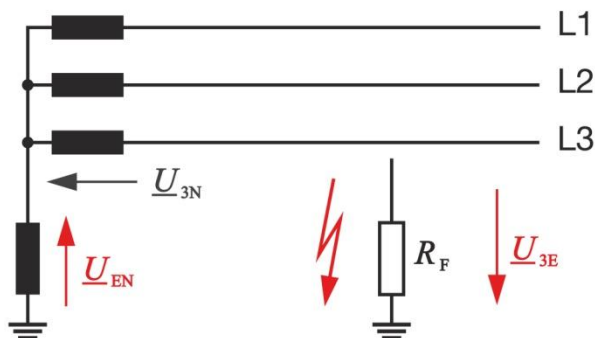


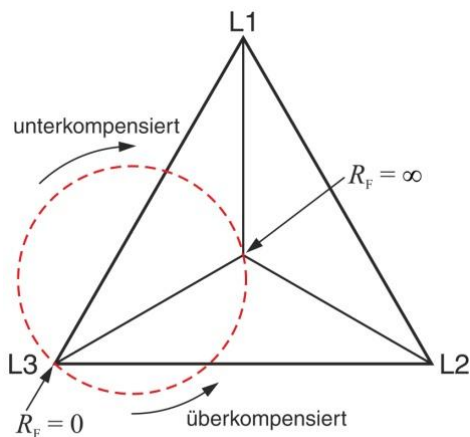
Info-Brief Nr. 21

Der Einfluss des Übergangswiderstandes an der Erdschlussstelle auf die Verlagerungsspannung U_{EN} in kompensierten Netzen.

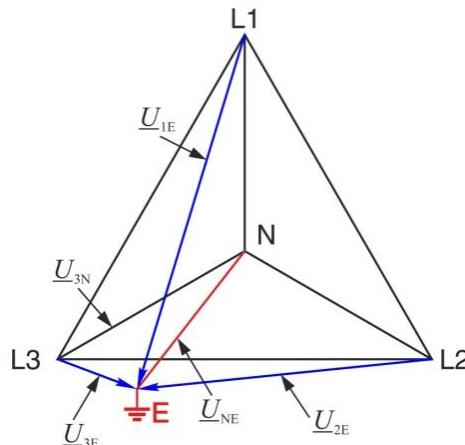
Der Erdschluss in kompensierten Netzen wird in der Regel ohne Übergangswiderstand an der Fehlerstelle dargestellt ($R_F = 0$). Im Zeigerdiagramm wandert der Erdpunkt auf einen Eckpunkt des Spannungsdreiecks.



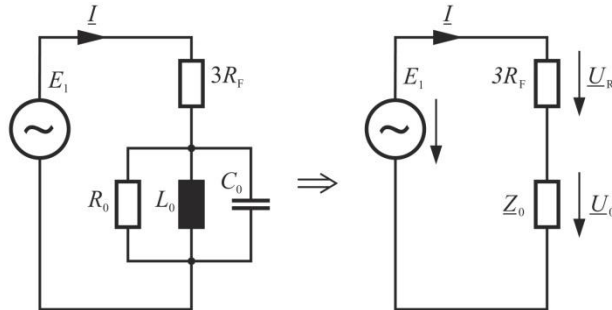
Meistens entsteht aber an der Fehlerstelle ein Lichtbogen mit einem endlichen Widerstand ($R_F \neq 0$). In Abhängigkeit von der Verstimmung ν , der Dämpfung d und des Widerstandes R_F an der Fehlerstelle wandert der Erdpunkt E auf einem Kreisbogen, bei Überkompensation entgegen dem Uhrzeigersinn und bei Unterkompensation im Uhrzeigersinn in Richtung Mittelpunkt des Spannungsdreiecks. Die Lage des Kreismittelpunktes wird durch die Verstimmung und die Dämpfung bestimmt.



Das Zeigerbild der Spannungen verändert sich dann und somit auch die Spannungen an den Leiter-Erde-Kapazitäten und an der Erdschlussspule nach Betrag und Phasenlage.



