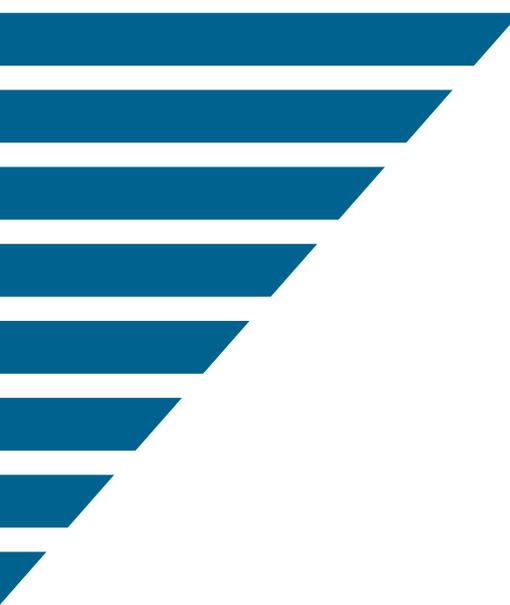


STÖRLICHTBOGENPRÜFUNGEN BEI GLEICHSTROMSCHALTANLAGEN UND DEREN NORMUNG

Deutsch



Sonderdruck aus der eb 1–2, 2014
Autoren: Julian Beuchelt, Jens Northe

Störlichtbogenprüfungen bei Gleichstromschaltanlagen und deren Normung

Julian Beuchelt, Jens Northe, Offenbach

Störlichtbögen in Schaltanlagen sind äußerst unwahrscheinlich, jedoch nie auszuschließen. Derzeit wird ein Anhang zur EN 50123-6 erarbeitet, der die für Gleichstromschaltanlagen bisher fehlenden Anforderungen festlegt. Durchgeführte Prüfungen zeigen die Notwendigkeit solcher Festlegungen.

INTERNAL ARC TESTING OF D. C. SWITCHGEAR AND RELATED STANDARDISATION

Fault arcs in switchgear assemblies are a very rare incident but may never be excluded. An amendment to EN 50123-6 is presently under preparation to provide not yet included requirements for d.c. switchgear assemblies. Several tests conducted support the need of such specifications.

LES CONTRÔLES DES ARCS ÉLECTRIQUES PARASITES SUR LES INSTALLATIONS DE DISTRIBUTION À COURANT CONTINU ET LEUR NORMALISATION

Si les arcs électriques parasites dans les installations de distribution sont extrêmement rares, on ne peut jamais les exclure totalement ; Une annexe à la norme EN 50123-6 est actuellement en cours d'élaboration pour définir les exigences qui manquaient jusqu'ici pour les installations de distribution à courant continu. Les contrôles effectués montrent la nécessité d'établir de telles dispositions.

1 Einführung

Viele erweiterte Anforderungen an die technische Sicherheit von Produkten und Anlagen haben die Erhöhung der Personensicherheit zum Ziel. Dies gilt auch für die Sicherheit des Bedienpersonals in abgeschlossenen elektrischen Betriebsstätten bei sehr seltenen und außergewöhnlichen Ereignissen.

Die aktuelle Normungsarbeit im Bereich der Gleichstromschaltanlagen zur Bahnenergieversorgung trägt dieser Tatsache durch die Erweiterung der bestehenden EN 50123-6 [1] Rechnung. In einem Anhang B mit der Bezeichnung „Verfahren für die Prüfung unter Störlichtbogenbedingungen“ [2] werden aktuell die Anforderungen an und Testbedingungen für solche Prüfungen erarbeitet. Die vorhandenen Normen für Störlichtbogenprüfungen an dreiphasigen Anlagen aus dem Bereich der Niederspannungsschaltanlagen [3] oder Mittelspannungsschaltanlagen [4] sind für Gleichstromschaltanlagen nicht anwendbar, da in ihnen vorrangig der dreipolige Kurzschluss betrachtet wird. Eine für Gleichstromschaltanlagen passende Norm hilft hier deutlich, um im Zusammenhang mit den zunehmend geforderten Gefährdungsanalysen und Sicherheitsnachweisen qualifizierte Aussagen tätigen zu können.

