



DEHN + SÖHNE

Modulares Störlichtbogenschutzsystem DEHNarc



Modulares Störlichtbogenschutzsystem DEHNarc

Siegfried Bombik, siegfried.bombik@technik.dehn.de
Dr.-Ing. Arndt Ehrhardt, arndt.ehrhardt@technik.de
Dr.-Ing. Michael Rock, michael.rock@technik.dehn.de
Gerhard Rotter, gerhard.rotter@dehn.de
alle DEHN + SÖHNE GmbH + Co. KG, Neumarkt/Opf.

Kurzfassung

Der Schutz von Personen gegenüber den Wirkungen von Störlichtbögen, die beim Arbeiten unter Spannung nicht völlig auszuschließen sind, kann neben der Persönlichen Schutzausrüstung durch aktive Schutzeinrichtungen erhöht werden. Als eine solche Schutzeinrichtung für den Einsatz in Niederspannungsanlagen wird das modulare und zugleich transportable Schutzsystem DEHNarc beschrieben, das mit einer optischen Lichtbogendetektion und einem Kurzschließer zur schnellen Lichtbogenlöschung arbeitet. Die Detektion mit Lichtsensoren sowie die Anforderungen und die Tests in Bezug auf die Auslöse- und Fehlauflösesicherheit werden beschrieben. Die Ausführung des Kurzschließers mit zwei Kurzschließer-Patronen und einem Trennmesser gewährleistet die sichere Herstellung eines definierten 3-poligen Kurzschlusses in allen Netzformen. Im Beitrag werden der Einsatz und die Installation des Schutzsystems in NS-Schaltanlagen, vorwiegend mit höherer Leistung, erläutert. Die Reduzierung der thermischen Einwirkung beim Einsatz des Störlichtbogenschutzsystems weit unter die Grenzwerte für das Auftreten von Hautverbrennungen 2. Grades, welche durch die deutliche Verringerung der Störlichtbogendauer erreicht wird, konnte nachgewiesen werden.

Abstract

The protection of persons against the effects of electric arc faults, which can not completely excluded at live working, can be increased by active protection devices in addition to Personal Protective Equipment. As such a protective device for use in low voltage equipment the modular and portable protective system DEHNarc is depicted. It uses optical arc detection and a short-circuiter for fast arc extinction. The detection with light sensors as well as the requirements and tests on tripping safety and safety against faulty tripping are described. The implementation of the short-circuiter with two shorting cartridges and one disconnecter blade ensures the making of a defined three-phase short circuit in all network types. In this paper, the use and installation of the protective system in LV switchgear, mainly with higher power, is explained. The reduction of thermal hazards well below the limits for occurrence of second-degree burn when using the arc fault protective system, which is achieved by significantly lowering the arc fault duration, could be demonstrated.

1 Einleitung

Beim Arbeiten unter Spannung (AuS) in Schaltanlagen besteht ein kleines aber unvermeidbares Restrisiko für das Auftreten eines Störlichtbogens /1/. Mit Störlichtbögen ist oft eine beträchtliche Schädigung von Personen und Anlagen verbunden.

Die Persönliche Schutzausrüstung (PSA), die beim AuS unerlässlich ist, kann den Störlichtbogen nicht aktiv beeinflussen. Durch die Begrenzung der Lichtbogenenergie, welche vor allem durch eine Reduzierung der Lichtbogendauer erreicht werden kann /2/, ist es möglich, den Schutz von Personen beim AuS beim Auftreten eines Störlichtbogens deutlich zu verbessern. Eine Verringe-

rung der Störlichtbogendauer ist beispielsweise durch den bewährten Einsatz von Arbeitsschutz-Sicherungen möglich /3/.

Eine weitere Methode, um eine geringe Störlichtbogendauer zu erreichen, ist der Einsatz eines Kurzschließers. Ein Störlichtbogenschutzsystem mit Kurzschließer dient als zusätzlicher Schutz, denn es verringert drastisch die Störlichtbogenwirkungen, vor allem die thermischen und toxischen Wirkungen. Auch bei hohen prospektiven Kurzschlussströmen wird mit einem solchen Schutzsystem eine vergleichbar gute Schutzwirkung bei Störlichtbögen erzielt. Als technische Lösung wird das Schutzsystem DEHNarc, eine im Wesentlichen transportable Schutzeinrichtung für den Personenschutz beim AuS, vorgestellt.