Die neuen Spannungen können mit Hilfe der symmetrischen Komponenten berechnet werden. Das Nullsystem wird durch einen Parallelschwingkreis, bestehend aus Leiter-Erde-Kapazität, Erdschlussspule und Ableitwiderstände dargestellt.



Der Strom I im Nullsystem ist

$$I = \frac{E_1}{3 \cdot R_F + Z_0}$$

(Benennung der Bauteile siehe Rechenbeispiel auf Seite 3)

Für die Spannungen gilt:

$$E_1 = U_{R_F} + U_0$$

$$U_{R_F} = I \cdot 3 \cdot R_F$$

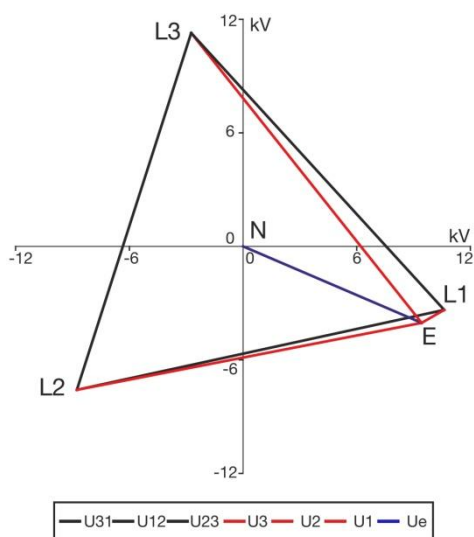
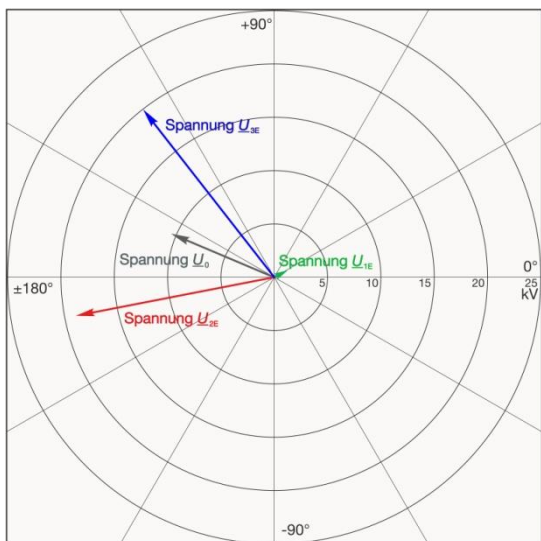
$$U_0 = I \cdot Z_0$$

Bei der Umformung in das 012-System der symmetrischen Komponenten muss beachtet werden, dass der Strom über der Fehlerstelle drei mal so groß ist wie der Strom im Ersatzschaltbild. Darum müssen der Fehlerwiderstand R_F , die Induktivität L_0 der E-Spule und der Ableitwiderstand R mit dem dreifachen Wert eingesetzt werden.

Beispiel:

Die Aufzeichnung eines Erdschlusses durch ein digitales Schutzrelais ergab folgende Messwerte und das zugehörige Spannungsdreieck.

\underline{U}_0	10 517,7 V	157°
\underline{U}_{1E}	1 404,7 V	27°
\underline{U}_{2E}	18 955,5 V	191°
\underline{U}_{3E}	19 966,9 V	128°



Für eine übersichtlichere Darstellung der Zusammenhänge sind die Längsimpedanzen ($R_F \gg Z_L$) und die Oberschwingungen **nicht** berücksichtigt worden.

Schrifttum:

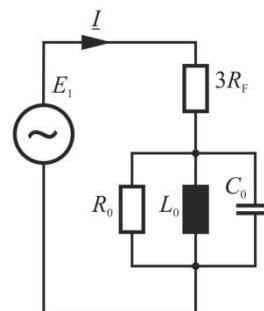
[1] Poll, J.: **Sternpunktverlagerungen in gelöschten 110-kV-Netzen**
Elektrizitätswirtschaft 80 (1981) 22, S 810-813

Beispiel:

Ein 20-kV-Netz hat einen kapazitiven Erdschlussstrom von 100 A, die E-Spule ist auf einen induktiven Strom von 105 A eingestellt, die Summe aller Ableitwiderstände beträgt 4 kΩ und der Übergangswiderstand an der Fehlerstelle wäre 200 Ohm.

