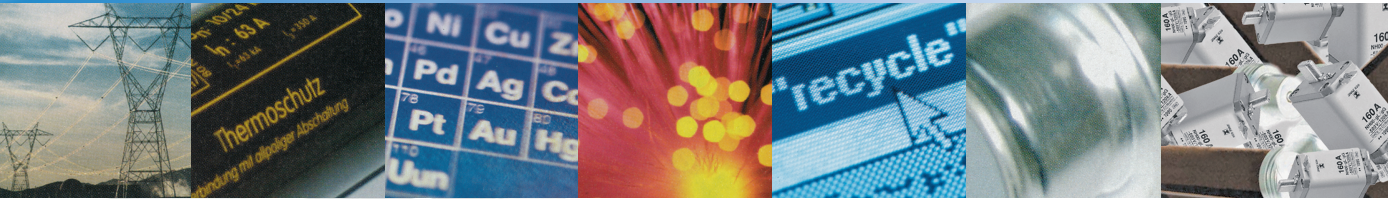


NH/HH-Recycling



PERSONEN- UND ANLAGENSCHUTZ BEI STÖRLICHTBOGENGEFAHR IN NIEDERSpannungs-GleichSTROMANLAGEN



Verfahren zur Auswahl von Schmelzsicherungen zum Personen- und Anlagenschutz bei Störlichtbogengefahr in Niederspannungs-Gleichstromanlagen

Holger Schau

Sebastian Glaser

Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik

Fachgebiet Elektrische Energieversorgung



Das Forschungsteam der TU Ilmenau bedankt sich für die Förderung und Unterstützung der Arbeiten durch den Verein zur Förderung des umweltgerechten Recycling von abgeschalteten NH/HH- Sicherungseinsätzen e.V.



Motivation

- Von Störlichtbögen gehen erhebliche Gefahren für Schädigungen von Personen und Anlagen aus, besonders bei Arbeiten an Anlagen.
- Es gibt eine Vielzahl und Vielfalt von DC-Anwendungen und DC-Anlagen mit hohem Gefährdungspotenzial, Tendenz steigend.
- Der wirksame Schutz vor Störlichtbögen ist eine wichtige und notwendige Aufgabe. Große Bedeutung hat die schnelle, sichere und selektive Ausschaltung. Strombegrenzende Schmelzsicherungen sind ein geeignetes Mittel.
- Für Personenschutz bei Arbeiten ist die Koordinierung der Auswahl von Versicherung und Persönliche Schutzausrüstungen gegen Störlichtbögen (PSAgS) von hoher praktischer Relevanz.



- Das Arbeiten mit persönlicher Schutzausrüstung PSAgS wird erleichtert, indem das konkret zu erwartende Gefährdungspotential zur Auswahl der erforderlichen Schutzausrüstung herangezogen wird.
- Der Einsatz strom- und energiebegrenzender Schmelzsicherungen beschränkt das Gefährdungspotential und ermöglicht somit eine Reduzierung der persönliche Schutzausrüstung PSAgS.
- Ein einfach zu handhabendes Tool hilft bei der Auswahl der PSAgS.



Projektgegenstand

- Das Projekt diene der Verifizierung eines allgemeinen Verfahrens zur koordinierten Auswahl von Schmelzsicherungen und PSAgS zum Arbeiten in Gleichstrom-Niederspannungssystemen.
- Anwender des Verfahrens sind u. a. Anlagenbetreiber, Sicherheitsbeauftragte, Planer, Sicherungshersteller.
- Mit dem erfolgreichen Abschluss des Projektes in 12/2020 steht den Anwendern nun ein erprobtes Verfahren zur Auswahl der PSAgS zur Verfügung.
- Das Verfahren wurde bereits in die DG 203-077 2. Ausgabe 09/2020 implementiert.
<https://publikationen.dguv.de/regelwerk/dguv-informationen/786/thermische-gefaehrung-durch-stoerlichtboegen?c=15>
- Verwender der PSAgS können sich über Erleichterungen beim Arbeiten freuen.



