Störlichtbogenschutz an NS-Schaltanlagen (1)

Bedingt durch das starke Anwachsen der zu transportierenden Energien werden im Schadensfall immer größere Energiemengen freigesetzt. Nicht nur die Elektrofachkraft ist dadurch gefährdet. Schon das Unterbrechen der Energieversorgung für wenige Stunden kann Ausfallkosten in mehrstelliger Millionenhöhe nach sich ziehen.

Risiken von Störlichtbögen in Industrie und Wirtschaft

Im industriellen Bereich, insbesondere in der Produktion, aber auch im Finanzwesen und in Schwerpunktbereichen der Infrastruktur sind die Produktionsausfallkosten durch den immer höheren Automatisierungsgrad und die immer stärkere Energieintensivierung enorm angewachsen.

Schon die Unterbrechung der Energieversorgung für wenige Stunden kann Ausfallkosten in mehrstelliger Millionenhöhe nach sich ziehen.

Um diese Kosten zu verringern wird oft ein erheblicher technischer Aufwand betrieben. So zum Beispiel werden Einspeisungen redundant ausgeführt oder Anlagen zur Stromversorgung doppelt errichtet. Im Störlichtbogenfall (Bilder ❶ und ❷) ergibt sich für den Betreiber jedoch das Problem des reduzierten Sicherheitsniveaus bis zum Ersatz der betroffenen Felder, was häufig einige Tage dauern kann.

Zudem stellen die Produktionsunterbrechungskosten für viele Unternehmen eine immer größeres Risiko dar. Durch eine Reihe von Ursachen, wie z. B. Prozessabhängigkeiten, steigen diese Kosten in vielen Bereichen permanent an. Das trifft in besonderem Maß auch auf zentrale logistische Umschlagpunkte zu. Dabei geht es oftmals nicht nur um rein ökonomische Aspekte, sondern auch um das Image der Unternehmen.

Durch eine Reihe von technischen Maßnahmen und durch die breit angelegte Aufklärungsarbeit registrierte die Berufsgenossenschaft Elektro Textil Feinmechanik (BGETF) in den vergangenen Jahren zwar rückläufige Unfallzahlen. Vor allem bedingt durch das Anwachsen der zu transportierenden Energiemengen kommt es im Schadensfall aber auch zum Freisetzen immer größerer schädigender Energiemengen. Im Jahr 2006 ist es nach Angaben der BGETF insgesamt zu ca. 470 Elektrounfällen gekommen, davon allein zu 100 Elektrounfällen in Verbindung mit Lichtbogeneinwirkungen. Allein die Aufwen-



❶ **Störlichtbogen in einer NS-Schaltanlage** Fotos: Köhl



❷ **Im Standard-Blaumann dem Störlichtbogen schutzlos ausgeliefert ▶**

ESYLUX



MESSE-NEUHEITEN 2008

für Energieersparnis, Sicherheit und Komfort.



PRÄSENZMELDER MIT KNX (EIB) TECHNIK
ESYLUX PDC 360i/24 KNX

- Deckeneinbau-Präsenzmelder mit 360° Erfassungsbereich – fernbedienbar
- Verwendbar im Bussystem KNX (EIB), TP in Verbindung mit anderen KNX Komponenten
- Reichweite ca. 24 m im Durchmesser, 32 m bei einer Montagehöhe von 10 m



FERNBEDIENBARER DÄMMERUNGSSCHALTER
ESYLUX CDSi-A/N

- Fernbedienbar mit Mobil-RCi-M
  - Einlesen des momentanen Lichtwertes als Einschaltwert
  - Lampen-/Leuchtmittelprüfung über EIN/AUS Funktion
  - Schalten Dauerlicht EIN/AUS für max. 12 Stunden



DER EINFACHE WEG ZUM INTELLIGENTEN HAUS
ESYLUX POWERLINE-SYSTEM EPL

- Bestehend aus Sensoren und Aktoren, die elektrische Verbraucher über das hausinterne Stromnetz steuern
- Einfache Programmierung von Haupt- und Untergruppen mit dem Schraubendreher, kein PC erforderlich



HANDSCHEINWERFER MIT NOTLICHTFUNKTION
ESYLUX SL P

- Netzunabhängige Arbeitsleuchte
- Hauptlicht Halogen, Dauer- oder Blinklicht
- Nebenlicht 8 LEDs, Dauer- oder Blinklicht

ESYLUX Vertrieb: Elektro-Technische Systeme GmbH
Tel. 04102.489-0 • Fax 04102.489-333 • e-mail: vertrieb@etsysteme.de • www.esylux.com

dungen für die Wiederherstellung der körperlichen Gesundheit beliefen sich für die BGFE im Jahr 2006 auf 25 Mio Euro für Elektrounfälle.

