

# SIEMENS

*Ingenuity for life*



## Distanzschutz mit Schutzsignal- übertragungsverfahren

[www.siemens.com/siprotec5](http://www.siemens.com/siprotec5)

# SIPROTEC 5 Applikation

Distanzschutz mit Schutzsignalübertragungsverfahren (Streckenschutz) an einem Freileitungsabzweig

---

## SIPROTEC 5 Applikation

# Distanzschutz mit Schutzsignal- übertragungsverfahren (Streckenschutz) an einem Freileitungsabzweig

APN-016, Edition 1

## Inhalt

1	Distanzschutz mit Schutzsignalübertragungsverfahren (Streckenschutz) an einem Freileitungsabzweig .....	3
1.1	Einführung .....	3
1.2	Überblick .....	3
1.3	Daten der Applikation .....	4
1.4	Allgemeine Parameter .....	7
1.5	Funktionsgruppe Leitung .....	13
1.6	Distanzschutz .....	18
1.7	Schutzsignalübertragungsverfahren mit Signalvergleich (85-21) .....	32
1.8	Automatische Wiedereinschaltung .....	33
1.9	Zusammenfassung .....	35

# 1 Distanzschutz mit Schutzsignalübertragungsverfahren (Streckenschutz) an einem Freileitungsabzweig

## 1.1 Einführung

Diese Applikationsbeschreibung bietet eine grafische Roadmap für eine typische Anwendung des Distanzschutzes mit Schutzsignalübertragungsverfahren (Streckenschutz) an einem Freileitungsabzweig. Zahlreiche Screenshots aus DISGI wurden hier eingefügt, um dem Leser die Anwendung der Informationen in seinem eigenen Projekt zu erleichtern.

Die allgemeine Konfiguration von SIPROTEC 5 wird in der Übersicht gesondert beschrieben.

Ausführliche Informationen siehe SIPROTEC 5 Gerätehandbuch.

Dieses Applikationsbeispiel umfasst lediglich die Details zum Distanzschutz. Zugehörige Themen wie z.B. automatische Wiedereinschaltung, Synchrocheck und Schalterversagen werden in separaten Applikationsbeschreibungen behandelt.

## 1.2 Überblick

Jeder Schutzingenieur hat seine eigenen Präferenzen bei der Berechnung der Einstellungen. Manche bevorzugen Berechnungen in Primärgrößen, andere in Sekundärgrößen und einige in Größen pro Einheit. Die genaue Koordination der Einstellungen des Distanzschutzes wird hier ebenfalls nicht angesprochen, da dies typischerweise mit speziellen Softwaretools erreicht wird. Die Zonenreichweiten werden daher ohne weitere Berechnungen in Tabelle 1 vorgegeben.

Einpolige Auslösung wird für Fehler erlaubt, die durch die untergreifende Zone 1 und das Schutzsignalübertragungsverfahren beseitigt wurden.

Für das Schutzsignalübertragungsverfahren wird die vorwärtsgerichtete, übergreifende, verzögerte Zone 2 mit einem Signalvergleichsverfahren angewendet.

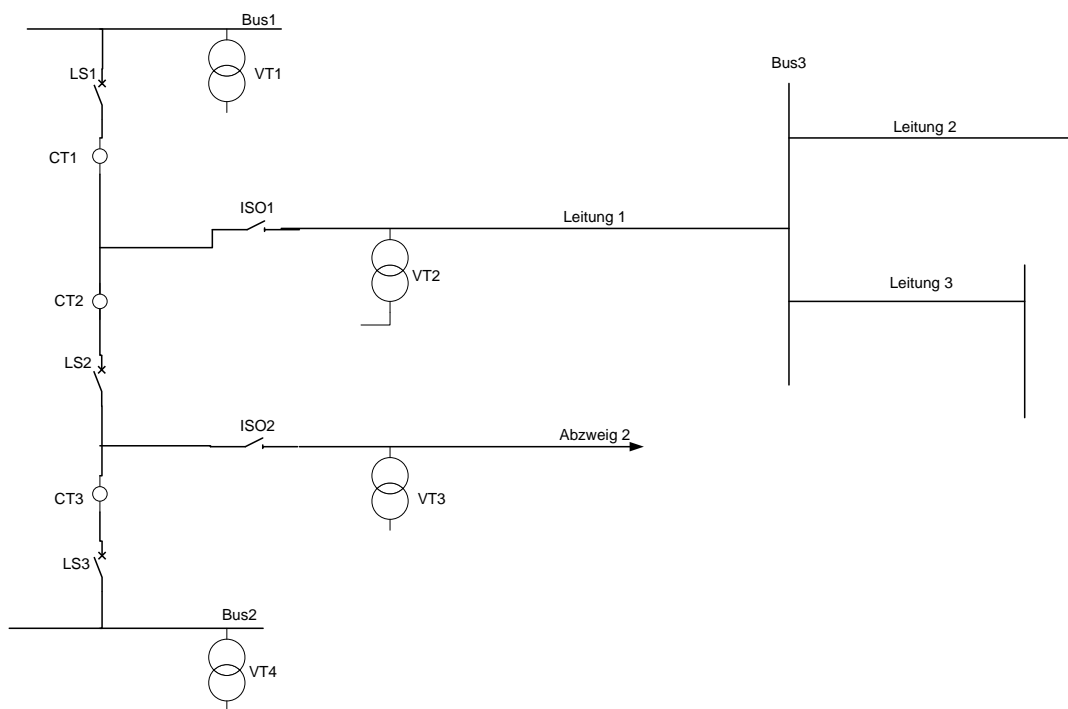


Abbildung 1: Übersichtsschaltplan des geschützten Abzweigs

# SIPROTEC 5 Applikation

## Distanzschutz mit Schutzsignalübertragungsverfahren (Streckenschutz) an einem Freileitungsabzweig

Der Distanzschutz wird angewendet, um Leitung 1 in der obigen Abbildung 1 mit den in der nachfolgenden Tabelle 1 definierten Zonenreichweiten zu schützen.

Die in der untenstehenden Tabelle gegebenen Werte erhält man typischerweise aus Studien zur Schutzkoordination, die Softwaretools verwenden (z.B. PSS®SINCAL). Für dieses Applikationsbeispiel werden die nachfolgend aufgeführten Zonenreichweiten verwendet:

Zonennummer	Funktion	Reichweite	Verzögerung
Zone 1	Selektivzone in Schnellzeit für Leitung 1	80% Leitung 1	0,00 s
Zone 2	Vorwärtsgerichtete, verzögerte Reservestufe, übergreifend	20 % geringer als Z1-Reichweite in Leitung 3	1 Zeitstufe
Zone 3	Rückwärtsgerichtete, verzögerte Reservestufe	50% Z Leitung 1	2 Zeitstufen
Zone 5	Ungerichtet	120% Leitung 2	3 Zeitstufen

Tabelle 1

Obwohl die Konfiguration in Abbildung 1 eine Eineinhalb-Leistungsschalter-Applikation zeigt, hat dies keine wesentliche Auswirkung auf die allgemeine Anwendung des Distanzschutzes, wie in diesem Beispiel erklärt. Für diesen allgemeinen Fall wird angenommen, dass die beiden Stromwandler identisch sind, so dass sie durch einen Einzelstromwandler ersetzt werden können, der gleichwertig zur Doppelsammelschienen-Applikation mit nur einem Stromwandler ist. Die Zuordnung der Stromwandler und Spannungswandler zu den verschiedenen Messpunkten und der Leistungsschalter zu den betreffenden Funktionsgruppen ist in einer separaten Applikationsbeschreibung enthalten.

### 1.3 Daten der Applikation

Die untenstehenden Applikationsdaten, bestehend aus den Leitungsparametern sowie den Messwandlerdaten, sind erforderlich. Zur Berechnung der Einstellungen werden ebenfalls einige Werte zu Lastpunkten und Kurzschlussniveaus benötigt. Die folgende Tabelle enthält die Daten für diese Applikation.

# SIPROTEC 5 Applikation

## Distanzschutz mit Schutzsignalübertragungsverfahren (Streckenschutz) an einem Freileitungsabzweig

	Parameter	Wert
Anlagendaten	Nenn-Leiter-Leiter-Netzspannung	400 kV
	Netzfrequenz	50 Hz
	Maximale Mitsystem-Quellenimpedanz	10 + j100
	Maximale Null-Quellenimpedanz	25 + j200
	Minimale Mitsystem-Quellenimpedanz	1 + j10
	Minimale Null-Quellenimpedanz	2,5 + j20
	Maximales Verhältnis Ferneinspeisung / Lokaleinspeisung ( $I_{\text{Fern}}/I_{\text{Lokal}}$ )	3
Messwandler	Spannungswandlerübersetzung (LEITUNG) (VT2)	380 kV / 100 V
	Spannungswandlerübersetzung (SAMMELSCHIENE) (VT1)	400 kV / 110 V
	Stromwandler 1 und 2: Stromwandlerübersetzung	1000 A / 1 A
	Stromwandler 1 und 2: Stromwandlerdaten	5P20 20VA $P_i=3VA$
	Anschlusskabel Stromwandler 1 und 2	2,5 mm <sup>2</sup> 50m
	Stromwandlerübersetzung / Spannungswandlerübersetzung zur Impedanzumwandlung	0,2632
	Leitung 1 - Länge	80 km
	Maximaler Laststrom	250 % der vollen Last
Leitungsdaten	Mindestbetriebsspannung	85% Nennspannung
	Zeichenkonvention für Leistungsfluss	Export = negativ
	Volllast-Scheinleistung (S)	600 MVA
	Leitung 1 – Mitsystem-Impedanz pro km Z1	0,025 + j0,21 $\Omega/km$
	Leitung 1 – Nullimpedanz pro km Z0	0,13 + j0,81 $\Omega/km$
	Leitung 2 – Gesamte Mitsystem-Impedanz	3,5 + j39,5 $\Omega$
	Leitung 2 – Gesamte Nullimpedanz	6,8 + j148 $\Omega$
	Leitung 3 – Gesamte Mitsystem-Impedanz	1,5 + j17,5 $\Omega$
	Leitung 3 – Gesamte Nullimpedanz	7,5 + j86,5 $\Omega$
	Maximaler Fehlerwiderstand, Phase-Erde	250 $\Omega$
	Durchschnittlicher Mastfußwiderstand	15 $\Omega$
	Erdleiter	60 mm <sup>2</sup> Stahl
Mastdaten	Isolatorstrecke: Leiter zum Mast (Erde)	5 m
	Seilabstand: Leiter zu Leiter (Phase-Phase)	12 m
Leistungsschalter 1 und 2	Auslösungsansprechzeit	60 ms
	Einschaltansprechzeit	70 ms

# SIPROTEC 5 Applikation

## Distanzschutz mit Schutzsignalübertragungsverfahren (Streckenschutz) an einem Freileitungsabzweig

Tabelle 2: Netzdaten und Leitungsparameter

Auf der Grundlage der Quellen- und Leitungsimpedanz können die folgenden Mindest-Fehlerstromebenen für Fehler an Leitung 1 berechnet werden:

$$I_k = \frac{U_{Quelle}}{\sqrt{3} \cdot Z_{summe}} \quad \text{mit } U_N = 400 \text{ kV}$$

Wird der Fehlerübergangswiderstand für 3-phasige Fehler vernachlässigt, gilt:

$Z_{summe}$  = Summe der Mitsystem-Quellenimpedanz und -Leitungsimpedanz (da nur der Strombetrag berechnet werden soll, ist nur der Betrag der Impedanz relevant).

$$|Z_{summe}| = |(10 + 80 \cdot 0.025) + j(100 + 80 \cdot 0.21)|$$

$$|Z_{summe}| = |12 + j116.8|$$

$$|Z_{summe}| = 117.4 \Omega$$

Der dreiphasige Mindest-Fehlerstrom ist daher:

$$I_{3ph_{min}} = \frac{400 \text{ kV}}{\sqrt{3} \cdot 117.4}$$

$$I_{3ph_{min}} = 1967 \text{ A}$$

Wird der **Fehlerübergangswiderstand** anschließend für einphasige Fehler **vernachlässigt**, gilt:

$Z_{summe} = 1/3$  (Summe der Mit-, Gegen- und Null-Quellen- sowie Leitungsimpedanz)

$$|Z_{summe}| = \frac{|2 \cdot [(10 + 80 \cdot 0.025) + j(100 + 80 \cdot 0.21)] + (25 + 80 \cdot 0.13) + j(200 + 80 \cdot 0.81)|}{3}$$

$$|Z_{summe}| = |19.8 + j166.1|$$

$$|Z_{summe}| = 167.3$$

Der einphasige Mindest-Fehlerstrom ohne Fehlerübergangswiderstand ist daher:

$$I_{1ph_{min}} = \frac{400 \text{ kV}}{\sqrt{3} \cdot 167.3}$$

$$I_{1ph_{min}} = 1380 \text{ A}$$

Wird der **Fehlerübergangswiderstand** anschließend für einphasige Fehler **eingeschlossen**, gilt:

$$Z_{summe\_R} = Z_{summe} + R_F$$

$$|Z_{summe\_R}| = |R_F + Z_{summe}|$$

$$|Z_{summe\_R}| = |250 + 19.8 + j166.1|$$

$$|Z_{summe\_R}| = 316.8$$

Der einphasige Mindest-Fehlerstrom mit hohem Übergangswiderstand ist daher:

$$I_{1ph_{min\_R}} = \frac{400kV}{\sqrt{3} \cdot 316.8}$$

$$I_{1ph_{min\_R}} = 729A$$

### 1.4 Allgemeine Parameter

Die Erstellung eines Projekts, das Hinzufügen von Geräten zum Projekt und die Auswahl von Templates werden in einer separaten Applikationsbeschreibung erklärt. Für die Erklärungen in dieser Applikationsbeschreibung werden die Funktionsgruppen Leitung 1 (Line 1) und Leistungsschalter 1 (Circuit breaker 1) verwendet.

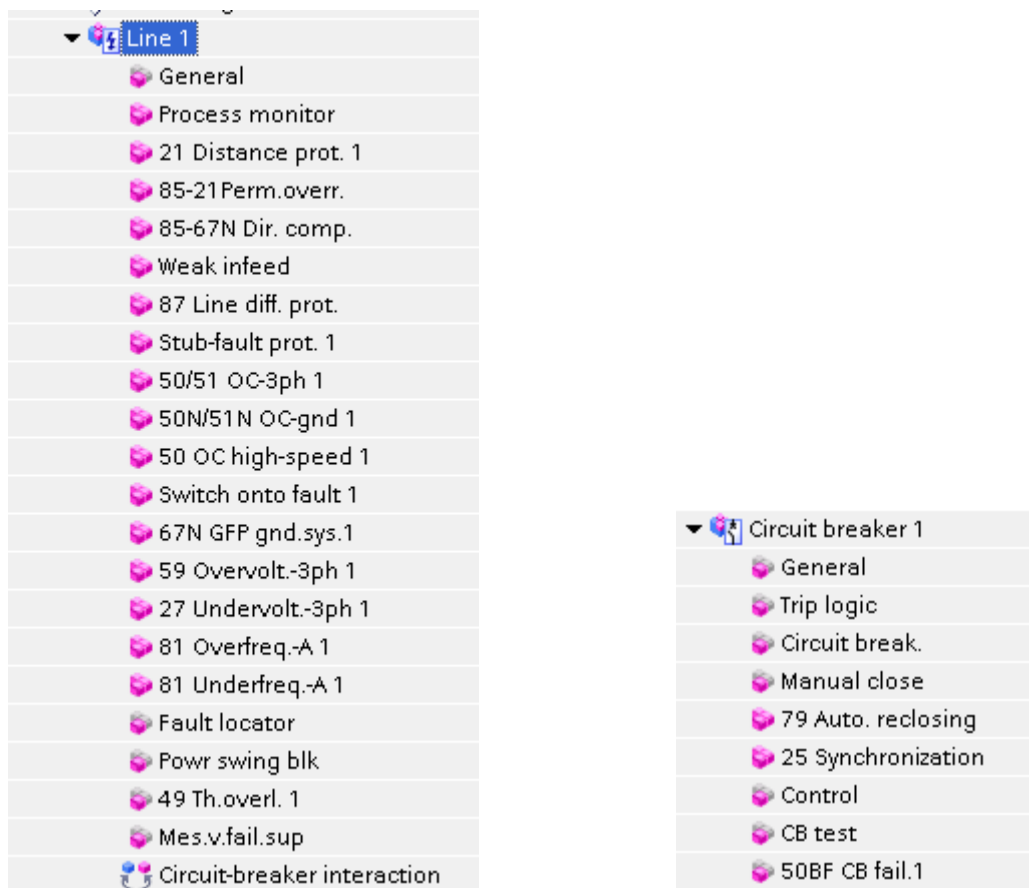


Abbildung 2: Typisches im Template enthaltenes Funktionspaket

In dieser Applikationsbeschreibung werden nur die folgenden Punkte behandelt:

- 21 Distance prot. 1 Distanzschutz
- 85-21 Perm. Overr. Schutzsignalübertragungsverfahren mit Signalvergleich

# SIPROTEC 5 Applikation

## Distanzschutz mit Schutzsignalübertragungsverfahren (Streckenschutz) an einem Freileitungsabzweig

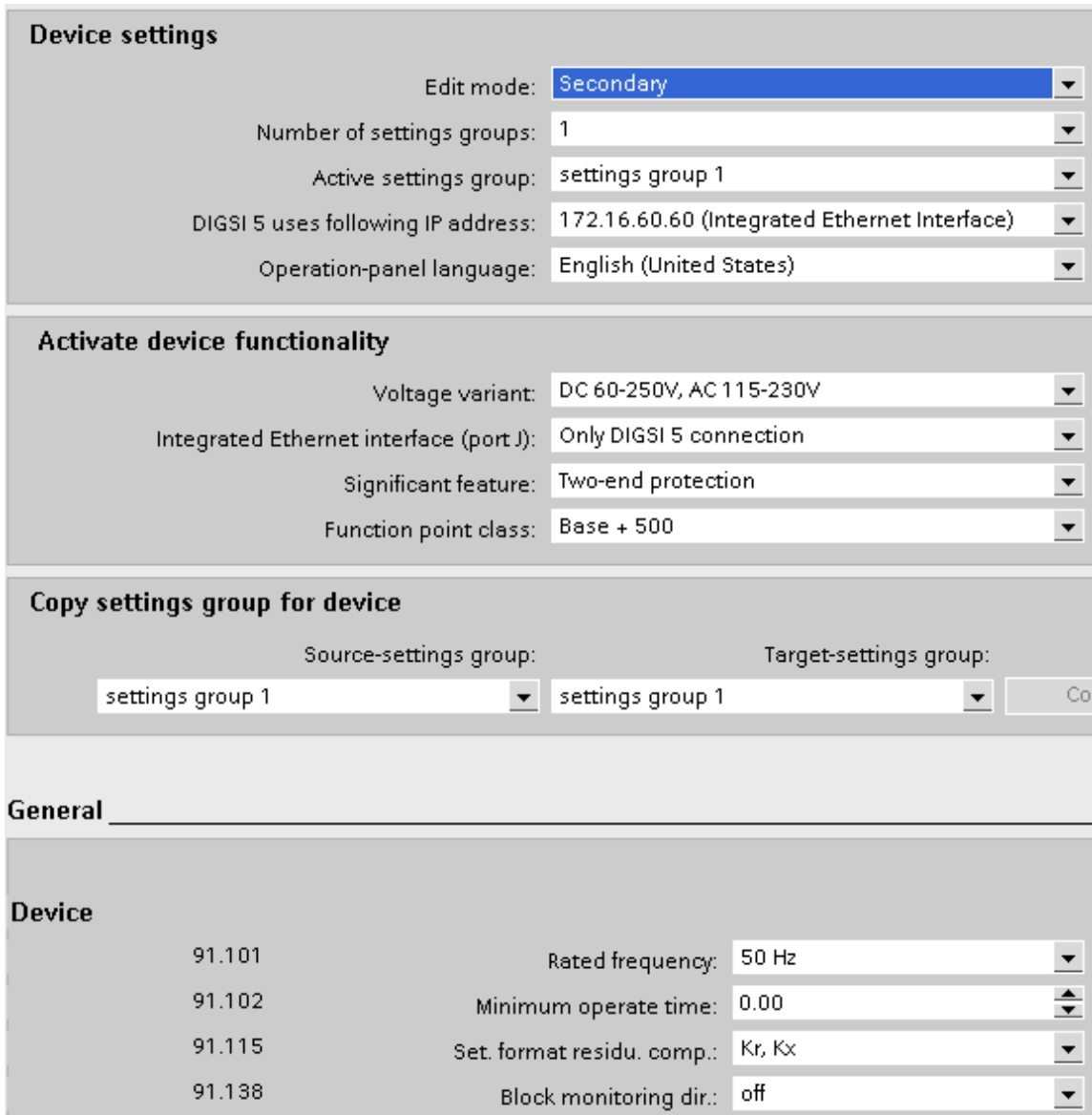
---

Bevor die Einstellungen für die einzelnen Funktionen verwendet werden, müssen die allgemeinen Einstellungen, wie beispielsweise die geräteseitigen Einstellungen und die Netzdaten eingegeben werden.



### 1.4.1 Geräteseitige Einstellungen

Die Geräteeinstellungen sind das erste Element unter Einstellungen und beinhalten einige Parameter, die für die Distanzschutz-Applikation relevant sind:



**Device settings**

Edit mode: Secondary

Number of settings groups: 1

Active settings group: settings group 1

DIGSI 5 uses following IP address: 172.16.60.60 (Integrated Ethernet Interface)

Operation-panel language: English (United States)

**Activate device functionality**

Voltage variant: DC 60-250V, AC 115-230V

Integrated Ethernet interface (port J): Only DIGSI 5 connection

Significant feature: Two-end protection

Function point class: Base + 500

**Copy settings group for device**

Source-settings group: settings group 1

Target-settings group: settings group 1

**General**

**Device**

91.101	Rated frequency:	50 Hz
91.102	Minimum operate time:	0.00
91.115	Set. format residu. comp.:	Kr, Kx
91.138	Block monitoring dir.:	off

Abbildung 3: Geräteseitige Einstellungen

Im Bearbeitungsmodus wird die Auswahl zwischen „Primär“, „Sekundär“ oder „Prozent“ getroffen. Um die Voreinstellungen beizubehalten, die mit dem sekundären Nennstrom/ der Sekundärspannung in Verbindung stehen, wird empfohlen, „Sekundär“ einzustellen, bevor die Parameter für Strom- und Spannungswandler geändert werden. Dies verhindert ein Überschreiben aller Strom-/ Spannungsschwellen bei der Einstellung der Stromwandlerübersetzung / Spannungswandlerübersetzung. Wurden die Strom- und Spannungswandlerdaten eingegeben, kann der Bearbeitungsmodus entsprechend den jeweiligen Präferenzen eingestellt werden (er kann ebenso zu jeder Zeit während der Anwendung der Einstellungen geändert werden).

Die Mindestkommandozeit hat einen voreingestellten Wert von 0 s. Das muss nicht verändert werden. Lediglich in Applikationen, in denen das „Auskommando“ einer Schutzfunktion bewusst nicht mit einem konfigurierten Leistungsschalter in Verbindung steht, kann diese Zeit geändert werden, um eine definierte Mindestkommandozeit zu

# SIPROTEC 5 Applikation

## Distanzschutz mit Schutzsignalübertragungsverfahren (Streckenschutz) an einem Freileitungsabzweig

erhalten. Die Mindestauslösezeit für den Auslösebefehl an den Leistungsschalter wird in der FG Leistungsschalter eingestellt.

Für den Distanzschutz müssen die Erdanpassungsfaktoren „Kr und Kx“ für die Erdschleifenmessung eingestellt werden. In dieser Applikationsbeschreibung wird das Voreinstellungsformat "Kr, Kx" verwendet. Alternativ kann auch der komplexe Faktor „KO“ genutzt werden.

