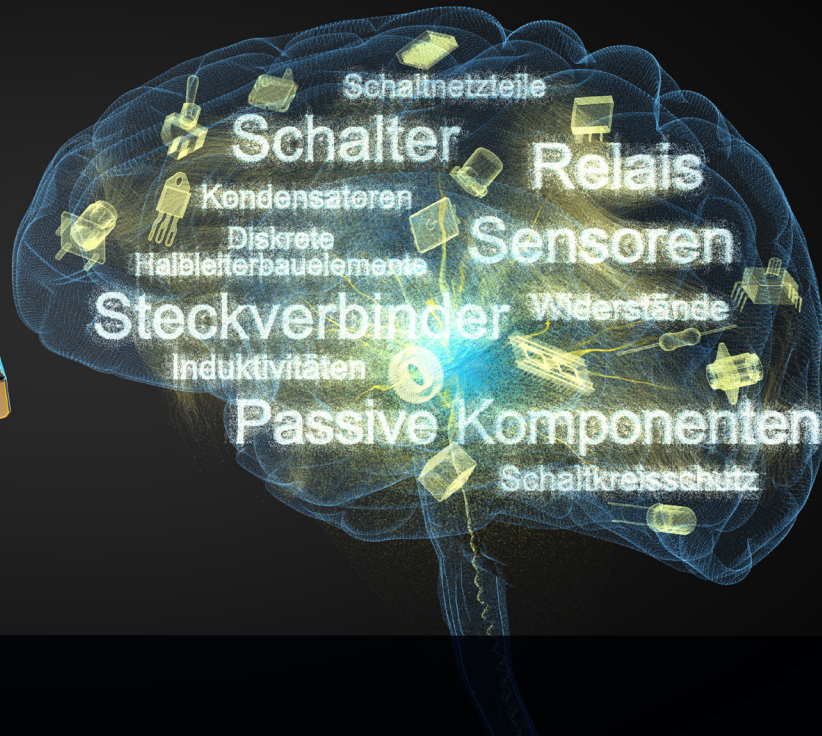
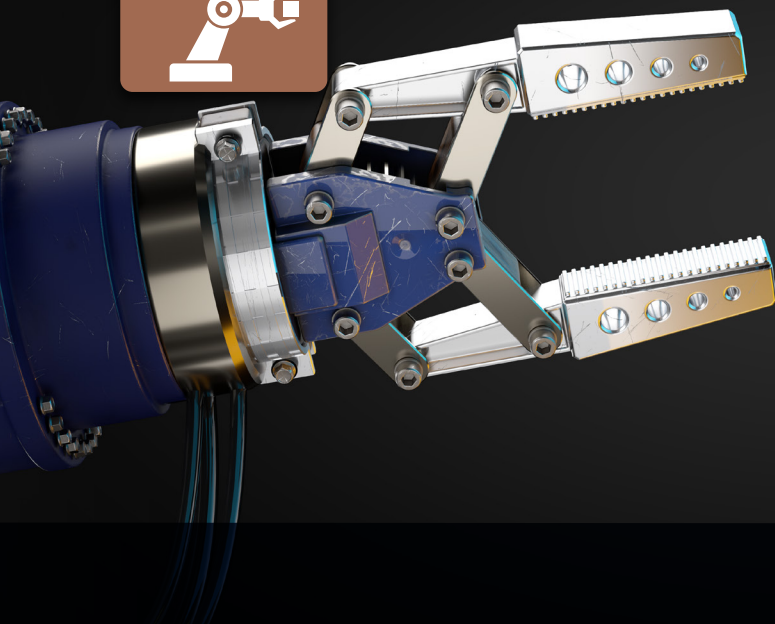




Whitepaper

Fabrikautomatisierung



Die Wahl des richtigen Überspannungsschutzes
für industrielle Automatisierungsgeräte

Kurzfassung

Die aktuellen Trends von Industrie 4.0 und dem IIoT (Industrial Internet of Things) stecken hinter vielen neuen industriellen Automatisierungslösungen. Um die Vorteile der Fertigungsproduktivität und der verbesserten Agilität zu nutzen, die diese Initiativen bieten, suchen Fertigungsunternehmen nach einem breiten Spektrum von Lieferanten, um sie umzusetzen. Daher werden immer mehr Elektronik-basierte Bausteine werksweit in Steuerungen und Sensoren verschiedener Art eingebaut. Gleichzeitig enthalten die meisten industriellen Produktionsanlagen schwere Ausrüstungen wie Pumpen, Lichtbogenschweißmaschinen und leistungsstarke AC- und DC-Motoren sowie eine Vielzahl von elektrisch gesteuerten Stellgliedern. Diese Geräte verbrauchen typischerweise sehr viel Strom und erzeugen während des Betriebs, insbesondere beim An- und Abschalten, Spannungsspitzen, die das Potenzial haben, empfindliche Sensoren und elektronische Steuergeräte in der Umgebung zu stören oder sogar zu beschädigen.