Erprobtes Verfahren zur praktischen Nutzung

Excel-Sheet als Anwendertool
verfügbar

https://www.dguv.de/fb-etem/sachgebiete/elektro_feinmechanik/themenfeld-el.-anlagen/stoerlichtbogenschutz/index.jsp

			DC	
Arbeitsart: USV-Anlage 200 kVA		Bearbeiter: M. Murtermann		
Arbeitsauftrag: Arbeiten an Wechselrichter		Datum: 11.10.2019		
Rechnung		Kenngröße	Resultat	
Netzparameter	Netzspannung	U_{HN}	400,0 V	
Anlagengeometrie	Leiterabstand	d	30 mm	
Kurzschlußstromberechnung	Dauerkurzschlussstrom	I_{kDC}	4,00 kA	
	Zeitkonstante τ	τ	0,002 s	
Strombegrenzung		k_p	0,678	
Lichtbogenstrom (Fehlerstrom)	$I_{kLB(1+1)} = \frac{U_{HN}}{\frac{(3d + 0,532 \cdot d)}{I_{kDC}} + \frac{\tau}{I_{kDC}}}$	I_{kLB}	2,71 kA	
Abschaltzeit der Überstromschutzeinrichtung (Einstellwert der Leistungsschalter / Abschaltzeit aus der Sicherungskennlinie)		t_k	1,000 s	
Kurzschlussleistung	$P_k = U_{HN} \cdot I_{kDC}$	P_k	1,6 MW	
Lichtbogenleistung	$P_{LB} = U_{LB} \cdot I_{kLB}$	P_{LB}	0,35 MW	
Bezugene LB-Leistung	$k_p = P_{LB} / P_k$	k_p	0,218	
Lichtbogenenergie (Erwartung)	$W_{LB} = P_{LB} \cdot t_k$	W_{LB}	349,59 kJ	
Arbeitsabstand		a	300 mm	
PSA Normprüfpegel		W_{LBP_APC2}	320,0 kJ	
		W_{LBP_APC1}	168,0 kJ	
Transmissionsfaktor		k_T	1,50	
Schutzpegel der PSAgS am Lichtbogenart	$W_{LBS} = k_T \times \left(\frac{a}{300 \text{ mm}}\right)^2 \times W_{LBP}$	W_{LBS_APC2}	480,0 kJ	
		W_{LBS_APC1}	252,0 kJ	
Vergleich		$W_{LB} < W_{LBS_APC2}$	JA	
		$W_{LB} < W_{LBS_APC1}$	NEIN	
Ergebnis Rechnung: Arbeiten mit PSAgS der Störlichtbogenschutzklasse APC 2 möglich				

Beispiel



Details zum Auswahlverfahren

Auf den folgenden Seiten finden Sie weitere Detailinformationen zum Projekt und zum Auswahlverfahren.