2 Wirkungsprinzip des Störlichtbogenschutzes mittels Kurzschließer

Zur Begrenzung der Einwirkdauer eines Störlichtbogens ist die schnelle Herstellung eines Kurzschlusses besonders effizient. Diese Aufgabe übernimmt der Kurzschließer als zentrales Element im Schutzsystem. Das Prinzip beruht hierbei auf der schnellen Kommutierung des Lichtbogenstromes in den Kurzschließer, was zur schnellen Löschung des Störlichtbogens bereits vor dem Auslösen der Überstromschutzeinrichtungen des Netzes und weitestgehend unabhängig von der Höhe des Fehlerstromes führt. Das Wirkprinzip ist bei abgestimmter Leistungsfähigkeit unabhängig von der Art und vom Einbauort der Überstromschutzeinrichtung des Netzes.

Der Störlichtbogen besitzt je nach Ausführung der Anlage, der Art des Fehlers und des Fehlerortes eine undefinierte Impedanz, welche sich zudem noch stochastisch während der Störlichtbogen-dauer verändern kann. Diese undefinierten Impedanzverhältnisse führen zu einem kaum vorhersehbaren Fehlerstrom. Gewöhnlich weicht deshalb der Störlichtbogenstrom erheblich vom prospektiven Kurzschlussstrom ab. In erster Näherung kann mit einer Strombegrenzung von 50 % gerechnet werden [4].

Die real auftretende Störlichtbogenwirkung kann daher von Fehlerfall zu Fehlerfall deutlich verschieden sein. Der mit dem Kurzschließer hergestellte metallene Kurzschluss stellt dagegen einen definierten niederohmigen Zustand dar. Es fließt nahezu der prospektive Kurzschlussstrom, der für den Netzknotenpunkt bekannt ist. Die Überstromschutzeinrichtungen des Netzes, welche für diese definierten Kurzschlussstrombedingungen ausgelegt sind, schalten den Kurzschlussstrom ab. Beim Einsatz von Sicherungen erfolgt die Abschaltung dabei in wenigen Millisekunden.

Um eine effektive Ergänzung der PSA mit dem Ziel einer deutlichen Verbesserung des Personenschutzes bei AuS zu erreichen, werden an ein Schutzsystem auf der Basis eines Kurzschließers zahlreiche Anforderungen gestellt:

- Das Arbeiten unter Spannung erfordert einen weitestgehend mobilen Einsatz des Schutzsystems.
- Die Installation des Schutzsystems muss einfach sein und sollte zu keinen zusätzlichen Gefährdungen führen.
- Das System sollte das eigentliche AuS nicht behindern.
- Das System muss eine hohe Auslösesicherheit im Störlichtbogenfall und eine hohe Stör-

sicherheit gegen Fehlauslösungen innerhalb des Einsatzortes unter üblichen Einsatzbedingungen haben.

- Die Leistungsfähigkeit und die Funktionssicherheit des Systems müssen mit den Einsatzbedingungen in einem weiten Bereich abgestimmt sein.

3 Störlichtbogenschutzsystem DEHNarc

3.1 Komponenten und Installation

Das Schutzsystem DEHNarc ist aus mehreren Komponenten aufgebaut. In der Prinzipdarstellung **Bild 1** wird die Zusammenschaltung und die prinzipielle Funktionsweise ersichtlich.

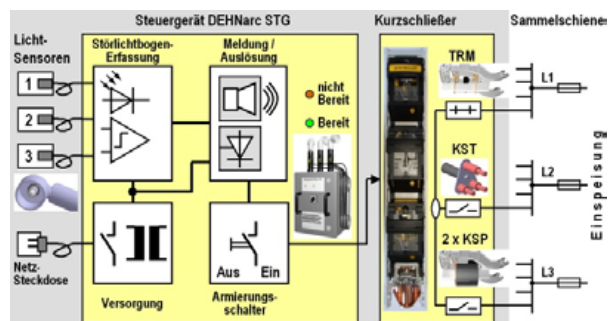


Bild 1 Prinzipdarstellung des Störlichtbogenschutzsystems DEHNarc

Das System besteht aus den Grundkomponenten Steuergerät STG und Kurzschließer. Das Steuergerät umfasst die Funktionsgruppen zur Störlichtbogenerfassung, zur Funktionsanzeige, zur Signalisierung, zur Ansteuerung des Kurzschließers und zur Spannungsversorgung. Dem Steuergerät können 3 optische Sensoren zur Störlichtbogenerfassung entnommen werden, welche für die Montage an Sensorhaltern in der Anlage vorgesehen sind. Diese Halter gewährleisten eine definierte Position und Ausrichtung der Sensoren bei der Montage des Schutzsystems.

Der Kurzschließer, bestehend aus zwei Kurzschließerpatronen KSP, einem Trennmesser TRM und einem Knotenstück KST, befindet sich in einer Sicherungslastschaltleiste, die unmittelbar an die Sammelschiene der Schaltanlage montiert ist. Die Verbindung zwischen dem Steuergerät STG und den aktiven Elementen des Kurzschließers erfolgt mittels Steuerleitungen.

