

PSS[®]SINCAL 10.5

Schutzkoordination

Beschreibung der Schutzkoordination im Netz

Herausgegeben von
SIEMENS AG
Freyeslebenstraße 1, 91058 Erlangen

IC SG SE PTI SW

Vorbemerkung

Die PSS SINCAL Handbücher bestehen aus drei Teilen:

- Benutzerhandbuch PSS SINCAL Bedienung
- Fachhandbücher für Elektronetze und Strömungsnetze
- Systemhandbuch Datenbankbeschreibung

Allgemeine Grundsätze der Bedienung und der Grafikoberfläche von PSS SINCAL können dem **Benutzerhandbuch PSS SINCAL Bedienung** entnommen werden.

Die **Fachhandbücher für Elektronetze** beinhalten detaillierte Beschreibungen der verschiedenen Berechnungsverfahren für Elektronetze (Lastfluss, Kurzschluss, etc.) sowie deren Eingabedaten.

Die **Fachhandbücher für Strömungsnetze** beinhalten detaillierte Beschreibungen der verschiedenen Berechnungsverfahren für Strömungsnetze (Wasser, Gas und Wärme/Kälte) sowie deren Eingabedaten.

Das **Systemhandbuch Datenbankbeschreibung** beinhaltet eine vollständige Beschreibung der Datenmodelle für Elektronetze und Strömungsnetze.

Urheber- und Verlagsrechte

Das Handbuch und alle in ihm enthaltenen Informationen und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt.

Die Rechte, insbesondere die Rechte zur Veröffentlichung, Wiedergabe, Übersetzung, zur Vergabe von Nachdrucken, zur elektronischen Speicherung in Datenbanken, zur Herstellung von Sonderdrucken, Fotokopien und Mikrokopien liegen bei SIEMENS.

Für jede Wiedergabe oder Verwendung außerhalb der durch das Urhebergesetz erlaubten Grenzen ist eine vorherige schriftliche Zustimmung von SIEMENS unerlässlich.

Gewährleistung

Trotz sorgfältiger Ausarbeitung könnten in diesem Handbuch Fehler enthalten sein. Es wird keinerlei Haftung für Fehler und deren Folgen übernommen. Änderungen des Textes und der Funktion der Software werden im Rahmen der Pflege ständig durchgeführt.

1.	Einleitung Schutzkoordination	1
2.	Schutzsimulation	4
2.1	UMZ Schutzgeräte	8
2.1.1	Anregung bei UMZ Schutzgeräten	9
2.1.2	Kennlinienauslösung	11
2.1.3	Erste Schnellauslösung	13
2.1.4	Zweite Schnellauslösung	13
2.1.5	Dritte Schnellauslösung	14
2.1.6	Beeinflussung durch Wandler	15
2.1.7	Zusammensetzung der Kennlinie	16
2.1.8	Schnittpunktbestimmung bei doppelt logarithmischen Koordinaten	18
2.1.9	Ermittlung des Zustandes eines UMZ Schutzgerätes	19
2.1.10	Grafische Darstellung mit Diagrammen	20
2.1.11	Grafische Darstellung mit Legenden	21
2.1.12	Importieren und Exportieren von Schutzgeräteeinstellwerten	22
2.1.13	Importieren von Schutzgeräteeinstellwerten aus PDMS	25
2.2	UMZ Schutzgerätetypen	26
2.2.1	Erzeugen einer neuen Schutzdatenbank	27
2.2.2	Bearbeiten von UMZ Schutzgerätetypen	27
2.2.3	Erzeugen und Konfigurieren von UMZ Schutzgerätetypen	30
2.2.4	Kopieren von UMZ Schutzgerätetypen	31
2.2.5	Konfiguration von UMZ Schutzgerätetypen	32
2.2.6	Zuweisen des UMZ Schutzgerätetyps	47
2.2.7	Spezielle UMZ Schutzgerätetypen	49
2.3	Distanzschutzgeräte	50
2.3.1	Formen der Impedanzflächen	50
2.3.2	Anregung bei Distanzschutzgeräten	53
2.3.3	Auslösung bei Distanzschutzgeräten	55
2.3.4	Beeinflussung durch Wandler	55
2.3.5	Impedanzschleifen	56
2.3.6	Ermittlung des Zustandes des Distanzschutzgerätes	59
2.3.7	Grafische Darstellung	60

Inhalt

2.4	Differentialschutzgeräte	62
2.4.1	Anregung bei Differentialschutzgeräten	62
2.4.2	Differentialschutzbereiche	63
2.5	Spannungsschutz	64
2.5.1	Unterspannungsschutz	64
2.5.2	Überspannungsschutz	65
2.6	Signalübertragungen	65
2.6.1	Signale bei UMZ Schutzgeräten	66
2.6.2	Signale bei Distanzschutzgeräten	67
2.6.3	Beispiel für signalverriegelte Auslösung	67
2.7	Ermittlung der Abschalt- und Wartezeit eines Schutzgerätes	69
2.7.1	Schleife für Ermittlung	70
2.7.2	Ermittlung der Freischaltzeit des Fehlers	71
2.7.3	Schutzgeräteauslösung für Einstellung Phasenfehler	71
2.7.4	Schutzgeräteauslösung für Einstellung Erdfehler	71
2.7.5	Schutzgeräteauslösung für Laststrom	72
2.8	Hinweise und Warnungen	72
3.	Schutzstrecken	73
4.	Schutzgeräteeinstellwerte	77
4.1	Unterstützte Schutzgerätetypen	79
4.1.1	Funktionsweise von Distanzschutzgeräten	80
4.1.2	Kreisförmige Auslöseflächen	81
4.1.3	Polygonförmige Auslöseflächen	81
4.1.4	Allgemein	82
4.1.5	7SA500, 7SA501 und 7SA502	83
4.1.6	7SA510, 7SA511 und 7SA513	84
4.1.7	7SA522	85
4.1.8	7SA610, 7SA611, 7SA612, 7SA631 und 7SA632	86
4.1.9	7SA64	87
4.1.10	7SA84, 7SA86 und 7SA87	88
4.1.11	7SL13	89

4.1.12	7SL17, 7SL24, 7SL70 und 7SL73	90
4.1.13	EPAC3100, EPAC3400, EPAC3500, EPAC3600 und EPAC3700	91
4.1.14	LZ91 und LZ92	92
4.1.15	PD531 und PD551	93
4.1.16	PD532 und PD552	94
4.1.17	R1KZ4, R1KZ4A, RK4 und RK4A	95
4.1.18	R1KZ7 und R1KZ7G	97
4.1.19	R1Z25, R1Z25A und R1Z23B	98
4.1.20	R1Z27	99
4.1.21	RD10	100
4.1.22	REL316	101
4.1.23	REL521 und REL561	102
4.1.24	SD124	103
4.1.25	SD135	104
4.1.26	SD135A	105
4.1.27	SD14, SD14A und SD14B	106
4.1.28	SD34A	107
4.1.29	SD35	108
4.1.30	SD35A und SD35C	109
4.1.31	SD36	110
4.1.32	SEL311A	110
4.1.33	SEL311B	111
4.1.34	SEL311C1, SEL311C2 und SEL311C3	112
4.1.35	SEL321	113
4.2	Verfahrensbeschreibung	115
4.2.1	Vorgaben für Impedanzermittlung	116
4.2.2	Messart	122
4.2.3	Staffelfaktoren	127
4.2.4	DISTAL-Strategie	129
4.2.5	Leitungsimpedanz-Strategie	134
4.2.6	Leitungsimpedanz-Strategie zugeschaltet	136
4.2.7	Mittelspannungsnetz-Strategie	136
4.3	Ergebnisse der Einstellwertermittlung	138

4.4	Hinweise und Warnungen	140
5.	Fehlerortung	141
6.	Sicherungsüberprüfung	143
6.1	Berechnungsverfahren	144
7.	Anwendungsbeispiele	151
7.1	Anwendungsbeispiel für die Schutzkoordination	151
7.1.1	Voreinstellen der Berechnungsparameter	152
7.1.2	Erfassen von Schutzgeräten	153
7.1.3	Erfassen von Fehleruntersuchungen	155
7.1.4	Definieren von Fehlerpaketen	157
7.1.5	Ermitteln der Einstellwerte für DI-Schutzgeräte	157
7.1.6	Überprüfen des Auslöseverhaltens der Schutzgeräte	161
7.1.7	Starten der Schutzsimulation	161
7.1.8	Darstellen und Auswerten der Ergebnisse	162
7.1.9	Generieren von Schutzstrecken	165
7.2	Anwendungsbeispiel für die Erstellung einer Schutzdokumentation	170
7.2.1	Markieren eines Staffelweges	171
7.2.2	Erstellen der Schutzdokumentation	171
7.2.3	Zusammenstellen eines Diagrammes	173

1. Einleitung Schutzkoordination

Im Betrieb von elektrischen Übertragungs- und Verteilungsnetzen kann das Auftreten von Fehlern nie vollständig verhindert werden. Die Zielsetzung des Schutzes ist es, die Auswirkungen dieser Fehler weitgehend zu begrenzen und den Weiterbetrieb des Netzes zu gewährleisten.

Die wesentlichen Ziele des Schutzes können wie folgt beschrieben werden:

- Weiterbetrieb des Netzes
Im Fehlerfall soll nur ein Minimum an Betriebsmitteln abgeschaltet werden, um den Fehler zu isolieren.
- Verhinderung der Ausbreitung einer Störung
Bei einem Fehler kann durch Überansprechen (mangelhafte Selektivität) oder Überlastung eine unerwünschte Ausbreitung der Störung auftreten.
- Schutz der zentralen Betriebsmittel des Netzes
Die zentralen und auch teuren Betriebsmittel des Netzes (Generatoren, Transformatoren, usw.) müssen im Fehlerfall vorrangig geschützt werden.

Die PSS SINCAL Schutzkoordination bietet eine Palette von verschiedenen Verfahren, um das komplexe Aufgabengebiet der Schutzauslegung bzw. Überprüfung in elektrischen Übertragungs- und Verteilungsnetzen abzudecken.

Dieses Handbuch enthält folgende Kapitel:

- [Schutzsimulation](#)
- [Schutzstrecken](#)
- [Schutzgeräteeinstellwerte](#)
- [Fehlerortung](#)
- [Sicherungsüberprüfung](#)
- [Anwendungsbeispiele](#)

Schutzsimulation

Die Schutzsimulation berechnet nach den VDE- bzw. IEC-Bestimmungen die elektrischen Größen Strom, Spannung, Leistung und Impedanzen bei

- 1-poligem Erdschluss,
- 2-poligem Erdschluss,
- 2-poligem Kurzschluss bzw.
- 3-poligem Kurzschluss

und setzt sie ins Verhältnis zur Schutzgeräteeinstellung. Dabei ist eine Berücksichtigung des Vorbelastungszustandes möglich.

Die Ströme aus der Kurzschlussberechnung bzw. die berechneten Impedanzen werden danach zur Ermittlung der Schutzgeräte-Anregung herangezogen.

Generierung von Schutzstreckendiagrammen

Die Aufgabe dieses Verfahrens ist die Generierung von Schutzstreckendiagrammen. Anhand dieser Diagramme kann die korrekte Einstellung der Schutzgeräte überprüft werden kann.

Ermittlung von Schutzgeräteeinstellwerten

Dieses Simulationsverfahren ermittelt Einstellwerte für Distanzschutzgeräte. Anhand der vorgegebenen, im Netz eingebauten Schutzgerätetypen und deren Staffelfaktoren werden die tatsächlich am Schutzgerät einzustellenden Werte berechnet.

Fehlerortung

Die Fehlerortung ermöglicht es die Position eines Fehlers im Versorgungsnetz zu bestimmen. Grundlage für diese Positionsbestimmung sind die vom Schutzgerät registrierten Werte beim Auftreten des Fehlers.

Sicherungsüberprüfung

Die Sicherungsüberprüfung ist ein Programmbaustein zur Berechnung minimaler 1-poliger Kurzschlussströme im Niederspannungsnetz. Im Lastflussteil werden die Lastströme und im Kurzschlussenteil die minimal auftretenden 1-poligen Kurzschlussströme ermittelt. Dabei ist zu beachten, dass beim Einsatz von Sicherungen der Sicherungsnennstrom größer als der Laststrom und kleiner als der minimal zulässige 1-polige Kurzschlussstrom sein muss. Eventuell auftretende Diskrepanzen zu den in der VDE festgelegten Schutzbedingungen werden angezeigt.

Vorgehensweise Schutzkoordination

Um eine Schutzkoordination durchführen bzw. spezielle Daten für die Schutzkoordination erfassen zu können, muss zuerst die Berechnungsmethode **Schutzkoordination** aktiviert werden.

Es sind folgenden Schritte notwendig:

- Erfassen und Festlegen des Auslöseverhaltens von Schutzgeräten
- Festlegen der Lichtbogenreserve für die Einstellwertermittlung bei den Netzebenenenden
- Erfassen von Fehleruntersuchungen

Berechnung der Netze

Wie rasch die Berechnung eines Netzes abläuft, ist hauptsächlich von folgenden Faktoren abhängig:

- Netzgröße und Topologie
- Anzahl der geregelten Elemente
- Anzahl der Fehleruntersuchungen
- Berechnungsart
- Verfügbarer Hauptspeicher

Lastfluss zur Ermittlung der Lastspannung

Vor der Schutzsimulation wird eine Lastflussberechnung durchgeführt, um die Lastspannung zu ermitteln. Diese Lastspannung wird unter anderem zur Richtungsentscheid in der Schutzsimulation benötigt.

Lastfluss für Ermittlung der Dauerlastströme

Im Verfahren Sicherungsüberprüfung wird die Lastflussberechnung zur Ermittlung der Dauerlastströme verwendet.

Abbildung der Netze für die Berechnung

Die Darstellung der Netze zur Berechnung wird im Kapitel Netzdarstellung des Eingabedaten Handbuches genau beschrieben.

Begriffsbestimmungen

Überstromzeitschutz

Der Überstromzeitschutz verwendet den Strom als Schutzkriterium. Dieser Schutz gewährleistet, dass der maximale Betriebsstrom, für den die Betriebsmittel ausgelegt sind, nicht dauerhaft überschritten wird. Der Überstromzeitschutz schützt somit vor thermischen Überlastungen durch Fehlerströme oder zu hohe Betriebsströme.

Die Überstromzeitschutzgeräte werden im Folgenden auch als UMZ Schutzgeräte bezeichnet.

Distanzschutz

Der Distanzschutz ermittelt die Distanz vom Schutzgerät zum Fehlerort indirekt über die Leitungsimpedanz. Das Schutzkriterium des Distanzschutzes ist somit die Impedanz. Diese wird durch Strom- und Spannungsmessung an den Enden der zu schützenden Betriebsmittel ermittelt. Der Betrag der Impedanz ist bei Auftreten eines Fehlers in Abhängigkeit von dessen Entfernung geringer.

Selektivität

Unter Selektivität versteht man die Eigenschaft, einen Fehler im Netz zu erfassen, und diesen mit minimaler Rückwirkung auf das Netz abzuschalten.

2. Schutzsimulation

Bei der Schutzsimulation handelt es sich um die Berechnung eines elektrischen Netzwerkes mit gegebenen Längs- und Queradmittanzen, treibenden Spannungen der Generatoren, Auslösekennlinien der Schutzgeräte und zulässige Kurzschlussströme der Betriebsmittel. Die maximalen Kurzschlussströme sind durch die Betriebsmittel gegeben. Gesucht sind die Auslösereihenfolge und die Auslösezeiten der Schutzgeräte bei Auftreten von Überströmen im Netz. Diese Überströme können durch Kurzschlüsse in einem beliebigen Knotenpunkt oder auf einer Leitung simuliert werden.

Für die Berechnung der Überströme wird das PSS SINCAL Kurzschluss Verfahren mit bezogenen Impedanzen (Bezugsleistung 1 MVA) verwendet. Für Erdfehler wird mit den symmetrischen Komponenten gerechnet.

Allgemeines Schutzsimulation

Die Implementierung des Berechnungsverfahrens erfolgt auf eine Art und Weise, die es ermöglicht, eine große Bandbreite von Problemen im täglichen Netzbetrieb simulieren zu können. Das Einsatzgebiet ist daher nicht auf spezielle Probleme und Bedürfnisse eines Netzbetreibers angepasst.

Wie in den anderen Berechnungsverfahren können

- EVU- und Industrienetze,
- vermaschte und/oder strahlenförmige Netze,
- Mittel- und Niederspannungsnetze,
- Netze mit mehreren Spannungsebenen und
- getrennt versorgte Netzteile

in einem Zug berechnet werden.

Die Ermittlung der Kurzschlussströme erfolgt mit Hilfe der PSS SINCAL Kurzschlussberechnung. In der Schutzsimulation können daher **folgende Fehler** untersucht werden.

- Erdschluss 1-polig
- Erdschluss 2-polig
- Kurzschluss 2-polig
- Kurzschluss 3-polig
- mit und ohne Vorbelastung
- mit Leitungskopplungen im Nullsystem
- mit Sternpunktverschaltungen im Nullsystem

Die **Besonderheiten** der Schutzsimulation liegen in:

- Betrachtung verschiedener Schutzgerätearten (Überstromschutz, Distanzschutz)
- freie Fehlerdefinitionen in Knoten oder auf Leitungen
- individuell erweiterbare Schutzgerätekataloge
- Betrachtung mehrerer Zeitstufen bis zur Fehlerklärung
- Berücksichtigung von Richtungsgliedern mit frei einstellbaren Bereichen
- Berücksichtigung von Fehlerimpedanzen

- netzebenenübergreifende Darstellung der Auslösekennlinie im doppelt logarithmischen Strom-Zeit-Diagramm durch Bezug auf die kleinste Knotenspannung eines Schutzgeräte-Einbauortes
- netzübergreifende Darstellung der Impedanzen im R-X-Diagramm
- Überprüfung der Anregung durch den Laststrom
- Auslösekennlinie, Auslösestrom und Zerstörungskennlinie in einem Diagramm

Das **Einsatzgebiet** umfasst somit:

- die Ermittlung von Freischaltzeiten bei beliebigen Fehlerorten
- die Überprüfung der Selektivität von Schutzgeräten
- die Überprüfung von Selektivitätsabständen von Schutzgeräten
- die Überprüfung der thermischen Belastung von Betriebsmitteln
- die Überprüfung von Fehlabschaltungen im normalen Netzbetrieb

Prinzipieller Rechnungsablauf Schutzsimulation

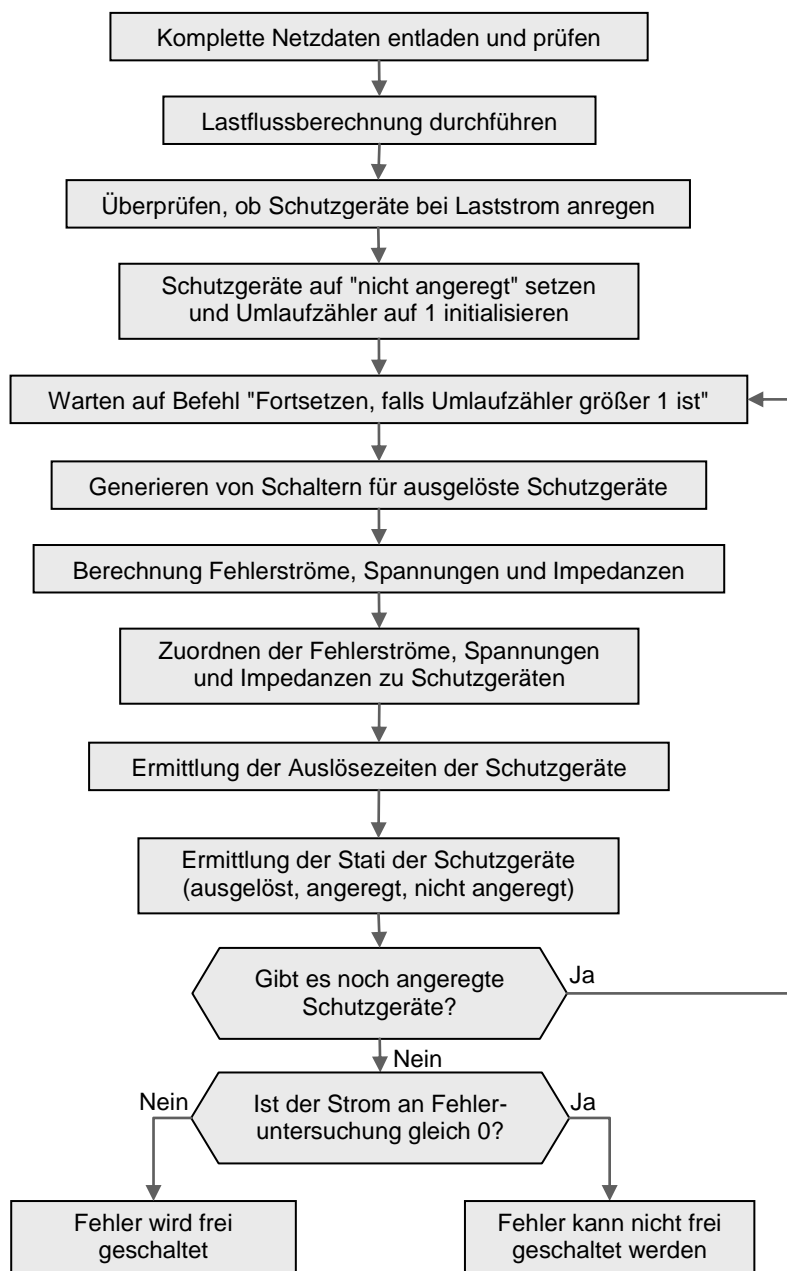


Bild: Ablaufdiagramm

Verfügbare Schutzgeräte

PSS SINICAL kennt folgende Typen von Schutzgeräten.

UMZ Schutzgeräte

- [Leistungsschalter mit Wandler](#)
- [Niederspannungsschalter](#)
- [Sicherungen](#)
- [Bimetall](#)
- [Schütze](#)
- [Sicherungsautomaten](#)

Distanzschutzgeräte

- [Distanzschutzgeräte](#)

Differentialschutzgeräte

- [Differentialschutzgeräte](#)

Alle Schutzgeräte können im Netz an beliebigen Netzelementen erfasst werden.

Verfügbare Schutzgeräte in der Schutzsimulation

Die PSS SINICAL Komponente Schutzsimulation kennt derzeit nur die folgenden Typen.