Folie 7. Projektschwerpunkte

Folie 8. Messergebnisse

Folie 9. Hauptbestandteile des Verfahrens

Folie 10. Auswahlverfahren – Flowcharts

Folie 11. Anwendung des Verfahrens

Folie 12. Überlegungen zu Dauerkurzschlussströmen größer 20 kA

Folie 13. Nutzung und Veröffentlichung der Ergebnisse

Folie 14. Link zur DGUV-I 203-077: 2020-09

Folie 15. Link zu den Excel-Tools der DGUV-I 203-077: 2020-09

Folie 16. Excel-Tools - Eingabemasken



Projektschwerpunkte

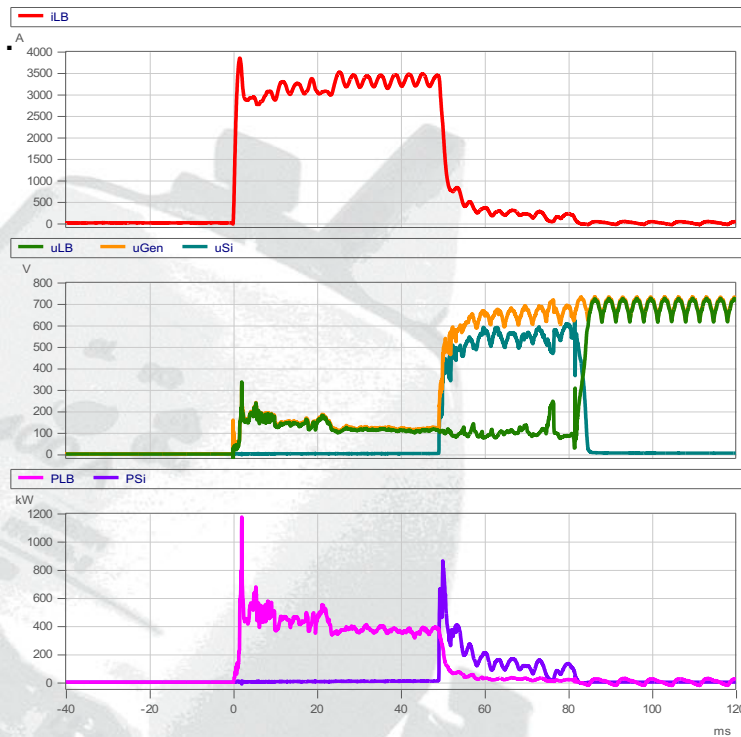
- Das Projekt beinhaltete theoretische und experimentelle Untersuchungen, vor allem umfangreiche Messungen in Hochstrom-Prüflaboren
- Die Überprüfung und Verifizierung des Verfahrens erfolgte für Spannungsbereich 100...1000 V, Kurzschlussstrombereich 1...20 kA, Bereich der Zeitkonstante 1...15 ms
- Bestätigung durch Messreihen im Prüflabor: Messungen von elektrischen und thermischen Prüfparametern in Prüfkreisen mit Stromrichter- und Generatorspeisung an Elektrodenanordnung (in Anlehnung an Boxtest nach EN 61482-1-2 sowie Modifikationen)
- Prüfungen ohne Störlichtbogen (metallischer Kurzschluss) und mit Störlichtbogen sowie mit und ohne Vorsicherung, Einbeziehung von NH-Sicherungen unterschiedlicher Betriebsklassen (gG, gR, gPV, „gBat“) und Hersteller
- Ableitung und Aufbereitung der Ergebnisse für die praktische Anwendung
- Festlegungen zur Kennlinienanwendung und zum Anwendungsbereich des Verfahrens anhand von Existenz- und Gefährdungsgrenzen der DC-Störlichtbögen



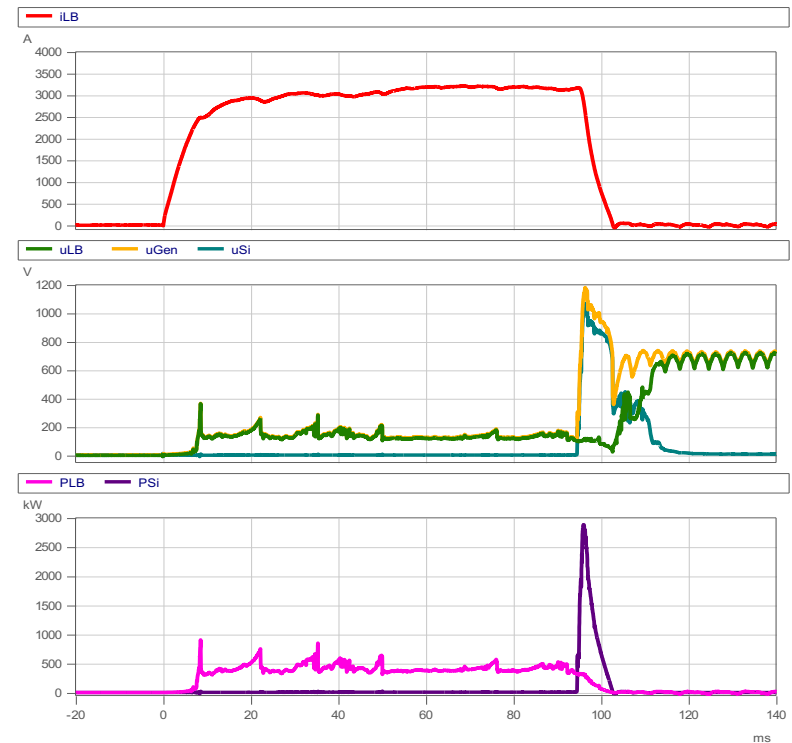
Messergebnisse

Aufgenommene Oszillogramme - Beispiele

Störlichtbogenversuch mit Vorsicherung NH gPV 350 A bei 700 V, 7 kA



Zeitkonstante 0,2 ms



Zeitkonstante 8,5 ms

Verlauf von Lichtbogenstrom (rot), Lichtbogenspannung (grün), Spannung über der Sicherung (blau), Klemmenspannung (gelb), Lichtbogenleistung (pink) und Schaltleistung der Sicherung (violett)