Das System wurde für eine teiltransportable Installation konzipiert. Die Installation der Sicherungslastschaltleiste und der Sensorhalterungen erfolgt

einmalig in der NS-Anlage. Die Sicherungslastschaltleiste kann bei Bedarf als Reserveleiste genutzt werden.

Zur Inbetriebnahme des Systems bei erforderlichen AuS wird das Steuergerät STG in die Anlage eingehängt. Die Sensoren werden dem Steuergerät entnommen und in die Sensorhalter eingesteckt. Von der Auswerteeinheit im Steuergerät führen LWL-Verbindungen zu den Lichtsensoren, die in der Schaltanlage durch die Sensorhalter definiert angeordnet werden. Die Betriebsbereitschaft des Steuergerätes STG und der Zustand der Kurzschließerpatronen KSP werden überprüft. Die Sicherungslastschaltleiste wird mit dem Knotenstück KST, dem Trennmesser TRM und den Kurzschließerpatronen KSP ergänzt. Die Sicherungslastschaltleiste wird verriegelt. Das Steuergerät STG wird dann mit dem Kurzschließer über Steuerleitungen verbunden. Das Gesamtgerät wird in Betrieb genommen. Alle hierzu notwendigen Tätigkeiten können als Arbeiten in der Nähe von Spannung führenden Teilen betrachtet werden.

3.2 Störlichtbogenerfassung

Das Störlichtbogenschutzsystem arbeitet mit einer rein optischen Störlichtbogenerfassung, deren größte spektrale Empfindlichkeit im sichtbaren Bereich liegt. Auf eine weitere Bewertungsgröße zur Detektion eines Störlichtbogens wurde aufgrund der teiltransportablen Installation an unter Spannung stehenden Anlagen bewusst verzichtet. Die Auswerteeinheit im Steuergerät bewertet das auf die Sensoren einfallende Licht und erkennt einen Lichtbogen, wenn ein Schwellwert der Beleuchtungsstärke eine feste Zeitdauer überschritten hat oder eine Beleuchtungsstärkeänderung mit bestimmter Steilheit auftritt.

Die optische Erfassung stellt recht hohe Anforderungen an die Sensoren und an die Auswertung der optischen Strahlung in Bezug auf die Auslösesicherheit und die Sicherheit gegen Fehlauflösungen. Die Bewertung dieser wichtigen Größen wurde unter Beachtung der Einsatzbedingungen des Systems bei zahlreichen Versuchen in einem realen NS-Schaltfeld durchgeführt. Hierbei wurden unter anderem berücksichtigt:

- Lichtbögen geringster Lichtintensität (Kupferelektroden, 1 kA, Abstand 10 mm)
- Lichtbögen hoher Lichtintensität (Aluminiumelektroden, 25 kA, Abstand 100 mm)
- Fremdlicht (Zusatzbeleuchtung, indirektes Sonnenlicht, Lichtreflexionen, Schaltlichtbögen)
- Verdeckungen von Sensoren durch Überstände bzw. den arbeitenden Monteur.

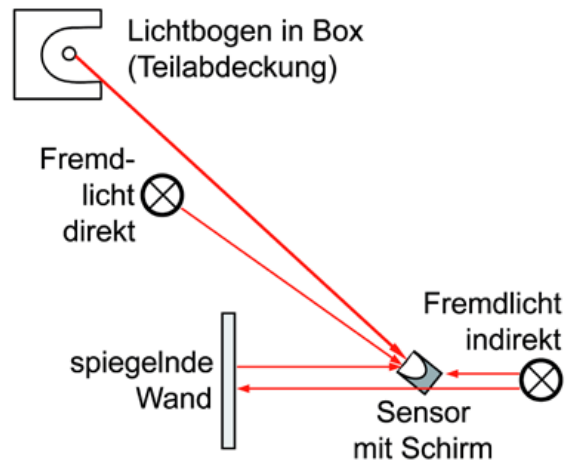


Bild 2 Untersuchung der Auslöse- und Fehlauflösesicherheit bei Fremdlicht

Das **Bild 2** zeigt eine prinzipielle Anordnung zur Überprüfung der Auslösesicherheit bei Fremdlichtquellen. In einer Box wurde ein Lichtbogen geringer Intensität gezündet. Die Sensorausrichtung und die Ausführung der Box führten hierbei zu einer teilweisen Abdeckung des Lichtbogens. Die Entfernung des Sensors war praxisnah gewählt. Der Sensor wurde je nach Zusatzbeleuchtung direktem, indirektem oder reflektiertem Fremdlicht ausgesetzt. Das Strahlungsspektrum, die Lichtintensität, der Lichtwechsel und die Reflexionsstärke konnten bei dieser Anordnung recht leicht variiert werden. Zusätzlich wurde die Lichtbogenintensität und die Abdeckung variiert. Die Untersuchungen wurden gezielt für den Einsatz in Innenraumanlagen durchgeführt. Intensive Fremdlichtquellen, wie Fotoblitzzlichtgeräte, Bauscheinwerfer, Leuchtstoff-, Xenon- und Halogenlampen, die bei den Versuchen auch zu- und abgeschaltet wurden, führten nicht zu einer Auslösung der Erfassung. Um diese hohe Auslöse- und Störsicherheit noch zu verbessern, wurden die Sensoren mit Schirmen und Reflektoren ausgerüstet. Bei den umfangreichen experimentellen Untersuchungen konnten eine hohe Auslösesicherheit und eine hohe Sicherheit gegen Fehlauflösungen nachgewiesen werden /5/.

