

Risikoanalyse und Kennzeichnungspflicht für Maschinen, Schalt- und Steuerschränke

Schutz vor Störlichtbögen im U.S.-Markt

Störlichtbogenüberschläge (Arc Flash Incidents) sowie deren Folgen sind wesentliche Ursachen von Verletzungen in der Elektroindustrie. Ein Störlichtbogen ist eine ionisierte Plasmawolke aus erhitztem Gas und geschmolzenen Leitern oder kleinen Splittern. Kommen Menschen ungeschützt und unvorbereitet mit einem Störlichtbogen in Kontakt, kann dies zu lebensbedrohlichen Verletzungen führen. Diese entstehen vor allem durch die hohe Druckwelle, extreme Temperaturen, gefährliche Strahlungen und die Freisetzung giftiger Gase beim Schmelzen und Verdampfen von Metallen. Durch Einhaltung entsprechender Sicherheitsabstände und dem Tragen von angemessener Schutzkleidung (personal protective equipment, PPE) können die Risiken für diese Gefahren erheblich reduziert werden.



Maximilian Krehan (l.), Schaltschrank-Experte, Siemens AG, Fürth, und **Andreas Ettinger**, Senior Key Expert System Planning, Siemens AG, Erlangen

WARNING	
Arc Flash and Shock Hazard Appropriate PPE Required	
Arc Flash Boundary	30 in
Incident Energy	2.7 cal/cm ²
Working Distance	18 in
PPE based on latest edition of NFPA 70E	
Limited Approach Boundary	42 in
Restricted Approach Boundary	12 in
Bus: D01+C1-Q1, Rated Voltage: 0.48 kV	

Bild 1. Beispiel für ein Arc-Flash-Warnlabel

Normen zum Schutz von Servicepersonal in den USA

In den USA hat das Thema »Gefahren durch Störlichtbögen« eine bedeutende Rolle. Der Schutz vor Störlichtbögen und die davon ausgehenden erforderlichen Maßnahmen (Warnungen, einzuhaltenen Abstände und Schutzausrüstungen) werden deshalb in den einschlägigen Normen, vor allem im National Electrical Code (NEC), NFPA 79 [1] und der NFPA 70E [2] beschrieben.

Den besten Schutz vor einem Arc-Flash bietet das Arbeiten an der Anlage im spannungsfreien Zustand. Zur Fehlersuche, Wartung oder zu Prüfzwecken müssen jedoch regelmäßig Arbeiten an spannungsführenden Teilen durchgeführt werden. Aus diesem Grund schreibt in den USA der NEC im Kapitel 110.16 [3] vor, dass zumindest vor den Gefahren eines Störlichtbogens gewarnt werden muss.

Der NEC verlangt einen Warnhinweis, um Personen, die unter Spannung arbeiten müssen, darauf hinzuweisen, dass durch einen Störlichtbogen Tod oder starke Verletzungen eintreten können, und dass geeignete Schutzkleidung getragen werden muss. Mit dieser all-

gemein gehaltenen Warnung ist ein sicheres Arbeiten unter Spannung jedoch noch nicht möglich, da die Details bezüglich der erforderlichen Schutzmaßnahmen noch nicht festgelegt wurden.

Kennzeichnung von Schaltschränken

Den Schutz eines jeden Mitarbeiters vor der Lichtbogenenergie muss gemäß US-Gesetzgebung der Arbeitgeber gewährleisten. Grundsätzlich erlaubt der NEC eine Kennzeichnung vor Ort (field marked) oder eine Kennzeichnung beim Hersteller (factory marked). Immer häufiger wird jedoch die Verantwortung für die Berechnung, Bewertung und Kennzeichnung an die Hersteller von Schaltschränken und Maschinen delegiert, sodass diese bereits bei Auslieferung ein entsprechendes Label tragen.

In Bild 1 ist ein Beispiel für ein typisches Warnlabel dargestellt. Es zeigt u. a. die Art der Gefährdung und die entsprechende Handlungsanweisung sowie einige wichtige Kennzeichen für die Risikoklassifizierung.

Die Angaben zur erforderlichen Schutzausrüstung sind in der Norm NFPA 70E geregelt. Da diese Vor-

schrift allerdings regelmäßig aktualisiert wird und Labels fortlaufend angepasst werden müssten, wird auf dem Warnlabel häufig nur auf die NFPA 70E verwiesen (PPE based on latest edition of NFPA 70E).

