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: 93 (2002)

Heft: 23

Artikel: Prüfen von Erdschlussschutz : korrektes Detektieren von Erdschlüssen : Teil 2

Autor: Aebersold, Andreas

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-855489

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: 13.07.2025

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

Prüfen von Erdschlussschutz

Korrektes Detektieren von Erdschlüssen – Teil 2

Im ersten Teil dieses zweiteiligen Beitrags wurden Zündung sowie Auf- und Entladungsvorgänge bei Erdschlüssen beschrieben und Betrachtungen zu den transienten Abläufen bei der Erdschlussabschaltung angestellt. Im vorliegenden zweiten Teil werden verbesserte wattmetrische Erdschlussrichtungsermittlung für kompensierte und isolierte Netze sowie Hilfsmittel für die Erdschlusserfassung vorgestellt.

Die traditionelle wattmetrische Erdschlussrichtungsbestimmung muss verschiedene, relativ grosse Schwierigkeiten meistern, die darin begründet liegen, dass

Andreas Aebersold

die Wirkleistung nur wenige Prozent der Blindleistung beträgt – was zu einer grossen Empfindlichkeit gegenüber Winkelfehlern (Wandler usw.) führt – und dass bei digitalen Relais für sehr kleine Stromwerte – vor allem bei weiter entfernten Relais – nach der A/D-Wandlung nur wenige Digits als Messwert zur Verfügung stehen (der Digitfehler, der mindestens ±1 beträgt, kann sich negativ auswirken).

Verbesserte wattmetrische Erdschlussrichtungsermittlung für das kompensierte Netz

Das in den untersuchten Netzen eingesetzte Schutzgerät DSRZE 2 der Firma EAW besitzt eine neuartige Erdschlussrichtungsbestimmung, die auf der Basis der Ermittlung und Auswertung von Wirk- und Blindleistung beruht.

Erdschlüsse mit Übergangswiderständen verstärken diese Schwierigkeiten zusätzlich.

Um den Einfluss der erwähnten Probleme zu verringern, wurden verschiedene Massnahmen realisiert. Eine dieser Massnahmen berücksichtigt beispielsweise die Eigenschaft des Netzes, indem an der Erdschlussstelle die Löschdrossel den kapazitiven Blindstrom des Netzes kompensiert. Dieser Kompensationsvorgang

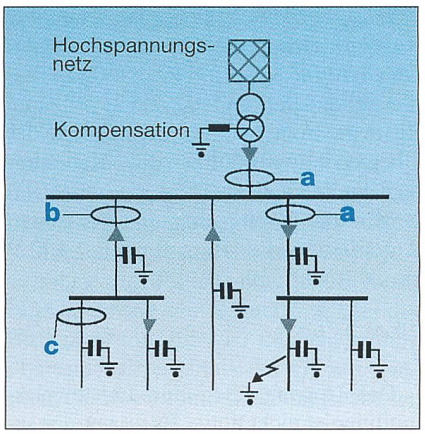

Bild 6 Schematische Darstellung der Richtungsbestimmung

beschränkt sich nicht nur auf die Erdschlussstelle, sondern wirkt sich auch auf die zur Erdschlussstelle führende Leitung aus.

Damit steht für die Schutzgeräte für diese Leitung ein deutlich höheres Verhältnis von Wirkleistung P_0 zu Blindleistung Q_0 zur Verfügung als bei den erdschlussbehafteten Leitungen (Bild 6). Das wird zur Bildung eines Bewertungsfaktors f_B benutzt. Er hat die Eigenschaft, dass er bei einem bestimmten Verhältnis der Beträge von P_0 und Q_0 zu 1 gesetzt wird und bei weiterer Steigerung des Verhältnisses bis zu seinem Maximalwert 4 anwächst[17]. Die Wahl des Verhältnisses erfolgt dabei so, dass Erdschlüsse auf der zugehörigen Leitung zu einem Faktor $f_B \geq 1$ führen. Erdschlussfreie Leitungen bewirken dagegen wegen des kleineren Verhältnisses ein $f_B < 1$. Ein grosser Faktor f_B bedeutet hohe Zuverlässigkeit des getroffenen Richtungsentscheides.