In diesem Whitepaper erläutern wir die Notwendigkeit des Einsatzes von Schutzschaltgeräten in Anlagen, die in der industriellen Automatisierungsumgebung eingesetzt werden. Mit einem Schwerpunkt mehr auf die Aspekte von elektrostatischer Entladung (ESD) als auf elektromagnetische Verträglichkeit/Störungen (EMV/EMI) zeigen wir die möglichen Ursachen von Überspannungen und die verschiedenen Arten von Schutzvorrichtungen, die in Steuerungssysteme und die zugehörigen Netzwerkschnittstellen (CAN, Ethernet usw.) integriert werden können. Um die verschiedenen Arten der Schaltungsschutzbausteine hervorzuheben, wird eine kleine Auswahl von Anwendungen in Verbindung mit konkreten Produktbeispielen diskutiert.

Hintergrund und Trends von Industrie 4.0

Der Begriff "Industrie 4.0" entstammt einem Projekt in der Hightech-Strategie der Bundesregierung Deutschland zur Förderung der Informatisierung der verarbeitenden Industrie und basiert auf den vier Prinzipien Vernetzung, Informationstransparenz, Technische Hilfe und Dezentralisierung in der Entscheidungsfindung.

Innerhalb der Industrie 4.0 oder der "Smart Factory" kommunizieren cyberphysikalische Systeme miteinander und mit dem Menschen über fortschrittliche IKT (Informations- und Kommunikations-Technologie). Automatisierte Steuerungssysteme und Sensoren ermöglichen es intelligenten Maschinen, kontinuierlich Informationen über Parameter wie Lagerbestände und Betriebszustände, einschließlich Problemen und Störungen, auszutauschen, und Maschinen innerhalb der Fabrik werden mit Produktionssteuerungssystemen über eine Reihe von Kommunikationsprotokollen vernetzt, die in zunehmendem Maße auf Ethernet beruhen.

Diese höheren Ebenen der Fabrikautomatisierung werden durch Fortschritte in der Halbleitertechnologie, wie beispielsweise nmCMOS, ermöglicht, so dass mehr Rechenleistung in immer noch kleineren Gehäusen eingesetzt werden kann.

Allerdings sind die Fabrikumgebungen in der Regel rau und unwirtlich, was die empfindliche Elektronik betrifft, wobei eine Reihe von Faktoren wie Temperatur, Staub, Vibrationen und transiente Überlastspannungen oder Spannungsspitzen den Betrieb gefährden. Da die Folgen des Ausfalls von Fabriksteuersystemen erheblich sind, einschließlich Produktionsausfall, finanziellem Verlust, Unzufriedenheit der Kunden und sogar dem Verlust von Menschenleben, müssen strenge Maßnahmen zum Schutz und zur Sicherung ihres Betriebs ergriffen werden.

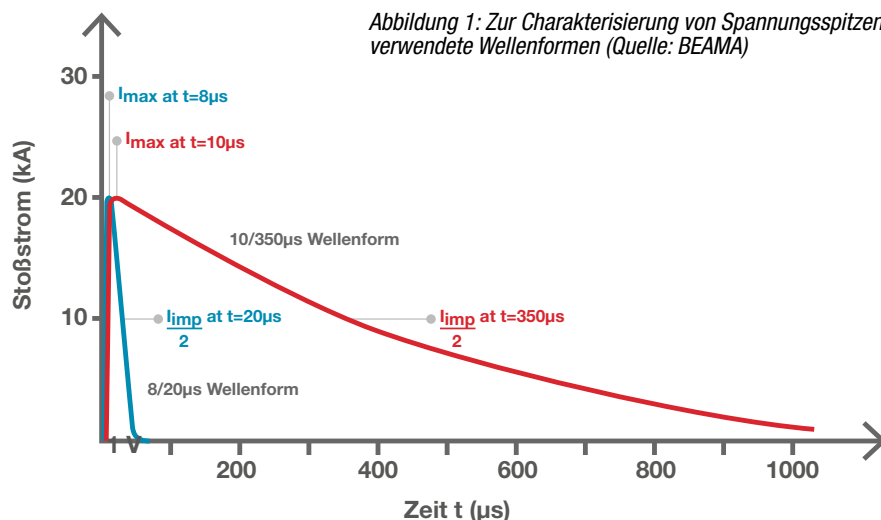
Transiente Überspannungen oder Spannungsspitzen stellen eine spezifische Kategorie der Bedrohung für die Elektronik in der Fabrikumgebung dar, insbesondere da Halbleiterbauelemente immer kleiner und dichter gepackt werden, weshalb wir diese Kategorie nun eingehender betrachten.