Neben diesen grundsätzlichen Untersuchungen wurden zusätzliche Tests an einem realen Schaltfeld durchgeführt. Ziel dieser Untersuchungen war die Übertragung und Überprüfung der Ergebnisse auf eine praxisnahe Anordnung unter Beachtung der Besonderheiten beim AuS. So kann es beim AuS zur Verdeckung oder zur Abschattung der auf das Schaltfeld ausgerichteten Lichtsensoren durch Anlagenteile oder eine arbeitende Person kommen. In einem realen Schaltfeld wurden umfangreiche Versuche mit stromschwachen Lichtbögen (ca. 1 kA) durchgeführt, um die minimal erforderliche Anzahl sowie die optimale Positionierung und Ausrichtung der Sensoren zu ermitteln. Dazu wur-

den Lichtbögen an bestimmten Stellen gezündet und ein Dummy stehend oder hockend an verschiedenen Positionen vor dem Schaltfeld platziert. Ziel war die Optimierung der Sensoranzahl und der Ausrichtung zur Gewährleistung der Erfassungssicherheit. Im Ergebnis sind drei optimal positionierte Lichtsensoren zur sicheren Erfassung von Störlichtbögen im Bereich des Schaltfeldes notwendig, deren Anordnung in **Bild 3a** und **3b** zu sehen ist.

