

Gefährdungsbeurteilung für elektrische Anlagen (2)

Während bei bereits vorhandenen Anlagen meist nur noch vom vorgefundenen Gefährdungsniveau auszugehen ist, kann man für Neuanlagen den Einsatz innovativer Techniken zum Schutz der Elektrofachkräfte vor der Gefährdung durch Störlichtbögen bereits im Vorfeld planen. Muss unter Spannung oder in deren Nähe gearbeitet werden, ist eine den Gefahren angemessene Persönliche Schutzausrüstung (PSA) zur Verfügung zu stellen.

Reduzieren des Gefährdungsniveaus

Maßnahmen

Generell ist zwischen präventiven Maßnahmen zum Verhindern eines Störlichtbogens und störlichtbogenbeherrschenden Maßnahmen zu unterscheiden.

Letztere können als passive Maßnahmen – dem Lichtbogen widerstehende – und aktive Maßnahmen – die Lichtbogenenergie reduzierende – umgesetzt werden.

Störlichtbogeengeprüfte Mittelspannungsschaltanlagen (MS-Schaltanlagen) verfügen in der Regel über eine Reihe von **passiven Maßnahmen** zum Eingrenzen des Lichtbogenereignisses bei geschlossenen Türen.

Einige Hersteller haben dieses Konzept auch auf die Niederspannungsschaltanlagen (NS-Schaltanlagen) übertragen – wie z. B. Köhl mit Moducon und Modupro.

Da dies jedoch eher die Ausnahme darstellt, kommt bei den übrigen Anlagen der Begrenzung der Einwirkzeit eines Störlichtbogens die entscheidende Rolle zu. Dabei ist zu beachten, dass mit zunehmender Nähe der Einspeisepunkte nicht nur die Kurzschlussströme ansteigen, sondern aufgrund von Selektivitätsketten auch hier die längsten Abschaltzeiten auftreten.

Einsatz von Schutztechniken

Durch den Einsatz innovativer Technik mit ultraschnellen Schaltzeiten (≤ 5 ms) können aber die Energiewerte so reduziert werden, dass Elektrofachkräfte bei ihren Arbeiten mit einer PSA der Klassen 1 oder Klasse 2 (vgl. Tafel 1) ausreichend geschützt sind.

Zu diesen besonderen Schutztechniken zählen vor allem ultra-

flinke Arbeitsschutzsicherungen verschiedener Hersteller.

Dazu gehören aber auch:

- Dehn-Arc für NS-Anlagen, < 25 kA, Schaltzeit etwa 5 ms
- Ultra rapid circuit breaker von Schneider Electric für NS-Schaltanlagen, < 150 kA, Schaltzeit etwa 4 ms
- Arcon für NS-Anlagen, ab 5 kA bis 150 kA, Schaltzeit etwa 2 ms
- ultraschneller Erdungsschalter – Ultra fast earthing switch (Ufes) – von ABB für MS-Schaltanlagen, begrenzt bis 40 kA, Schaltzeit etwa 5 ms.

Bei einigen dieser Systeme, wie z. B. Arcon und Ufes, erfolgt die Detektion des Störlichtbogens durch **Verknüpfen einer fotooptischen mit der Stromwerterfassung**

Tafel 1 400 V-Prüfungen für PSA, Proben-Abstand 300 mm

Schutzklasse	Prüfstrom	Prüfanordnung	Lichtbogenzeit
1 (Boxtest, genormt*)	4 kA	1-phasig	500 ms
2 (Boxtest, genormt*)	7 kA	1-phasig	500 ms
X (Test, nicht genormt)	10 kA	3-phasig	1000 ms

* gemäß IEC 61482-1-2

und abschnittsselektiv. Der Störlichtbogen wird bereits in der Anfangsphase der ersten Halbwelle des Kurzschlussstromes gelöscht, – und wenn eine konzeptionelle Planung frühzeitig möglich ist, kann die ultraschnelle Begrenzung des Lichtbogens ausschließlich mit Abschalten des fehlerbehafteten Anlagenteils erreicht werden – bei Weiterbetrieb der nicht betroffenen Anlagenteile.

