrisch betriebener Komponenten in allen Leistungsklassen, insbesondere über Frequenzrichter betriebene Motoren und andere Aktoren.
- Eine zunehmende Miniaturisierung und Packungsdichte von Gerätekomponenten.
- Eine wachsende Zahl drahtloser Kommunikations- und Steuerungseinrichtungen.
- Digitale Systeme, die mit immer höheren Übertragungsfrequenzen arbeiten.

Unzureichende Berücksichtigung dieser Störgrößen, nicht ausreichende Fehleranpassungen oder andere Planungsmängel beeinträchtigen eine fehlerfreie Signalübertragung.

Auch Überspannungen, etwa durch Blitzeinwirkungen, können Funktion und Verfügbarkeit elektronischer Baugruppen der MSR-Technik beeinträchtigen. Überspannungsbedingte Störungen und Schäden in Systemen der MSR-Technik lassen sich jedoch durch den Einsatz passgenauer SPDs wirksam verhindern.

Je nach Gefährdungspotenzial und Anspruch an das Schutzniveau kommen SPDs mit kombinierten Schutzschaltun-

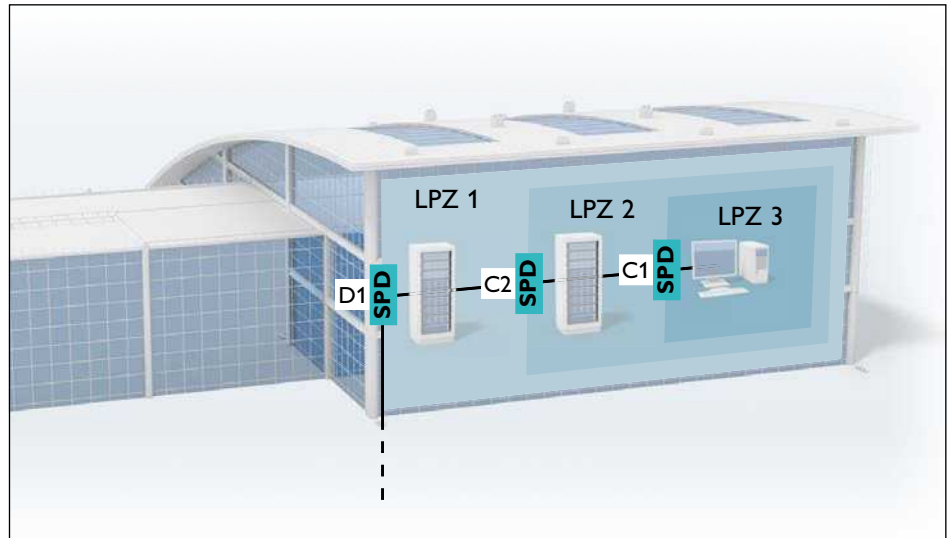


Abb. 73: Blitzschutzzone und Klassifizierung von Schutzgeräten für MSR und IT-Anlagen nach IEC 61643-22 [16]

gen oder mit einzelnen Bauelementen zum Einsatz. Diese werden unmittelbar vor den zu schützenden Signaleingängen installiert. Die Schaltungen der einzusetzenden SPDs sind an die verschiedenen Signalarten angepasst.

6.4.1 Funktionsweise der Überspannungsschutzgeräte

In der MSR-Technik existiert eine Fülle an unterschiedlichen Anwendungen und Signalformen. Daher sind verschiedene, speziell auf die jeweilige Applikation optimierte Schutzschaltungen, erforderlich. Typische Bauelemente für diese Schutzschaltungen sind gasgefüllte Überspannungsableiter (GDT) und

Suppressordioden (Transient Voltage Suppressordiode, TVS-Diode). Varistoren werden aufgrund des „Alterungsverhaltens“ (Anstieg des Leckstroms nach starker Belastung) und der größeren Bauform seltener verwendet.

GDTs bestehen aus einer Elektrodenanordnung in einem Keramik- oder Glasröhrchen. Zwischen den Elektroden befindet sich ein Edelgas, z. B. Argon oder Neon. Bei Erreichen der Zündspannung wird das Bauelement aufgrund der einsetzenden Gasentladung niederohmig. Die Zündspannung ist keine Konstante, sondern weist eine Abhängigkeit von der Anstiegsgeschwindigkeit der Überspannung auf. Nach dem Zünden der Entladungsstrecke stellt sich typischerweise eine Bogenbrennspannung zwischen 10

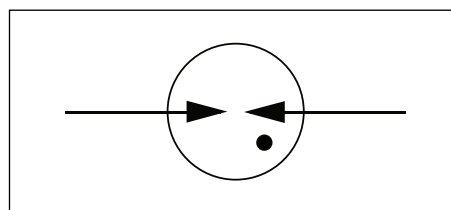


Abb. 74: Schaltzeichen eines Gasableiters

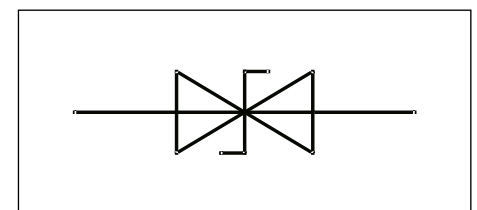


Abb. 75: Schaltzeichen einer Suppressordiode

und 30 V ein, die als Spannungsfall am SPD messbar ist. GDTs besitzen eine hohe Stoßstromableitfähigkeit von mehreren zehntausend Ampere (8/20 μ s). Mit Werten ab mehreren hundert Volt ist der Schutzpegel jedoch relativ hoch.

Suppressordioden werden leitend, wenn eine Spannungsschwelle, bzw. die Sperrspannung U_R überschritten wird. Bei der etwas höheren Durchbruchspannung U_{BR} fließt über die Suppressordiode ein Strom von 1 mA. Hier beginnt die Suppressordiode die Überspannung zu begrenzen. Die maximale Begrenzungsspannung ist die Spannung, die beim Stoßstromimpuls höchstens an der Suppressordiode abfallen kann. Die großen Vorteile von TVS-Dioden sind die Reaktionsgeschwindigkeit und die gute Spannungsbegrenzung. Die Stoßstromableitfähigkeit ist jedoch deutlich geringer als die von GDTs. Moderne Schutzgeräte verwenden aufeinander abgestimmte GDTs und TVS-Dioden, um deren jeweilige Vorteile optimal zu nutzen. So bietet der GDT ein hohes Ableitvermögen und die TVS-Diode einen niedrigen Schutzpegel sowie schnelles Ansprechverhalten. Um dies zu erreichen, ist eine Koordination über Koppellemente zwischen GDT und TVS-Diode erforderlich. Die Funktionsweise einer solchen zweistufigen Schaltung wird anhand der Abbildung 76 verdeutlicht. Bei Auftreten einer transienten Überspannung zwischen den Signaladern nimmt die

TVS-Diode nach kurzer Ansprechzeit einen niederohmigen Zustand ein. Dabei kommt es zu einem Stromfluss über die Diode und den im Signalpfad befindlichen Entkopplungselementen R_{gesamt} . Der Spannungsfall an der Diode wird dabei auf den Wert der so genannten „maximum clamping voltage“ bzw. an den Ausgangsklemmen des SPD auf den Wert des Schutzpegels U_P begrenzt. Bei optimaler Auslegung der Stromführung durch das SPD ist der Schutzpegel U_P nur geringfügig höher als die „maximum clamping voltage“. Um Stoßströme ableiten zu können, die die maximale Stoßstromtragfähigkeit der TVS-Diode übersteigen, muss der GDT den Anteil des Stoßstroms abführen, der ansonsten zu einer Überlastung der TVS-Diode führen würde. Die Kommutierung des Stroms erfolgt dabei abrupt, nachdem die am GDT anliegende Spannung dessen Zündspannung U_Z erreicht. Bei Einsetzen des Stromflusses sinkt die an der Entladungsstrecke abfallende Spannung auf den Wert der Bogenbrennspannung (typabh. 10 V–30 V) ab. Bei der betrachteten Schutzschaltung (Abb. 76) wird das Kommutierungsverhalten wesentlich durch den Widerstand der Entkopplungselemente bestimmt, was aus der nachfolgenden Betrachtung deutlich wird. Der Spannungsfall U_G am GDT, der dessen Zündverhalten bestimmt, ergibt sich aus dem Spannungsfall entlang der Entkopplungselemente (ohmsche Betrachtung)

und dem Spannungsfall U_S an der TVS-Diode. Aus der näherungsweise linearen Beziehung der vorgenannten Spannungsfälle wird ersichtlich, dass sich über die Variation des Widerstandswerts der Entkopplungselemente der Spannungsfall am GDT und darüber dessen Ansprechverhalten sowie der Leistungsumsatz in der TVS-Diode gezielt steuern lässt. Diesen positiven mit der Steigerung von R_{gesamt} verbundenen Eigenschaften, steht eine Erhöhung der Verlustleistungen in den Entkopplungselementen (Widerständen) entgegen. Aus der Eigenerwärmung, verbunden mit der Forderung nach der Einhaltung von Maximaltemperaturen, ergibt sich eine obere Grenze für den Bemessungsstrom des SPD.

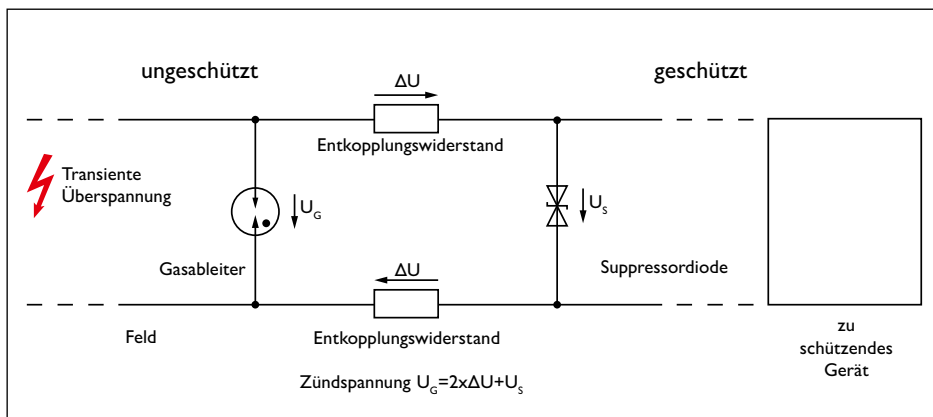


Abb. 76: Zweistufige Schutzschaltung

Grundschaltungen

Für die MSR-Technik stehen verschiedene auf die jeweilige Applikation zugeschnittene Schutzschaltungen zur Verfügung. In erster Linie unterscheidet man zwischen Signalformen, die als eigenständiger geschlossener Kreis (Loop) ausgeführt sind und Signalen mit einem gemeinsamen Bezugspotenzial bzw. einem gemeinsamen Rückleiter. Die eigenständigen geschlossenen Kreise (Loops) sind aus Gründen der Störsicherheit oft vom Erdpotenzial isoliert ausgeführt. Eine häufig vorkommende Anwendung dieser Art ist die 4 bis 20-mA- Stromschleife zur Übertragung von Messwerten. Um die Isolation in der Applikation auch weiterhin zu gewährleisten, werden die SPDs entsprechend ausgelegt. Gasgefüllte Überspannungsableiter gewährleisten im Betriebsfall die Isolation zwischen den Signaladern und dem Erdpotenzial. Im Fall

einer anliegenden Überspannung leitet der GDT die Transiente wirksam zur Erde ab und sorgt für eine Spannungsbegrenzung, sodass die Isolationsfestigkeit des Endgeräts nicht überschritten wird. Typische Isolationsfestigkeiten von Endgeräten liegen bei 1,5 kV. Neben dem Schutz der Isolationsfestigkeit ist bei MSR-Anwendungen ein Schutz zwischen den Signaladern besonders wichtig, um ein Überschreiten der Spannungsfestigkeit zu verhindern. Die Endgeräte sind für Potenzialunterschiede dieser Art in der Regel wesentlich empfindlicher, da sensible Halbleiterbauelemente der Endgeräte direkt betroffen sind. Häufig liegt die entsprechende Spannungsfestigkeit der Geräte unterhalb von 100 V. Die betroffene Schutzstufe im SPD besteht daher aus einer schnell ansprechenden TVS-Diode, die einen entsprechend niedrigen Schutzpegel realisiert.