Im Folgenden wird der derzeitige Stand des Normungsprojekts CENELEC PR23568 [5] und erste Erfahrungen mit entsprechenden Prüfungen vorgestellt. Die gezeigten Bilder wurden bei Störlichtbo-

genprüfungen aufgenommen. Deren Auswirkungen wurden bewusst für die Prüfung herbeigeführt und waren keine Folge von Fehlfunktionen. Die Qualität und Sicherheit sowohl der Schaltfelder als auch der Betriebsmittel, insbesondere Leistungsschalter, waren stets einwandfrei.

2 Von der Idee zur Anpassung der Norm

Das Zusammentreffen von Experten im Rahmen von Verbandsarbeit, Messen und Kongressen bildet die ideale Plattform für den Erfahrungsaustausch zwischen Betreibern und Herstellern. Häufig gibt es Diskussionen über technische und betriebliche Rahmenbedingungen und führt hierdurch zu Ideen zur Standardisierung.

Auf Grund der besonderen Anforderungen des Bahnbetriebs existiert für Gleichstromschaltanlagen der Bahnenergieversorgung die spezifische Produktnorm EN 50123-6. Diese gibt sehr detailliert Auslegungs- und Prüfvorschriften für deren Gestaltung. Hinsichtlich des Verhaltens bei Störlichtbögen macht die Norm jedoch nur vage Angaben, in dem sie fordert, „dass unter Druck entweichende Gase oder Dämpfe den Bedienenden nicht gefährden“ dürfen ([6], Abschnitt 6.6.3). Ein Nachweis durch eine Prüfung wird nicht gefordert. Die vorhandenen Normen für Stör-

lichtbogenprüfungen von Niederspannungsschaltanlagen EN 60439-1, Beiblatt 2 und Hochspannungsschaltanlagen EN 62271-200 sind jedoch nicht für die Prüfung von Gleichstromschaltanlagen anwendbar.

Dem folgend wurde im April 2011 ein Vorschlag für ein neues Normungsvorhaben zusammen mit einem ersten Entwurf zu einer Änderung (*Amendment*) der bestehenden Norm EN 50123-6 über die Deutsche Kommission Elektrotechnik Informationstechnik (DKE) beim Europäischen Komitee für Elektrotechnische Normung CENELEC eingereicht.

Der Vorschlag wurde von CENELEC angenommen und als Projekt 23568 im Unterkomitee SC9XC der Arbeitsgruppe WG18 zur Bearbeitung zugeteilt. Bei den halbjährlich durchgeführten Sitzungen des SC9XC, in denen die Sprecher der Nationalen Komitees (NC) vertreten sind, werden alle aktuellen Normungsprojekte und -vorschläge koordiniert. Für die vorbereitende Diskussion in den jeweiligen Ländern müssen zu behandelnde Dokumente allerdings bereits zwei Monate vor einer Sitzung eingereicht werden.

Durch einen öffentlichen *Call for Experts* wurden interessierte Fachleute aufgerufen, sich bei ihren NCs zu melden und sich an der Erarbeitung des Anhangs zu beteiligen. So fanden sich sechs Experten aus Deutschland, England, Frankreich und Italien für die Ausarbeitung des Normentwurfs in der Arbeitsgruppe zusammen. Im Jahr 2012 entstand aus dem eingereichten Entwurf in drei Arbeitssitzungen, jeweils eine in Deutschland, Frankreich und Großbritannien, die Vorlage für den sogenannten *Committee Draft* (CD). Nach der Übersetzung wurde dieser im März 2013 in den drei offiziellen Sprachversionen Englisch, Französisch und Deutsch in die Fünf-Monats-Umfrage (SMP) gegeben. Bei dieser Umfrage ist es jedem in den CENELEC-Mitgliedsländern möglich, den CD inhaltlich zu prüfen und technische sowie redaktionelle Kommentare an das jeweilige NC zu senden. Diese bündeln die Kommentare ihres Landes und geben ein entsprechendes Votum, wie die Arbeit fortgesetzt werden soll, an die CENELEC. Die Ergebnisse der Umfrage, die gesammelten Kommentare und das Votum der Nationalen Komitees liegen seit Anfang August vor – 13 Kommentare aus zwei Ländern sowie 20 Ja-Stimmen bei 14 Enthaltungen für eine Fortsetzung des Normungsprojektes.