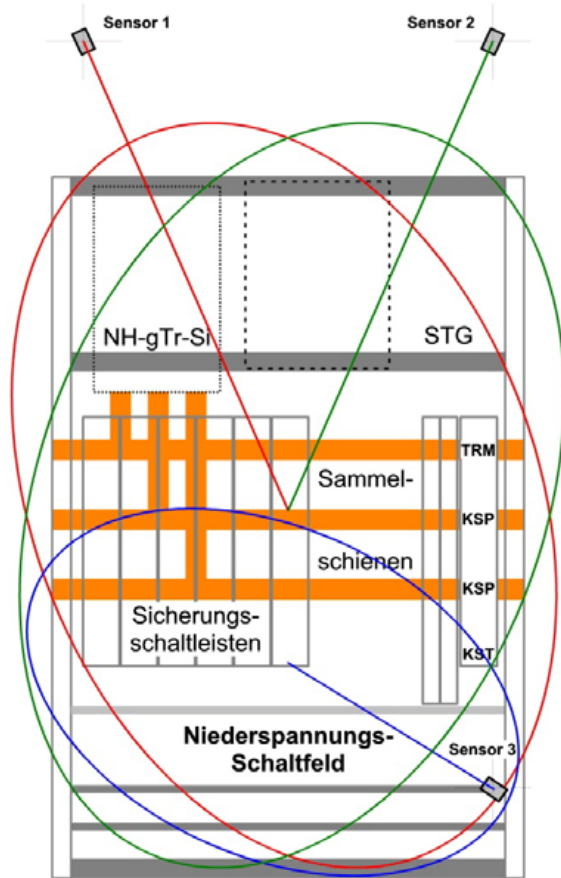


Bild 3a Schaltfeld mit Erfassungsbereichen der Sensoren

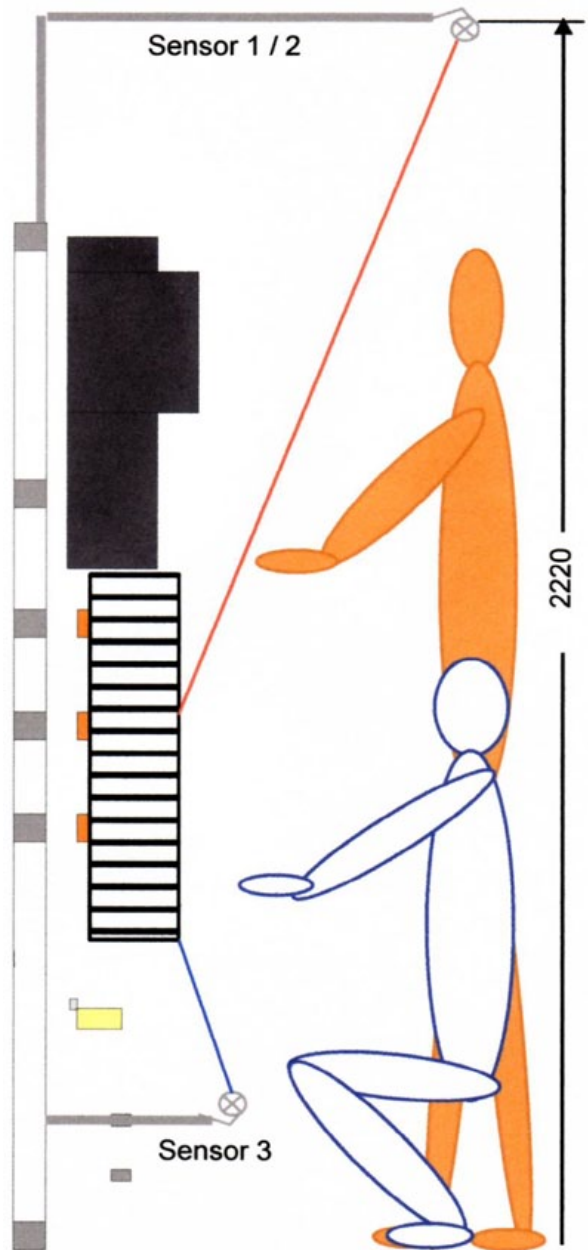


Bild 3b Schaltfeld mit Sensoren sowie hockendem und stehendem Dummy

Um in der Praxis eine gute Erfassungssicherheit während der Arbeiten zu gewährleisten, ist es notwendig, dass die Ausrichtung der Sensoren verdreh- und vertauschsicher realisiert wird. Das wird durch die Eindeutigkeit der Sensorhalter und der Sensoren realisiert.

Die Lichtsensoren sind über Lichtwellenleiter LWL fest mit dem Steuergerät STG verbunden. Im Steuergerät ist ein Auswertesystem integriert, über das eine Ansteuerung des Kurzschließers bei detektiertem Störlichtbogen erfolgt.

Das Störlichtbogenerfassungssystem besitzt eine Erfassungszeit, welche von der Intensität des Störlichtbogens abhängig ist. Bei Lichtbögen in NS-Anlagen mit kleinen Stromstärken im Bereich der Existenzgrenze von ca. 1 kA beträgt die Erfassungszeit typischerweise ca. 20 ms. Die Erfassungszeit sinkt mit zunehmender Stromstärke auf einen minimalen Wert von ca. 3,5 ms. Dieser Wert wird ab Stromstärken von ca. 7 kA erreicht.

3.3 Kurzschließer

Beim DEHNarc wird die nahezu unverzögerte Ausbildung eines Parallelpfades zum Störlichtbogen durch die Kombination von antiparallelen Thyristoren mit mechanischen Kurzschließerpatronen KSP nach der Ansteuerung durch die Auswerteeinheit des Steuergerätes STG realisiert. Der Kurzschließer besitzt dadurch eine sehr kleine Eigenzeit und kommt ohne wesentliche Hilfsenergie aus.

Die eingesetzten Kurzschließerpatronen (**Bild 4**) sind Einwegelemente, die nach einem Kurzschlussfall einfach ausgetauscht werden können /1/, /2/, /6/.

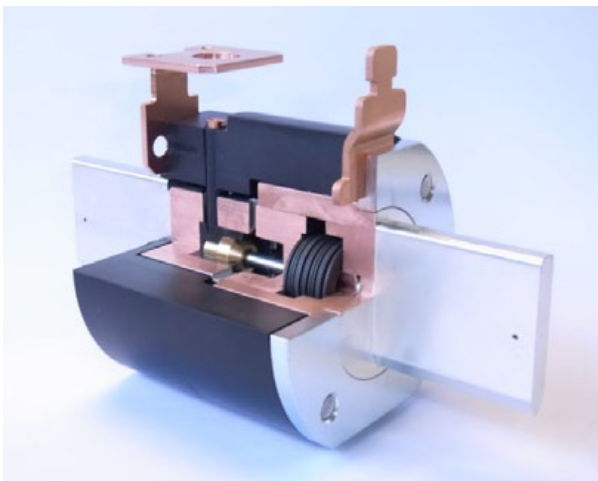


Bild 4 Schnitt durch eine Kurzschließerpatrone der Baugröße NH 3

Zur Herstellung eines 3-poligen Kurzschlusses werden in eine NH-Sicherungslastschaltleiste zwei Kurzschließerpatronen KSP und ein Trennmesser TRM eingesetzt. Damit wird die Stromkommutierung und das sichere Löschen von Störlichtbögen in allen Netzformen (TN, TT, IT) gewährleistet /1/. Die Sicherungslastschaltleiste besitzt eine integrierte oder eine zusätzliche Verriegelung, wodurch der sichere Betrieb bei den hohen Kurzschlussstromkräften möglich ist. Die Sicherungslastschaltleiste mit Verriegelung ist bis zu einem prospektiven Kurzschlussstrom von 25 kA mit einem Stoßfaktor von 2,1 geprüft. Das Knotenstück, welches die Abgänge der Sicherungslastschaltleiste verbindet, beherrscht ebenfalls Kurzschlussströme dieser Höhe und Dauerströme entsprechend des Bemessungsbetriebsstromes der Sicherungslastschaltleiste.