Unfallschwerpunkt: Schaltgerätekombinationen

Etwa 90 % der Stromunfälle spielt sich im Bereich der Niederspannungs (NS)-Anlagen ab. Das geht aus einer statistischen Analyse der BGETF für den Zeitraum von 1997 bis 2006 hervor. Damit nehmen die NS-Anlagen bei der Schadenshäufigkeit im Vergleich zu Hochspannungsanlagen eine exponierte Stellung ein.
Die Schäden treten besonders bei Arbeiten an Schaltanlagen, wie beispielsweise Wartung, Erweiterung usw. (Bild ❸) auf. Auch fehlerhafte Schalthandlungen oder falsche Bedienung können zur Einleitung eines Kurzschlusses mit Auftreten eines Störlichtbogens in einer Schaltanlage führen.

In der Praxis ist auch häufig zu beobachten, dass die Elektrolaien einen viel größeren Respekt vor den Wirkungen des Stromes haben als Elektrofachkräfte, bei denen sich im Laufe der Zeit offensichtlich eine gewisse, aber gefährliche Routine eingeschlichen hat (Bild ❹).

Nichtbeachten der 5 Sicherheitsregeln

Beim Betrachten der Ursachen fällt weiterhin auf, dass als wesentliche Gründe für die Unfälle das fehlende Freischalten der Anlagen und das fehlende Feststellen der Spannungsfreiheit auftreten, obwohl die Einhaltung der 5 Sicherheitsregeln bereits in der Lehre und in vielen Sicherheitsseminaren geschult wird und allen Elektrofachkräften in Fleisch und Blut eingegangen sein sollte.

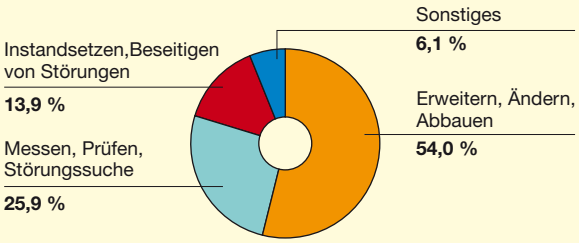
Ursachenforschung

Über die Ursachen der Fehlhandlungen wird häufig gerätselt und spekuliert. In den Unfallberichten der Berufgenossenschaft (vgl. auch **ep**, monatliche Seiten Arbeitssicherheit, „Aus dem Unfallgeschehen“) kommt es meist beim Ausführen von Routinearbeiten oder bei Arbeiten in planmäßig abgeschalteten Bereichen sehr häufig zu Störlichtbogenunfällen – dort wo man zu Beginn der Arbeiten kein oder nur ein geringes Gefahrenpotential angenommen hatte. Häufige Ursache ist dafür ein „Tunnelblick“, bei dem sich die Personen nur auf die Erfüllung der zu erledigenden Aufgabe konzentrieren und dabei die größere Gefahr in der Umgebung übersehen.

Fehlende Prüfnorm

Durch das Umsetzen der Erfahrungen aus der PEHLA-Richtlinie für die Prüfung von Mittelspannungsanlagen in die Norm IEC 62271 Teil 200 flossen die Erkenntnisse aus 40 Jahren Lichtbogenforschung in diese praxistaugliche Prüfnorm ein.