Bei größeren Anlagen der Mittelspannungs-Anlagentechnik ist auch der Einsatz von **Differential-Schutzsystemen** oder von **Knotenpunkt-Schutzsystemen** anzutreffen.

Durch die besonderen Schutzprinzipien wird auf eine Zeitstufung nach dem Selektivitätsprinzip verzichtet. Man realisiert dadurch sehr schnelle Abschaltzeiten, wobei durch die Eigenzeiten der Schutzrelais und durch die Gesamtausschaltzeiten der Leistungsschalter von Bewertungs-

zeiten zwischen 100–150 ms auszugehen ist.

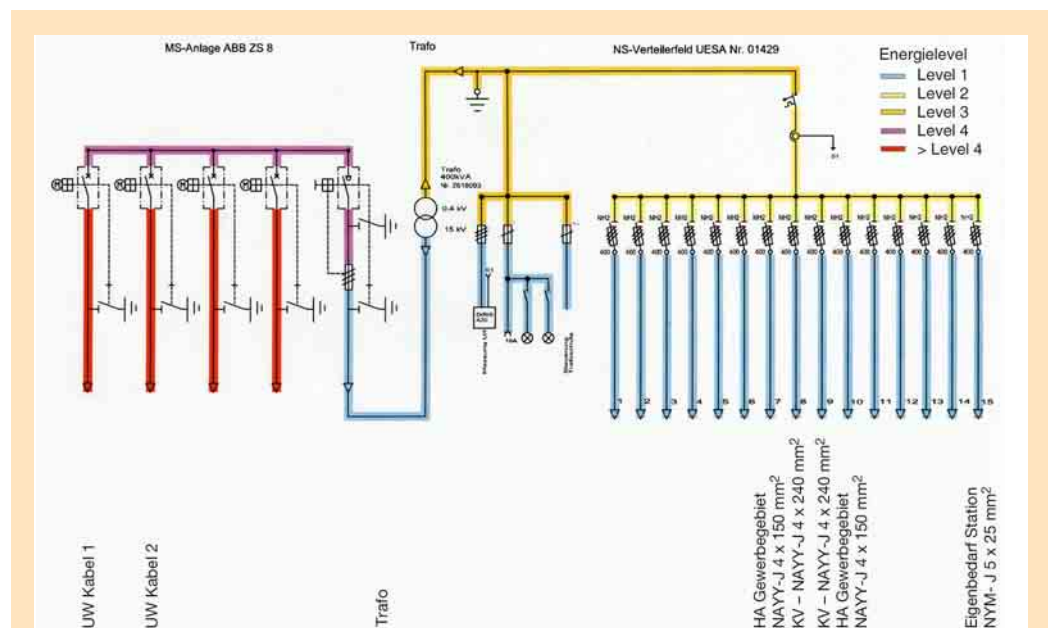
Gefährdungsanalysen an verschiedenen Beispielen

Zur Erläuterung wurden Beispiele für kleine Netzstationen, für große Trafo-Stationen und Altanlagen ausgewählt.

Die Darstellung der jeweiligen Energielevel entspricht dabei dem Zustand der offenen oder geöffneten Anlagen.

1. Kleine Netzstationen

Diese kleinen Netzstationen **bis 1 x 630 kVA** (Beispiel siehe Bild 1) sind häufig als Betonfertigteilstationen ausgeführt und in der Regel in EVU-Ringnetze integriert. Die MS-Schaltanlagen wurden störlichtbogenfest ausgeführt. Aufgrund der Abschaltzeiten des Schutzes im vorgeordneten Umspannwerk – hier 0,8 s – und in



1 Beispiel 1 – kleine Netzstationen bis 1 x 630 kVA

Für die Berechnung wesentliche technische Daten:

Mittelspannung: 15 kV/390 MVA;
EVU-Schutz (0,8 s); Stationsschutz (0,4 s); HH-Sicherung (25 A)

Transformator: 400 kVA/4 %

Niederspannung: 400 V/15 kA,
Kompaktleistungsschalter in Einspeisung; NH-Sicherungen < 400 A

der Einspeisung – hier 0,4 s – sowie der vorhandenen Kurzschlussströme – hier 15 kA – steht ein sehr hohes Energieniveau im Bereich der Mittelspannungsschaltanlagen an.

