Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 83 (1992)

Heft: 15

Artikel: Kurzschlussverhalten von Kabel-Rohrblöcken

Autor: Meier, Alfred / Ritter, Luigi

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-902850

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Kurzschlussverhalten von Kabel-Rohrblöcken

Alfred Meier und Luigi Ritter

Wichtig für die Verlegung von Hochspannungskabeln in Kabelrohranlagen ist die Beständigkeit des Rohrblockes gegenüber leistungsstarken Kurzschlüssen. In Versuchen wurde für zwei verbreitete Rohrblocktypen der Nachweis erbracht, dass die heute verwendeten Polyäthylen-Rohrqualitäten den im Netz möglichen Kurzschlussbeanspruchungen thermisch und mechanisch standhalten. Moderne Kabel können somit nach einem Kurzschluss problemlos ersetzt werden.

Pour la pose des câbles haute tension dans les installations de conduits souterrains, il est important que les blocs de conduits résistent aux courts-circuits extrêmement puissants. Dans des essais on a pu apporter la preuve, pour deux types de blocs de conduits usuels, que les qualités de polyéthylène utilisées aujourd'hui tiennent bien aux contraintes thermiques et mécaniques dues aux courts-circuits possibles dans le réseau. Les câbles modernes peuvent donc être remplacés sans problèmes après un court-circuit.

Kabelverlegung im Beton-Rohrblock

Hochspannungskabel werden heute meist als Einleiter-Polymerkabel in einbetonierte Schutzrohre (Rohrblökke) eingezogen. Diese Bauweise hat sich für Hochspannungskabel allgemein durchgesetzt, da infolge der stetig steigenden Belastung die erforderlichen Leiterquerschnitte grösser gewählt werden mussten und dadurch ein Wechsel vom früheren Dreileiterkabel zum Einleiterkabel stattfand. Dies führte zur Verdreifachung der Kabelzahl und zum entsprechenden Platzbedarf.

Diese Verlegungsart bietet verschiedene Vorteile wie den etappenweisen, mit anderen Bauarbeiten koordinierten Grabenbau, die zeitlich unabhängige Ausführung von Bau- und Montagearbeiten und den vollständig mechanisierten Kabelzug mit geringem Personalaufwand. Im Strassengebiet mit intensivem Verkehr und gedrängt trassierten Werkleitungen besteht gar keine andere wirtschaftliche Möglichkeit. Ein weiterer Vorteil ist die erreichte, wesentliche Erhöhung der Kabel-Montagelänge auf heute etwa 500–1000 m (unter günstigen Bedingungen bis zu 1500 m) und somit eine Einsparung von Muffen.

Durch die geschickte Optimierung zwischen Rohrblock, Trasseverhältnissen und Kabelquerschnitten kann dabei die preisgünstigste Variante bestimmt werden. Als Rohrmaterial kommt Polyäthylen (PE) weich bis mittelhart zum Einsatz. Die Rohre sind einzeln oder als Dreierpaket meist in Stampfbeton PC 200 eingebettet, um Auftrieb und Abbindewärme zu reduzieren (siehe Bild 1).

Verhalten im Störungsfall

Die Wahrscheinlichkeit eines Isolationsdefektes im Kabel ist erfahrungsgemäss sehr gering. Bei einer Störung kann dieses aber örtlich weitgehend zerstört werden. Im Rohrblock ist eine Reparatur an der Schadenstelle wegen Platzmangel und oft fehlendem Zugang praktisch auszuschliessen. Vielmehr muss die betroffene Teillänge meist ausgezogen und ersetzt werden.

Unklar war bisher, ob dieses Vorgehen durch Folgeschäden am Rohrblock gefährdet werden könnte. Immerhin wird im geerdeten Netz durch