Stromunfälle* bis 1000 V
Verteilung auf die elektrotechnischen Tätigkeiten
1997 bis 2006



* Dem Fachbereich BK-Ermittlungen und Statistik gemeldete Stromunfälle
Quelle: BGFE

❸ **Stromunfälle bis 1 kV, aufgeteilt nach Betriebsmitteln**



ep-Sonderheft NEU

Blitz- und Überspannungsschutz

- Zeitgemäßer Blitzschutz nach VDE 0185-305
- Fundamenterder nach DIN 18014:2007
- Prüfung von Überspannungsschutzgeräten
- Sichere und durchdachte Überspannungsschutzgeräte
- Schäden durch indirekte Blitzeinschläge
- Erfahrungen beim Prüfen von Blitzschutzsystemen
- Überspannungsschutz für die MSR-Technik
- PV-Anlagen: Blitz- und Überspannungsschutz
- Blitz- und Überspannungsschutz für die EDV
- Überspannungsschäden und Probleme mit der EMV
- Leseranfragen

Weitere Sonderhefte lieferbar:



Photovoltaik aktuell



Messen und Prüfen elektrischer Anlagen und Geräte



Erneuerbare Energien



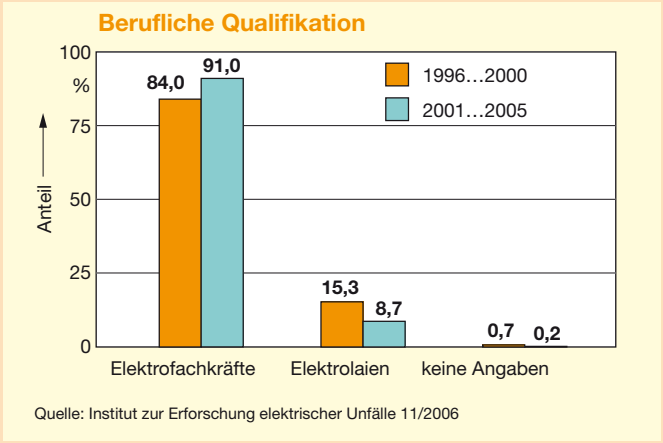
Brand- und Explosionsschutz



Gebäudeinstallation

Weitere Informationen auch unter www.elektropraktiker.de

Bestellen Sie jetzt! Abonnenten mit Vorzugspreis!



Quelle: Institut zur Erforschung elektrischer Unfälle 11/2006

❹ Routinearbeiten können den Blick für Gefahren trüben

Trotz des Fehlens einer vergleichbaren Norm für die Niederspannung ist in den vergangenen Jahren bei vielen Errichtern und Anlagenbetreibern auch die Erkenntnis gewachsen, dass die Auswirkungen in der Niederspannung denen in der Mittelspannung nur in geringem Verhältnis nachstehen. So ist zu erkennen, dass sich immer mehr Schaltanlagenhersteller der Problematik der Störlichtbogenentstehung, -begrenzung und -beherrschung in Niederspannungsschaltanlagen annehmen. Dabei werden auf Grund einer fehlenden Normung für die Störlichtbogenprüfung verschiedene Lösungen mit z. T. nicht vergleichbaren Ergebnissen geliefert. Darüber hinaus weichen die Prüfwerte für die „üblichen“ typgeprüften Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen (TSK) und die der „zusätzlichen“ Störlichtbogenprüfungen oftmals erheblich voneinander ab.

Gefährdung bei energieintensiven Schaltanlagen

Mit einem besonders hohem Gefährdungspotential ausgestattet, sind dabei energieintensive NS-Schaltanlagen anzusehen – so wie sie als Hauptverteilung in der Nähe der speisenden Transformatoren eingesetzt werden.
Bedingt durch die hohen Kurzschlussströme der einspeisenden Transformatoren und eine, aus Lastverteilungsgründen gewählte, Zusammenschaltung mehrerer Transformatoren auf einen Sammelschienenabschnitt können Kurzschlussströme bis 100 kA und darüber hinaus erreicht werden.