Die Einstellung „Blockierung der Überwachungsrichtung“ sollte auf „aus“ gesetzt bleiben. Sie kann während des Testlaufs und der Inbetriebsetzung auf „ein“ geändert werden, um eine sonst im Kontrollzentrum ankommende Flut von testbezogenen Signalen zu vermeiden. Diese Blockierung kann ebenso durch einen Binäreingang aktiviert werden.

### 1.4.2 Netzeinstellungen

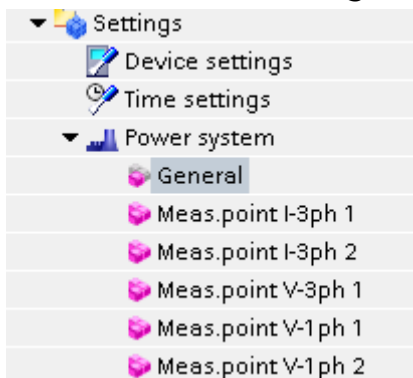


Abbildung 4: Erste Einstellungen im Bedienbaum

Die Parameter für den Stromwandler und den Spannungswandler sind Teil der Netzeinstellungen. Diese müssen entsprechend den gegebenen Daten gesetzt werden. Bitte beachten Sie, dass das Gerät mehrere Strom- und Spannungsmesspunkte haben kann. Bitte achten Sie darauf, den korrekten Messpunkt für die Anwendung der folgenden Einstellungen anzuwählen.

#### Einstellungen der Stromwandlermesspunkte

Die Einstellungsmaske für die Stromwandlerparameter (z.B. Messpunkt I-3ph 1) ist wie folgt (beachten Sie den obigen Kommentar zum „Bearbeitungsmodus“ - es wird „Sekundär“ empfohlen, wenn die Parameter der Stromwandlerübersetzung geändert werden):

## Distanzschutz mit Schutzsignalübertragungsverfahren (Streckenschutz) an einem Freileitungsabzweig

CT 3-phase	
<b>General</b>	
11.931.8881.115	CT connection: 3-phase + IN
11.931.8881.127	Tracking: active
<b>CT phases</b>	
11.931.8881.101	Rated primary current: 1000.0 A
11.931.8881.102	Rated secondary current: 1 A
11.931.8881.117	Current range: 100 x IR
11.931.8881.118	Internal CT type: CT protection
11.931.8881.116	CT neutr.pt. in dir. of obj.: yes
11.931.8881.114	Inverted phases: none
11.931.8881.107	CT error changeover: 1.00
11.931.8881.108	CT error A: 5.0 %
11.931.8881.109	CT error B: 15.0 %

Abbildung 5: Eingabe der Einstellungen für den Stromwandler

Die Nachführung (Tracking) wird aktiviert, wenn die an diesem Messpunkt ermittelten Signale genutzt werden können, um die Netzfrequenz zu bestimmen. Die so ermittelte Netzfrequenz wird verwendet, um die Abtastfrequenz zu bestimmen, so dass eine feste Anzahl von Abtastungen pro Periode zur Verfügung stehen. Obwohl der Distanzschutz die Neuabtastung nicht verwendet, wird die Nachführung für die Strommessung aktiviert, weil andere Funktionen im Gerät die Frequenznachführung möglicherweise verwenden.

Der primäre und sekundäre Wandlernennstrom werden entsprechend den in Tabelle 2 gegebenen Applikationsdaten eingestellt.

Der Strom-Einstellbereich für den Distanzschutz ist auf  $100 \times IR$  festgelegt.

Die Wandlerpolung wird durch die korrekte Anwendung des Sternpunktes ausgewählt. Dies geschieht über die Auswahl der Sternpunkttrichtung des Stromwandlers, der in Richtung des geschützten Objektes (Leitung) weisen kann oder nicht. Die korrekten Einstellungen müssen während der Inbetriebsetzung oder bei der Richtungsprüfung unter Last kontrolliert werden.

Die Einstellung „Inverted phases“ ist nur relevant, wenn die Möglichkeit der umgekehrten Phasendrehung besteht.

Beispielsweise wird das Drehfeld im Generatorfeld eines Pumpspeicherwerks geändert, wenn es von Motor- auf Generatorbetrieb schaltet. In dieser Applikation ist das Drehfeld festgelegt, so dass dieser Parameter auf „kein“ gesetzt wird.

Die anderen Einstellungen wie z.B. Stromwandlerfehler entfallen in dieser Applikation. Sie sind für den Leitungs-Differentialschutz von Bedeutung.

Die Einstellungen für den 2. Stromwandler, Messpunkt I-3ph 2, sind genau gleich, da die Stromwandler identisch sind.

### Einstellungen für die Stromwandlermesspunkte

Die Maske für die Einstellungen des Stromwandlers sieht wie folgt aus:

# SIPROTEC 5 Applikation

## Distanzschutz mit Schutzsignalübertragungsverfahren (Streckenschutz) an einem Freileitungsabzweig

VT 3-phase	
11.941.8911.101	Rated primary voltage: 380.00 kV
11.941.8911.102	Rated secondary voltage: 100 V
11.941.8911.104	VT connection: 3 ph-to-gnd voltages
11.941.8911.106	Inverted phases: none
11.941.8911.111	Tracking: active

Abbildung 6: Eingabe der Einstellungen für die Spannungswandler-leitungsseitig

Die Einstellungen für den leitungsseitigen Spannungswandler werden wie in Abbildung 6 dargestellt eingegeben. Die primäre Nennspannung liegt hier bei 380kV. Der U-Wandler an der Sammelschiene hat eine andere primäre Nennspannung, so dass dafür andere Einstellungen gelten (nur bei Synchro Check relevant).

### 1.4.1 Störfallaufzeichnung

Die Information zum Störfall in SIPROTEC 5 wird in erster Linie mit dem Störfallmeldepuffer bereitgestellt. Im Informationsrouting (Matrix) kann die Auswahl für den Störfallmeldepuffer getroffen werden. Die oszillographische Fehleraufzeichnung (Störschrieb) enthält ebenfalls Binärsuren, die in der Rangiermatrix wählbar sind. Für die Störfallaufzeichnung können die folgenden Einstellungen verwendet werden:

General	
51.791.2731.1	Mode: on

Control	
51.791.2761.130	Fault recording: with pickup & AR cyc.
51.791.2761.131	Storage: always
51.791.2761.111	Maximum record time: 5.00 s
51.791.2761.112	Pre trigger time: 0.50 s
51.791.2761.113	Post trigger time: 0.50 s
51.791.2761.116	Manual record duration: 0.50 s
51.791.2761.140	Sampling frequency: 8 kHz

Abbildung 7: Einstellungen für die Störfallaufzeichnung

Die Einstellung der Störfallaufzeichnung mit AWE-Zyklus (mit Anregung & AWE-Zyklus) gewährleistet, dass sowohl der Störfallmeldepuffer, als auch der -Schreiber den Fehler vom Vorfehler bis hin zum auf den AWE-Zyklus folgenden Einschaltbefehl unter einer einzigen Eintragsnummer speichern.

Die SIPROTEC 5 Geräte können lange Aufzeichnungen im internen Speicher ablegen, so dass im Allgemeinen alle Ereignisse (sogar jene, die keine Auslösung zur Folge haben) gespeichert werden. Besteht das Risiko, dass Datensätze mit Auslösung und Wiedereinschaltung aufgrund hoher Störanfälligkeit oder langer Intervalle vor dem Auslesen der Datensätze aus dem Gerät durch andere Ereignisse überschrieben werden, kann der Speichermodus auf „mit Auslösung“ anstatt „immer“ geändert werden. Alternativ kann die Abtastrate für längere Störschreibungen auf weniger als 8kHz reduziert werden - Details zur Speicherkapazität finden Sie im Handbuch.

### 1.5 Funktionsgruppe Leitung

In der Funktionsgruppe Leitung werden die einzelnen Funktionen gruppiert. Hier gibt es ebenfalls einige allgemeine Einstellungen, die unter der Überschrift *Allgemein* und *Process monitor* angeordnet sind:

#### Allgemein

Rated values	
21.9001.101	Rated current: 1000 A
21.9001.102	Rated voltage: 400.00 kV
21.9001.103	Rated apparent power: 692.8 MVA
Line data	
21.9001.149	System neutral point: grounded
21.9001.112	C1 per length unit: 0.038 $\mu\text{F}/\text{km}$
21.9001.148	C0 per length unit: 0.027 $\mu\text{F}/\text{km}$
21.9001.113	X per length unit: 0.0553 $\Omega/\text{km}$
21.9001.114	Line length: 80.00 km
21.9001.108	Line angle: 83.21 °
21.9001.104	Kr: 1.40
21.9001.105	Kx: 0.95
21.9001.119	CT saturation detection: yes
21.9001.120	CT saturation threshold: 24.000 A
21.9001.111	Series compensation: no

Abbildung 8: Allgemeine Einstellungen der FG Leitung

Nennstrom und -Spannung müssen auf den Nennwert der Leitung eingestellt werden. In den meisten Fällen werden diese Parameter genauso eingestellt wie die Primärnennwerte des Strom- und des Spannungswandlers. Die Nennleistung wird automatisch von diesen beiden Einstellungen abgeleitet. Alle in Prozent angegebenen Einstellungen und Meldungen der FG Leitung beziehen sich auf diese Einstellungen. Schutzeinstellungen sind davon nicht betroffen, soweit sie nicht in Prozent angewendet werden.

Die weiteren Einstellungen in diesem Fenster müssen entsprechend den Leitungsdaten vorgenommen werden. Die Leitungskapazität (C1 und C0) ist nur erforderlich, wenn 2-seitige Fehlerortler oder Ladungskompensation zusammen mit Leitungs-Differentialschutz verwendet werden. Der Fehlerortler benötigt ebenfalls den Reaktanzbelag X pro Längeneinheit, der gemäß den Leitungsdaten in Tabelle 2 gesetzt werden sollte.

Die Einstellung des Leitungswinkels berechnet sich aus den Leitungsdaten der Mitimpedanz. In diesem Beispiel:

# SIPROTEC 5 Applikation

Distanzschutz mit Schutzsignalübertragungsverfahren (Streckenschutz) an einem Freileitungsabzweig

---

$$\underline{Z}_1 = 0,025 + j0,21$$

$$\text{Leitungswinkel} = \arctan\left(\frac{X_L}{R_L}\right)$$

$$\text{Leitungswinkel} = 83,21^\circ$$

Obwohl die Erdanpassungsfaktoren für jede Zone separat gesetzt werden können, sollten hier die auf den Leitungsdaten basierenden Einstellungen verwendet werden.

$$\frac{R_E}{R_L} = \frac{1}{3} \cdot \left( \frac{R_0}{R_1} - 1 \right)$$

$$\frac{R_E}{R_L} = \frac{1}{3} \cdot \left( \frac{0,13}{0,025} - 1 \right)$$

$$\frac{R_E}{R_L} = 1,4$$

$$\frac{X_E}{X_L} = \frac{1}{3} \cdot \left( \frac{X_0}{X_1} - 1 \right)$$

$$\frac{X_E}{X_L} = \frac{1}{3} \cdot \left( \frac{0,81}{0,21} - 1 \right)$$

$$\frac{X_E}{X_L} = 0,95$$

1116

Verwenden Sie die Einstellung RE/RL gleich **1,40** sowie XE/XL gleich **0,95**.

## Distanzschutz mit Schutzsignalübertragungsverfahren (Streckenschutz) an einem Freileitungsabzweig

Kann der Fehlerstrom (mit Transienten) eine Stromwandlersättigung hervorrufen, muss die Einstellung für die Erkennung der Stromwandlersättigung „Ja“ lauten. Damit wird sichergestellt, dass geeignete Stabilisierungsmaßnahmen ergriffen werden, um eine Fehlfunktion aufgrund der Stromwandlersättigung bei Fehlern zu vermeiden. Lautet die Einstellung „Ja“, muss der Ansprechwert der Stromwandlersättigung gesetzt werden. Diese Stromstärke kann mit den gegebenen Stromwandlerdaten berechnet werden:

$$\text{Stromwandlersättigungsschwelle} = \frac{n'}{5} \cdot I_{\text{nenn}}$$

$$\text{mit: } n' = n \cdot \frac{P_N + P_i}{P' + P_i} = \text{Betriebsüberstromziffer}$$

$P'$  = die tatsächliche, an den Sekundärstromwandler angeschlossene Bürde

$P'$  = Relaisbürde + Anschlusskabelbürde im Sekundärkreis des Stromwandlers

In diesem Beispiel ist nur das Relais 7SA87 an den Stromwandler angeschlossen, so dass die Relaisbürde 0,05 VA pro Phase beträgt. Aufgrund des Holmgreen-Anschlusses beträgt die Maximalbürde für Erdströme  $2 \times 0,05 \text{ VA} = 0,1 \text{ VA}$ .