Neben der NFPA 70E ist in den USA der Standard IEEE 1584 [4] eine wichtige Norm. Diese enthält ein Verfahren zur Berechnung der Lichtbogenenergie, die für die Risikoklassifizierung von zentraler Bedeutung ist. Die Norm wurde 2018 komplett überarbeitet und die neue Methodik ist deutlich komplexer im Vergleich zur Vorgängerversion. Für die Berechnung ist nun spezielle Simulationssoftware erforderlich.

Die Lichtbogenenergie und die dafür jeweils erforderliche Schutzkleidung und notwendigen Sicherheitsabstände können erheblich variieren. Die relevanten Informationen für das Warnlabel werden daher im Rahmen einer Störlichtbogenuntersuchung ermittelt.

Arbeitsschritte einer Störlichtbogenuntersuchung

Bild 2 zeigt typische Bestandteile einer Störlichtbogenanalyse. Diese orientieren sich am Leitfaden, der im Standard IEEE 1584 beschrieben ist:

- Schritt 1: Sammlung aller System- und Installationsdaten,
- Schritt 2: Festlegung der Betriebszustände des Systems,
- Schritt 3: Bestimmung des satten Kurzschluss-Stroms,
- Schritt 4: Bestimmung der mechanischen Phasenabstände von Stromschienen und Leiterabständen und der Schaltschrankgröße bezogen auf Systemspannung,
- Schritt 5: Bestimmung der dominierenden Leiter-Konfiguration,
- Schritt 6: Auswahl der Arbeitsabstände,
- Schritt 7: Bestimmung des Störlichtbogen-Stroms,
- Schritt 8: Ermittlung der Dauer des Störlichtbogens,
- Schritt 9: Berechnung der der auftretenden max. Störlichtbogenenergiedichte [cal/cm^2]
- Schritt 10: Festlegung der Schutzgrenzen für Störlichtbögen für alle Betriebsmittel.

Die Sammlung der benötigten Informationen zur Durchführung der Studie stellt einen erheblichen Aufwand dar. Häufig sind viele dieser Daten Herstellern und Zulieferern von Schaltschränken und Steuerungsschränken sowie maschinellen Ausrüstungen nicht bekannt. Deshalb müssen sie vom Betreiber erfragt bzw. geeignete Annahmen getroffen werden.



Aktiver Störlichtbogenschutz

DEHNshort – sicher, individuell und leistungsstark

DEHNshort erkennt Störlichtbögen bereits im Entstehen und löscht diese innerhalb von Millisekunden.

Sicher:

- Personen- und Anlagenschutz nach DIN EN 61439-2, Bbl. 1
- Höchste Anlagenverfügbarkeit

Individuell:

- Individuelle, platzsparende und flexible Auslegung dank modularem Aufbau
- Integrationsberatung durch das Störlichtbogen-Expertenteam von DEHN

Leistungsstark:

- Frühzeitige Erkennung von Störlichtbögen und Löschung in Millisekunden
- Systemstatus in der Anlagenfront jederzeit sichtbar



DEHN protects.
Überspannungsschutz
Blitzschutz/Erdung
Arbeitsschutz

DEHN SE + Co KG
www.dehn.de

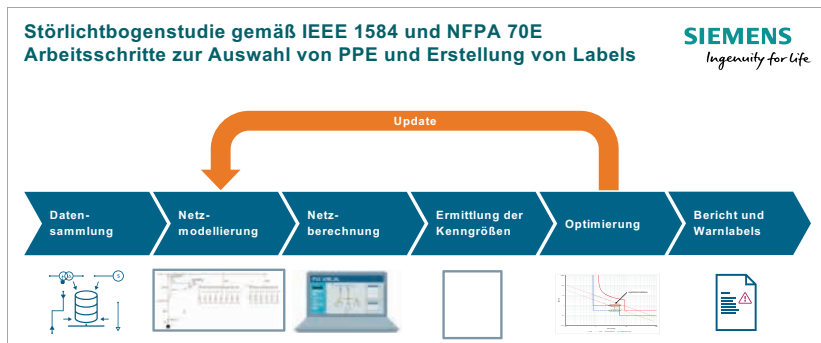


Bild 2. Prozessschritte einer Störlichtbogenbewertung

Anschließend wird ein digitales Modell des elektrischen Systems erstellt, das neben den elektrischen Anlagen- und Betriebsmitteldaten die Kurzschlussbedingungen und das Schutzkonzept enthält. Dann kann mit einer geeigneten Simulationssoftware – beispielweise PSS Sincal – die Arc-Flash-Berechnung gemäß IEEE 1584 durchgeführt werden. Diese Berechnung liefert alle wichtigen Kenngrößen für die Gefährdungsbeurteilung. Das sind besonders die Ereignisenergie, die für die Auswahl der Schutzkleidung benötigt wird, und die Arc Flash Boundary, die festlegt, ab welchem

Abstand Schutzausrüstung benötigt wird.

