

## Info-Brief Nr. 18

### Wischerrelais für hochohmige, intermittierende und wiederzündende Erdschlüsse (Teil 2)

#### Stationärer Erdschluss

Für die Betrachtung des stationären Erdschlusses kann auch Bild 3 verwendet werden. In einem isolierten Netz fließt der gesamte kapazitive Strom von allen Abgängen über die Fehlerstelle. Die Relais in den gesunden Abgängen messen einen kapazitiven Nullstrom und das Relais im erdschlussbehafteten Abgang misst einen induktiven Nullstrom. Beim stationären Erdschluss ist die Größe des induktiven Nullstromes, gleich wie im vorherigen Abschnitt, die Summe der Nullströme der gesunden Abgänge im Rücken des Relais.

Bei kompensierten Netzen ändert sich die Situation. In diesem Fall überlagert sich der Strom durch die Petersen-Spule und reduziert den kapazitiven Strom über die Fehlerstelle. In einem ideal abgestimmten Netz wird der kapazitive Strom über die Fehlerstelle vollständig kompensiert. Aus Bild 3 ist ersichtlich, dass in diesem Fall das Relais im erdschlussbehafteten Abgang auch einen kapazitiven Nullstrom misst, genauso wie die Relais in den gesunden Abgängen. Daher ist in einem kompensierten Netz der induktive Charakter des Nullstromes nicht mehr ein Indikator für einen erdschlussbehafteten Abgang.

Durch die Verwendung einer Petersen-Spule kann der Strom bis auf einen kleinen Wirkstrom, der üblicherweise im Bereich von 2% bis 3% vom gesamten kapazitiven Leiter-Erde-Strom liegt, reduziert werden.

#### Überlagerung

Mit der ersten Zündung des Lichtbogens beginnt die Überlagerung der drei Vorgänge.

In den nächsten Bildern sind zwei unterschiedliche Erdschlüsse für ein kompensiertes 20 kV Netz mit drei Abgängen und einem kapazitiven Strom von 108 A und 5 A Überkompensation dargestellt. Das Netz entspricht der Konfiguration im Bild 3. Der niederohmige Erdschluss hat einen Wert von 10 Ohm und der hochohmige Erdschluss einen Wert von 2000 Ohm. Die Aufzeichnung erfolgte mit einer Abtastrate von 10 kHz.

Im Falle des niederohmigen Erdschlusses ist die hochfrequente Entladeschwingung größer.

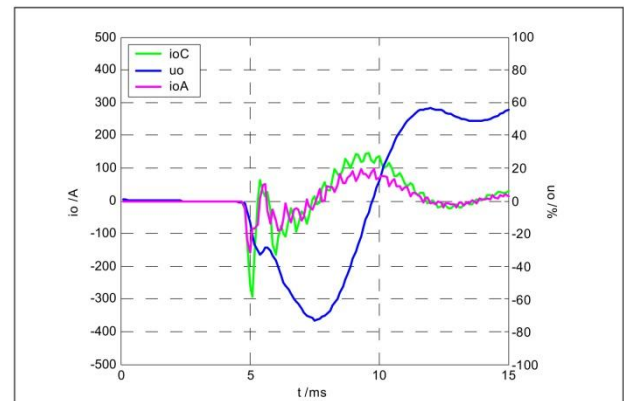
Im Falle des hochohmigen Fehlers erreicht die Nullspannung im stationären Zustand nur 40 %.

#### WISCHER-RELAIS

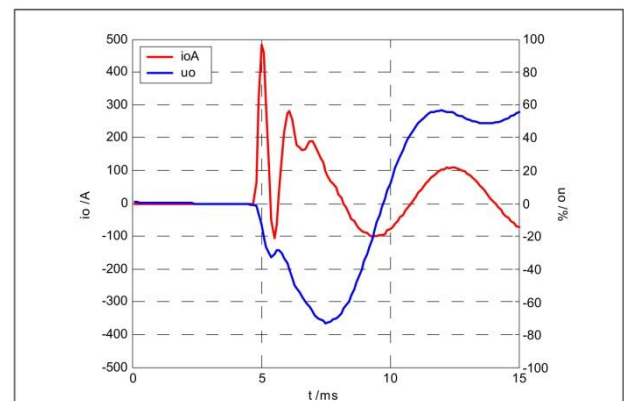
##### Konventionelle Wischer-Relais

Die konventionellen Wischer-Relais werten den Aufladevorgang für den Richtungsentscheid des Erdschlusses aus. Wenn die Verlagerungsspannung  $u_0$  eine eingestellte Ansprechschwelle überschreitet, wird ein schmales Fens-