- Alle UMZ Schutzgeräte
- Distanzschutzgeräte

Überprüfung der Lastanregung

Die Überprüfung der Anregung durch den Laststrom erfolgt wegen der unterschiedlichen Lastbedingungen mit einem Sicherheitsaufschlag für den Strom bzw. mit einem Sicherheitsabschlag für die Impedanz. Die Parametrierung der Sicherheit erfolgt bei den Netzebenenendaten im Register Schutz.

UMZ Schutzgeräte

Für die Überprüfung der Anregung wird der Laststrom wie folgt beaufschlagt:

$$I_{\text{prf}} = I_{\text{lf}} * \left(\frac{1,0 + f_{\text{l}}}{100,0} \right)$$

Schneidet der sich ergebende Prüfstrom die Strom-Zeit-Kennlinie des Schutzgerätes, so erfolgt eine Lastanregung.

Distanzschutzgeräte

Es werden die Schleifenimpedanzen aus Lastspannung und Laststrom wie folgt reduziert:

$$Z_{\text{prf}} = Z_{\text{lf}} * \left(\frac{1,0 - f_z}{100,0} \right)$$

Aus der Schleifenimpedanz und der reduzierten Schleifenimpedanz wird mit Hilfe des Winkels die folgende Prüfimpedanzfläche gebildet.

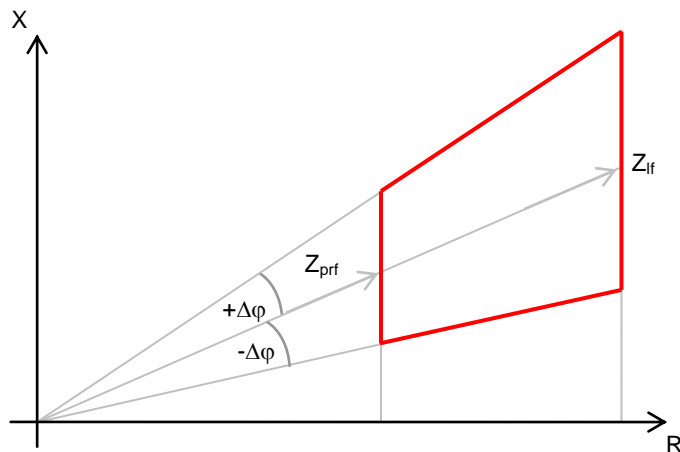


Bild: Prüfimpedanzfläche für Lastanregung

Überlagert die Prüfimpedanzfläche eine Auslösefläche eines Schutzgerätes, so erfolgt eine Lastanregung.

Anregung

Die Prüfung erfolgt je nach Art der Anregung. Der beaufschlagte Laststrom wird bei Stromanregung ohne Auslösung, gerichteter und ungerichteter Stromanregung verwendet. Die Prüfimpedanzfläche wird bei der Flächenanregung verwendet.

2.1 UMZ Schutzgeräte

Alle UMZ Schutzgeräte verfügen über eine Auslösekennlinie, die über Segmente zusammengesetzt wird. Durch diese Segmentierung kann eine allgemeine Auslösekennlinie für alle Schutzgerätetypen bereitgestellt werden. Je nach Schutzgerätetyp sind die einzelnen Segmente der Kennlinie aktiv bzw. inaktiv. Die PSS SINCAL Komponente Schutzsimulation kennt folgende Form des UMZ Schutzgerätes.

- Leistungsschalter mit Wandler
- Niederspannungsschalter
- Sicherungen
- Bimetall
- Schütze
- Sicherungsautomaten

Alle Schutzgeräte lösen prinzipiell aus, wenn der Strom über das Schutzgerät die Auslösekennlinie des Schutzgerätes schneidet. Die Auslösekennlinie wird für alle UMZ Schutzgeräte auf die gleiche Art und Weise nachgebildet.

Allgemeine Schutzgerätekenlinie

Allen Schutzgeräten wird eine segmentierte Auslösekennlinie zugeordnet. Die einzelnen Segmente der Auslösekennlinie sind getrennt für Phasen- und Erdfehler wie folgt festgelegt.

- Kennlinienauslösung
- 1. Schnellauslösung
- 2. Schnellauslösung
- 3. Schnellauslösung

Die einzelnen Segmente der Kennlinie werden abhängig vom erfassten Schutzgerätetyp automatisch zugeordnet. Die einzelnen Segmente können über Schalter deaktiviert werden.

Falls das Schutzgerät über einen Wandler im Netz verschaltet ist, wird das Auslöseverhalten zusätzlich noch vom

- primären Wandlernennstrom,
- sekundären Wandlernennstrom,
- Schutzgeräte-Eingangsstrom

mitbeeinflusst.

Falls das Schutzgerät über einen Wandler verschaltet ist, kann es auch noch über ein Richtungsglied verfügen. In diesem Fall wird das Auslöseverhalten von der Richtungseinstellung des Stromwinkels beeinflusst.

Des Weiteren werden Richtungsglied, Zwischenwandler, Verzögerungen, Prozentangaben, etc. mittels Faktoren für alle Angaben berücksichtigt.

2.1.1 Anregung bei UMZ Schutzgeräten

Moderne Schutzgeräte können verschiedenste Anregebedingungen haben:

- Stromanregung
- Unterimpedanzanregung
- Unterspannungsanregung
- Impedanzanregung – Anregefläche

Jeder Bedingung wird darüber hinaus auch noch eine Zeit (Endzeit) zugeordnet. Ist diese Zeit ohne eine Auslösung abgelaufen, löst das Schutzgerät trotzdem aus.

Eine detaillierte Beschreibung der Eingabedaten für die Anregung ist im Handbuch Eingabedaten, Kapitel Schutzkoordination, Abschnitt Anregung zu finden.

Stromanregung

Die Stromanregung hat das Überschreiten eines minimalen Stromes zur Bedingung. Sobald dieser Strom überschritten wird, ist die Bedingung erfüllt.

PSS SINCAL unterstützt drei verschiedene Arten der Stromanregung:

- Gerichtete Stromanregung (ohne Auslösung):
Bei dieser Anregung wird die Richtungseinstellung (vorwärts, rückwärts) berücksichtigt. Diese Anregung hat keine Endzeit und führt daher nicht zwingendermaßen zu einer Auslösung des Schutzgerätes.
- Gerichtete Stromanregung:
Bei dieser Anregung wird die Richtungseinstellung (vorwärts, rückwärts) berücksichtigt.
- Ungerichtete Stromanregung

Unterimpedanzanregung

Die Unterimpedanzanregung hat eine Reihe von Bedingungen, die erfüllt sein müssen, damit eine Anregung vorliegt.

- Überschreitung des minimalen Stroms $I_{>}$ und
- Unterschreiten der Spannungen $U_{>}$ bis $U_{>>}$ bei einem Strom zwischen $I_{>}$ und $I_{>>}$ oder
- Überschreiten des Stromes $I_{>>}$

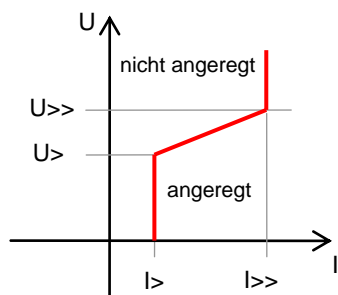


Bild: Strom und Spannung bei Unterimpedanzanregung

Unterspannungsanregung

Bei dieser Anregung ist die Bedingung erfüllt, wenn eine minimale Spannung $U_{<}$ unterschritten wird und der Strom dabei über dem definierten Wert $I_{>}$ liegt.

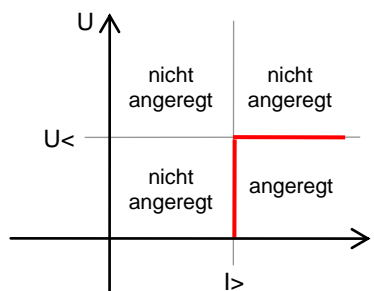


Bild: Strom und Spannung bei Unterspannungsanregung

Impedanzanregung – Anregefläche

Bei der Impedanzanregung muss die vom Schutzgerät registrierte Impedanz innerhalb einer vorgegebenen Impedanzfläche liegen, damit die Anregebedingung erfüllt ist. Diese Anregeform wird über eine **SIEMENS Fläche** beschrieben.

Der Anregefläche können zwei unterschiedliche Endzeiten (gerichtet und ungerichtet) zugeordnet werden.

2.1.2 Kennlinienauslösung

Die Kennlinienauslösung ist durch eine Kurve mit doppelt logarithmischen Strom-Zeit-Achsen festgelegt. Die Strom- und Zeitwerte dieser Kennlinie sind je nach Schutzgeräte als

- Absolutwerte (Sicherungen) oder
- Normwerte (Bimetall, Leistungsschalter, etc.)

hinterlegt.

Die Kennlinienauslösung wird über das Feld **Auslösung Ip** aktiviert.

Die Absolutwerte einer Auslösekennlinie können nicht abgeändert werden. Durch Angabe eines anderen Nennstromes wird eine andere Auslösekennlinie ausgewählt.

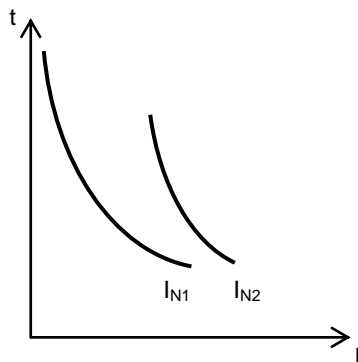


Bild: Auslösekennlinie von Sicherungen mit verschiedenen Nennströmen

Die Normwerte einer Kennlinie können über Einstellwerte für

- Strom und
- Zeit

multiplikativ abgeändert werden. Die Kennlinie wird dadurch im Strom-Zeit-Diagramm waagrecht bzw. senkrecht verschoben. Durch Angabe einer anderen Auslösecharakteristik wird eine andere normierte Kennlinie ausgewählt.

Die Ströme der Normkennlinie können in

- Ampere
- bezogen auf den Nennstrom

angegeben sein.

Die Stromwerte für die Auslösung ergeben sich dadurch als

- $\text{Stromwert} = \text{Normwert} \cdot \text{Einstellwert}$
- $\text{Stromwert} = \text{Normwert} \cdot \text{Einstellwert} \cdot \text{Nennstrom}$

Der Zeitwert für die Auslösung ergibt sich immer als

- $\text{Normwert} \cdot \text{Einstellwert}$

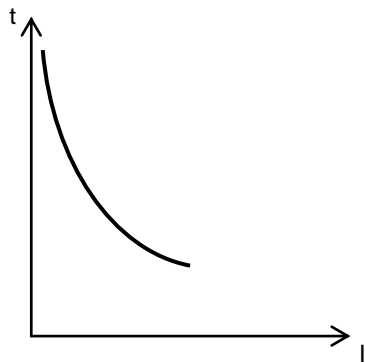


Bild: Normkennlinie eines Schutzgerätes

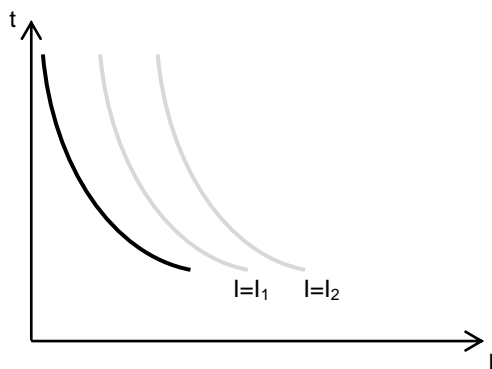


Bild: Normkennlinie bei verschiedenen Stromeinstellungen

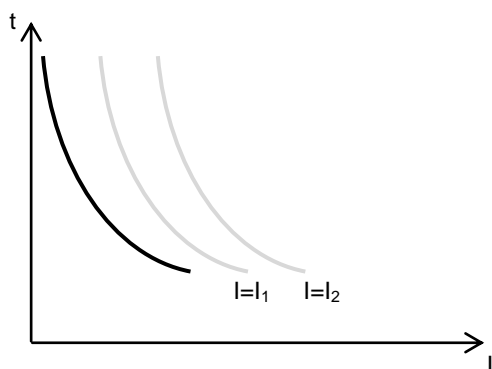


Bild: Normkennlinie bei verschiedenen Zeiteinstellungen

2.1.3 Erste Schnellauslösung

Die erste Schnellauslösung wird über das Feld **Auslösung I>** aktiviert. Bei Aktivierung mit dem Typ "Lim" wird die Zeit der Kennlinienauslösung auf die Zeit der ersten Schnellauslösung begrenzt. Weitere Informationen zur Begrenzung der Zeit der Kennlinienauslösung finden Sie im Kapitel [Zusammensetzung der Kennlinie](#).

Die 1. Schnellauslösung wird durch einen Strom- und Zeitwert festgelegt.

Die Stromwerte der 1. Schnellauslösung können in

- Ampere
- bezogen auf den Nennstrom
- bezogen auf den Einstellwert der Kennlinienauslösung

angegeben sein.

Der Stromwert für die Auslösung ergibt sich dadurch als

- $\text{Stromwert} = \text{Einstellwert}$
- $\text{Stromwert} = \text{Einstellwert} \cdot \text{Nennstrom}$
- $\text{Stromwert} = \text{Einstellwert} \cdot \text{Stromwert Kennlinienauslösung}$

Die Auslösezeit der 1. Schnellauslösung wird absolut angegeben.

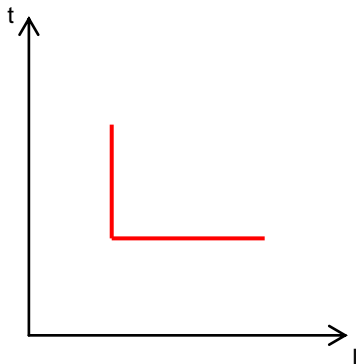


Bild: Auslösekenlinie 1. Schnellauslösung

2.1.4 Zweite Schnellauslösung

Die zweite Schnellauslösung wird über das Feld **Auslösung I>>** aktiviert. Bei Aktivierung mit dem Typ "Lim" wird die Zeit der Kennlinienauslösung auf die Zeit der zweiten Schnellauslösung begrenzt. Weitere Informationen zur Begrenzung der Zeit der Kennlinienauslösung finden Sie im Kapitel [Zusammensetzung der Kennlinie](#).

Die 2. Schnellauslösung wird durch einen Strom- und Zeitwert festgelegt.

Die Stromwerte der 2. Schnellauslösung können in

- Ampere
- bezogen auf den Nennstrom
- bezogen auf den Einstellwert der Kennlinienauslösung

- bezogen auf den Einstellwert der 1. Schnellauslösung angegeben sein.

Der Stromwert für die Auslösung ergibt sich dadurch als

- $\text{Stromwert} = \text{Einstellwert}$
- $\text{Stromwert} = \text{Einstellwert} * \text{Nennstrom}$
- $\text{Stromwert} = \text{Einstellwert} * \text{Stromwert Kennlinienauslösung}$
- $\text{Stromwert} = \text{Einstellwert} * \text{Stromwert 1. Schnellauslösung}$

Die Auslösezeit der 2. Schnellauslösung wird absolut angegeben.

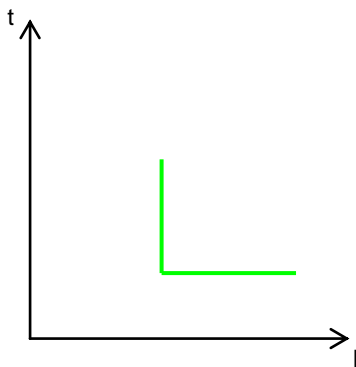


Bild: Auslösekennlinie 2. Schnellauslösung

2.1.5 Dritte Schnellauslösung

Die dritte Schnellauslösung wird über das Feld **Auslösung I>>>** aktiviert. Bei Aktivierung mit dem Typ "Lim" wird die Zeit der Kennlinienauslösung auf die Zeit der dritten Schnellauslösung begrenzt. Weitere Informationen zur Begrenzung der Zeit der Kennlinienauslösung finden Sie im Kapitel [Zusammensetzung der Kennlinie](#).

Die 3. Schnellauslösung wird durch einen Strom- und Zeitwert festgelegt.

Die Stromwerte der 3. Schnellauslösung können in

- Ampere
- bezogen auf den Nennstrom
- bezogen auf den Einstellwert der Kennlinienauslösung
- bezogen auf den Einstellwert der 1. Schnellauslösung
- bezogen auf den Einstellwert der 2. Schnellauslösung

angegeben sein.

Der Stromwert für die Auslösung ergibt sich dadurch als

- $\text{Stromwert} = \text{Einstellwert}$
- $\text{Stromwert} = \text{Einstellwert} * \text{Nennstrom}$
- $\text{Stromwert} = \text{Einstellwert} * \text{Stromwert Kennlinienauslösung}$
- $\text{Stromwert} = \text{Einstellwert} * \text{Stromwert 1. Schnellauslösung}$
- $\text{Stromwert} = \text{Einstellwert} * \text{Stromwert 2. Schnellauslösung}$

Die Auslösezeit der 3. Schnellauslösung wird absolut angegeben.

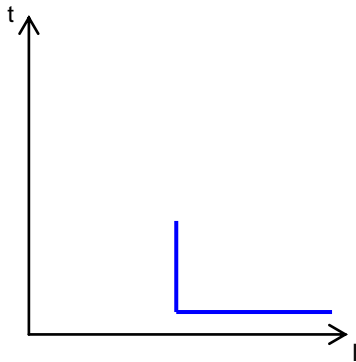


Bild: Auslösekennlinie 3. Schnellauslösung

2.1.6 Beeinflussung durch Wandler

Der Strom über das Schutzgerät wird mit dem Übersetzungsverhältnis

- Nennstrom primär/Nennstrom sekundär

des Wandlers beaufschlagt. Ist der Eingangsstrom des Schutzgerätes nicht gleich dem sekundären Wandlernennstrom, muss zusätzlich noch das Verhältnis

- Nennstrom sekundär/Eingangsstrom

berücksichtigt werden.

Berücksichtigung des Richtungsgliedes

Bei einem Richtungsglied hängt das Anregeverhalten des Schutzgerätes von der Voreinstellung für Richtung und des dazugehörigen Winkelbereiches ab.

Die Einstellung für die Richtung kann die Werte

- ungerichtet (beliebiger Stromwinkel)
- vorwärts (Winkelbereich in die Leitung hinein)
- rückwärts (Winkelbereich aus der Leitung heraus)

annehmen. Die Richtungseinstellung entscheidet somit nicht wirklich, ob der Strom in die Leitung oder aus der Leitung heraus fließt, sondern legt nur fest, welcher Winkelbereich genommen wird.

Der Winkel des Stromes wird dabei immer auf eine Spannung bezogen. Dies kann die

- aktuelle Spannung (Restspannung aus Kurzschluss) oder die
- Spannung aus dem Lastfluss (gespeicherte Spannung am Schutzgerät)

sein. Falls die Spannung für den Richtungsentscheid Null ist (Schutzgeräte direkt am Fehlerort), wird auf die Spannung aus dem Lastfluss zurückgegriffen.

Richtungsglied, Zwischenwandler, Verzögerungen und Prozentangaben

Alle diese Vorgaben werden durch Multiplikatoren für die Werte der

- Wandler
- Kennlinienauslösung
- 1. Schnellauslösung
- 2. Schnellauslösung
- 3. Schnellauslösung

berücksichtigt.

2.1.7 Zusammensetzung der Kennlinie

Jede Kennlinie wird durch die beschriebenen Segmente zusammengesetzt. Es werden dabei jedoch nur die vorhandenen und aktiv geschalteten Segmente herangezogen.

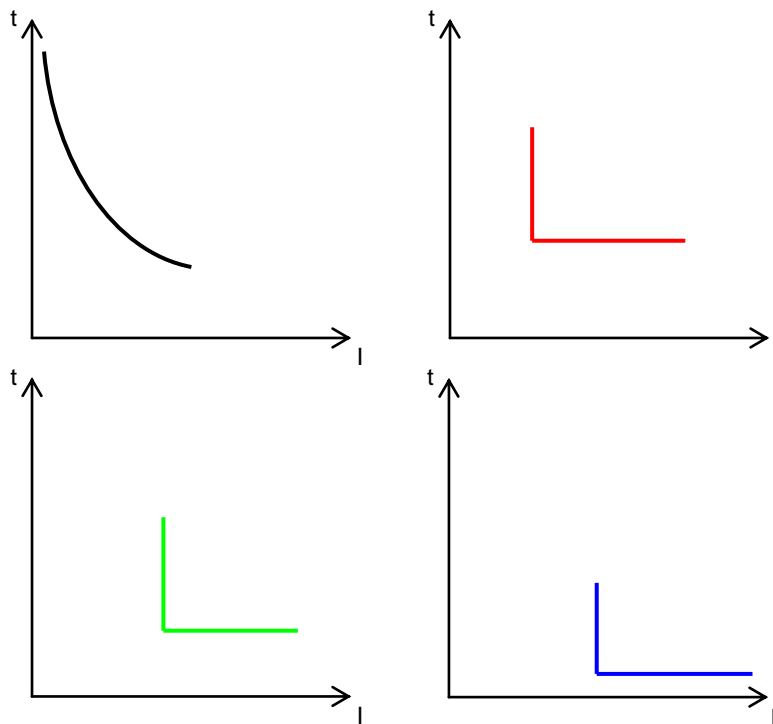


Bild: Segmente Kennlinienauslösung, erste, zweite und dritte Schnellauslösung

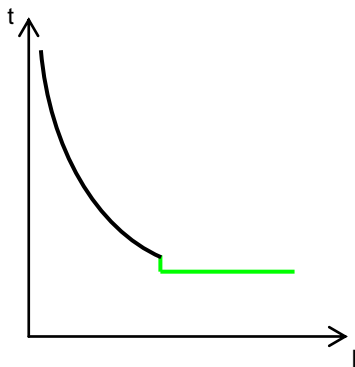


Bild: Auslösekennlinie mit Kennlinienauslösung und 2. Schnellauslösung aktiv

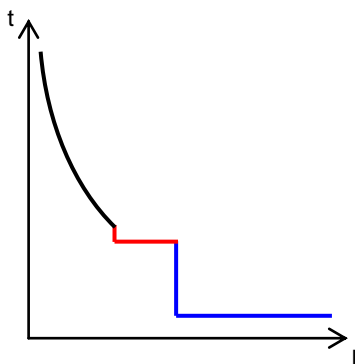


Bild: Auslösekennlinie mit Kennlinienauslösung und 1. bzw. 3. Schnellauslösung aktiv

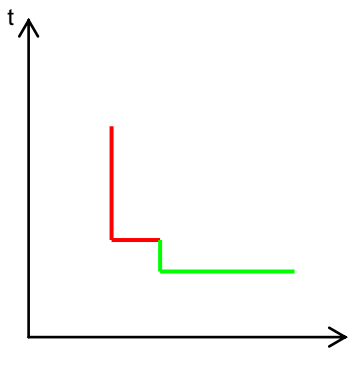


Bild: Auslösekennlinie 1. und 2. Schnellauslösung aktiv

Je nach Parametrierung der Auslösesegmente kann die Zeit der Schnellauslösung größer als die kleinste Zeit der Auslösekennlinie sein. Die Schnellauslösung überlagert daher nur einen Teil der Auslösekennlinie. Je nach Schutzgerätekonfiguration kann in diesem Fall die Zeit der Schnellauslösung begrenzt werden. Durch Aktivieren der Schnellauslösung mit oder ohne Begrenzung ergeben sich dann folgende Auslösekennlinien:

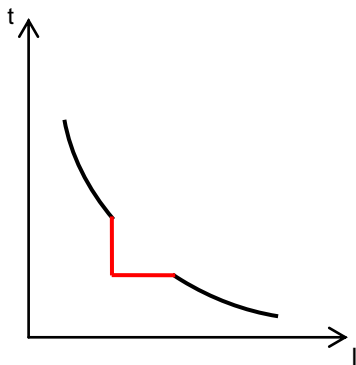


Bild: Auslösekennlinie mit Kennlinienauslösung und 1. Schnellauslösung ohne Begrenzung aktiv

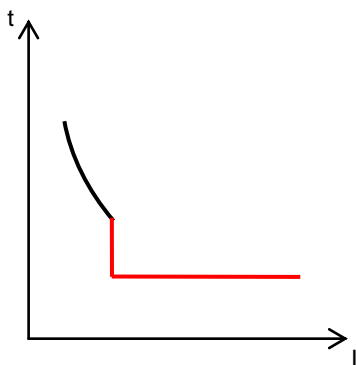


Bild: Auslösekennlinie mit Kennlinienauslösung und 1. Schnellauslösung mit Begrenzung aktiv

2.1.8 Schnittpunktbestimmung bei doppelt logarithmischen Koordinaten

In einem doppelt logarithmischen Koordinatensystem führt eine lineare Interpolation zu einem falschen Ergebnis. Eine lineare Interpolation setzt ein lineares Koordinatensystem voraus.