Gefährdungen

Bedingt durch die störlichtbogenfeste Ausführung der MS-Anlagen, können Begehungen und Schalthandlungen ungefährdet ausgeführt werden.

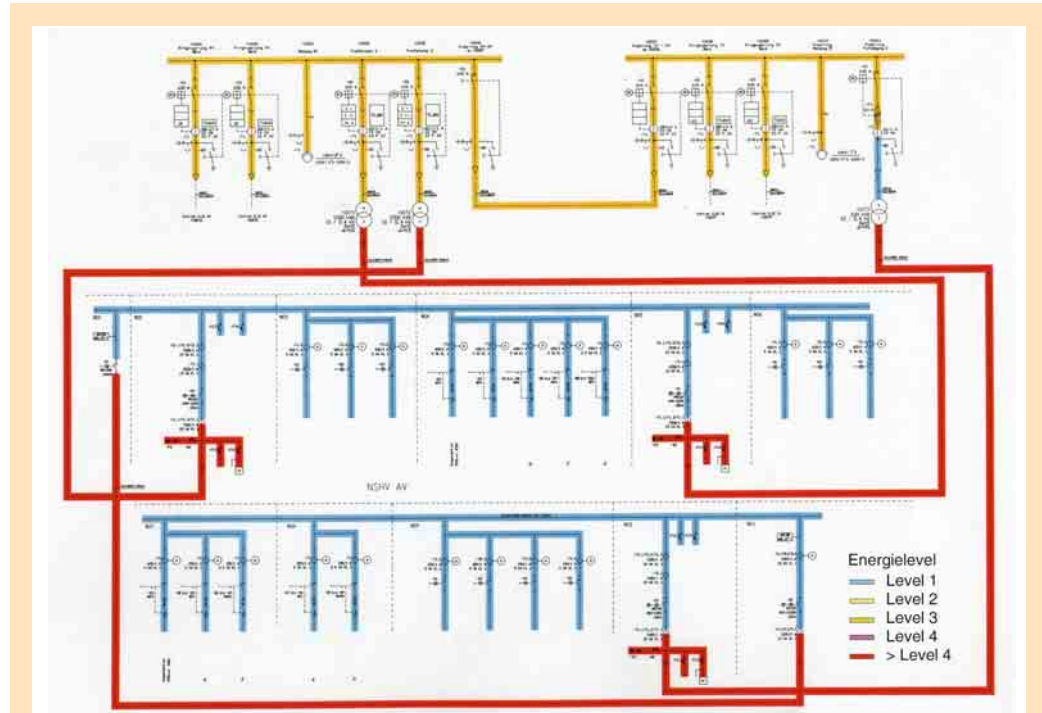
Bei geöffneten Türen, z. B. bei Spannungsprüfungen, sind spezielle PSA (Störlichtbogenfestigkeit mindestens 10 kA/1s) sowie darüber hinaus zusätzliche Maßnahmen erforderlich.

In dieser Beispielanlage wurden die Trafo-Anschlüsse isoliert ausgeführt. Bei nicht isolierten Anschlüssen ist von dem Energielevel auszugehen, welches an den geöffneten MS- und NS-Anlagen ermittelt wurde. Je nach EVU werden die NS-Schaltanlagen mit verschiedenen Abdeckungen in der Einspeisung versehen. Eine geprüfte Störlichtbogenqualifikation ist häufig nicht gegeben. Aber bei einigen geschlossenen metallischen Ausführungen kann man von einer starken Dämpfung der Lichtbogenwirkungen ausgehen.

Bei Einsatz von **Kompaktleistungsschaltern** in der Einspeisung ist die Hauptsammelschiene und der Montagebereich der NH-Schaltleisten bei korrekter Kurzschlusseinstellung durch schnelle Schaltzeiten (< 15 ms) geschützt. Daher kann für entsprechende elektrotechnische Arbeiten PSA der Klasse 2 verwendet werden.