Bild 7 zeigt ein stark vereinfachtes Ersatzschaltbild für einen Erdschluss. Wird der kapazitive Netzblindstrom durch den induktiven Strom der Kompensationsdrossel kompensiert, so besitzt der aus L_N und C_N gebildete Sperrkreis die Impedanz ∞. R_F stellt den Widerstand des Erdschlusses dar, R_N ist der Wirkwiderstand und I_{rw} der Wirkreststrom des Netzes (Formel 1).

$$R_N = \frac{U_{0nenn}}{I_{rw}} \qquad (1)$$

Damit lässt sich das Verhältnis der Spannungen U_{0mess} und U_{0nenn} gemäss Formel 2 bestimmen.

$$\frac{U_{0mess}}{U_{0nenn}} = \frac{R_N}{R_N + R_F} \qquad (2)$$

Aus dieser Gleichung ergibt sich, dass – bei vollständiger Kompensation – beispielsweise bei einer Spannung $U_{NEmess} = 0{,}2 \cdot U_{NEnenn} = 20$ V noch ein maximaler Fehlerwiderstand von etwa $4 \cdot R_N$ erfasst werden könnte. Die von den Schutzgeräten zu erfassenden Leistungen betragen aber in diesem Fall nur noch etwa $^1/_{25}$ ihres bei $R_F = 0$ ($U_{NEmess} = U_{NEnenn}$) zu messenden Wertes (U_{NEmess} und U_{NEnenn} sind Sekundärwerte[18]).

Um auch Fehler mit grösserem R_F erfassen zu können, wird ein spannungsabhängiger Faktor f_U eingeführt, der bei einer Verringerung der tatsächlich gemessenen Verlagerungsspannung U_{NEmess} wächst. Der Faktor f_U wird bei U_{NEmess} =

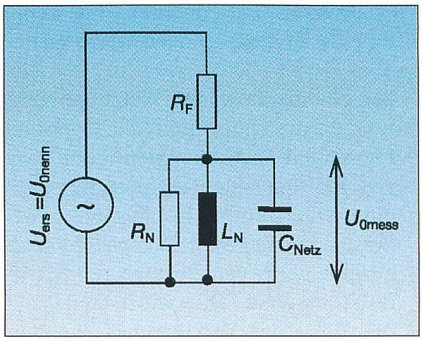

Bild 7 Vereinfachtes Ersatzschaltbild eines kompensierten Netzes

U_{NEnenn} = 100 V zu 1 (100 V ist die Nennspannung des Schutzgeräts).

Das Schutzgerät DSRZE 2 zeigt die Erdschlussrichtung nur dann an, wenn die bewertete Wirkleistung grösser als der Einstellwert P_{EW} ist, also $P_{0mess} \cdot f_B \cdot f_U > P_{EW}$ gilt.

Der Faktor f_B erhöht die Wirkleistungskomponente bei günstiger und senkt sie bei ungünstiger Winkellage. Der Faktor f_U schliesslich sorgt in einem gewissen Bereich dafür, dass die Empfindlichkeitsgrenze des Relais unabhängig vom Übergangswiderstand an der Erdschlussstelle bleibt.

Neben diesen im Schutzgerät DSRZE implementierten Softwaremassnahmen ist eine empfindliche Erdstrommessung über den IN-Wandler[19)] realisiert worden. Dabei wird eine hohe Messgenauigkeit auch bei Erdschlussströmen weit unterhalb des Nennstroms erreicht. Dieser Wandler ist für den Anschluss an Kabelumbauwandler vorgesehen, die ihrerseits prinzipbedingt Falschströme vermeiden.