Die Kurzschließerpatronen KSP und das modifizierte Trennmesser TRM sind so gestaltet, dass bei geöffneter Sicherungslastschaltleiste die gleichen Trennstrecken realisiert werden, wie bei der eigentlichen Verwendung der Schaltleiste mit Si-

cherungseinsätzen bzw. Trennmessern. Die Kurzschließerpatronen KSP besitzen im nicht aktivierten Zustand eine Isolationsstrecke mit einer Bemessungsstoßspannungsfestigkeit von 6 kV und einer Wechselspannungsfestigkeit (50 Hz) von $2 \text{ kV}_{\text{eff}}$. Der Zustand der Kurzschließerpatronen wird vor dem Einsetzen in die Sicherungslastschaltleiste geprüft. Nach der Ergänzung der Schaltleiste mit dem Knotenstück KST, den Kurzschließerpatronen KSP, dem Trennmesser TRM und dem Schließen der Sicherungslastschaltleiste wird diese verriegelt. Erst nach der Verriegelung werden die zwangsgeführten Steckbuchsen zur Verbindung des Kurzschließers mit dem Steuergerät STG mittels Steuerleitungen freigegeben. Die Steuerleitungen und Verbindungen genügen der Messkategorie CAT IV (600 V) /7/.

4 Schutzwirkung des Störlichtbogenschutzsystems DEHNarc

Die hohe Schutzwirkung des Störlichtbogenschutzsystems wird durch kurze Lichtbogenzeiten erreicht, die

- bei großen Kurzschlussströmen bis $25 \text{ kA}_{\text{eff}}$ typisch 5 ms
- bei mittleren Kurzschlussströmen um $8 \text{ kA}_{\text{eff}}$ typisch 8 ms und
- bei kleinen Kurzschlussströmen von $1 \text{ kA}_{\text{eff}}$ typisch 20 ms

betragen.

In einem Schaltfeld mit installiertem Schutzsystem wurden mehrfach Störlichtbögen an verschiedenen Stellen gezündet. Die Löschung des Lichtbogens erfolgte jeweils innerhalb weniger Millisekunden. Der Lichtbogenabbrand und die Verunreinigungen waren jeweils vernachlässigbar.

Um die Schutzwirkung, insbesondere die thermische Schutzwirkung bezüglich der Personengefährdung beurteilen zu können, wurde bei gleichen Parametern ein sogenannter Box-Test mit und ohne Störlichtbogenschutzsystem durchgeführt. Der eingestellte prospektive Kurzschlussstrom von 7,7 kA entspricht in etwa der Klasse 2 für die Prüfung von Materialien und Schutzkleidung nach /8/ ($I_{\text{arc,class}} = 7 \text{ kA}$, $E_{10} = 423 \text{ kJ/m}^2$). Bei beiden Tests wurden die Mess-Kalorimeter der direkten Wirkung des Störlichtbogens ausgesetzt. Unter realen Einsatzbedingungen reduziert sich die ermittelte Temperaturerhöhung zudem durch die vorgeschriebene PSA des Monteurs.

