Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse

Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik

Band: 95 (2004)

Heft: 3

Artikel: Fehlerlokalisierung und -freischaltung in Mittelspannungs-Freileitungsnetzen

Autor: Schmid, Roland / Burkart, Edgar

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-857911

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. Siehe Rechtliche Hinweise.

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. Voir Informations légales.

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. See Legal notice.

Download PDF: 26.04.2025

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

Fehlerlokalisierung und -freischaltung in Mittelspannungs-Freileitungsnetzen

Der Einsatz von intelligenten Fehlerstromanzeigern ermöglicht ein schnelles Lokalisieren des Fehlerorts

Die Statistik des Verbands Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen[1)] (VSE) über den mittleren Verkabelungsgrad zeigt, dass in den Schweizer Mittelspannungsnetzen nach wie vor ein relativ grosser Freileitungsanteil besteht: bei den insgesamt 250 000 km Mittelspannungs- und Niederspannungsleitungen liegt er bei rund 20%. Da die Fehlerhäufigkeit in Freileitungsnetzen grösser ist als in Kabelnetzen – wobei Erdschlüsse dominieren – müssen im Fehlerfall unabhängig von der Fehlerart eine schnelle Fehlerlokalisierung und eine schnelle Freischaltung vorgenommen werden können. Somit drängt sich der Einsatz intelligenter Fehlerstromanzeiger auf. Die verfügbaren Produkte bieten ein attraktives Kosten/Nutzen-Verhältnis, können ohne Abschaltung der Freileitung an der Holzstange bzw. am Mast montiert werden und benötigen wenig Unterhalt.

Da im Niederspannungsbereich der Kabelanteil durchschnittlich höher liegt als bei Mittelspannungsnetzen, dürfte der Freileitungsanteil im Mittelspannungsbereich durchschnittlich bei etwa 25% liegen. Freileitungen kommen hauptsächlich in ländlichen Regionen zum Einsatz. Da mittlerweile auch die dort ansässigen Kunden vermehrt auf eine zuverlässige Versorgung mit elektrischer Energie angewiesen sind, ist eine möglichst kurze Netzabschaltdauer von wachsender Bedeutung.

Roland Schmid, Edgar Burkart

Störungsstatistiken zeigen, dass Freileitungen pro Längen- und Zeiteinheit gegenüber Kabelleitungen störungsanfälliger sind, jedoch den Vorteil haben, dass sich Schäden schneller beheben lassen. Bei diesen Störungen treten mehr Erdschlüsse als Kurzschlüsse auf.

Daraus ergibt sich, dass rein statistisch gesehen ein grosses Bedürfnis vorhanden sein muss, Hilfsmittel einsetzen zu können, die eine schnelle Störungslokalisierung und Störungsbehebung in Freileitungsnetzen ermöglichen. Im Kabelnetzbereich werden als Basis einer möglichst selektiven Fehlererkennung und zur Leitungsabschaltung Trafostationen mit Leistungsschaltern und Schutzgeräten eingesetzt. Im Freileitungsbereich wurden die Investitionen in der Vergangenheit in der Regel unterdurchschnittlich tief gehalten. Dem Bedürfnis nach einer kostengünstigen Lösung für eine effiziente und schnelle Fehlereingrenzung in Freileitungsnetzen auch in schlecht zugänglichem Gelände können intelligente Fehlerstromanzeiger Rechnung tragen.

Netzschutz-Konzept als Basis des Einsatzes

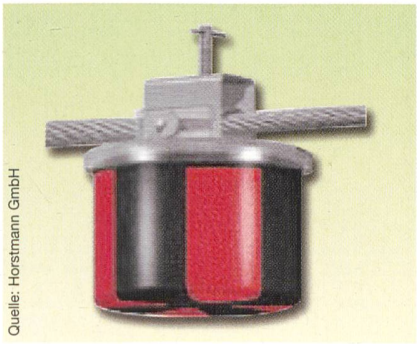
Die Planung des Einsatzes von Fehlerstromanzeigern in Freileitungsnetzen sollte auf einer gesamten Analyse des Mittelspannungsnetzes und einem klar definierten Schutzkonzept basieren, das die Bedürfnisse des Kurzschluss- und Erdschlussschutzes im entsprechenden Netz eindeutig definiert.