DSRZE 2 besitzt die Fähigkeit, in Abhängigkeit von Erdschlussort und Erdschlusswiderstand die Messempfindlichkeit optimal anzupassen. Mit dieser besonderen wattmetrischen Erdschlussrichtungserfassung kommt man dem Ziel sehr nahe, Richtungsanzeigen nur in der Umgebung der Erdschlussstelle zu erhalten. Alle ohnehin unsicheren Richtungsangaben in der weiteren Umgebung werden unterdrückt. Als Konvention wird dabei für die Vorwärtsrichtung angenommen, dass das Relais eine Abgabe von Wirkleistung in Richtung Leitung erkennt. Das gilt für alle Fälle, in denen eine Wirkleistung mit positivem Vorzeichen gemessen wird. Die Blindleistung hat keinen Einfluss auf die Bewertung.

Vorzunehmende Einstellungen

Durch die Faktoren $f = f_U \cdot f_B$ kann selbst bei einer – im Vergleich zum Einstellwert – geringeren gemessenen Wirkleistung eine Richtungsausgabe erfolgen, wenn der Entscheid sehr sicher ist ($f > 1$). Das entschärft das Problem der Wahl des Einstellwertes P_{EW} deutlich. Für seine Wahl müssen die folgenden Werte vorliegen:

- der bei ungünstigster Netzkonfiguration existierende minimale Wirkleistungsanteil P_0 des kompensierten Netzes. Er ist für eine Verlagerungsspannung von 100%, d.h. ohne Fehlerwiderstand, anzugeben. Wie nachfolgend gezeigt wird, genügt auch der Wirkreststrom ohne Fehlerwiderstand.
- die Höhe der Verlagerungsspannung U_{NE}, ab der eine Richtungsermittlung stattfinden soll.
- die Zeitdauer bis zum sicheren Erreichen des stationären Erdschlusszustandes.

Der Einstellwert für die Wirkleistung des kompensierten Netzes ist nennstrom- und nennspannungskorrigiert gemäss Formel 3 einzugeben.

$$P_{EW} = \frac{P_{0s}}{I_n \cdot U_n} \qquad (3)$$

Dabei bedeuten P_{0s} die sekundäre Leistung nach den Anlagenwandlern, I_n den gewählten Nennstrom des Erdstromwandlers IN-Eingang des DSRZE 2 und U_n die Nennspannung des DSRZE 2 (100 V). Zudem empfiehlt es sich, den Einstellwert P_{EW} gemäss Formel 5 zu wählen:

$$P_{EW} \approx 0{,}5 \cdot \frac{P_{0s_rw}}{I_n \cdot U_n} = 0{,}5 \cdot \frac{I_{s_rw}}{I_n} = 0{,}5 \cdot \frac{I_{p_rw}}{Ü_{IE} \cdot I_n} \qquad (4)$$

P_{0s_rw} bedeutet hier die sekundäre Restwirkleistung nach den Anlagenwandlern für $U_{NE} = U_n$ ($R_{Fehler} = 0\ \Omega$), I_{s_rw} den sekundären und I_{p_rw} den primären Restwirkstrom und U_{IE} schliesslich das Übersetzungsverhältnis des Kabelumbauwandlers I_p/I_n.

Mit der bereits eingangs genannten Anforderung, dass P_{0s_rw} für U_{NE} = 100 V ermittelt wird, gilt

$$\frac{P_{0s_rw}}{I_n \cdot U_n} = \frac{I_{s_rw}}{I_n} \qquad (5)$$

Der Umweg über eine Leistungsermittlung ist nicht nötig. Es ist nur der sekundäre Restwirkstrom in A für die Eingabe relevant.