In Fällen, in denen die Entkopplungswiderstände im Längspfad nicht zulässig sind, ist eine Schaltungsvariante ohne Entkopplung notwendig. Dies kann bei Pt-100-Zweileiter-Messkreisen der Fall sein, bei denen Widerstände das Messergebnis verfälschen können. Auch bei Aktorschaltungen mit höheren Nennströmen wird diese Art der Schutzschaltung eingesetzt. Durch die fehlende Entkopplung stellt sich jedoch eine geringere Stoßstromtragfähigkeit zwischen den Signaladern ein.

Anwendungen mit gemeinsamem Bezugspotenzial erfordern eine besonders ausgelegte Schutzschaltung, da die empfindlichen Halbleiterbauteile der Endgeräte auch durch transiente Überspannungen zwischen den Signaladern und dem Bezugspotenzial beschädigt werden können. Aus diesem Grund sind in diesem Fall die TVS-Dioden zwischen

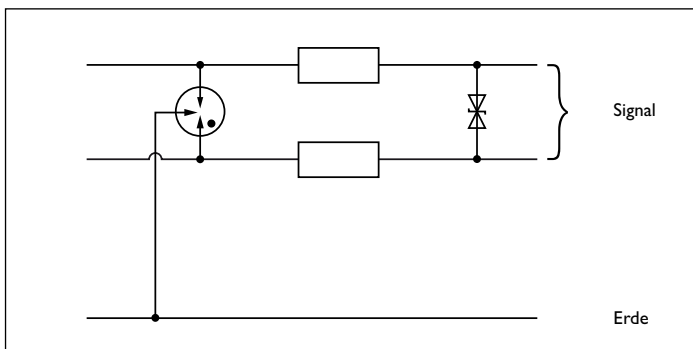


Abb. 77: Grundschaltung für isolierte Signalkreise

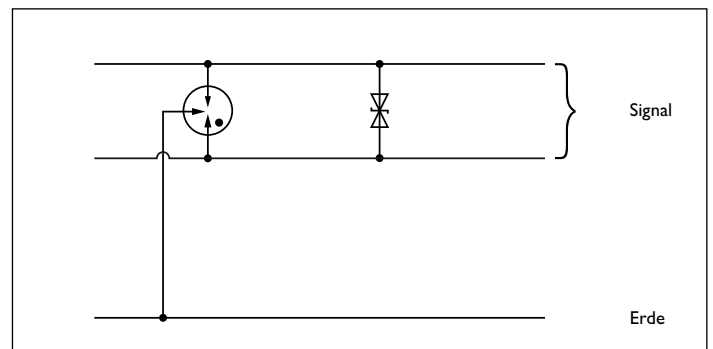


Abb. 78: Grundschaltung für isolierte Signalkreise (ohne Koppelwiderstände)

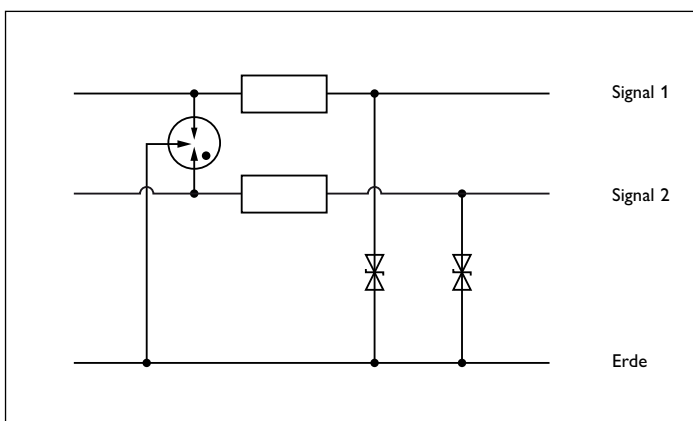


Abb. 79: Grundschaltung für Anwendungen mit gemeinsamem Bezugspotenzial, direkt geerdet

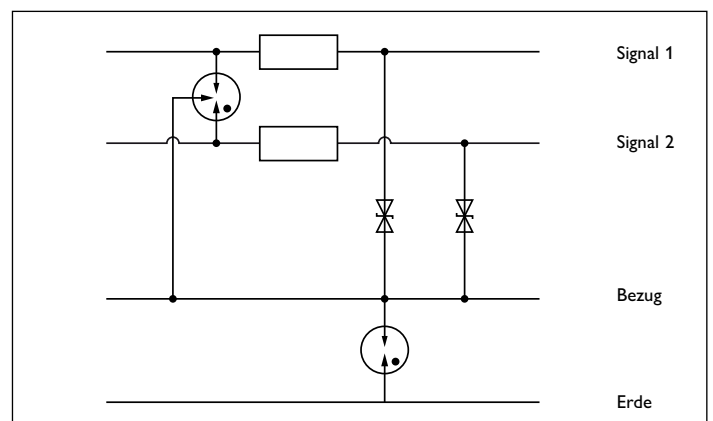


Abb. 80: Grundschaltung für Anwendungen mit gemeinsamem Bezugspotenzial, indirekt geerdet

jeder Ader und dem Bezugspotenzial geschaltet. In Fällen, in denen das Bezugspotenzial geerdet ist, kann das SPD, wie in Abb. 79 dargestellt, verwendet werden. In manchen Fällen ist eine direkte Verbindung des gemeinsamen Bezugspotenzials (z. B. Masse) und des Erdpotenzials nicht zulässig oder unerwünscht. Für diesen Anwendungsfall werden Schaltungsvarianten mit einem zusätzlichen GDT zwischen Bezugspotenzial und Erde verwendet (Abb. 80). Dies wird als indirekte Erdung bezeichnet.

6.4.2 Schutzzonenkonzept in MSR-Anwendungen

Auf Basis einer Risikoanalyse wird die Notwendigkeit des Einsatzes von Überspannungsschutz festgestellt. Eine Auswahl der SPDs erfolgt dann anhand der Prüfklasse, die durch den Zonenübergang vorgegeben wird, siehe Abb. 81. Um eine optimale Schutzwirkung zu erzielen, sollten die SPDs jeweils an den Zonengrenzen platziert werden. Alle Leitungen, die in das Gebäude ein- oder herausgeführt werden, sollten durch entsprechende SPDs in den gemeinsamen Potenzialausgleich eingebunden werden. Das Zonenkonzept ist insbesondere dann anzuwenden, wenn eine äußere Blitzschutzanlage vorhanden ist. Z. B. dient die erste Schutzstufe (j, h) direkt am Gebäudeeintritt vorrangig dem Schutz der Installation vor Zerstörung. Die verwendeten SPDs sollten entsprechend der zu erwartenden Bedrohung

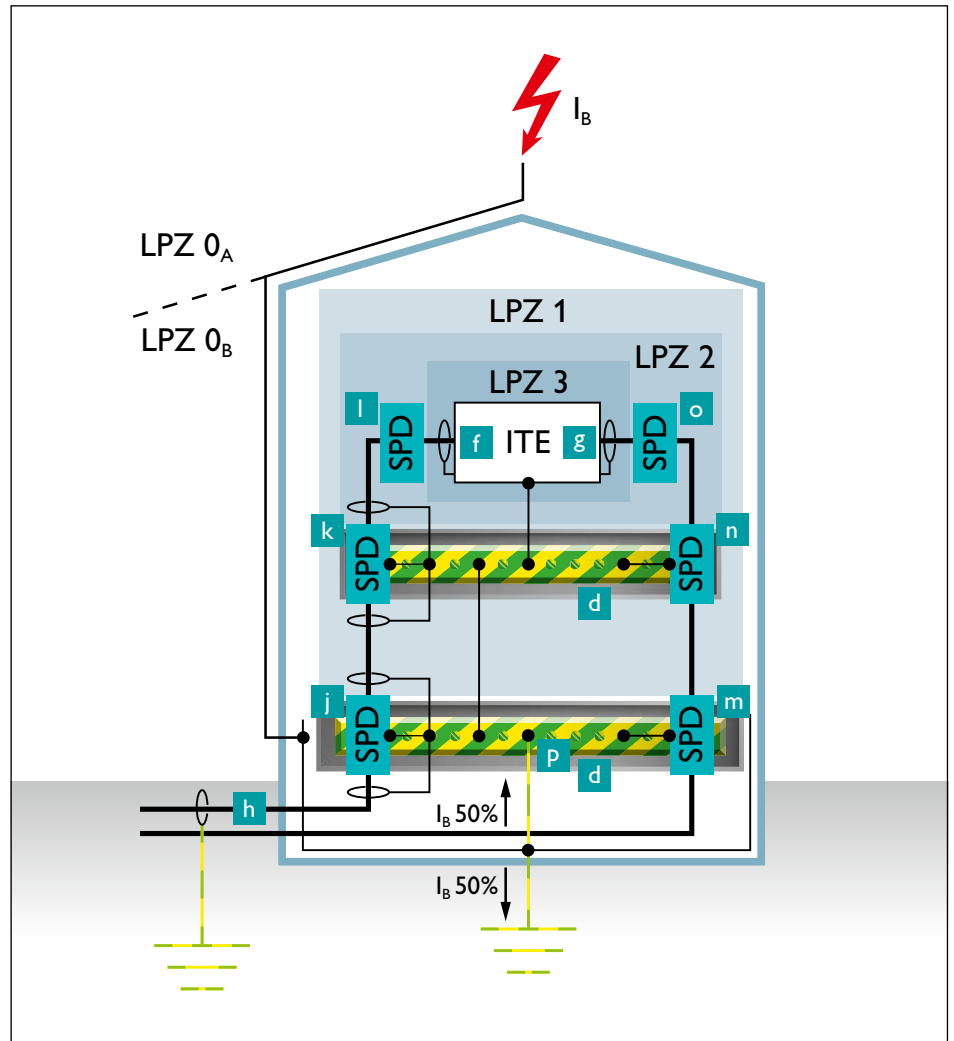


Abb. 81: Zonenkonzept gemäß IEC 61643-22 [16]

bemessen sein. Die nachfolgenden SPDs (k,n und m,o) müssen dann nur noch in der Lage sein, die reduzierten Störspannungen und Stoßströme auf ein für die Endgeräte akzeptables Maß zu reduzieren. Anders als bei der Installation von SPDs für Stromversorgungssysteme muss bei den MSR-Signalen nicht an jedem Zonenübergang zwingend ein SPD installiert werden (siehe IEC 61643-22, [16]).

In der Praxis wird diese Möglichkeit, die Signalkabel aus dem Feld nicht an jedem Zonenübergang aufzutrennen, genutzt. Der Installationsaufwand wird hiermit gering gehalten. Mehrere Schutzstufen sind daher in einem MSR-SPD kombiniert. Dieser Schutzbaustein kann dann praxisgerecht vor dem zu schützenden Gerät, z. B. den Eingängen einer

Steuerung installiert werden. Im Vergleich zu SPDs für die Stromversorgung gem. IEC 61643-11 unterscheidet man hier allerdings nicht nach T1, T2, T3, sondern klassifiziert die SPDs je nach Ableitvermögen. D1 für Blitzimpulse an der Zonengrenze LPZ 0/1, C2 für reduzierte Störimpulse an LPZ 1/2 und C1 an LPZ 2/3. Die Auswahlhilfe (Tabelle 9) aus DIN CLC/TS 61643-22 [16] gibt Aufschluss, an welcher Stelle welcher SPD-Typ eingesetzt werden muss.

| Zonenübergang | 0 _A → 1 | 1 → 2 | 2 → 3 |
|-----------------------------------|--------------------|-------|-------|
| SPD-Typ entsprechend IEC-61643-21 | D1 | C2 | C1 |
| SPD-Typ entsprechend IEC-61643-11 | 1 | 2 | 3 |

Tabelle 9: Blitzschutzzonen-Übergänge und entsprechende SPD-Typen

Überspannungsschutz für Stromschleifen

Die Übertragung von Messwerten wird im Feld häufig mittels genormter Verfahren vorgenommen. Insbesondere das 4 bis 20-mA-Signal wird besonders häufig dort eingesetzt, wo längere Leitungen vorzufinden sind. Der Messwert am Sensor wird in einen Stromwert gewandelt, der zwischen den beiden Übertragungseinrichtungen fließt. Der ohmsche Widerstand der Leitung hat dabei keinen Einfluss auf den Strom der Messwertübertragung. Häufig werden bei den Stromschleifen zwei Signaladern verwendet, die kein weiteres Bezugspotenzial benötigen und gegenüber dem Erdpotenzial isoliert geführt sind. Um eine solche Anwendung gegenüber Transienten zu schützen, wird an beiden Endstellen ein SPD benötigt. Das jeweilige SPD ist mit einer mehrstufigen Schutzschaltung ausgeführt. Sowohl transiente Querspannungen zwischen den Signaladern als auch Längsspannungen zur Erde werden somit an beiden Endstellen wirksam begrenzt, siehe Abb. 82.

