

Leiterplatten-basierte Abtrenntechnologien zum Überlastschutz von Überspannungsschutzgeräten für den Einsatz in leistungsstarken Telekommunikations- und signalverarbeitenden Netzwerken

Dipl.-Ing. (FH) Steffen Pförtner, Phoenix Contact GmbH & Co. KG, Deutschland

Dr.-Ing. Gernot Finis, Phoenix Contact GmbH & Co. KG, Deutschland

Dr.-Ing. Martin Wetter, Phoenix Contact GmbH & Co. KG, Deutschland

Dipl.-Ing. Holger Heckler, Phoenix Contact GmbH & Co. KG, Deutschland

1 Einführung

Transiente Überspannungen können Schäden an den empfindlichen elektronischen Komponenten von Telekommunikations- und signalverarbeitenden Netzwerken verursachen. Überspannungsschutzgeräte (SPDs) bieten einen wirksamen Schutz gegen transiente Überspannungen. Voraussetzung hierfür ist die fachgerechte Auswahl und Installation der SPDs. Der innere Aufbau von SPDs ist ebenfalls von großer Bedeutung. Um eine optimale Schutzwirkung für die verschiedenen Arten von Telekommunikations- und signalverarbeitenden Netzwerken zu erreichen, haben SPD-Hersteller eine Vielzahl von unterschiedlichen SPDs entwickelt, die für den jeweiligen Einsatzfall angepasste Schutzschaltungen haben. SPDs für den Einsatz in Telekommunikations- und signalverarbeitenden Netzwerken werden gemäß DIN EN 61643-21 [1] entwickelt und geprüft. Normalerweise haben diese Art von Anwendungen niedrige Betriebsspannungen und im Falle eines Kurz- oder Erdschlusses treten im Verhältnis niedrige Kurzschlussströme auf. Deshalb führt ein Ausfall eines SPDs, z. B. durch Überlast, Kurzschluss oder aufgrund von Alterung, nicht unbedingt zu einem kritischen Zustand – wie z. B. einem unzulässigen Temperaturanstieg. In einigen Fällen gibt es jedoch Anwendungen mit höheren Betriebsspannungen, höheren Betriebsströmen oder höheren Kurzschlussströmen. In solchen Fällen sollte das Auftreten von Fehlerströmen durch die Schutzelemente des überlasteten oder gealterten SPD nicht zu gefährlichen Betriebszuständen führen. Im Fehlerfall muss ein SPD kontrolliert in einen sicheren Zustand überführt werden, ohne dass eine Gefahrensituation entstehen kann. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen geeignete Methoden zur Beherrschung von möglichen Gefahrensituationen angewandt werden.

In energietechnischen Anwendungen werden häufig Überstromschutzeinrichtungen (z. B. Sicherungen, Leitungsschutzschalter) eingesetzt. Die bestimmungsgemäße Funktion von Überstromschutzeinrichtungen ist jedoch nur dann gegeben, wenn Überströme/Kurzschlussströme hoch genug sind, um Überstromschutzeinrichtungen sicher und vor allen Dingen schnell zum Ansprechen zu bringen. In Telekommunikations- und signalverarbeitenden Netzwerken sind Überströme/Kurzschlussströme häufig nicht hoch genug, um Überstromschutzeinrichtungen sicher zum Ansprechen zu bringen. Bei Sicherungen wird für ein zuverlässiges Ansprechen mindestens ein sog. „Mindestausschaltstrom“ benötigt. Sind die im Fehlerfall auftretenden Ströme so niedrig, dass der Mindestausschaltstrom einer Sicherung unterschritten wird, so wird der Fehlerstrom nicht unterbrochen und es kann eine Gefahrensituation entstehen.

Bild 1 verdeutlicht diese Zusammenhänge. Das Bild zeigt, dass bei Fehlerströmen unterhalb des Mindestausschaltstroms der gewählten Vorsicherung eine zusätzliche Maßnahme erforderlich ist.

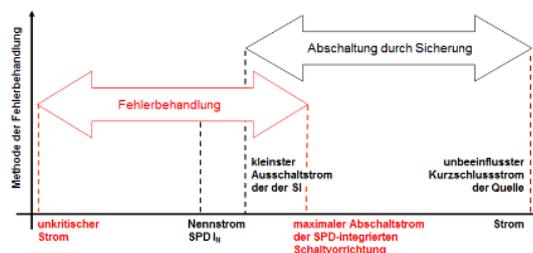


Bild 1: Methoden der Fehlerstrombehandlung dargestellt über die verschiedenen Strombereiche