Die Arbeitsgruppe muss nun die erhaltenen Kommentare bewerten, in den Normentwurf einarbeiten und den Schlussentwurf bis Mitte März 2014 an das SC9XC senden. Bei der kommenden Koordinierungssitzung des SC9XC im Mai 2014 wird dann entschieden, ob der Schlussentwurf als *Committee Draft for Vote* (CDV) angenommen und in die Zwei-Monats-Abstimmung (2MV) gesendet wird. Bei dieser Umfrage meldet jedes NC, ob es der Veröffentlichung des Entwurfs als Norm zustimmt, es sind nur noch redaktionelle Kommentare möglich. Mit der Veröffentlichung der Änderung der EN 50123-6 als deutsche Norm (DIN) ist somit erst Anfang 2015 zu rechnen.

Auf Grund der vielen formalen Einzelschritte, wie beispielsweise den zwei öffentlichen Umfragen, dauert es sehr lange, bis ein Normungsprojekt abgeschlossen werden kann. Das Verfahren ermöglicht jedoch alle berechtigten Interessen angemessen zu berücksichtigen und verhindert von Einzelinteressen diktierte, technische Vorgaben.

3 Technischer Hintergrund

3.1 Störlichtbögen

3.1.1 Definition

Ein Lichtbogen ist ein heißes Gas (Plasma), bei dem ionisierte Atome oder Moleküle vorhanden sind. Von einem Störlichtbogen spricht man dann, wenn dieser ungewollt innerhalb einer elektrischen Einrichtung auftritt und einen ungewünschten, jedoch sehr gut leitenden Kanal zwischen Anlagenteilen herstellt.

Dem entsprechend wurde in den Normenentwurf die Begriffsdefinition „3.1 Störlichtbogen – Lichtbogen im Innern einer Schaltanlage infolge eines Fehlers zwischen aktiven Teilen und/oder zwischen aktiven und leitfähigen Teilen“ aufgenommen.

3.1.2 Entstehung

Der Grund für einen Störlichtbogen liegt immer in einer unzulässigen Herabsetzung der Isolationsfestigkeit innerhalb der Schaltanlage, mit der Folge eines elektrischen Überschlags. Ursache hierfür können

- Isolationsdefekte bei Einbaugeräten oder Leitungen,
- Folgefehler, wie beispielsweise Schalterversagen,
- Insekten und Kleintiere in der Schaltanlage, vor allem in tropischen und subtropischen Ländern ein Problem und
- Fehler bei Instandhaltungsarbeiten

sein. So unwahrscheinlich Störlichtbögen sind, so können sie prinzipiell zu jedem Zeitpunkt auftreten. Auch gibt es Phasen zum Beispiel bei Wiederzuschaltungen nach Revisionsarbeiten, bei denen dies wahrscheinlicher ist als im ungestörten Betrieb.

3.1.3 Verhalten und Auswirkungen

Ein Störlichtbogen stellt einen Stromfluss dar und wird hauptsächlich von elektromagnetischen Kräften beeinflusst. Es gibt auch vernachlässigbare thermische Einflüsse. Von seinem ursächlichen Fehlerort wird sich der Störlichtbogen von der Einspeisequelle zum Beispiel dem Einspeisefeld weg bewegen und schließlich in einem von dieser Quelle entfernten Bereich brennen, bis der Fehlerstrom abgeschaltet

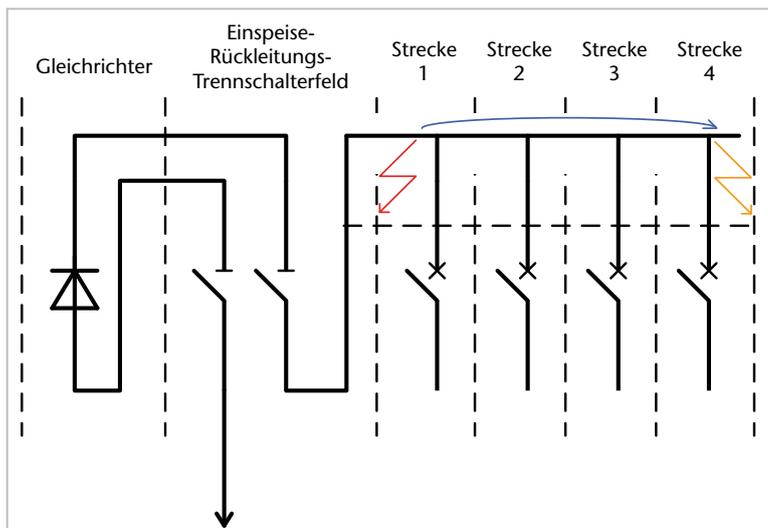


Bild 1: Prinzipschaltbild als Beispiel einer Schaltungsanlage (alle Grafiken und Fotos: Balfour Beatty Rail).