Überspannungsschutz für Binärsignale

In der Steuerungstechnik werden häufig Baugruppen verwendet, die eine höhere Anzahl an Signalein- und -ausgängen (digital in/digital out) aufweisen. Weiterhin existiert ein gemeinsames Bezugspotenzial, das häufig gleichzeitig

als gemeinsamer Rückleiter aus dem Feld verwendet wird. Die für diese Art von Anwendung geeignete Schutzschaltung ist mit zwei Schutzstufen zwischen jeder Ader und dem gemeinsamen Bezugspotenzial ausgelegt. Zwischen zwei „benachbarten“ Signaladern besteht immer ein Schutz über die Reihenschaltung von zwei Suppressordioden. Weiterhin ist ein Schutz zur Erde über einen GDT vorhanden, sodass in Summe alle denkbaren Transienten begrenzt werden, siehe Abb. 83.

Überspannungsschutz für Temperaturmessungen

Wird eine Temperaturmessung über einen temperaturabhängigen Widerstand, wie den Pt 100, vorgenommen ist der ohmsche Anteil der zusätzlichen Leitungen und auch der Entkopplungswiderstände von Überspannungsschutzgeräten in besonderer Weise zu berücksichtigen. Im Fall der Zweidrahtmessung kann der Widerstandswert des SPD das Messergebnis verfälschen. Beträgt die Summe der Entkopplungswiderstände im Messkreis z. B. 4 Ohm, dann liegt bei einer Messung bei 0 °C ein Messfehler von 4 % vor, da anstatt 100 Ohm 104 Ohm detektiert werden. Aus diesem Grund gibt es die zweistufigen Schutzschaltungen als Variante ohne Entkopplungswiderstände, um den Einfluss des SPDs in dieser Applikation zu minimieren, siehe Abb. 84.

Überspannungsschutz in explosionsgeschützten Bereichen

In der chemischen und petrochemischen Industrie können aufgrund verfahrenstechnischer Abläufe immer wieder explosionsfähige Atmosphären auftreten. Sie werden z. B. durch austretende Gase, Dämpfe oder Nebel hervorgerufen. Aber auch in Mühlen, Silos, Zucker- und Futtermittelfabriken muss mit dem Auftreten explosionsfähiger Atmosphären durch Stäube gerechnet werden. Daher unterliegen elektrische Geräte in explosionsgefährdeten Bereichen besonderen Richtlinien. Dies gilt auch für SPDs, die in derartigen Applikationen eingesetzt werden.

Explosionsgefährdete Bereiche werden in genormte Zonen unterteilt. Für staub- und gasexplosionsgefährdete Bereiche ist eine Einteilung in der Norm IEC/EN 60079-11 [17] zu finden. Die Einteilung der Zonen erfolgt auf Basis der Häufigkeit des Auftretens einer explosionsfähigen Atmosphäre.

Im Bereich der MSR-Technik wird besonders häufig die Zündschutzart Ex i, Eigensicherheit verwendet. Die Zündschutzart Eigensicherheit bezieht sich im Unterschied zu anderen Zündschutzarten, z. B. erhöhte Sicherheit nicht nur auf einzelne Betriebsmittel, sondern auf den gesamten Stromkreis. Ein Stromkreis wird als eigensicher bezeichnet, wenn Strom und Spannung so weit begrenzt sind, dass ein Funke oder ein thermi-

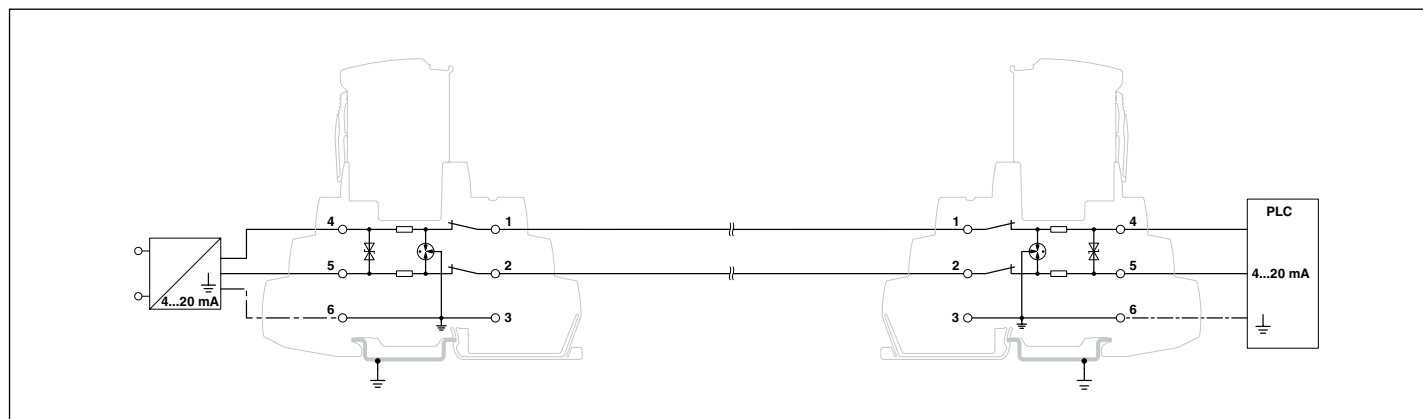


Abb. 82: Beispiel einer Messsignalübertragung (4...20 mA) mit Überspannungsschutz

schers Effekt keine Zündung einer explosionsfähigen Atmosphäre auslösen kann. Um die Energie des Funkens unterhalb der Zündenergie des umgebenden Gases zu halten, wird die Spannung begrenzt. Ein thermischer Effekt, z. B. eine zu heiße Oberfläche, wird durch die Strombegrenzung verhindert. Energie kann auch in Kapazitäten oder Induktivitäten innerhalb des eigensicheren Stromkreises gespeichert sein. Dies muss ebenfalls bei der Betrachtung des eigensicheren Stromkreises berücksichtigt werden. Das Schutzniveau ia, ib oder ic legt fest, ob in der Schutzbeschaltung eine 2-Fehler-, 1-Fehler-Sicherheit oder keine Fehlersicherheit vorhanden ist. Es wird bei der Eigensicherheit eine Fehlerbetrachtung durchgeführt, um eine Explosionsgefahr auszuschließen. In Bezug auf Überspan-

nungsschutz für eigensichere Kreise ist darauf zu achten, dass eine entsprechende Ex i-Zulassung vorliegt. Weiterhin ist gefordert, dass das SPD mindestens 10 Impulse eines Stoßstroms von 10 kA (8/20 μ s) sicher ableiten kann. Die umfassende Beschreibung von Explosionschutzmaßnahmen in Verbindung mit der Zündschutzart Eigensicherheit sind in der Norm IEC/EN 60079-11 [17] zu finden.

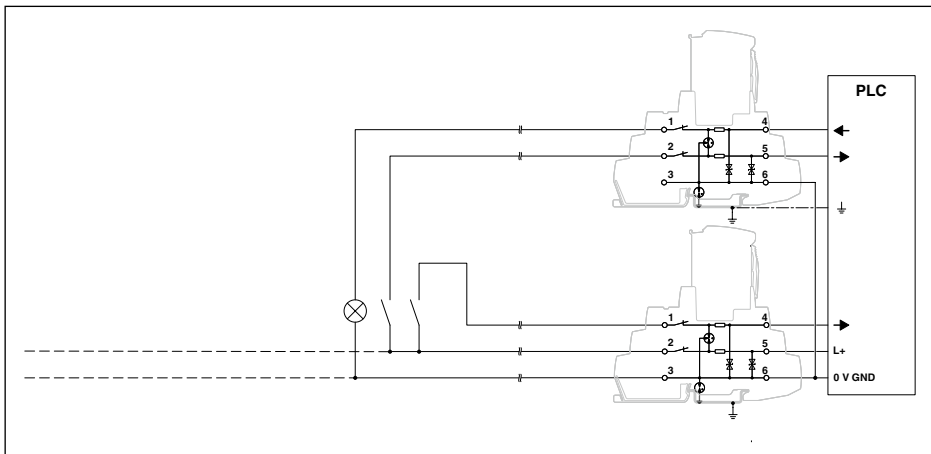


Abb. 83: Beispiel geschützte binäre Ein- und Ausgänge einer Steuerung

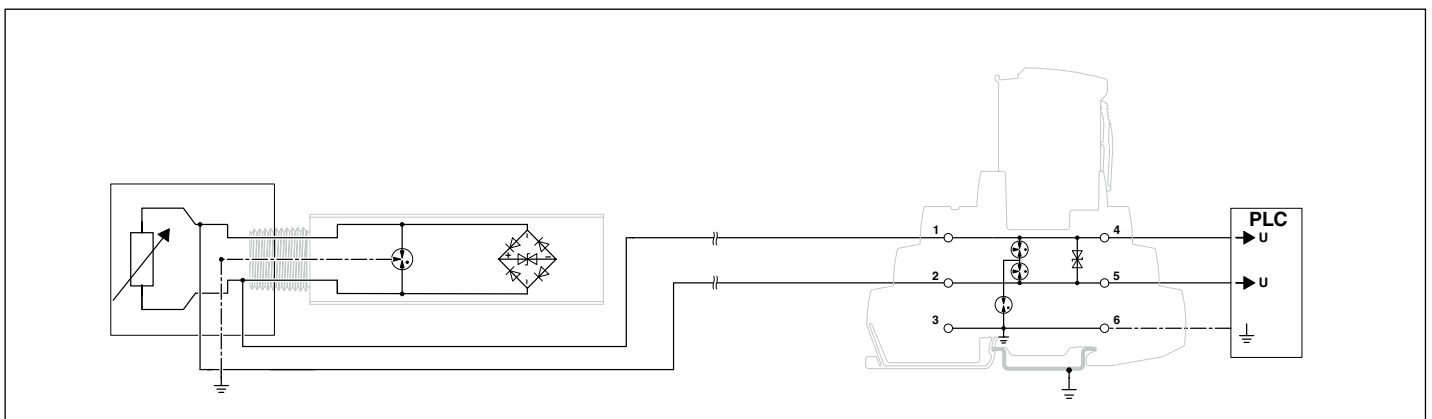


Abb. 84: Beispiel geschützte Zweidraht-Temperaturmessung (Pt 100)

Zone 0

Bereich, in dem gefährliche explosionsfähige Gasatmosphäre ständig, langfristig oder häufig vorhanden ist. In der Regel liegen diese Bedingungen im Inneren von Behältern, Rohrleitungen, Apparaturen und Tanks vor.

Zone 1

Bereich, in dem damit zu rechnen ist, dass eine gefährliche explosionsfähige Gasatmosphäre bei normalem Betrieb gelegentlich auftritt. Hierzu gehört die nähere Umgebung der Zone 0 sowie nähere Bereiche um Füll- und Entleerungseinrichtungen.