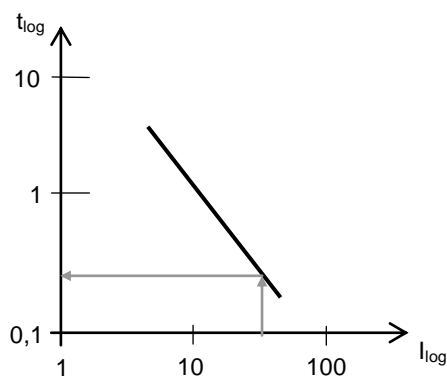


Bild: Doppelt logarithmisches System

Das doppelt logarithmische System muss deshalb für die lineare Interpolation in ein doppelt lineares System transformiert werden. Die Transformation erfolgt mittels Zehnerlogarithmus. Um Rechenungenauigkeiten zu vermeiden, kann das Transformationsergebnis noch mit einem konstanten Faktor multipliziert werden.

$$I_{lin} = F \cdot \log_{10}(I_{log})$$

$$t_{lin} = F \cdot \log_{10}(t_{log})$$

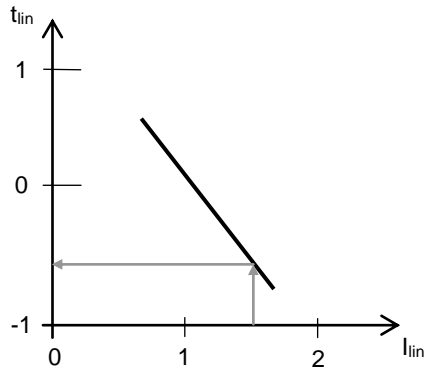


Bild: Doppelt lineares System

In diesem doppelt linearen System kann nun eine lineare Interpolation zur Schnittpunktbestimmung durchgeführt werden. Das Ergebnis der linearen Interpolation wird danach wieder auf das doppelt logarithmische System rücktransformiert.

$$t_{log} = 10^{\frac{t_{lin}}{F}}$$

Eine direkte lineare Interpolation im doppelt logarithmischen System würde bis zu 10 % Fehler verursachen.

2.1.9 Ermittlung des Zustandes eines UMZ Schutzgerätes

Der Zustand eines UMZ Schutzgerätes kann folgende Werte annehmen:

- nicht angeregt
- angeregt
- ausgelöst

Zustand nicht angeregt

Ein Schutzgerät ist nicht angeregt, wenn der Strom über das Schutzgerät kleiner als der kleinste Strom der Auslösekennlinie oder eines Schnellauslösers ist. Der Strom über das Schutzgerät schneidet die Auslösekennlinie nicht.

Zustand angeregt

Ein Schutzgerät ist angeregt, wenn der Strom über das Schutzgerät größer gleich dem kleinsten Strom der Auslösekennlinie oder eines Schnellauslösers ist. Der Schnittpunkt des Stromes über das Schutzgerät mit dessen Auslösekennlinie ergibt dessen Auslösezeit. Jedem angeregten Schutzgerät kann somit eine Auslösezeit zugeordnet werden.

Zustand ausgelöst

Die Schutzgeräte mit der kleinsten Auslösezeit bekommen in jedem Rechenumlauf den Zustand ausgelöst.

Um Rechenungenauigkeiten zu berücksichtigen, wird zur kleinsten Auslösezeit ein Sicherheitszeitintervall addiert.

Es lösen alle Schutzgeräte aus, die innerhalb dieses Intervalls liegen. Beträgt die kleinste Auslösezeit 150 ms und das Sicherheitszeitintervall 0.5 ms, so lösen alle Schutzgeräte mit Auslösezeit kleiner 150.5 ms aus.

2.1.10 Grafische Darstellung mit Diagrammen

Für die grafische Darstellung der Ergebnisse stehen zwei Diagramme zur Auswahl.

- Doppelt logarithmisches Strom-Zeit-Diagramm
- Lineares R-X Diagramm

Je nach Diagramm können unterschiedliche Einstellungen und Auswertungen einfacher getätigt werden.

Für die Darstellung im R-X Diagramm muss für das UMZ Schutzgerät eine Impedanzfläche ermittelt werden. Diese Fläche repräsentiert sich grundsätzlich als Kreis. Aus der Berechnung stehen die Ströme und Spannungen am Schutzgerät zur Verfügung. Weiters ist die Phase bekannt, in der der Auslösestrom fließt.

Als Radius für die kreisförmige Fläche wird die minimale Impedanz aus

- Phase-Erde Schleife oder
- den beiden Phase-Phase Schleifen

ermittelt.

Vorteile bei Darstellung im doppelt logarithmischen Strom-Zeit-Diagramm

- Nachweis der Selektivität der Kennlinien untereinander
- Einfache Gegenüberstellung zu den treppenförmigen Kennlinien der Distanzschutzgeräte
- Darstellung der Zerstörungsgrenze



Bild: Doppelt logarithmisches Strom-Zeit Diagramm

Vorteile bei Darstellung im R-X Diagramm

- Einfache Gegenüberstellung der Flächen
- Impedanz bis zum Fehlerort als Zeiger ersichtlich
- Vergleich mit Distanzschutzgeräten möglich

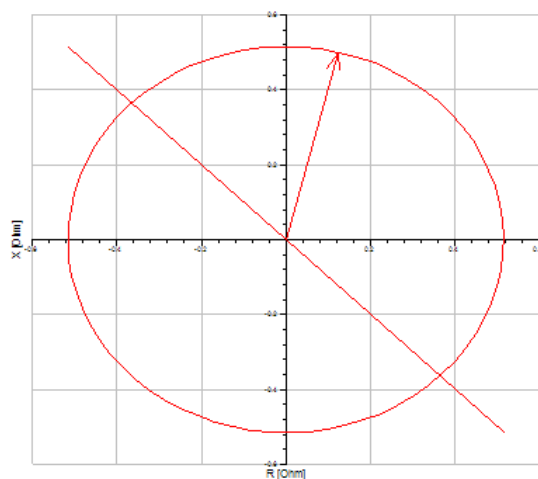


Bild: R-X Diagramm

2.1.11 Grafische Darstellung mit Legenden

Diese Funktion bietet die Möglichkeit, für jedes UMZ Schutzgerät eigene Legenden für Bereiche und Eingabedaten zu erzeugen. Hierfür wird im Kontextmenü eines UMZ Schutzgerätes der Punkt **Legende einfügen** aktiviert.

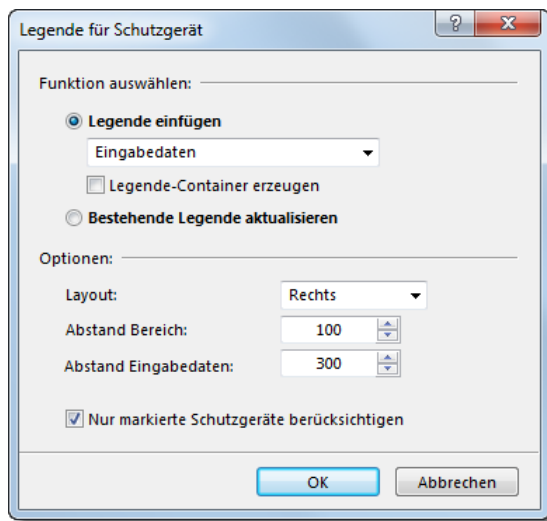


Bild: Dialog Legende für Schutzgerät

Im Abschnitt **Funktion auswählen** gibt es die Möglichkeit, neue Legenden einzufügen oder bestehende zu aktualisieren.

Durch Klicken der Option **Legende einfügen** kann gewählt werden, welche Legenden eingefügt werden sollen:

- Eingabedaten und Bereich getrennt
- Eingabedaten und Bereich
- Eingabedaten
- Bereich

Für ein Schutzgerät können bis zu zwei Legenden eingefügt werden. Diese können mit den Optionen **Bereich** und **Eingabedaten** unter **Legende einfügen** definiert werden.

Durch Aktivieren der Option **Legende-Container erzeugen** werden die generierten Legenden für die UMZ Schutzgeräte in einem Container zusammengefasst.

Mit Hilfe der Option **Bestehende Legende aktualisieren** werden allen bereits vorhandenen Legenden die Einstellungen im Abschnitt **Optionen** zugewiesen.

Im Abschnitt **Optionen** können das Layout der Legende (rechts oder links vom Schutzgerät) und die Abstände vom Schutzgerät zu den Legenden (für Bereich und Eingabedaten) angegeben werden.

Ist die Option **Nur markierte Schutzgeräte berücksichtigen** aktiviert, so werden alle im Dialog gewählten Einstellungen nur auf die zuvor markierten Schutzgeräte angewandt. Andernfalls werden alle in der aktuellen Ansicht vorhandenen Schutzgeräte berücksichtigt.

2.1.12 Importieren und Exportieren von Schutzgeräteeeinstellwerten

PSS SINICAL bietet die Möglichkeit, UMZ Schutzgeräteeeinstellungen zu importieren oder zu exportieren.

Schutzgeräteeinstellwerte importieren

Mit dieser Funktion können UMZ Schutzgeräteeinstellwerte aus einer XML Datei importiert werden.

Die Aktivierung dieser Funktion erfolgt durch Klicken des Menüpunktes **Import und Export – Einstellungen importieren** im Kontextmenü des jeweiligen Schutzgerätes.

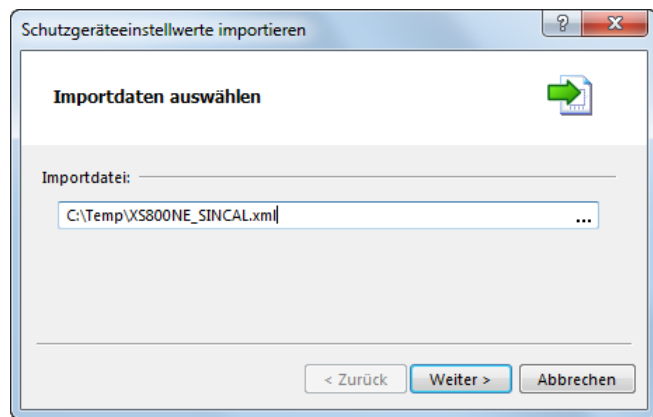


Bild: Schutzgeräteeinstellwerte importieren

Dadurch wird der Dialog **Schutzgeräteeinstellwerte importieren** geöffnet. In diesem Dialog kann die XML Datei zum Import ausgewählt werden.

Der Dialog ermittelt automatisch nach Auswahl einer Datei deren Format. Hierbei wird zwischen PSS SINCAL Einstellwertdateien und DIGSI Schutzgerätedateien unterschieden.

DIGSI verfügt über eine Import-/Exportschnittstelle, die den Austausch von Schutzgeräteeinstellwerten über die DIGSI XML Datei ermöglichen. Mit Hilfe dieser Datei können somit die Schutzgeräteeinstellwerte aus DIGSI in PSS SINCAL eingelesen werden.

Bei der Auswahl einer solchen DIGSI Schutzgerätedatei ist es möglich, über die folgende Dialogseite weitere Einstellungen vorzunehmen.

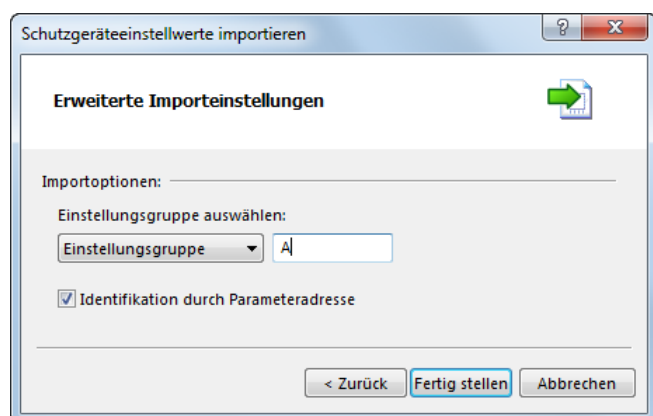


Bild: Erweiterte Importeinstellungen für DIGSI Schutzgerätedateien

Im Abschnitt **Importoptionen** kann die Einstellungsgruppe von DIGSI für den Import angegeben werden:

- **Erster Wert:**
Es wird automatisch die erste Einstellungsgruppe aus der DIGSI XML Datei verwendet.
- **Einstellungsgruppe:**
Hier kann der Name der Einstellungsgruppe eingegeben werden, welcher für den Import verwendet werden soll.

Ist die Option **Identifikation durch Parameteradresse** aktiviert, so wird versucht, die Zuordnung der Einstellwerte für den Schutzgerätetyp mit Hilfe der Parameteradresse herzustellen. Ist diese Option deaktiviert, so wird für die Zuordnung der Name der Einstellwerte verwendet.

Schutzgeräteeinstellwerte exportieren

Mit dieser Funktion können UMZ Schutzgeräteeinstellwerte in eine XML Datei exportiert werden.

Die Aktivierung dieser Funktion erfolgt durch Klicken des Menüpunktes **Import und Export – Einstellungen exportieren** im Kontextmenü des jeweiligen Schutzgerätes.

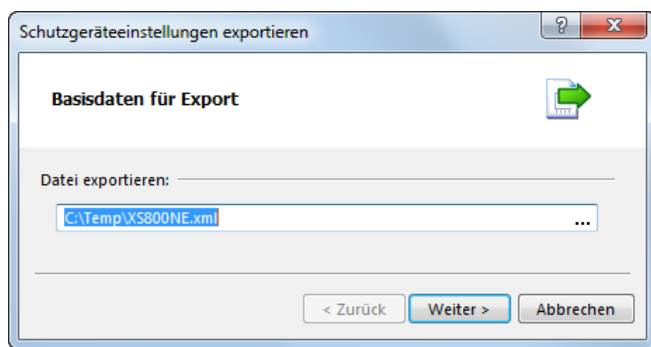


Bild: Schutzgeräteeinstellwerte exportieren

Dadurch wird der Dialog **Schutzgeräteeinstellwerte exportieren** geöffnet. In diesem Dialog kann eine XML Datei für den Export angegeben werden.

Durch Drücken des Knopfes **Weiter >** wird die nächste Dialogseite geöffnet.



Bild: Erweiterte Exporteinstellungen

Im Abschnitt **Exportoptionen** kann der Exportumfang gewählt werden.

- Markierte Schutzgeräte
- Alle Schutzgeräte

2.1.13 Importieren von Schutzgeräteeinstellwerten aus PDMS

Mit dieser Funktion können UMZ Schutzgeräteeinstellwerte aus einer PSS PDMS Datenbank importiert werden. PSS PDMS ist ein universelles Programm zur zentralen Verwaltung von Schutzgeräten und deren Einstellwerten.

Die Aktivierung dieser Funktion erfolgt durch Klicken des Menüpunktes **Import und Export – Einstellwerte von PDMS importieren** im Kontextmenü des jeweiligen Schutzgerätes.

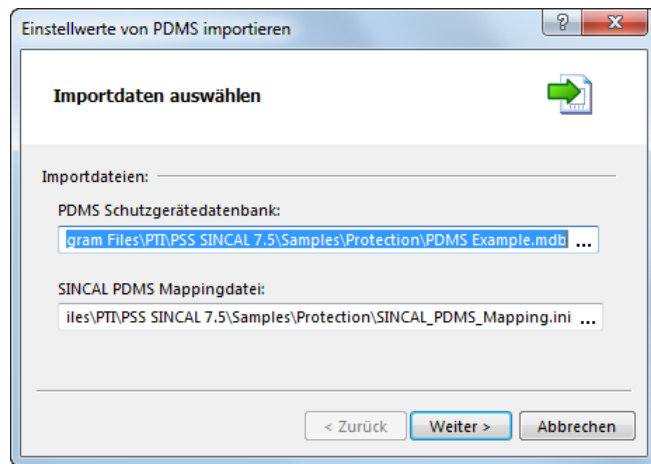


Bild: Einstellwerte von PDMS importieren – Importdaten auswählen

Im Abschnitt **Importdateien** können die PDMS Schutzgerätedatenbank bzw. eine Mappingdatei zum Import ausgewählt werden. Die Mappingdatei beinhaltet Informationen, um den gültigen Austausch von Auswahlwerten zwischen den verschiedenen Systemen zu gewährleisten. Beispielsweise wird in PSS SINCAL der Auswahlwert "Ein" mit der Zahl "1" definiert. In PSS PDMS wäre dies der Wert "23". Mit Hilfe der Mappingdatei könnte sichergestellt werden, dass beim Import der Wert "23" auf "1" umgemappt wird und somit ein gültiger Auswahlwert ist. Eine genaue Beschreibung der Mappingdatei finden Sie im Kapitel Mappingdatei PSS SINCAL – PSS PDMS im Handbuch Bedienung.

Durch Drücken des Knopfes **Weiter** gelangt man zur nächsten Dialogseite.

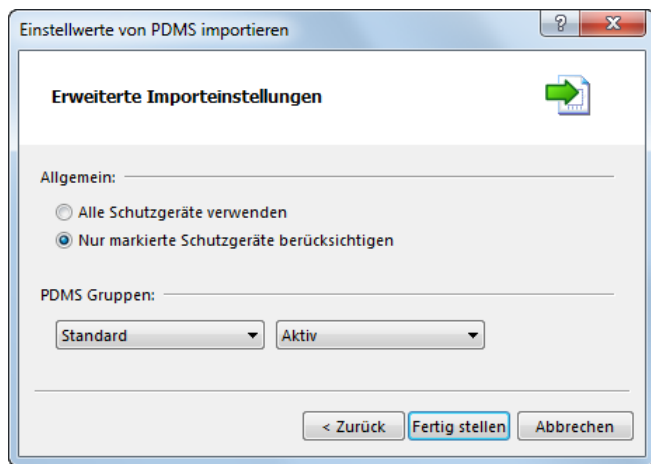


Bild: Einstellwerte von PDMS importieren – Erweiterte Importeinstellungen

Im Abschnitt **Allgemein** kann festgelegt werden, ob alle Schutzgeräte oder nur die markierten Schutzgeräte für den Import verwendet werden sollen.

Im Abschnitt **PDMS Gruppen** können die zu importierende **Gruppe** und der zu importierende **Status** gewählt werden. Eine genaue Beschreibung der Stati finden Sie im Kapitel Status setzen des Handbuches Bedienung PDMS.

Durch Klicken des Knopfes **Fertig stellen** wird der Import entsprechend den Einstellungen vorgenommen. Dabei wird eine Verbindung zwischen dem Schutzgerät und PSS PDMS hergestellt. Dies erfolgt über die jeweilige MRID des Schutzgerätes in beiden Systemen.

Der Import verarbeitet nur jene Einstellwerte aus PSS PDMS, bei denen im Feld **Schlüssel** die Funktion des Einstellwertes zur Kopplung mit PSS PDMS hinterlegt ist. Die Liste mit den verfügbaren Schlüsselwerten ist im Handbuch Bedienung PDMS, Kapitel Schutzeinstellwert verfügbar.

Der Import stellt detaillierte Meldungen im Meldungsfester bereit.

2.2 UMZ Schutzgerätetypen

In PSS SINCAL ist die Funktionsweise von UMZ Schutzgeräten über eine segmentierte Auslösekennlinie nachgebildet. Der Umfang und die Funktionsweise dieser einzelnen Segmente sind in einer eigenen Schutzgerätetypdatenbank hinterlegt.

Durch diese Vorgehensweise ist es möglich, die Vielzahl von UMZ Schutzgerätetypen ohne Probleme in PSS SINCAL nachzubilden. Mit PSS SINCAL wird eine UMZ Schutzgerätetypdatenbank mit ca. 2500 Typen mitgeliefert. Sollte dennoch der benötigte UMZ Schutzgerätetyp in dieser globalen Datenbank nicht vorhanden sein, so können auch Typen in einer lokalen Datenbank neu angelegt und konfiguriert werden.