wird. Wirken mehrere Einspeisequellen in einer Anlage gleichzeitig, zum Beispiel mehrere Leistungsschalter-Einspeisefelder, wird der Störlichtbogen im Bereich der sich aufhebenden Kräfte verweilen.

Bild 1 verdeutlicht das Verhalten bei einseitiger Einspeisung mit einem Prinzipschaltbild, dabei läuft ein im Sammelschienenraum des Streckenfeldes 1 initiiertes Störlichtbogen (rot) immer zur Endwand des Streckenfeldes 4 (gelb), wenn die Sammelschienenräume zwischen den Feldern nicht einzeln geschottet sind.

In Bild 2 wird eine Störlichtbogenprüfung gezeigt, bei der dieses Verhalten unbeabsichtigt beobachtet werden konnte. Vor der Anlage stehen Indikatoren mit „leicht entzündlichem“, schwarzem Baumwolltuch. Diese repräsentieren das Bedienpersonal und dürfen während des Versuchs nicht entzündet werden. Eine Störlichtbogenprüfung eines anderen Schottraums war im zweiten Schaltfeld von rechts



Bild 2: Austritt eines Störlichtbogens bei einer Prüfung mit einfacher Seitenwand.

vorbereitet. Für einen vereinfachten Zugang war die vorgesehene Schutzmaßnahme (verstärkte Seitenwand) bei diesem Versuch nicht montiert. Bei der Prüfung gelangten ionisierte Gase in den Sammelschienenraum und der dort entstehende Lichtbogen wanderte durch die elektrodynamischen Kräfte in das Außenfeld.

Dieser Versuch zeigt eindrucksvoll die Folgen eines seitlichen Austritts heißer Gase und Partikel aus einer Schaltungsanlage. Ein möglicher Personenschaden beim Aufenthalt direkt neben der Anlage lässt sich leicht erahnen. Eine einfache metallische Seitenwand ist ein Konstruktionsmerkmal, das in vielen Bestandsanlagen und auf dem Markt angebotenen Anlagen zu finden sein dürfte.

Bei einem Störlichtbogen entsteht eine Personengefährdungen im Wesentlichen durch

- den Austritt von heißen Gase und Partikel
 - beim Durchbrennen der äußeren Kapselung (wie in Bild 2) sowie
 - bei vorhandene Öffnungen wie geöffneten Türen,
- herumfliegende Teile und
- Qualm und Abgase nach dem Ereignis.

In geschlossenen Schotträumen führt die Lichtbogenenergie zu einem schlagartigen Druckanstieg und einer hohen mechanischen Beanspruchung der äußeren Kapselung. Die Druckfestigkeit ist bei Mittelspannungsschaltanlagen von wesentlicher Bedeutung für die Störlichtbogenfestigkeit einer Anlage. Bei Gleichstromschaltanlagen trifft dies nur für komplett gekapselte Anlagen mit Dachblechen zu. Bei oben offenen Schaltanlagen ist die Druckbeanspruchung im Leistungsschalterraum und im Sammelschienenraum vernachlässigbar.

Das Entstehen von Qualm und Abgasen ist in Bild 3 deutlich zu erkennen. Die Aufnahme entstand im Anschluss an eine Störlichtbogenprüfung. Sie macht deutlich, warum es wichtig ist, ein Gebäude nach einem solchen Ereignis erst wieder zu betreten, wenn der Raum sorgfältig gelüftet wurde. Der Rauch enthält unterschiedliche Rückstände aus der Verbrennung von Kunststoffen und Metallen und ist gesundheitsschädlich.