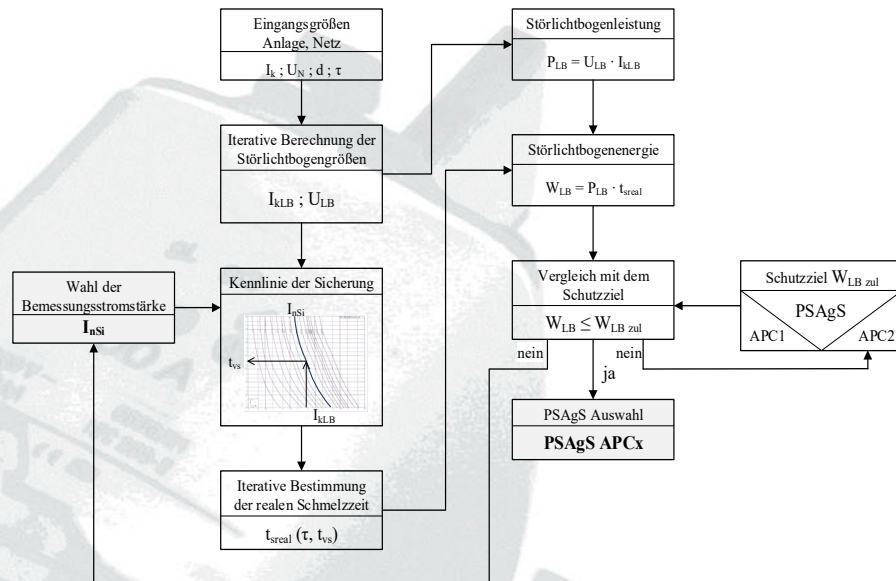
Hauptbestandteile des Verfahrens

- Modell (Abschätzungsmethode) zur Bestimmung der Störlichtbogenkennwerte aus Netz- und Anlagendaten: iteratives Verfahren zur Berechnung von Lichtbogenspannung, Lichtbogenstrom bzw. Stromdämpfungsfaktor und Lichtbogenleistung
- Algorithmus zur Bestimmung der realen Ausschaltzeit von NH-Sicherungen auf der Basis von konkreten Zeit-Strom-Kennlinien unter Berücksichtigung der Zeitkonstante (Iterationsalgorithmus), der Stromdämpfung und der Kennlinientoleranzen
- Abgleich des Erwartungswertes für den Gefährdungsparameter Lichtbogenenergie mit dem Schutzziel (energetischer Schutzpegel für PSAgS bzw. Anlagenschutz)