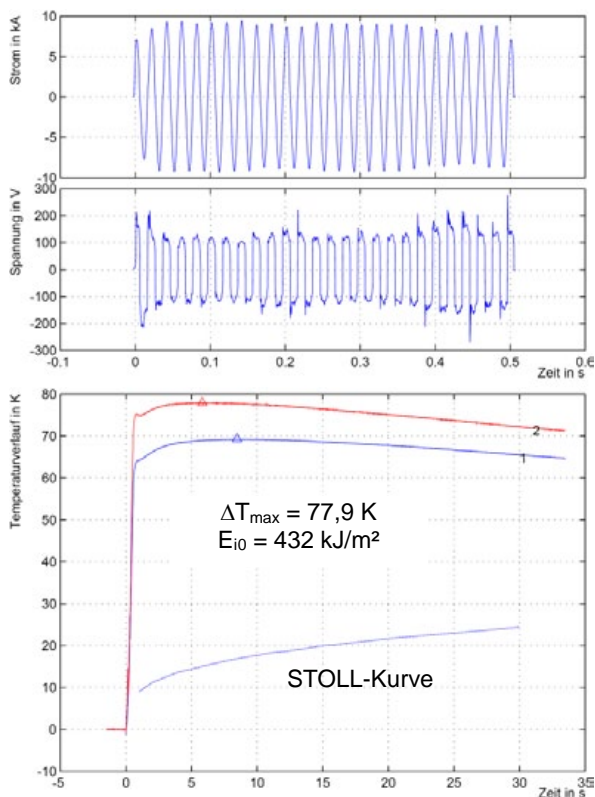


Bild 5a Box-Test ohne DEHNarc: Lichtbogenstrom 6,2 kA über 500 ms

Mit Hilfe dieser Box-Tests konnte nachgewiesen werden (**Bild 5a und 5b**), dass beim Einsatz des Störlichtbogenschutzsystems die thermische Wirkung bzw. die Temperaturerhöhung und die Einwirkenergie in einem Abstand von 300 mm zum Lichtbogen weit unter den Grenzwerten für das Auftreten von Hautverbrennungen 2. Grades liegen (STOLL-Kurve). Zudem werden die Strahlungs- und Schallwirkungen in ihrer Einwirkdauer begrenzt. Eine mechanische Druckwirkung wird in ihrer Einwirkdauer und absoluten Höhe reduziert.

5 Zusammenfassung

Das Störlichtbogenschutzsystem DEHNarc, bestehend aus optischer Erfassung, Steuergerät, Kurzschließeinheit und Kabelverbindungen, ist vorrangig für den Einsatz in NS-Hauptschaltanlagen höherer Leistung konzipiert. Beim Anschluss unmittelbar nach dem Einspeisetransformator (**Bild 6**) mit Leistungen bis 630 kVA und bei einer Absicherung mit Transformatorsicherungen (gTr) beherrscht DEHNarc prospektive Kurzschlussströme bis 25 kA.

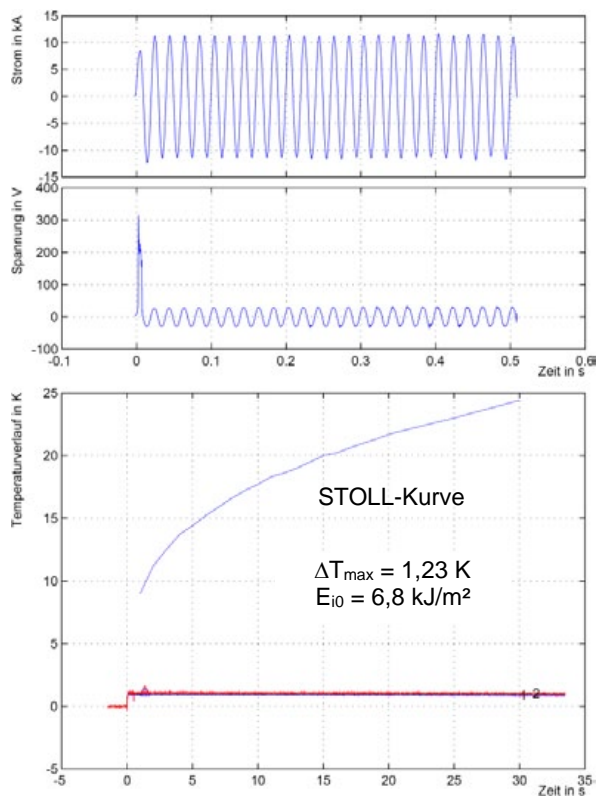


Bild 5b Box-Test mit DEHNarc: Kurzschlussstrom 7,7 kA über ca. 500 ms
Anmerkung: Beide Messungen jeweils ohne PSA oder Stoffproben

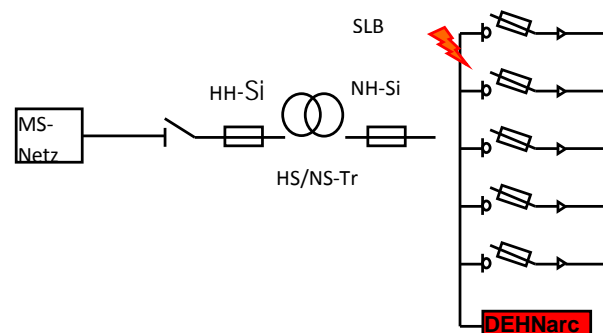


Bild 6 Einpoliges Schaltbild mit Einbauort eines DEHNarc

Für das Schutzsystem ist es notwendig, den Einsatz stationärer, fest eingebauter Komponenten zu planen bzw. diese Komponenten am Schaltfeld nachzurüsten. Eine Lastschaltleiste, die eine nach /9/ geprüfte Kurzschlussfestigkeit von 25 kA besitzt, muss vorhanden sein oder frei gemacht werden. Der Platz für das Steuergerät muss verfügbar und Montagepunkte für die Halterungen der Lichtsensoren müssen geschaffen werden.