Gesucht:

Alle Werte für das Ersatzschaltbild.



Die Leiter-Erde-Kapazität C_e

$$C_e = \frac{I_E}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \omega}$$

$$C_e = \frac{100 \text{ A}}{\sqrt{3} \cdot 20 \text{ kV} \cdot 314 \text{ s}^{-1}}$$

$$C_e = 9,2 \mu\text{F}$$

$$C_0 = C_e = 9,2 \mu\text{F}$$

Die Induktivität der E-Spule

$$L_D = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot I_L \cdot \omega}$$

$$L_D = \frac{20 \text{ kV}}{\sqrt{3} \cdot 105 \text{ A} \cdot 314 \text{ s}^{-1}}$$

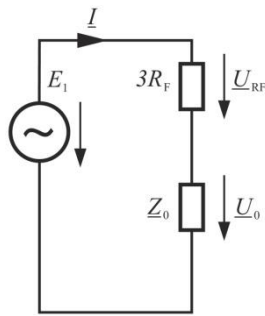
$$L_D = 0,35 \text{ H}$$

$$L_0 = 3 \cdot L_D = 1,05 \text{ H}$$

Der Ableitwiderstand

$$R_0 = 3 \cdot 4 \text{ k}\Omega$$

$$R_0 = 12 \text{ k}\Omega$$



Der Strom

$$\underline{I} = \frac{E_1}{3 \cdot R_F + \underline{Z}_0}$$

$$\underline{I} = \frac{11\,560 \cdot e^{j0^\circ} \text{ V}}{6\,557 \cdot e^{j54,3^\circ} \Omega}$$

$$\underline{I} = 1,76 \cdot e^{j-54^\circ} \text{ A}$$

$$\underline{Z}_0 = \frac{1}{\frac{1}{R_0} + j \left(\omega \cdot C_0 - \frac{1}{\omega \cdot L_0} \right)}$$

$$\underline{Z}_0 = \frac{1}{0,083 \text{ mS} + j(2,89 \text{ mS} - 3,02 \text{ mS})}$$

$$\underline{Z}_0 = \frac{1}{1,606 \cdot e^{j-58,7^\circ} \text{ mS}}$$

$$\underline{Z}_0 = 6225 \cdot e^{j58,7^\circ} \Omega$$

Der Schleifewiderstand

$$\underline{Z}_S = \underline{Z}_0 + R_F$$

$$\underline{Z}_S = 6\,225 \cdot e^{j58,7^\circ} \Omega + 600 \Omega$$

$$\underline{Z}_S = 6\,557 \cdot e^{j54^\circ} \Omega$$

Die Spannung an der Fehlerstelle

$$\underline{U}_{RF} = \underline{I} \cdot R_F$$

$$\underline{U}_{RF} = 1,76 \cdot e^{j-54^\circ} \text{ A} \cdot 600 \Omega$$

$$\underline{U}_{RF} = 1\,058 \cdot e^{j-54^\circ} \text{ V}$$

Die Spannung an der E-Spule

$$\underline{U}_0 = \underline{I} \cdot \underline{Z}_0$$

$$\underline{U}_0 = 1,76 \cdot e^{j-54^\circ} \text{ A} \cdot 6\,557 \cdot e^{j58,7^\circ} \Omega$$

$$\underline{U}_0 = 10\,976 \cdot e^{j4,5^\circ} \text{ V}$$

Verfasser: Dieter Spiertz
www.info@a-eberle.de

Die Reihe wird fortgesetzt.
 Fehlende Info-Briefe liefern wir Ihnen jederzeit gerne nach.

Ausgabe: 03-2013 / 1021-1-D-1-001-04.docx