3.2 Ziel der Normerweiterung

Viele der Vorgaben der EN 50123-6 haben Personensicherheit zum Ziel, in dem beispielsweise Anforderungen an die Isolationskoordination und die Zugänglichkeit aktiver Teile benannt werden. Es zeigt sich jedoch, dass auch bei sorgfältigster Auslegung innere Fehler nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden können. Es erscheint somit empfehlenswert, Maßnahmen festzulegen, die auch in diesem Falle

die Auswirkungen und damit die Personengefährdung begrenzen.

Anhang B benennt deshalb zuerst in B.1 die Motivation für die Einführung der zusätzlichen Forderungen:

„Die unten beschriebene Prüfung dient

- der Überprüfung der Tauglichkeit der Schaltanlage zur Begrenzung des Risikos körperlicher Schäden von Personen,
- dem Nachweis der Wirksamkeit der mechanischen Konstruktion beim Schutz von Personen bei einem Störlichtbogen.“

Durch die erfolgreiche Durchführung der Prüfungen zeigt der Hersteller, dass er seine Anlage hinsichtlich dieses Aspekts nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik ausgeführt hat und seiner Sorgfaltspflicht beim Inverkehrbringen der Anlage nachkommt.

3.3 Störlichtbogenprüfungen nach Anhang B

Der erarbeitete Normentwurf orientiert sich an den in EN 62271-200 und insbesondere in DIN EN 60439-1 VDE 0660-500 Beiblatt 2 [3] beschriebenen Verfahren. Dabei wurden die Anforderungen entsprechend angepasst sowie Ausführungsbestimmungen konkretisiert.

Deutlich wird dies zum Beispiel bei der Festlegung in Abschnitt B.2 den Bemessungs-Kurzschlussstrom unter Störlichtbogenbedingungen (I_{Narc}) gleich zu setzen dem Bemessungs-Erdfehlerstroms I_{Ncwe} . Dies berücksichtigt die zwei unterschiedlichen Szenarien beim Aufbau von Gleichstrombahnenergieversorgungen mit:

- kleinen Erdfehlerströmen bei gegenüber Erde isolierter Gleisrückleitung und
- großen Erdfehlerströmen bei zumindest temporärer direkter Verbindung zwischen Gleis und Erde wie z.B. beim Einsatz von schnellen Spannungsbegrenzungseinrichtungen.

Die Anforderungen an die Prüfanordnung werden in Abschnitt B.3 benannt. Dabei werden der Aufbau des Prüflings beschrieben und Mindestanforderungen an die Gleichstromspannungsquelle gestellt. Als Prüfspannung wird die Bemessungsspannung U_{Ne} und als Prüfdauer 150 ms festgelegt. Die Dauer von 150 ms ist ausreichend um Mittelspannungs-Leistungsschalter als speisende Quelle sicher auszuschalten. Die Zeit wurde bei anderen Praxisversuchen mit Ausschaltung der Mittelspannungsschalter über den Gerüstschlusschutz ermittelt.

Abschnitt B.4 spezifiziert die „Durchführung der Prüfung“ und stellt in B.4.2 die erforderlichen Einzelprüfung klar: „Jeder Schottraum der die Bahn-



Bild 3:

Rauchentwicklung nach einem Störlichtbogenversuch im IPH Berlin.

spannung beinhaltet, muss in einer typischen Konfiguration getestet werden. An folgenden Orten müssen Prüfungen mit Zündung eines Störlichtbogens durchgeführt werden:

- Hauptsammelschiene zum nächsten geerdeten Teil;
- Kabelanschluss zum nächsten geerdeten Teil;
- Leistungsschalter oder Trennschalter zum nächsten geerdeten Teil.

Der zu prüfende Schottraum und der Ort der Zündung des Störlichtbogens in diesem Schottraum müssen im Stromkreis möglichst weit von der Einspeisung entfernt sein.“

Abschnitt B.5 benennt für die „Beurteilung der Prüfung“ fünf Kriterien, die alle zu erfüllen sind. Sie lassen sich unter den Aspekten

- kein Öffnen der Türen und Abdeckungen,
- kein Durchbrennen der äußeren Umhüllung unterhalb einer Höhe von 2000 mm,
- kein Herausschleudern von Objekten,
- kein Entzünden der Indikatoren und
- Durchgängigkeit der Erdung auch nach der Prüfung

zusammenfassen.

Abschließend legt Abschnitt „B.6 Prüfbericht“ die darin erforderlichen Informationen fest.