Die Anschlusskabelbürde im Sekundärstromkreis wird wie folgt berechnet:

$$R_{\text{Kabel}} = \frac{2 \cdot l_{\text{Kabel}} \cdot \rho_{\text{Cu}}}{a_{\text{Kabel}}}$$

$$l_{\text{Kabel}} = 50 \text{ m}$$

$$\rho_{\text{Cu}} = 0,0179 \text{ } \Omega\text{mm}^2/\text{m}$$

$$a_{\text{Kabel}} = 2,5 \text{ mm}^2$$

daher gilt:

$$R_{\text{Kabel}} = \frac{2 \cdot 50 \cdot 0,0179}{2,5}$$

$$R_{\text{Kabel}} = 0,72$$

Bei 1 A sekundärem Nennstrom entspricht dies:

# SIPROTEC 5 Applikation

Distanzschutz mit Schutzsignalübertragungsverfahren (Streckenschutz) an einem Freileitungsabzweig

---

$$P' = R_{Kabel} \cdot I_{enn_{CT}}^2 + P_{relay}$$

$$P' = 0.72 \cdot 1^2 + 0.1$$

$$P' = 0.82VA$$

Gemäß Tabelle 2 ergeben sich Stromwandlerdaten von 5P20 20 VA, daher gilt:

$$n' = 20 \cdot \frac{20 + 3}{0.82 + 3}$$

$$n' = 120$$

Mit diesem Wert kann anschließend die Einstellung berechnet werden:

$$\text{Stromwandlersättigungsschwelle} = \frac{120}{5} \cdot 1A$$

$$\text{Stromwandlersättigungsschwelle} = 24A$$

Die in diesem Fall verwendete Einstellung lautet daher **24,0 A**.



### Process monitor

**Closure detec.**

21.1131.4681.101	Operating mode:	Manual close only	
21.1131.4681.102	Seal-in time after closure:	0.05	s
21.1131.4681.103	Min. time feeder open:	0.25	s

**1pol.open det.**

21.1131.4711.101	Operating mode:	with measurement	
------------------	-----------------	------------------	--

**Volt.criterion**

21.1131.4801.101	Threshold U open:	30.000	V
------------------	-------------------	--------	---

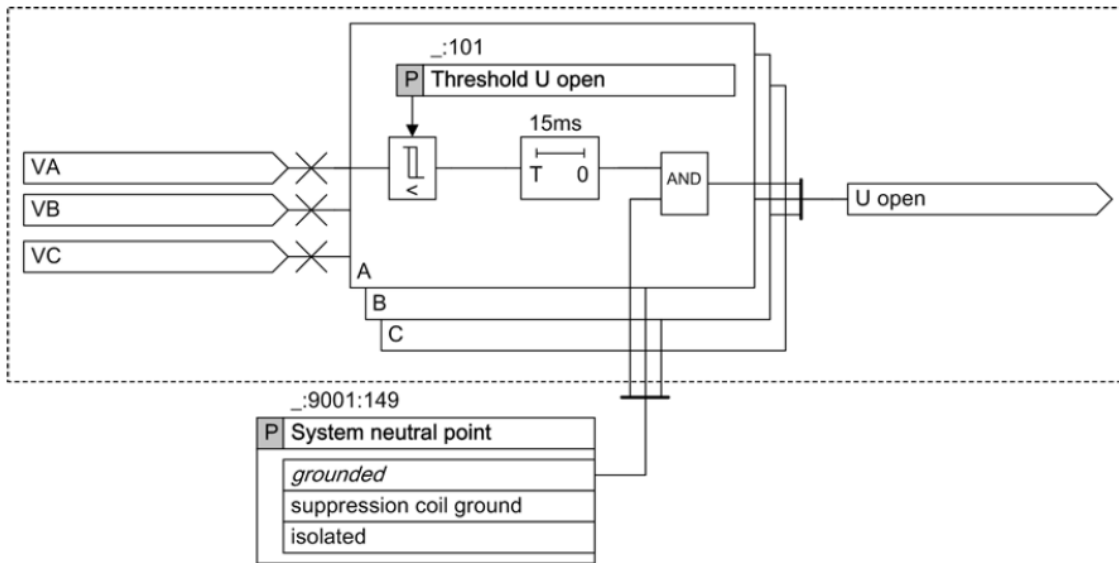
Abbildung 9: Die Process monitor-Einstellungen für die FG Leitung

Die Einstellungen für die Zuschalterkennung dienen der Funktion „Auslösung bei Zuschaltung auf Fehler“. Für die meisten Anwendungen können die Voreinstellungen verwendet werden.

Die einpolig-offen Erkennung (1-polige Pause) ist wichtig, wenn einpolige Auslösung möglich ist. Während der einpoligen Pausenzeit sind einige Schutzfunktionen blockiert (stabilisiert). Die Voreinstellung „mit Messung“ wird empfohlen. In diesem Kontext ergeben sich die Einstellungen für das Spannungskriterium. Zur näheren Erläuterung ist das folgende Diagramm aus dem Handbuch dargestellt:

# SIPROTEC 5 Applikation

Distanzschutz mit Schutzsignalübertragungsverfahren (Streckenschutz) an einem Freileitungsabzweig



[LoProUre-020211-enUS-01.tif]

Abbildung 10: Allgemeine Einstellungen der FG Leitung

Das Spanningskriterium sollte nur für die Erkennung der Leitung/Pol offen verwendet werden, wenn die Spannungswandler leitungsseitig angeordnet sind, wie es in diesem Beispiel der Fall ist.

## 1.6 Distanzschutz

Die Distanzschutz-Einstellungen beginnen mit einem Baustein für allgemeine Einstellungen:

General	
21.901.2311.110	Zone timer start: on dist. pickup
21.901.2311.107	Dist. characteristic angle: 83.2
21.901.2311.105	Ground-fault detection: 3I0 or V0
21.901.2311.103	3I0> threshold value: 0.100
21.901.2311.102	V0> threshold value: 1.667
21.901.2311.104	3I0 pickup stabilization: 0.10
21.901.2311.108	Loop select. with ph-ph-g: block leading phase

Abbildung 11: Allgemeine Distanzschutz-Einstellungen

Der „Zonentimer-Start“ wird auf „Distanzschutz-Anregung“ gesetzt, so dass alle Timer gleichzeitig starten, wenn der Distanzschutz in einer beliebigen Zone angeregt wird. Dies garantiert eine Auslösung mit der korrekten (kürzesten erlaubten) Verzögerung bei Fernfehlern mit Fehlerübergangswiderstand. Siehe Beispiel unten:

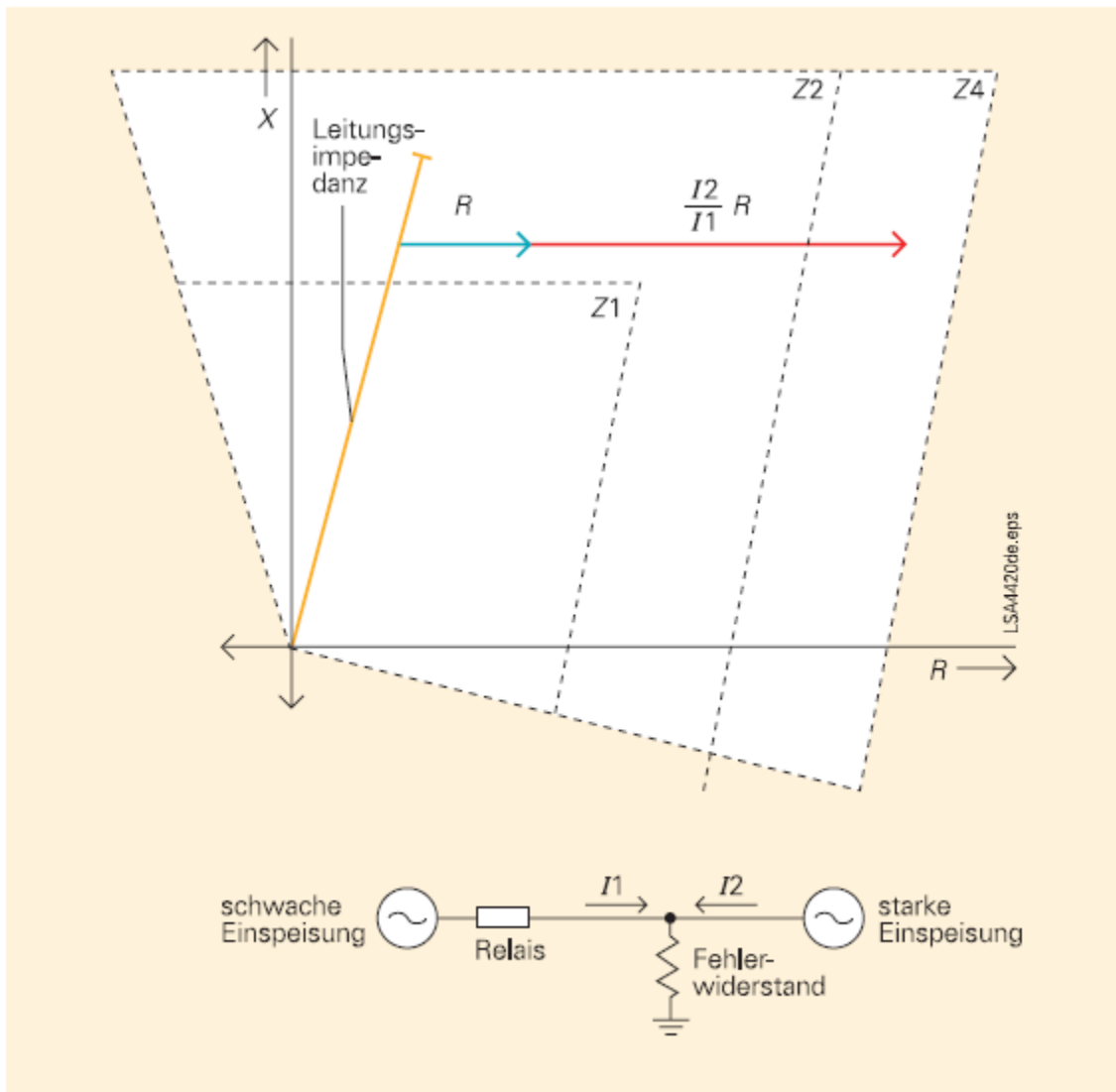


Abbildung 12: Beispiel, sequentielle Auslösung mit Reservestufe bei Fernfehlern

Obwohl der Fehler im Bereich der Zone 2 auftritt (gemäß der Reichweitenkoordination), wird er in Zone 2 wegen des Fehlerübergangswiderstands und der starken Ferneinspeisung zunächst nicht erkannt. Das Gegenende mit starker Einspeisung löst entsprechend seiner Einstellung aus (Reichweite und Zeitverzögerung). Ist die Ferneinspeisung geöffnet, fällt der Strom ( $I_2$ ) zurück, so dass die Fehlerimpedanz in Zone 2 sichtbar wird. Der Timer für Zone 2 wurde bereits mit den verwendeten Einstellungen mit Distanzanregung gestartet, und Zone 2 löst in der gewünschten Zeit aus, obwohl der Fehler zunächst außerhalb der Zone 2 auftrat.