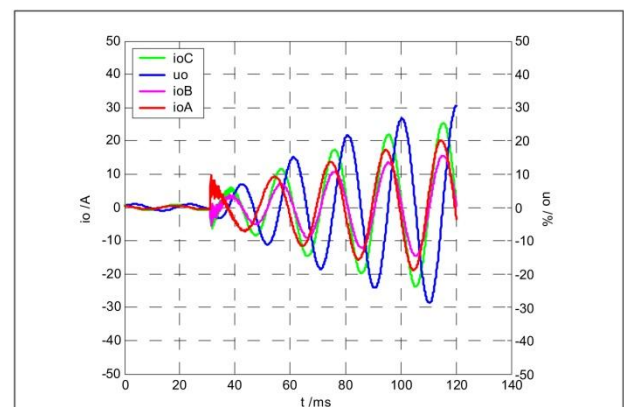
ter zur Messung des Nullstromes  $i_0$  verwendet. Die Richtungsentscheidung erfolgt durch den Vergleich des Vorzeichens von  $i_0$  mit dem Vorzeichen von  $u_0$  während diesem Messfenster.



**Bild 5** Zwei gesunde Abgänge bei einem niederohmigen Erdschluss



**Bild 6** Erdschlussbehafteter Abgang bei einem niederohmigen Erdschluss



**Bild 7** Hochohmiger Erdschluss

Der Erdschluss liegt in Richtung des Abganges wenn das Vorzeichen von  $i_0$  nicht dem Vorzeichen von  $u_0$  entspricht. Wenn die Vorzeichen identisch sind liegt der Fehler in Richtung Sammelschiene.

## Wir regeln das.

Wenn die Zündung zum Zeitpunkt  $u_{IE} = 0$  V erfolgt, entsteht keine Entladeschwingung

Die Aufladeschwingung ist auf alle Fälle vorhanden und kann vom Wischer-Relais ausgewertet werden.

### WISCHER-RELAIS mit qu-Algorithmus

Im vorherigen Abschnitt wurde gezeigt, dass die beiden gesunden Leiter durch den Erdschluss auf die verkettete Spannung aufgeladen werden. Dieser Aufladevorgang kann über das Nullsystem gemessen werden.

Beispielhaft kann die Ladung des gesunden Abganges B des Netzes aus Bild 3 durch die Gleichung (2) beschrieben werden.

$$u_0(t) = u_0(t_0) + \frac{1}{C_{eqB}} \int_{t_0}^t i_{0B}(\tau) d\tau \quad (2)$$

Nun kann  $t_0$  so gewählt werden, dass  $u_0(t_0) = 0$ .

Die neuen digitalen Relais verwenden Signalprozessoren, die genügend Speicher und eine Abtastrate von 10 kHz oder mehr besitzen. Diese Eigenschaften ermöglichen den Relais nun auch Werte aus der Vergangenheit für die Auswertung zu verwenden. Dadurch wird es ermöglicht zu einem der Nulldurchgänge von  $u_0$  in die Vergangenheit zurück zu gehen und ab diesem Zeitpunkt die Integration des Nullstromes  $i_0$  bis zum Auslösepunkt durchzuführen.

Das Ergebnis des Verlaufes der Integration zeigt, dass sich die Kurve vom integrierten Nullstrom  $i_0$  von der Kurve von  $u_0$  nur durch einen Faktor  $C_{eqB}$ , der der Null-Ersatzkapazität des Abganges B entspricht, unterscheidet. Die Integration von  $i_0$  entspricht der aktuellen Ladung  $q_0$  des Abganges.

Werden diese Verhältnisse in einem Diagramm dargestellt, wobei das Integral von  $i_0$  auf der y-Achse und die Nullspannung  $u_0$  auf der x-Achse aufgetragen wird, so erhält man eine Gerade mit der Steigung  $C_{eqB}$ . Diese Darstellung wird als qu-Diagramm bezeichnet.