Der Großteil der Komponenten ist transportabel und wird unmittelbar vor der Inbetriebnahme überprüft und montiert. Funktionstests der Lichtsensoren, des Steuergerätes und der Kurzschließerpatronen können mit Hilfe des Testgerätes DEHNarc TG durchgeführt werden. Bei der Montage im Schaltfeld werden das Steuergerät im Gerüst des Schaltfeldes eingehängt, die Lichtsensoren unverwechselbar auf Halterungen gesteckt, die Kurzschließerpatronen und das Trennmesser in die vorbereitete Sicherungslastschaltleiste eingesetzt und mit Steuerleitungen eine Verbindung zum Steuergerät hergestellt. Wenn das Steuergerät an Netzspannung angeschlossen ist und eingeschaltet wird, dann führt es einen Selbsttest durch und startet automatisch die kontinuierliche Störlichtbogenerfassung. Die einfache Montage der entsprechend gestalteten Komponenten bedeutet das Arbeiten in der Nähe unter Spannung stehender Teile, bei dem keine Berührung oder Überbrückung Spannung führender Teile möglich ist.

Mit dem Schutzsystem, das als Ergänzungsausrüstung zur PSA dient, wird eine signifikante Begrenzung der thermischen Wirkungen von Störlichtbögen, insbesondere für den Personenschutz, erreicht. Durch seinen transportablen Aufbau ermöglicht das Schutzsystem den operativen Einsatz beim AuS /1/.

6 Literatur

- /1/ Schau, H.; Ehrhardt, A.: Quenching arcing faults via a short-circuiter during live working up to 1000 V. Session S3, 9th International Conference on Live Maintenance (ICOLIM), Torun, Poland, 04.-06. June 2008, Proceedings, pp. 72-84
- /2/ Schau, H.; Ehrhardt, A.: Einsatz von Kurzschließern zum Schutz von Personen beim AuS. 7. Fachtagung „Arbeiten unter Spannung (AuS)“, Dresden, 19.–20. September 2007, ETG-Fachbericht, Band 106, 2007, S. 83-90
- /3/ Schuppenhauer, A.: Personenschutz durch Sicherungen bei Arbeiten unter Spannung – Sichereres Arbeiten mit Arbeitsschutz-Sicherungen. 3. Sicherungstag NH/HH-Recycling, Würzburg 2010, Tagungsband, S. 165-173; S. 191-199, ISBN: 978-3-931954-18-5
- /4/ Schau, H.: Einschätzung der Personengefährdung durch Störlichtbögen in Niederspannungsnetzen, 3. Sicherungstag NH/HH-Recycling, Würzburg 2010, Tagungsband, S. 139-152, ISBN: 978-3-931954-18-5
- /5/ Ehrhardt, A.; Schau, H.: Proving of the tripping safety of a novel device for arc flash protection. Session 6.5, 54. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium (IWK), Technische Universität Ilmenau, 07.-10. September 2009, 8 Seiten
- /6/ Schau, H.; Halinka, A.; Winkler, W.: Elektrische Schutzeinrichtungen in Industriernetzen und Anlagen. Grundlagen und Anwendungen, Hüthig & Pflaum Verlag, München/Heidelberg, 2008, ISBN: 978-3-8101-0255-3
- /7/ DIN EN 61010-031 (VDE 0411-031):2008-08 Sicherheitsbestimmungen für elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte – Teil 031: Sicherheitsbestimmungen für handgehaltene Messzubehör zum Messen und Prüfen
- /8/ DIN IEC 61482-1-2 (VDE 0682-306-1-2): 2007-12 Arbeiten unter Spannung – Schutzkleidung gegen die thermischen Gefahren eines elektrischen Lichtbogens – Teil 1-2: Prüfverfahren – Verfahren 2: Bestimmung der Lichtbogen-Schutzklasse des Materials und der Kleidung unter Verwendung eines gerichteten Prüflichtbogens (Box-Test)
- /9/ DIN EN 60947-3 (VDE 0660-107):2010-02 Niederspannungsschaltgeräte – Teil 3: Lastschalter, Trennschalter, Lasttrennschalter und Schalter-Sicherungs-Einheiten



DEHN + SÖHNE

**Überspannungsschutz
Blitzschutz / Erdung
Arbeitsschutz**

DEHN + SÖHNE
GmbH + Co.KG.
Hans-Dehn-Str. 1
Postfach 1640
92306 Neumarkt
Germany

Tel. +49 9181 906-0
Fax +49 9181 906-100
www.dehn.de
info@dehn.de

© COPYRIGHT 2011 DEHN + SÖHNE

Foto: J.Vogler