Zone 2

Bereich, in dem nicht damit zu rechnen ist, dass bei normalem Betrieb eine gefährliche explosionsfähige Gasatmosphäre auftritt, und wenn sie dennoch auftritt, dann nur kurzzeitig. Zur Zone 2 gehören Lagerräume, wenn sie nur zum Lagern verwendet werden, Bereiche um lösbare Verbindungen von Rohrleitungen und in der Regel die nähere Umgebung der Zone 1.

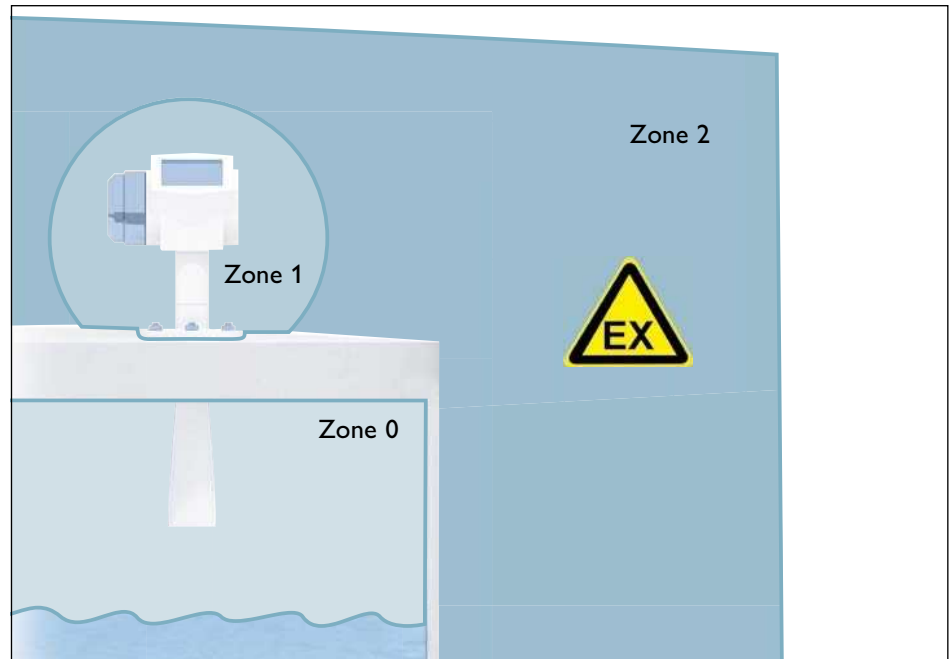


Abb. 85: Zoneneinteilung am Beispiel eines Flüssigkeitstanks mit Füllstandssensor



Abb. 86: TERMITRAB complete zum Schutz von eigensicheren Stromkreisen

Zertifizierte Schutzgeräte für explosionsgefährdete Bereiche

Phoenix Contact bietet mit den Produktfamilien TERMITRAB complete, PLUGTRAB IQ, und SURGETRAB Lösungen, die eine ATEX-Zulassung nach der Richtlinie 94/9/EG besitzen und in eigensicheren Kreisen bis in die Ex-Zone 1 installierbar sind.

Da alle SPDs von Phoenix Contact für eigensichere Stromkreise in die Kategorie „Ex ia“ eingeordnet sind, bieten sie höchste Sicherheit. In Kategorie „ia“ darf bei angelegter Spannung U_m und U_i der eigensichere Stromkreis in einem elektrischen Betriebsmittel, selbst unter der Annahme von zwei unabhängigen Fehlern, nicht in der Lage sein eine Zündung zu verursachen.

6.4.3 Auswahl von SPDs für MSR-Anlagen

Die Varianz an Überspannungsschutzgeräten im Bereich der MSR-Technik ist hoch. Die Auswahlkriterien reichen von offensichtlichen Installationseigenschaften des SPD, über vorteilhafte Produktfeatures bis hin zu technischen Parametern der Anwendung.

Installationseigenschaften

a) Montageart

Standardmäßig werden SPDs auf der Hutschiene installiert. Für die Installation von SPDs am Feldgerät ist es zum Teil einfacher, das SPD direkt am Sensorkopf anzuschrauben.

b) Anschlusstechnik

Viele SPDs bieten den bekannten Schraubanschluss. In der MSR-Technik, wo viele Adern verdrahtet werden, ist auch der schnelle, werkzeuglose Push-in-Anschluss beliebt.

c) Baubreite

Die Anzahl der zu schützenden Signale in einer MSR-Anwendung ist oft sehr groß. Ein schmaleres SPD kann deswegen erheblich dazu beitragen, dass der gesamte Schaltschrank kleiner dimensioniert werden kann.

Produktfeatures

d) Signalisierung und Fernmeldung

Überlastete SPDs schützen nicht mehr und müssen ausgetauscht werden. Anhand einer Statusanzeige am SPD lässt sich ein ausgefallenes Gerät erkennen. Mit einer Fernmeldemöglichkeit lässt sich der Status an die Leitwarte übertragen und die SPDs können schnell ausgetauscht werden. Die Fernmeldung erhöht also die Schutzqualität des gesamten Überspannungsschutzkonzepts.

e) Steckbarkeit

Steckbare SPDs lassen sich ohne Eingriff in die Installation austauschen. Beim Stecken und Ziehen wird das Signal weder unterbrochen noch beeinflusst.

f) Messertrennung

SPDs mit Messertrennung bieten die Möglichkeit, den Signalpfad am SPD zu öffnen. Dadurch kann die feldseitige Verdrahtung des SPD separat zur Verdrahtung der Elektronikseite durchgeführt werden. Außerdem lassen sich so leicht Wartungsarbeiten, wie z. B. Isolationsmessungen durchführen, um z. B. einen Fehler in der Feldverkabelung zu identifizieren.

Applikationsparameter

g) Schnittstellentyp

Grundsätzlich können Schnittstellentypen mit und ohne Bezugsleiter unterschieden werden. Signale mit Bezugsleiter, z. B. digitale Signaleingänge, benötigen ein Grob- und Feinschutzelement zwischen Signalader und Bezugsleiter. Signale ohne Bezugsleiter, z. B. 4 bis 20-mA-Stromschleifen, benötigen ein Feinschutzelement zwischen den beiden Signaladern, da hier die empfindliche Elektronik installiert ist, und einen Grobschutz zum Erdpotential. Dementsprechend sollten die Schutzschaltungen der SPDs ausgewählt werden.

h) Nennspannung

Die Nennspannung der Anwendung hat einen erheblichen Einfluss auf die Stoßspannungsfestigkeit des Endgeräts. Orientierend gilt, je geringer die Nennspannung der Anwendung ist, desto geringer sollte der Schutzpegel des SPD sein. Die maximale Spannung der Anwendung darf aber nicht die höchste Dauerspannung U_c des SPDs überschreiten, da es sonst überlastet werden kann.

i) Bemessungsstrom

Der Bemessungsstrom von SPDs für die MSR-Technik ist durch die Art der Schutzschaltung begrenzt. Da die Nennströme in der MSR-Technik in der Regel gering sind, genügt in vielen Fällen ein niedriger Bemessungsstrom des SPD. Bei Anwendungen mit höherem Nennstrom muss die Schutzschaltung variiert werden. Grundsätzlich gilt, dass der Nennstrom der Anwendung den Bemessungsstrom des SPD nicht überschreiten darf.

j) Anzahl Signaladern

Grundsätzlich kann für jedes Signaladerpaar ein separates SPD genutzt werden. Um die Packungsdichte zu erhöhen, sind SPDs sinnvoll, die mehrere Signaladern schützen, z. B. zwei digitale Eingänge mit einem gemeinsamen Bezugsleiter.

Online-Konfigurator für MSR-Überspannungsschutz

Die einzelne Bewertung aller Auswahlkriterien ist mühsam. Phoenix Contact bietet mit einem Online-Konfigurator eine einfache Möglichkeit, das geeignete SPD für die jeweilige MSR-Anwendung auszuwählen. Der Konfigurator berücksichtigt dabei die technische Eignung des SPD. Es lassen sich leicht gewünschte Produkteigenschaften hinzufügen, sowie nicht erforderliche Produkteigenschaften entfernen. So wird auf einfache Art und Weise die Produktauswahl wesentlich erleichtert.

 Webcode: #1389

k) HF-Anwendung oder Datenschnittstelle >1 MBit/s

Viele Überspannungsschutzschaltungen weisen eine Tiefpasscharakteristik auf. Für Hochfrequenzanwendungen sind daher Schutzschaltungen erforderlich, die das Signal nicht nennenswert dämpfen.

l) Widerstandabhängige Messung

In gebräuchlichen Schutzschaltungen für die MSR-Technik werden Entkopplungswiderstände im Signalpfad genutzt, die zur Koordination zwischen Fein- und Grobschutzelement dienen. Für widerstandabhängige Messungen sind Schaltungen verfügbar, die die Impedanz des Signalpfads nicht beeinflussen.

m) Ex-Anwendung

In Anwendungen mit explosionsfähigen Atmosphären bestehen erhöhte Anforderungen an elektrische Geräte. Für diese Anwendungen sind SPDs mit entsprechenden Eigenschaften und Zulassungen notwendig.

n) Schutzschaltungstyp

Standardmäßig werden mehrstufige Schutzschaltungen genutzt, die sowohl Grob- als auch Feinschutzelemente enthalten. Diese Schaltungen dienen als Blitz- und Überspannungsschutz und sind deswegen universell einsetzbar. Einstufige Schaltungen sind einfacher aufgebaut, bieten aber auch entweder nur den Blitz oder nur den Überspannungsschutz.

| Installations-eigenschaften | Applikations-parameter |
|--------------------------------|---|
| Montageart | Schnittstellentyp |
| Anschlusstechnik | Nennspannung |
| Baubreite | Bemessungsstrom |
| | Anzahl Signaladern |
| Produkt-Features | HF-Anwendung oder Datenschnittstelle (> 1 MBit/s) |
| Signalisierung und Fernmeldung | Widerstandabhängige Messung |
| Steckbarkeit | Ex-Anwendung |
| Messertrennung | Schutzschaltungstyp |

Tabelle 10: Auswahlkriterien für MSR-SPDs

6.4.4 Überspannungsschutz in dünnen Scheiben – TERMITRAB complete

In der MSR-Technik werden häufig SPDs mit einer hohen Packungsdichte gefordert, weil z. B. in der Prozessindustrie sehr viele Signale in einem Schaltschrank geschützt werden sollen. Durch die Nutzung von besonders schmalen SPDs wie TERMITRAB complete kann der Platzbedarf erheblich reduziert und Anlagen können kleiner dimensioniert werden.

Statusanzeige und Fernmeldung

Überspannungsschutzgeräte können überlastet werden und ausfallen. Für ein dauerhaft funktionsfähiges Überspannungsschutzkonzept ist es wichtig, überlastete SPDs zu erkennen und auszutauschen. TERMITRAB complete bietet dafür eine mechanische Statusanzeige am Modul, die die Abtrennung einer Überspannungsschutzkomponente vom Signalpfad anzeigt. Die Statusan-

zeige arbeitet ohne zusätzliche Hilfsenergie. Der Status der TERMITRAB complete-Module lässt sich dank der optional erhältlichen Fernmeldemodule an die Leitwarte übertragen. So ist die Information über ein funktionsfähiges Überspannungsschutzsystem permanent verfügbar. Ein Fernmeldemodul überwacht den Status von bis zu 40 benachbarten TERMITRAB complete-Modulen. Dafür ist keine zusätzliche Verdrahtung oder Programmierung notwendig. Wird im Überlastfall ein Schutzelement abgetrennt, schließt die Abtrennvorrichtung den Überwachungskanal und eine Samelfernmeldung wird ausgelöst.

Passgenaues Portfolio

TERMITRAB complete bietet ein passgenaues Portfolio mit unterschiedlichen Funktionalitäten. Es beginnt bei einfachen Klemmen mit einer Überspannungsschutzkomponente und reicht bis zu mehrstufigen, steckbaren SPDs mit Statusanzeige und integrierter Messertrennung. So kann ein Konzept nach

individuellem Bedarf mit den gewünschten Produkteigenschaften erstellt werden. Die Auswahl einer geeigneten Schaltung und der optionalen Funktionalitäten erfolgt in wenigen Schritten über einen Online-Konfigurator.