In der Regel sind Freileitungsstrecken durch einen Leistungsschalter in Kombination mit einem Schutzrelais in der «letzten» Trafostation des Kabelnetzteiles geschützt. In der Fortsetzung des Netzes weisen Freileitungsabschnitte üblicherweise keine dazwischenliegenden Leistungsschalter mehr auf, sondern nur Freileitungsstreckentrenner.

Bei einem Fehler im Freileitungsnetzteil löst das Schutzgerät in der «letzten» Trafostation den zugehörigen Leistungsschalter aus; der Freileitungsnetzteil wird somit spannungslos.

Da in Freileitungsnetzen wie bereits erwähnt mehrheitlich mit Erdschlüssen zu rechnen ist und sich diese oft «selbst heilen» (z.B. der Ast eines Baumes berührt einen Leiter, ein Vogel berührt Leiter und Mast), wird in der Regel im Anschluss an eine Fehlerabschaltung die Freileitung wieder zugeschaltet.

Bleibt der Fehler bestehen, löst das Schutzgerät erneut den Leistungsschalter aus. Entsprechend muss der Fehlerort gesucht und freigeschaltet werden. Dies geschieht in der Regel so, dass schrittweise über das Betätigen der Streckentrenner Netzteil für Netzteil weggeschaltet wird, bis der fehlerbehaftete Netzteil vom zuzuschaltenden Netzteil isoliert ist und bei einer nachfolgenden Zuschaltung somit



Quelle: Horstmann GmbH

Bild 1 Kurzschlussanzeiger Horstmann, Typ FKA 155

keine erneute Schalterauslösung stattfindet.

Dieses schrittweise Eingrenzen des Fehlerorts hat einerseits den Nachteil, dass es bei verzweigten Netzteilen relativ lange dauern kann und dass bei jeder Kurzschlussabschaltung auch kurze Spannungseinbrüche im Restnetz auftreten.

Hat sich im anderen Falle der Erdschluss durch die Abschaltung der Netzspannung selbst bereinigt, ist die Ursache des Erdschlusses in der Regel nur schwierig eruierbar. Um die mögliche Ursache klar eingrenzen zu können, wäre deshalb eine Eingrenzung des möglichen Fehlerorts auf einen Netzabschnitt von Vorteil.

Funktionale Unterschiede von Fehlerstromanzeigern

Wie bereits vorgängig erwähnt, muss ein Fehlerstromanzeiger (Bild 1) sowohl Erdschlüsse wie auch Kurzschlüsse von normalen Betriebssituationen unterscheiden können. In der Vergangenheit wurden in Freileitungsnetzen bereits vereinzelt Kurzschlussanzeiger eingesetzt. Diese Anzeiger werden direkt auf den Leitern montiert, stehen somit unter Spannung und erkennen einen Fehlerstrom auf Grund von Änderungen des Magnetfelds um den Leiter.

Diese traditionellen Anzeiger arbeiten auf elektromechanischer Basis und weisen Anzeigemöglichkeiten mit begrenzter Erkennbarkeit auf. Zudem sind sie vom Konstruktionsprinzip her nur geeignet, Kurzschlüsse zu erkennen; Erdschlüsse können in der Regel nicht zuverlässig detektiert werden.

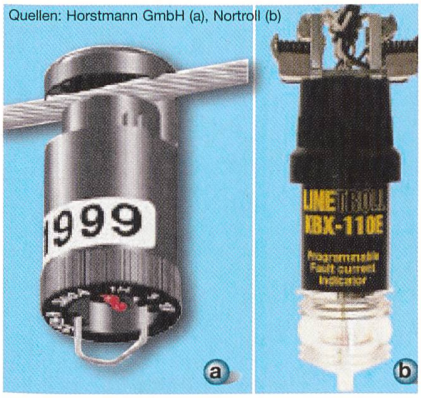


Bild 2 Intelligente Fehlerstromanzeiger

Bild 2a: Kurzschlussanzeiger vom Typ Horstmann FKA 333. Er wird auf dem Leiter befestigt und kann zwischen Last- und Kurzschlussströmen unterscheiden.
Bild 2b: Fehlerstromanzeiger vom Typ LineTroll 110 E. Er kann auf den Leiter aufgeschnappt werden und ist in der Lage, zwischen Last-, Kurzschluss- und Erdschlussströmen zu unterscheiden.

