

7UM6: Ständererdschluss-Schutz mit Kabelumbauwandlern (KUW)**Erdschluss-Schutz mit Kabelumbauwandlern**

Bei **einigen** Erdschluss-Schutz Anwendungen mit Kabelumbauwandlern (KUW) sind sehr kleine Einstellwerte erforderlich (z.B.: Gerichteter- oder auch ungerichteter Ständererdschluss-Schutz von Generatoren und Motoren).

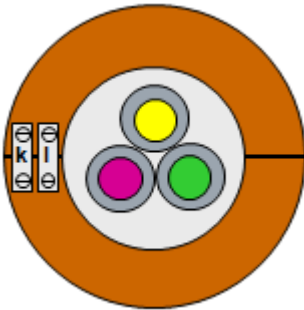
Siprotec 4 Geräte haben einen minimal möglichen Einstellwert von 2 mA oder sogar 1 mA.

Problem:

Selbst bei gebündelten, zentrisch durchgeführten drei Leitern tritt im Sekundärkreis des KUW ein Störstrom $I_{\text{Stör}}$ auf. Dieser Störstrom ist in der Regel proportional zum durchfließenden Laststrom.

Bei ungebündelten Leitern oder nicht zentrierter Durchführung kann $I_{\text{Stör}}$ noch wesentlich größer werden.

$I_{\text{Stör}}$ steht damit einer empfindliche Einstellung entgegen oder hat einen beachtlichen Einfluss darauf.



$$\Sigma \underline{I} = \underline{I}_{L1} + \underline{I}_{L2} + \underline{I}_{L3} = 0 \text{ (theoretisch)}$$

Der Störstrom wird in den derzeitigen Wandlernormen und Standards nicht berücksichtigt. Es wird lediglich eine Wandlerklasse angegeben (z.B. 1FS10), welche die geforderte Fehlergenauigkeit für den tatsächlich zu übertragenden Erdstrom I_E vorgibt, jedoch nicht die Störfestigkeit für ein Nullsignal, wenn kein Erdstrom fließt.

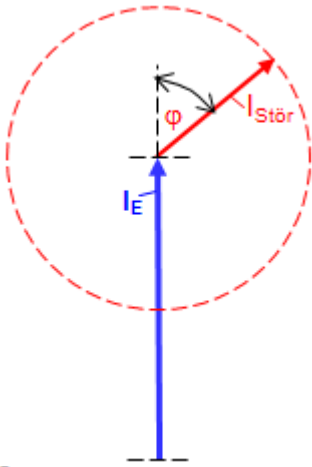
Die Wandlerklasse sagt also nichts über den Störstrom $I_{\text{Stör}}$ aus!

Einstellwert I_E >

Der Einstellwert wird im Allgemeinen durch die Anwendung/Applikation vorgegeben. Ist z.B. ein bestimmter Schutzbereich für die Ständerwicklung einer elektrischen Maschine gefordert, so wird an Hand des zur Verfügung stehenden (Anlagen-) Erdstromes unmittelbar der Einstellwert I_E > bestimmt.

Folgerung: I_E > ist mit gewünschter Empfindlichkeit (Schutzbereich) vorgegeben
 (= möglichst niedriger Einstellwert),
 muss aber genügend Abstand zum maximalen Störstrom einhalten
 (= höherer Einstellwert mit Störabstand)
 → eventuell Kompromiss notwendig