Eine Vielzahl der auf dem Markt befindlichen SPDs zum Schutz von Signalsystemen verwenden integrierte Thermosicherungen (TS), um das Risiko einer Überhitzung aufgrund vorgeschädigter oder gealterter Komponenten zu vermeiden. Die Verwendung von TS in der Schutzschaltung von SPDs hat jedoch einige Nachteile. In vielen Fällen haben sie nur ein geringes Ableitvermögen für Stoßströme und ein begrenztes Ausschaltvermögen für Überlast und Kurzschlussströme. Werden TS verwendet, so ist im Regelfall ein hoher technischer Aufwand erforderlich, um eine lokale Statusanzeige zu realisieren. Derzeit sind SPDs mit einem leistungsfähigen Überlastschutz und einer lokalen Statusanzeige nur selten auf dem Markt zu finden. Einige wenige Ausführungen von leiterplattenmontierten Abtrennvorrichtungen zum Schutz von Signalanlagen sind in [2], [3] beschrieben.

Ziel dieser Arbeit ist es, die Leistungsfähigkeit von zwei neu entwickelten Überlastschutzvorrichtungen vorzustellen und zu diskutieren. Darüber hinaus werden Prüfmethode vorgestellt, um die sichere Funktion bei einem Einsatz in Signalsystemen mit höheren Überlast- oder Kurzschlussströmen nachzuweisen.

2 Anwendungen

In der deutschen Bahnindustrie sind Drehstrom-Weichenantriebe üblich. Die Schaltung zum Anschluss dieser Weichenantriebe ist die so genannte "Vierdraht-Weichenschaltung". Bild 2 zeigt ein vereinfachtes Schaltschema.

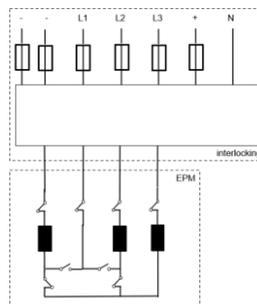


Bild 2: Vereinfachtes Schema einer "Vierdraht-Weichenschaltung" für den Betrieb und die Endlagenüberwachung von Drehstrom-Weichenantrieben [4]

Diese Schaltung dient der Ansteuerung des Weichenstellantriebes und der Überwachung der Endlagen. Die Betriebsspannung dieser Antriebe beträgt typischerweise 230 / 400 V AC, und die Leistungsaufnahme liegt im Bereich zwischen 0,7 und 1,1 kW. Die Umschaltzeit der Weiche beträgt üblicherweise ca. 6 Sekunden, nach 10 Sekunden wird der Antrieb in jedem Fall abgeschaltet. Nach dem Umlegevorgang wird eine 60 V Gleichspannung für die Endlagenüberwachung angelegt. Zum Schutz dieser Systeme werden Leitungsschutzschalter mit einem Nennstrom zwischen 6 A und 10 A eingesetzt.

3 Abtrennvorrichtungen für leiterplattenmontierte Überspannungsschutzkomponenten

Nachfolgend werden zwei neu entwickelte leiterplattenmontierte Abtrennvorrichtungen – für das Abschalten von Fehlerströmen – vorgestellt. Das Ziel bei der Auslegung dieser Abtrennvorrichtungen war eine kurze Reaktionszeit im Fall von Überstrom/Kurzschlussstrom und das Erreichen eines hinreichend hohen Schaltvermögens. Das Funktionsprinzip dieser Abtrennvorrichtungen wird nachfolgend vorgestellt und hinsichtlich der technischen Eigenschaften bewertet.

3.1 Leiterplattenmontierte Verschiebe-Trennvorrichtung

Bild 3 zeigt das Schaltbild und den Aufbau einer Schutzschaltung für den Schutz von CAN-Bus Anwendungen und DC-Signalanwendungen mit bis zu 75 V. In dieser Schaltung übernimmt der gasgefüllte Überspannungsableiter (ÜsAg, GDT) den Schutz gegen transiente Spannungsimpulse

zwischen Signalleitung und Erde (Isolationsschutz). Die Schaltung mit ÜsAg ist leckstromfrei gegen Erde. Die Suppressordiode (TVSD) sorgt für den Schutz gegen transiente Spannungsimpulse zwischen den Signalleitungen. Das Ableitvermögen für transiente Ströme gegen Erde beträgt 5 kA (8/20 μ s). Zum Schutz gegen Überstrom/Kurzschlussstrom, im Falle des Versagens oder der Überlastung oder Alterung einer Überspannungsschutzkomponente sind sowohl der ÜsAg als auch die TVSD mit einer leiterplattenmontierte Verschiebe-Trennvorrichtung (VTV) ausgestattet. Diese Vorrichtung trennt das jeweilige Bauteil, bei Überschreiten einer vordefinierten Temperatur, vom Stromkreis.