Eine Weiterentwicklung dieses Prinzips stellen intelligente Fehlerstromanzeiger dar, die ebenfalls auf den Leiter aufgeschnappt werden, jedoch neben dem Magnetfeld des Fehlerstroms auch das elektrische Feld erfassen und die zeitliche Veränderung di/dt des Leiterstroms auswerten. Diese Geräte sind deshalb in der Lage, Erdschluss- und Kurzschlussströme von normalen Lastströmen zu unterscheiden. Sie weisen allerdings den Nachteil auf, dass jeweils drei solcher Anzeiger pro Einsatzpunkt montiert werden müssen. In Bild 2 sind entsprechende Anzeiger unterschiedlicher Hersteller dargestellt.

Da diese Anzeiger über eine Elektronik verfügen, ist die Fremdspeisung über eine Batterie erforderlich. Auf Grund des sehr geringen Energiebedarfs kann bei den eingesetzten Lithium-Batterien von einer Lebensdauer von etwa 8 Jahren ausgegangen werden. Die Fremdspeisung erlaubt zudem die Verwendung von weithin sichtbaren Anzeigeelementen wie etwa Xenon-Blitzeinheiten oder LED-Anzeigeelementen.

Eine Weiterentwicklung dieses Anzeigeprinzips stellen Fehlerstromanzeiger dar, die unterhalb der Leiter am Mast montiert werden (Bild 3). Dabei erfasst ein einziger Fehlerstromanzeiger das resultierende Magnetfeld aller drei Phasenleiter und das elektrische Feld. Durch die Auswertung der Messgrössen *Magnetfeld* und *elektrisches Feld* wird detektiert, ob ein Erdschluss oder ein Kurzschluss aufgetreten ist, oder ob es sich um zulässige Lastströme handelt. Über die Auswertung des elektrischen Feldes lässt sich das Anzeigeverhalten des Fehlerstromanzeigers beeinflussen. Unterschiedliche Betriebsarten sind dabei programmierbar: So kann etwa die Signalgebung abgebrochen oder über definierbare Zeitperiode weitergeführt werden, sobald die Netzspannung zurückkehrt.

Der Nachteil solcher Anzeiger ist, dass sie beim Erdschluss keine Richtungserkennung vornehmen können. Dies kann bei Netzkonstellationen, bei denen grössere Kabelnetzbereiche mittels Freileitung in Verbindung stehen, zum Problem werden. Ein entsprechendes Beispiel ist in Bild 4 dargestellt.

Für den Einsatz in solchen Netzkonfigurationen wurde deshalb ein Fehlerstromanzeiger entwickelt, der zusätzlich zur Fehlererkennung im Erdschlussfall auch die Richtung detektieren kann (Bild 5).

Die Richtungsinformation wird mittels unterschiedlich farbiger LED-Anzeigen (grün bzw. rot) am Anzeiger dargestellt. Der Fehlerstromanzeiger ist so konzipiert, dass neben der Erfassungselektronik und den Anzeigeelementen auch zusätzliche funktionale Komponenten zur Meldung der erfassten Fehler eingebaut werden können – beispielsweise Meldeeinheiten, die auf Funk, Mobiltelefonie oder Signalleitungsankopplung basieren. Dadurch sind die Informationen über die Fehlererkennung nicht nur vor Ort über die optischen Anzeigeelemente verfügbar, sondern können zentral an einem allenfalls vorhandenen Netzleitsystem zur Anzeige gebracht oder an einer einfachen zentralen Bedien- und Überwachungseinheit aufgeschaltet werden.

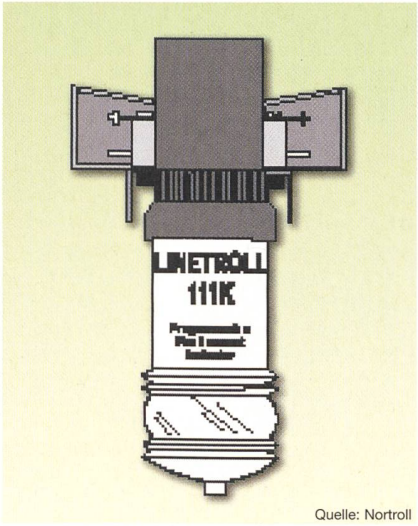


Bild 3 Fehlerstromanzeiger

Fehlerstromanzeiger vom Typ Nortroll 111 K. Er wird etwa 2 m unterhalb der Leiter an der Holzstange bzw. am Betonmast montiert und kann – wie der in Bild 2b dargestellte Anzeiger LineTroll 110 E – ebenfalls zwischen Last-, Kurzschluss- und Erdschlussströmen unterscheiden.