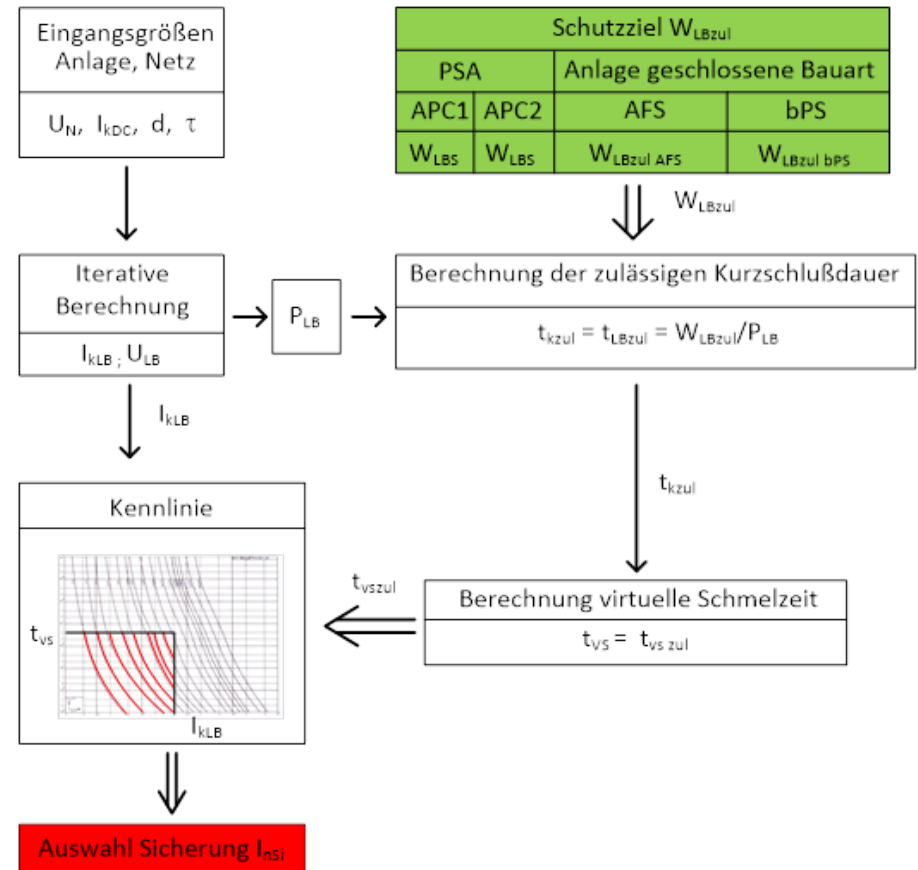


Auswahlverfahren - Flowcharts

Variante 1



Variante 2



Anwendung des Verfahrens

- Anwendung durch den Nutzer
 - Vorgabe der Netz- und Anlagenparameter sowie der Vorsicherung (Bemessungsstrom, Betriebsklasse) und Überprüfung der Einhaltung des Schutzpegel anhand der Störlichtbogenenergie
 - Vorgabe des Schutzziels/Schutzpegels und Auswahl der Sicherung anhand der zulässigen Ausschaltzeit
- Kennlinienanwendung:
 - Benutzung des gedämpften Kurzschlussstroms (Lichtbogenstrom)
 - Bestimmung der virtuellen Schmelzzeit für die obere Grenze des Kennlinien-Toleranzbandes (bei Mittelwert-Kennlinien mit +/-10% Stromtoleranz: $0,9 \cdot k_B \cdot I_{kDC}$)
- Anwendungsbereich des Verfahrens:
 - Spannungsbereich 100...1500 V
 - Kurzschlussstrombereich 1...20 kA
 - Störlichtbogenenergie > 50 kJ



Überlegungen zu Dauerkurzschlussströmen größer 20 kA

- Untersuchungen wurden gemäß Aufgabenstellung des Projekts für einen Bereich der Dauerkurzschlussströme bis 20 kA durchgeführt
- Festlegung in Aufgabenstellung resultierte unter anderem auch daraus, dass der Anwendungsbereich für Sicherungen NH gPV auf 20 kA begrenzt war
- Erweiterung der messtechnischen Untersuchungen und Modellgültigkeit auf Dauerkurzschlussströme über 20 kA ist prinzipiell möglich
- Störlichtbogenmodell zeigte zunehmende Abbildungsgüte bei höheren Strömen
- Messtechnische Untersuchungen mit Störlichtbogenzündung im Box-Prüfaufbau sind nur bedingt möglich, da die Störlichtbogenwirkungen Zerstörungen am Prüfequipment verursachen
- Elektrodenanordnung zur Störlichtbogenzündung müsste verändert werden; dann ist allerdings die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf die genormte Box-Test-Anordnung nicht mehr gegeben
- Kurzschlussvorgänge mit Entladestromcharakteristik erfordern weitere Untersuchungen