Abb. 87: Überspannungsschutz für alle Anwendungen – TERMITRAB complete

TERMITRAB complete – Superschmal

Die Produktfamilie TERMITRAB complete TTC beinhaltet den weltweit schmalsten Überspannungsschutz für die MSR-Technik mit einer Baubreite von nur 3,5 mm. So werden Platz und Kosten eingespart.

- 3,5 mm Baubreite
- Push-in-Anschluss-technik
- Mehrstufige Schutzschaltung
- Digitale und analoge Signale

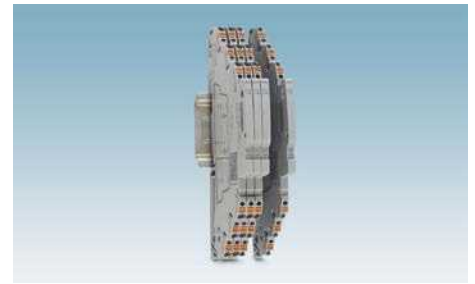


Abb. 88: TTC-3

TERMITRAB complete – Schmal und steckbar

Auch bei den steckbaren Varianten bietet TERMITRAB complete mit 6 mm Baubreite die schmalsten Lösungen am Markt.

- 6 mm Baubreite
- Steckbar und prüfbar
- Integrierte Statusanzeige
- Optional mit Messertrennung
- Push-in- oder Schraubanschluss
- Mehrstufige Schutzschaltung



Abb. 89: TTC-6 steckbare Varianten

TERMITRAB complete – Einteilig

Wenn keine Steckbarkeit und Prüfbarkeit der Geräte gefordert ist, sind die einteiligen Varianten die geeignete Alternative aus dem TERMITRAB complete-System.

- 6 mm Baubreite
- Optional mit integrierter Statusanzeige und Messertrennung
- Push-in- oder Schraubanschluss
- Mehrstufige Schutzschaltung



Abb. 90: TTC-6 einteilige Varianten

TERMITRAB complete – Einstufig

Die einzigen einstufigen Schutz-elemente am Markt mit integrierter Statusanzeige und Fernmeldemöglichkeit.

- 6 mm Baubreite
- Integrierte Statusanzeige
- Push-in- oder Schraubanschluss
- Einstufige Schutzschaltung



Abb. 91: TTC-6 einstufige Varianten

TERMITRAB complete – Fernmeldung

Sender- und Empfängermodul zur Überwachung von bis zu 40 Schutzgeräten der TERMITRAB complete-Familie.

- 6 mm Baubreite
- Integrierte Statusanzeige
- Push-in- oder Schraubanschluss
- Potenzialfreier Fernmeldekontakt
- Keine Verdrahtung einzelner Schutzgeräte

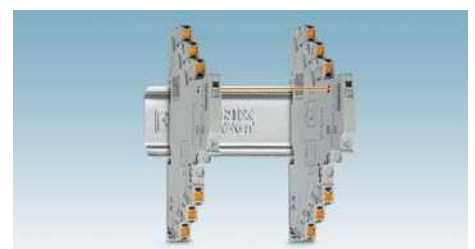


Abb. 92: TTC-6 Fernmelde-Set

6.4.5 Überspannungsschutz mit Früherkennung

Insbesondere bei einem Einsatz von Schutzgeräten an schwer zugänglichen Orten ist ein Monitoring der Schutzelemente in Verbindung mit einer Fernmeldefunktion sinnvoll. Durch eine kontinuierliche Zustandserfassung und -bewertung von Alterungsindikatoren wird eine zustandsorientierte bis hin zu einer vorausschauenden Wartungsstrategie möglich. Auf die betrachteten Bauelemente TVS-Diode und GDT der Schutzschaltung bezogen, lassen sich die nachfolgend beschriebenen Methoden, die auf physikalischen sowie statistischen Prinzipien sowie deren Verknüpfung basieren, für die Erfassung des Bauteilzustands und die Bewertung von Alterungsprozessen nutzen.

- a) Eine „direkte“ Beurteilung des Bauteilzustands im Sinn eines „direkten physikalischen Bewertungsverfahrens“ ist möglich, wenn ein direkter Zusammenhang zwischen der Messgröße und dem zu erfassenden Alterungszustand besteht. Ein derartiger physikalischer Zusammenhang besteht z. B. zwischen der Leckstromentwicklung der TVS-Diode und deren Schädigungsmaß.
- b) Statistische Bewertungsverfahren können Anwendung finden, wenn fundiertes Wissen über das belastungsabhängige Alterungs- und Ausfallverhalten für das betrachtete Bauelement besteht. In die-

sem Fall lassen sich durch Erfassung von Beanspruchung und deren Vergleich mit Belastungsgrenzen, die in IEC 61643-21 [7] beschrieben werden, statistische Aussagen zum Zustand treffen. Hier bietet sich z. B. die optische Detektion der mit einem Stromfluss durch den GDT verbundenen Gasentladung an.

Für die technische Realisierung der Zustandserfassung und -bewertung für eine 2-stufige Schutzschaltung bietet sich somit die optische Detektion des Stromflusses durch den GDT sowie die Erfassung des Leckstroms durch die TVS-Diode an. Durch die Erfassung dieser Messgrößen, lassen sich mittels geeigneter Algorithmen kontinuierlich Aussagen zur erfolgten Bauteilbeanspruchung sowie zu physikalischen Bauteilparameteränderungen treffen. Diese Informationen lassen sich über eine Statusmeldung abbilden. Damit diese Information z. B. in einer Leitwarte abgefragt werden kann, ist von Vorteil, wenn der Schutzstatus ferngemeldet werden kann. Hierzu wird häufig ein potenzialfreier Kontakt am Schutzgerät verwendet, der von einer SPS ausgewertet werden kann. Das Ergebnis kann dann über unterschiedliche Übertragungsmedien (Bus- oder Wireless-Systeme) an die Leitwarte weitergegeben werden. Mit dem Schutzgerätesystem PLUGTRAB PT-IQ (Abb. 93) wurde die Möglichkeit der Zustandserfassung und deren Weiterverarbeitung umgesetzt. Durch ein intelligentes Monitoring-System melden sie den jeweiligen Funktionsstatus. Am Schutzstecker gibt es dafür

LED-Anzeigen in Grün, Gelb und Rot. Gelb signalisiert, dass sich das Schutzgerät der Leistungsgrenze nähert. Gelb bedeutet aber auch, dass die Schutzfunktion noch vollständig gewährleistet ist. Diese Vorwarnanzeige ermöglicht das frühzeitige Einplanen des Austausches. Ein Austausch ist empfehlenswert und spätestens bei der Anzeige rot erforderlich.

Um den Verdrahtungsaufwand der Produkte zu minimieren, verläuft in der Tragschiene ein Signal- und Versorgungsbus. Darüber erhalten die Schutzmodule die Versorgungsspannung und melden ihren Status an das zentrale Versorgungs- und Fernmeldemodul (PT-IQ-PTB), welches das Signal ebenfalls optisch anzeigt und über einen potenzialfreien Kontakt als Fernmeldesignal zur Verfügung stellt. Über diesen potenzialfreien Kontakt kann der Zustand des SPDs über die unterschiedlichen Übertragungsmedien (Bus- oder Wireless-Systeme) weitergegeben werden.



Abb. 93: Schutzgerätesystem PT-IQ mit Funktionsstatusanzeige

PLUGTRAB PT-IQ

Mit diesem intelligenten Monitoring-System kennt ein Anwender, egal wo er sich befindet, jederzeit den Schutzstatus seiner Anlage. Durch die dreistufige Anzeige ist zudem eine vorausschauende Wartungsstrategie möglich. Die Geräte sind mit Schraubklemmen oder mit Push-in-Anschluss erhältlich. Durch einen Signal- und Versorgungsbus in der Tragschiene wird der Verdrahtungsaufwand der Produkte minimiert. Des Weiteren existieren Varianten für den Einsatz in Ex i-Stromkreisen.

6.4.6 Überspannungsschutz am Feldgerät

Um Feldgeräte zu schützen, sind Bauformen der SPDs verfügbar, die sich leicht an den zu schützenden Objekten anbringen lassen. Hierbei wird eine freie Kabelverschraubung genutzt und das SPD in paralleler Verdrahtung angeschlossen. Ist keine weitere Verschraubung am Feldgerät mehr frei, kann eine SPD-Variante mit Durchgangsverdrahtung verwendet werden.

SURGETRAB

Diese Artikelreihe ist speziell für den Einsatz im Feld konzipiert. Unterschiedliche Schaltungsvarianten sind optimiert für die Anforderungen der Messkreise und Aktoren. Verschraubungen mit metrischem Gewinde oder 1/2" bzw. 3/4" ermöglichen den Einsatz an allen weltweit verfügbaren Feldgerätesystemen.



Abb. 94: SURGETRAB in Durchgangsverdrahtung am Feldgerät



Abb. 95: SURGETRAB in Parallelverdrahtung an einem Feldgerät

6.4.7 Blitzschutz-Potenzialausgleich für Pipelines

Eine lange Betriebsdauer ist für den wirtschaftlichen Betrieb von Pipelines unerlässlich. Zum Schutz vor Rost werden aktive Korrosionsschutzsysteme eingesetzt. Diese erfordern für den Betrieb eine Isolation der metallischen

Rohre gegenüber dem Erdpotential. Um die Isolation der Rohre (Coating) und der Isolierflansche vor Beschädigungen durch Überspannungen zu schützen, werden Trennfunktenstrecken eingesetzt. Bei einer auftretenden Überspannung, die z. B. durch einen Blitzeinschlag auftreten kann, wird die Trennfunktenstrecke niederohmig. Der Blitzstoßstrom

wird auf definiertem Weg zur Erde abgeleitet. Somit ist der Blitzschutz-Potenzialausgleich gewährleistet.



Abb. 96: Typisches Anwendungsfeld: Gasverdichterstation



Abb. 97: Installationsbeispiel an einem isolierten Flansch

6.5 Schutz von Signalübertragungskreisen in der Informationstechnik

Kommunikation über Datennetzwerke gehört in allen Bereichen der Gesellschaft zum täglichen Leben.

Die Schnittstellen arbeiten mit niedrigen Signalpegeln bei hohen Frequenzen. Das macht sie besonders empfindlich gegen Überspannungen und kann zur Zerstörung elektronischer Komponenten von IT-Anlagen führen. Neben einer auf diese Anlagen zugeschnittenen Schutzwirkung müssen SPDs für diesen Einsatzzweck über ein hochwertiges Signalübertragungsverhalten verfügen, da ansonsten mit Störungen in der Datenübertragung zu rechnen ist. Dieser Aspekt gewinnt vor dem Hintergrund permanent steigender Datenübertragungsraten zunehmend an Bedeutung. Daher liegt bei der Entwicklung neuartiger SPDs für IT-Anlagen der Fokus auf der Realisierung eines hochwertigen Signalübertragungsverhaltens. Es wird auf Basis der Standards ISO/IEC 11801 bzw. EN 50173 beurteilt.

Des Weiteren trifft man in diesem Anwendungsbereich auf sehr unterschiedliche Anschlusstechniken. Darum müssen die Schutzgeräte sowohl den elektrischen Spezifikationen entsprechen als auch an die zu schützenden Schnittstellen angepasst sein. Die SPD-Varianten unterscheiden sich oft nur durch Bauform und Anschlusstechnik.

Die Schutzschaltungen kombinieren meistens schnell ansprechende, niederkapazitive Suppressordioden mit leistungsstarken, gasgefüllten Überspannungsableitern. Soweit schaltungstechnisch erforderlich, entkoppeln ohmsche Widerstände die beiden Schutzstufen voneinander.

6.5.1 Ethernet- und Token-Ring-Schnittstelle

Die Architektur bzw. der Aufbau der Netzwerkinstallation und die Art der Datenübermittlung zwischen den Stationen im Datennetz werden als Topologie bezeichnet.