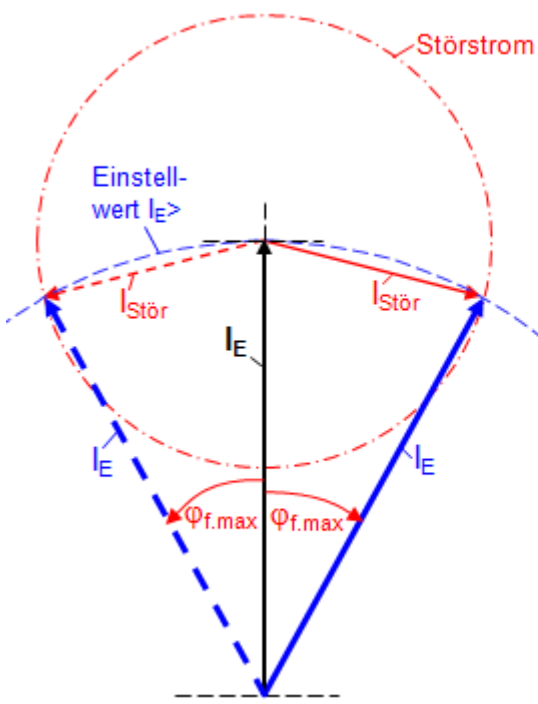
7UM6: Ständererdschluss-Schutz mit Kabelumbauwandlern (KUW)



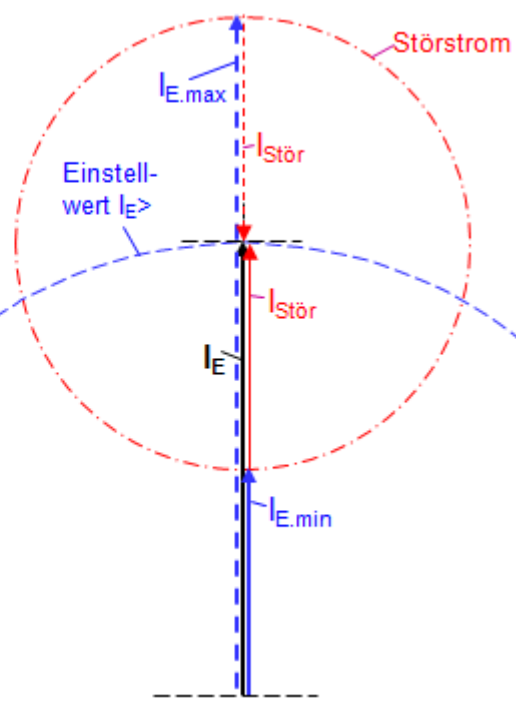
Der Winkel (φ) zwischen Störstrom $I_{Stör}$ und tatsächlichem Erdstrom I_E kann alle möglichen Werte zwischen 0 und 360 Grad annehmen. Er kann selbst für eine Applikation mit bestimmten geometrischen Daten nicht als konstant angenommen werden.

Auswirkungen des Störstromes auf die Einstellung (Beispiel mit $I_{E>} = 2 \cdot I_{Stör}$)

**Maximaler Fehlwinkel bei $I_E = I_{E>}$
(wichtig für Richtungsbestimmung)**



Maximaler Fehlbetrag I_E



mit $I_{Stör} = \frac{I_{E>}}{2}$; $\sin\left(\frac{\varphi_{f,max}}{2}\right) = \frac{I_{Stör}/2}{I_{E>}}$

$\varphi_{f,max} = 2 \cdot \arcsin\left(\frac{I_{Stör}/2}{I_{E>}}\right) = 2 \cdot \arcsin\left(\frac{1}{2 \cdot 2}\right)$

$\varphi_{f,max} = 28.95\text{Grad}$

**Der tatsächliche (Anrege-) Erdstrom I_E
kann zwischen $I_{E,min}$ und $I_{E,max}$ liegen
 $50\% \cdot I_{E>} \leq I_E \leq 150\% \cdot I_{E>}$**

7UM6: Ständererdschluss-Schutz mit Kabelumbauwandlern (KUW)

Auswirkungen des Störstromes auf die Einstellung (Beispiel mit $I_E > = 5 \cdot I_{Stör}$)

Beträgt der Störstrom $I_{Stör}$ nur 20% des Einstellwertes $I_E >$, ergeben sich natürlich wesentlich geringere Fehlwinkel und Fehlbeträge!