Wenn ein Restwirkstromanteil von 2% im Erdschlussstrom I_{CE} des Netzes vorliegt, kann P_{EW} gemäss Formel 6 gewählt werden, wobei I_{CEs} den sekundären und I_{CEp} den primären Erdschlussstrom bedeuten.

$$P_{EW} \approx 0{,}5 \cdot \frac{0{,}02 \cdot I_{CEs}}{I_n} = 0{,}01 \cdot \frac{I_{CEp}}{Ü_{IE} \cdot I_n} \qquad (6)$$

Der Ansprechwert der Verlagerungsspannung $U_{NE>}$ ist ausschlaggebend für die Freigabe der Schutzfunktion «Erdschlusserfassung». Er muss grösser als die betriebsmässig im gesunden Netz auftretende Verlagerungsspannung eingestellt werden. Ferner ist die Erdschlussanerkennungszeit $t_{UNE>}$ im kompensierten Netz (z.B. 3 s) unbedingt länger als die bei Erdschlusseintritt auftretenden Ausgleichsvorgänge einzustellen (z.B. Ummagnetisierung der Drossel), um den stationären Zustand für die Richtungsermittlung zu gewährleisten.

Ausgleichsvorgänge stellen eine erhebliche Fehlerquelle für die wattmetrische Erdschlussrichtungsermittlung im kompensierten Netz dar.

Verbesserte wattmetrische Erdschlussrichtungsermittlung für das isolierte Netz

Im kompensierten Netz steht relativ viel Zeit für die Ermittlung der Erdschlussrichtung zur Verfügung. Die sofortige Ausgabe eines Aus-Kommandos durch den Schutz ist normalerweise nicht erforderlich. Im isolierten Netz kann auf Grund höherer Erdschlussströme eine Gefährdung auftreten, so dass ein Abschalten in kurzer Zeit möglich sein muss. Daraus ergeben sich die nachfolgend gezeigten Unterschiede der Wirkungsweise zur Richtungsermittlung im kompensierten Netz.

Für isolierte Netze wird die Erdschlussrichtung mit Hilfe der Blindleistung ermittelt. Die gemessene Blindleistung wird durch den bereits beschriebenen spannungsabhängigen Faktor f_U angehoben, um Erdschlussübergangswiderstände (in Grenzen) zu kompensieren. Der Faktor f_U kann bis zu einem Maximalwert von 16 steigen. Ein Richtungsentscheid erfolgt, wenn die vorgelegte Leistung $Q \cdot f_U$ grösser als der Einstellwert Q_{EW} ist. Vorwärtsrichtung wird dabei angenommen, wenn das Relais eine Abgabe von kapazitiver Blindleistung in Richtung Leitung erkennt. Das gilt für die Fälle, in denen eine Blindleistung mit negativem Vorzeichen gemessen wird. Die Wirkleistung hat keinen Einfluss auf die Bewertung.

Vorzunehmende Einstellungen

Am Schutzgerät müssen folgende Einstellungen vorgenommen werden:

- die bei ungünstigster Netzkonfiguration existierende Mindestblindleistung Q_0 des isolierten Netzes. Sie ist für eine Verlagerungsspannung von 100%, d.h. ohne Fehlerwiderstand, anzugeben. Wie weiter oben bereits gezeigt wurde, genügt auch der Erdschlussstrom I_{CE} (ohne Fehlerwiderstand).
- die Höhe der Verlagerungsspannung U_{NE}, oberhalb welcher eine Richtungsermittlung stattfinden soll.

Der Blindleistungseinstellwert (Q_{EW}) für das Ansprechen der Richtungsermittlung ist ein sekundärer Leistungswert (Formel 7).

$$Q_{EW} = \frac{Q_{0s}}{I_n \cdot U_n} \qquad (7)$$

Der Einstellwert Q_{EW} kann dabei gemäss Formel 8 gewählt werden.

$$Q_{EW} \approx 0{,}5 \cdot \frac{Q_{0s}}{I_n \cdot U_n} = 0{,}5 \cdot \frac{I_{CEs}}{I_n}$$
$$= 0{,}5 \cdot \frac{I_{CEp}}{\ddot{U}_{IE} \cdot I_n} \qquad (8)$$

Dabei bedeuten Q_{0s} die sekundäre Blindleistung nach den Anlagenwandlern ($U_{NE} = U_n$ bei $R_{Fehler} = 0\,\Omega$), I_n den gewählten Nennstrom des Erdstromwandlers IN des DSRZE 2 und U_n die Nennspannung des DSRZE 2 (100 V). Ferner bedeuten I_{Ces} den sekundären und I_{CEp} den primären kapazitiven Blindstrom und $\ddot{U}_{IE}$ das Übersetzungsverhältnis des Kabelumbauwandlers I_p/I_n.