3.4 Fehlerstrom bei Störlichtbögen

Wie im vorherigen Kapitel benannt, berücksichtigt die Festlegung des Bemessungs-Kurzschlussstroms unter Störlichtbogenbedingungen (I_{Narc}) in Abschnitt B.2 indirekt die möglichen Erdungsverhältnisse. Dieses soll im Folgenden näher beleuchtet werden.

In Unterwerken und Bahnsystemen ohne Spannungsbegrenzungseinrichtung (VLD) fließt der Fehlerstrom (Bild 4a) über das Gerüst auf die Potential-Ausgleichschiene. Diese ist mit der Bau-

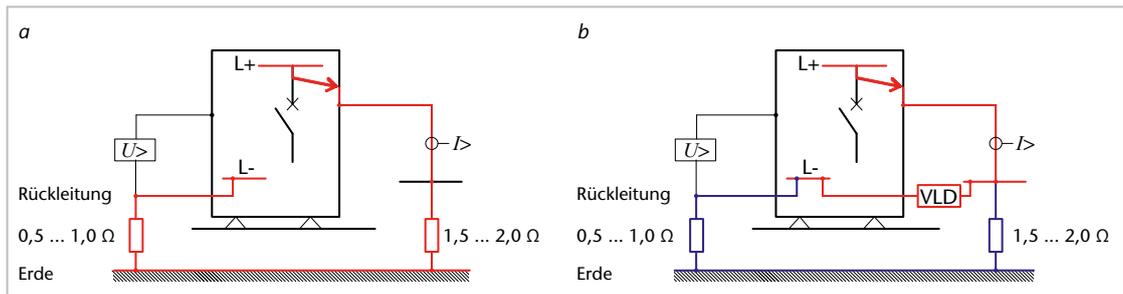


Bild 4:
Vergleich der Fehlerstromkreise.
a herkömmlicher Gerüstschluss
b mit VLD

werkerde verbunden, der Erdübergangswiderstand beträgt hier typisch 1,5 bis 2 Ω . Um den Stromkreis zu schließen muss der Strom über das Erdreich zurück in das Gleis mit einem typischen Bettungswiderstand von 0,5 bis 1 Ω fließen. Beides begrenzt den Fehlerstrom eines inneren Störlichtbogens

- bei DC 600/750V auf ~200A bis 450 A und
- bei DC 1 500V auf ~500A bis 900A.

Damit sind die zu erwartenden Schäden gering.

Beim Einsatz schnell ansprechender Spannungsbegrenzungseinrichtungen wie VLD-O bzw. VLD-F, beide Formen nachfolgend als VLD-x bezeichnet (Bild 4b), wird die Auswirkung eines Störlichtbogens durch eine direkte Verbindung zwischen PE und Rückleitung (Gleis) verschärft. Somit ist der volle Kurzschlussstrom des Unterwerks möglich.

Nimmt man den unbeeinflussten Dauerkurzschlussstrom eines Gleichrichterunterwerks mit 20 kA bis 50 kA an, so ist der Fehlerstrom ungefähr um den Faktor 100 höher als in herkömmlichen Anlagen. Das Joule-Integral I^2t der Fehlerenergie ist damit um den Faktor 10 000 höher. Dieser ungünstigste Fall mit dem größten Fehlerstrom entsteht, wenn eine VLD-x im gleichen Betriebsraum wie die Gleichstromschaltanlage mit einer kurzen, direkten Verbindung aufgestellt und an die Rückleitung angeschlossen wird.

Auch unter dem Aspekt des Personenschutzes ist der günstigere Aufstellungsort eines VLD-x im Gleisbereich. Dort ist ein gleichzeitiges Berühren geerdeter Teile und des aktiven Rückstromkreises im Gegensatz zum elektrischen Betriebsraum jederzeit möglich.

Beim Einsatz von A2-Ableitern mit einer Ansprechspannung von 300 V führt ein Störlichtbogen sehr wahrscheinlich zum Ansprechen und somit zu einer indirekten Verbindung des Rückleiters mit der Bauwerkserde. Die zu erwartenden Fehlerströme werden höher sein als bei einem

isolierten Rückleitungssystem jedoch auf Grund der Ableiter-Restspannung weit niedriger als beim Einsatz eines VLD-x.