Gefährdungen ohne diese Schutzmaßnahmen

Ohne diese Maßnahmen besteht ein wesentlich höheres Gefährdungspotential, da es bei zufälligem Berühren oder technischem Versagen, bedingt durch das „Driften“ der Abschaltzeit der MS-Sicherung, zu sehr langen Standzeiten eines Lichtbogens kommen kann. Damit ist gemeint, dass durch die lichtbogenbedingte Dämpfung des Kurzschlussstromes auf der Niederspannungsseite (Werte zwischen 30 % bis 70 %) mit Verlängerungen der Abschaltzeiten auf der Mittelspannungsseite bis in den Sekundenbereich hinein zu rechnen ist. Auf diese Problematik wird seit Jahren von führenden Sicherungs-



② Beispiel 2 – große Trafo-Stationen 2 x 1000 kVA und 1x 630 kVA

Für die Berechnung wesentliche technische Daten:

- Mittelspannung:** 10 kV/12 kA; Druckreduktionssystem
Kopfstation mit Differential-Schutz (0 s); Stationsschutz (0,3 s)
Trafo-UMZ (unabhängiger Maximalstrom-Zeitschutz) (0 s)
- Transformator:** 1000 (630) kVA/6 (4) %
- Niederspannung:** 400 V/etwa 25 kA oder 50 kA (gekuppelt)
offene Leistungsschalter in Einspeisung und Kupplung
Arcon-Schutzsystem

herstellern hingewiesen, wie z. B. von Siba.

Dementsprechend ist für diese Arbeiten thermisch beständigere PSA (mindestens 10 kA für 0,5 s) auszuwählen.

Solche kritische Situationen können aber auch durch den Einsatz eines Lichtbogenerfassungs- und -Löschsystems mit zwangsweise eingeleitetem satten Kurzschluss beherrscht werden – wie z. B. mithilfe des Schutzsystems Dehn-Arc. Dadurch wird das Gesamtsystem in eine schnelle Abschaltzeit überführt, wodurch auch das Tragen von PSA der Klasse 1 gerechtfertigt ist.

Hinter den NH-Sicherungen besteht aufgrund der strombegrenzenden Wirkungen der Sicherungen ohnehin ein relativ „sicherer Bereich“. In Abhängigkeit von der Art der eingesetzten Sicherungen können die Arbeiten mit PSA der Klassen 1 oder Klasse 2 ausgeführt werden.

2. Große Trafostationen

Diese Trafostationen (Bild ②) – 2 x 1000 kVA und 1 x 630 kVA

– werden häufig in bestehende Gebäude integriert. In diesem Fall handelt es sich um eine Unterstation, die in einem Kundenring aus mehreren Unterstationen integriert ist und aus einer Kopfstation gespeist wird.

Die Kabelverbindungen in dem Stationsring sind mit Kabel-Differential-Schutzsystemen ausgerüstet, die im Fehlerfall sofort auslösen.

Gefährdungen

Auch diese MS-Schaltanlagen wurden störlichtbogenfest ausgeführt, wodurch Begehungen und Schalthandlungen ungefährdet ausgeführt werden können. Aufgrund der Kundenforderung – es handelt sich hier um einen innerstädtischen Krankenhausbereich mit denkmalgeschützten Gebäuden und starkem Publikumsverkehr – setzte man zum Druckabbau und zur Plasmaabsorbierung ein Böhning-Reduktionssystem ein. Bei geöffneten Türen sind wegen der Abschaltzeiten des Kabel-Differential-Schutzes (0 s), des sehr schnell eingestellten Kurz-

schlusschutzes der Trafo-Abgänge (0 s) und der Einspeisungen (0,3 s) nur hohe, aber zu beherrschende Energielevel vorhanden. Speziell geprüfte PSA (10 kA/1 s) – z. B. Störlichtbogentest IPH oder RWE-Eurotest – kann unter diesen Bedingungen jedoch schützen (Tafel ①).

Die Trafo-Anschlüsse führte man bei diesen Anlagen im Gegensatz zum ersten Beispiel nicht isoliert aus. Dementsprechend ist vom Energielevel auszugehen, das an den geöffneten MS- und NS-Anlagen ermittelt wurde.