Die UMZ Schutzgerätetypen sind in folgende Formen unterteilt:

- Leistungsschalter mit Wandler
- Niederspannungsschalter
- Sicherungen

- Bimetall
- Schütze
- Sicherungsautomaten

2.2.1 Erzeugen einer neuen Schutzdatenbank

Über den Menüpunkt **Datei – Verwaltung – Neue Schutzdatenbank erzeugen** kann eine leere Schutzdatenbank erzeugt werden, welche zunächst keinem Netz zugeordnet ist (siehe Kapitel Grundfunktionen, Abschnitt Neue Schutzdatenbank erzeugen). Die Zuordnung erfolgt über den Dialog Optionen.

2.2.2 Bearbeiten von UMZ Schutzgerätetypen

Über den Menüpunkt **Daten – Standardtypen – Überstromzeitschutz** kann die Maske zum Bearbeiten von UMZ Schutzgerätetypen geöffnet werden, wenn die Berechnungsmethode Schutzkoordination aktiviert ist.

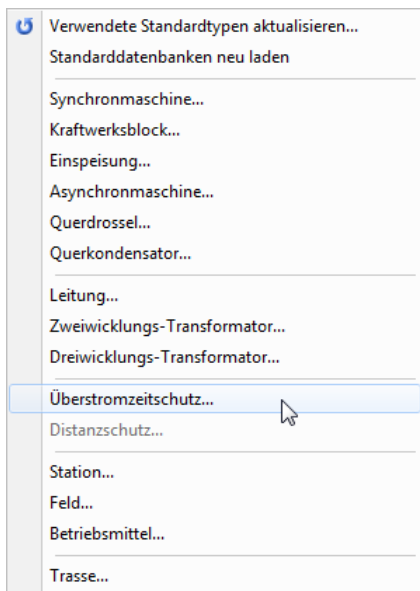


Bild: Menü zum Öffnen der Maske eines UMZ Schutzgerätetyps

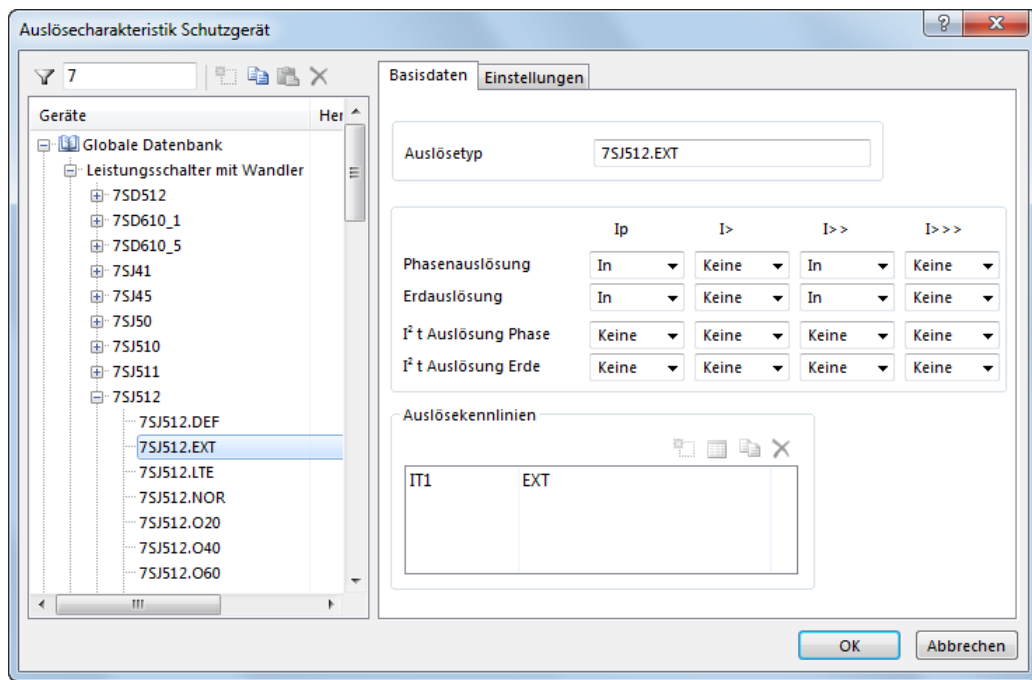


Bild: Maske zum Bearbeiten von UMZ Schutzgerätetypen

Die Maske zur Bearbeitung der UMZ Schutzgerätetypen besteht aus zwei Bereichen.

- Browser zur Typauswahl
- Datenmasken-Bereich

Im **Browser zur Typauswahl** wird jener Typ ausgewählt, welcher bearbeitet werden soll. Alle Einstellwerte dieses Typs werden im **Datenmasken-Bereich** angezeigt und können dort beliebig geändert werden.

Hierbei ist Folgendes zu beachten: Die Daten der globalen Typen können nicht geändert werden, da diese mit PSS SINICAL ausgeliefert werden und von Siemens gepflegt werden. Die Daten der lokalen Typen können dagegen geändert werden sowie neue Typen können hinzugefügt bzw. bestehende Typen gelöscht werden. Durch die Kopier-Funktion wird das Hinzufügen neuer Typen erleichtert.

Symbolleiste

Über die Symbolleiste können die wichtigsten Funktionen des Browsers zur Typbearbeitung aktiviert werden.



Filter definieren

7

Filterfeld



Neuen UMZ Schutzgerätetyp erzeugen



Markierten UMZ Schutzgerätetyp kopieren



Kopierten UMZ Schutzgerätetyp einfügen



Markierten UMZ Schutzgerätetyp löschen

Durch Klicken des Knopfes **Filter definieren** können Filter zur Eingrenzung der UMZ Schutzgerätetypen festgelegt werden.

Die Eingabe eines Filtertextes im **Filterfeld** bewirkt eine sofortige Reduzierung des Darstellungsumfanges im darunterliegenden Browser.

Nach Klicken des Knopfes **Neuen UMZ Schutzgerätetyp erzeugen** wird ein neuer UMZ Schutzgerätetyp erzeugt. Hierbei ist zu beachten, dass neue UMZ Schutzgerätetypen nur in der lokalen Schutzdatenbank erfasst werden können.

Nach Klicken des Knopfes **Markierten UMZ Schutzgerätetyp kopieren** wird der im Browser ausgewählte UMZ Schutzgerätetyp zum Einfügen in die lokale Schutzgerätedatenbank in der Zwischenablage bereitgestellt.

UMZ Schutzgerätetypen, welche vorher über die Funktion **Kopieren** in der Zwischenablage bereitgestellt wurden, können nun über den Knopf **Kopierten UMZ Schutzgerätetyp einfügen** an der aktuellen Position im Browser (nur in der lokalen Schutzdatenbank) eingefügt werden.

Nach Betätigen des Knopfes **Markierten UMZ Schutzgerätetyp löschen** wird der im Browser gewählte UMZ Schutzgerätetyp gelöscht. Es können nur lokale UMZ Schutzgerätetypen gelöscht werden.

Kontextmenü

Durch Klicken mit der rechten Maustaste auf einen UMZ Schutzgerätetyp im Browser wird das Kontextmenü angezeigt.

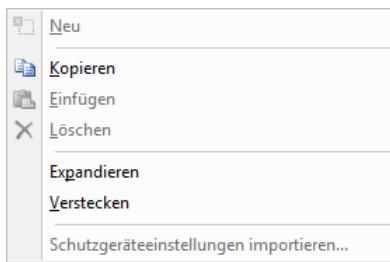


Bild: Kontextmenü im UMZ Schutzgerätetyp-Browser

Dieses Kontextmenü ermöglicht es, direkt den entsprechenden UMZ Schutzgerätetyp zu bearbeiten. Die Funktionen **Expandieren** und **Verstecken** ermöglichen es, den Baum auf- bzw. zuzuklappen.

Mit dem Menüpunkt **Schutzgeräteeinstellwerte importieren** können benutzerdefinierte Schutzgeräte aus einer ASCII Datei in eine PSS SINICAL 10.5 Schutzgerätedatenbank importiert werden. Eine detaillierte Beschreibung finden Sie in Handbuch Bedienung, Kapitel Importieren von UMZ Schutzgerätetypen.

2.2.3 Erzeugen und Konfigurieren von UMZ Schutzgerätetypen

Um einen neuen UMZ Schutzgerätetyp zu erzeugen, wird im Browser der lokalen Datenbank die Form des neuen Typs selektiert. Anschließend wird im Kontextmenü der Menüpunkt **Neu** ausgewählt.

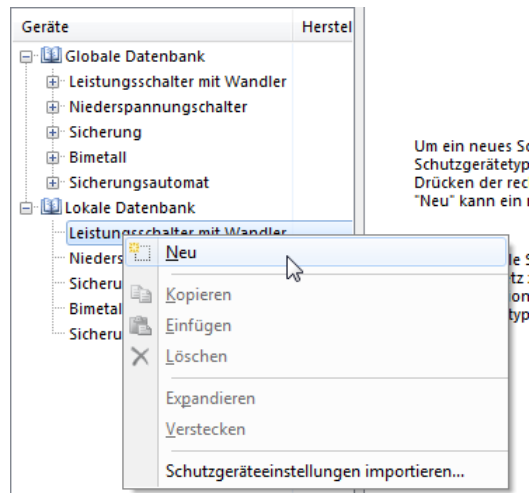


Bild: Kontextmenü zum Erzeugen eines neuen UMZ Schutzgerätetyps

Anschließend kann der neue UMZ Schutzgerätetyp im Datenmasken-Bereich konfiguriert werden.

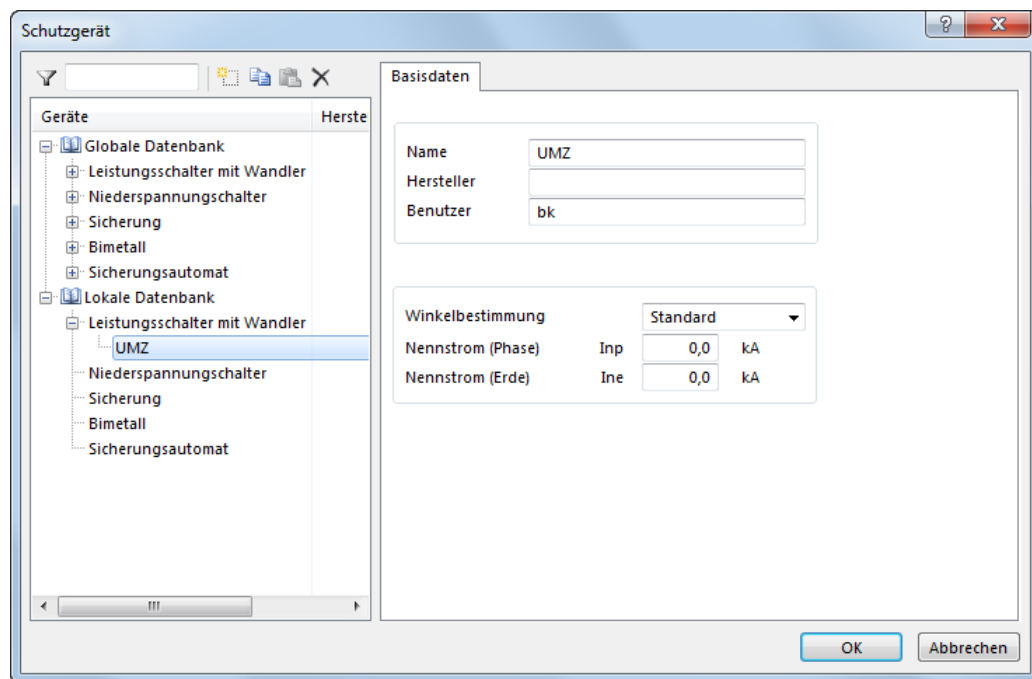


Bild: Maske zum Konfigurieren eines UMZ Schutzgerätetyps

Um einen bestehenden UMZ Schutzgerätetyp zu bearbeiten, wird dieser einfach im Browser ausgewählt und dessen Konfiguration im Datenmasken-Bereich entsprechend geändert.

2.2.4 Kopieren von UMZ Schutzgerätetypen

Wenn sich UMZ Schutzgerätetypen nur geringfügig unterscheiden, so ist es am einfachsten, diese zu kopieren. Dazu wird in der Maske der zu kopierende Typ ausgewählt und das Kontextmenü geöffnet.

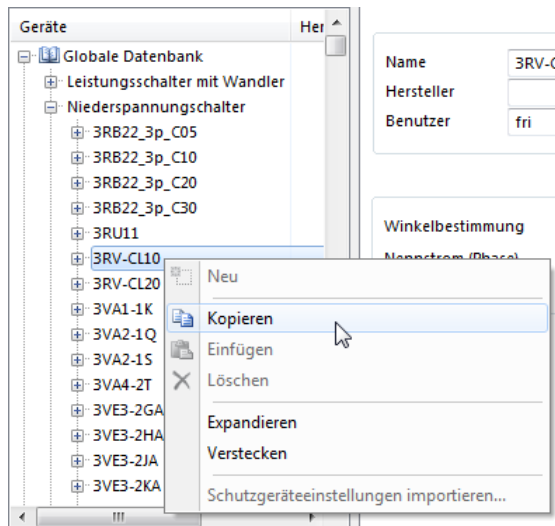


Bild: Kontextmenü zum Kopieren eines UMZ Schutzgerätetyps

Nach Auswahl des Menüpunktes **Kopieren** kann der gewählte UMZ Schutzgerätetyp in die lokale Datenbank eingefügt werden. Hierzu muss jedoch zuerst die korrespondierende Form (hier Niederspannungsschalter) im Browser der lokalen Datenbank ausgewählt und das Kontextmenü geöffnet werden.

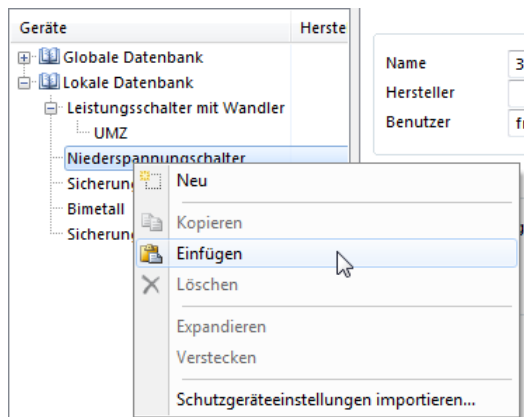


Bild: Kontextmenü zum Einfügen eines UMZ Schutzgerätetyps

Durch Auswahl des Menüpunktes **Einfügen** wird der UMZ Schutzgerätetyp in die lokale Datenbank kopiert.

Bevor der neu eingefügte UMZ Schutzgerätetyp konfiguriert werden kann, muss dieser noch im Browser der lokalen Datenbank ausgewählt werden.

2.2.5 Konfiguration von UMZ Schutzgerätetypen

Die Konfiguration eines UMZ Schutzgerätetyps erfolgt je nach Funktionalität des UMZ Schutzgerätes in mehreren Masken.

Konfiguration der allgemeinen Daten

Die Konfiguration der allgemeinen Daten erfolgt durch Auswahl des Sammeleintrages im Browser der lokalen Datenbank.

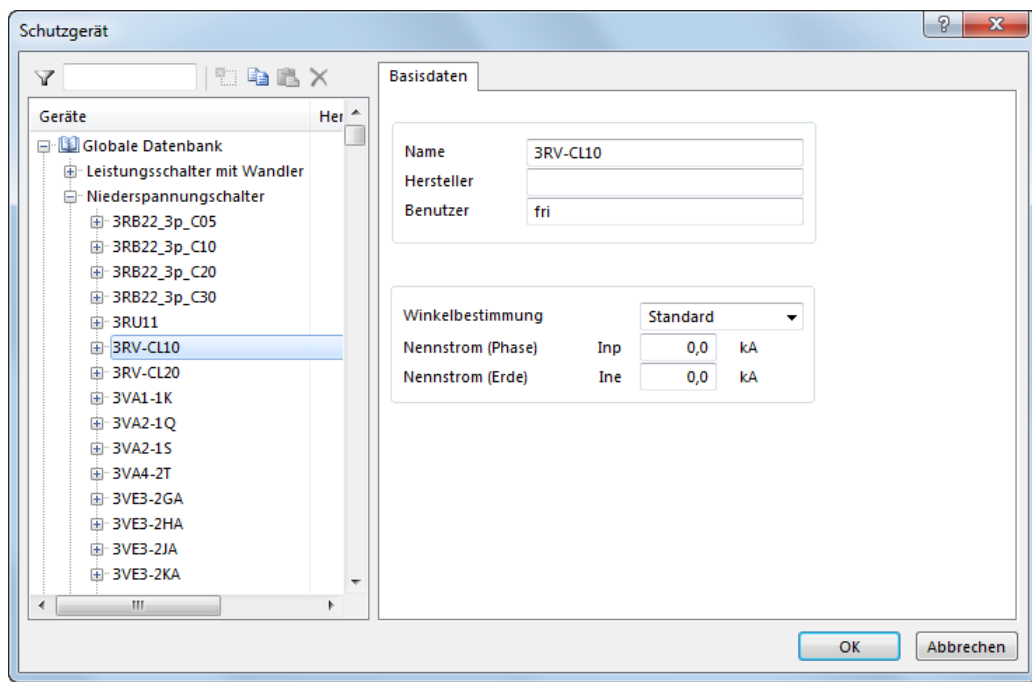


Bild: Maske zur Konfiguration der allgemeinen Daten eines UMZ Schutzgerätetyps

Hier wird der **Name** des UMZ Schutzgerätetyps festgelegt. Dieser steht später auch im Beschriftungsumfang der Netzgrafik zur Verfügung. **Hersteller** und **Benutzer** sind Zusatzinformationen, die für die spätere Verwendung nicht benötigt werden.

Die **Winkelbestimmung** legt das Verfahren zur Bestimmung des Impedanzwinkels für den Richtungsentscheid fest.

Nennstrom (Phase) und **Nennstrom (Erde)** sind ebenfalls nur Zusatzinformationen.

Konfiguration eines Auslösetyps

Basisdaten

Hier wird das Verhalten des UMZ Schutzgerätes für das jeweilige Segment festgelegt.

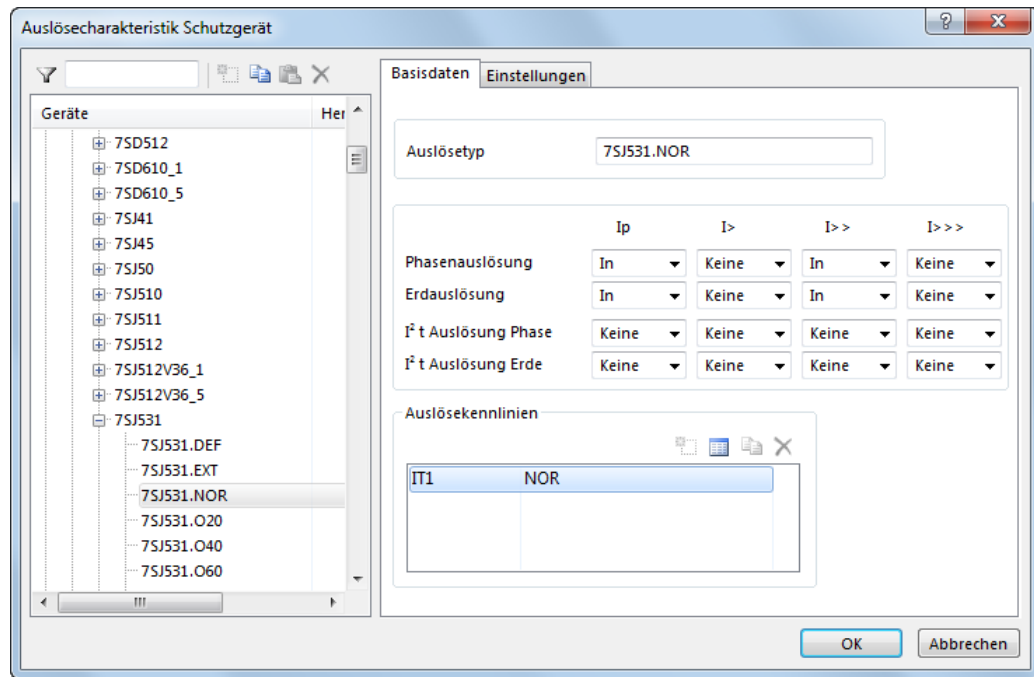


Bild: Maske zur Konfiguration der Basisdaten eines Auslösetyps

Üblicherweise setzt sich der Auslösetyp aus dem UMZ Schutzgerätetyp und dem Schutzverhalten zusammen. In der globalen Schutzdatenbank gibt es folgende Abkürzungen für die einzelnen Schutzverhalten nach IEC 255-3:

Abkürzung	Schutzverhalten
DEF	Definite-time characteristics
NOR	Normal inverse characteristics
VER	Very inverse characteristics
EXT	Extremely inverse characteristics
LTE	Long time inverse characteristics
OVO	Overload characteristics
OVM	Overload memory characteristics
O%%	Overload characteristics with pre-load in %, wobei %% = 29, 40, 60, 80, 99 (= 100%)
RES	Residual characteristics
STE	Short time inverse characteristics

In der globalen Schutzdatenbank gibt es folgende Abkürzungen für die einzelnen Schutzverhalten nach ANSI/IEEE:

Abkürzung	Schutzverhalten
DEV	Definite time characteristics
INV	Inverse (AMZ inv) characteristics
SIV	Short inverse (AMZ inv) characteristics
LIV	Long inverse (AMZ inv) characteristics
MIV	Massive inverse (AMZ inv) characteristics
VIV	Strong/Very inverse (AMZ inv) characteristics
EIV	Extremely inverse (AMZ inv) characteristics
DIV	Equal/definite inverse (AMZ inv) characteristics
I2T	Quadratic inverse (AMZ inv) characteristics
MOD	Moderately inverse (AMZ inv) characteristics

In der globalen Schutzdatenbank gibt es folgende Abkürzungen für Bimetalle und Sicherungsautomaten:

Abkürzung	Schutzverhalten
K oder C	Cold characteristics
W	Warm characteristics

In der globalen Schutzdatenbank gibt es folgende Bezeichnungen für Schutzgeräte, deren Einstellwerte vom sekundären Wandlernennstrom abhängig sind:

Abkürzung	Schutzverhalten
..._1	1 A current transformer (z.B. 7SJ63_1.NOR)
..._5	5 A current transformer (z.B. 7SJ63_5.NOR)
..._1A	1 Ampere AC Nennstrom mit einem Wandler für Phase und Erde
..._5A	5 Ampere AC Nennstrom mit einem Wandler für Phase und Erde
..._200mA	200 mA AC Nennstrom (meist nur Erdwandler)
..._50mA	50 mA AC Nennstrom (meist nur Erdwandler)
..._1A_G	1 Ampere AC Nennstrom mit eigenem Wandler in Phase und Erde
..._5A_G	5 Ampere AC Nennstrom mit eigenem Wandler in Phase und Erde
..._1A_PP	1 Ampere AC Nennstrom Phase-Phase Schutz
..._5A_PP	5 Ampere AC Nennstrom Phase-Phase Schutz

In der globalen Schutzdatenbank gibt es für den Niederspannungsleistungsschalter 3WN folgende Bezeichnungen analog zur Versionsnummer im Produktkatalog (z.B. 3WN1.4, 3WN6.D).