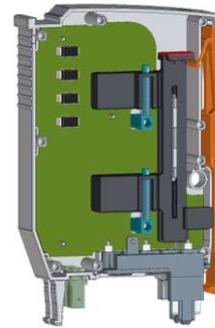
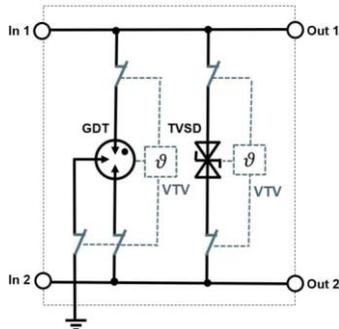


Bild 3: Schematische Darstellung einer Schutzschaltung zum Schutz von Signalleitungen mit VTV in jedem Schutzpfad (links); Realisierung eines SPDs mit zwei auf der Leiterplatte montierten VTV (rechts)

Bild 4 zeigt die konstruktive Umsetzung der VTV für TVSD im Detail. Bei dieser Bauart wird die TVSD mit einem Niedertemperaturlot auf der Leiterplatte verlötet. Ein zusätzliches Isoliergehäuse wird verwendet, um die TVSD vollständig zu umhüllen. Eine vorgespannte Feder ist zwischen Isoliergehäuse und TVSD angeordnet. Erreicht die TVSD eine vordefinierte Temperatur, schmilzt das Lot und die TVSD wird mit Hilfe der vorgespannten Feder so auf der Leiterplatte in eine festgelegte Endposition verschoben, dass der betroffene Stromkreis unterbrochen wird. Bild 4 (links) zeigt die VTV im Normalzustand. Der abgetrennte Zustand ist in Bild 4 (rechts) dargestellt.



Bild 4: Aufbau der VTV auf Leiterplatte - Normalzustand (links); getrennter Zustand (rechts)

Die Abtrennvorrichtung ist so ausgelegt, dass sie ein für die oben beschriebene Anwendung ausreichend hohes Schaltvermögen hat und im getrennten Zustand gute Isolationseigenschaften erreicht. Die definierte mechanische Bewegung (Verschiebung) der federkraftbetriebenen VTV ermöglicht eine einfache Realisierung einer Statusanzeige mitsamt Fernmeldung. Ein Beispiel für eine technische Lösung einer Fernmeldung ist in [5] dargestellt. Die leiterplattenbasierte VTV kann auch für den Überlastschutz von ÜsAg eingesetzt werden.

3.2 Leiterplattenmontierte thermisch aktivierte Schaltvorrichtung

Die Schutzschaltung zum Schutz von 230 / 400 V AC Signalanwendungen sowie die konstruktive Umsetzung sind in Bild 5 dargestellt. Die Überspannungs-Schutzschaltung bietet Schutz zwischen den einzelnen Signalleitungen und Erde. Eine grundlegende Anforderung an diese Schutzschaltung ist es, eine unerwünschte Beeinflussung des zu schützenden Systems durch das SPD selbst zu vermeiden. Dies gilt insbesondere im Falle von Überlast/Kurzschluss oder Ausfall.

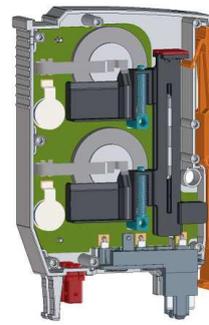
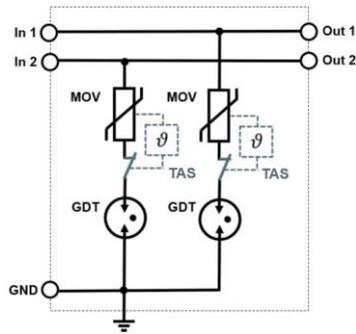


Bild 5: Schematische Darstellung einer Überspannungs-Schutzschaltung zum Schutz von 230 / 400 V AC Signalanwendungen mit zwei thermisch aktivierten Schaltvorrichtung (TAS) (links); SPD mit zwei auf der Leiterplatte montierten TAS (rechts)

Der Einsatz von nur einem ÜsAg (GDT) im Schutzpfad kann, je nach verwendeten Erdungsschema der Anlage, zu Problemen beim Beherrschen von Netzfolgeströmen führen. Das gilt insbesondere dann, wenn der Lichtbogen nicht sofort nach dem Überspannungsereignis erlischt. Der Einsatz von nur einem Metalloxid-Varistor (MOV) im Schutzpfad kann im Falle einer Alterung zu Leckströmen führen. Deshalb wird eine Reihenschaltung von MOV und ÜsAg verwendet, um das Entstehen von Leckströmen sicher zu verhindern. MOVs werden bei dieser Schaltungs-Auslegung eingesetzt, um netzfolgestrom-bedingte Kurzschlussströme auf ein hinreichend niedriges Maß zu begrenzen. ÜsAgs verhindern zuverlässig Leckströme durch MOVs.