In vielen Fällen ist gewünscht, das Störlichtbogenrisiko durch Optimierungen an verschiedenen Stellen noch weiter zu reduzieren. Teilweise fordern Spezifikationen auch die Einhaltung einer Obergrenze für die Ereignisenergie, z. B. 8 cal/cm². Eine mögliche Maßnahme der Hersteller ist, in diesen Fällen das Schrankdesign anzupassen, etwa durch entsprechende Positionierung und Ausrichtung der Komponenten. Durch geeignete Schutzgeräte und deren Einstellwerte kann darüber hinaus die Fehlerdauer

verkürzt werden. So wird nicht nur das Störlichtbogenrisiko reduziert, sondern auch die Arbeitsbedingungen für das Betriebspersonal werden deutlich erleichtert, wenn beispielsweise Schutzkleidung mit einer niedrigeren Klasse ausreichend ist. Die Berechnungen werden dann mit den angepassten Werten wiederholt, bis die optimale Lösung gefunden ist. Abschließend wird ein ausführlicher Bericht erstellt und die Labels werden erzeugt.

Bewertung von Extremszenarien im Falle fehlender Daten

In einer Störlichtbogenberechnung für einen Maschinensteuerschrank (Bild 3) gemäß IEEE 1584-2018 und NFPA 70E-2018 wurden aufgrund fehlender Angaben seitens des Netzbetreibers zwei Extremszenarien bewertet: minimale und maximale Kurzschlussstrombedingungen. Für die Berechnungen wurde anhand des Layouts, des Stromlaufplans und des Schutzkonzepts ein Modell in PSS Sincal erstellt.

Für das Szenario 1 (minimale Kurzschlussstrombedingungen) wurde eine Kurzschlussleistung von 4,2 MVA mit einem maximalen



Bild 3. Maschinensteuerschrank

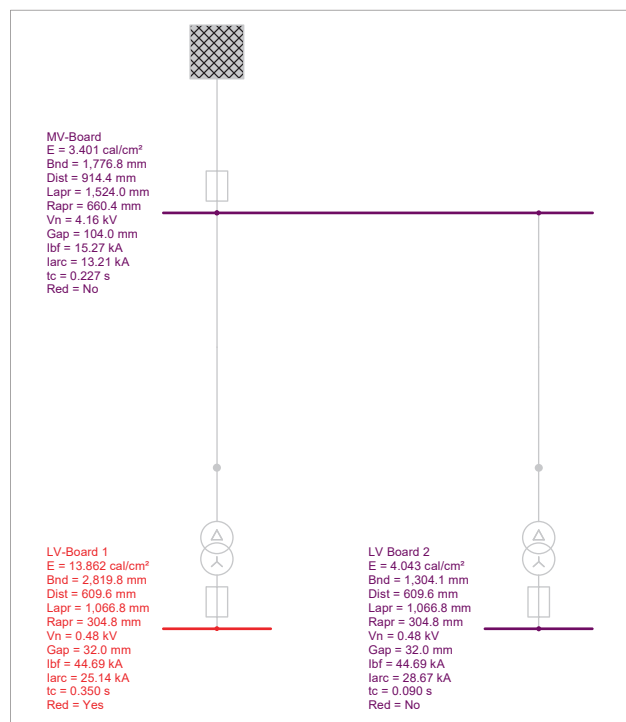


Bild 4. Beispiel für Berechnungsergebnisse für unterschiedliche Auslöseströme als Basis für die Optimierung

Kurzschlussstrom von 5 kA angenommen, sowie keine Beiträge von motorischen Lasten. Für diesen Fall lag die berechnete Störlichtbogenergie unter 1,2 cal/cm². Entsprechend der in NFPA 70E-2018 angegebenen Grenzwerte ist in diesem Fall keine persönliche Schutzausrüstung hinsichtlich Störlichtbogen erforderlich.