In der globalen Schutzdatenbank gibt es folgende Bezeichnungen für Sicherungen:

Abkürzung	Schutzverhalten
VDE_100	100 A Niederspannungssicherung analog VDE (Strom-Zeit Kennlinie mit mittlerer Auslösezeit)
VDEu_...	Niederspannungssicherungen analog VDE (Strom-Zeit Kennlinie mit schnellster Auslösezeit)
VDEo_...	Niederspannungssicherungen analog VDE (Strom-Zeit Kennlinie mit kleinster Auslösezeit)
VDE-H_500	500 A Hochspannungshochleistungssicherung analog VDE
3N.._...	Siemens Niederspannungssicherung
3G.._...	Siemens Hochspannungshochleistungssicherung

Bereich Ip für Segment Kennlinienauslösung

Über **Phasenauslösung** und **Erdauslösung** wird festgelegt, ob der aktuelle Auslösetyp ein Segment mit Strom/Zeit Kennlinienauslösung für Phasenströme bzw. Erdströme hat. Folgende Werte stehen zur Verfügung:

- None:
Keine Kennlinienauslösung vorhanden
- In:
Kennlinienauslösung mit Stromangabe bezogen auf Wandlernennstrom
- A:
Kennlinienauslösung mit Stromangabe in Ampere

Über **I²t Auslösung Phase** und **I²t Auslösung Erde** wird festgelegt, ob die Kennlinienauslösung eine I²t Strombegrenzung aufweist. Es stehen folgende Werte zur Verfügung:

- None:
Keine I²t Strombegrenzung vorhanden
- In:
I²t Strombegrenzung mit Stromangabe bezogen auf Wandlernennstrom
- A:
I²t Strombegrenzung mit Stromangabe in Ampere

Bereich I> für Segment erste Schnellauslösung

Über **Phasenauslösung** und **Erdauslösung** wird festgelegt, ob der aktuelle Auslösetyp eine erste Schnellauslösung für Phasenströme bzw. Erdströme hat. Folgende Werte stehen zur Verfügung:

- None:
Keine erste Schnellauslösung vorhanden
- In:
Erste Schnellauslösung mit Stromangabe bezogen auf Wandlernennstrom
- A:
Erste Schnellauslösung mit Stromangabe in Ampere
- Ip:
Erste Schnellauslösung mit Stromangabe bezogen auf den Strom der Kennlinienauslösung

Über **I^2t Auslösung Phase** und **I^2t Auslösung Erde** wird festgelegt, ob die erste Schnellauslösung eine I^2t Strombegrenzung aufweist. Es stehen folgende Werte zur Verfügung:

- None:
Keine I^2t Strombegrenzung vorhanden
- In:
 I^2t Strombegrenzung mit Stromangabe bezogen auf Wandlernennstrom
- A:
 I^2t Strombegrenzung mit Stromangabe in Ampere
- Ip:
 I^2t Strombegrenzung mit Stromangabe bezogen auf den Strom der Kennlinienauslösung

Bereich I>> für Segment zweite Schnellauslösung

Über **Phasenauslösung** und **Erdauslösung** wird festgelegt, ob der aktuelle Auslösetyp eine zweite Schnellauslösung für Phasenströme bzw. Erdströme hat. Folgende Werte stehen zur Verfügung:

- None:
Keine zweite Schnellauslösung vorhanden
- In:
Zweite Schnellauslösung mit Stromangabe bezogen auf Wandlernennstrom
- A:
Zweite Schnellauslösung mit Stromangabe in Ampere
- Ip:
Zweite Schnellauslösung mit Stromangabe bezogen auf den Strom der Kennlinienauslösung
- I>:
Zweite Schnellauslösung mit Stromangabe bezogen auf den Strom der ersten Schnellauslösung

Über **I^2t Auslösung Phase** und **I^2t Auslösung Erde** wird festgelegt, ob die zweite Schnellauslösung eine I^2t Strombegrenzung aufweist. Es stehen folgende Werte zur Verfügung:

- None:
Keine I^2t Strombegrenzung vorhanden
- In:
 I^2t Strombegrenzung mit Stromangabe bezogen auf Wandlernennstrom
- A:
 I^2t Strombegrenzung mit Stromangabe in Ampere
- Ip:
 I^2t Strombegrenzung mit Stromangabe bezogen auf den Strom der Kennlinienauslösung
- I>:
 I^2t Strombegrenzung mit Stromangabe bezogen auf den Strom der ersten Schnellauslösung

Bereich I>>> für Segment dritte Schnellauslösung

Über **Phasenauslösung** und **Erdauslösung** wird festgelegt, ob der aktuelle Auslösetyp eine dritte Schnellauslösung für Phasenströme bzw. Erdströme hat. Folgende Werte stehen zur Verfügung:

- None:
Keine dritte Schnellauslösung vorhanden

- In:
Dritte Schnellauslösung mit Stromangabe bezogen auf Wandlernennstrom
- A:
Dritte Schnellauslösung mit Stromangabe in Ampere
- Ip:
Dritte Schnellauslösung mit Stromangabe bezogen auf den Strom der Kennlinienauslösung
- I>:
Dritte Schnellauslösung mit Stromangabe bezogen auf den Strom der ersten Schnellauslösung
- I>>:
Dritte Schnellauslösung mit Stromangabe bezogen auf den Strom der zweiten Schnellauslösung

Über **I²t Auslösung Phase** und **I²t Auslösung Erde** wird festgelegt, ob die dritte Schnellauslösung eine I²t Strombegrenzung aufweist. Es stehen folgende Werte zur Verfügung:

- None:
Keine I²t Strombegrenzung vorhanden
- In:
I²t Strombegrenzung mit Stromangabe bezogen auf Wandlernennstrom
- A:
I²t Strombegrenzung mit Stromangabe in Ampere
- Ip:
I²t Strombegrenzung mit Stromangabe bezogen auf den Strom der Kennlinienauslösung
- I>:
I²t Strombegrenzung mit Stromangabe bezogen auf den Strom der ersten Schnellauslösung
- I>>:
I²t Strombegrenzung mit Stromangabe bezogen auf den Strom der zweiten Schnellauslösung

Bereich Auslösekennlinie

Hier muss bei vorhandener Kennlinienauslösung die dazu passende Auslösekennlinie angegeben werden. Die Eingabe von Kennlinienwerten erfolgt wie im Kapitel Maske zur Kennlinieneingabe beschrieben.

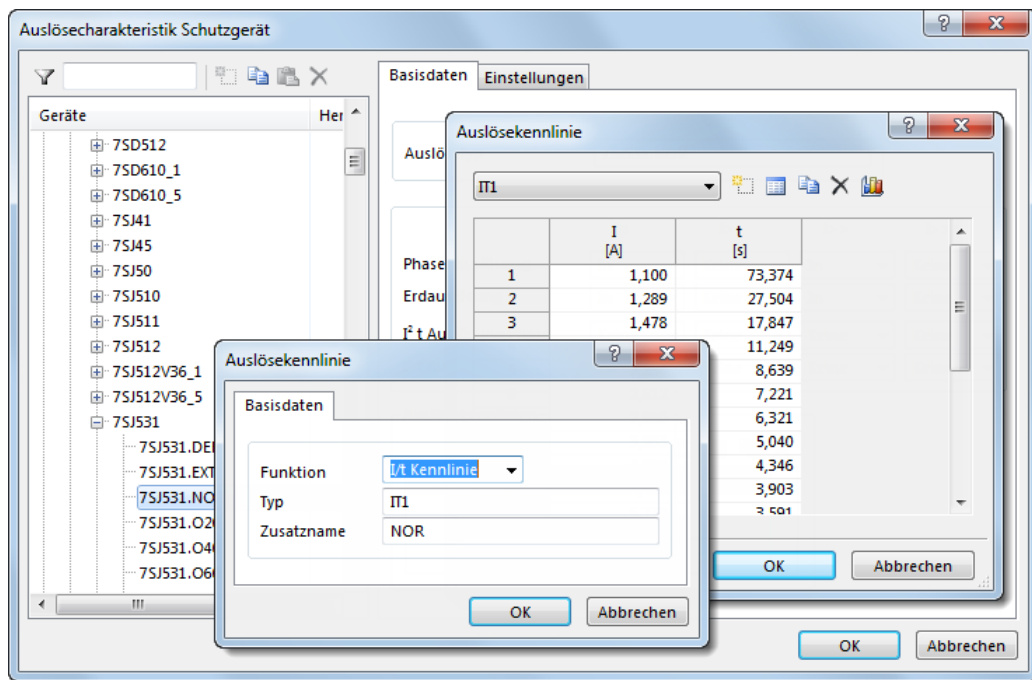


Bild: Dialog zum Bearbeiten der Strom/Zeit Auslösekennlinie

Für die Auslösekennlinie ist im Feld **Funktion** der Auswahlwert **I/t Kennlinie** zu wählen.

Unter **Typ** wird üblicherweise **IT1** oder **IT2** angegeben. Beinhaltet der Typ das Zeichen **1**, so wird diese Kennlinie für die Schnittpunktsbestimmung mit dem Anregestrom verwendet. Beinhaltet der Typ das Zeichen **2**, so wird diese Kennlinie zusätzlich in den Strom/Zeit Diagrammen der Diagrammansicht angezeigt. Eine Kennlinienauslösung benötigt daher mindestens eine Auslösekennlinie mit einer Typbezeichnung, die das Zeichen **1** beinhaltet.

Der Zusatzname in den Basisdaten der Kennlinie entspricht üblicherweise dem Schutzverhalten. Eine bestimmte Vorgabe gibt es für den Zusatznamen jedoch nicht.

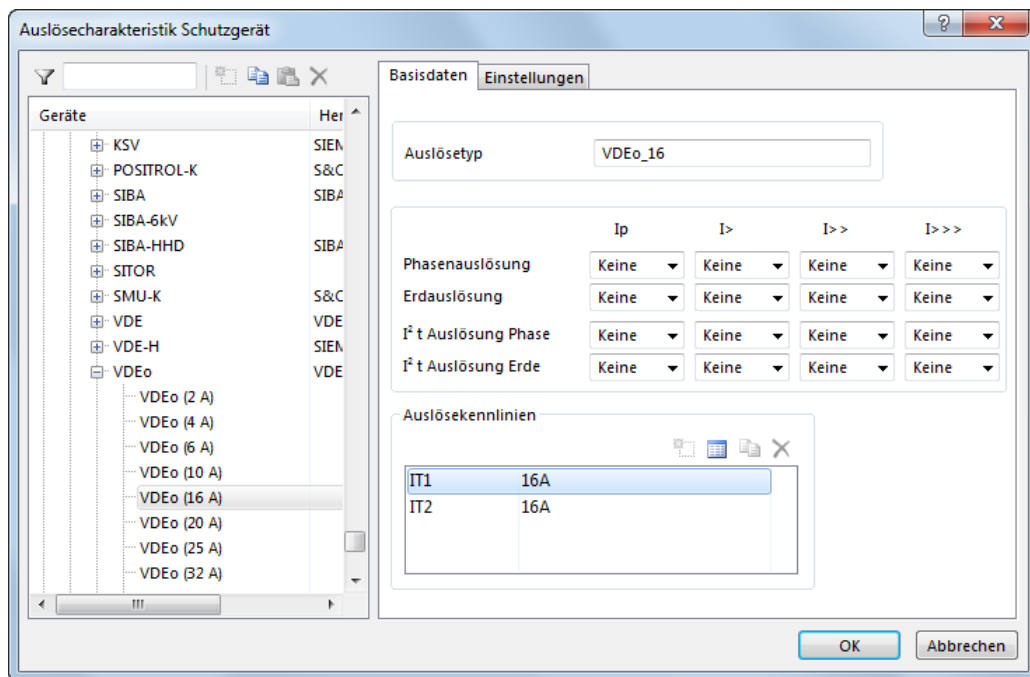


Bild: Sicherung mit Angabe von zwei Auslösekennlinien

Eine Besonderheit steht bei UMZ Schutzgerätetypen mit Auslösetyp **K (Kalt)** und **W (Warm)** zur Verfügung, wenn diese Abkürzung auch in den Basisdaten der Kennlinie unter Zusatzname angegeben wird. In diesem Fall werden auch beide Kennlinien in den Strom/Zeit Diagrammen der Diagrammansicht angezeigt.

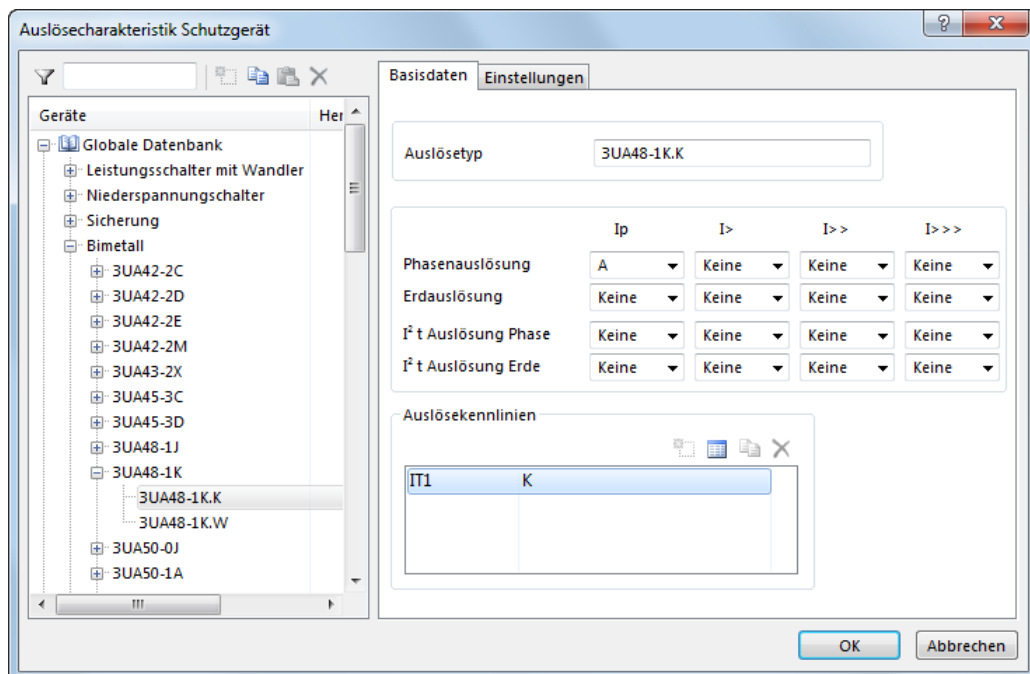


Bild: Bimetall mit kalter und warmer Auslösekennlinie

Auslösefunktion

Hier kann bei vorhandener Kennlinienauslösung die dazu passende Funktion für die Berechnung der Auslösekennlinie angegeben werden. Die Eingabe der Parameter für die jeweilige Funktion erfolgt wie im Kapitel Maske zur Kennliniengabe beschrieben.

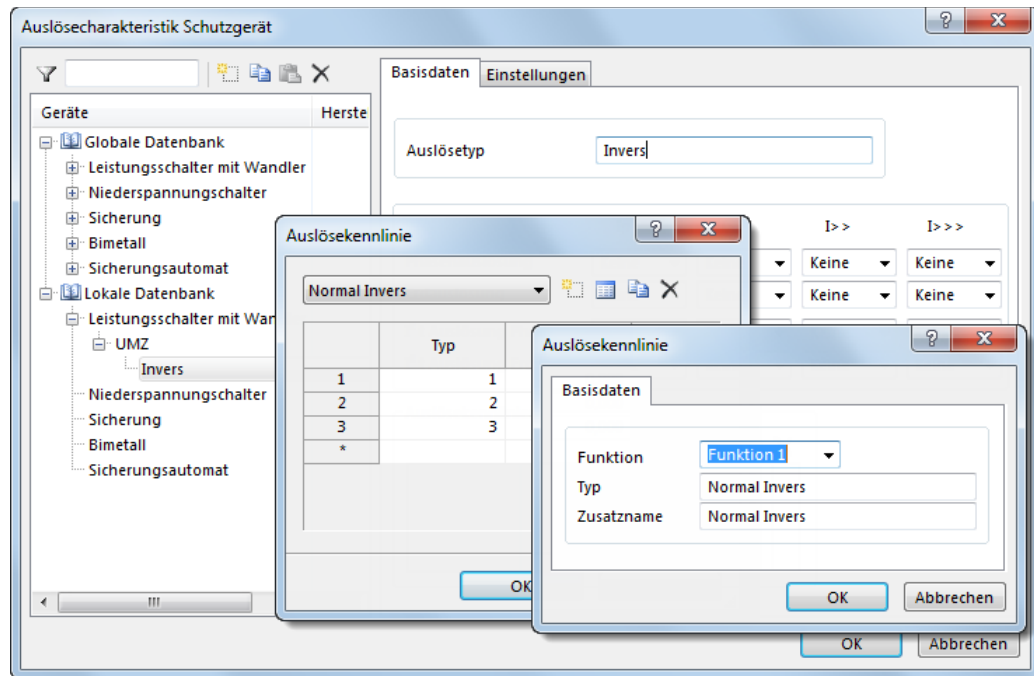


Bild: Dialog zum Bearbeiten der Funktion für die Berechnung der Auslösekennlinie

Für die Auslösekennlinie ist im Feld **Funktion** der Auswahlwert für eine Funktion, z.B. **Funktion 1** zu wählen.

Es darf nur eine Auslösekennlinie angegeben werden. Unter **Typ** und **Zusatzname** wird üblicherweise das Schutzverhalten angegeben. Eine bestimmte Vorgabe für Typ und Zusatznamen gibt es jedoch nicht.

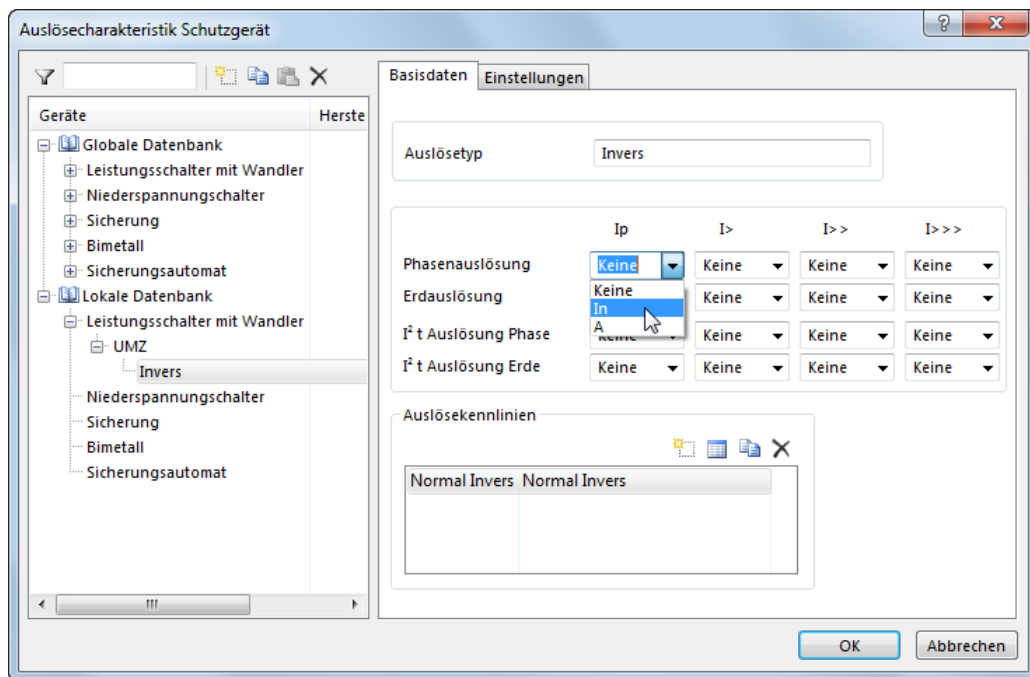


Bild: Leistungsschalter mit Wandler und normal inverser Auslösung

Da die über die Funktion ermittelte Auslösekenlinie eine bezogene Kennlinie darstellt, musste in der Spalte **Ip** der Wert **In** – für Stromangabe auf Wandlernennstrom – ausgewählt werden.

Je nach ausgewählter Funktion müssen die dazugehörigen Parameter angegeben werden.

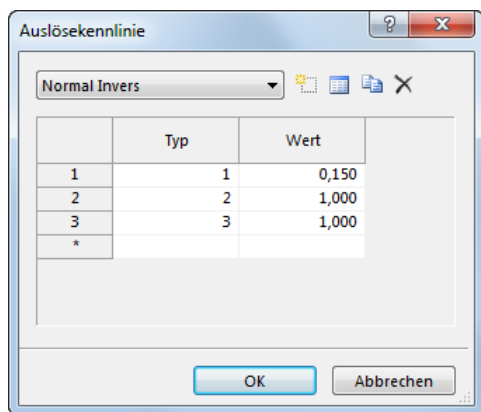


Bild: Parameter für Funktion 1

Für die Ermittlung der Auslösekenlinie wird die Funktion vom Startwert I/I_p bis zum Endwert I/I_p durchlaufen. Das Ergebnis ist jeweils ein Faktor f_t , der multipliziert mit dem Zeiteinstellwert für die Kennlinienauslösung T_p die Auslösezeit t ergibt.

$$t = T_p * f_t$$

PSS SINCAL benötigt als Auslösezeit eine Zeit in Sekunden. Wenn am Schutzgerät der Einstellwert für die Zeit in Minuten anzugeben ist, so ist in der Funktion ein Faktor von 60.0 für die Umrechnung von Minuten auf Sekunden anzugeben.