In jedem Schutzpfad ist jeweils eine separate thermisch aktivierte Schaltvorrichtung (TAS) integriert. Durch diese „Maßnahme“ wird die Versagens-Wahrscheinlichkeit des Gesamtsystems verringert und das Maß der erreichten Sicherheit erhöht. In der hier vorgestellten Schaltung ist die Schaltvorrichtung mit einem scheibenförmigen MOV verbunden. Stoßströme oder Leckströme, die zu einer hinreichend hohen Erwärmung des MOV führen, führen zu einem Ansprechen der Schaltvorrichtung, wenn eine vordefinierte Temperaturgrenze überschritten wird. Bild 6 zeigt den konstruktiven Aufbau der leiterplattenmontierten Schaltvorrichtung.

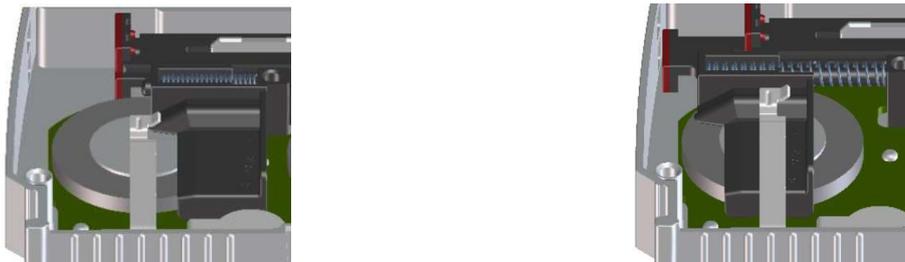


Bild 6: Aufbau und Funktion der TAS, Normalzustand (links); abgeschalteter Zustand (rechts)

Bei dieser Konstruktion wird der MOV mit der leiterplattenseitigen Elektrode flächig auf der Leiterplatte verlötet. Auf der leiterplatten-abgewandten Seite wird der MOV mit einem Strombalken verlötet. Ein mit einer Feder vorgespanntes Kunststoffelement bildet die Abhebevorrichtung, kombiniert mit einem Schild zur Lichtbogen-Trennung (Bild 6, links). Erreicht der MOV eine vordefinierte Temperatur, schmilzt das Lot und die vorgespannte Feder bewegt das Kunststoffelement zwischen den Strombalken und die MOV-Oberfläche. Hierdurch wird der Stromfluss zwischen MOV und Strombalken unterbrochen (Bild 6, rechts). Das Kunststoffelement wirkt als „Abhebevorrichtung“ für den Strombalken. Durch das zwischen MOV und Strombalken eingeschobene Kunststoffelement werden gute Lichtbogen-Löscheigenschaften und gute Isolationseigenschaften im abgeschalteten (abgetrennten) Zustand erreicht.

4 Zusätzliche Prüfverfahren zum Nachweis sicherheitsgerichteter Eigenschaften

Ergänzend zu den bestehenden Prüfverfahren der DIN EN 61643-21 erscheinen die im Folgenden vorgeschlagenen Prüfverfahren geeignet, die sichere Funktion von SPDs bei der Anwendung

in leistungsstarken Signalanwendungen nachzuweisen Die vorgeschlagenen Prüfverfahren und Prüfabläufe sind von Prüfverfahren aus DIN EN 61643-11 [5] und -31 [6] abgeleitet.

4.1 Prüfung der thermischen Stabilität

Eine wesentliche Prüfung, mit der die sichere Funktion von überlasteten SPDs im Falle steigender Leckströme nachgewiesen werden kann, ist die Prüfung "8.3.5.2 Prüfung der thermischen Stabilität" [5]. Um eine thermische Überlastsituation zu erzeugen, wird das SPD während der Prüfung mit einem eingepprägten (lastunabhängigen) netzfrequenten Strom belastet. Das Prüfverfahren sieht im Wesentlichen wie folgt aus: Die Prüfung beginnt mit einem konstanten Strom mit einem Wert von 2 mA. Dieser Strom wird in Schritten von entweder 2 mA oder 5 % des zuvor eingestellten Stroms erhöht je nachdem, welcher Wert größer ist. Jede Stromstufe wird beibehalten, bis ein thermisches Gleichgewicht erreicht ist, d. h. der Temperaturanstieg beträgt weniger als 2 Kelvin innerhalb von 10 Minuten. Während der gesamten Prüfung wird die Oberflächentemperatur an der heißesten Stelle des SPDs und der Stromfluss kontinuierlich überwacht. Die Prüfung ist bestanden, sobald die thermische Abtrennvorrichtung anspricht und der Stromfluss durch das SPD dauerhaft unterbrochen ist. Um die sichere Funktion der Trennvorrichtung zu überprüfen, wird eine netzfrequente Spannung, die der max. zulässigen Dauerspannung U_C des SPD entspricht, für 1 Minute angelegt. Unter diesen Prüfbedingungen darf der Stromfluss 1 mA nicht überschreiten.