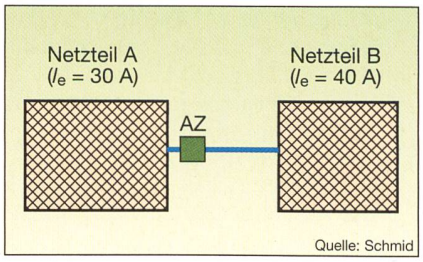


Bild 4 Richtungserkennung bei Erdschlüssen

Das dargestellte Netz besteht aus den beiden über eine Freileitung verbundenen Netzteilen A (I_e = 30 A) und B (I_e = 40 A). Der Kabelanteil im Netzteil A führt zu einem Erdschlussstrom von 30 A, jener im Netzteil B zu einem Erdschlussstrom von 40 A.
Bei einem Erdschluss im Netzteil A sieht der Anzeiger (AZ) einen Fehlerstrom von 40 A, bei einem Erdschluss in Netzteil B einen Strom von 30 A. Ein ungerichtet detektierender Anzeiger – beispielsweise der in Bild 3 dargestellte Typ 111K – kann somit die beiden Fehlerorte nicht unterscheiden und spricht bei beiden Situationen an, was zu verwirrenden Aussagen führen kann.

Bild 5 Fehlerstromanzeiger vom Typ Linetroll 3500

Dieser Fehlerstromanzeiger wird unterhalb der Leiter auf der Holzstange bzw. dem Betonmast montiert und kann zwischen Last-, Kurzschluss- und Erdschlussströmen gerichtet unterscheiden.

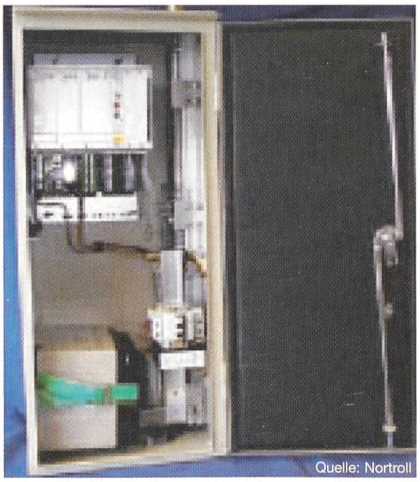


Bild 6 Nachrüstbarer Motorantrieb für Freileitungsstreckentrenner

Der Antriebsmotor, die Batterien und die Steuer- und Kommunikationselektronik sind in einem Steuerschrank eingebaut. Die Speisung der Batterien kann über Photozellenpanel oder einem eigenen einpoligen Spannungswandler erfolgen. Der Freileitungsstreckentrenner wird am Mastkopf montiert.

Die Freileitungsstreckentrenner können zusätzlich mit einem Motor versehen werden. Damit lassen sich zentral gesteuert innerhalb kurzer Zeit fehlerbehaftete Freileitungsabschnitte erkennen, eingrenzen und vom Netz trennen (Bild 6).

Für die Einführung eines Überwachungs- und Bediensystems in Freileitungsnetzen, welches auf intelligenten vor Ort eingesetzten Fehlerstromanzeigern basiert, müssen drei Kriterien erfüllt sein:

- eine Einrichtung der Datenübertragung vom Fehlerstromanzeigegerät zur Betriebszentrale muss vorhanden sein;
- bestehende Streckentrenner müssen auf Fernbedienung umgebaut werden;
- die Integration der Anzeiger und Bedieneinheit in das Netzleitsystem oder die Aufschaltung in eine spezielle Bedien- und Überwachungseinheit muss möglich sein.