Die Einstellungen für den Leitungswinkel müssen aus den Mitsystem-Leitungsparametern berechnet werden:

$$Z_1 = 0,025 + j0,21$$

$$Line\_angle = \arctan\left(\frac{X_L}{R_L}\right)$$

# SIPROTEC 5 Applikation

## Distanzschutz mit Schutzsignalübertragungsverfahren (Streckenschutz) an einem Freileitungsabzweig

Leitungswinkel =  $83,2^\circ$

Für die übrigen Einstellungen in Abbildung 10 können die Standardwerte beibehalten werden. Details entnehmen Sie bitte dem Handbuch oder der Online-Hilfe.

Der Distanzschutz hat eine  $Z_{<}$ -Ansprechkennlinie:

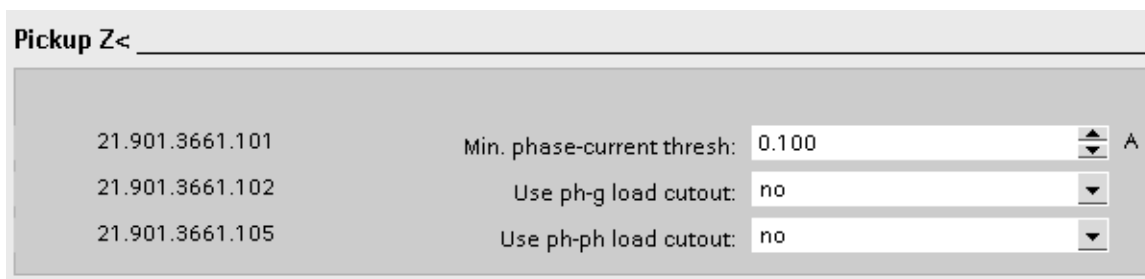


Abbildung 13: Einstellungen der Distanzschutz-Anregung

Für den Betrieb des Distanzschutzes ist ein Mindeststrom erforderlich. Dieser wird typischerweise unverändert auf dem Standardwert belassen, der 10% des sekundären Nennstroms entspricht. Da diese Einstellung für die Reichweitenstaffelung nicht relevant und generell viel geringer als typischer Laststrom ist, basiert sie nicht auf einer Fehlerstromberechnung. Liegen hingegen Bedingungen mit schwacher Einspeisung vor, die interne Fehler mit Fehlerströmen unter diesem Grenzwert hervorrufen können, muss möglicherweise ein spezieller Schutz für schwache Einspeisung angewendet werden.

Die Lastausblendung ist normalerweise nur erforderlich bei langen Leitungen, bei denen die eingestellten Zonenreichweiten Lastimpedanzen einschließen können. Falls dies zutrifft, sollte die Lastausblendung aktiviert werden - das ist in diesem Beispiel nicht der Fall.

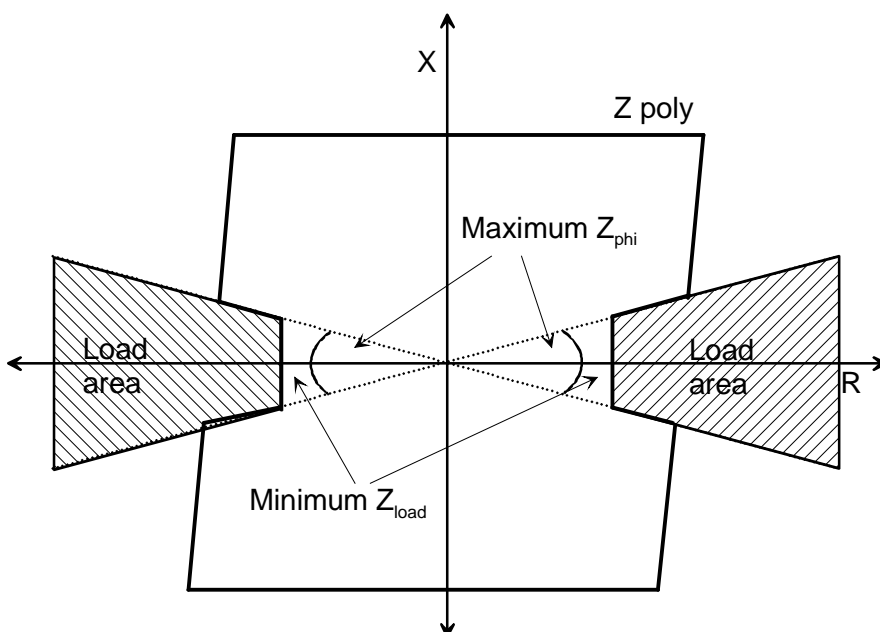


Abbildung 14: Lastkegel

## Distanzschutz mit Schutzsignalübertragungsverfahren (Streckenschutz) an einem Freileitungsabzweig

In dieser Anwendung werden 4 Zonen verwendet, Zone 1, 2, 3 und 5. Die Zone 2 ist eine vorwärtsgerichtete, übergreifende Zone, die auch vom Schutzsignalübertragungs- und -vergleichsverfahren verwendet wird.

Zonennummer	X-Reichweite	Reichweite	Verzögerung
Zone 1	80% X-Leitung	80% Leitung 1	0,00 s
Zone 2	20 % geringer als Z1-Reichweite in Leitung 3	20 % geringer als Z1-Reichweite in Leitung 3	1 Zeitstufe
Zone 3	50% Z Leitung 1	50% Z Leitung 1	2 Zeitstufen
Zone 5	120% Leitung 2	120% Leitung 2	3 Zeitstufen

Tabelle 3

Das angewendete Template ist mit den folgenden Distanzschutz zonen vorrangiert:

Z1, Z1B, Z3 und Z4. Diese können umbenannt, gelöscht oder mit zusätzlich eingebauten Stufen ergänzt werden. In diesem Fall werden die Zonen umbenannt, indem der gewünschte Name wie unten dargestellt im Fenster „Details“ eingegeben wird:

# SIPROTEC 5 Applikation

Distanzschutz mit Schutzsignalübertragungsverfahren (Streckenschutz) an einem Freileitungsabzweig

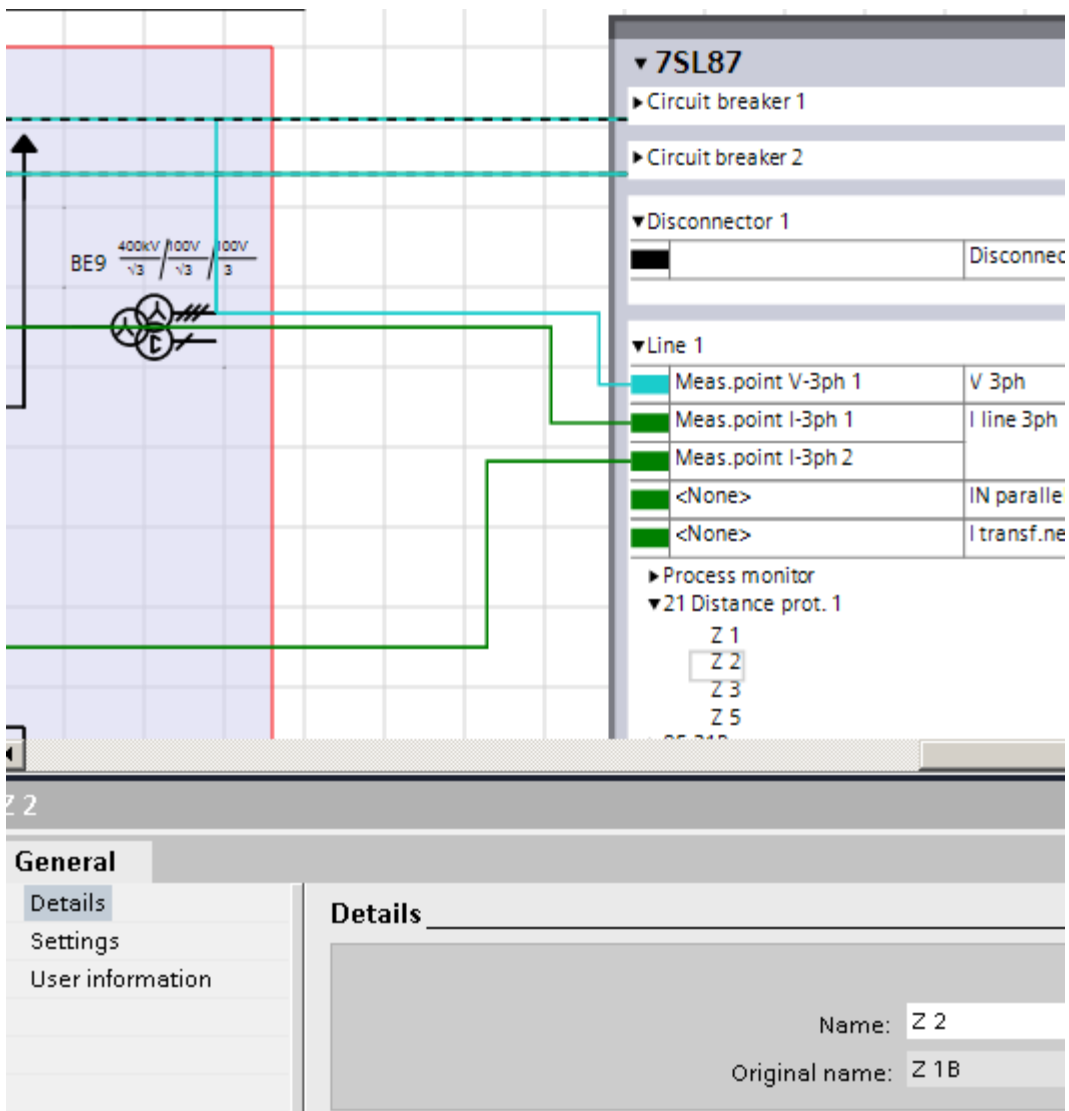


Abbildung 15: Umbenennung von Z1B in Z2

Die Distanzschutzonen werden als Stufen der Distanzschutzfunktion behandelt. Alle Stufen (Zonen) haben die gleichen Einstelloptionen.

### 1.6.1 Einstellungen der Zone 1

**Z 1**

21.901.3571.1	Mode:	on	▼
21.901.3571.2	Operate &flt.rec. blocked:	no	▼
21.901.3571.121	Blocked if diff.prot.active:	no	▼
21.901.3571.11	1-pole operate allowed:	yes	▼
21.901.3571.101	Function mode:	ph-gnd and ph-ph	▼
21.901.3571.114	Zone-spec. residu. comp.:	no	▼
21.901.3571.109	Directional mode:	forward	▼
21.901.3571.102	X reach:	3.537	▲▼ Ω
21.901.3571.103	R (ph-g):	2.580	▲▼ Ω
21.901.3571.104	R (ph-ph):	3.630	▲▼ Ω
21.901.3571.113	Zone-inclination angle:	0	▲▼ °
21.901.3571.110	Operate delay (1-phase):	0.00	▲▼ s
21.901.3571.112	Operate delay (multi-ph.):	0.00	▲▼ s

Abbildung 16: Einstellungen für die Zone 1

Die Zone 1 (Z1) ist als unverzögerte selektive vorwärtsgerichtete Zone mit einer Reichweite von 80% der Leitungslänge eingestellt. Sie löst einpolig für Phase-Erde-Fehler und dreipolig für Phase-Phase-Fehler aus. Als untergreifende Zone verwendet sie keine zonenspezifischen Erdanpassungsfaktoren, da die für die Leitung gesetzten Parameter verwendet werden können.

Die Reaktanzreichweite wird mit 20% Sicherheitsabstand zum Gegenende berechnet:

$$X(Z1) = 0.8 \cdot X_{Line1}$$

$$X(Z1) = 0.8 \cdot 80 \cdot 0.021$$

$$X(Z1) = 13.44\Omega(\text{prim})$$

Dies wird durch Multiplikation mit dem Umrechnungsfaktor in Tabelle 2 in einen Sekundärwert umgewandelt:

$$X(Z1) = 13.44 \cdot 0.2632$$

$$X(Z1) = 3.537\Omega(\text{sec})$$

Die Einstellung für die X-Reichweite von Z1 lautet daher 3,537 Ohm.