Elektrische Spannungsspitzen in der Fabrikumgebung

Eine Spannungsspitze oder eine vorübergehende Überspannung ist eine kurzzeitige Spannungssteigerung, gemessen zwischen zwei Leitern, die eine Dauer von wenigen Mikrosekunden bis zu Millisekunden mit einer Amplitude von wenigen Volt oder mehreren tausend Volt haben kann. Spannungsspitzen sind alltägliche Ereignisse innerhalb der Fabrikumgebung und können durch eine Vielzahl von Quellen verursacht werden:

Blitzeinschläge

Blitze können ein Gebäude direkt ebenso treffen wie einen Dienst am Gebäude (Telefonleitung, Wasserleitung, etc.), in den Boden in der Nähe einschlagen oder sich sogar in die Atmosphäre entladen. Jedes Szenario ist in der Lage, signifikante transiente Überspannungen zu erzeugen, welche die Geräte innerhalb des Gebäudes beeinflussen. Für die Prüfung und Bewertung von Überspannungsableitern (SPD, Surge Protection Devices) werden spezifische Wellenformen verwendet (Abbildung 1), wie in EN (IEC) 61643 definiert. Direkte Blitzeinschläge sind durch die Wellenform 10/350 gekennzeichnet, wobei die Dauer des maximalen Stroms aus dem Blitzeinschlag bei 10 Mikrosekunden liegt und der Stromwert nach 350 Mikrosekunden um 50% abgenommen hat. Ähnliche indirekte Schläge sind durch die 8/20-Wellenform gekennzeichnet. Aufgrund ihrer längeren Abklingzeit enthält die 10/350-Wellenform mehr elektrische Energie als die 8/20 und ist gefährlicher für Strukturen und Geräte.



Transiente Schaltvorgänge

Abschaltungen von Geräten mit hoher Stromstärke, wie beispielsweise großer Motoren oder anderer schwerer Fabrikeinrichtungen, können zu erheblichen Überspannungen führen. In den meisten Fällen erfolgt die Abschaltung der Anlage nicht gleichzeitig mit dem Nulldurchgang der Wechselstrom-Versorgung, was zu sehr schnellen Stromänderungen von einem hohen Wert auf Null führt. Die daraus resultierenden transienten Überspannungen können elektronische Geräte über leitfähige, induktive oder kapazitive Mittel beeinflussen.

Elektrostatische Entladung (ESD)

Statische Elektrizität wird durch Tribo-Aufladung verursacht, also die Trennung von elektrischen Ladungen, die entsteht, wenn zwei Materialien in Kontakt gebracht und dann getrennt werden. Bekannte Beispiele sind das Gehen auf einem Teppich, das Reiben eines Ballons an einem Pullover und das Aussteigen aus einem Auto mit einem Autositz aus Stoff. Die Unterbrechung des Kontakts zwischen den beiden Materialien führt zu einer Tribo-Aufladung; der so erzeugte elektrische Potentialunterschied führt zu einer ESD-Entladung. Elektronische Bauelemente sind besonders empfindlich gegen ESD und müssen während der Herstellung und auch im Betrieb entsprechend geschützt werden.

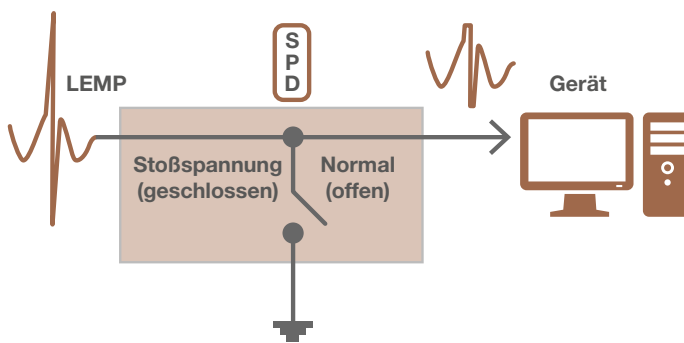
Schaltfehler

Erhebliche Überspannungen können durch Probleme in der Netzstromversorgung verursacht werden, beispielsweise durch ausgefallene Netzteile oder eine fehlerhafte Verkabelung.

Transiente Überspannungen können zwischen stromführenden Leitern oder zwischen einem stromführenden Leiter und dem Nulleiter auftreten, wobei sie als Quer- oder symmetrische Überspannungen bezeichnet werden. Sie können auch zwischen dem spannungsführenden/neutralen und dem Erdleiter auftreten, wo man sie dann als Längs- oder asymmetrische Überspannungen bezeichnet. Elektronische Bausteine wie Signalisierungsklemmen, Transceiver usw. können daher einen Schutz gegen beide Überspannungsarten erfordern – d.h. es müssen sowohl die Netzversorgung der Geräte als auch die Signalleitungen geschützt werden.

Daher müssen Überspannungsschutzmaßnahmen (SPM) zum Schutz von elektrischen Anlagen oder Geräten ergriffen werden. Überspannungsschutzgeräte (SPDs), Abbildung 2, sind so konzipiert, dass sie Überströme gegen Erde ableiten und so die Überspannungen auf Werte begrenzen, die weniger schädlich sind.