Fehlerstromanzeiger, Einsatzbereiche und Technik

Einsatz

Bild 2b zeigt einen Fehlerstromanzeiger der Produktfamilie *LineTroll*. Von dieser in Norwegen entwickelten Produktfamilie stehen seit Jahren einige tausend Anzeiger im Einsatz. Die Konstruktion der Anzeiger und die Materialwahl haben sich unter den harten Rahmenbedingungen des Einsatzes bestens bewährt. Durch den Einsatz der Fehlerstromanzeiger soll eine schnelle Fehlerlokalisierung und -freischaltung sowie die schnelle Wiederherstellung der Versorgung mit elektrischer Energie sichergestellt und Ausfälle bei Kunden auf ein Minimum reduziert werden.

Die Fehlerstromanzeiger werden zwei bis drei Meter unterhalb der Spannung führenden Leiter an der Holzstange bzw. am Mast montiert, wobei entsprechende Montagehilfsmittel zur Verfügung stehen. Auf Grund dieses Montageabstandes muss die Freileitung nicht zwingend für die Montage spannungsfrei geschaltet werden.

Bei der Platzierung der Fehlerstromanzeiger im Netz sollte die Lage der verfügbaren Streckentrenner berücksichtigt werden. Die Anzeiger werden dann in der Regel so angebracht, dass sie bereits aus einer gewissen Distanz sichtbar sind. Für die Eingrenzung von Fehlern und die Freischaltung in verzweigten Netzabschnitten drängt es sich zudem auf, jeweils am Verzweigungspunkt Anzeiger zu installieren.

Bei längeren Leitungsführungen durch Waldgebiete kann es ferner hilfreich sein, vor und nach der Waldquerung einen Anzeiger zu montieren. So lässt sich ein allfälliger Fehler in diesem speziellen Abschnitt einfacher eingrenzen.

Aufbau und Funktion

Die Fehlerstromanzeiger Typ 111K und Typ 3500 der Familie LineTroll unterscheiden sich bezüglich ihrer Funktionalität darin, dass letzterer den Erdschlussfehlerstrom gerichtet erkennen kann. Die Richtungsinformationen werden dabei mit Hilfe unterschiedlich farbiger Leuchtdioden angezeigt. Der Fehlerstromanzeiger erfasst das resultierende magnetische Feld unterhalb der Spannung führenden Leiter. Die Leiteranordnung selbst ist dabei nicht von funktionaler Bedeutung, d.h. die Anzeiger funktionieren sowohl bei Leiteranordnungen, wie sie typisch für Holzstangenleitungen sind, als auch bei Leiteranordnungen in Ebene (z.B. im Bereich von Streckentrennern).

Einschränkungen beim Einsatz bestehen hingegen, wenn beispielsweise eine Mittelspannungsfreileitung gemeinsam mit einer Hochspannungsleitung auf demselben Gestänge geführt wird. Auch darf der Anzeiger nicht direkt unterhalb von Verzweigungspunkten installiert werden, da sich dabei die elektrischen und magnetischen Felder der beiden Leitungssysteme überlagern. Ebenfalls ist die Verwendung bei Vierleiter-Niederspannungsfreileitungen nicht möglich, da beispielsweise bei einem einpoligen Fehler ein Teil des Rückstromes über den vierten Leiter sich mit dem Strom des fehlerbehafteten Leiters überlagert und so

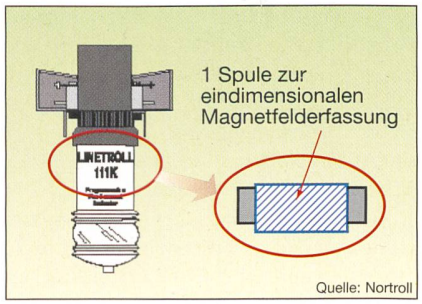


Bild 7 Aufbau des Fehlerstromanzeigers Typ LineTroll 111K

Der Fehlerstromanzeiger LineTroll 111K verfügt über nur eine Spule zur eindimensionalen Erfassung des Magnetfelds

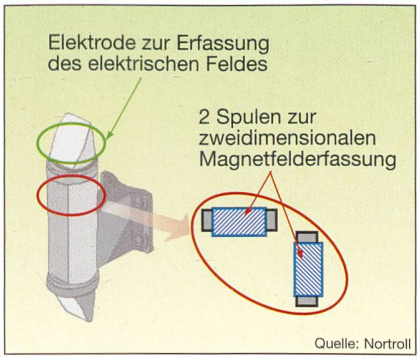


Bild 8 Aufbau des Fehlerstromanzeigers Typ LineTroll 3500

Mit seinen zwei Spulen kann der Fehlerstromanzeiger LineTroll 3500 das Magnetfeld zweidimensional erfassen. Zudem verfügt er über eine Elektrode zur Messung des elektrischen Felds.

