

Thermische Wirkungen von Störlichtbögen beim Arbeiten unter Spannung

EN 60909-0 (VDE 0102):2002-07, CLC/TS 50354 (früher: ENV 50354), IEC 61482-1-2

FRAGESTELLUNG

Bei der Stadtwerke München GmbH werden einige Montagetätigkeiten im Niederspannungs-Versorgungsnetz unter Spannung ausgeführt. Die Monteure verwenden hierzu Schutzrüstungen (Schutzkleidung) mit hohen thermischen Sicherheitsreserven (lt. Herstellerangaben 10000 A während 1s. Die ermittelten Stromwerte bei stichprobenweisen Kurzschlussberechnungen (nach VDE 0102) im Niederspannungsnetz unter Berücksichtigung der mittleren Schmelzzeiten der vorgeschalteten Sicherungen bestätigen die thermische Sicherheit der verwendeten Schutzkleidung. Nun ist aber in Diskussionen die Frage aufgetaucht, ob nur der Strom einer Phase, welcher laut Kurzschlussberechnung ermittelt wird, für die thermische Wirkung an der Kurzschlussstelle verantwortlich ist. Beim dreipoligen Kurzschluss fließen – wenn auch mit unterschiedlichen Augenblickswerten – immerhin die Ströme aus drei Leitern über die Kurzschlussstelle.

Nachdem bei der P - t -Betrachtung Effektivwerte eingesetzt werden (die Augenblickswerte spielen also keine Rolle), besteht die Vermutung, dass unter diesen Umständen für die thermische Wirkung an der Kurzschlussstelle $3 \cdot I^2 \cdot t$ in Ansatz gebracht werden muss. Noch unübersichtlicher erscheint uns der zweipolige Phasenschluss mit Erdberührung. Wir gehen davon aus, dass nur die zufließenden Ströme (in diesem Fall die quadratische Summe der Phasenströme)

$$\sqrt{(I_{k2EL2})^2 + (I_{k2EL3})^2}$$

zu berücksichtigen ist und damit der Anteil des zum Neutralleiter fließenden Kurzschluss-Stromanteils mit abgedeckt ist.

Müssen wir unser Sicherheitskonzept neu überdenken?

J. W., Bayern

ANTWORT

Auswirkungen von Störlichtbögen sind zu betrachten

Unter dem thermisch wirksamen Strom versteht man üblicherweise den Fehler-

bzw. Kurzschlussstrom, der zu einer Leitererwärmung führt und deshalb zur Beurteilung der thermischen Kurzschlussfestigkeit heranzuziehen ist. In den Normen (EN 60909-0 bzw. VDE 0102) wird der thermisch gleichwertige Kurzschlussstrom I_{th} definiert, der mit dem so genannten Joule-Integral in Zusammenhang steht:

$$\int_0^{t_k} i^2 dt = I^2 \cdot t_k$$

Dieses Joule-Integral ist ein Maß für die Energie, die bei einem Kurzschluss in einer linearen Resistanz des Netzes [$R \neq (i, u)$] erzeugt wird.

Im Hinblick auf Schutzrüstungen und Schutzkleidung geht es dagegen im Zusammenhang mit dem Schutz von Personen um Lichtbogenfestigkeit, d.h. um die Festigkeit der Ausrüstungen bzw. Kleidung gegenüber den thermischen Wirkungen von Störlichtbögen.

Diese Wirkungen sind von der Einwirkenergie und diese wiederum von der Lichtbogenenergie abhängig, die während des Kurzschlusses in dem bzw. den Störlichtbögen umgesetzt wird. Der P - t -Wert ist zur Charakterisierung dieser Wirkungen nicht ausreichend.