4 Ausblick

Störlichtbögen in Gleichstromschaltanlagen der Bahnenergieversorgung sind in deutschen Anlagen äußerst selten eingetreten. Bis jetzt sind, glücklicherweise, auch keine Personenschäden bekannt.

Im Ausland sind vor allem durch Insekten und Kleintiere verursachte (seltene) Störlichtbögen bekannt, sodass Betreiber hier oft in den Ausschreibungen einen *vermin proof* (Insekten-/Schädlingsschutz) fordern, um das Risiko zu minimieren.

Unabhängig von der Erarbeitung des Anhang B zur EN 50123-6 wurde auch die VDE 0100-731 [7] überarbeitet. Sie wird voraussichtlich im Februar 2014 als gültige Norm veröffentlicht.

Laut Anwendungsbereich der VDE 0100-731 gilt diese Norm „... für die Planung und Errichtung von elektrischen Anlagen und Anlagenteilen in begehbaren abgeschlossenen elektrischen Betriebsstätten. ...“ und somit auch für die Gleichstromschaltanlagen in Gleichrichterunterwerken.

Diese Norm fordert verschiedenste Schutzmaßnahmen, um eine Personengefährdung in abgeschlossenen Betriebsräumen mit Niederspannungs- und Mittelspannungsschaltanlagen auszuschließen. Dabei werden unter „731.420 Schutzmaßnahmen ... gegen thermische Auswirkungen“ festgelegt. Mit der Gültigkeit dieser deutschen Norm erhalten die optionalen Störlichtbogenprüfungen gemäß Anhang B zur EN 50123-6 eine größere Bedeutung als Nachweis der Sicherheit der eingesetzten Betriebsmittel. Prüfungen, die vor der Veröffentlichung des Anhangs zur EN 50123-6 durchgeführt wurden, verlieren nicht ihre Gültigkeit, die Übereinstimmung mit der oder Abweichungen zur Norm müssen jedoch für einen Sicherheitsnachweis eindeutig dargestellt werden.

Literatur

- [1] EN 50123-6:2003: Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen; Gleichstromschaltanlagen – Teil 6: Gleichstrom-Schaltanlagen.
- [2] EN 50123-6:2003/prAA:2013: Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen; Gleichstromschaltanlagen – Teil 6: Gleichstrom-Schaltanlagen.
- [3] DIN EN 60439-1 VDE 0660-500 Beiblatt 2:2009: Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen – Teil 1: Typgeprüfte und partiell typgeprüfte Kombinationen – Technischer Bericht: Verfahren für die Prüfung unter Störlichtbogenbedingungen.
- [4] EN 62271-200:2012: Hochspannungs-Schaltgeräte und -Schaltanlagen – Teil 200: Metallgekapselte Wechselstrom-Schaltanlagen für Bemessungsspannungen über 1 kV bis einschließlich 52 kV.
- [5] CENELEC: Project 23568: EN 50123-6:2003/prAA:2013: http://www.cenelec.eu/dyn/www/f?p=104:110:4402438944624607:::FSP_PROJECT,FSP_LANG_ID:23568,25
- [6] prEN 50123-6:1994: Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Gleichstromschaltgeräte – Teil 6: Gleichstromschaltgeräte-Kombinationen.
- [7] E VDE 0100-731:2013: Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 7-731: Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art – Abgeschlossene elektrische Betriebsstätten.