Für Phase-Phase-Schleifen und Phase-Erde-Schleifen ist eine separate Einstellung der Resistanz-Reichweite verfügbar. Über „Winkel der Distanzschutzcharakteristik“ unter **Allgemein** oben wird der Neigungswinkel der Distanzschutzcharakteristik dem Leitungswinkel gleichgesetzt. Die Einstellungen für die Resistanz der einzelnen Zonen müssen daher nur den Fehlerübergangswiderstand am Fehlerort abdecken (Fehler auf der geschützten Leitung). Für die

# SIPROTEC 5 Applikation

## Distanzschutz mit Schutzsignalübertragungsverfahren (Streckenschutz) an einem Freileitungsabzweig

Einstellung der Z1 werden nur Lichtbogenfehler berücksichtigt. Dazu wird der Lichtbogenwiderstand mit der folgenden Gleichung berechnet.

$$R_{LB} = \frac{U_{LB}}{I_K}$$

Die Lichtbogenspannung ( $U_{LB}$ ) wird mit der folgenden Faustregel berechnet, die eine sehr konservative Schätzung liefert (geschätzter  $R_{LB}$  ist größer als der aktuelle Wert):

$$U_{LB} = 2500V \cdot l_{LB} \quad \text{wonach } l_{LB} \text{ die Länge des Lichtbogens ist.}$$

Die Länge des Lichtbogens ist größer als der Abstand zwischen den Leitern (Phase-Phase), da der Lichtbogen durch thermische und magnetische Kräfte gekrümmt wird. Zu Schätzzwecken wird angenommen, dass  $l_{LB}$  1,5-mal so groß ist wie der Leiterabstand. Um den für die Einstellung erforderlichen höchsten Wert von  $R_{LB}$  zu ermitteln, muss der niedrigste Fehlerstromwert verwendet werden (zuvor berechnet):

Für den Erdkurzschluss muss nicht nur die Lichtbogenspannung berücksichtigt werden, sondern auch der Mastfußwiderstand. Aus der grafischen Darstellung in Abbildung 20 wird ersichtlich, dass der Ergebniswert aufgrund der Parallelschaltung mehrerer Mastfußwiderstände bei weniger als  $1,5 \Omega$  liegt, obwohl der einzelne Mastfußwiderstand  $15 \Omega$  beträgt (Tabelle 2).

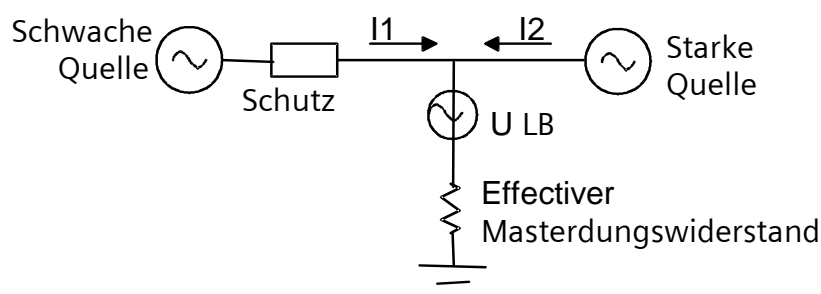


Abbildung 17: Kombination aus Lichtbogenspannung und Mastfußwiderstand

Aus Abbildung 17: Kombination aus Lichtbogenspannung und Mastfußwiderstand ist zu ersehen, dass die Ferneinspeisung ( $I_2$ ) einen zusätzlichen Spannungsabfall am „effektiven Masterdungswiderstand“ einführt, der in der Fehlerschleife vom Schutz gemessen wird (dieser Effekt ist ebenfalls in Abbildung 15 zu sehen). Um diesen Einfluss auszugleichen, ist der Höchstwert (keine schwachen Einspeisungsbedingungen) des Verhältnisses von  $I_2/I_1$  erforderlich. Dies wird in Tabelle 2 mit dem Wert 3 angegeben. Der maximale vom Schutz gemessene Masterdungswiderstand (unter Berücksichtigung der Ferneinspeisung) in der Fehlerschleife ist daher:

$$R_{ME} = \left(1 + \frac{I_2}{I_1}\right) \cdot \text{Effektiver\_Masterdungswiderstand}$$

$$R_{ME} = (1 + 3) \cdot 1.5$$

$$R_{ME} = 6\Omega(\text{prim})$$



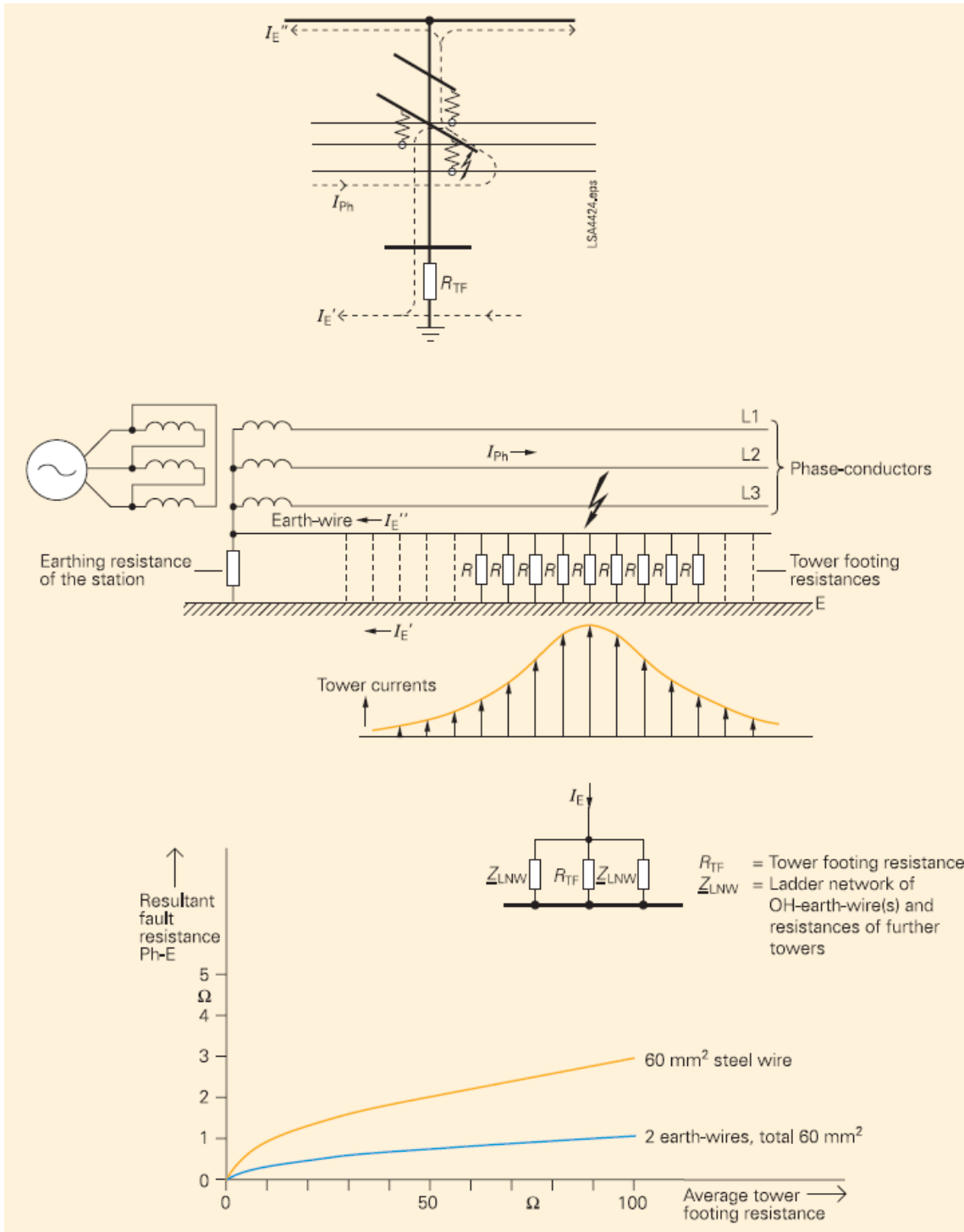


Abbildung 18: Wirksamer Mastfußwiderstand

Die Lichtbogen­spannung für die Erdkurz­schlüsse wird unter Verwendung des Abstands zwischen Leiter zum Mast/Boden berechnet, der in Tabelle 2 angegeben ist:

# SIPROTEC 5 Applikation

## Distanzschutz mit Schutzsignalübertragungsverfahren (Streckenschutz) an einem Freileitungsabzweig

---

$$U_{LB} = 2500V \cdot I_{LB}$$

$$U_{LB} = 2500V \cdot 1.5 \cdot 5m$$

$$U_{LB} = 18.75kV$$

Um den für die Einstellung erforderlichen höchsten Wert von  $R_{\text{Lichtbogen}}$  zu ermitteln, muss der niedrigste Fehlerstromwert verwendet werden (zuvor berechnet):

$$R_{LB} = \frac{18.75kV}{1380A}$$

$$R_{LB} = 13.6\Omega$$

Der Gesamtwiderstand, der bei Erdkurzschlüssen abgedeckt werden muss, ist die Summe von  $R_{LB}$  und  $R_{ME}$ . Darin ist ein Sicherheitsfaktor von 20 % enthalten und das Ergebnis wird in sekundäre Werte umgerechnet (Teilung durch den Faktor  $(1 + RE/RL)$ , da  $R_{LB}$  und  $R_{ME}$  in der Schleifenmessung erscheinen, während die Einstellung als Phasenimpedanz oder Mitimpedanz erfolgt).

$$RE(Z1) = \frac{1.2 \cdot (13.6 + 6) \cdot 0.2632}{(1 + 1.4)}$$

$$RE(Z1) = 2.58\Omega(\text{sec})$$

Die Einstellung für Z1 R(Phase-Erde) lautet daher 2,58 Ohm.

Für die Berechnung der R\_einstellung für Phase-Phase Fehler gelten ähnliche Vorgaben. Zunächst ist der Phase-Phase-Lichtbogenwiderstand zu berechnen.

$$R_{LB} = \frac{2500V \cdot 1.5 \cdot 12m}{1967A}$$

$$R_{LB} = 23\Omega$$

Durch Hinzufügen einer Sicherheitsmarge von 20 % und Umwandlung in eine sekundäre Impedanz (Faktor aus Tabelle 2) wird die folgende Mindesteinstellung berechnet (geteilt durch 2, da  $R_{LB}$  in der Schleifenmessung erscheint, während die Einstellung als Phasenimpedanz oder Mitimpedanz erfolgt):

$$R(Z1) = \frac{1.2 \cdot 23 \cdot 0.2632}{2}$$

$$R(Z1) = 3.63\Omega(\text{sec})$$

Die Einstellung für Z1 R(Phase-Phase) lautet daher 3,63 Ohm.

## Distanzschutz mit Schutzsignalübertragungsverfahren (Streckenschutz) an einem Freileitungsabzweig

### 1.6.2 Einstellungen der Zonen 2, 3 und 5

Die Einstellungen für die Zonen 2 bis 5 werden auf die gleiche Art und Weise vorgenommen. Die wie in Tabelle 1 definierte Zonenreichweite wird mit den Leitungsdaten aus Tabelle 2 verwendet, um die verschiedenen Zonenreichweiten zu berechnen.

	Berechnung X-Reichweite		
	Bedeutung	Berechnung	Ergebnis
			Ohm (sek)
Z1	$0,8 \times XLtg1$	$0,8 \times 80 \times 0,21 \times 0,2632$	3,537
Z2	$0,8 \times (XLtg1 + 0,8 \times XLtg3)$	$0,8 \times (80 \times 0,21 + 0,8 \times 4.606) \times 0,2632$	6,485
Z3	$0,5 \times XLtg1$	$0,5 \times 80 \times 0,21 \times 0,2632$	2,211
Z5	$1,2 \times (XLtg1 + XLtg2)$	$0,8 \times 80 \times 0,21 \times 0,2632$	17,78

Die Widerstandsreichweiten nehmen proportional zu den für Zone 1 errechneten Widerstandsreichweiten zu.