In lokalen Netzen haben sich die Bus-, Ring- und Sterntopologien bewährt, die aber auch kombiniert aufgebaut werden können. Zur Übertragung der Informationen in Datennetzwerken kommen Twisted Pair- oder Lichtwellenleiter zum Einsatz.

Anforderungen an die Datenübertragung

Ethernet- und Token-Ring-Schnittstellen werden schon seit vielen Jahren verwendet. Ethernet-Systeme haben sich jedoch aufgrund ihrer Übertragungsgeschwindigkeit und des kompakten Steckverbinders durchgesetzt. Das Übertragungsverfahren des Ethernet-Systems ist in der

Norm IEEE 802.3 definiert. Die Übertragungsgeschwindigkeit beträgt bis zu 10 GBit/sec.

Abhängig von den Leistungskategorien (Cat. 5 – Cat. 7) wird die Übertragungsgeschwindigkeit definiert (Tabelle 11).

Neuere Systeme mit dem Anspruch an eine hohe Übertragungsfrequenz arbeiten gemäß Cat. 6 und Cat. 7, bzw. zukünftig Cat. 8.1 oder Cat. 8.2.

Schutzgeräte mit RJ45-Anschluss, bei denen alle acht Signalwege geschützt sind, eignen sich universell für die Schnittstellen Ethernet, PROFINET und Token-Ring.

Power-over-Ethernet (PoE)

Power-over-Ethernet (PoE) ist ein Verfahren, bei dem auch die Hilfsenergie für die angeschlossenen Geräte mit der Ethernet-Datenleitung übertragen wird.

Die Hilfsenergie liegt entweder auf den nicht genutzten Aderpaaren (Mode B, Abb. 100) oder wird als Phantomspeisung (Mode A, Abb. 99) zwischen den Signaladerpaaren eingespeist. Gemäß IEEE 802.3af lässt sich mit diesem Verfahren eine Leistung von maximal 13,5 W übertragen. Der nachfolgende Standard IEEE 802.3at erlaubt mit PoE+ schon 25,5 W. In Diskussion ist PoE++, mit dem noch höhere Übertragungsleistungen erreicht werden können.

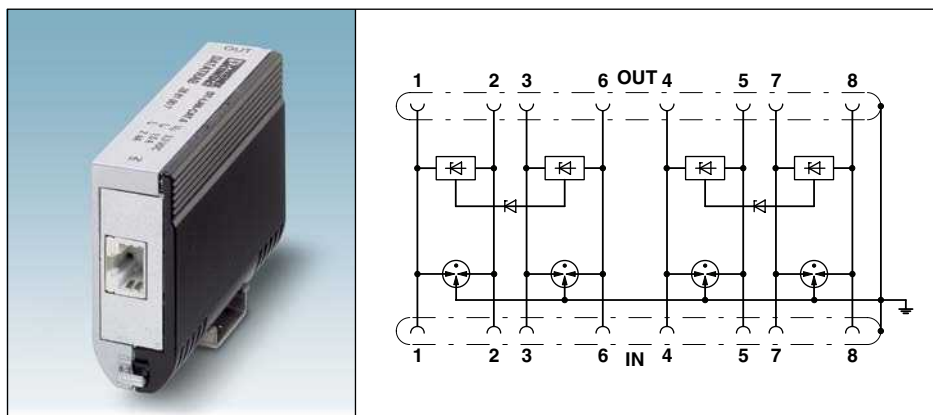


Abb. 98: DT-LAN-Cat.6+ - SPD für die Informationstechnik

DT-LAN-Cat.6+

Das Schutzgerät DT-LAN-CAT.6+ schützt empfindliches Equipment optimal, da schnell reagierende Schutzkomponenten sowohl für die Datenleitungen als auch für das PoE-System verwendet werden.

| | Einsatzgebiet | Kategorie | MBit/s | Leitung | Anschluss |
|-----------------------------------|---------------------------------------|-----------|--------|------------------------------|--------------------------------------|
| 100 Base TX (Fast Ethernet) | LAN, strukturierte Gebäudeverkabelung | 5 | 100 | 2- ... 4-paarig Twisted Pair | RJ45, Paare: 1-2, 3-6, oder 4-5, 7-8 |
| 1000 Base T (Gigabit-Ethernet) | LAN, strukturierte Gebäudeverkabelung | 5e, 6 | 1000 | 4-paarig Twisted Pair | RJ45, Paare: 1-2, 3-6, + 4-5, 7-8 |
| 10 GBase T (Gigabit-Ethernet) | LAN, strukturierte Gebäudeverkabelung | 6a | 10.000 | 4-paarig Twisted Pair | RJ45, Paare: 1-2, 3-6, + 4-5, 7-8 |
| 10 GBase T (Gigabit-Ethernet) | LAN, strukturierte Gebäudeverkabelung | 7 | 10.000 | 4-paarig Twisted Pair | RJ45, Paare: 1-2, 3-6, + 4-5, 7-8 |

Tabelle 11: Übertragungsgeschwindigkeit vs. Leistungskategorien

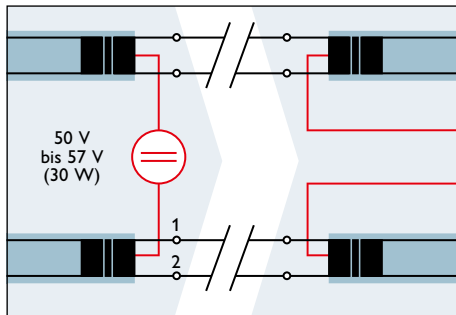


Abb. 99: Übertragung der Hilfsenergie über Phantomspeisung (Mode A)

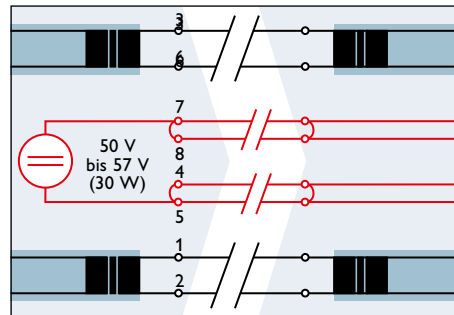


Abb. 100: Übertragung der Hilfsenergie über freie Aderpaare (Mode B)

6.5.2 Serielle Schnittstellen

Serielle Schnittstellen dienen dem Datenaustausch zwischen Computern und Peripheriegeräten. Bei einer seriellen Datenübertragung werden die Bits nacheinander (seriell) über eine Leitung übertragen. Insbesondere kommen zum Einsatz:

RS-485- und PROFIBUS-Schnittstelle

Die serielle Schnittstelle RS-485 wird am Intel-Bitbus eingesetzt und ist mit der RS-422 eng verwandt. Diese symmetrische Datenübertragung arbeitet üblicherweise über ein Signaladerpaar. Varianten mit zwei Signaladerpaaren und einem Ground sind ebenso anzutreffen.

In älteren Anlagen beträgt die Signalspannung dieser Schnittstelle gegenüber Ground -7 V und +12 V. In neueren Sys-

temen wird eine Variante mit TTL-Pegel, d.h. mit +/- 5 V betrieben.

Eine Weiterentwicklung der RS485-Schnittstelle ist die Profibus-Schnittstelle. Sie nutzt die physikalischen Eigenschaften vom RS-485 jedoch mit Übertragungsraten von bis zu 12 MBit/s. Weitere Anwendungen findet diese Schnittstelle im Bereich von Zeit- und Maschinendaten-Erfassungsgeräten.

Es werden häufig D-SUB-Zwischenstecker für die Tragschienenmontage oder Tragschienenmodule mit Schraubklemmen als Schutzgeräte verwendet.

V.24-Schnittstelle

Die serielle Schnittstelle V.24 oder RS-232 arbeitet mit einer unsymmetrischen Signalübertragung. Jeweils ein Sende- und Empfangssignal haben ein gemeinsames Bezugspotenzial (Ground). Zusätzlich können bis zu fünf Steuer-

signale übertragen werden. So ergeben sich maximal acht aktive Signale inklusive Ground. Der Anschluss erfolgt üblicherweise über D-SUB 25, D-SUB 9 oder Schraubklemmen.

V.11-Schnittstelle

Die serielle Schnittstelle V.11 oder RS-422 arbeitet auf Basis einer symmetrischen Signalübertragung. Die Übertragungstrecke kann bis zu 1000 m betragen. Sende- und Empfangssignal werden jeweils mit einem Signaladerpaar übertragen. Zusätzlich wird ein Ground als Bezugspotenzial mitgeführt, damit in den angeschlossenen Schnittstellen definierte Spannungsverhältnisse herrschen.

TTY-Schnittstelle

Die TTY-Schnittstelle arbeitet seriell und symmetrisch über zwei Signaladerpaare. Bei einer Signalspannung von maximal 24 V wird ein Stromsignal ausgewertet. Dabei gelten 10 bis 30 mA als logische 1 und 0 bis 1 mA als logische 0. Übliche Datenübertragungsraten sind 9,6 oder 19,2 kBit/s.

6.6 Schutz von Signalübertragungskreisen der Telekommunikationstechnik

Telekommunikationsendgeräte sind heute fester Bestandteil der Büroelektronik. Besonders im geschäftlichen Umfeld kann auf die uneingeschränkte Betriebsbereitschaft moderner und schneller Kommunikationssysteme nicht mehr verzichtet werden. Mit dem gezielten Einsatz geeigneter Überspannungsschutzgeräte kann der plötzliche und unerwartete Ausfall wichtiger Telekommunikationseinrichtungen verhindert werden. Für die DSL-Datenübertragung und auch für analoge Signalschnittstellen stehen geeignete Schutzgeräte zur Verfügung.

Die Schutzschaltung besteht prinzipiell aus einer Kombination von Dioden und leistungsstarken, gasgefüllten Überspannungsableitern. Die gasgefüllten Überspannungsableiter sind als Dreielektrodenableiter ausgeführt. Die Mittelelektrode liegt als Längsspannungsschutz auf Erdpotenzial. Soweit schaltungstechnisch erforderlich, entkoppeln ohmsche Widerstände die beiden Schutzstufen voneinander. Zum Schutz von Spannungen aus dem Stromversorgungsnetz (power cross) werden die Dreielektrodenableiter mit einem thermischen Schutz versehen.

6.6.1 Schnittstellen in der Telekommunikation

xDSL-Schnittstelle

DSL-Schnittstellen (digital subscriber line) stellen Internetverbindungen mit Geschwindigkeiten von 1 MBit/s (ADSL) bis 100 MBit/s (VDSL) zur Verfügung. Die Übertragungsfrequenz liegt hierbei zwischen 2,2 und 17,7 MHz. Die Nennspannung für die Schutzschaltung geeigneter Schutzgeräte ist davon abhängig, ob eine Gleichspannungsversorgung mit übertragen wird. Typische Nennspannungswerte für Anwendungen sind:

- Ohne Spannungsversorgung: <24 VDC
- Mit Spannungsversorgung: ≥110 VDC

Im internationalen Vergleich kann die Übertragungsfrequenz im DSL-Bereich regionsabhängig um einige 100 kHz variieren. Darum ist bei der Auswahl der Schutzgeräte deren Grenzfrequenz zu berücksichtigen.

Analoge Telekommunikations-Schnittstelle

Die analoge Telekommunikation ist heutzutage nur noch bei reinen Telefonanschlüssen anzutreffen. Schutzgeräte hierfür sollten Nennspannungen von 180 V besitzen. Üblicherweise sind

DSL-Schutzgeräte (Abb. 101) auch für die analoge Telekommunikation einsetzbar.

6.6.2 Anschlusstechnik

Als Anschlusstechnik wird seit vielen Jahren die LSA-PLUS-Technik verwendet. Es ist eine Schneidklemme, die mit einem speziellen Werkzeug, dem sogenannten Anlegewerkzeug, die Adern eines Kabels samt Isolierung einzeln einpresst. Auf diese LSA-PLUS-Leisten können Schutzmodule auf einfache Weise, ohne Werkzeug, eingesteckt werden. Zum Schutz stehen Grobschutzmagazine (mit GDT) oder modulare Miniaturstecker mit kombinierten Grob- und Feinschutzelementen (Abb. 102) zur Verfügung.