Auswirkungen auf den Menschen

Die menschliche Vorstellungskraft, selbst von Elektrofachkräften, reicht häufig nicht aus, sich die Gefährdungen eines Störlichtbogens zu vergegenwärtigen. Die Vergleiche in den **Beispielen 1 und 2** sollen dies verdeutlichen. Über die Auswirkungen eines Störlichtbogens auf Personen und die im Schaltfeld eingebaute Technik unter Berücksichtigung der freigesetzten Energie und der Dauer der Einwirkzeit werden auch an der TU Ilmenau ausführliche Untersuchungen angestellt. Zur Abschätzung und Bewertung des Gefahrenpotentials an den Anlagen liefern diese Untersuchungen wertvolle Hinweise für Anlagenerrichter und Anlagenbetreiber. Zur Abwägung der einzuleitenden Maßnahmen nimmt die Bestimmung der Kurzschlussverhältnisse durch eine Netzberechnung eine zentrale Rolle ein.
Es gibt Möglichkeiten, den Gefahren durch einen Störlichtbogen in Niederspannungsanlagen



wirksam zu begegnen. Dafür können der Schaltmeister oder Betreiber in einem größeren Elektrobetrieb, aber auch der Planer und Investoren einen maßgeblichen Beitrag leisten.
Bei den Maßnahmen zur Verhinderung eines Störlichtbogens muss man wesentlich in die Maßnahmen vor der Errichtung der Schaltanlagen sowie beim Betrieb der Anlagen unterscheiden.

Errichten von Schaltanlagen

Vor der Errichtung der Schaltanlagen sind in erster Linie die Hersteller von Schaltanlagen, deren Projekteure, Konstrukteure und Entwicklungsingenieure, gefragt. Die Auswirkungen der eingeleiteten Maßnahmen gehen zeitlich weit über den Errichtungszeitraum hinaus und können bei unzureichender Berücksichtigung noch Jahre später erhebliche Kosten bei den Betreibern der Anlagen verursachen.
Aus Wettbewerbsgründen werden die Hersteller der Schaltanlagen das Sicherheitsmaß nicht beliebig hoch ansetzen, sondern sich im Wesentlichen nur den Forderungen ihrer Kunden stellen. Deshalb sind hier in erweiterter Verantwortung die Planer der Anlagen und Einkäufer der Kunden gefordert, um das Sicherheitsniveau der einzusetzenden Anlagen festzulegen und damit auch das Sicherheitsrisiko für den späteren Betrieb und Einsatz zu bestimmen.

Konstruktive Lösungen

Unter Berücksichtigung der zu erwartenden Kurzschlussströme und damit der im Schadensfall zu erwartenden freigesetzten Energiemengen fallen die konstruktiven Lösungen unterschiedlich aus. In jedem Fall sollte eine Kurzschlussberechnung mit Berücksichtigung der unterschiedlichen Betriebszustände durchgeführt werden. Für die Einbeziehung der Abschaltzeiten in die Energiebetrachtungen, auf Grund einer Selektivitätsbetrachtung, ist zu beachten, dass sich die Abschaltzeiten unter Umständen auf Grund von Veränderungen im nachgeordneten Netz verändern können.
Aus Sicherheitsgründen sollte generell eine Ausschaltzeit von 300 ms berücksichtigt werden. Bei großen Netzen mit mehreren Staffelstufen können rückwärtige Verriegelungen (bzw. gesteuerte Selektivität) zum Einsatz kommen oder kundenspezifisch andere Festlegungen getroffen werden.

Anlagenauswahl

Bei der Auswahl der Anlagen sind daher von den Konstrukteuren und Projekteuren entsprechende Parameter besonders zu beachten und anlagenspezifisch auszulegen. Zum Teil müssen diese Forderungen von den Kunden explizit bestimmt und festgelegt werden wie beispielsweise:

- ausreichende Leiterabstände, Luft- und Kriechstrecken
- wartungsfreie Materialien wie Sammelschienenverbindungen
- Trenn- und Schottwände, Abdeckungen, Kapselungen
- fußpunktfreie Konstruktionsausführung
- lichtbogenfeste Isoliermaterialien
- Einsatz von typgeprüften Niederspannungsschaltegerätekombinationen (TSK)-Anlagen – Kurzschluss- und Erwärmungsprüfung
- Einsatz von störlichtbogengeprüften Anlagen.

Geräteauswahl

Die Auswahl der Geräte und eingesetzten Betriebsmittel hat entsprechend den projektierten Anlagen zu erfolgen. Dennoch können auch hier zusätzlich Maßnahmen durch die Projekteure ergriffen werden, wie z. B.:

- ausreichende Bemessung und Dimensionierung
- Einsatz von Betriebsmitteln mit geringer Verlustleistung
- Überspannungsschutz
- Verwenden von Lichtbogenlöscheinrichtungen (Arcon).