Der Ansprechwert der Verlagerungsspannung $U_{NE>}$ ist ausschlaggebend für die Freigabe der Schutzfunktion «Erdschlusserfassung». Er muss grösser als die betriebsmässig im gesunden Netz auftretende Verlagerungsspannung eingestellt werden.

Unter Angabe relevanter Netz- und Schutzobjektparameter wird die ideale Einstellung des Schutzgerätes automatisch bestimmt.

Simulation im TransPlay-Modul Omicron unter Verwendung von PowerFactory

Für die Verwendung des TransPlay-Moduls der Omicron-Prüfeinheit müssen vorgängig Signalverläufe im Comtrade-Format[20] generiert werden. Diese Signalverläufe von Erdschlüssen können von echten Störschreibersystemen stammen oder wie im nachfolgend vorgestellten Beispiel aus dem Berechnungsprogramm PowerFactory von DlgSILENT.

Der Vorteil bei Berechnungsprogrammen wie PowerFactory liegt in der hohen Flexibilität bezüglich folgender Argumente:

- Netzführung (Trennstellen, Ring, vermascht),
- Ort des Fehlers,
- Berücksichtigung und Einfluss weiterer Schutzsysteme,
- Fehlersequenzen mit Erdschluss und Übergang in Kurzschluss,
- jederzeit mögliches und gefahrloses Generieren von unterschiedlichsten Signalverläufen,
- Berücksichtigung von Abschaltungen und Suchschaltungen,
- wählbare Auflösung des Signals (Comtrade aus Schutz ist üblich mit 1 oder 2 kHz[21]).

Das im folgenden Beispiel berechnete Erdschlusssignal basiert auf einem Fehler mit konkreten Messwerten eines Störschreibers[22]. Der Fehlerverlauf wurde theoretisch nachgebildet und als Vorgabe zur Prüfung im TransPlay-Modul der Omicron-Prüfeinheit aufbereitet.

Verhalten des Schutzrelais in Bezug auf	Omicron Quick CMC	Omicron Erdschlussmodul	DlgSILENT Analyse Omicron TransPlay	Korrekte IBS
Richtungsverhalten	+++	+	+	+++
Anregeverhalten	++	+++	+	
Transienten Erdschlusseintritt	–	+++	+++	–
Schaltvorgänge/ Umladevorgänge	–	+	+++	–
Netzkonfiguration	–	+	+++	–
Softwarefehler im Relais	+	+++	+++	++
Verdrahtungsfehler	+++	+++	+	+++
Schlechte Relaisdokumentation	+++	+++	+	+
Nulllaststoss	–	+	+++	–
Falsche Netzparameter	–	++	+++	–

Tabelle I Vergleich der einzelnen Prüfmodule

Vergleich der einzelnen Prüfmodule in Omicron anhand eines wattmetrischen Schutzsystems; Prüfung hervorragend: +++; Prüfung gut: ++; Prüfung geeignet: +; Prüfung nicht vorteilhaft: –; IBS: Inbetriebsetzung

Signalverläufe der PowerFactory-Berechnung sind Primärwerte. Diese Werte müssen, um sie dem Schutzgerät über die Prüfeinheit zuführen zu können, mittels Übersetzungsverhältnis der effektiv eingesetzten Strom- und Spannungswandler angepasst werden.