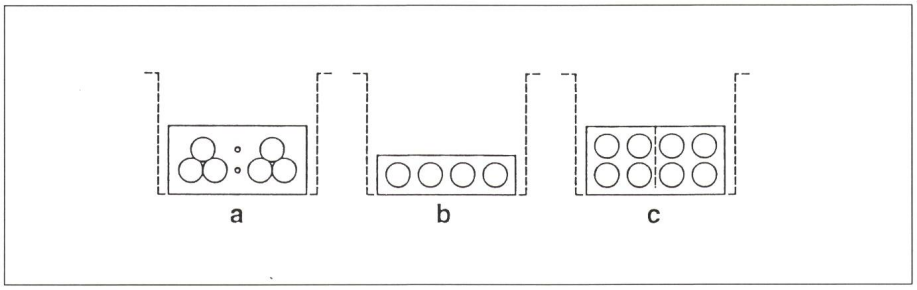


Bild 1 Rohrblöcke von NOK und EWZ
a 110-kV-Rohrblock, Normalquerschnitt NOK (gerade Strecken, 2strängig)
b 150-kV-Rohrblock, Normalquerschnitt EWZ, 1strängig
c 150-kV-Rohrblock, Normalquerschnitt EWZ, 2strängig

Adressen der Autoren
Alfred Meier, Nordostschweizerische Kraftwerke AG, Parkstrasse 23, 5401 Baden;
Luigi Ritter, Elektrizitätswerk der Stadt Zürich, Beatenplatz 2, Postfach, 8023 Zürich.

den Kurzschlussstrom an der Schadenstelle eine beträchtliche Energiemenge wirksam. Das Verkleben von Rohr und Kabelmantel (beide aus PE) und die Zerstörung der Rohrwand oder des Blocks sind denkbar, im Extremfall die Ausweitung des Schadens auf das Kabel im Nachbarrohr und auf einen zweiphasigen Kurzschluss mit dem höheren Strom. Entsprechende Erfahrungen sind jedoch infolge des sehr guten Betriebsverhaltens der Energiekabel bis heute nicht verfügbar.

Um über das tatsächliche Verhalten von Kabeln in Rohrblöcken nähere Erkenntnisse zu gewinnen, entschieden sich die Nordostschweizerischen Kraftwerke (NOK) und das Elektrizitätswerk der Stadt Zürich (EWZ), zusammen mit den Kabelwerken Brugg, Cortaillod und Cossonay, möglichst praxisnahe Versuche durchzuführen.

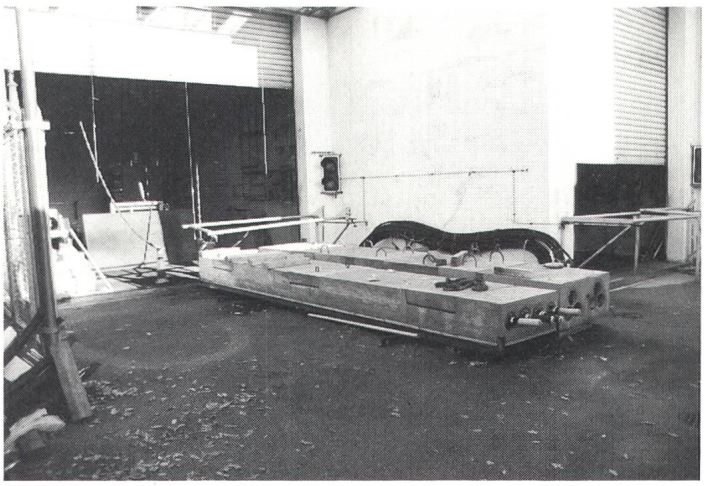


Bild 2
Rohrblock-Muster mit abhebbaren Teilen

Kurzschlussversuche

Versuchsanordnung

Das angestrebte Ziel, für verschiedene Kabelkonstruktionen und Rohrblocktypen die Beständigkeit gegen betrieblich mögliche Kurzschlussströme zu prüfen, wurde mit einer einfachen Anordnung erreicht. Musterlängen von 6 m der Rohrblöcke nach Bild 1 wurden am Versuchsort überflur aufgestellt.

In jeweils einem Rohr befand sich ein Kabel mit einem präparierten Isolationsfehler (Metallspäne in Bohrung), das mit Strom beaufschlagt wurde. Am Fehlerort konnte nach jedem Versuch ein als Deckel ausgebildeter Teil (siehe Bild 2) des Betonblockes abgehoben werden, um das Rohr von aussen zu kontrollieren. Für die Innenkontrolle wurde das Rohr örtlich aufgeschnitten und anschliessend das Kabel ausgezogen. Die Rohrblockmuster erlaubten eine grössere Zahl von Versuchen.