Abbildung 2: Grundlegender Betrieb von SPM (Quelle: BEAMA)



Es gibt eine Reihe von verschiedenen SPD-Ausführungen, die häufig verwendet werden. Die wichtigsten davon sind:

Metalloxid-Varistor (MOV): Ein Schüttgut-Halbleiternmaterial (typischerweise gesintertes granulares Zinkoxid), das in der Lage ist, große Ströme zu leiten, wenn es mit einer Spannung über seiner Nennspannung betrieben wird. MOVs begrenzen typischerweise Spannungen auf das 3- bis 4-fache der normalen Schaltspannung, indem sie den Stoßstrom von der geschützten Last weggleiten.

TVS-Diode (Transiente Spannungsunterdrückung): Eine Art Zenerdiode, die Spannungsspitzen begrenzen kann. TVS-Dioden bieten die schnellste Begrenzungswirkung von Schutzkomponenten (theoretisch in Pikosekunden), haben aber eine relativ geringe Energieabsorptionfähigkeit. Spannungen können auf weniger als das Doppelte der normalen Betriebsspannung geklemmt werden. Wenn die Stromimpulse innerhalb des Bausteinnennwerts bleiben, ist die Lebenserwartung außergewöhnlich hoch. Bei Überschreitung der Bauteilbelastbarkeit kann die Diode als Dauerkurzschluss ausfallen; deshalb werden TVS-Dioden wegen ihrer relativ begrenzten Stromkapazität oft auf Schaltungen mit kleineren Stromspitzen beschränkt.

Thyristor-Überspannungsschutzbaustein (TSPD): Ein elektronischer Halbleiterbaustein, der in Klemmschaltungen zum Schutz vor Überspannungen verwendet wird. Man kann Bausteine der Thyristorfamilie als mit Eigenschaften ähnlich einer Funkenstrecke ansehen, sie können jedoch viel schneller arbeiten. Sie sind mit TVS-Dioden verwandt, können aber auf eine niedrige Klemmspannung "umschalten", analog zu einer ionisierten und leitenden Funkenstrecke. Nach dem Auslösen lässt die niedrige Klemmspannung große Stromstöße fließen und begrenzt gleichzeitig die Wärmeabgabe im Gerät.

Gasentladungsröhre (GDT): Ein versiegelter Baustein, in Glas untergebracht, das ein spezielles Gasgemisch enthält, das zwischen zwei Elektroden eingeschlossen ist und elektrischen Strom leitet, nachdem es durch eine hohe Spannungsspitze ionisiert wurde. GDTs können für ihre Größe mehr Strom führen als andere Komponenten. Wie MOVs haben auch GDTs eine endliche Lebenserwartung und können einige sehr große Transienten oder eine größere Anzahl kleinerer Transienten verarbeiten. Der typische Fehlermodus tritt auf, wenn die Auslösespannung so hoch ansteigt, dass der Baustein unwirksam wird, obwohl Blitzstöße gelegentlich zu einem Vollkurzschluss führen können.

Standards und Definitionen

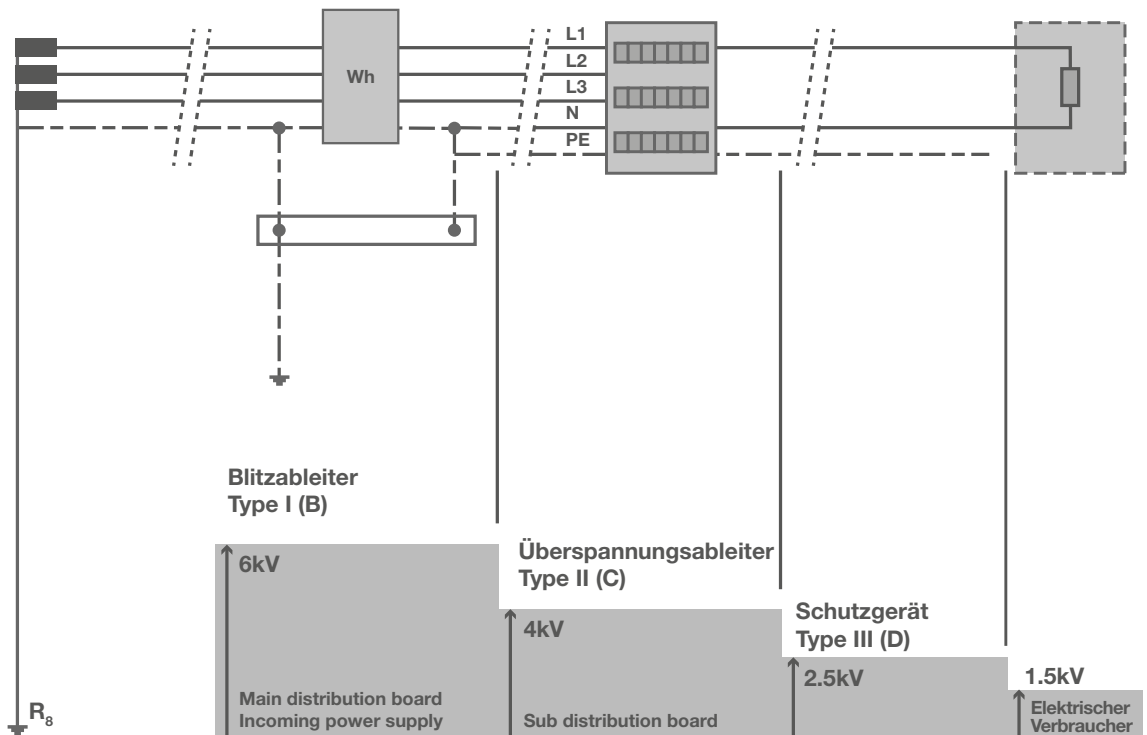
Verschiedene Normen decken den Blitzschutz sowie die Installation und die Produktauswahl von Überspannungsschutzgeräten ab, und eine Auswahl der für diese Diskussion relevanten Normen ist in Tabelle 1 unten aufgeführt.