Abb. 102: COMTRAB: Modular, klein und einfach

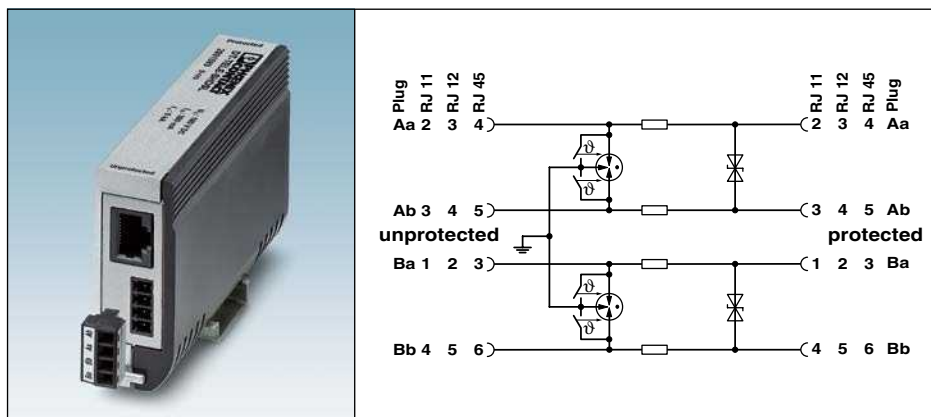


Abb. 101: DT-TELE-RJ45 - SPD für Telekommunikationsanlagen

DT-TELE-RJ45

Das Schutzgerät DT-TELE-RJ45 schützt dank seiner geringen Dämpfung schnelle VDSL-Anschlüsse. Mit der universellen Anschlusstechnik (RJ45, RJ12, RJ11 und steckbarer Schraubanschluss) ist das Produkt für jede Anwendung geeignet.

6.7 Schutz von Signalübertragungskreisen in Sende- und Empfangsanlagen

Sende- und Empfangsanlagen gelten im Allgemeinen als besonders überspannungsgefährdet.

Gebäudeüberschreitende und dabei meist sehr lange Antennenleitungen sowie die Antennen selbst sind atmosphärischen Entladungen direkt ausgesetzt. Aus diesem Grund werden Leitungen mit koaxialem Aufbau verwendet, die EMV-technisch grundsätzlich günstige Eigenschaften besitzen. Der Schirm der Antennenleitung kann abhängig von den Systembedingungen geerdet oder erdpotenzialfrei sein. Damit ist aber die Gefahr einer Überspannungseinkopplung in Antennenleitungen nicht restlos gebannt. Über den Leitungsweg können Überspannungen bis in die empfindlichen Schnittstellen der Sende- und Empfangsanlagen gelangen.

Die hohen Frequenzen der Funkübertragung erfordern Schutzgeräte mit geringer Eigenkapazität beziehungsweise kleiner Einfügungsdämpfung und guter Impedanzanpassung. Dennoch ist eine gute Schutzwirkung mit hohem Ableitvermögen erforderlich. Darum sind die meisten Schutzgeräte mit leistungsstarken, gasgefüllten Überspannungsableitern oder mit der Lambda/4-Technologie ausgestattet.

LAMBDA/4 Technologie

Die Lambda/4-Technologie verwendet einen Kurzschluss zwischen Innenleiter und Schirm. Die Länge der Leitung zwischen dem Kurzschluss und dem Innenleiter ist auf die Frequenz, die ohne Dämpfung durchgelassen werden soll, abgestimmt. Ein großer Vorteil in dieser Technologie liegt in dem Erreichen eines sehr guten (niedrigen) Schutzpegels, da das Schutzgerät im Frequenzbereich von Überspannungen als Kurzschluss arbeitet. Berücksichtigt werden muss jedoch, dass an das Kabel, in dem der Lambda/4-Ableiter angeschlossen ist, keine Gleichstrom-Spannungsversorgung verwendet werden darf. Durch HF-technisch optimierte Lambda/4-Ableiter können relativ breitbandige Signale (z. B. 0,8 bis 2,25 GHz) übertragen werden. Abb. 103 zeigt eine typische Bauform eines Schutzgeräts mit Lambda/4-Technologie.

Die verbreitetsten Anwendungsgebiete für SPDs in der Telekommunikation sind:

Antennenanschluss von Fernseh- und Rundfunkgeräten

Die Schutzgeräte für Rundfunk- und Fernsehgeräte werden meistens zwischen Antennenwandanschluss und abgehende Antennenleitung montiert. Für Sat-Receiver gibt es mehrkanalige Schutzgeräte für die Wandmontage.

Breitbandkabel- und Antennenanschluss haben üblicherweise TV- und RF-Connectoren nach DIN 45325. Der Anschluss von Sat-Receiver erfolgt über F-Connectoren.

Videokommunikation

Das Einsatzgebiet der Videokommunikation reicht von der Überwachung von Gebäuden über öffentliche Plätze und Einrichtungen bis hin zu Sport- und Freizeitanlagen. Die permanente Betriebsbereitschaft dieser Überwachungseinrichtungen erfordert geeignete Überspannungsschutzgeräte. Als Schutzgeräte werden grundsätzlich koaxial aufgebaute Zwischenstecker mit BNC- oder TNC-Connectoren verwendet.

Richtfunk- und Mobilfunkanlagen

Richtfunk ist eine Technik zur drahtlosen Übertragung von Informationen. Die erzeugten Funkwellen werden mit einer Trägerfrequenz zwischen 1 und 40 GHz über Richtantennen gebündelt übertragen. Typische Antennen sind Parabolspiegel, Muschelantennen und Hornstrahler. Die Nennfrequenzen der Nutzsignale in diesem Bereich liegen zwischen 0,8 GHz und 2,7 GHz. Als Anschlusstechnik der Schutzgeräte werden üblicherweise N-, SMA- oder 7/16-Connectoren verwendet.

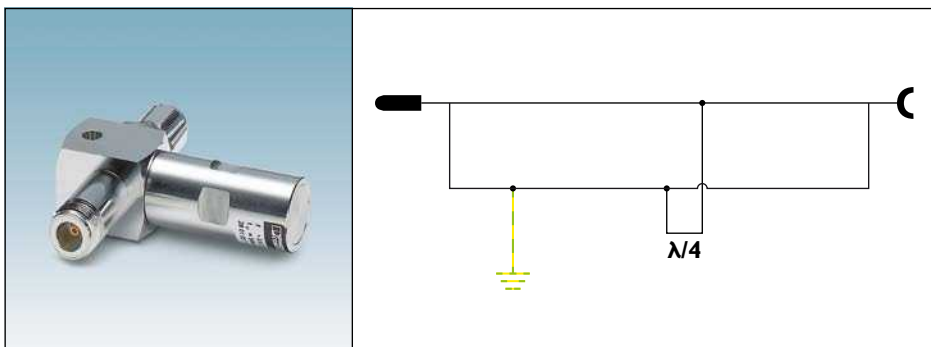


Abb. 103: CN-LAMBDA/4 - Schutzgerät mit Lambda/4-Technologie

CN-LAMBDA/4

Mit dem Schutzgerät CN-LAMBDA/4-2.25 können unterschiedlichste Übertragungssysteme im GHz-Bereich effektiv geschützt werden. Dieses wird durch eine breitbandige LAMBDA/4-Technik erreicht.

7 Glossar

ATEX

ATEX ist ein weit verbreitetes Synonym für die ATEX-Richtlinie der Europäischen Union. Die Bezeichnung ATEX leitet sich aus der französischen Abkürzung für „atmosphères explosibles“ ab.

Binärsignale

Mit Binärsignalen sind digitale Signale gemeint, die nur den Zustand „high“ oder „low“ annehmen. Üblicherweise beziehen sich diese Signale auf ein gemeinsames Bezugspotenzial bzw. auf einen gemeinsamen Rückleiter.

Blitzschutzsystem

System bestehend aus Fangstangen, Ableitungen und Erdungssystem außerhalb sowie Potenzialausgleichsystem und koordiniertem SPD-System innerhalb der baulichen Anlage zum Schutz vor Schäden durch Überspannungen und Stoßströmen aus Blitzentladungen.

Blitzschutzklasse

Eine normative Einteilung von Blitzschutzsystemen in die Klassen I bis IV. Sie beziehen sich auf einen Satz von Blitzstrom-Parameterwerten hinsichtlich der Wahrscheinlichkeit, mit der zugehörige größte und kleinste Bemessungswerte bei natürlich auftretenden Blitzen nicht überschritten werden und die Blitze sicher abgeleitet werden können. Blitzschutzklasse I entspricht dabei den höchsten Bemessungswerten und der größten Einfangwahrscheinlichkeit. Die Werte nehmen entsprechend ab bis zu Blitzschutzklasse IV.

Blitzschutzzone

Zone, in der die elektromagnetische Umgebung hinsichtlich der Blitzgefährdung festgelegt ist. Alle die Zonengrenzen kreuzenden (Versorgungs-)Leitungen

müssen über entsprechende SPDs in den Blitzschutz-Potenzialausgleich einbezogen werden. Die Zonengrenzen einer Blitzschutzzone sind nicht unbedingt physikalische Grenzen (z. B. Wände, Boden oder Decke).

Einfügungsdämpfung

Der Dämpfungswert wird als Verhältnis der Spannungen definiert, die unmittelbar hinter dem Einfügungspunkt vor und nach dem Einfügen des zu prüfenden Schutzgeräts auftreten. Das Ergebnis wird in Dezibel ausgedrückt

EMV

EMV steht für elektromagnetische Verträglichkeit, die Fähigkeit eines Apparats, einer Anlage oder eines Systems, in der elektromagnetischen Umwelt zufriedenstellend zu arbeiten, ohne dabei selbst elektromagnetische Störungen zu verursachen, die für die in dieser Umwelt vorhandenen Apparate, Anlagen oder Systeme unannehmbar wären.

Folgestrom-Löschfähigkeit (I_{fi})

Die Folgestrom-Löschfähigkeit gibt den prospektiven Effektivwert des Kurzschlussstroms am Einbauort eines spannungsschaltenden SPDs an, bis zu dem das SPD bei anliegender höchster Dauerspannung U_c selbständig nach Ansprechen aufgrund eines Stoßstroms, ohne Auslösen einer vorgelagerten Übersstromschutzeinrichtung wieder in einen hochohmigen Zustand übergeht.

Gas discharge tube, GDT

Gasgefüllter Überspannungsableiter

Höchste Dauerspannung (U_c)

Höchster Effektivwert der Spannung, die dauernd an den Schutzpfaden des SPDs angelegt werden darf. Die höchste Dau-

erspannung muss mindestens 10 % über dem Wert der Nennspannung liegen. In Systemen mit größeren Spannungsschwankungen müssen SPDs eingesetzt werden, die einen größeren Abstand zwischen U_c und U_N aufweisen.

Impulsableitstoßstrom (I_{imp})

Scheitelwert des durch das SPD fließenden Stroms mit der Impulsform (10/350 μ s). Die Impulsform (10/350 μ s) eines Stoßstroms ist charakteristisch für die Auswirkungen eines direkten Blitzeinschlags. Der Wert des Impulsableitstoßstroms wird für die speziellen Prüfungen eines SPDs zum Nachweis der Tragfähigkeit in Bezug auf energiereiche Blitzströme verwendet. Je nach vorgegebener Blitzschutzklasse für ein Blitzschutzsystem müssen die SPDs entsprechende Mindestwerte in Bezug auf diesen Wert erfüllen.

Isolationsfestigkeit

Festigkeit der Isolation elektrischer Stromkreise eines Betriebsmittels gegenüber Steh- und Stoßspannungen mit Amplituden oberhalb der höchsten Dauerspannung.