Fällt die Spannung am SPD während der Prüfung unter den Spannungswert U_C , wird die Stromregelung unterbrochen, und die Spannung wird für 15 min wieder auf den Spannungswert U_C zurückgesetzt. Die in diesem Fall verwendete Quelle muss einen Kurzschlussstrom bereitstellen, der den Strom vor dem Ansprechen einer Abtrennung nicht begrenzt. Zudem darf der von der Quelle erzeugte Kurzschlussstrom die vom Hersteller des SPD angegebene Kurzschlussfestigkeit nicht überschreiten. Unter diesen Bedingungen sollte eine Abschaltung des SPD durch eine interne oder externe Trennvorrichtung erfolgen. Hierbei kann es sich z. B. durch um eine vom Hersteller des SPD spezifizierte externe Überstromschutzeinrichtung (z. B. Vorsicherung, Leitungsschutzschalter) handeln. Darüber hinaus müssen SPDs weitere Anforderungen hinsichtlich ihres thermischen Verhaltens während der Prüfung erfüllen. Der Temperaturanstieg, gemessen auf der Oberfläche des SPDs, darf während der Prüfung nicht mehr als 120 Kelvin betragen. Außerdem darf die Oberflächentemperatur, 5 Minuten nach dem Abschalten der thermischen Abtrennung, nicht mehr als 80 Kelvin oberhalb der Umgebungstemperatur liegen. Während der gesamten Prüfung darf von dem Prüfling keine Gefahr ausgehen.

4.2 Prüfung des SPD-Ausfallverhaltens

Die nachfolgend beschriebene Prüfung dient der Überprüfung des Ausfallverhaltens von SPDs im Falle einer Überlastung durch überhöhte Spannungen, die u. A. zu einer Schädigung von Überspannungsschutz-Komponenten führen kann. Der zu prüfende Schutzpfad des SPDs wird mitsamt Abtrennvorrichtung an eine Stromquelle angeschlossen.

Für SPDs, die für den Einsatz in DC-Systemen geeignet sind, werden Gleichstrom-Prüfungen mit einem speziellen L/R-Verhältnis, des für die Prüfung verwendeten Prüfstromkreises, durchgeführt. Für die Prüfung wird das L/R-Verhältnis bei einem voraussichtlichen Kurzschlussstrom von 100 A auf eine von Dauer = 0,5 ms und bei einem voraussichtlichen Kurzschlussstrom von 1000 A auf eine Dauer = 1 ms eingestellt. Die Prüfspannung beträgt $1,1 \times U_{1mA}$ (Spannung bei einem Stromfluss von 1 mA) des jeweiligen Überspannungsschutz-Bauelementes. Bei in Reihe geschalteten spannungsschaltenden Überspannungsschutz-Bauelementen (z. B. ÜsAg, GDT), wird zusätzlich ein „Zündimpuls“ angewendet, dessen Amplitude hoch genug ist, um das entsprechende spannungsschaltende Bauelement in den leitenden Zustand zu bringen. Hält ein in Reihe geschaltetes spannungsschaltendes Bauelement den leitfähigen Zustand nicht aufrecht, kann die Prüfung mit kurzgeschlossenem Bauelement wiederholt werden. Bild 7 zeigt die verwendeten Prüfschaltungen.

Um die Prüfung zu bestehen, darf es nach der Prüfung keine sichtbaren Anzeichen von Verbrennungen geben, zudem muss die ausgewiesene IP-Schutzart eingehalten werden.

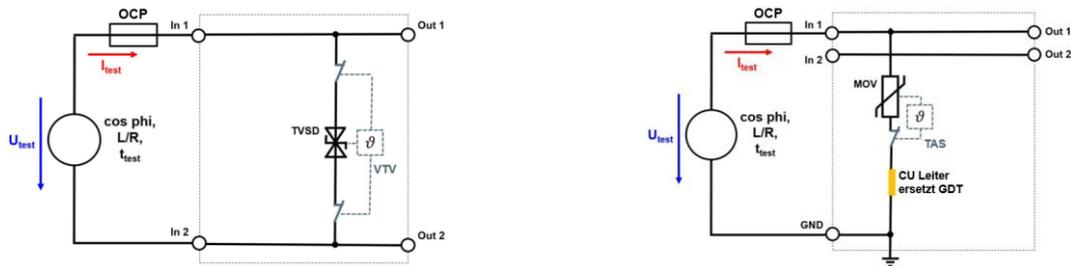


Bild 7: Prüfschaltung zur Durchführung der Prüfung des SPD-Ausfallverhaltens in einem Schutzpfad mit einer einzelnen TVSD (links) und einer MOV-ÜsAg -Reihenschaltung mit kurzgeschlossenem ÜsAg (rechts)