Die NS-Anlagen wurden mit einem Arcon-Störlichtbogenerfassungs- und -Löschsystem ausgerüstet. In den überwachten Bereichen wird der Lichtbogen mittels Lichtwellenleiter und vorgeordneten Stromwandlern detektiert. Die nachfolgende Lichtbogenlöschung findet innerhalb von 2 ms statt. Aufgrund der vorgewählten Abschnittsselection erfolgt nur die Auslösung des betroffenen Bereiches. Dadurch kann hier selbst bei geöffneten Türen mit PSA der Schutzklasse 1 gearbeitet werden.

Zusätzlich zum Personenschutz wird mit diesem System auch ein Anlagen- und Investitionsschutz sichergestellt, denn eine Wiederzuschalten nach einer Schutzauflösung ist innerhalb kürzester Zeit – maximal 2 h inklusive Reinigen, Austausch und Inbetriebnahmeprüfung – möglich. Zudem ist das Entstehen giftiger Gase nahezu eliminiert und daher bei der Gefährdungsbeurteilung nicht mehr zu berücksichtigen.

Aufgrund der nicht ausgeführten Überwachung im **Anschlussbereich der Trafokabel** müssen hier sehr spezielle PSA (> 10 kA/1 s) sowie zusätzliche Maßnahmen zum Einsatz kommen.

Als erste Maßnahme ist die Kuppelung zu öffnen oder ein Trafo abzuschalten, um damit das Kurzschlussniveau herabzusetzen. Einige Kunden mit sensiblen Verbraucherstrukturen, z. B. bei Dupont, erfassen Lichtbögen in den Trafo-Gehäusen und lassen den vorgeordneten Schutz sofort abschalten, wodurch das Energielevel wesentlich gesenkt wird. **Anmerkung:** Die Bewertungen des Gefährdungspotentials der Kabelanlage sind abhängig vom zusätzlichen mechanischen Schutz und der beabsichtigten Tätigkeit in der Nähe der Kabel.

3. Altanlagen mit BSIG- und ISA 2000-EV-Anlagen

Für das Berechnen sind folgende technische Daten wichtig:

- **Mittelspannung:**
10 kV/250 MVA; EVU-Schutz (0,8 s); Stationsschutz (0,4 s); HH-Sicherung (63 A)
- **Transformator:** 630 kVA/4 %
- **Niederspannung:** 400 V/22 kA, offener Leistungsschalter in

Einspeisung; NH-Sicherungen < 400 A.

Diese bereits vor Jahren hergestellten alten Trafostationen befinden sich zum Teil noch im Einsatz.

Gefährdungen

Gemäß BG-Information (BGI) 755 vom Januar 1995 sollten diese Anlagen für den sicheren Betrieb nachgerüstet werden. Soweit die Gefährdungen dadurch nicht zu beseitigen waren, hatte der Unternehmer in seiner Gefährdungsbeurteilung zu entscheiden, ob im spannungsfreien Zustand oder mit PSA gearbeitet werden kann – vgl. dazu Beitrag: „PSA – nach 30 Jahren noch im Einsatz“, ep 9/2009, S. 686–688.

Die MS-Anlagen vom Typ BSIG wurden aufgrund des vorgefundenen Zustandes als nicht störlichtbogenfest eingeschätzt. Schon bei Schalthandlungen ist deshalb spezielle lichtbogenfeste PSA (mindestens 10 kA/1 s) zu verwenden, die z. B. im IPH oder bei RWE-Eurotest geprüft wurde. Gleiches gilt für Arbeiten bei geöffneten Türen. Hier sind darüber hinaus zusätzliche Maßnahmen anzuwenden.

Die NS-Anlagen wurden in offener Bauweise ausgeführt, Störlichtbogenschutz ist nicht gegeben. Auf Grund der Problematik der „weglaufenden Kennlinien“ vorgeordneter HH-Sicherungen sollten Schalthandlungen nur mit spezieller lichtbogenfester PSA, zumindest 10 kA/1 s, ausgeführt werden. Im Abgangsbereich der NH-Sicherungen stellen diese aufgrund der Schmelzintegrale einen guten Schutz für das Personal dar.

Wegen der offenen Bauweise und der Einzelanordnung ist der ge-

samte Bereich als besonders gefährlich einzustufen. Deshalb sollten Schalthandlungen nur mit spezieller lichtbogenfester PSA, mindestens 10kA/1s, erfolgen.