Im Falle eines erdschlussbehafteten Abganges ist dieses Verhältnis nicht mehr gültig. Die Summe der Ladeströme der gesunden Abgänge fließt aus dem erdschlussbehafteten Abgang heraus. Das Ergebnis der Integration von  $i_0$  ist nicht mehr proportional zur Nullspannung.

Diese Verhältnisse sind im Bild 8 für die beiden gesunden Abgänge B und C sowie dem erdschlussbehafteten Abgang A dargestellt.

Bild 9 zeigt das qu-Diagramm für einen Erdschluss mit einer Fehlerimpedanz von 2000 Ohm. Die zugehörigen Zeitverläufe für  $i_0$  und  $u_0$  sind im Bild 7 dargestellt

Die Erkennung eines transienten Erdschlusses kann auf eine Entscheidung reduziert werden, ob die Kurve im qu-Diagramm eine Gerade ist oder nicht.

Bild 10 zeigt das qu-Diagramm für einen wiederzündenden Erdschluss. Die beiden gesunden Abgänge

liefern wieder zwei Geraden. der erdschlussbehaftete Abgang liefert eine von der Geraden abweichende Kurve.

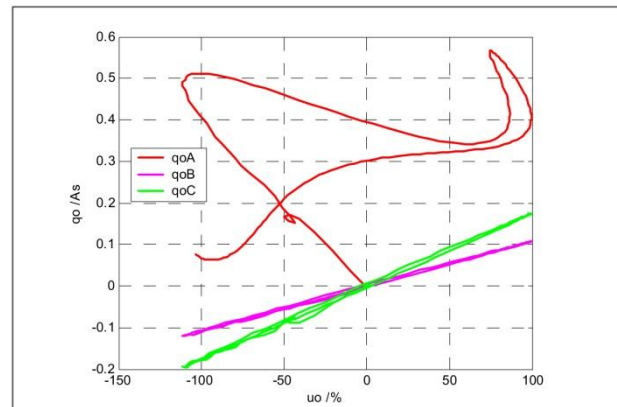


Bild 8 qu-Diagramm eines niederohmigen Fehlers

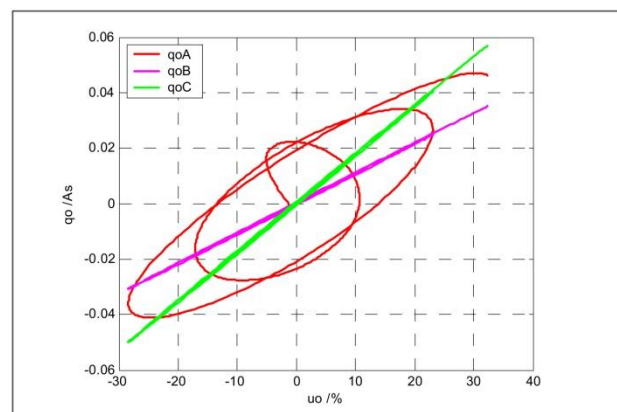


Bild 9 qu-Diagramm eines hochohmigen Fehler

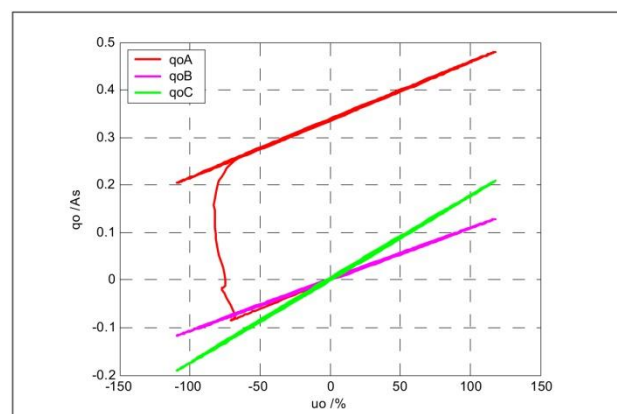


Bild 10 qu-Diagramm des wiederzündenden Erdschlusses

Mit dem neuen qu-Algorithmus ist es nun möglich auch während eines intermittierenden Erdschlusses im isolierten Netz als auch während des wiederzündenden Erdschlusses im Kabelnetz die Erdschlussrichtung eindeutig zu bestimmen.

Verfasser: Gernot Druml

Die Reihe wird fortgesetzt.

Fehlende Info-Briefe liefern wir Ihnen jederzeit gerne nach.

Ausgabe: 03-2013 / I018-1-D-1-001-04.docx