Resultate der Omicron-Prüfung

In Bild 8 ist der Rückladevorgang der Spannung gut erkennbar. Sie wird auch in der Wirklichkeit an der Sammelschiene der Station gemessen und ist somit auch nach der Abschaltung des Erdschlusses noch vorhanden.

Die transiente Aufzeichnung zeigt, dass die Richtungsentscheidung und Anregung nach rund 45 ms korrekt ausgegeben wurde. Die Selektivitätszeit von 100 ms wirkt mit der Auslösung des Schutzes entsprechend verzögert.

Abschliessende Betrachtungen

Omicron-Erdschlussmodul

Grenzen sind dem Omicron-Erdschlussmodul da gesetzt, wo vermaschte Netze mit Suchschaltungen zu lang anhaltendem Erdschluss mit mehreren Umschaltungen und Umladungen führen.

Für kompensierte und radialisierte Netze ist das Prüfmodul jedoch einsetzbar. Das Modul ist einfach zu bedienen und liefert schnell brauchbare Testergebnisse.

Für isolierte Netze mit schneller Abschaltung ist das Modul ungeeignet. Hier empfiehlt es sich, das TransPlay-Modul zu verwenden.

TransPlay-Modul

Das TransPlay-Modul ist sehr hilfreich in Netzen mit isoliertem Sternpunkt und Abschaltung des Erdschlusses innerhalb 100 ms unter Berücksichtigung der Ausschaltvorgänge.

Sequenzen, wie sie im Verteilnetz üblich sind, lassen sich durch ein Netzberechnungsprogramm beliebig generieren und in der Omicron-Prüfeinheit abspielen (Erdschluss geht in Kurzschluss über usw. unter Berücksichtigung von beispielsweise Eigenerzeugung).

Natürlich können auch echte Fehleraufzeichnungen als Comtrade-Datei importiert und auf andere Schutzsysteme im gleichen Netz zur Kontrolle der Erdschlussfunktion verwendet werden.

Für spezielle Anwendungen wie die Prüfung von «Pulsortungssystemen»[23] oder für die Optimierung von Erdschlusswischer-Relais sind ein Simulationspro-

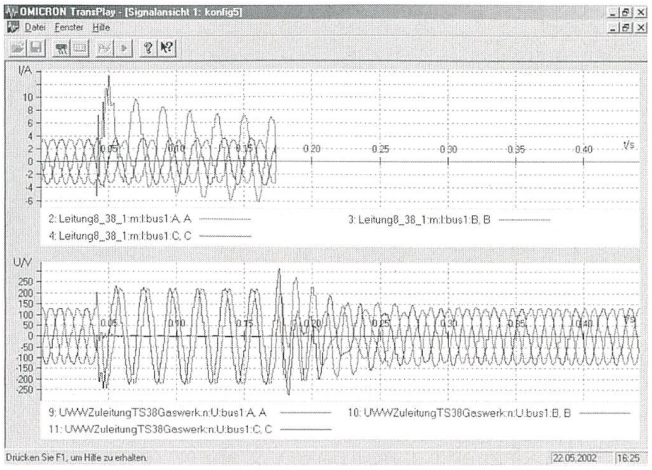

Bild 8 Ausführen der importierten Datei durch TransPlay

Schutzsystem	Omicron Quick CMC	Omicron Erdschlussmodul	DIgSILENT Analyse Omicron TransPlay
Wattmetrisches Relais im kompensierten Netz	+	+++	+
Wattmetrisches Relais im isolierten Netz	+	++	+++
Pulsortungsmethode	–	–	+++
Erdschlusswischer isoliert oder kompensiert	–	+	+++

Tabelle II Verschiedene in der Schweiz vorkommende Schutzsysteme

gramm und das TransPlay-Modul unabdingbar.