Funktion 1

$$f_t = \frac{P1}{\left(\frac{I}{I_p} \right)^{P2} - P3}$$

Typ	Parameter
1	Parameter P1
2	Parameter P2
3	Parameter P3
20	Startwert I/I _p
21	Endwert I/I _p

Funktion 2

$$f_t = P1 * \ln \left[\frac{\left(\frac{I}{I_p} \right)^{P2} - \left(\frac{P3}{P4} \right)^{P5}}{\left(\frac{I}{I_p} \right)^{P6} - P7^{P8}} \right]$$

Typ	Parameter
1	Parameter P1 (60,0 für Umrechnung auf Sekunden)
2	Parameter P2
3	Parameter P3 (Vorlast)
4	Parameter P4
5	Parameter P5
6	Parameter P6
7	Parameter P7
8	Parameter P8
20	Startwert I/I _p
21	Endwert I/I _p

Funktion 3

$$f_t = \frac{P1}{\left(\frac{I}{I_p} \right)^{P2} - P3} + P4$$

Typ	Parameter
1	Parameter P1
2	Parameter P2
3	Parameter P3
4	Parameter P4
20	Startwert I/I_p
21	Endwert I/I_p

IEC Inverse (Kurve C1)

$$f_t = \frac{0,14}{\left(\frac{I}{I_p}\right)^{0,02} - 1,0}$$

IEC Very Inverse (Kurve C2)

$$f_t = \frac{13,5}{\left(\frac{I}{I_p}\right) - 1,0}$$

IEC Extremely Inverse (Kurve C3)

$$f_t = \frac{80,0}{\left(\frac{I}{I_p}\right)^2 - 1,0}$$

IEC Long Time Inverse (Kurve C4)

$$f_t = \frac{120}{\left(\frac{I}{I_p}\right) - 1,0}$$

IEC Short Time Inverse (Kurve C5)

$$f_t = \frac{0,05}{\left(\frac{I}{I_p}\right)^{0,04} - 1,0}$$

ANSI Moderately Inverse (Kurve U1)

$$f_t = \frac{0,0104}{\left(\frac{I}{I_p}\right)^{0,02} - 1,0} + 0,0256$$

ANSI Inverse (Kurve U2)

$$f_t = \frac{5,95}{\left(\frac{I}{I_p}\right)^2 - 1,0} + 0,18$$

ANSI Very Inverse (Kurve U3)

$$f_t = \frac{3,88}{\left(\frac{I}{I_p}\right)^2 - 1,0} + 0,0963$$

ANSI Extremely Inverse (Kurve U4)

$$f_t = \frac{5,67}{\left(\frac{I}{I_p}\right)^2 - 1,0} + 0,0352$$

ANSI Short Time Inverse (Kurve U5)

$$f_t = \frac{0,00342}{\left(\frac{I}{I_p}\right)^{0,02} - 1,0} + 0,00262$$

Einstellungen

Hier werden die Wertebereiche der Strom- und Zeitangaben des UMZ Schutzgerätes für die jeweilige Schutzfunktionalität festgelegt.

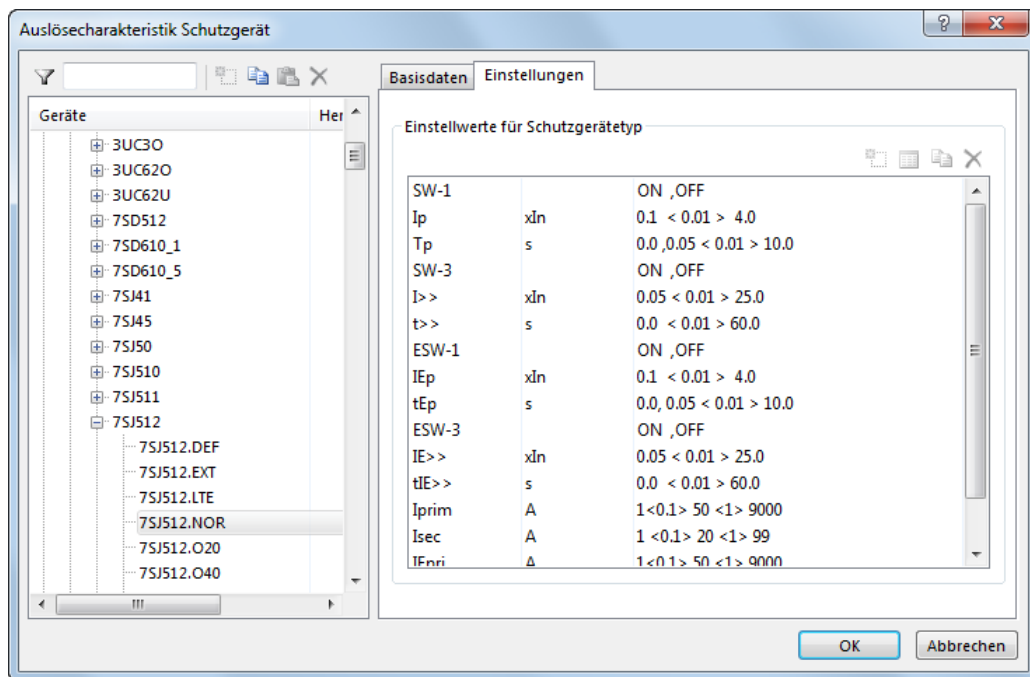


Bild: Maske zur Konfiguration der Wertebereiche

Die Eingabe von Wertebereichen für den UMZ Schutzgerätetyp erfolgt wie im Kapitel Maske zur Kennlinieneingabe beschrieben.

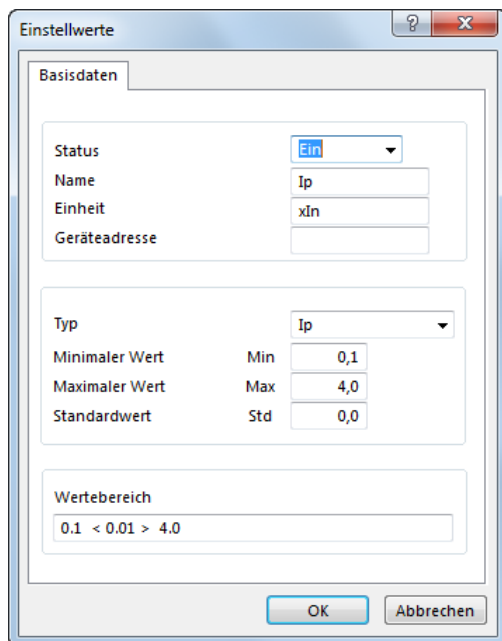


Bild: Maske zur Konfiguration eines Wertebereiches

Über diese Datenmaske wird ein Einstellwert am UMZ Schutzgerät beschrieben.

Der **Name** entspricht der Kurzbezeichnung des Einstellwertes laut Schutzgerätebeschreibung. Die **Einheit** des Einstellwertes ist ebenfalls aus der Schutzgerätebeschreibung ersichtlich. Über das Feld **Status** kann ein Einstellwert nur dokumentiert oder auch für Eingabe in der UMZ Schutzgerätemaske aktiviert werden.

Mit Hilfe der **Geräteadresse** kann der Einstellwert am Schutzgerät gesetzt werden.

Der **Typ** legt den Zusammenhang zwischen Einstellwert laut Beschreibung und Verwendung in PSS SINCAL fest. Es stehen folgende Werte zur Konfiguration zur Verfügung:

Typ	Funktion
WSEK	Wandlernennstrom Phase
ESEK	Wandlernennstrom Erde
SWp	Kennlinienauslösung Phase schaltbar
SW>	Erste Schnellauslösung Phase schaltbar
SW>>	Zweite Schnellauslösung Phase schaltbar
SW>>>	Dritte Schnellauslösung Phase schaltbar
SWep	Kennlinienauslösung Erde schaltbar
SWe>	Erste Schnellauslösung Erde schaltbar
SWe>>	Zweite Schnellauslösung Erde schaltbar
SWe>>>	Dritte Schnellauslösung Erde schaltbar
Ip	Strom Kennlinienauslösung Phase
I>	Strom erste Schnellauslösung Phase
I>>	Strom zweite Schnellauslösung Phase
I>>>	Strom dritte Schnellauslösung Phase
Iep	Strom Kennlinienauslösung Erde
Ie>	Strom erste Schnellauslösung Erde
Ie>>	Strom zweite Schnellauslösung Erde
Ie>>>	Strom dritte Schnellauslösung Erde
F_Ip	Faktor für Strom Kennlinienauslösung Phase
F_I>	Faktor für Strom erste Schnellauslösung Phase
F_I>>	Faktor für Strom zweite Schnellauslösung Phase
F_I>>>	Faktor für Strom dritte Schnellauslösung Phase
F_Iep	Faktor für Strom Kennlinienauslösung Erde
F_Ie>	Faktor für Strom erste Schnellauslösung Erde
F_Ie>>	Faktor für Strom zweite Schnellauslösung Erde
F_Ie>>>	Faktor für Strom dritte Schnellauslösung Erde
Tp	Zeit Kennlinienauslösung Phase
T>	Zeit erste Schnellauslösung Phase
T>>	Zeit zweite Schnellauslösung Phase
T>>>	Zeit dritte Schnellauslösung Phase
Tep	Zeit Kennlinienauslösung Erde
Te>	Zeit erste Schnellauslösung Erde

Te>>	Zeit zweite Schnellauslösung Erde
Te>>>	Zeit dritte Schnellauslösung Erde
F_Tp	Faktor für Zeit Kennlinienauslösung Phase
F_T>	Faktor für Zeit erste Schnellauslösung Phase
F_T>>	Faktor für Zeit zweite Schnellauslösung Phase
F_T>>>	Faktor für Zeit dritte Schnellauslösung Phase
F_Tep	Faktor für Zeit Kennlinienauslösung Erde
F_Te>	Faktor für Zeit erste Schnellauslösung Erde
F_Te>>	Faktor für Zeit zweite Schnellauslösung Erde
F_Te>>>	Faktor für Zeit dritte Schnellauslösung Erde
I2Ip	Strom I^2t Begrenzung Kennlinienauslösung Phase
I2I>	Strom I^2t Begrenzung erste Schnellauslösung Phase
I2I>>	Strom I^2t Begrenzung zweite Schnellauslösung Phase
I2I>>>	Strom I^2t Begrenzung dritte Schnellauslösung Phase
I2Iep	Strom I^2t Begrenzung Kennlinienauslösung Erde
I2Ie>	Strom I^2t Begrenzung erste Schnellauslösung Erde
I2Ie>>	Strom I^2t Begrenzung zweite Schnellauslösung Erde
I2Ie>>>	Strom I^2t Begrenzung dritte Schnellauslösung Erde
I2Tp	Zeit I^2t Begrenzung Kennlinienauslösung Phase
I2T>	Zeit I^2t Begrenzung erste Schnellauslösung Phase
I2T>>	Zeit I^2t Begrenzung zweite Schnellauslösung Phase
I2T>>>	Zeit I^2t Begrenzung dritte Schnellauslösung Phase
I2Tep	Zeit I^2t Begrenzung Kennlinienauslösung Erde
I2Te>	Zeit I^2t Begrenzung erste Schnellauslösung Erde
I2Te>>	Zeit I^2t Begrenzung zweite Schnellauslösung Erde
I2Te>>>	Zeit I^2t Begrenzung dritte Schnellauslösung Erde

Alle weiteren Typen dienen nur für Dokumentationszwecke und haben auf die Konfiguration des UMZ Schutzgerätetyps keinen Einfluss.

2.2.6 Zuweisen des UMZ Schutzgerätetyps

Nach dem Erfassen eines neuen UMZ Schutzgerätes steht eine Maske zum Zuweisen des UMZ Schutzgerätetyps zur Verfügung. Bevor eine Zuweisung durchgeführt werden kann, muss im Browser für das UMZ Schutzgerät der Punkt **UMZ Einstellwerte** selektiert werden. Durch Selektion des Filterknopfes kann eine Vorauswahl der UMZ Schutzgerätetypen vorgenommen werden.

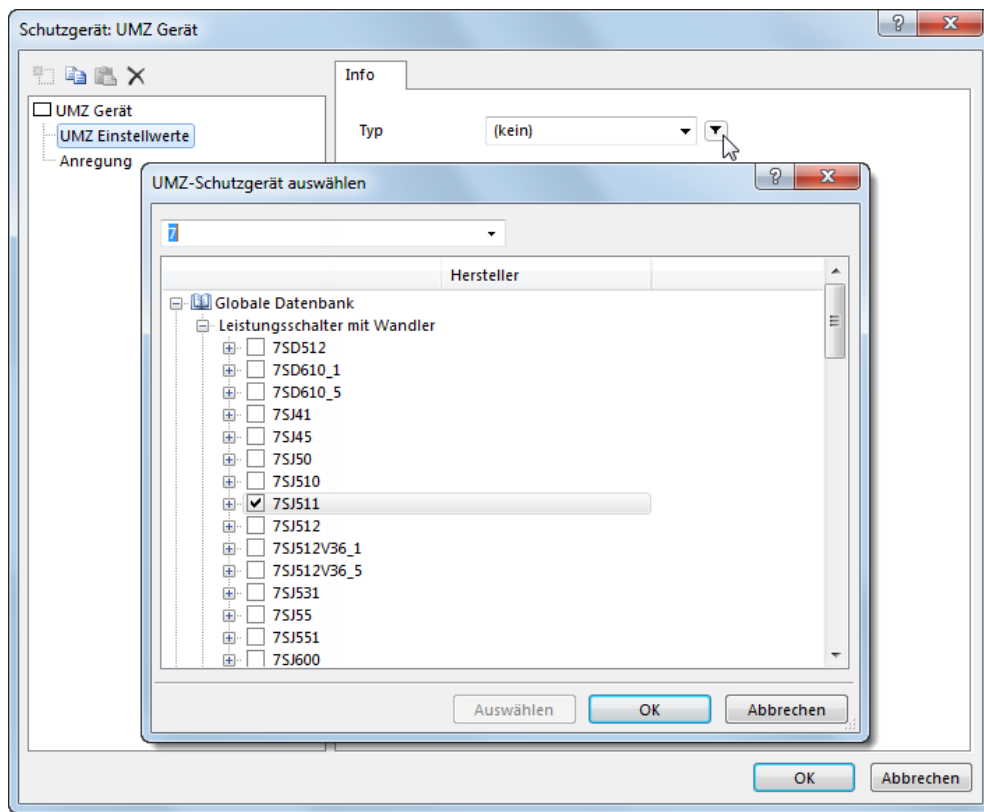


Bild: Dialog zur Vorauswahl der UMZ Schutzgerätetypen

Die vorausgewählten UMZ Schutzgerätetypen stehen nun als Auswahlliste zur Verfügung.

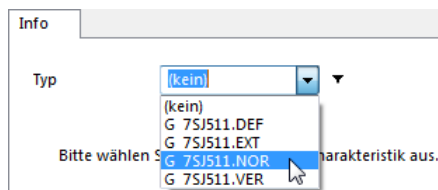


Bild: Vorausgewählte UMZ Schutzgerätetypen

Durch Selektion eines vorausgewählten Typs wird dieser Typ dem UMZ Schutzgerät für Phasen- und Erdauslösung zugewiesen. Soll für die Erdauslösung ein anderer Typ verwendet werden, so ist dies nun bei Erde zuzuweisen. Hier kann allerdings nur mehr zwischen den einzelnen Auslösetypen des UMZ Schutzgerätetyps gewählt werden.

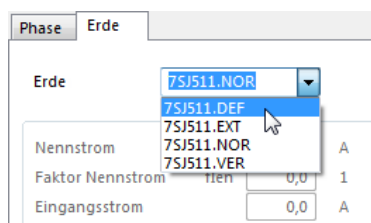


Bild: Auswahl des UMZ Schutzgerätetyps für die Erdauslösung

2.2.7 Spezielle UMZ Schutzgerätetypen

Bei den allgemeinen Schutzgerätetypen erfolgt die Angabe der Daten in Ampere. Diese allgemeinen Schutzgerätetypen können auch für die Angabe der Daten bezogen auf den Nennstrom benutzt werden. Hierzu muss bei den Stromwandlern der Faktor für den primären Nennstrom je nach Nennstrom des Schutzgerätes mit 1 oder 5 angegeben werden.

Allgemeine Schutzgerätetypen mit Auslösekennlinien nach VDE sind:

Typ	Funktion
IEC_1A	Instantaneous/Definite Time Phase Ip
	Inverse Time Phase I>
	Inverse Time Phase I>>
	Inverse Time Phase I>>>
	Instantaneous/Definite Time Erde Iep
	Inverse Time Erde Ie>
	Inverse Time Erde Ie>>
	Inverse Time Erde Ie>>>
IEC_5A	Instantaneous/Definite Time Phase Ip
	Inverse Time Phase I>
	Inverse Time Phase I>>
	Inverse Time Phase I>>>
	Instantaneous/Definite Time Erde Iep
	Inverse Time Erde Ie>
	Inverse Time Erde Ie>>
	Inverse Time Erde Ie>>>

Allgemeine Schutzgerätetypen mit Auslösekennlinien nach ANSI sind:

Typ	Funktion
ANSI_1A	Instantaneous/Definite Time Phase 51P
	Inverse Time Phase 50PM
	Inverse Time Phase 50PH
	Inverse Time Phase 50POH
	Instantaneous/Definite Time Erde 51N
	Inverse Time Erde 50GM
	Inverse Time Erde 50 GH
	Inverse Time Erde 50GOH
ANSI_5A	Instantaneous/Definite Time Phase 51P
	Inverse Time Phase 50PM
	Inverse Time Phase 50PH
	Inverse Time Phase 50POH
	Instantaneous/Definite Time Erde 51N
	Inverse Time Erde 50GM
	Inverse Time Erde 50 GH
	Inverse Time Erde 50GOH

2.3 Distanzschutzgeräte

Distanzschutzgeräte werden über Impedanzflächen beschrieben. Prinzipiell löst ein Distanzschutzgerät aus, wenn die vom Schutzgerät registrierte Impedanz innerhalb einer vorgegebenen Impedanzfläche liegt.

PSS SINCAL kennt verschiedenste Formen von Impedanzflächen, angefangen vom einfachen Konduktanzkreis bis hin zur frei definierbaren Impedanzfläche. Damit können alle im praktischen Einsatz stehenden Distanzschutzgeräte nachgebildet werden.

2.3.1 Formen der Impedanzflächen

Die reellen Schutzgeräte werden über folgende unterschiedliche Formen der Auslöseflächen nachgebildet.

- **Basisfläche:**
Rechteck oder Kreis
- **SIEMENS Fläche**
- **Frei definierbare Fläche**

Je nach Flächenform gelten gewisse Vereinbarungen für die Flächenermittlung.

Basisfläche

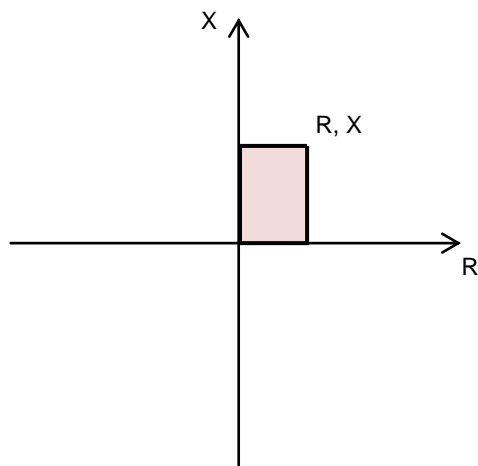
Diese Fläche ist die einfachste Form der Nachbildung. Die Fläche wird über Angabe von

- Wirkwiderstand
- Blindwiderstand und
- Quadrantenangabe:
I (erster Quadrant)
A (alle Quadranten)

definiert.

Die Entscheidung über Rechteck oder Kreis erfolgt durch den Schutzgerätetyp.

Typ: I



Typ: A

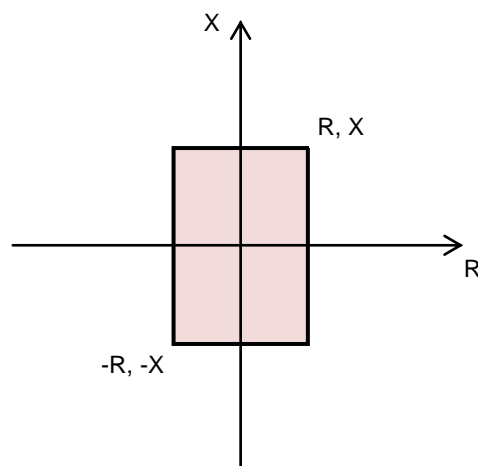


Bild: Impedanzfläche rechteckig

SIEMENS Fläche

Diese Fläche hat eine für SIEMENS Distanzschutzgeräte typische Form. Die Fläche wird über Angabe von

- $X+A$ (Blindwiderstand)
- $X-A$ (Blindwiderstand)
- $RA1$ (Wirkwiderstand)
- $RA2$ (Wirkwiderstand)
- φ (Winkel)

definiert.

Die Fläche hat immer die folgende Form.

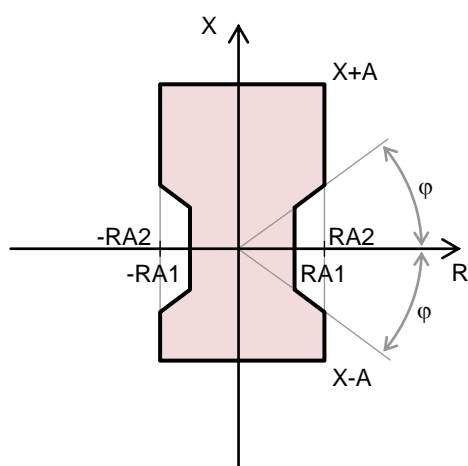


Bild: Impedanzfläche SIEMENS Schutzgerät

Frei definierbare Fläche

Diese Fläche ermöglicht die Nachbildung einer für den praktischen Einsatz beliebigen Form. Die Fläche wird von 10 Geraden und 4 Kreisen begrenzt. Die Geraden, die Kreise und die Reihenfolge für die Bildung der Begrenzungsline der Fläche sind frei definierbar.