AUTOREN DATEN



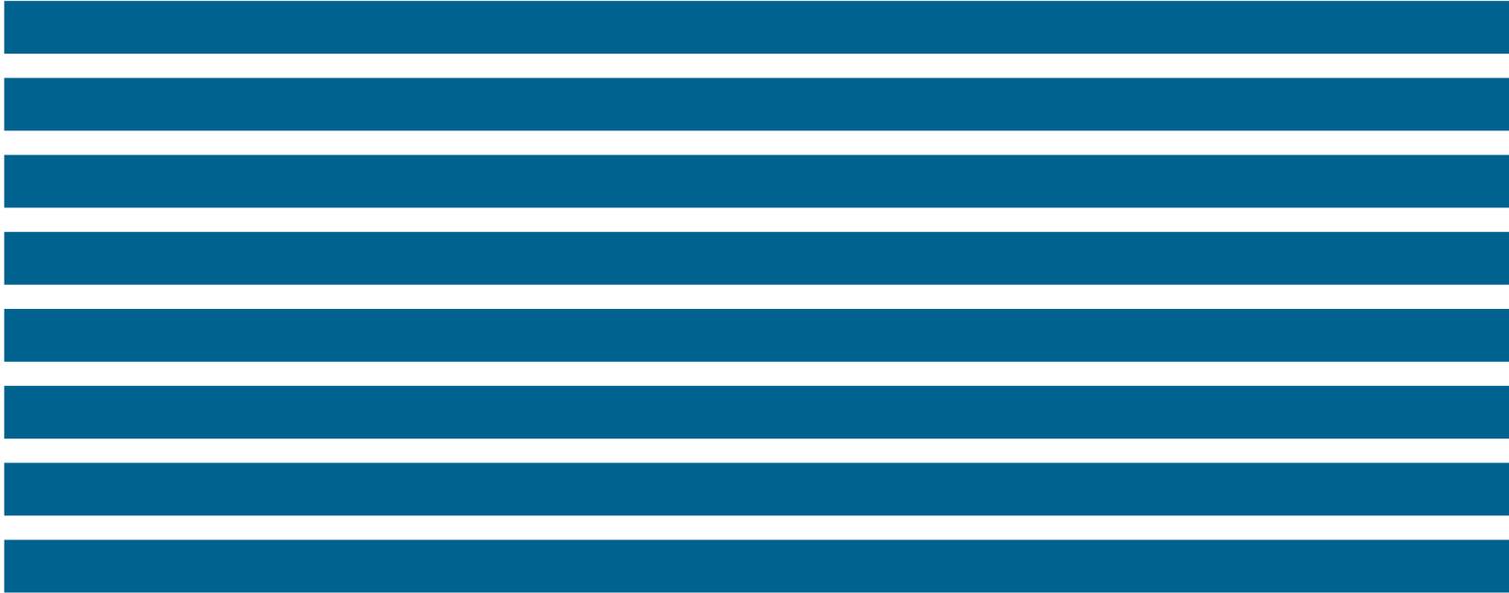
Dipl.-Ing. (FH) Julian Beuchelt (39); Studium der Elektrischen Energietechnik an der Fachhochschule Frankfurt, Abschluss 2000; bis 2006 Projektierungsingenieur Stationsleittechnik; 2006 bis 2007 Mitarbeiter im Bereich digitaler DC-Schutzgeräte (TracFeed® DCP); seit 2008 Produktmanager DC bei Balfour Beatty Rail GmbH; Mitarbeiter CENELEC SC9XC, WG C18.

Adresse: Balfour Beatty Rail GmbH, Frankfurter Str. 111, 63067 Offenbach, Deutschland;
Fon: +49 69 30859-772, Fax: -493;
E-Mail: julian.beuchelt@bbrail.com



Dipl.-Ing. (TU) Jens Northe (51), VDE, Studium der Elektrischen Energietechnik an der Technischen Universität Darmstadt, Abschluss 1989; bis 1999 tätig im Bereich Vertrieb und Projektleitung für statische Bahnstromumrichter; bis 2001 Systemingenieur für Wechselstromanlagen, bis 2008 Produktmanager für Wechselstromanlagen zur Bahnstromversorgung; bis 2010 Leiter Fachgruppe Produktmanagement; bis 2012 Leiter Fachgruppe Konstruktion Bahnenergieversorgung; seit 2013 Leiter Fachgruppe Entwicklung Bahnenergieversorgung bei Balfour Beatty Rail GmbH; Convenor IEC MT62505 sowie CENELEC SC9XC WG18, Mitglied des DKE-UK 351.2.

Adresse: wie links;
Fon: +49 69 30859-535, Fax: -493;
E-Mail: jens.northe@bbrail.com



© 2019. Alle Rechte sind der Rail Power Systems GmbH vorbehalten.

Die in diesem Dokument angegebenen Spezifikationen betreffen gängige Anwendungsbeispiele. Sie bilden nicht die Leistungsgrenzen ab. Im konkreten Anwendungsfall können daher abweichende Spezifikationen erreicht werden. Maßgeblich sind allein die im jeweiligen Angebot formulierten oder vertraglich vereinbarten Spezifikationen. Technische Änderungen bleiben vorbehalten. TracFeed® ist ein eingetragenes Warenzeichen der Rail Power Systems GmbH.