	R Berechnung Reichweite (Phase-Erde)		
	Bedeutung	Berechnung	Ergebnis
			Ohm (sek)
Z1	Berechnet aus Lichtbogenspannung und $R_{tf}$	siehe oben	2,580
Z2	$(X2 / X1) \times R1G$	$(6,485 \times 80 \times 3,537 \times 2,58)$	4,730
Z3	$(X3 / X1) \times R1$	$(2,211 \times 80 \times 3,537 \times 2,58)$	1,613
Z5	$(X5 / X1) \times R1$	$(17,78 \times 80 \times 3,537 \times 2,58)$	12,97

	R Berechnung Reichweite (Phase-Phase)		
	Bedeutung	Berechnung	Ergebnis
			Ohm (sek)
Z1	Berechnet aus Lichtbogenspannung	siehe oben	3,63
Z2	$(X2 / X1) \times R1$	$(6,485 / 3,537) \times 3,63$	4,854
Z3	$(X3 / X1) \times R1$	$(2,211 / 3,537) \times 3,63$	1,655
Z5	$(X5 / X1) \times R1$	$(17,78 / 3,537) \times 3,63$	13,31

# SIPROTEC 5 Applikation

## Distanzschutz mit Schutzsignalübertragungsverfahren (Streckenschutz) an einem Freileitungsabzweig

Für Z2 werden zonenspezifische Erdanpassungsfaktoren verwendet. Ist der entsprechende Parameter ausgewählt, werden die erforderlichen Einstellungen zugänglich.

**Z2**

21.901.3572.1	Mode:	on	▼
21.901.3572.2	Operate & ft.rec. blocked:	no	▼
21.901.3572.121	Blocked if diff.prot.active:	no	▼
21.901.3572.11	1-pole operate allowed:	yes	▼
21.901.3572.101	Function mode:	ph-gnd and ph-ph	▼
21.901.3572.114	Zone-spec. residu. comp.:	yes	▼
21.901.3572.109	Directional mode:	forward	▼
21.901.3572.102	X reach:	6.485	▲▼ Ω
21.901.3572.103	R (ph-g):	4.730	▲▼ Ω
21.901.3572.104	R (ph-ph):	4.854	▲▼ Ω
21.901.3572.113	Zone-inclination angle:	0	▲▼ °
21.901.3572.110	Operate delay (1-phase):	0.30	▲▼ s
21.901.3572.112	Operate delay (multi-ph.):	0.30	▲▼ s
21.901.3572.105	Kr:	1.38	▲▼
21.901.3572.106	Kx:	1.07	▲▼

Abbildung 19: Einstellungen für Z2 mit zonenspezifischer Erdanpassung

Die Erdanpassung für Z2 wird mit der Mit- und Nullimpedanz der Leitungen 1 und 3 bis zur Reichweite von Z2 berechnet. Die folgenden Berechnungen werden mit Primärimpedanzen durchgeführt:

Mitreaktanz der Reichweite von Z2 (Leitung 1 + 80% Leitung 3):

$$X_{2_1} = 0.8 \cdot (X_{\text{Leitung 1}} + 0.8 \cdot X_{\text{Leitung 3}})$$

$$X_{2_1} = 0.8 \cdot (80 \cdot 0.21 + 0.8 \cdot 17.5)$$

$$X_{2_1} = 24.64$$

## Distanzschutz mit Schutzsignalübertragungsverfahren (Streckenschutz) an einem Freileitungsabzweig

Die entsprechende Mitresistanz:

$$R2_1 = R_{Leitung1} + \frac{(X2_1 - X_{Leitung1})}{X_{Leitung3}} \cdot R_{Leitung3}$$

$$R2_1 = 80 \cdot 0.025 + \frac{24.64 - 80 \cdot 0.21}{17.5} \cdot 1.5$$

$$R2_1 = 2.672$$

Die entsprechende Nullreaktanz und Nullresistanz:

$$X2_0 = X0_{Leitung1} + \frac{(X2 - X_{Leitung1})}{X_{Leitung3}} \cdot X0_{Leitung3} \quad R2_0 = R0_{Leitung1} + \frac{(X2 - X_{Leitung1})}{X_{Leitung3}} \cdot R0_{Leitung3}$$

$$X2_0 = 80 \cdot 0.81 + \frac{24.64 - 80 \cdot 0.21}{17.5} \cdot 86.5$$

$$R2_0 = 80 \cdot 0.13 + \frac{24.64 - 80 \cdot 0.21}{17.5} \cdot 7.5$$

$$X2_0 = 103.4$$

$$R2_0 = 13.76$$

Dies wird nachfolgend in grafischer Form dargestellt:

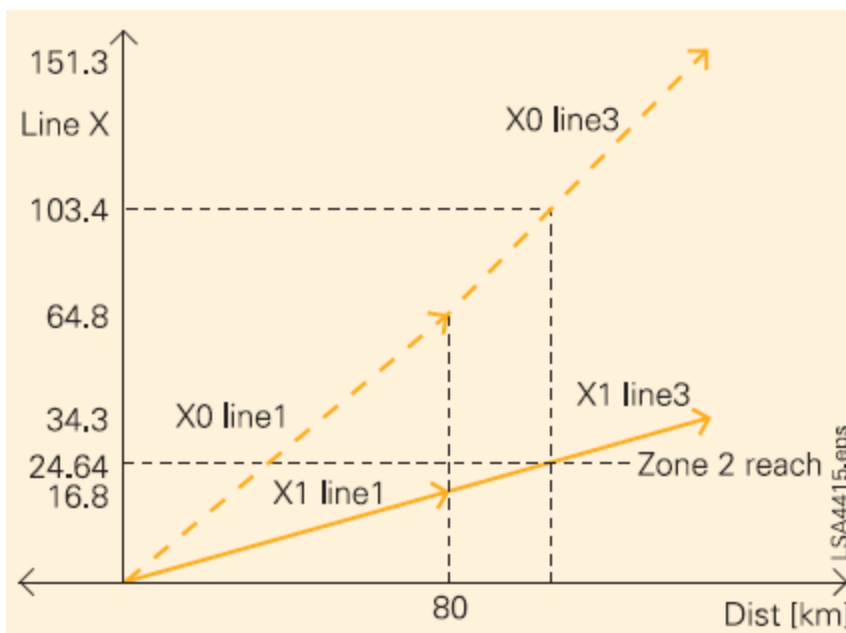


Abbildung 20: Grafische Darstellung der Mit- und Nullimpedanz für Z2

Die Faktoren  $K_r$  und  $K_X$  für Z2 können anschließend unter Verwendung der obigen Ergebnisse direkt berechnet werden:

# SIPROTEC 5 Applikation

Distanzschutz mit Schutzsignalübertragungsverfahren (Streckenschutz) an einem Freileitungsabzweig

---

$$\begin{aligned}K_r &= \frac{1}{3} \cdot \left( \frac{R_0}{R_1} - 1 \right) & K_x &= \frac{1}{3} \cdot \left( \frac{X_0}{X_1} - 1 \right) \\&= \frac{1}{3} \cdot \left( \frac{13.76}{2.672} - 1 \right) & &= \frac{1}{3} \cdot \left( \frac{103.4}{24.64} - 1 \right) \\&= 1.38 & &= 1.07\end{aligned}$$

Grafische Ausgabe der eingestellten Zonen:

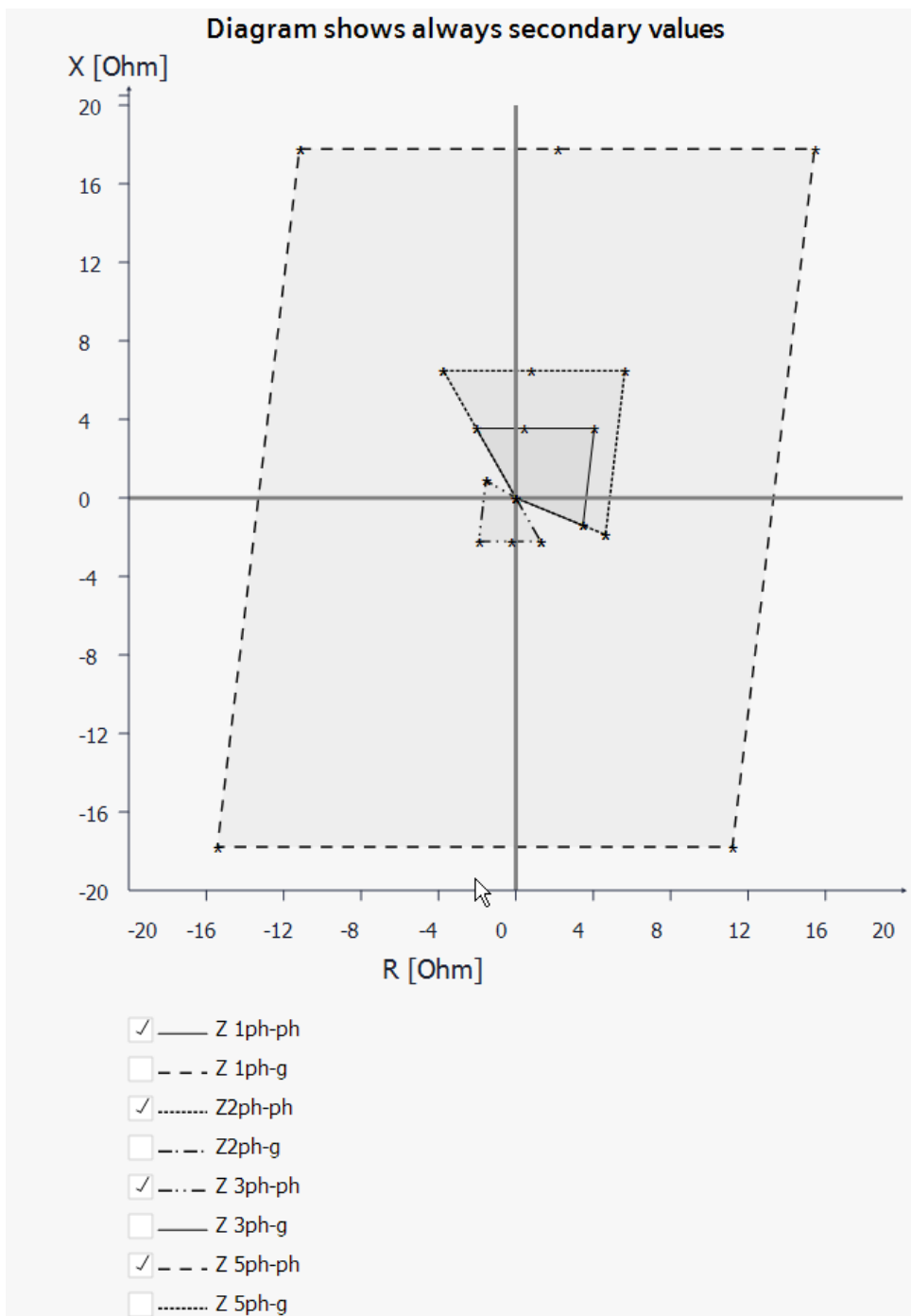


Abbildung 21: Grafische Darstellung der eingestellten Zonen

Es wird empfohlen, die in Abbildung 21 dargestellte Zonengrafik zu überprüfen, um sicherzugehen, dass keine schwerwiegenden Einstellungsfehler vorliegen.