**Maximaler Fehlwinkel bei $I_E = I_E >$
(wichtig für Richtungsbestimmung)**

$$\text{mit } I_{Stör} = \frac{I_E >}{5}; \sin\left(\frac{\varphi_{f,max}}{2}\right) = \frac{I_{Stör}/2}{I_E >}$$

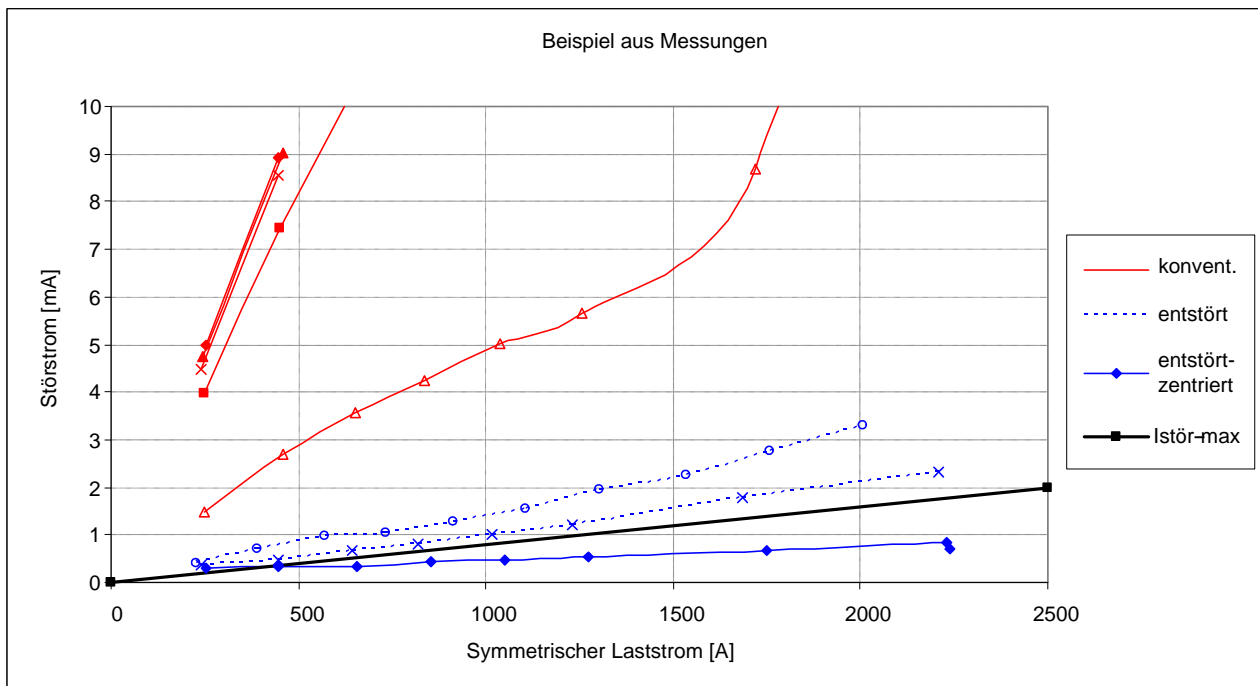
$$\varphi_{f,max} = 2 \cdot \arcsin\left(\frac{I_{Stör}/2}{I_E >}\right) = 2 \cdot \arcsin\left(\frac{1}{5 \cdot 2}\right)$$

$$\varphi_{f,max} = 11.47 \text{ Grad}$$

Maximaler Fehlbetrag I_E

**Der tatsächliche (Anrege-) Erdstrom I_E
kann zwischen $I_{E,min}$ und $I_{E,max}$ liegen
 $80\% \cdot I_E > \leq I_E \leq 120\% \cdot I_E >$**

Aus den vorherigen Erläuterungen ergibt sich unmittelbar die Anforderung an den Kabelumbauwandler: **Bei ordnungsgemäßer Montage*) muss der lastabhängige Störstrom unterhalb einer vorgegebenen Grenze $I_{Stör-max}$ bleiben (siehe Bild) → entstörter KUW**



Erläuterungen:

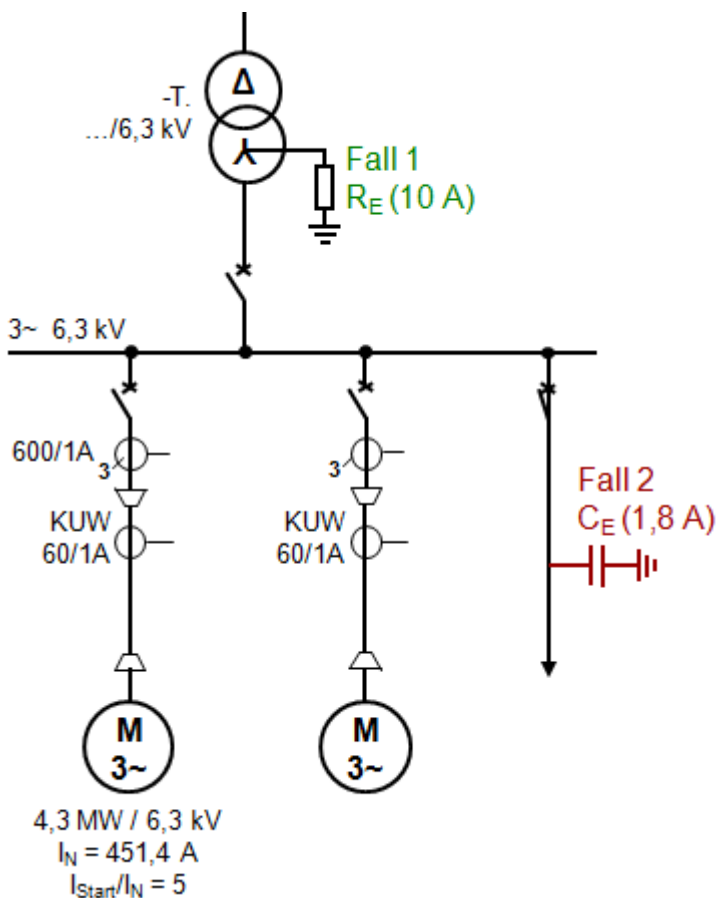
- Konvent.** KUW **ungeeignet** (für diese Applikation)
- entstört** KUW geeignet aber schlecht montiert
- entstört-zentriert** KUW geeignet und korrekt montiert

Sind die Eigenschaften eines gegebenen KUW in Bezug auf „entstört“ nicht klar, muss der Hersteller kontaktiert werden

7UM6: Ständererdschluss-Schutz mit Kabelumbauwandlern (KUW)***) Hinweise zur Montage:**

- 1) Montageanleitung des Herstellers beachten
- 2) Allgemeine Hinweise
 - zentrierte und gebündelte Durchführung
 - Abstand zu anderen Kabeln und parallelen KUW
 - Rückführung der (isolierten) Kabelerdung durch den KUW
 - Bürde im zulässigen Bereich

Applikation: (Motor-) Ständererdschluss-Schutz mit 90% Schutzbereich
 Motordaten: $I_N = 451,4 \text{ A}$ Startstrom $I_{\text{Start}} = 5 \cdot I_N = 2257 \text{ A}$

**Fall 1: Maximaler Erdstrom = 10 A ohmsch** (über Transformator-Sternpunktwiderstand)

Bei Erdschluss (100%-90%) entfernt vom Motorsternpunkt: $I_E = (1-0,9) \cdot 10 \text{ A} = 1 \text{ A}$

Damit errechnet sich der Einstellwert $I_{E>} = 1 \text{ A} / 60 = 16,6 \text{ mA} \approx 17 \text{ mA}$

Fall 2: Maximaler Erdstrom = 1,8 A kapazitiv*)