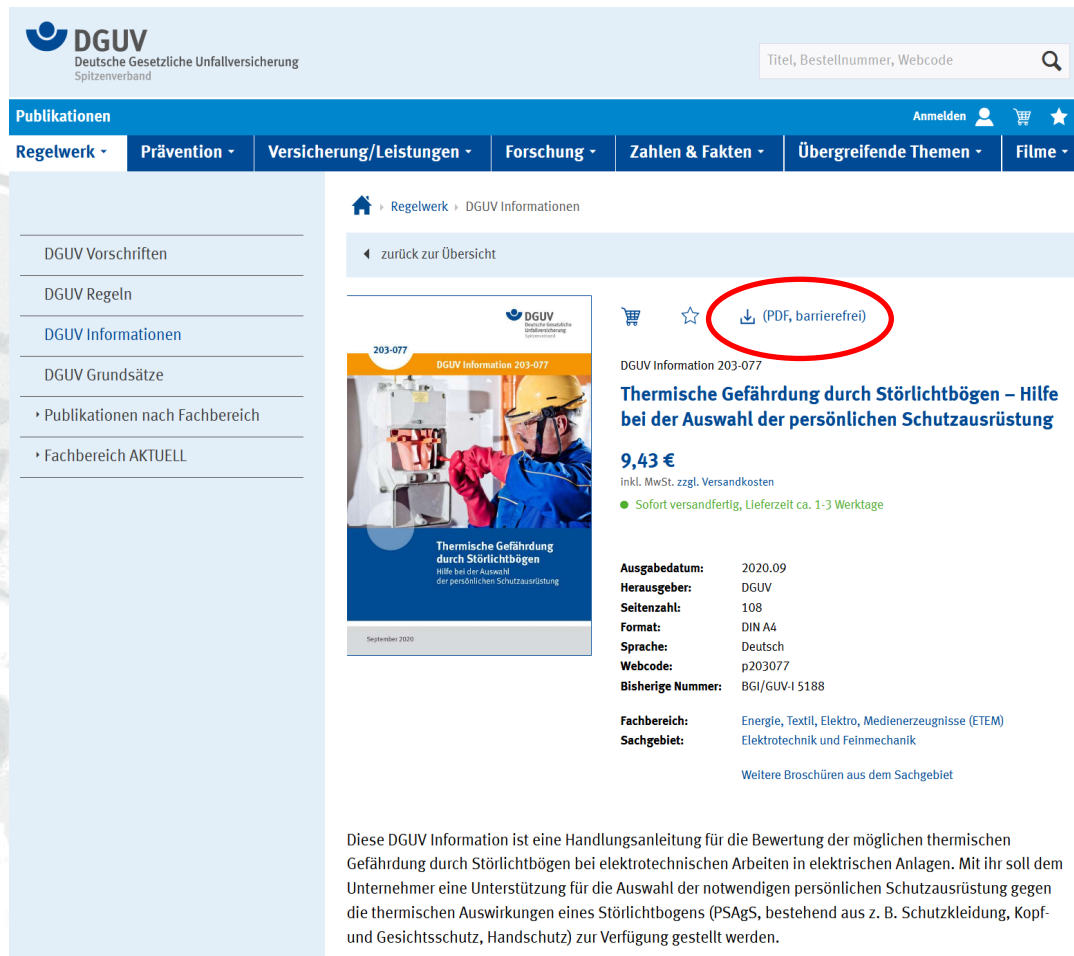


Nutzung und Veröffentlichung der Ergebnisse

- Ergänzung durch Algorithmus zur Ausschaltzeitbestimmung vorgesehen: Aufnahme in Web-basierte Anwenderinformationen der DGUV-I 203-077
- Nutzung durch Sicherungshersteller in Kundenberatung, auch Erstellung von Auswahldiagramme möglich
- Ergebnisse für Diskussion in Fachkreisen aufbereitet und zum Teil bereits veröffentlicht: Jahresberichte NH/HH-Recycling e.V., Fachtagung EW-Medien 02-2019 Erfurt, ICEFA 09-2019 Athen, Fachtagung EW-Medien 02-2020 Bremen, Vortragsveranstaltung BG ETEM Kassel 12-2020 (Fachvortrag und Posterbeitrag)
- Weitere Veröffentlichungen geplant: ICOLIM 2021 Turin, UPEC 2021
- Das Forschungsteam der TU Ilmenau bedankt sich für die Förderung und Unterstützung der Arbeiten durch den Verein zur Förderung des umweltgerechten Recycling von abgeschalteten NH/HH- Sicherungseinsätzen e.V.