Energiepotential und Auswahl der PSA

Zum Bestimmen des Energiepotentials stehen in Deutschland demnächst **zwei Berechnungsverfahren für die Auswahl von PSA** zu Verfügung. Neben dem Kurzschlussstrom werden dabei auch die Betriebsspannung, der Arbeitsabstand und weitere lichtbogenbeeinflussende Größen wie Lichtbogenbrennraum oder Elektrodenabstand berücksichtigt.

- 1 Im Bereich kleinerer Kurzschlussströme – z. B. an Hausanschlusskästen, Kabelverteilerschränken und Unterstationen oder hinter kleineren und mittleren NH-Sicherungen (bis 200 A) – eignet sich ein an der TU Ilmenau entwickeltes Berechnungsverfahren. Damit kann die Schutzwirkung von PSA der Klassen 1 oder 2 bestimmt werden.
- 2 Für energieintensivere Anlagenkonfigurationen können z. B. mittels eines Arcguide-Calculator (Dupont) ATPV-Werte (thermische Energie) ermittelt und entsprechend lichtbogenbeständige Schutzjacken bestimmt werden.

Beiden Verfahren liegt das Prinzip der Wärmestrahlung zugrunde. Bei direkter Lichtbogenexposition ist daher sinnvoll, die eingesetzte PSA zusätzlichen Prüfungen zu unterziehen und eine Kennlinienauswertung vorzunehmen (vgl. Beitragsteil 1).

Fazit

Beim Erstellen einer Gefährdungsbeurteilung ist das Energiepotential unter Beachtung des Kurzschlussstroms und der Gesamtabschaltzeit zu bewerten und mit den Prüfparametern der PSA zu vergleichen. Entsprechend den beabsichtigten Schalthandlungen (Besichtigen – Bedienen – Berühren) ist die PSA auszuwählen und dies an gut sichtbarer, exponierter Stelle auszuweisen.

Geht aus der Gefährdungsbeurteilung hervor, dass beim Arbeiten an geöffneten MS-Anlagen und geöffneten oder geschlossenen NS-Anlagen ab etwa 1 kA ohne aktive oder passive Schutzmaßnahmen die PSA der Klassen 1 und 2 nicht ausreicht, ist Schutz-ausrüstung mit einer bestehenden Zusatzprüfung, z. B. nach dem IPH- oder RWE-Verfahren – zu verwenden.

Ultrafinke, aktive Schutzsysteme können jedoch das Ausbilden eines energiereicheren Lichtbogens sehr schnell bekämpfen, sodass Mensch und Anlage wirkungsvoll geschützt sind.

Da die Autoren häufig mit dem Inbetriebnehmen, Begutachten und Warten energieintensiver Anlagen zu tun haben, wählten sie für das eigene Personal eine PSA aus, die über das Standard-Prüfniveau gemäß IEC sowie auch von RWE und IPH hinausgeht. Diese Kleidung ist im Moment aber nur bei wenigen Spezialanbietern verfügbar.

Verona Elsaßer,
Jürgen Klosowski

Ferraz Shawmut
ist
jetzt

MERSEN

Ein kurzer neuer Name. Eine lange Erfahrung.
Noch mehr Kompetenz im Schutz von Solaranlagen.

Wir geben Ihnen jetzt noch mehr Möglichkeiten, alle kritischen Komponenten in der Solarenergie nachhaltig zu schützen. Vom Anschlusskasten über den Umrichter bis zum Elektroverteiler und dem Netzanschluss. Mersen bietet Sicherungen und Schaltgeräte, Überspannungsschutz, Kühlkörper für die Leistungselektronik und Komplettlösungen für das Kabelmanagement. Durch den Einsatz unserer Produkte erreichen Sie höchste Sicherheit und Zuverlässigkeit bei der Erzeugung von Solarstrom. Interessiert? Hier erfahren Sie mehr: fsisnowmersen.com/de/ep_pv



mersen.com

Mersen Deutschland Eggolsheim GmbH - In der Büg 12 - D-91330 Eggolsheim
Telefon +49 9191 7338-0 - Telefax +49 9191 7338 - 365 - vertrieb.eggolsheim@mersen.com