Anwendung	Geltende Normen
Spezifikationen für die Elektromagnetische Verträglichkeit (Emissionsnormen, Störfestigkeit, Installations-, Prüf- und Messtechnik)	EN (IEC) 61000
Schutz von Strukturen, ihren Inhalten, Personen und Tieren gegen Blitzeinschlag	EN (IEC) 62305 Teile 1 - 4
Elektrische Anforderungen und erforderliche Prüfleistung von SPDs für den Wechselstromnetzschutz von 50/60 Hz Niederspannungsanlagen mit einer Nennspannung von bis zu 1000 V RMS AC und 1500 V DC	EN (IEC) 61643-11
Elektrische Anforderungen und erforderliche Prüfleistung von SPDs für Telekommunikations- und Signalnetze, Niederspannungsdatensysteme, Mess- und Regelkreise und Sprachübertragungsnetze mit Nennspannungen bis zu 1000 V RMS AC und 1500 V DC.	EN (IEC) 61643 - 21
Technische Spezifikation mit Empfehlungen zur Auswahl und Installation von SPDs für den Wechselstromnetzschutz von 50/60 Hz Niederspannungsanlagen mit einer Nennspannung von bis zu 1000 V RMS AC und 1500 V DC.	EN (IEC) 61643 -12
Technische Spezifikation mit Empfehlungen für die Auswahl und Installation von SPDs, die an Telekommunikations- und Signalnetze, Niederspannungsdatensysteme, Mess- und Regelkreise und Sprachübertragungsnetze mit Nennspannungen bis zu 1000 V RMS AC und 1500 V DC angeschlossen sind.	EN (IEC) 61643 - 22

Tabelle 1: Auswahl von Normen und Spezifikationen bezüglich des Überspannungsschutzes

EN 62305 beschreibt Techniken zum Schutz interner Systeme vor elektromagnetischen Blitzimpulsen (LEMP) und führt Blitzschutzzonen (LPZ) ein, siehe Abbildung 3. Dabei wird das Gebäude in eine Reihe von Zonen unterteilt, je nach Bedrohungsgrad, definiert durch die Stehspannung – den Maximalwert der Stoßspannung, der keine bleibenden Schäden durch Durchbruch oder Überschlag der Isolierung verursacht. Das Prinzip hinter den Zonen ist, dass sich die zu schützenden Geräte innerhalb einer LPZ mit kompatiblen elektromagnetischen Eigenschaften befinden sollten. Je höher die Zonennummer, desto geringer sind die zu erwartenden elektromagnetischen Effekte, und empfindliche elektronische Bausteine sollten in höher nummerierten LPZs untergebracht werden.

Abbildung 3: Blitzschutzzonen (Quelle: Weidmüller)



Die EN (IEC) 62305 führt außerdem das Prinzip der koordinierten SPDs ein, bei welcher der SPD am Service-Eingang den größten Teil der Überspannungsenergie verarbeitet und Überschläge verhindert, während die nachgeschalteten transienten Überspannungs-SPDs – installiert zwischen aufeinanderfolgenden LPZs – den Schutz der Geräte durch eine ausreichende Begrenzung der Überspannungen gewährleisten. SPDs werden als Typ 1, 2 oder 3 klassifiziert, und ihre elektrischen Spezifikationen und Prüfanforderungen sind in EN (IEC) 61643 definiert, wie in Tabelle 2 zusammengefasst.