<https://publikationen.dguv.de/regelwerk/dguv-informationen/786/thermische-gefaehrung-durch-stoerlichtboegen?c=15>



DGUV
Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
Spitzenverband

Titel, Bestellnummer, Webcode

Publikationen

Regelwerk ▾ Prävention ▾ Versicherung/Leistungen ▾ Forschung ▾ Zahlen & Fakten ▾ Übergreifende Themen ▾ Filme ▾

Regelwerk ▾ DGUV Informationen

zurück zur Übersicht

203-077
DGUV Information 203-077

Thermische Gefährdung durch Störlichtbögen – Hilfe bei der Auswahl der persönlichen Schutzausrüstung

9,43 €
inkl. MwSt. zzgl. Versandkosten
Sofort versandfertig, Lieferzeit ca. 1-3 Werktage

Ausgabedatum: 2020.09
Herausgeber: DGUV
Seitenzahl: 108
Format: DIN A4
Sprache: Deutsch
Webcode: p203077
Bisherige Nummer: BGI/GUV-I 5188

Fachbereich: Energie, Textil, Elektro, Medienerzeugnisse (ETEM)
Sachgebiet: Elektrotechnik und Feinmechanik

Weitere Broschüren aus dem Sachgebiet

Diese DGUV Information ist eine Handlungsanleitung für die Bewertung der möglichen thermischen Gefährdung durch Störlichtbögen bei elektrotechnischen Arbeiten in elektrischen Anlagen. Mit ihr soll dem Unternehmer eine Unterstützung für die Auswahl der notwendigen persönlichen Schutzausrüstung gegen die thermischen Auswirkungen eines Störlichtbogens (PSaG, bestehend aus z. B. Schutzkleidung, Kopf- und Gesichtsschutz, Handschutz) zur Verfügung gestellt werden.



Link zu den Excel-Tools der DGUV-I 203-077: 2020-09

https://www.dguv.de/fb-etem/sachgebiete/elektro_feinmechanik/themenfeld-el.-anlagen/stoerlichtbogenschutz/index.jsp

Excel-Tool AC
Excel-Tool DC



DGUV
Fachbereich Energie Textil Elektro
Medienerezeugnisse
Berufsgenossenschaft
Energie Textil Elektro Medienerezeugnisse

Suchbegriff/Webcode

Sachgebiete ▾ Prüfstellen ▾ Fragen und Antworten ▾ Vorschriften- und Regelwerk ▾ Fachbereich AKTUELL ▾ Wir über uns ▾

Start > Sachgebiete > Elektrotechnik und Feinmechanik > Themenfeld "Elektrische Anlagen und Betriebsmittel" > Störlichtbogenschutz

▸ Elektrotechnik und Feinmechanik

- Themenfeld "Elektrische Anlagen und Betriebsmittel"
- Störlichtbogenschutz
- Downloads
- FAQs
- Regelwerke
- Publikationen

▸ Energie und Wasser

▸ Textil und Mode

▸ Druck und Papierverarbeitung

▸ Telekommunikation

▸ Abwasser

▸ Ionisierende Strahlung

▸ Nichtionisierende Strahlung

Auswahl und Verwendung von PSAGs gegen die thermischen Auswirkungen von Störlichtbögen

Ansprechperson:

Störlichtbogenschutz

Dipl.-Ing. Marlis Mahlen
Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerezeugnisse (BG ETEM)
Gustav-Heinemann-Ufer 130
50968 Köln
Tel.: 0221 3778-6300
Fax: 0221 3778-196300
ES E-Mail

Personen, die an oder in der Nähe von unter Spannung stehenden elektrischen Geräten arbeiten, sind im Allgemeinen den Gefahren durch Lichtbögen ausgesetzt. Lichtbogenfehler sind seltene Ereignisse im Arbeitsumfeld dieser Personen, die nicht vollständig ausgeschlossen werden können und daher einen zuverlässigen Schutz erfordern. Sie treten nicht nur im Kurzschlussfall auf, sondern können auch im Zusammenhang mit der Trennung von spannungsführenden Teilen (z.B. Einsetzen/Entfernen von Sicherungen unter Last) auftreten.

Die DGUV Information 203-077 beschreibt ein Verfahren, mit dessen Hilfe eine geeignete PSAGs zum Schutz gegen die thermischen Auswirkungen eines Störlichtbogens ausgewählt werden kann. Diese DGUV Information finden Sie im Bereich "Regelwerke".

- Zur Unterstützung der Anwendung des Verfahrens der DGUV Information 203-077 können die beiden nachfolgenden Excel-Dateien (AC und DC) verwendet werden:

- **Arbeitshilfe zur Auswahl von PSAGs bei AC-Störlichtbögen (Excel-Datei) (XLSX, 214 kB)**
- **Arbeitshilfe zur Auswahl von PSAGs bei DC-Störlichtbögen (Excel-Datei) (XLSX, 158 kB)**

Anmerkungen auf häufig gestellte Fragen erhalten Sie im Bereich "FAQ" (in Arbeit).