4.3 Lastseitiges Kurzschlussstromverhalten

SPDs können separate Klemmen auf der jeweiligen Eingangs- und Ausgangsseite haben. Das nachfolgend beschriebene Prüfverfahren dient der Prüfung bei ausgangsseitigem (lastseitigen) Kurzschluss. Das SPD muss in der Lage sein, den durch einen Kurzschluss auf der Lastseite hervorgerufenen Stromfluss zu führen, bis dieser entweder durch das SPD selbst (intern) oder durch eine externe Abtrennung (z. B. Sicherung, Leitungsschutzschalter) unterbrochen wird. Um dies nachzuweisen, wird die folgende Prüfung vorgeschlagen: Das zu prüfende SPD wird an eine Stromquelle mit $U_c = U_{\text{test}}$ angeschlossen, der Prüfstrom I_{test} wird an den Anschlussklemmen des SPDs eingestellt. Für SPDs, die für einen Einsatz in Wechselstrom-Systemen vorgesehen sind, wird der Prüfstrom bei 45° Phasenwinkel ($\pm 5^\circ$) und ein zweites Mal bei 90° Phasenwinkel ($\pm 5^\circ$) nach dem Nulldurchgang der Spannung eingeschaltet. Diese Prüfung wird mit zwei verschiedenen Prüfströmen durchgeführt. Zunächst wird der vom Hersteller angegebene Kurzschlussstrom angewendet. Als zweiter Prüfstrom wird der Strom, der zum Auslösen der Sicherung (oder Leitungsschutzschalter) innerhalb von 1 s bis 5 s führt, genutzt. Für SPDs, die in Gleichstrom-Systemen eingesetzt werden, wird die L/R-Zeitkonstante des Prüfstroms auf 1 ms eingestellt. Bild 7 zeigt die im folgenden Abschnitt verwendete Prüfschaltung zur Prüfung des Verhaltens im Falle eines Kurzschlusses.

Für das Bestehen der Prüfung ist es notwendig, dass keine sichtbaren Anzeichen von Verbrennungen vorliegen und dass die für das SPD ausgewiesene IP-Schutzart erhalten bleibt. Für diese Prüfung der Spannungsfreiheit auf der Ausgangsseite wird die Spannung U_c als Prüfspannung an den Eingangsklemmen des SPD angelegt. Wenn eine interne Abtrennvorrichtung des SPD angesprochen hat, dann wird überprüft, ob die Ausgangsklemmen des SPD spannungsfrei sind – auch nach Entfernen der möglicherweise bei der Prüfung eingesetzten Kurzschlussbrücke.

Wenn eine interne Abtrennvorrichtung nicht angesprochen hat, dann muss das SPD den Anforderungen an den in einschlägigen Normen geforderten Mindest-Isolationswiderstand und an den vom Hersteller des SPD spezifizierten Schutzpegel U_p entsprechen.

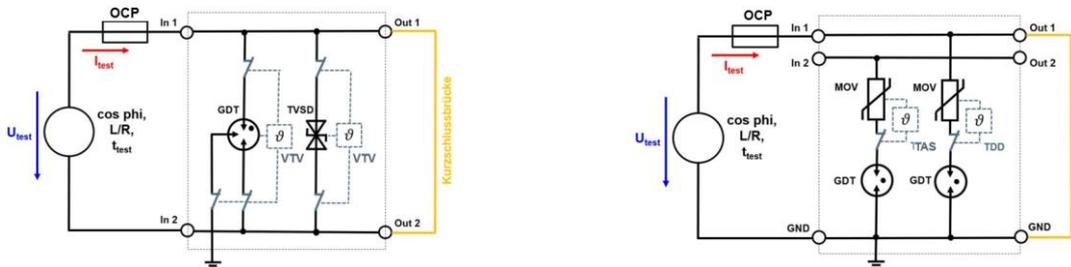


Bild 8: Beispiel für Prüfschaltungen zur Durchführung der Prüfung „Lastseitiges Kurzschlussstromverhalten“

5 Prüfung der Leistungsfähigkeit der Abtrennvorrichtungen für leiterplattenmontierte Überspannungsschutz-Bauelemente

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der Prüfungen zur Leistungsfähigkeit der entwickelten Abtrennvorrichtungen für leiterplattenmontierte Überspannungsschutz-Bauelemente vorgestellt.

5.1 Leiterplattenbasierte Verschiebe-Trennvorrichtung

1) Prüfung der thermischen Stabilität: Bild 9 zeigt die ermittelte Auslösecharakteristik der neu entwickelten VTV in Verbindung mit einer TVSD. Die Abschaltung erfolgt nach ca. 90 Minuten. Der eingeprägte Prüfstrom betrug bis zu 25 mA. Die in diesem Fall ermittelte Temperatur an der Gehäuseoberfläche des SPD betrug 95 °C und lag damit weit unter dem zulässigen Grenzwert.