Versuchsprogramm

Die Kurzschlussbeanspruchung wurde den Erdungs- und Schutzbedingungen des jeweiligen Netzes entsprechend festgelegt. Als Kabel- und Rohrmaterial wurden gebräuchliche Typen bereitgestellt (siehe Kasten). Das Programm sah für jede Materialpaarung mindestens einen Versuch mit dem Stromnennwert vor, bei negativem Ergebnis weitere Versuche mit kleineren Strömen.

Versuche in Préverenges

Durch Vorversuche wurde der Löscheffekt des im Lichtbogenkanal zersetzten Isoliermaterials und die damit benötigte Zündspannung bestimmt. Frühere Versuche hatten ergeben, dass Folien unter Temperaturen, die bei den Kurzschlussbedingungen herrschen, eine starke Verklebungstendenz zwischen PVC-Oberflächen aufweisen, im Gegensatz zu PVC-PE- oder PE-PE-Berührungen. Weitere Einflussgrössen wie die Abschirmwirkung verschiedener Kabelmäntel und der Einfluss der radialen Lage des Fehlerorts erwiesen sich als vernachlässigbar.

Die Versuche fanden im *Laboratoire Haute Puissance Préverenges* (LHPP) statt, welches die benötigten Leistungen und die Messeinrichtungen stellte. Gemessen wurden der aufgeprägte Kurzschlussstrom, die Lichtbogenspannung und die freigesetzte Leistung im zeitlichen Verlauf (Bild 3).

Die grossen, während der Kurzschlussdauer gebildeten Gas- und Russmengen bewirkten eine sehr starke Längsströmung im Rohr, welche vereinzelt zu Überschlägen an der Stromzuleitung führten. Bei nur schwach leitendem Zündkanal (herausgefallene Metallspäne) zeigten die Spannungsspitzen während den ersten Halbwellen erkennbare Löschversuche (Bild 3).

Eingesetztes Versuchsmaterial

Versuchsdaten:
NOK: 10 kA, 1,0 s; Kabel 1 × 500 mm² Cu, 110/64 kV, BIL 550 kV
EWZ: 25 kA, 0,2 s; Kabel 1 × 300 mm² Cu, 150/87 kV, BIL 750 kV

Kabeltypen:
EPR-Kabel mit Cu Wellmantel Typ GCUW-T
EPR-Kabel mit Cu Schichtenmantel Typ GFCU-CUT
XLPE-Kabel mit Cu Wellmantel Typ XCUW-T
XLPE-Kabel mit Cu Schichtenmantel Typ XFCU-CUT
XLPE-Kabel mit Al Schichtenmantel Typ XFAL-ALT

Kabelmäntel:
Polyäthylen

Rohre:
d = 163/150 mm

Rohrtypen:
NOK: PE, schwarz mit roten Streifen
EWZ: PE weich, schwarz
HDPE/LDPE/HDPE dreischichtig, weiss / schwarz / weiss
HDPE schwarz mit weisser Oberfläche
PVC hart, grau (d = 154/150 mm, verwendet bis 1974)

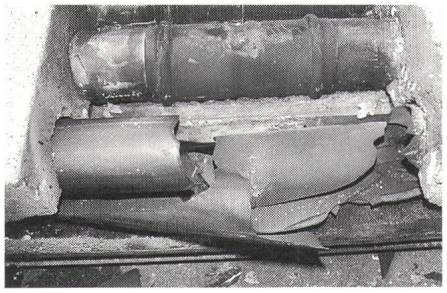


Bild 4 Rohrblock mit PVC-Rohren
Die abgesplitterten Rohrscherben sind leicht zu erkennen

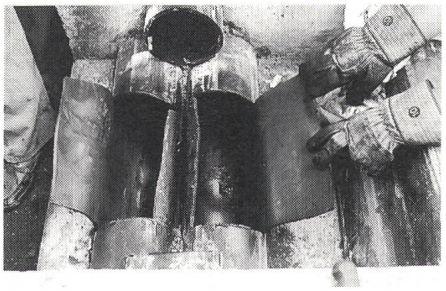


Bild 5 Rohrblock mit HDPE-Rohren
Das schwarze HDPE-Rohr wurde bei 10 kA, 1,0 s knapp durchgebrannt, das anliegende Nachbarrohr blieb unbeschädigt