Verhindern von Fehlhandlungen

Darüber hinaus können weitere Maßnahmen ergriffen werden, um für die späteren Betreiber das Sicherheitsrisiko beim Bedienen der Anlagen gering zu halten:

- elektrische und mechanische Verriegelungen
- spezielle Betriebs- und Bedienanweisungen
- ausführliche Anlagenbeschreibungen.

Von der Auswahl der eingesetzten Materialien und deren Verarbeitung bis hin zur umfassenden Werksfertigungsprüfung werden die Grundlagen für den späteren Betreiberaufwand gelegt, wobei die Ermittlung des Aufwandes für jeden Kunden unterschiedlich ist.

Wirkungsvolle Lösungen

Besonders wirkungsvolle Lösungen sind oft erst im Detail zu erkennen. So sind in der Konstruktion der Einschübe der Moducon-Schaltanlage, durch verschiedene Schließmechanismen und eine Kontaktierung der Einschubkontakte an die Hauptkontakte – dies erst im eingeschobenen und gesicherten Einschub – die höchsten Anforderungen an Bediensicherheit und passiven Störlichtbogenschutz vereint.

Pflichten des Betreibers

Die Personengruppe Anlagenhersteller und -errichter bestimmt das Sicherheitsniveau für eine andere, ihr in der Regel fremde, Personengruppe.
Demgegenüber bestimmt beim Betrieb der Anlage der Betreiber das Sicherheitsniveau für sich und seine Mitarbeiter selbst. Insbesondere durch die Ablösung der BGV A3 durch die Technischen Regeln für Betriebssicherheit (TRBS) nimmt der Gesetzgeber das verantwortliche Betreiberpersonal in eine stärkere Pflicht. Gerade für die Arbeiten in der Nähe von oder an Schaltanlagen stellt die Erstellung einer Gefährdungsanalyse einen unverzichtbaren Bestandteil zum sicheren Betrieb der Anlagen dar. Mit der Veröffentlichung der TRBS 2131 wurde auch explizit auf die Bedeutung des Störlichtbogenschutzes hingewiesen. Beim Umsetzen der Richtlinie ist zu berücksichtigen, dass die meisten Arbeiten in der Regel nicht unter Spannung ausgeführt werden sollen. Wie die Praxis aber mit den Unfallzahlen zeigt, werden die Arbeiten jedoch irrtümlich unter Spannung ausgeführt.
Dementsprechend muss das Schutzniveau – z. B. durch Persönliche Schutzausrüstung (PSA) oder Lichtbogenlöschtechnik – ebenfalls für diesen Zustand festgelegt werden. *J. Klosowski*

Gefährdungen im Vergleich

Beispiel 1: Bei einer durch die Einhaltung von Selektivitätskriterien vorbestimmten Abschaltdauer von z. B. 300 ms wird bei 100 kA eine Wärmemenge von bis zu 10 Mio. Ws freigesetzt. Dies entspricht der Arbeitsleistung von 50000 Arbeitskräften in derselben Zeit oder der Heizleistung eines Einfamilienhauses für die Dauer einer halben Stunde. Beim Auftreten eines Störlichtbogens können innerhalb des Schaltfeldes Temperaturen bis zu 20000 K und Drücke bis zu 200 kPa entstehen. Letzteres entspricht einer Gewichtslast von 10 Pkw auf der Fläche einer Wohnungstür.
Beispiel 2: Die Leistung vieler Pkw liegt bei etwa 140 PS, was etwa 100 kW entspricht. Damit werden Geschwindigkeiten von über 200 km/h erreicht, was bei einem Frontalunfall mit einer enormen Zerstörungskraft verbunden ist – für jeden gut vorstellbar. Die Leistung eines mittleren Transformators mit ca. 1000 kVA treibt einen Kurzschlussstrom von nur 25 kA. Die damit verbundene Zerstörungskraft ist selbst für Elektrofachkräfte kaum vorstellbar.



Pkw mit 1001 PS = 736 kW – aber nur halb so viel potentieller Zerstörungskraft wie der Trafo



Trafo mit 1600 kVA = 1440 kW (cos φ 0,9)

Fotos: Köhl