Die Geraden gehen durch einen zu definierenden Punkt und haben einen Winkel bezogen auf die positive R-Achse. Eine Gerade wird somit durch

- R (Wirkwiderstand)
- X (Blindwiderstand)
- φ (Winkel)

definiert.

Die Kreise werden über Anfangs-, Bogen- und Endpunkt definiert. Der Kreis wird immer vom Anfangspunkt über den Bogenpunkt und Endpunkt zurück zum Anfangspunkt durchlaufen. Diese Festlegung der Durchlaufrichtung ist für die Bildung der Begrenzungsline wichtig.

Jeder Kreis kann darüber hinaus in R und X Richtung mit einem Faktor gestaucht bzw. gedehnt und um einen Winkel bezogen auf die positive R -Achse gedreht werden.

Ein Kreis wird somit durch

- R_A (Wirkwiderstand Anfangspunkt)
- X_A (Blindwiderstand Anfangspunkt)
- R_B (Wirkwiderstand Bogenpunkt)
- X_B (Blindwiderstand Bogenpunkt)
- R_E (Wirkwiderstand Endpunkt)
- X_E (Blindwiderstand Endpunkt)
- F_R (Faktor für Verzerrung R -Richtung)
- F_X (Faktor für Verzerrung X -Richtung)
- φ (Winkel für Drehung)

definiert.

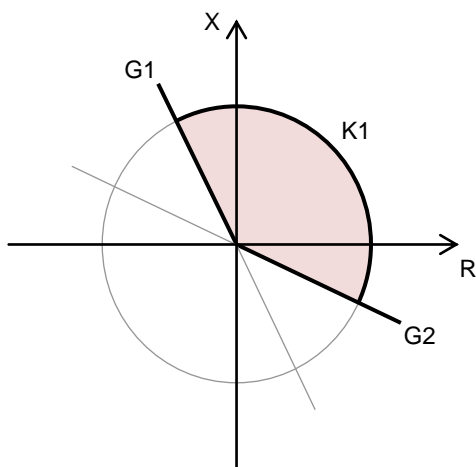


Bild: Beispiel für freie Impedanzfläche begrenzt mit 2 Geraden und einem Kreis

Sollte sich bei Kreisen nicht die gewünschte Begrenzungslinie einstellen, so ist ein

- Vertauschen von Anfangs- und Endpunkt oder
- Vertauschen von Elementreihenfolge

meistens die wirksamste Methode, um die gewünschte Begrenzung zu erzielen.

2.3.2 Anregung bei Distanzschutzgeräten

Moderne Schutzgeräte können verschiedenste Anregebedingungen haben:

- [Stromanregung](#)
- [Unterimpedanzanregung](#)
- [Unterspannungsanregung](#)
- [Impedanzanregung – Anregefläche](#)

Jeder Bedingung wird darüber hinaus auch noch eine Zeit (Endzeit) zugeordnet. Ist diese Zeit ohne eine Auslösung abgelaufen, löst das Schutzgerät trotzdem aus.

Eine detaillierte Beschreibung der Eingabedaten für die Anregung ist im Handbuch Eingabedaten, Kapitel Schutzkoordination, Abschnitt Anregung zu finden.

Stromanregung

Die Stromanregung hat das Überschreiten eines minimalen Stromes zur Bedingung. Sobald dieser Strom überschritten wird, ist die Bedingung erfüllt.

PSS SINCAL unterstützt drei verschiedene Arten der Stromanregung:

- Gerichtete Stromanregung (ohne Auslösung):
Bei dieser Anregung wird die Richtungseinstellung (vorwärts, rückwärts) berücksichtigt. Diese Anregung hat keine Endzeit und führt daher nicht zwingendermaßen zu einer Auslösung des Schutzgerätes.
- Gerichtete Stromanregung:
Bei dieser Anregung wird die Richtungseinstellung (vorwärts, rückwärts) berücksichtigt.
- Ungerichtete Stromanregung

Unterimpedanzanregung

Die Unterimpedanzanregung hat eine Reihe von Bedingungen, die erfüllt sein müssen, damit eine Anregung vorliegt.

- Überschreitung des minimalen Stroms $I_{>}$ und
- Unterschreiten der Spannungen $U_{>}$ bis $U_{>>}$ bei einem Strom zwischen $I_{>}$ und $I_{>>}$ oder
- Überschreiten des Stromes $I_{>>}$

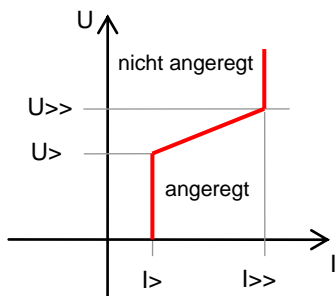


Bild: Strom und Spannung bei Unterimpedanzanregung

Unterspannungsanregung

Bei dieser Anregung ist die Bedingung erfüllt, wenn eine minimale Spannung $U_{<}$ unterschritten wird und der Strom dabei über dem definierten Wert $I_{>}$ liegt.

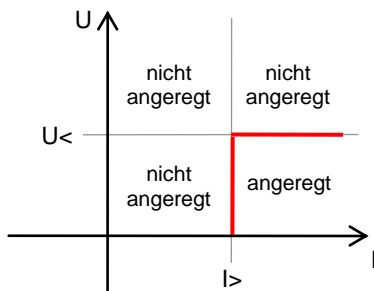


Bild: Strom und Spannung bei Unterspannungsanregung

Impedanzanregung – Anregefläche

Bei der Impedanzanregung muss die vom Schutzgerät registrierte Impedanz innerhalb einer vorgegebenen Impedanzfläche liegen, damit die Anregebedingung erfüllt ist. Diese Anregeform wird über eine [SIEMENS Fläche](#) beschrieben.

Der Anregefläche können zwei unterschiedliche Endzeiten (gerichtet und ungerichtet) zugeordnet werden.

2.3.3 Auslösung bei Distanzschutzgeräten

Bei allen Formen der Auslösung muss die vom Schutzgerät registrierte Impedanz innerhalb einer vorgegebenen Impedanzfläche liegen.

Für die Auslösung werden jedem Schutzgerät Flächen aller möglichen Formen mit Zeiten für die Auslösung zugeordnet.

Für die Überprüfung der Auslösung werden alle Flächen eines Schutzgerätes sortiert nach der Auslösezeit (registrierte Impedanz innerhalb der Fläche) herangezogen.

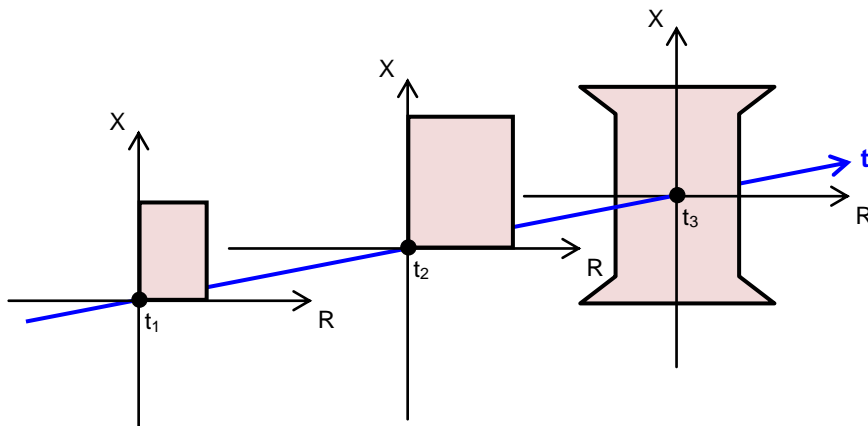


Bild: Aufbau der Flächen eines Schutzgerätes

Alle Flächen werden unabhängig von der Form aufsteigend nach der Zeit sortiert. Dadurch ist sichergestellt, dass die am schnellsten auslösende Fläche immer zuerst überprüft wird und somit auch auslöst.

2.3.4 Beeinflussung durch Wandler

Jedes Distanzschutzgerät wird prinzipiell über Strom- und Spannungswandler mit Daten versorgt.

Bei jedem Schutzgerät muss festgelegt werden, ob die Messung der Impedanz

- primärseitig oder
- sekundärseitig

erfolgt.

Messung primärseitig

Es erfolgt keine Umrechnung von Strömen und Spannungen.

Messung sekundärseitig

Alle Ströme werden mit dem Übersetzungsverhältnis

- Nennstrom primär/Nennstrom sekundär mal
- Faktor für Zwischenstromwandler

beaufschlagt.

Alle Spannungen werden mit dem Übersetzungsverhältnis

- Nennspannung primär/Nennspannung sekundär mal
- Faktor für Zwischenspannungswandler

beaufschlagt.

Berücksichtigung des Richtungsgliedes

Bei einem Richtungsglied muss vor der Überprüfung, ob die registrierte Impedanz innerhalb einer Fläche liegt, noch der Winkel der registrierten Impedanz überprüft werden.

Der Winkel muss je nach Richtung innerhalb eines dazugehörenden Winkelbereiches sein.

Die Einstellung der Richtung kann die Werte

- ungerichtet (Winkelbereich egal)
- vorwärts (Winkelbereich in die Leitung hinein)
- rückwärts (Winkelbereich aus der Leitung heraus)

annehmen. Die Richtungseinstellung entscheidet, in welchem Winkelbereich die Impedanz liegen muss, um die Anregung zu erhalten.

Der Winkel der Impedanz wird dabei immer auf eine Spannung bezogen. Diese Spannung setzt sich aus folgenden Anteilen zusammen:

\underline{U}_a ... Aktuelle Spannung (Restspannung aus Kurzschluss)

\underline{U}_L ... Spannung aus dem Lastfluss (gespeicherte Spannung am Schutzgerät)

\underline{U}_f ... Fehlerfremde Spannung (summierte Spannungen der nicht vom Fehler betroffenen Phasen) gedreht um 90 °

Für alle Anteile kann eine prozentuelle Bewertung vorgegeben werden. Die Spannung für die Winkelermittlung ist aber immer die Summe aus allen bewerteten Anteilen und ergibt sich z.B. aus

$$100\%\underline{U}_a + 0\%\underline{U}_L + 0\%\underline{U}_f$$

oder

$$100\%\underline{U}_a + 20\%\underline{U}_L + 20\%\underline{U}_f$$

Die Summe der prozentuellen Bewertungen muss nicht 100 % ergeben!

2.3.5 Impedanzschleifen

Die Behandlung der möglichen Impedanzschleifen

- Phase 1 – Erde,
- Phase 2 – Erde,
- Phase 3 – Erde,

- Phase 1 – Phase 2,
- Phase 2 – Phase 3 und
- Phase 3 – Phase 1

erfolgt unterschiedlich für rechteckige, SIEMENS bzw. freie Impedanzflächenformen.

Bei rechteckiger Impedanzflächenform werden immer alle Impedanzen aller Impedanzschleifen für die Überprüfung herangezogen.

Bei SIEMENS bzw. freier Impedanzflächenform muss jede zu überprüfende Impedanzschleife angegeben werden. Nur die Impedanzen der aktiven Impedanzschleifen werden für die Überprüfung herangezogen.

Impedanzermittlung

Die Impedanz von Phase-Phase Schleifen ergibt sich über die Beziehung

$$\underline{U}_1 - \underline{U}_2 = R_L * (I_1 - I_2) + jX_L * (I_1 - I_2)$$

$$\underline{U}_2 - \underline{U}_3 = R_L * (I_2 - I_3) + jX_L * (I_2 - I_3)$$

$$\underline{U}_3 - \underline{U}_1 = R_L * (I_3 - I_1) + jX_L * (I_3 - I_1)$$

Nach Umformung erhält man die vom Schutzgerät registrierten Wirkwiderstände (R_{12} , R_{23} , R_{31}) und Blindwiderstände (X_{12} , X_{23} , X_{31}).

$$R_{12} = \frac{\operatorname{Re}(I_1 - I_2) * \operatorname{Re}(\underline{U}_1 - \underline{U}_2) + \operatorname{Im}(I_1 - I_2) * \operatorname{Im}(\underline{U}_1 - \underline{U}_2)}{\operatorname{Re}(I_1 - I_2)^2 + \operatorname{Im}(I_1 - I_2)^2}$$

$$X_{12} = \frac{\operatorname{Re}(I_1 - I_2) * \operatorname{Im}(\underline{U}_1 - \underline{U}_2) - \operatorname{Im}(I_1 - I_2) * \operatorname{Re}(\underline{U}_1 - \underline{U}_2)}{\operatorname{Re}(I_1 - I_2)^2 + \operatorname{Im}(I_1 - I_2)^2}$$

$$R_{23} = \frac{\operatorname{Re}(I_2 - I_3) * \operatorname{Re}(\underline{U}_2 - \underline{U}_3) + \operatorname{Im}(I_2 - I_3) * \operatorname{Im}(\underline{U}_2 - \underline{U}_3)}{\operatorname{Re}(I_2 - I_3)^2 + \operatorname{Im}(I_2 - I_3)^2}$$

$$X_{23} = \frac{\operatorname{Re}(I_2 - I_3) * \operatorname{Im}(\underline{U}_2 - \underline{U}_3) - \operatorname{Im}(I_2 - I_3) * \operatorname{Re}(\underline{U}_2 - \underline{U}_3)}{\operatorname{Re}(I_2 - I_3)^2 + \operatorname{Im}(I_2 - I_3)^2}$$

$$R_{31} = \frac{\operatorname{Re}(I_3 - I_1) * \operatorname{Re}(\underline{U}_3 - \underline{U}_1) + \operatorname{Im}(I_3 - I_1) * \operatorname{Im}(\underline{U}_3 - \underline{U}_1)}{\operatorname{Re}(I_3 - I_1)^2 + \operatorname{Im}(I_3 - I_1)^2}$$

$$X_{31} = \frac{\operatorname{Re}(I_3 - I_1) * \operatorname{Im}(\underline{U}_3 - \underline{U}_1) - \operatorname{Im}(I_3 - I_1) * \operatorname{Re}(\underline{U}_3 - \underline{U}_1)}{\operatorname{Re}(I_3 - I_1)^2 + \operatorname{Im}(I_3 - I_1)^2}$$

Die Impedanz von Phase-Erde Schleifen ergibt sich über die Beziehungen

$$\underline{U}_1 = I_1 * (R_L + jX_L) - I_e * \left(R_L * \frac{R_e}{R_L} + jX_L \frac{X_e}{X_L} \right)$$

$$\underline{U}_2 = I_2 * (R_L + jX_L) - I_e * \left(R_L * \frac{R_e}{R_L} + jX_L \frac{X_e}{X_L} \right)$$

$$\underline{U}_3 = I_3 * (R_L + jX_L) - I_e * \left(R_L * \frac{R_e}{R_L} + jX_L \frac{X_e}{X_L} \right)$$

Nach Umformung erhält man die vom Schutzgerät registrierten Wirkwiderstände (R_{1e} , R_{2e} , R_{3e}) und Blindwiderstände (X_{1e} , X_{2e} , X_{3e}).

$$R_{1e} = \frac{\operatorname{Re} \left(I_1 - I_e * \frac{X_e}{X_L} \right) * \operatorname{Re}(\underline{U}_1) + \operatorname{Im} \left(I_1 - I_e * \frac{X_e}{X_L} \right) * \operatorname{Im}(\underline{U}_1)}{\operatorname{Re} \left(I_1 - I_e * \frac{R_e}{R_L} \right) * \operatorname{Re} \left(I_1 - I_e * \frac{X_e}{X_L} \right) + \operatorname{Im} \left(I_1 - I_e * \frac{R_e}{R_L} \right) * \operatorname{Im} \left(I_1 - I_e * \frac{X_e}{X_L} \right)}$$

$$X_{1e} = \frac{\operatorname{Re} \left(I_1 - I_e * \frac{R_e}{R_L} \right) * \operatorname{Im}(\underline{U}_1) - \operatorname{Im} \left(I_1 - I_e * \frac{R_e}{R_L} \right) * \operatorname{Re}(\underline{U}_1)}{\operatorname{Re} \left(I_1 - I_e * \frac{R_e}{R_L} \right) * \operatorname{Re} \left(I_1 - I_e * \frac{X_e}{X_L} \right) + \operatorname{Im} \left(I_1 - I_e * \frac{R_e}{R_L} \right) * \operatorname{Im} \left(I_1 - I_e * \frac{X_e}{X_L} \right)}$$

$$R_{2e} = \frac{\operatorname{Re} \left(I_2 - I_e * \frac{X_e}{X_L} \right) * \operatorname{Re}(\underline{U}_2) + \operatorname{Im} \left(I_2 - I_e * \frac{X_e}{X_L} \right) * \operatorname{Im}(\underline{U}_2)}{\operatorname{Re} \left(I_2 - I_e * \frac{R_e}{R_L} \right) * \operatorname{Re} \left(I_2 - I_e * \frac{X_e}{X_L} \right) + \operatorname{Im} \left(I_2 - I_e * \frac{R_e}{R_L} \right) * \operatorname{Im} \left(I_2 - I_e * \frac{X_e}{X_L} \right)}$$

$$X_{2e} = \frac{\operatorname{Re} \left(I_2 - I_e * \frac{R_e}{R_L} \right) * \operatorname{Im}(\underline{U}_2) - \operatorname{Im} \left(I_2 - I_e * \frac{R_e}{R_L} \right) * \operatorname{Re}(\underline{U}_2)}{\operatorname{Re} \left(I_2 - I_e * \frac{R_e}{R_L} \right) * \operatorname{Re} \left(I_2 - I_e * \frac{X_e}{X_L} \right) + \operatorname{Im} \left(I_2 - I_e * \frac{R_e}{R_L} \right) * \operatorname{Im} \left(I_2 - I_e * \frac{X_e}{X_L} \right)}$$

$$R_{3e} = \frac{\operatorname{Re} \left(I_3 - I_e * \frac{X_e}{X_L} \right) * \operatorname{Re}(\underline{U}_3) + \operatorname{Im} \left(I_3 - I_e * \frac{X_e}{X_L} \right) * \operatorname{Im}(\underline{U}_3)}{\operatorname{Re} \left(I_3 - I_e * \frac{R_e}{R_L} \right) * \operatorname{Re} \left(I_3 - I_e * \frac{X_e}{X_L} \right) + \operatorname{Im} \left(I_3 - I_e * \frac{R_e}{R_L} \right) * \operatorname{Im} \left(I_3 - I_e * \frac{X_e}{X_L} \right)}$$

$$X_{3e} = \frac{\operatorname{Re}\left(I_3 - I_e * \frac{R_e}{R_L}\right) * \operatorname{Im}(U_3) - \operatorname{Im}\left(I_3 - I_e * \frac{R_e}{R_L}\right) * \operatorname{Re}(U_3)}{\operatorname{Re}\left(I_3 - I_e * \frac{R_e}{R_L}\right) * \operatorname{Re}\left(I_3 - I_e * \frac{X_e}{X_L}\right) + \operatorname{Im}\left(I_3 - I_e * \frac{R_e}{R_L}\right) * \operatorname{Im}\left(I_3 - I_e * \frac{X_e}{X_L}\right)}$$

Die folgenden Beziehungen müssen am Schutzgerät eingestellt werden.

$$\frac{R_e}{R_L} \text{ sowie } \frac{X_e}{X_L}$$

2.3.6 Ermittlung des Zustandes des Distanzschutzgerätes

Der Zustand eines Distanzschutzgerätes kann folgende Werte annehmen:

- nicht angeregt
- angeregt
- ausgelöst

Wegen der Signalübertragungen muss auch ein bereits ausgelöstes Schutzgerät in der zeitlich weiteren Betrachtung des Freischaltvorganges mitberücksichtigt werden.

Zustand nicht angeregt

Ein Distanzschutzgerät ist nicht angeregt, wenn keine der Anregebedingungen erfüllt ist.

Wenn keine Anregebedingungen angegeben sind, muss die registrierte Impedanz des Distanzschutzgerätes außerhalb aller Impedanzflächen liegen, damit dieses Schutzgerät den Zustand **nicht angeregt** erhält.

Zustand angeregt

Ein Distanzschutzgerät ist angeregt, wenn eine der Anregebedingungen erfüllt ist.

Wenn keine Anregebedingungen angegeben sind, muss die registrierte Impedanz des Distanzschutzgerätes innerhalb mindestens einer Impedanzfläche liegen, damit dieses Schutzgerät den Zustand **angeregt** bekommt.

Zustand ausgelöst

Das Schutzgerät (Distanzschutzgerät oder UMZ-Schutzgerät) mit der kleinsten Auslösezeit bekommt in jedem Rechenumlauf den Zustand **ausgelöst**.

Um Rechenungenauigkeiten zu berücksichtigen, wird zur kleinsten Auslösezeit ein Sicherheitszeitintervall addiert.

Es lösen alle Schutzgeräte aus, die innerhalb dieses Zeitintervalls liegen. Beträgt die kleinste Auslösezeit 150 ms und das Sicherheitszeitintervall 0.5 ms, so lösen alle Schutzgeräte mit Auslösezeit kleiner 150.5 ms aus.

2.3.7 Grafische Darstellung

Für die grafische Darstellung der Ergebnisse stehen zwei Diagramme zur Auswahl.

- Doppelt logarithmisches Strom-Zeit-Diagramm
- Lineares R-X Diagramm

Je nach Diagramm können unterschiedliche Einstellungen und Auswertungen einfacher getätigt werden.

Für die Darstellung im doppelt logarithmischen Strom-Zeit-Diagramm müssen aus den Impedanzflächen eines Schutzgerätes Strom-Zeit-Koordinaten berechnet werden.

Diese Koordinaten werden in einer Schleife über alle Impedanzflächen sortiert nach Auslösezeit wie folgt ermittelt:

- Ermittlung der Impedanz im Schnittpunkt der Leitungsgeraden mit der Begrenzungslinie der Impedanzfläche

$$\text{Impedanz} \rightarrow Z_{Sp}$$

- Mit dem aktuellen Strom und der aktuell registrierten Impedanz ergibt sich der Strom für die Impedanz folgendermaßen:

$$I_{Sp} = I_{trip} * \frac{|Z_{trip}|}{|Z_{Sp}|}$$

- Die Auslösezeit der aktuellen Impedanzfläche ist in diesem Fall auch die Zeit t_{Sp} , in der der Strom I_{Sp} auslöst. Ein Koordinatenpaar für das doppelt logarithmische Strom-Zeit-Diagramm ist somit komplett ermittelt.