Leerlaufspannung (U_{oc})

Leerlaufspannung des Hybridgenerators an den Anschlusspunkten des SPD. Ein Hybridgenerator erzeugt einen sogenannten kombinierten Stoß, d.h. er liefert im Leerlauf einen Spannungsimpuls definierter Impulsform, in der Regel (1,2/50 μ s), und im Kurzschluss einen Stromimpuls definierter Impulsform, in der Regel (8/20 μ s). Der kombinierte Stoß ist charakteristisch für die Auswirkungen von induzierten Überspannungen. Je nach vorgegebener Schutzklasse für ein Blitzschutzsystem müssen die SPDs entsprechende Mindestwerte in Bezug auf diesen

Wert erfüllen.

Kurzschlussfestigkeit (I_{SCCR})

Höchster unbeeinflusster Kurzschlussstrom des elektrischen Netzes, für den das SPD in Verbindung mit der vorgelagerten Überstromschutzeinrichtung bemessen ist. Die Kurzschlussfestigkeit gibt an, bis zu welchem prospektiven Kurzschlussstrom am Einbauort das SPD eingesetzt werden darf. Die entsprechenden Prüfungen zur Festlegung dieses Werts werden in Verbindung mit der vorgelagerten Überstromschutzeinrichtung durchgeführt. Im Fall der speziellen Überspannungsschutzgeräte für PV-Anlagen entspricht der Wert I_{SCPV} dem maximalen Gleichstrom-Kurzschlussstrom einer Anlage bis zu dem das SPD eingesetzt werden darf.

Lightning protection zone, LPZ

Blitzschutzzone

Nennableitstoßstrom (I_n)

Scheitelwert des durch das SPD fließenden Stroms mit der Impulsform (8/20 μ s). Die Impulsform (8/20 μ s) eines Stoßstroms ist charakteristisch für die Auswirkungen eines indirekten Blitzeinschlags oder einer Schalthandlung. Der Wert des Nennableitstoßstroms wird für eine Vielzahl an Prüfungen eines SPDs verwendet, u. a. auch zur Bestimmung des Schutzpegels. Je nach vorgegebener Blitzschutzklasse für ein Blitzschutzsystem müssen die SPDs entsprechende Mindestwerte in Bezug auf diesen Wert erfüllen.

Nennlaststrom (I_L)

Maximaler Effektivwert des Nennstroms, der zu einer an dem geschützten Ausgang des SPDs angeschlossenen ohmschen Last fließen kann. Dieser Maximalwert wird durch die Betriebsstromführenden Teile innerhalb des SPDs vorgegeben, diese müssen der Dauerstrombelastung thermisch standhalten können.

Nennspannung (U_N)

Nennwert der Spannung des Strom- oder Signalkreises, bezogen auf den vorgesehenen Einsatz des SPDs. Die angegebene Nennspannung für ein SPD entspricht der Systemspannung des typischen Einsatzorts des SPDs, für ein übliches Drehstromsystem also z. B. 230/400 V AC. Niedrigere Systemspannungen können durch das SPD auch geschützt werden. Bei höheren Systemspannungen muss von Fall zu Fall entschieden werden, ob das SPD eingesetzt werden kann und ob Einschränkungen dabei zu beachten sind.

Overcurrent protective device, OCPD

Überstromschutzeinrichtung

Power-over-Ethernet, PoE

Power-over-Ethernet ist ein Verfahren, bei dem auch die Hilfsenergie für die angeschlossenen Geräte mit der Ethernet-Datenleitung übertragen wird.

Safe Energy Control-Technologie, SEC-Technologie

Technologie für SPDs zum Schutz der Stromversorgung. SPDs mit SEC-Technologie zeichnen sich durch folgende Kernpunkte aus:

- Rückwirkungsfrei und langlebig
- Vorsicherungsfreie Lösung für jede Applikation
- Kompakt und durchgängig steckbar

Schutzpegel (U_p)

Maximale Spannung, die an den Anschlussklemmen des SPDs während der Belastung mit einem Impuls festgelegter Spannungssteilheit und Belastung mit einem Ableitstoßstrom gegebener Amplitude und Wellenform auftreten kann. Dieser Wert charakterisiert die Überspannungsschutzwirkung des SPDs. Im Fall eines Überspannungsphänomens innerhalb der Leistungsparameter des SPDs wird die Spannung an den geschützten Anschlüssen des SPDs sicher auf maximal diesen Wert begrenzt.

Stoßspannung

Eine impulsförmige Spannung, die durch einen großen Spannungsanstieg innerhalb kurzer Zeit charakterisiert ist. Eine typische Impulsform ist (1,2/50 μ s), mit der auch das Ansprechverhalten von SPDs oder die Stoßspannungsfestigkeit von Betriebsmitteln überprüft wird.

Stoßstrom

Ein impulsförmiger Strom, der durch einen großen Stromanstieg innerhalb kurzer Zeit charakterisiert ist. Typische Impulsformen sind (8/20 μ s), mit der das Spannungsbegrenzungsverhalten von SPDs überprüft wird, und (10/350 μ s), mit der die Blitzstromtragfähigkeit von SPDs getestet wird.

Surge protective device, SPD

Überspannungsschutzgerät

TVS

TVS steht für Transient Voltage Suppressor.

Überspannungskategorie

Einteilung von Betriebsmitteln in Kategorie I bis IV gemäß ihrer Stoßspannungsfestigkeit. Überspannungskategorie I entspricht dabei dem niedrigsten Wert und umfasst besonders empfindliche (End-)Geräte. Die Werte steigen entsprechend bis zu Überspannungskategorie IV. Die Werte der für die einzelnen Kategorien hängen dabei auch von der Spannungsebene des Stromversorgungssystems ab.

8

Literaturverzeichnis

- [1] International Electrotechnical Commission. IEC 62305-1 - Blitzschutz - Teil 1: Allgemeine Grundsätze. s.l. : VDE Verlag GmbH, 2010.
- [2] International Electrotechnical Commission. IEC 62305-2 - Blitzschutz - Teil 2: Risiko-Management. s.l. : VDE Verlag GmbH, 2010.
- [3] International Electrotechnical Commission. IEC 62305-3 - Blitzschutz - Teil 3: Schutz von baulichen Anlagen und Personen. s.l. : VDE Verlag GmbH, 2010.
- [4] International Electrotechnical Commission. IEC 62305-4 - Blitzschutz - Teil 4: Elektrische und elektronische Systeme in baulichen Anlagen. s.l. : VDE Verlag GmbH, 2010.
- [5] International Electrotechnical Commission. IEC 60364-4-44 - Errichten von Niederspannungsanlagen - Teil 4-44: Schutzmaßnahmen - Schutz bei Störspannungen und elektromagnetischen Störgrößen. s.l. : VDE Verlag GmbH, 2015.
- [6] International Electrotechnical Commission. IEC 61643-11 - Überspannungsschutzgeräte für den Einsatz in Niederspannungsanlagen - Anforderungen und Prüfungen. s.l. : VDE Verlag GmbH, 2011.
- [7] International Electrotechnical Commission. IEC 61643-21 - Überspannungsschutzgeräte für den Einsatz in Telekommunikations- und signalverarbeitenden Netzwerken - Leistungsanforderungen und Prüfverfahren. s.l. : VDE Verlag GmbH, 2000.
- [8] International Electrotechnical Commission. IEC 61643-31 - Überspannungsschutzgeräte für den Einsatz in Niederspannungsanlagen - Anforderungen und Prüfungen für Überspannungsschutzgeräte für den Einsatz in Photovoltaik-Installationen - Anforderungen und Prüfverfahren.. s.l. : VDE Verlag GmbH, 2015.
- [9] International Electrotechnical Commission. IEC 60664-1 - Isolationskoordination für elektrische Betriebsmittel in Niederspannungsanlagen - Teil 1: Grundsätze, Anforderungen und Prüfungen. s.l. : VDE Verlag GmbH, 2007.
- [10] International Electrotechnical Commission. IEC 60364-1 - Errichten von Niederspannungsanlagen - Teil 1: Allgemeine Grundsätze, Bestimmungen allgemeiner Merkmale, Begriffe. s.l. : VDE Verlag GmbH, 2005.
- [11] International Electrotechnical Commission. IEC 60364-5-53 - Errichten von Niederspannungsanlagen - Teil 5: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel; Kapitel 53: Schaltgeräte und Steuergeräte. s.l. : VDE Verlag GmbH, 2015.
- [12] International Electrotechnical Commission. IEC 60364-4-43 - Errichten von Niederspannungsanlagen - Teil 4-43: Schutzmaßnahmen - Schutz bei Überstrom. s.l. : VDE Verlag GmbH, 2008.
- [13] European Committee for Electrotechnical Standardization. CLC/TS 50539-12 - Überspannungsschutzgeräte für den Einsatz in Photovoltaik-Installationen - Auswahl- und Anwendungsprinzipien. s.l. : VDE Verlag GmbH, 2013.
- [14] PHOENIX CONTACT GmbH & Co. KG. Überspannungsschutz TRABTECH - Handbuch für Elektrofachplaner. 2015.
- [15] International Electrotechnical Commission. IEC 61643-12 - Überspannungsschutzgeräte für den Einsatz in Niederspannungsanlagen - Auswahl und Anwendungsgrundsätze. s.l. : VDE Verlag GmbH, 2010.
- [16] International Electrotechnical Commission. IEC 61643-22 - Überspannungs-Schutzgeräte für den Einsatz in Telekommunikations- und signalverarbeitenden Netzwerken - Auswahl- und Anwendungsprinzipien. s.l. : VDE Verlag GmbH, 2007.
- [17] International Electrotechnical Commission. IEC 60079-11 (VDE 0170-7) - Explosionsgefährdete Bereiche - Teil 11: Geräteschutz durch Eigensicherheit „i“ VDE-VERLAG GMBH, 2012
- [18] International Electrotechnical Commission. IEC 61643-32 - Überspannungsschutzgeräte für den Einsatz in Niederspannungsanlagen - Anforderungen und Prüfungen für Überspannungsschutzgeräte für den Einsatz in Photovoltaik-Installationen - Auswahl und Anwendung s.l. : VDE Verlag GmbH, 2015.



Immer aktuell, immer für Sie da – hier finden Sie alles über unsere Produkte, Lösungen und Services:

phoenixcontact.de

Produktprogramm

- Beleuchtung und Signalisierung
- Elektronikgehäuse
- Elektronische Schaltgeräte und Motorsteuerung
- Feldbuskomponenten und -systeme
- Funktionale Sicherheit
- HMIs und Industrie-PCs
- Industrial-Cloud-Computing
- Industrielle Kommunikationstechnik
- Installations- und Montagematerial
- I/O-Systeme
- Kabel und Leitungen
- Ladetechnik für Elektromobilität
- Leiterplattenklemmen und -Steckverbinder
- Markierung und Beschriftung
- Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik
- Monitoring
- Reihenklemmen
- Relaismodule
- Schutzgeräte
- Sensor-/Aktor-Verkabelung
- Software
- Steckverbinder
- Steuerungen
- Stromversorgungen und USV
- Systemverkabelung für Steuerungen
- Überspannungsschutz und Entstörfilter
- Werkzeug

Ⓓ PHOENIX CONTACT Deutschland GmbH
Flachmarktstraße 8
32825 Blomberg, Deutschland
Tel.: +49 (0) 52 35 31 20 00
Fax: +49 (0) 52 35 31 29 99
E-Mail: info@phoenixcontact.de
phoenixcontact.de

Ⓐ PHOENIX CONTACT GmbH
Ada-Christen-Gasse 4
1100 Wien, Österreich
Tel.: +43 (0) 1 680 76
Fax: +43 (0) 1 680 76 20
E-Mail: info.at@phoenixcontact.com
phoenixcontact.at

Ⓒ PHOENIX CONTACT AG
Zürcherstrasse 22
8317 Tagelswangen, Schweiz
Tel.: +41 (0) 52 354 55 55
Fax: +41 (0) 52 354 56 99
E-Mail: infoswiss@phoenixcontact.com
phoenixcontact.ch

Ⓕ PHOENIX CONTACT s.à r.l.
10a, z.a.i. Bourmicht
8070 Bertrange, Luxemburg
Tel.: +352 45 02 35-1
Fax: +352 45 02 38
E-Mail: info@phoenixcontact.lu
phoenixcontact.lu