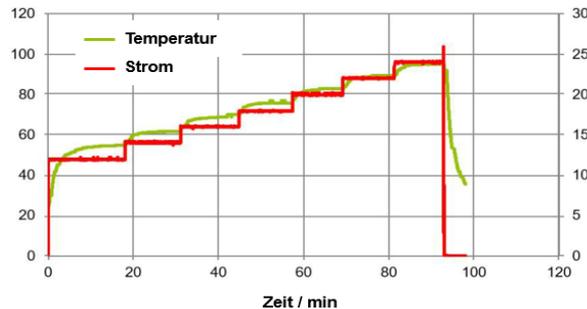


Bild 9: Auslösecharakteristik der VTV in Verbindung mit einer TVSD, als Funktion des eingepprägten Stroms

2) Prüfung des SPD-Ausfallverhaltens: Gemäß dem vorgeschlagenen Prüfablauf beträgt die anzulegende Prüfspannung $U_{\text{test}} = 197 \text{ V}$ ($1,1 \times U_{1\text{mA}}$ des zu prüfenden Bauelementes). Der angegebene prospektive Kurzschlussstrom beträgt 100 A ($L/R = 0,5 \text{ ms}$). Unter diesen Prüfbedingungen schaltet die VTV den Strom sicher ab und trennt die TVSD dauerhaft vom Netz. Die Zeitdauer mit erhöhtem Strom – bis zur endgültigen Abtrennung - betrug 11,6 Sekunden. Somit sind alle Kriterien erfüllt, die für das erfolgreiche Bestehen dieser Prüfung erforderlich sind.

3) Lastseitiges Kurzschlussstromverhalten der VTV: Der vom Hersteller des SPD ausgewiesene max. zulässige Überstromschutz ist ein Leitungsschutzschalter (LS-Schalter) mit einem Nennstrom von 10 A (C-Charakteristik). Der max. zulässige prospektive Kurzschlussstrom am Einbauort des SPD ist mit max. 1000 A angegeben. Der anzuwendende kleine Prüfstrom wird entsprechend des LS-Schalter auf 50 A festgelegt. Unter diesen Bedingungen löst der LS-Schalter bei einem Prüfstrom von 1000 A ($\cos \varphi = 0,93$) im Zeitbereich zwischen 3,7 ms und 6 ms aus und bei 50 A ($\cos \varphi = 0,94$) zwischen 2,9 s und 3,3 s. Ein unzulässiges oder sicherheitsgefährdendes Verhalten des SPDs wurde nicht beobachtet. Die Prüfung gilt als bestanden.

5.2 Thermisch aktivierte Schaltvorrichtung zur Leiterplattenmontage

1) Prüfung der thermisch aktivierten Abtrennvorrichtung: Bild 10 zeigt die ermittelte Auslösecharakteristik der TAS. In diesem Fall erfolgt die Abschaltung nach 97 min bei einem eingepprägten Prüfstrom von 12 mA. Die höchste ermittelte Temperatur an der Gehäuseoberfläche beträgt 103,6 °C (Bild 10, grüne Kurve).

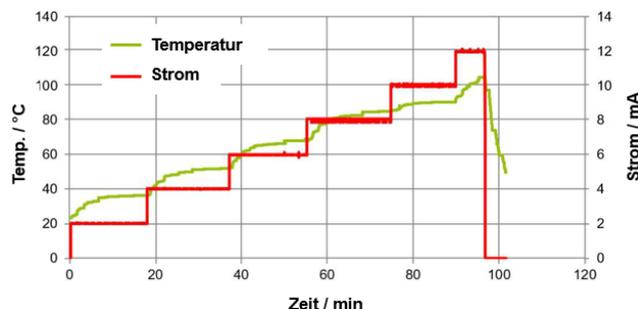


Bild 10: Auslösecharakteristik der TAS, als Funktion des eingepprägten Stroms

2) Prüfung des SPD-Ausfallverhaltens: Entsprechend dem vorgeschlagenen Prüfablauf beträgt die angelegte Prüfspannung $U_{\text{test}} = 462 \text{ V}$ ($1,1 \times U_{1\text{mA}}$ des Bauteils). Der für das SPD angegebene max. zulässige Kurzschlussstrom beträgt 1000 A ($L/R = 1 \text{ ms}$). Da das Zünden des ÜsAg (GDT) nicht zu einem dauerhaft leitenden Zustand des Pfades führt, wird die Prüfung mit kurz-

geschlossenenem ÜsAg (GDT) durchgeführt. Unter diesen Prüfbedingungen löst die TAS im Zeitraum von 12,7 s bis 13,5 s aus und der Stromfluss wird unterbrochen.