	LPZ 0/1	LPZ 1/2	LPZ 2/3
Typischer SPD-Installationspunkt	Serviceeingang (z.B. Hauptverteilung oder Telecom-NTP)	Unterverteilung oder Telecom-PBX-Rahmen	Endgeräte (z.B. Steckdosen)
SPD-Typ	Typ 1	Typ 2	Typ 3
SPD-Technologie	Funkenstrecke	Metalloxid-Varistor	Verschiedene, darunter
Prüfwellenform	10/350	8/20	Kombination 8/20 und 1,2/50
Typischer Spitzen-Prüfstrom	2,5 kA	2,0 kA	0,5 kA
Bemerkungen	Kann Teile des Blitzstroms entladen	Verhindert Ausbreitung von Überspannungen auf elektrische Installationen und vernetzte Geräte	Geringe Entlade-Kapazität; sollte stets als Ergänzung zu SPD Typ2 installiert werden

Tabelle 2: SPD-Typen und Testanforderungen (angepasst aus Tabelle 2, BEAMA-Leitfaden)

Beispiele von SPDs und Anwendungen

Die Smart Factory Industrie 4.0 ist stark von Netzwerktechnologien abhängig, um die Kommunikation zwischen den verschiedenen Steuerungen und Sensoren oder "Dingen" zu ermöglichen, die zunehmend in moderne Betriebsanlagen eingebettet sind. Im Laufe der Jahre sind im industriellen Umfeld eine Reihe von Netzwerkstandards entstanden, darunter Industrial Ethernet, Power over Ethernet, (PoE), CAN-Bus und Profibus. Jeder dieser Standards hat unterschiedliche Übertragungseigenschaften und Topologien, und SPD-Geräte müssen entsprechend ausgewählt und eingesetzt werden.

Ethernet-Netzwerke sind am weitesten in der modernen Fabrik verbreitet, und es gibt eine Reihe von SPD-Lösungen zum Schutz von Ethernet-Datenleitungen in Innenräumen vor Blitzschlag, ESD, EFT und Stromausfällen..... Abbildung 4 zeigt einen solchen Ansatz mit TVS-Diodenarrays LC03 und SP3051 von Littelfuse.

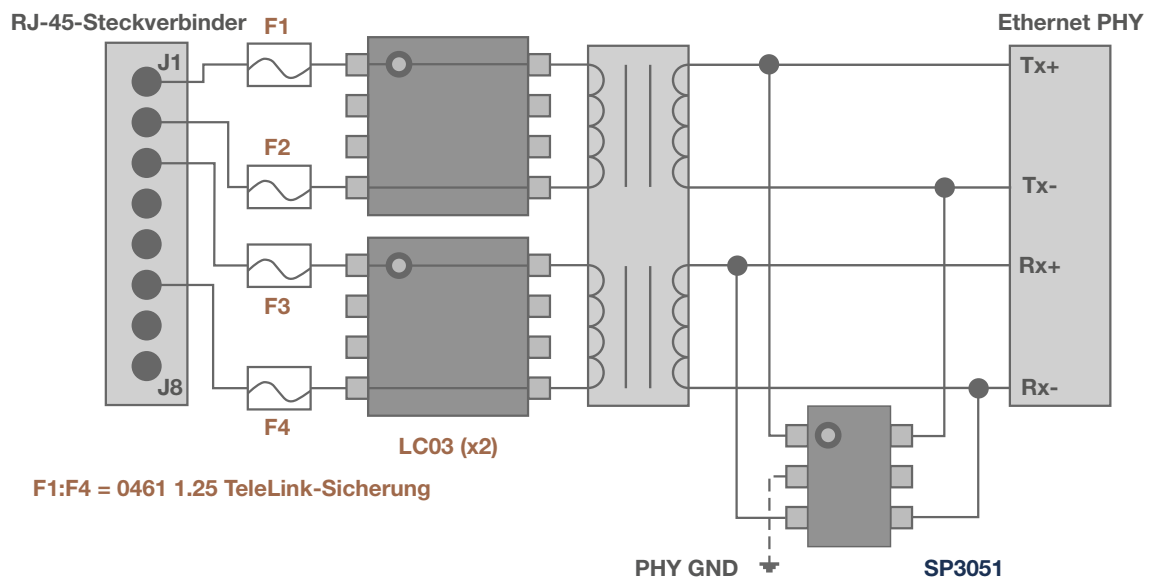


Abbildung 4: Ethernet-Schutzlösung (Quelle: Littelfuse)

TVS Diodenarrays eignen sich aufgrund ihrer sehr geringen Kapazität ideal für Hochgeschwindigkeits-Datenanwendungen wie Ethernet. In dieser Lösung werden die vier dargestellten Datenleitungen (Tx± und Rx±) durch das TVS-Diodenarray LC03 gegen Blitzschlag-Spannungsspitzen im Gebäude geschützt, was den größten Teil der Energie vom Transformator weggleitet. Jede Gleichtakt-Energie, die über die Wicklungskapazität des Transformators gekoppelt werden kann, wird von der TVS-Diode SP3051 nach GND abgeleitet.