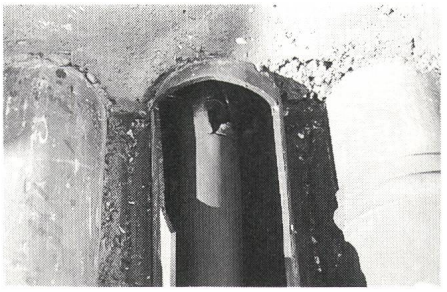


Bild 6 Rohrblock mit PE-Rohren
PE-Rohre verhalten sich im Kurzschlussfall einwandfrei

Der (im Normalfall unrealistische) Sauerstoffzutritt am offenen Rohrende liess vereinzelt die Kabelisolation weiterschwelen. Die Aussagekraft der Versuche ist insgesamt jedoch sehr gut.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Obwohl in allen Fällen der Leiter vollständig und das Dielektrikum erheblich abgebrannt waren, erwiesen sich die Folgeschäden als geringfügig. Der Einfluss unterschiedlicher Isolationen oder Metallschirme auf den Schaden war vernachlässigbar.

Verklebungen oder Verschweissungen zwischen Kabel und Kunststoffrohr traten überhaupt nicht auf, und die Kabel konnten problemlos herausgezogen werden. Allerdings müsste im Betriebsfall ein Kabel vor dem Ausziehen am hinteren Ende mit einem zweiten Zugseil gesichert werden, da es am Kurzschlussort zerreissen kann.

Die früher verbreiteten PVC-Rohre erwiesen sich im Versuch als unbefriedigend. An der Fehlerstelle zerbarsten Rohr und Block. Das durchgehende Rohr war vollständig beschädigt (Bild 4). Bei einem gleichen Kurzschlussfall im Netz sind in der Umgebung des normalerweise eingegrabenen Blockes keine Schäden zu befürchten. Die notwendige Reparatur müsste hingegen zu erheblichen Bauarbeiten führen.

Dieses negative Verhalten gibt einen Hinweis auf die mechanische Wirkung des Kurzschlusses. Das im Lichtbogen sich zersetzende Polymer (von Kabelisolation und Kabelaussenmantel) bewirkt einen sehr raschen Gasdruckanstieg, der sich kugelförmig ausbreitet und die Rohrwand erreicht. Das sprödharte PVC-Rohr zersplittert unter dem Druck, bevor sich dieser in Längsrichtung abbaut. Lose Rohrteile können sich im Hohlraum verkeilen und so das Auswechseln beschädigter Kabel erschweren oder gar verunmöglichen (siehe Bild 4). Die im Versuch nicht realisierte Längsdichtung am Rohrende übt keinen erheblichen Einfluss auf die Ergebnisse aus. In der Betriebsanordnung ist das Rohr ohnehin nur am Muffenschacht abgedichtet, die Druckentlastung in Längsrichtung ist hingegen auf der übrigen Strecke gewährleistet.

Im Gegensatz zu den PVC-Rohren verhielten sich die heute verwendeten PE-Rohre unter den vorgegebenen Versuchsbedingungen gut bis einwandfrei (Bilder 5 und 6). Die Schäden beschränkten sich auf einen örtlichen Oberflächenabbrand von 100–200 cm^2 oder einen Durchbrand von einigen cm^2. Verwerfungen oder Ablösungen der Rohrwand waren nicht zu beobachten. Der Beton wurde nicht beschädigt.

Das Dreischicht-Rohr und das weiss eingefärbte HDPE-Rohr verhielten sich bei 25 kA, 0,2 s sehr gut, mit geringem, gleichmässigem Abbrand und kleinflächiger Perforation. Das schwarze PE-Rohr genügt gleichen Beanspruchungen, wenn auch mit etwas grösserem Abbrand.

Die ungefähr 6 mm starken PE-Rohre widerstehen, im Gegensatz zum PVC-Rohr, den auftretenden Druckspitzen und bleiben trotz eventueller Sengschäden normal benutzbar. Somit können Kabel nach einem Kurzschluss in solchen Rohrblöcken problemlos ersetzt werden.