Eine Sammlung beispielhafter Tätigkeiten an verschiedenen Arbeitsorten ist im Bereich "Downloads" zu finden (in Arbeit).

Zum Thema Störlichtbogenschutz gibt es eine große Zahl an Veröffentlichungen. Da der Platz in der DGUV Information 203-077 nur begrenzt zur Verfügung steht, werden in regelmäßigen Abständen Literaturquellen im Bereich "Publikationen" angegeben (in Arbeit).

f teilen | t teilen | in teilen | x teilen | i

Excel-Tools - Eingabemasken

AC

Arbeitsort:	NS-Verteilung	Bearbeiter:	M. Mustermann
Arbeitsauftrag:	An-/Abklemmen von Abgängen; Reinigungsarbeiten; Messen und Prüfen	Datum:	29.11.2019
Netzspannung:	400 V		
Max. Kurzschlußstrom:	24,50 kA		
Min. Kurzschlußstrom:	21,60 kA		
Leiterabstand:	60,0 mm		
Verhältnis R/X: (Abschnitt 4.2.2)	0,27	Begründung:	keine
Strombegrenzungsfaktor k_B : (Abschnitt 4.2.2)	0,50	Begründung:	keine
Schutzorgan:	Sicherungen gTr AC 400 V (...Hersteller...)		
Abschaltzeit der Überstromschutzeinrichtung t_k :	0,113 s	Hinweis: Einstellwert des Leistungsschalter / Abschaltzeit aus der Sicherungskennlinie	
Transmissionsfaktor k_T : (Abschnitt 4.2.3)	1,50	Begründung:	keine
Abstand der Person zum Lichtbogenentstehungsort a:	300 mm		
Ergebnis:	Freischalten oder weitere Maßnahmen ergreifen Risikobewertung durchführen		
Folgende Maßnahmen würden ein Arbeiten ermöglichen: Verringerung der Abschaltzeit des vorgelagerten Schutzorgans auf $< 0,041$ s für PSaGS der Störlichtbogenschutzklasse APC 1 oder auf $< 0,079$ s für PSaGS der Störlichtbogenschutzklasse APC 2. Vergrößerung des Arbeitsabstandes auf ≥ 497 mm für PSaGS der Störlichtbogenschutzklasse APC 1 oder auf ≥ 360 mm für PSaGS der Störlichtbogenschutzklasse APC 2.			

DC

Arbeitsort:	USV-Anlage 200 kVA	Bearbeiter:	M. Mustermann
Arbeitsauftrag:	Arbeiten an Wechselrichter	Datum:	11.10.2019
Netzspannung:	400 V		
Dauerkurzschlussstrom:	4,00 kA		
Leiterabstand:	30,0 mm		
Zeitkonstante $\tau = L/R$:	2 ms	Begründung:	keine
Schutzorgan:	ohne		
Ergebnis Lichtbogenstrom I_{kLB} : (Abschnitt 4.3)	2,71 kA		
Abschaltzeit der Überstromschutzeinrichtung t_k :	1,000 s	Hinweis: Einstellwert des Leistungsschalter / Abschaltzeit aus der Sicherungskennlinie mithilfe I_{kLB}	
Transmissionsfaktor k_T : (Abschnitt 4.2.3)	1,50	Begründung:	keine
Abstand der Person zum Lichtbogenentstehungsort a:	300 mm		
Ergebnis:	Arbeiten mit PSaGS der Störlichtbogenschutzklasse APC 2 möglich		



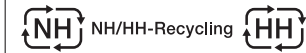
Unsere Kontaktdaten

NH-HH-Recyclingverein
Hofmannstraße 6
93491 Stamsried

info@nh-hh-recycling.de
www.nh-hh-recycling.de

Telefon 09466-910375
Telefax 09466-910372

Mitgliedsfirmen

 NH/HH-Recycling

DRIESCHER • WEGBERG

EFEN 

:hager

MERSEN

JEAN MÜLLER 
THE NAME FOR SAFETY

SIBA

SIEMENS