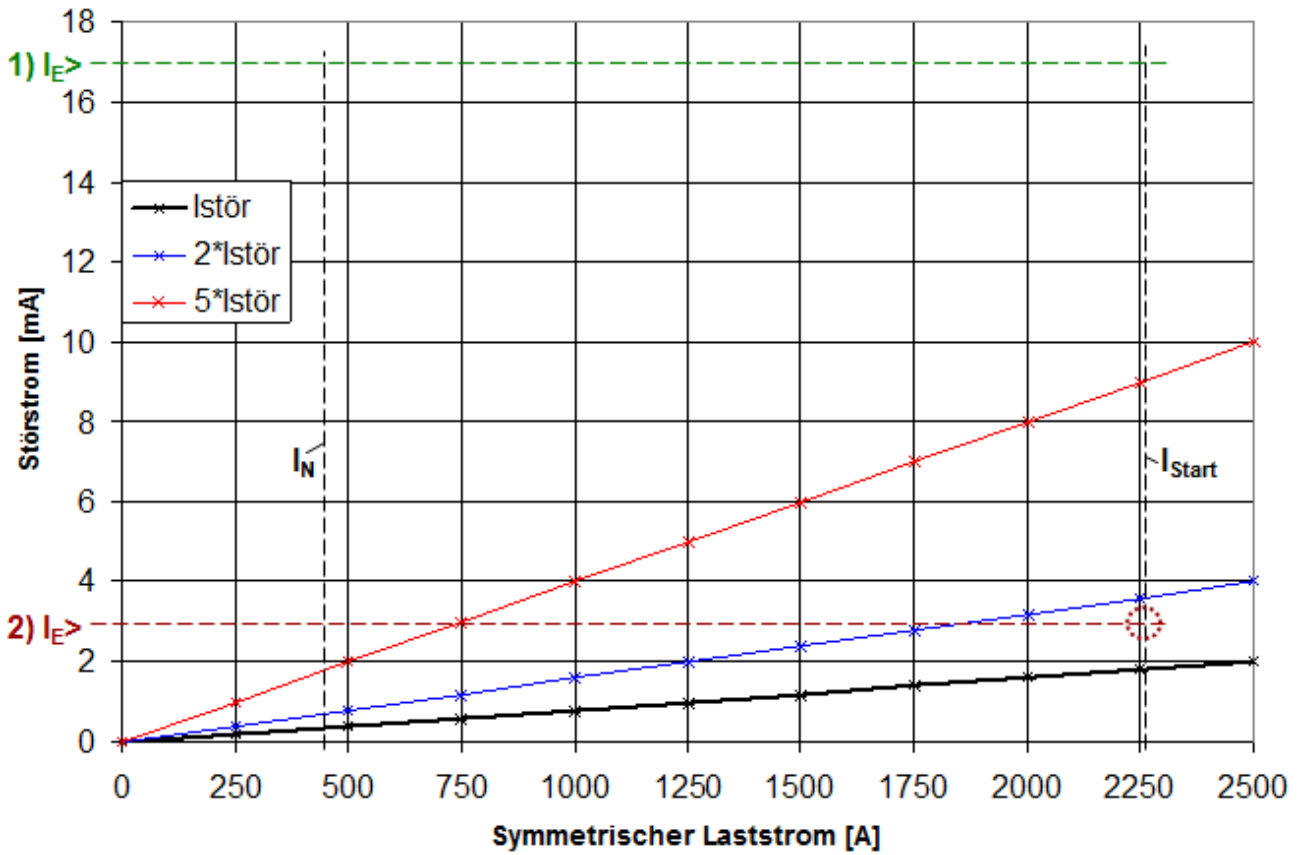
(Transformator - Sternpunktwiderstand nicht vorhanden)

Bei Erdschluss (100%-90%) entfernt vom Motorsternpunkt:

$I_E = (1-0,9) \cdot 1,8 \text{ A} = 0,18 \text{ A}$ Damit errechnet sich der Einstellwert $I_{E>} = 0,18 \text{ A} / 60 = 3 \text{ mA}$

*) Die 1,8 A müssen bei vollem Erdschluss immer erreicht werden. Bei der Bestimmung können deshalb nur die ständig/ mindestens zugeschalteten Anlagenteile (Kabel/Leitungen) berücksichtigt werden.

7UM6: Ständererdschluss-Schutz mit Kabelumbauwandlern (KUW)



Im Fall 2 kann es bei der Einstellung mit $I_{E>} = 3 \text{ mA}$ während des Motorstarts zur Anregung kommen.