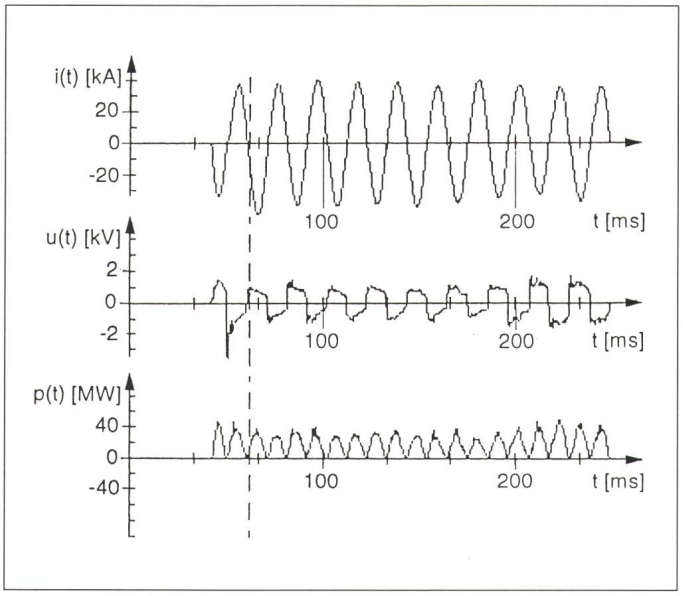
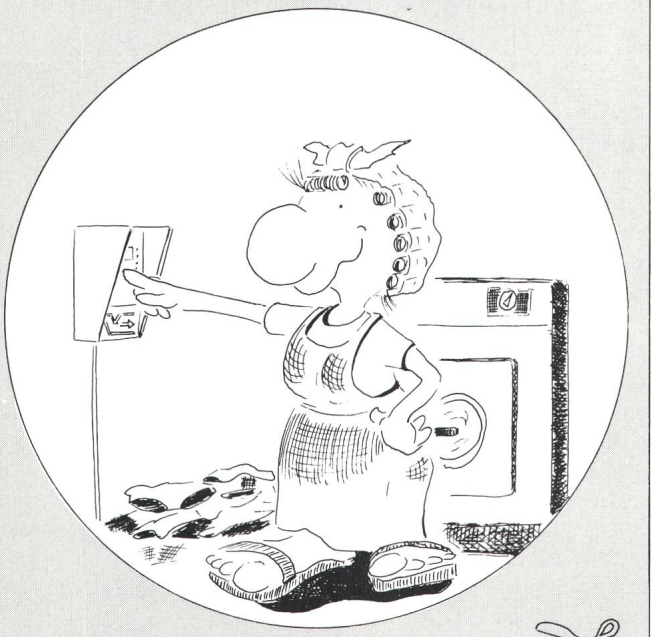
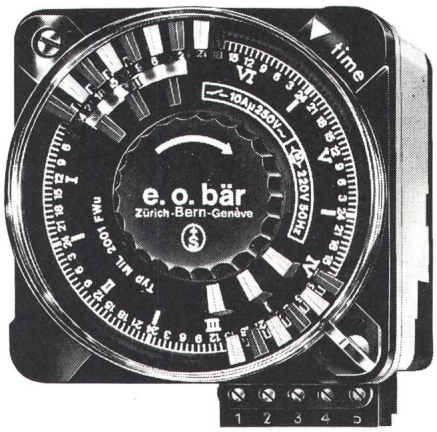


Bild 3 Beispiel eines Kurzschlussversuchs
Das Bild zeigt den zeitlichen Verlauf des Stroms $i(t)$, der Lichtbogenspannung $u(t)$ und der Leistung $p(t) = i(t) \cdot u(t)$

Dank: Die Autoren danken den Kabelwerken Brugg Kabel AG, Câbles Cortaillod Energie et Télécommunications und Câbleries & Tréfileries de Cossonay SA für ihre Unterstützung.



Münz-
automaten
Verit Electric AG
5502 Hunzenschwil
Tel. 064/47 20 12 Fax. 064/47 22 00
Name
Firma
Strasse
PLZ/Ort
Telefon
B



Schaltuhren

(und Stundenzähler)

sind unsere Spezialität

e.o.bär

3000 Bern 13
Postfach 11
Wasserwerkgasse 2
Telefon 031/22 76 11

Wir optimieren

Elektro-Energie-Verbräuche und senken damit Kosten kompetent und zuverlässig -seit 1965- warum nicht auch

für Sie Energieverbräuche

detron ag 4332 Stein

4332 Stein Tel. 064-63 16 73

500

Elektrizitätswerke der Schweiz

werden mit dem Bulletin SEV/VSE bedient (das dort intern zirkuliert).

Ihre Werbung am richtigen Platz:
Im Bulletin SEV/VSE.

Wir beraten Sie gerne. Tel. 01/207 86 32