Das Controller Area Network (CAN-Bus) ist ein weiteres häufig verwendetes Protokoll in Fabriknetzwerken; Abbildung 5 zeigt eine EPD-Lösung für den CAN-Bus mit dem Dual-TVS-Diodenarray Bourns® Modell CDSOT23-T24CAN*.

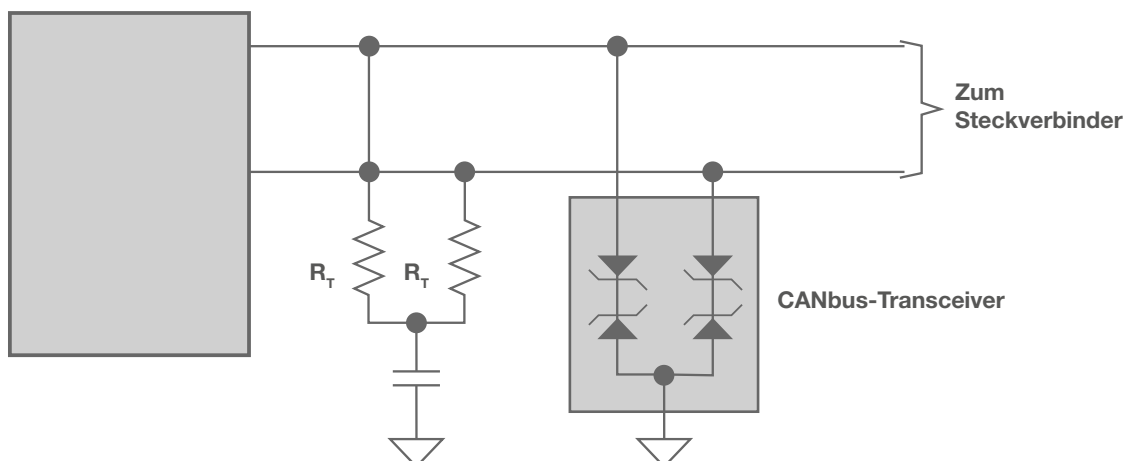


Abbildung 5: CANbus-Schutzschaltung unter Verwendung des doppelten TVS-Diodenarrays CDSOT23-T24CAN (Quelle: Bourns)

Das doppelte TVS Diodenarray Bourns® Modell CDSOT23-T24CAN wurde entwickelt, um einen CANbus-Transceiver vor Überspannungen gemäß IEC 61000-4-5 (Level 1) zu schützen. Der Baustein ist so konzipiert, dass er mit Transceivern kompatibel ist, die einen internen Schutz gegen den Anschluss von 24 VDC an einen der beiden CAN-Ein-/Ausgänge (I/O) aufgrund eines Verdrahtungsfehlers bieten. Das CDSOT23-T24CAN kann auf einer doppelseitigen Leiterplatte (PCB) angeschlossen und sollte möglichst nah am Bus-Stecker platziert werden, mit kurzen Leiterbahnen zu den Signalleitungen.

Die Telekommunikationsnetze sind Schlüsseldienste für moderne Gebäude, einschließlich Fabriken, und aufgrund ihrer Beschaffenheit, ob über Frei- oder Erdkabel, sind sie besonders empfindlich gegen Blitzeinschläge. Hersteller von Telekommunikationsgeräten wie Hauptverteiler, Teilnehmeranschlusskästen, DSL- und Kabelmodems setzen zunehmend Gasentladungsröhren zum Schutz vor transienten Überspannungen ein. Abbildung 6 zeigt die SMD-Gasentladungsableiter-Familie von TDK, die in einer Reihe von Telekommunikationsanwendungen eingesetzt werden kann, darunter DSL-Line-Cards, Kabelmodems, Datenleitungen, Ethernet-Ports und Antennen.