Schlussfolgerung

Die NSE hat am Beispiel des DSRZE-Schutzrelais detailliert Vor- und Nachteile der Prüfungen in den einzelnen Prüfmodulen aufgezeigt. Ähnliche Untersuchungen wurden für andere Systeme (Erdschlusswischer, Pulsortungsschutz) gemacht. Eine Zusammenfassung dieser Erkenntnisse liefern die Tabellen I und II.

Die Prüfeinheit Omicron ist sowohl für das Labor als auch für die Wiederholungsprüfungen an Schutzsystemen hervorragend geeignet. Bei der Analyse von «undefinierten» Erdschlussauslösungen und Anzeigen an bestehenden Anlagen und Schutzsystemen hat die NSE mit der TransPlay-Funktion viele wertvolle und hilfreiche Erfahrungen gemacht.

Referenzen

[1] *Walter Schossig:* Netzschutztechnik. VDE-Verlag, ISBN 3-8007-2231-1.

[2] *R. Flossdorff, G. Hilgarth:* Elektrische Energieverteilung. B. G. Teubner, Stuttgart, ISBN 3-519-46411-X.

[3] *Rüdenberg:* Elektrische Schaltvorgänge. Springer-Verlag Berlin, ISBN 3-540-05766-8.

[4] *Lothar Gegner, Wolfgang Fritzsche:* Unterlagen der Firma EAW Relaistechnik, Berlin/D.

[5] *Markus Pöller:* Unterlagen der Firma DIgSILENT, Gomaringen/D.

Adresse des Autors

Dipl.-Ing. *Andreas Aebersold*, NSE GmbH, CH-5610 Wohlen, aa@nse.ch

[17] P_0 (nominal) wird beispielsweise mittels Netzstudie an jeder Einbaulage von Schutzrelais auf Grund von maximalem Erdschlussstrom und Verlagerungsspannung berechnet.

[18] Sekundärwerte beziehen sich auf die Sekundärseite der Anlagenspannungswandler (z.B. 20 kV/100 V:√3).

[19] IN ist der vierte Stromwandlereingang am Schutzrelais zur Erfassung des Summennullstromes bei Erdschluss.

[20] COMTRADE: Ein international standardisiertes Dateiformat, bestehend aus der Aufzeichnung von analogen Signalen (Ströme, Spannungen) und digitalen Informationen (Schutzanregung, Auslösung usw.) zur Registrierung von Fehlern in Energienetzen und Auswertung auf beliebigen Analysetools unterschiedlicher Hersteller

[21] Handelsübliche Schutzgeräte lösen z.B. bei Erdschluss das Messsignal mit einer Abtastrate von 1 bis 2 kHz auf. Dieses Signal kann mittels einer Comtrade-Datei an die Omicron-Prüfeinheit transferiert und zur erneuten Abspielung des Fehlers verwendet werden. Analytisch berechnete Signale mittels PowerFactory können theoretisch eine beliebige Genauigkeit aufweisen, wobei die Omicron-Prüfeinheit Signale bis 10 kHz verarbeiten kann.

[22] Industrielle Betriebe Wohlen, Station Sulzer Metco

[23] Während eines Erdschlusses im kompensierten Netz wird der Petersenspule eine getaktete Kapazität parallel geschaltet (Taktung etwa 0,5 Hz). Dieser getaktete und dem Petersenstrom überlagerte kapazitive Strom tritt nur im fehlerbehafteten Erdschlusskreis auf. Diese Applikation ermöglicht einfachsten gerichteten Erdschlussschutz ohne Spannungswandler.

Essai de la protection contre les courts-circuits à la terre

La détection correcte des courts-circuits à la terre – seconde partie

La première partie de cet article en deux volets décrivait l'amorçage ainsi que les phénomènes de charge et de décharge apparaissant lors de courts-circuits à la terre et présentait quelques considérations sur les phénomènes transitoires au moment de la coupure du court-circuit. Dans cette seconde partie, il est présenté une détection améliorée au wattmètre de la direction des courts-circuits pour réseaux compensés et isolés ainsi que des auxiliaires de détection des courts-circuits à la terre.