3) Lastseitiges Kurzschlussstromverhalten: Zur Durchführung dieser Prüfung werden die gleichen Prüfparameter wie in Abschnitt 5.1 3) beschriebenen verwendet, mit dem Ergebnis, dass das Auslöseverhalten des LS-Schalters sowie das Verhalten des SPDs identisch mit den vorher gezeigten Ergebnissen sind.

6 Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit beschreibt zwei neuartige, auf Leiterplatten montierte Trennvorrichtungen für SPDs zum Schutz von leistungsstarken signalverarbeitenden Netzwerken.

Die erste Einheit wird "Leiterplattenbasierte Verschiebe-Trennvorrichtung" genannt. Das Funktionsprinzip besteht in der Trennung bzw. der mechanischen Verschiebung von thermisch überlasteten Komponenten, wie TVSD oder ÜsAg (GDT) an einen Ort an dem sie dauerhaft vom Stromkreis getrennt sind. Die zweite Einheit wird als "Leiterplattenmontierte thermisch aktivierte Schaltvorrichtung" bezeichnet. Ihr Funktionsprinzip ist den thermischen Trennvorrichtungen ähnlich, die in SPDs gemäß DIN EN 61643-11 Anwendung finden. Diese SPDs sind für den Einsatz in Niederspannungs-Stromversorgungssystemen konzipiert. Dabei ist die Trennvorrichtungen als Lötverbindung zwischen einem MOV und einem Strombalken, der als Öffner-Kontakt verwendet wird, ausgebildet. Im Fall einer unzulässigen Erwärmung schmilzt das Lot und die Trennvorrichtung öffnet den Kontakt.

Zusätzlich zu den bestehenden Prüfanforderungen, die gemäß DIN EN 61643-21, an SPDs für den Schutz von Telekommunikations- und signalverarbeitenden Netzwerken gestellt werden, werden zusätzliche Prüfungen vorgeschlagen, um die sicherheitstechnische Leistungsfähigkeit von SPDs für den Einsatz in leistungsstarken signalverarbeitenden Netzwerken zu prüfen.

Hinsichtlich der neu entwickelten leiterplattenmontierten Trennvorrichtungen konnte gezeigt werden, dass beide in diesem Aufsatz vorgestellten technischen Lösungen ein schnelles Ansprechverhalten bei thermischer Überlastung aufweisen. Dies ist begründet in einer guten thermischen Verbindung zwischen dem zu überwachenden Bauteil und der Lötstelle der Trennvorrichtung. Darüber hinaus konnte in allen Prüfscenarien eine sichere Unterbrechung des Stromflusses bzw. eine Trennung von der Stromversorgung erreicht werden.

Im Hinblick auf die eingeführten Prüfabläufe, abgeleitet aus DIN EN 61643-11 und -31, konnte gezeigt werden, dass die vorgeschlagenen Prüfungen geeignet sind, die Funktion und die Wirksamkeit von Trennvorrichtungen, für SPDs nach DIN EN 61643-21 beim Einsatz in leistungsstarken signalverarbeitenden Netzwerken nachzuweisen.

Literaturangaben

[1] DIN EN 61643-21: "Überspannungsschutzgeräte für Niederspannung – Teil 21: Überspannungsschutzgeräte für den Einsatz in Telekommunikations- und signalverarbeitenden Netzwerken –Leistungsanforderungen und Prüfverfahren“, 2013.

[2] G. Finis, S. Pfortner, T. Meyer, A. Siegel: Überlastschutz und Methoden der Zustandsüberwachung für Überspannungsschutzgeräte für den Schutz von Systemen der Mess, Steuerungs- und Regelungstechnik, EMV 2012, Düsseldorf, Deutschland, Februar 2012.

[3] S. Pfortner, G. Finis, H. Heckler: Innovative Überwachung, Status-Anzeige, Fernmeldung sowie Prüfungen von Überspannungsschutzgeräten für Telekommunikations- und Signalverarbeitungs-Netzwerke, EMV 2020, Köln, Deutschland, 2020

[4] G. Theeg, S. Vlasenko: Railway Signalling & Interlocking International Compendium, 1st Edition, Eurailpress, 2009.

[5] DIN EN 61643-11: „Überspannungsschutzgeräte für Niederspannung – Teil 11: Überspannungsschutzgeräte für den Einsatz in Niederspannungsanlagen – Anforderungen und Prüfungen“, 2019

[6] DIN EN 61643-31: „Überspannungsschutzgeräte für Niederspannung – Teil 31: Anforderungen und Prüfungen für Überspannungsschutzgeräte in Photovoltaik-Installationen“, 2021