# SIPROTEC 5 Applikation

Distanzschutz mit Schutzsignalübertragungsverfahren (Streckenschutz) an einem Freileitungsabzweig

## 1.7 Schutzsignalübertragungsverfahren mit Signalvergleich (85-21)

Mit SIPROTEC 5 benötigt das 85-21 keine eigene Zone, es kann jede beliebige der angewendeten Distanzschutzzonen nutzen. Für den Signalvergleich wird eine vorwärtsgerichtete übergreifende Zone benötigt. In dieser Anwendung wird Z2 verwendet, wie in Abbildung 22 dargestellt:

Zone ID	Parameter	Value	Unit
21.1291.5701.1	Mode:	on	
21.1291.5701.101	Send prolongation:	0.05	s
21.1291.5701.102	Send delay:	0.00	s
21.1291.5701.105	Trans. blk. pickup delay:	0.04	s
21.1291.5701.106	Trans. blk. dropout delay:	0.05	s
21.1291.5701.11	1-pole operate allowed:	yes	
21.1291.5701.103	Operate delay (1-phase):	0.00	s
21.1291.5701.104	Operate delay (multi-ph.):	0.00	s
21.1291.5701.140	Send with:	<input checked="" type="checkbox"/> 21 Distance prot. 1.Z2 <input type="checkbox"/> 21 Distance prot. 1.Z 1 <input type="checkbox"/> 21 Distance prot. 1.Z 3 <input type="checkbox"/> 21 Distance prot. 1.Z 5 <input type="checkbox"/> 21 Distance prot. 1.pickup fo...	
21.1291.5701.141	Operate with:	<input checked="" type="checkbox"/> 21 Distance prot. 1.Z2 <input type="checkbox"/> 21 Distance prot. 1.Z 1 <input type="checkbox"/> 21 Distance prot. 1.Z 3 <input type="checkbox"/> 21 Distance prot. 1.Z 5 <input type="checkbox"/> 21 Distance prot. 1.pickup fo...	
21.1291.5701.142	Trans. block. with:	<input type="checkbox"/> 85-67N Dir. comp..85-67N Di...	

Abbildung 22: Einstellungsfenster für 85-21

Um sicherzustellen, dass das Sendesignal nach einer Auslösung lange genug gehalten wird, verwendet man eine Sendesignalverlängerung, damit das Gegenende im Falle einer schwachen Einspeisung ausreichend Zeit hat für eine sequentielle Anregung und Auslösung mit dem empfangenen Signal.

Da die Applikation keine Parallelleitung ist, bedarf die transiente Blockierung keiner besonderen Beachtung. Die Voreinstellungen können unverändert übernommen werden.

Das 85-21 ist ein selektiver Schutz, der interne Fehler ohne Verzögerung beseitigt. Es sollte daher auf einpolige Auslösung gesetzt werden, wenn einpolige automatische Wiedereinschaltung möglich ist.

Das 85-21 wird allgemein ohne bewusste Ansprechverzögerung eingestellt. Lediglich spezielle Reserveschutzkonstellationen erfordern hier die Einstellung einer Zeitverzögerung.



## Distanzschutz mit Schutzsignalübertragungsverfahren (Streckenschutz) an einem Freileitungsabzweig

Nutzen die Verfahren 85-67N und 85-21 den selben Kommunikationskanal, sollte die transiente Blockierung von 85-67N verwendet werden, um ein unerwünschtes AUS oder Sendesignal der 85-21 Funktion zu verhindern, wenn es bei einem Erdkurzschluss an einer Parallelleitung im Abschaltvorgang zu einer Umkehr der Richtung kommt. Da in dieser Applikation keine Parallelleitung vorhanden ist, wird diese Auswahl nicht getroffen.

### 1.8 Automatische Wiedereinschaltung

Die automatische Wiedereinschaltungs-Funktion der Eineinhalb-Leistungsschalter-Konfiguration erfordert besondere Aufmerksamkeit. In dieser Applikation wird eine feste Zuordnung bei der 1.-/2.-LS -Logik eingesetzt. Die 1.-LS/2.-LS Logik bestimmt die Reihenfolge mit der die AWE-Funktionen der beiden LS zuschaltet. Der Sammelschiene Leistungsschalter (LS1) ist der 1.-LS, der Koppelschalter (LS2) fungiert als 2.-LS bei der Reihenfolge der Zuschaltung. Die folgende Tabelle zeigt das erforderliche AWE- Verhalten an.

Vorfehlerzustand		Beschreibung	AWE-Verhalten	
LS1	LS2		LS1	LS2
Geschlossen	Geschlossen	Normaler Betrieb mit beiden geschlossenen LS vor Fehlereintritt	Als 1.-LS mit eingestellter Pausenzeit schließen und dann den 2.-LS freigeben	Normale Pausenzeit laufen lassen, dann vor Ein-Befehl an AWE auf Freigabe durch den 1.-LS warten
Geschlossen	Geöffnet	Koppelschalter (2.-LS) vor Fehlereintritt geöffnet	Als 1.-LS mit eingestellter Pausenzeit schließen und anschließend den 2.-LS freigeben	AWE erkennt offenen LS und löst nicht aus = kein Ein-Befehl an AWE
Geöffnet	Geschlossen	Sammelschiene Leistungsschalter (1.-LS) vor Fehlereintritt geöffnet	AWE erkennt offenen LS und started den Zyklus nicht = kein Ein-Befehl	Schließen mit eingestellter Pausenzeit, 1.-LS blockiert den 2.-LS nicht
Geschlossen	Geschlossen	Normaler Betrieb mit beiden geschlossenen LS vor Fehlereintritt - <b>AWE nicht erfolgreich</b> - dauerhafte Störung	Schließen mit eingestellter Pausenzeit - <b>Auslösung</b> - endgültige Auslösung, keine weitere AWE	Normale Pausenzeit laufen lassen, dann warten - keine Freigabe durch den 1.-LS - dann neue Auslösemeldung - keine Zuschaltung und dann endgültige Auslösung

Tabelle 4

Um das obige Verhalten zu erhalten, wird eine einfache Logik im CFC-Plan angewendet:

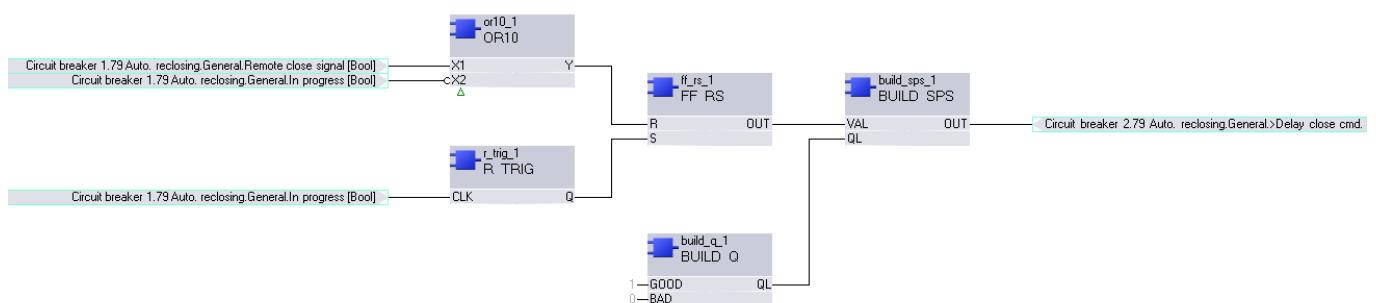


Abbildung 23: CFC-Logik zur Verzögerung des 2.-LS-Einschaltbefehls

Die obige Logik wurde in den Funktionsplänen umgesetzt. Das Flip-Flop wird gesetzt, wenn die automatische Wiedereinschaltung im 1.-LS = Leistungsschalter 1 (Sammelschiene Leistungsschalter - LS1) läuft. Da der Anwurf der AWE-Funktion in beiden Leistungsschaltern gleichzeitig aus der gleichen Quelle erzeugt wird (den Schutzfunktionen der FG

# SIPROTEC 5 Applikation

## Distanzschutz mit Schutzsignalübertragungsverfahren (Streckenschutz) an einem Freileitungsabzweig

Leitung), ist die laufende AWE des LS1 eine klare Meldung, dass LS1 in Betrieb ist und die Rolle des 1.-LS in der Logik übernimmt. Ist der LS1 zu Wartungszwecken geöffnet oder die AWE-Funktion auf Aus gestellt, kann die Meldung, „laufende AWE“ nicht erzeugt werden.

Wenn das Flip-Flop gesetzt ist, setzt die Ausgabe (über den Build SPS-Block) das Signal Verzögerung des Einschaltbefehls in LS2 (2.-LS in der Logik). Die AWE-Funktion an LS2 durchläuft alle normalen Zustände, bis der Einschaltbefehl der AWE fällig ist. Ist das Signal Verzögerung des Einschaltbefehls aktiv, wird kein Einschaltbefehl der AWE abgesetzt, bis dieses Signal zurückgesetzt wird. Ist die maximale Pausenzeitverlängerung (Parametereinstellung) abgelaufen, bevor die Freigabe erfolgt ist, wird die AWE mit einer endgültigen Auslösung beendet.

Der 1.-LS setzt das Flip-Flop zurück, wenn der 1.-LS-Zyklus erfolgreich ist. Dies wird mit dem Fernkommando EIN von LS1 angezeigt, welches erteilt wird, wenn innerhalb einer festgelegten Zeit nach der Wiedereinschaltung von LS1 keine weiteren Schutzfunktionen anregen.

General		
302.1361.6601.1	Mode:	on
302.1361.6601.101	79 operating mode:	with op., with act. time
302.1361.6601.102	CB ready check bef. start:	no
302.1361.6601.103	Reclai. time aft.succ.cyc.:	3.00
302.1361.6601.104	Block. time aft. man.close:	1.00
302.1361.6601.105	Start signal supervis.time:	0.25
302.1361.6601.106	CB ready superv. time:	3.00
302.1361.6601.107	3-pole operate by 79:	yes
302.1361.6601.108	Evolving-fault detection:	with trip
302.1361.6601.109	Response to evol. faults:	blocks 79
302.1361.6601.110	Max. dead-time delay:	0.50
302.1361.6601.111	Max. dead-time extension:	1.20
302.1361.6601.112	Send delay f. remot. close:	0.05

Abbildung 24: Allgemeine Einstellungen der AWE-Funktion

Die allgemeinen Einstellungen für die AWE-Funktion in beiden Leistungsschaltern können gleich sein. Für den 1.-LS muss eine Zeit für „Verzögerung für Ferneinschalten senden“ gesetzt sein, da diese bestimmt, wie lange nach dem Einschaltbefehl des 1.-LS der 2.-LS freigegeben wird.

Für den 2.-LS muss die „Max. Pausenverlängerungszeit“ wie oben eingestellt länger als die Freigabeverzögerung des 1.-LS gesetzt sein.

### **1.8.1 Einpolige Auslösung / Betrieb**

Da die beiden Leistungsschalter ihre AWE-Zyklen unabhängig voneinander ausführen, können sie einzeln auf Auslösung und AWE gesetzt werden: 1-polig, 3-polig oder 1-polig und 3-polig.

### **1.9 Zusammenfassung**

Die Eineinhalb-Leistungsschalter-Applikation mit SIPROTEC 5 kann über die flexible Kombination der verfügbaren Funktionen erreicht werden. Eine logische Gruppierung von Schutz- und Kontrollfunktionen ist möglich, um den besonderen Anforderungen aller Nutzer gerecht zu werden.

Herausgeber

Siemens AG 2016  
Energy Management Division  
Digital Grid  
Automation Products  
Humboldtstr. 59  
90459 Nürnberg, Deutschland

[www.siemens.de/siprotec](http://www.siemens.de/siprotec)

Wünschen Sie mehr Informationen,  
wenden Sie sich bitte an unser Customer  
Support Center.

Tel.: +49 180 524 70 00

Fax: +49 180 524 24 71

(Gebühren in Abhängigkeit vom Provider)

Email: [support.energy@siemens.com](mailto:support.energy@siemens.com)

© 2016 Siemens. Änderungen und Irrtümer vorbehalten.  
Die Informationen in diesem Dokument enthalten  
lediglich allgemeine Beschreibungen bzw. Leistungsmerkmale,  
welche im konkreten Anwendungsfall nicht immer  
in der beschriebenen Form zutreffen bzw. welche sich  
durch Weiterentwicklung der Produkte ändern können.  
Die gewünschten Leistungsmerkmale sind nur dann  
verbindlich, wenn sie bei Vertragsschluss ausdrücklich  
vereinbart werden.

Für alle Produkte, die IT-Sicherheitsfunktionen der  
OpenSSL beinhalten, gilt Folgendes:  
This product includes software developed by the  
OpenSSL Project for use in the OpenSSL Toolkit.  
(<http://www.openssl.org/> )  
This product includes cryptographic software written  
by Eric Young (eay@cryptsoft.com )  
This product includes software written by Tim Hudson  
(tjh@cryptsoft.com)  
This product includes software developed by Bodo Moeller.