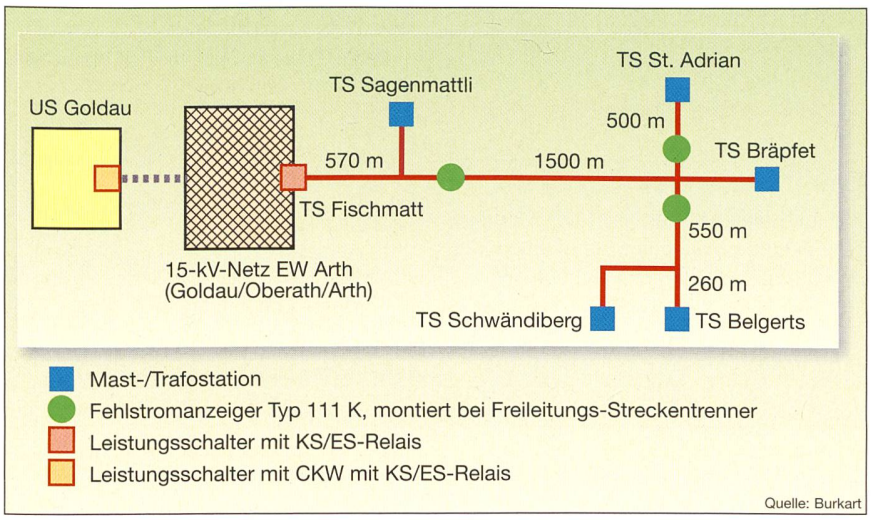


Bild 9 Schematische Darstellung des Freileitungsnetzteiles Rufiberg des EW Arth
CKW: Centralschweizerische Kraftwerke; ES: Erdstrom; KS: Kurzstrom; TS: Trafostation; US: Unterstation

eine zuverlässige Fehlererkennung verunmöglicht.

Wie bereits erwähnt, erfassen die Fehlerstromanzeiger das magnetische Feld unterhalb der Leiteranordnung. Das Prinzip ist für die beiden Anzeiger LineTroll 111K und LineTroll 3500 in den Bildern 7 und 8 dargestellt.

Die Elektronik der Anzeiger wertet nun nicht nur die Amplitude des gemessenen Magnetfelds B, sondern auch seine zeitliche Veränderung dB/dt aus.

Der Anzeiger vom Typ 3500 berechnet die symmetrischen Komponenten des gemessenen Magnetfelds und wertet daraus die Nullsystemanteile aus. Ebenfalls ausgewertet werden spezifische Frequenzanteile und die Phasenlage zwischen den gemessenen magnetischen und elektrischen Feldern. Die Ansprechgrenze für das Erfassen von Fehlerströmen liegt in der Regel bei etwa 10 A und wird durch die Leiteranordnung und den Abstand zwischen Leiter und Anzeiger beeinflusst.

Über verschiedene im Innern des Anzeigers angebrachte Mikroschalter lassen sich Ansprechgrenze und Verhalten im Fehlerfalle allgemein einstellen, weshalb es hilfreich ist, den Einsatz der Fehlerstromanzeiger im Zusammenhang mit einer Netz- und Schutzanalyse festzulegen. Um die Parametrierung so vornehmen zu können, dass der Anzeiger im Einsatz zuverlässig funktioniert, müssen von den Last-, Kurzschluss- und Erdschlussströmen jeweils die zu erwartenden Minimal- und Maximalwerte bekannt sein. Die Anzeiger können so eingestellt werden, dass sie im Fehlerfall entweder eine bestimmte Zeit lang blinken, dass nur die LED anzeigt oder nur der Xenon-Blitz aktiv ist. Auch die Funktion der Anzeige selber kann überprüft werden. Weiter kann vorgegeben werden, dass der Anzeiger nach der Rückkehr der Spannung in den Grundzustand zurückfällt. Für alle diese Einstellungen sind kostengünstige Prüf- und Rücksetzgeräte für die unterschiedlichen LineTroll-Typen verfügbar.