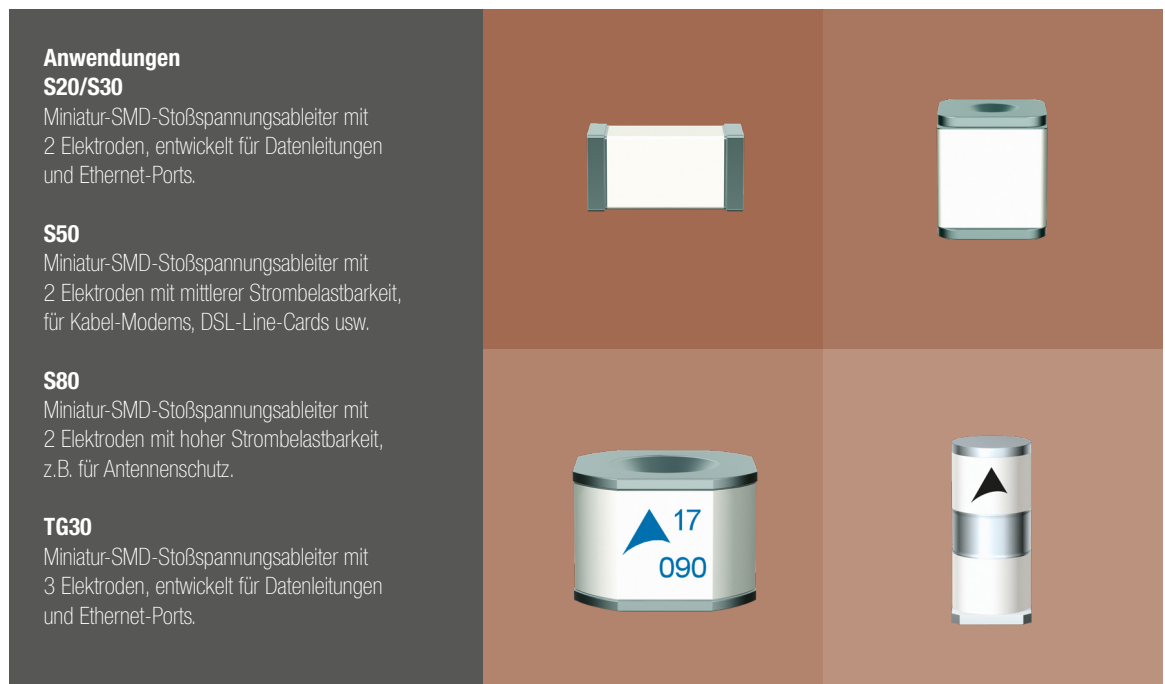


Abbildung 6: SMD-Gasentladungs-Überspannungsschutzfamilie von TDK (Quelle: TDK: EPCOS)

Schlussfolgerung

Die aktuellen Trends in der industriellen Automatisierung haben zur Entstehung der intelligenten Fabrik geführt, in der hochentwickelte elektronische Steuerungssysteme neben den großen, hochstromigen Maschinen und Anlagen existieren, für die sie entwickelt wurden. Kommunikationsnetzwerke mit einer Vielzahl von Protokollen sind ein integraler Bestandteil dieser Umgebung, so dass Maschinen und Steuerungen ein breites Spektrum an Daten und Informationen gemeinsam nutzen können.

Spitzenspannungen oder transiente Überspannungen sind im industriellen Umfeld verbreitet, unabhängig davon, ob sie durch Blitzeinschläge oder durch transiente Spannungen verursacht werden, die sich aus dem Betrieb von Maschinen oder Verkabelungen ergeben. Diese Überspannungen stellen eine echte Bedrohung für elektronische Systeme dar.

Überspannungsschutz-Maßnahmen werden eingesetzt, um die Bedrohung durch Überspannungen zu minimieren und damit die Gefahr von teuren Stillständen durch den Ausfall von Automatisierungssystemen zu reduzieren.

In diesem Whitepaper werden die Ursachen von Überspannungen sowie die aktuell empfohlenen Verfahren und Technologien zur Umsetzung von Überspannungsschutz-Maßnahmen näher beleuchtet. Spezifische Anwendungen wurden untersucht und Beispiele von Überspannungsschutzgeräten diskutiert.



Über TTI

TTI Inc. ist der weltweit führende Spezialist für Passive und elektromechanische Bauelemente, Steckverbinder sowie Diskrete Halbleiter, Schaltnetzteile und Sensoren. Ausgewählte Lieferanten sowie unterschiedlichste Logistik-Lösungen unterstützen Kunden in den Marktsegmenten Industrie, Transportation, Luft-, Wehr-, und Raumfahrttechnik sowie in der Haushalts- und Unterhaltungselektronik.

Die Produktpalette von TTI umfasst Bauteile wie Widerstände, Kondensatoren, Steckverbinder, Diskrete Halbleiter, Opto Elektronische Bauelemente, Elektromagnetische Bauelemente sowie Bauteile für den Schaltkreisschutz. Das Angebot umfasst außerdem Kabel und Drähte – diese auch konfektioniert; Netzteile, Entwicklungskits, Sensoren und Elektromechanische Bauelemente.

Übersichten und Informationen zur Marktentwicklung und Technologie sowie Updates etc. stellt TTI über das MarketEye Research Center zur Verfügung. Kunden können hier Fachbeiträge, technische Seminare, RoHS, allgemeine Seminare, Industrieforschungsberichte und vieles mehr abrufen.

Die TTI Produktpalette, kundenorientierter Service sowie die angebotenen Logistiklösungen machen TTI zum bevorzugten Distributor (CMP Publications). Weltweit beschäftigt TTI über 5600 Mitarbeiter an mehr als 100 Standorten in Europa, Amerika und Asien.

Europäischer Hauptsitz:

TTI, Inc.
Ganghoferstr. 34
82216 Maisach-Gernlinden
Deutschland
Tel.: +49 (0)8142 6680 – 0
Fax: +49 (0)8142 6680 – 490
Email: sales@de.ttiinc.com
www.ttieurope.com

Copyright © TTI, Inc. All Rights Reserved.