Schutzkleidung gegen Störlichtbögen

Der Störlichtbogen ist ein nicht linearer Widerstand. Insbesondere im Niederspannungsbereich wird die Lichtbogenenergie stark durch die Lichtbogenanspannung bestimmt. Weitere Einflussgrößen auf die Lichtbogenenergie sind die Fehlerart, die Kurzschlussleistung am Fehlerort S_k und die Kurzschlussdauer t_k . Die Lichtbogenanspannung hängt vor allem von den geometrischen Anlagenbedingungen (Leiter- bzw. Elektrodenabstände u.a.) und den elektrischen Stromkreisparametern ab.

Es gibt sowohl Möglichkeiten der Berechnung als auch zur Abschätzung von Lichtbogenanspannung und Lichtbogenenergie. An der TU Ilmenau existieren entsprechende Verfahren.

Die von Ihnen genannten Herstellerangaben kann ich nicht einschätzen. Vermutlich beziehen sich die Angaben (10000 A und 1s) auf durchgeführte Lichtbogenprüfungen. Es muss diesbezüglich jedoch hinterfragt werden, nach welchem Verfahren geprüft wurde und insbesondere, ob ein-, zwei- oder dreipolig geprüft wurde und wie hoch der Prüfstrom war bzw. ob die 10-kA-Angabe sich auf den prospektiven Prüfstrom bezieht.

Das gegenwärtig europäisch standardisierte Lichtbogenprüfverfahren für Schutzkleidung CLC/TS 50354 (früher: ENV 50354), wie es auch an der TU Ilmenau praktiziert wird, beinhaltet zwei Schutzklassen:

- Schutzklasse 1 (4 kA – 0,5 s)
- Schutzklasse 2 (7 kA – 0,5 s)

Die Klammerangaben beziehen sich dabei auf den prospektiven Prüfstrom und die Lichtbogenwirkdauer bei einer zweiphasigen Lichtbogenprüfung mit 400 V (Leerlaufspannung) zwischen zwei Außenleitern. Hierfür sind sowohl die Lichtbogenenergie als auch die Einwirkenergie als statistisch gesicherte Mittelwerte und deren Standardabweichung bekannt. Das Prüfverfahren wird zukünftig in einer IEC-Norm verankert sein; die betreffende IEC 61482-1-2 wird gegenwärtig erarbeitet.

Weiteres Vorgehen

Um eine Einschätzung vornehmen zu können, müssten Sie also beim Hersteller die Prüfbedingungen und -parameter, insbesondere jedoch die Lichtbogenenergie erfragen. Besser wäre noch, nach der Einwirk- und Lichtbogenenergie zu fragen.

Kurzschlüsse mit Störlichtbögen gehen im Allgemeinen unabhängig von ihrer Entstehung sehr schnell in dreipolige Fehler über. Zweipolige Kurzschlüsse mit Erdberührung bestehen – wenn überhaupt – damit nur als kurzzeitige Phasen eines Kurzschlusses. Bei Überlegungen zum Sicherheitskonzept hinsichtlich des Schutzes von Personen vor den thermischen Störlichtbogenwirkungen kann man im Allgemeinen von dreipoligen Kurzschlüssen ausgehen.

Zur Fragestellung

Die Frage, ob das Schutzkonzept überdacht werden muss, richtet sich also nach den Prüfbedingungen, der Lichtbogen- und Einwirkenergie, die bei den Prüfungen vorlag.

Dem gegenüberzustellen sind die Erwartungswerte für die Lichtbogenenergie bei einem tatsächlich im Netz auftretenden Kurzschluss. Dafür müssen

Sie die Kurzschlussströme und die zugehörigen Schutzausschaltzeiten heranziehen.

Fazit

Unter der Voraussetzung, dass dreipolig mit 1s Lichtbogendauer geprüft wurde und 10kA der dabei eingestellte prospektive Prüfstromstrom war, lässt sich folgender Schluss ziehen:

Die Prüfbedingungen decken alle potenziellen Fehlerorte ab, an denen I''_{k3p} 10kA und t_k 1s gilt. Eine Umrechnung auf andere Zeit- und Strombereiche anhand des $I^2 \cdot t$ -Werts ist nicht gerechtfertigt.

Dr.-Ing. habil. H. Schau