Beispiel des Einsatzes von Fehlerstromanzeiger im Netz des Elektrizitätswerks Arth

Das Elektrizitätswerk (EW) Arth wird von der politischen Gemeinde Arth seit 1905 als öffentlich-rechtliches Dienstleistungsunternehmen geführt. Versorgt werden die Dörfer Arth, Oberarth und Goldau. Seit Bestehen des Werks erfolgt die Energielieferung durch das EW Altdorf. Der Energiebezug erfolgt dabei auf der Spannungsebene 15 kV ab der Unterstation Goldau der Centralschweizerischen Kraftwerke (CKW). Kurzschlüsse und Erdschlüsse werden von der CKW ab- und auch wieder eingeschaltet.

Das 15-kV-Netz des EW Arth besteht aus rund 25 km Kabelleitungen und 14 km Freileitungen. Die Freileitungsabschnitte liegen im Wesentlichen in der Netzperipherie und dienen zur Versorgung mehrheitlich landwirtschaftlicher Kunden.

Die Freileitungsabschnitte werden in der letzten mit Kabel erschlossenen Trafostation über einen Leistungsschalter gespeist, der über ein Schutzgerät für die Erfassung und das Abschalten von Kurz- und Erdschlüssen verfügt.

Mit dem Ziel einer schnellen Fehlerlokalisierung und einer schnellen anschliessenden Wiederherstellung der Energieversorgung hat das EW Arth den Einsatz von Fehlerstromanzeigern beschlossen. Um die Fehlerstromanzeiger entsprechend den Einsatzbedingungen im Netz parametrieren zu können, müssen die relevanten Netzdaten bekannt sein. Diese wurden im Rahmen einer Netzanalyse bestimmt.

Netzteil Rufiberg, Arth

Bei einem der drei mit Fehlerstromanzeigern bestückten Netzteile handelt es sich um die Versorgung von fünf Trafostationen. Die Netzkonstellation ist in Bild 9 schematisch dargestellt.

Bei einem Fehler (Kurz- oder Erdschluss) im Freileitungsnetzteil Rufiberg wird der Fehler vom Schutzgerät in der Unterstation Goldau erkannt, und der zugehörige Leistungsschalter wird ausge-

Localisation des pannes et leur déconnexion dans les réseaux moyenne tension à lignes aériennes

L'utilisation d'indicateurs intelligents de courant de défaut permet de localiser rapidement le défaut

Les statistiques de l'Association des entreprises électriques suisses (AES) sur le taux moyen de câblage indique qu'il y a encore en Suisse une part relativement élevée de lignes aériennes, à savoir environ 20% sur les 250000 km de lignes moyenne et base tension. Etant donné que les défauts sont plus fréquents sur les réseaux à lignes aériennes que sur les réseaux câblés – avec prédominance des courts-circuits à la terre – il faut pouvoir localiser et déconnecter le défaut rapidement indépendamment du type de panne. L'utilisation d'indicateurs intelligents de courant de défaut s'impose. Les produits disponibles offrent un rapport coût/utilité intéressant, ils peuvent se monter sur le poteau ou le pylône sans qu'il soit nécessaire de couper la ligne et n'exigent que peu d'entretien.

löst. Gleichzeitig mit der Fehlererkennung in der Unterstation Goldau wird der Fehler vom Schutzgerät in der Trafostation Fischmatt erkannt. Auch dort wird der zugehörige Leistungsschalter ausgelöst. Nun erfolgt in der Unterstation Goldau eine automatische Wiedereinschaltung. Da der fehlerbehaftete Netzteil in der Trafostation Fischmatt vom Netz getrennt wurde, erfolgt keine weitere Abschaltung. Das 15-kV-Netz Art ist somit wieder unter Spannung. Im Freileitungsnetzteil muss nun der Fehler allerdings noch lokalisiert und freigeschaltet werden. Dank der Fehlerstromanzeiger lässt sich der fehlerbehaftete Netzteil zeiteffizient eingrenzen und vom übrigen Netz trennen. Anschliessend kann in der Trafostation Fischmatt der Freileitungsnetzteil Rufiberg wieder zugeschaltet werden.