Bei den Berechnungen für Szenario 2 (maximale Kurzschlussstrombedingungen), wurden eine Kurzschlussleistung von 54,0 MVA mit einem maximalen Kurzschlussstrom von 65 kA sowie ein Motorenbeitrag von 52 kW berücksichtigt. Die Berechnungen ergaben, dass unter maximalen Kurzschlussstrombedingungen die PPE sowohl Schutz vor Stromschlägen als auch vor Störlichtbögen gewähren muss. Die entsprechende Schutzausrüstung muss gemäß der aktuellen Version der NFPA 70E gewählt werden. Das spezifische Warnlabel für Szenario 2 ist in *Bild 1* dargestellt.

Optimierungsmaßnahmen zur Risikoreduzierung

In einem weiteren Beispiel wurde ein Ausschnitt (Typical) aus einem 4,16-kV-Industriennetz mit Mittelspannungsverteilung (MV-Board), zwei Transformatorabgängen sowie zwei Niederspannungsverteilungen (LV-Boards) betrachtet. Anlagendesign und Arbeitsumgebung waren bereits festgelegt, die Parametrierung der UMZ-Schutzgeräte sollte jedoch noch optimiert werden. *Bild 4* zeigt die Berechnungsergebnisse für unterschiedlich gewählte Auslöseströme (Board 1: 27 kA, Board 2: 25 kA). Gemäß Berechnungsverfahren werden im ersten Schritt der Lichtbogenstrom, die Ereignisenergie und die Gefahrgrenze bestimmt. Anschließend werden in einem zweiten Schritt der Lichtbogenstrom reduziert und die weiteren Kenngrößen erneut bestimmt. Im Beispiel beträgt der Lichtbogenstrom rd. 28,6 kA bzw. 25,14 kA nach Anwendung des Reduktionsfaktors. Dies führt aufgrund der Auslösegrenzen zu einer Fehlerdauer von 350 ms (LV-Board 1) bzw. (90 ms LV-Board 2). Für LV-Board 1 ergeben sich dadurch eine höhere Ereignisenergie und Gefah-

rengrenze bei reduziertem Lichtbogenstrom.

Zusammenfassung

Um vor den Gefahren durch Störlichtbögen zu warnen und damit verbundenen Unfällen vorzubeugen, gilt für den amerikanischen Markt eine Kennzeichnungspflicht für Schaltschränke. Häufig werden diese Arc-Flash-Warnlabels bereits bei Auslieferung der Geräte gefordert. Mittels einer Störlichtbogenbewertung gemäß der für den U.S.-Markt geltenden Normen können die erforderlichen Kenngrößen ermittelt und entsprechende Warnlabels für die Geräte erstellt werden. Über eine Optimierung des Schrankaufbaus oder die Wahl der eingesetzten Komponenten kann darüber hinaus das Risiko durch Störlichtbögen reduziert werden, um eine niedrigere Risikoklasse zu erreichen

und die Arbeitsbedingungen für Servicepersonal zu verbessern.

Literatur

- [1] NFPA 79-2018: Electrical Standard for Industrial Machinery.
- [2] NFPA 70E-2018: Standard for Electrical Safety in the Workplace.
- [3] NEC (National Electrical Code) Article 110.16: Arc-Flash Hazard Warning.
- [4] IEEE Std 1584-2018: Guide for Performing Arc-Flash Hazard Calculations.

maximilian.krehan@siemens.com

andreas.ettinger@siemens.com

siemens.de/schaltschrank/arc-flash

siemens.de/pss-sincal

Anzeige

Die innovativen

Störmelde/IKT Systeme



Unsere WA16/40 Windows-Alarm-Annunciators haben eine Doppelfunktion:

Intelligente HMI Systeme & dezentrale Unterstationen für Fernwartung und Fernwirken.

Multifunktional

16/40-200 Eingänge 24-220V AC/DC
Alle Melde-Funktionen nach DIN 19235 und ISA 18.1
via USB + NFC parametrierbar
16/40-200 Relais-Ausgänge
Zeitfolgerichtige Speicherung von 1000 Ereignissen mit 1ms

Multikommunikativ

Integrierte Webpage mit IEC 61850 + IEC 60870-5-104
SMTP E-Mail Fernalarmierung
LON Bus GLT Einbindung
Brillante 5-Farben
LED Leuchtfeld-Anzeige



since 1971
the power to control

UNITRO-Fleischmann Störmeldesysteme
71522 Backnang | Tel.: +49 7191/141-0
info@unitro.de
www.unitro.de