Erfahrungswerte

Rund neun Monate nach der Montage der Fehlerstromanzeiger trat in einem der mit diesen Anzeigern bestückten Netzteil des EW Arth auf einer Holzstange ein Erdschluss auf. Der dem Fehler vorgelagerte Fehlerstromanzeiger vom Typ Nortroll 111K hat den Erdschluss zuverlässig erkannt und den fehlerbehafteten Abschnitt signalisiert.

Angaben zu den Autoren

Roland Schmid, Dr. sc. techn. ETH, war während rund 15 Jahren in unterschiedlichen Funktionen bei Versorgungsunternehmen und Lieferanten im Bereich der Stromübertragung und -verteilung tätig. Seit Beginn 2002 ist er Partner der Firma EcoWatt Projects AG in Altendorf.
EcoWatt Projects AG, CH-8852 Altendorf, dr_schmid@bluewin.ch

Edgar Burkart, El.Ing.HTL, ist seit rund 25 Jahren in verschiedenen Funktionen im Bereich Stromverteilung tätig. Seit 1989 ist er Betriebsleiter der Gemeindewerke Arth.
Gemeindewerke Arth, Gotthardstrasse 21; CH-6415 Arth, edgar.burkart@gw-arth.ch

[1] www.vse.ch/de/internet/networkcontrolstation.html

Einladung an unsere Leserinnen und Leser:

Verdi-Oper «Don Carlo» im Opernhaus Zürich

mit Backstage-Führung und Einführung ins Werk

Programm

17.30 Uhr Treffpunkt bei der Garderobe rechts. *Dietbert Reich,* ehemaliger Chefdramaturg im Opernhaus Zürich, weiht Sie während der Backstage-Führung in die Geheimnisse hinter den Kulissen des Opernhauses ein.
Mündliche Einführung ins Werk «Don Carlo»und anschliessend ein Glas Champagner.

19.00 Uhr Beginn der Oper «Don Carlo»

22.30 Uhr Ende

Preise

Beste Kategorie	Fr. 270.–	
Mittlere Kategorie	Fr. 216.–	(plus Fr. 8.– Versandkosten)
Günstigere Kategorie	Fr. 184.–	

Sind Sie interessiert? Dann bitte untenstehenden Talon ausfüllen und einsenden an:

Electrosuisse, Redaktion Bulletin, Postfach, 8320 Fehraltorf, Fax 01 956 11 22

Anmeldeschluss: 25. März 2004

Ja, ich nehme an der Leseraktion «Don Carlo» teil und bestelle verbindlich:

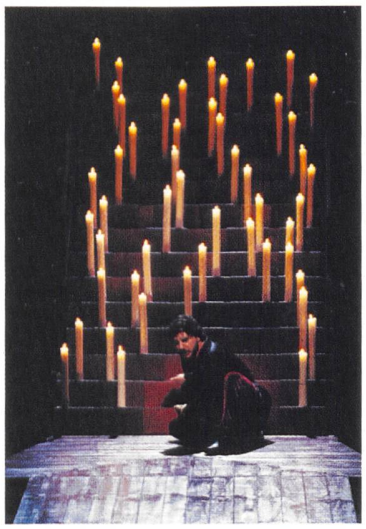
☐ Karten inkl. Einführung der Kategorie: ❑270.– ❑216.– ❑184.–

Name, Vorname:

Adresse

PLZ, Ort

Kreditkartennummer gültig bis



Zwanzig Jahre lang hat sich der Komponist mit seinem «Don Carlo» beschäftigt, so dass die Oper in nicht weniger als sieben Fassungen vorliegt.

In der Zürcher Inszenierung, die das Werk in der vieraktigen Fassung von 1884 zeigt, beleuchtet Werner Düggelin im Bühnenraum von Raimund Bauer das Beziehungsgeflecht zwischen den in ihrer Einsamkeit verharrenden Protagonisten. Brodelnde Leidenschaften werden in subtilen Andeutungen und Gesten eingefangen: die Intrigen der Eboli, die Versuche Philipps, Staatspolitik und Sehnsucht in Einklang zu bringen, Elisabeths und Carlos Zerrissenheit zwischen Pflicht und Neigung, Posas politischer Idealismus und die unerbittliche geistliche Macht des Grossinquisitors.