Diese Strom-Zeit-Koordinaten ergeben eine treppenförmige Darstellung im doppelt logarithmischen Strom-Zeit-Diagramm.

Vorteile bei Darstellung im R-X Diagramm

- Einfache Gegenüberstellung der Flächen
- Impedanz bis zum Fehlerort als Zeiger ersichtlich
- Vergleich mit UMZ Schutzgeräten (Kreis) möglich

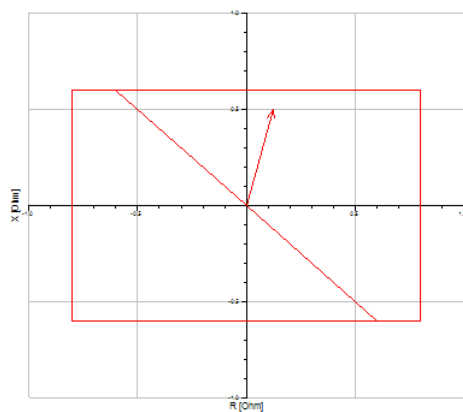


Bild: R-X Diagramm

Vorteile bei Darstellung im doppelt logarithmischen Strom-Zeit-Diagramm

- Einfache Gegenüberstellung zu den Kennlinien der UMZ Schutzgeräte
- Darstellung der Zerstörungsgrenze

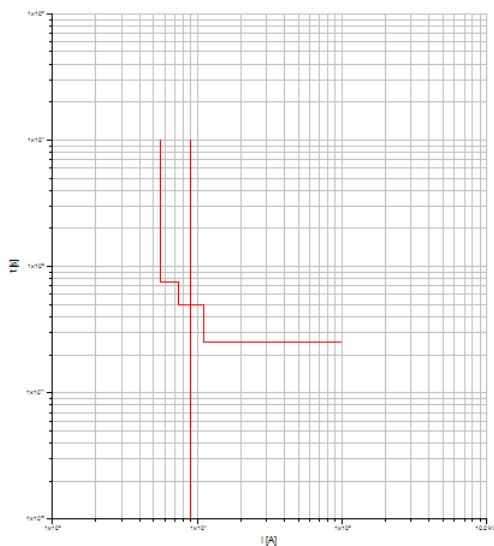


Bild: Doppelt logarithmisches Strom-Zeit Diagramm

2.4 Differentialschutzgeräte

Differentialschutzgeräte werden über eine Auslösezeit und einen Differentialschutzbereich beschrieben. Prinzipiell löst ein Differentialschutzgerät aus, wenn der Fehler im Differentialschutzbereich liegt.

Durch die Angabe eines Differentialschutzbereiches können UMZ und Distanzschutzgeräte ebenfalls zur Abgrenzung eines Differentialschutzbereiches in der Zuverlässigkeitsberechnung verwendet werden. Diese Sonderform erspart das Eingeben von Schutzgeräten. Auf die Schutzsimulation hat dies jedoch keine Auswirkungen.

2.4.1 Anregung bei Differentialschutzgeräten

Bei Differentialschutzgeräten erfolgt eine Anregung, wenn der Fehler im Differentialschutzbereich liegt. Diese Anregung gilt für alle Differentialschutzgeräte des Differentialschutzbereiches.

Da bei allen Differentialschutzgeräten eine Auslösezeit angegeben werden kann, erfolgt automatisch eine Mitnahme in der kleinsten angegebenen Zeit.

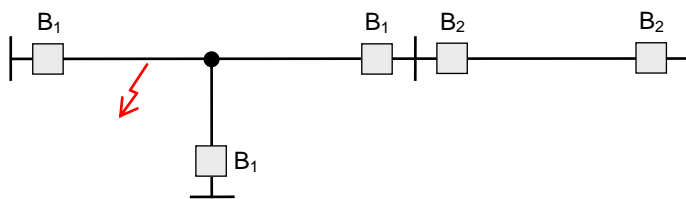


Bild: Netzausschnitt mit Differentialschutzgeräten und Fehler

Da sich der Fehler im Differentialschutzbereich B_1 befindet, erfolgt eine Anregung aller Geräte dieses fehlerbehafteten Bereichs. Auf den benachbarten Differentialschutzbereich B_2 hat der Fehler keine Auswirkung. Es erfolgt keine Anregung aller Geräte des benachbarten Bereichs.

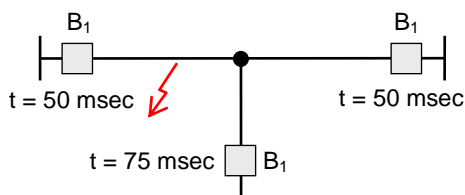


Bild: Netzausschnitt mit Differentialschutzgeräten zugeordneten Auslösezeiten

Durch die automatische Mitnahme erfolgt die Auslösung aller Differentialschutzgeräte des Bereiches B_1 bei 50 Millisekunden.

2.4.2 Differentialschutzbereiche

Für die Abgrenzung eines Schutzbereiches sind die Topologie des Schutzgerätes und die Differentialschutzgruppe notwendig. Je nach Angabe ergeben sich folgende Schutzbereiche.

Knoten- bzw. Sammelschienendifferentialschutz

Hierzu müssen alle Differentialschutzgeräte einer Differentialschutzgruppe den gleichen Einbauknoten haben. In PSS SINCAL ist es jedoch nicht notwendig, an allen Anschlüssen des Knotens bzw. der Sammelschiene ein Schutzgerät zu setzen. Es genügt ein einziges, um diese Art des Schutzbereiches zu definieren.

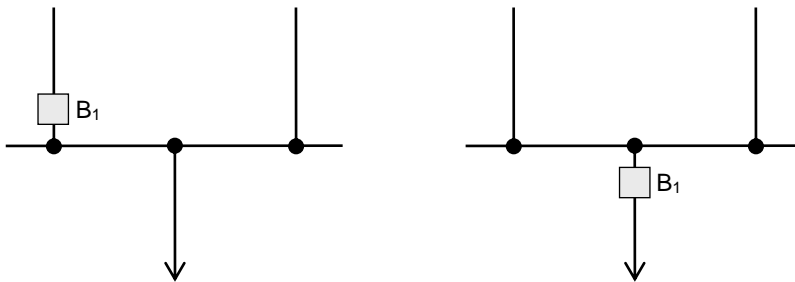


Bild: Sammelschienen-Differentialschutz mit einem Schutzgerät

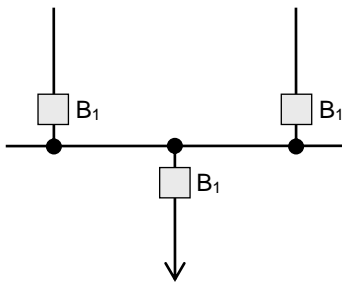


Bild: Sammelschienen-Differentialschutz mit mehreren Schutzgeräten

Elementdifferentialschutz

Hierzu müssen alle Differentialschutzgeräte einer Differentialschutzgruppe auf dem gleichen Netzelement platziert sein.

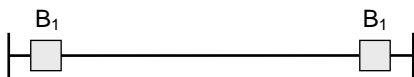


Bild: Elementdifferentialschutz auf einer Leitung

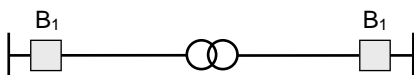


Bild: Elementdifferentialschutz auf einem Transformator

Netzbereichdifferentialschutz

Hierzu müssen die Differentialschutzgeräte einer Differentialschutzgruppe einen Netzbereich komplett umschließen. Sie sind an verschiedenen Elementen in verschiedenen Knoten platziert.

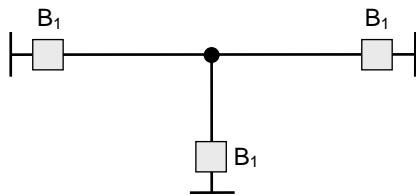


Bild: Netzbereichdifferentialschutz auf Leitungen

2.5 Spannungsschutz

Der Spannungsschutz übernimmt die Aufgabe, Netzelemente sowohl vor einem Spannungseinbruch als auch vor einem Spannungsanstieg zu schützen. Beide Betriebszustände sind im elektrischen Netz nicht gewünscht und führen unter anderem zu höheren Strömen, Isolations- und Stabilitätsproblemen.

Beispiel für Anwendungsgebiete

- Moderne elektronisch gesteuerte Netzelemente wie z.B. PV Anlagen:
PV Anlagen speisen im Normalbetrieb und im Kurzschlussfall fast den gleich großen Strom ins Netz. Eine Abschaltung solcher Netzelemente auf Grund des Stromes ist daher nicht mehr möglich. Es verbleibt somit nur die Abschaltung auf Grund der Spannung am Knoten.
- Überwachung von langen schwach belasteten Leitungen:
Hier steigt auf Grund der Kapazität gegen Erde die Spannung am Ende der Leitung an.

2.5.1 Unterspannungsschutz

Für den Unterspannungsschutz stehen zwei Auslösestufen zur Verfügung. Je Stufe sind die Spannungsgrenze und die dazugehörige Auslösezeit anzugeben. Für beide Stufen muss die Messart festgelegt werden. Hier stehen folgende Werte zur Auswahl:

- Leiter-Leiter:
Die Überwachung der Spannung erfolgt für alle drei Leiter-Leiter Spannungen. Für die Auslösung reicht die Verletzung der Spannungsgrenze einer Leiter-Leiter Spannung.
- Leiter-Erde:
Die Überwachung der Spannung erfolgt für alle drei Leiter-Erde Spannungen. Für die Auslösung reicht die Verletzung der Spannungsgrenze einer Leiter-Erde Spannung.
- Mitsystem:
Die Mitsystemspannung wird aus den drei Leiter-Erde Spannungen bestimmt.

$$\underline{U}_M = \frac{1}{3} * (\underline{U}_1 + \underline{U}_2 * a + \underline{U}_3 * a^2)$$

- Gegensystem:
Die Gegensystemspannung wird aus den drei Leiter-Erde Spannungen bestimmt.

$$\underline{U}_G = \frac{1}{3} * (\underline{U}_1 + \underline{U}_2 * a^2 + \underline{U}_3 * a)$$

- Erde:
Die Erdespannung wird aus den drei Leiter-Erde Spannungen bestimmt.

$$\underline{U}_E = \underline{U}_1 + \underline{U}_2 + \underline{U}_3$$

Sobald die Spannungsgrenze unterschritten ist, erfolgt eine Auslösung des Schutzes in der angegebenen Zeit.

2.5.2 Überspannungsschutz

Für den Überspannungsschutz stehen zwei Auslösestufen zur Verfügung. Je Stufe sind die Spannungsgrenze und die dazugehörige Auslösezeit anzugeben. Für beide Stufen muss die Messart festgelegt werden. Hier stehen folgende Werte zur Auswahl:

- Leiter-Leiter:
Die Überwachung der Spannung erfolgt für alle drei Leiter-Leiter Spannungen. Für die Auslösung reicht die Verletzung der Spannungsgrenze einer Leiter-Leiter Spannung.
- Leiter-Erde:
Die Überwachung der Spannung erfolgt für alle drei Leiter-Erde Spannungen. Für die Auslösung reicht die Verletzung der Spannungsgrenze einer Leiter-Erde Spannung.
- Mitsystem:
Die Mitsystemspannung wird aus den drei Leiter-Erde Spannungen bestimmt.

$$\underline{U}_M = \frac{1}{3} * (\underline{U}_1 + \underline{U}_2 * a + \underline{U}_3 * a^2)$$

- Gegensystem:
Die Gegensystemspannung wird aus den drei Leiter-Erde Spannungen bestimmt.

$$\underline{U}_G = \frac{1}{3} * (\underline{U}_1 + \underline{U}_2 * a^2 + \underline{U}_3 * a)$$

- Erde:
Die Erdespannung wird aus den drei Leiter-Erde Spannungen bestimmt.

$$\underline{U}_E = \underline{U}_1 + \underline{U}_2 + \underline{U}_3$$

Sobald die Spannungsgrenze überschritten ist, erfolgt eine Auslösung des Schutzes in der angegebenen Zeit.

2.6 Signalübertragungen

UMZ und Distanzschutzgeräte sind in der Realität über Signalleitungen miteinander verbunden. Die Anregung eines jeden Schutzgerätes kann somit über Signale von anderen Schutzgeräten verhindert werden.

Die Verriegelung kann dadurch in beliebiger Form zwischen Schutzgeräten erfolgen.

- UMZ Schutzgerät gegen UMZ Schutzgerät
- UMZ Schutzgerät gegen Distanzschutzgerät
- Distanzschutzgerät gegen UMZ Schutzgerät
- Distanzschutzgerät gegen Distanzschutzgerät

Die Anzahl der Signale ist dabei ebenfalls unbeschränkt. Für die Verriegelung stehen folgende Arten von Signalen zur Verfügung.

- Aktiv: Signal bei Zustand angeregt
- Deaktiv: Signal bei Zustand deaktiv

Eine Verriegelung tritt auf, sobald ein Signal die Anregung verhindert. Eine Verriegelung wird durch folgende Angaben definiert.

Signalempfangendes Schutzgerät (Schutzgerät 1)

- Schutzgerät Schlüssel 1
- Stufenname für Bedingungen
- Auslösung der zu verriegelnden Stufe (Phase oder Erde)

Signalgebendes Schutzgerät (Schutzgerät 2)

- Schutzgerät Schlüssel 2
- Stufenbezeichnung
- Auslösung für Bedingung (Phase oder Erde)
- Signalart

Zu beachten ist hierbei, dass nur die Anregung der jeweiligen Einheit/Fläche verhindert wird.

2.6.1 Signale bei UMZ Schutzgeräten

Jedem UMZ Schutzgerät ist für Phasen- und Erdeinstellung jeder Auslöseeinheit ein Signal (angeregt/deaktiv) zugeordnet. Für die Signalübertragung ist eine Auslöseeinheit bei einem UMZ-Schutzgerät wie eine Stufe bei einem Distanzschutzgerät zu betrachten. Als Auslöseeinheit stehen

- Kennlinienauslösung
- 1. Schnellauslösung
- 2. Schnellauslösung
- 3. Schnellauslösung

zur Verfügung.

Bei UMZ Schutzgeräten ist zu beachten, dass immer alle Auslöseeinheiten ein Signal liefern. Es ist folgendes festgelegt:

- Die aktuelle Auslöseeinheit (Phase und Erde) liefert das Signal ANGEREGT
- Einheiten mit kleinerer Auslösezeit (Reserveschutz für Phase und Erde) liefern ebenfalls das Signal ANGEREGT.
- Einheiten mit höherer Auslösezeit bzw. nicht aktive Einheiten liefern das Signal DEAKTIV

Für ein UMZ Schutzgerät mit Kennlinienauslösung und zweiter Schnellauslösung AKTIV ergeben sich somit bei zweiter Schnellauslösung als aktive Auslöseeinheit folgende Signale

- Kennlinienauslösung: ANGEREGT
- Erste Schnellauslösung: DEAKTIV
- Zweite Schnellauslösung: ANGEREGT
- Dritte Schnellauslösung: DEAKTIV

Achtung: UMZ Schutzgeräte, die in einer Zeitstufe auslösen, führen in den nachfolgenden Zeitstufen keinen Strom. Alle Auslöseeinheiten von ausgelösten UMZ Schutzgeräten liefern daher in den nachfolgenden Zeitstufen immer das Signal DEAKTIV.

2.6.2 Signale bei Distanzschutzgeräten

Jedem Distanzschutzgerät ist für Phasen- und Erdeinstellung jeder Auslösefläche ein Signal (angeregt/deaktiv) zugeordnet. Als Stufen stehen

- 1. Stufe
- 2. Stufe
- 3. Stufe
- Anregung (Impedanzanregung – Anregefläche)
- Siemens Flächen:
Identifikation erfolgt über Flächenname
- Frei definierbare Flächen:
Identifikation erfolgt über Flächenname

zur Verfügung.

Die Entscheidung, welche Auslösefläche welches Signal liefert, ist durch die Auslösefläche und die vom Schutzgerät registrierte Impedanz festgelegt. Die Entscheidung erfolgt bei **angeregten** Schutzgeräten nach folgenden Kriterien:

- Registrierte Impedanz innerhalb der Auslösefläche und Richtungsentscheid gültig: ANGEREGT
- Registrierte Impedanz innerhalb der Auslösefläche und Richtungsentscheid ungültig: DEAKTIV
- Registrierte Impedanz außerhalb der Auslösefläche: DEAKTIV

Bei **nicht angeregten** Schutzgeräten erhalten alle Auslöseflächen das Signal DEAKTIV.

Achtung: Distanzschutzgeräte, die in einer Zeitstufe auslösen, führen in den nachfolgenden Zeitstufen keinen Strom und registrieren daher auch keine Impedanz. Alle Auslöseflächen von ausgelösten Distanzschutzgeräten liefern daher in den nachfolgenden Zeitstufen immer das Signal DEAKTIV!

2.6.3 Beispiel für signalverriegelte Auslösung

Die Signalübertragung wird vorzugsweise für eine bedingte Auslösung bei Fehler auf der ersten zu schützenden Leitung verwendet. Aus Vereinfachung wird in diesem Beispiel eine rein ohmsche Leitung mit einem Widerstand von 3 Ohm betrachtet.

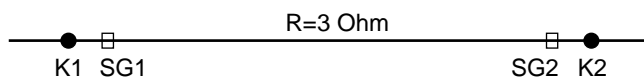


Bild: Leitung mit Schutzgeräten

Die einzelnen Impedanzflächen registrieren unterschiedlich weit in die Leitung hinein. In diesem Beispiel gilt für beide Schutzgeräte:

$$R_1 = 2 \text{ Ohm}$$

$$R_{1B} = 3,05 \text{ Ohm}$$

$$R_2 = 4 \text{ Ohm}$$

Der Fehler tritt in einer Entfernung von 2,5 Ohm auf. Das Signal für die bedingte Auslösestufe R_{1B} , t_{1B} ist jeweils die Auslösestufe R_1 , t_1 des gegenüberliegenden Schutzgerätes.

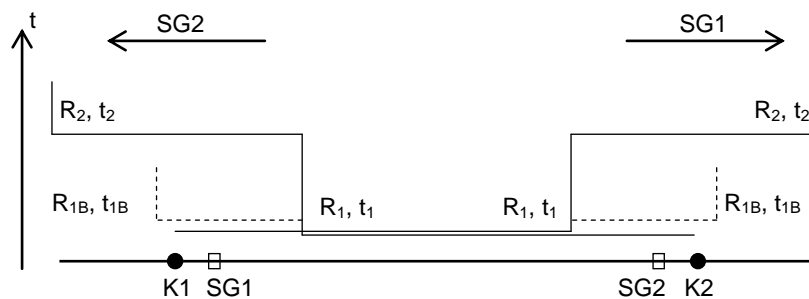


Bild: Reichweite der Auslöseflächen

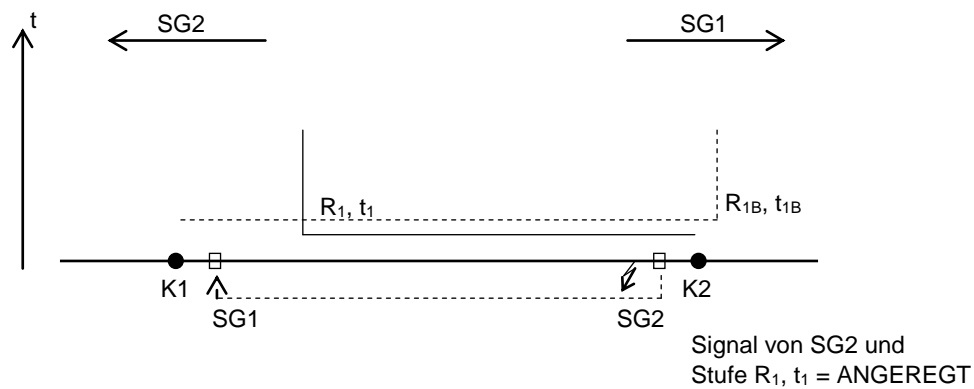


Bild: Signalverhalten

Freischaltzeit des Fehlers: t_{1B}

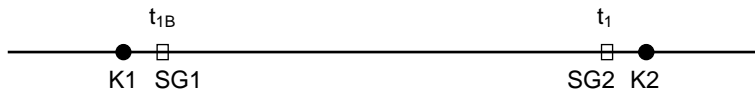


Bild: Schutzgeräte mit Auslösezeiten

Die Schaltereigenzeit muss in unserem Beispiel unbedingt größer als

$$\Delta t = t_{1B} - t_1$$

sein!

2.7 Ermittlung der Abschalt- und Wartezeit eines Schutzgerätes

Die Abschaltzeit eines Schutzgerätes wird unabhängig von der Art des Schutzgerätes berechnet. Für die Berechnung sind folgende Zeitabschnitte zu betrachten:

Wartezeit

Zeit vom Fehlereintritt, bis Schutzgerät den Zustand **angeregt** erlangt.

Fiktive Wartezeit

Rechentechnische Wartezeit auf Grund von Besonderheiten des Algorithmus zur Ermittlung der Abschalt- und Wartezeit eines Schutzgerätes.

Aktuelle Abschaltzeit

Aus aktuellen Strömen und Spannungen ermittelte Abschaltzeit des Schutzgerätes.

Bisherige Freischaltzeit

Freischaltzeit des letzten Rechenumlaufes.

Aktuelle Freischaltzeit

Freischaltzeit des jetzigen Rechenumlaufes.

2.7.1 Schleife für Ermittlung

Die Ermittlung erfolgt in einer Schleife über:

Auslösebedingungen Phasenfehler

- Werte Phase 1
- Werte Phase 2
- Werte Phase 3

Auslösebedingungen Erdfehler

- Werte Phase 1
- Werte Phase 2
- Werte Phase 3

Die aktuelle Abschaltzeit wird nach folgendem Prinzip berechnet:

- Ermittlung der aktuellen Abschaltzeit aus Einstellbereichen und Phasen
- Ändert sich bei UMZ Schutzgeräten der Auslösebereich (Kennlinienauslösung, 1. Schnellauslösung, ...)
Alten Zustand des Schutzgerätes auf **nicht angeregt** setzen
- Ist alter Zustand **nicht angeregt**
Wartezeit auf bisherige Freischaltzeit setzen
- Ist alter Zustand **angeregt**
Ist die Auslösezeit kleiner als die bisherige Freischaltzeit
Sofortiges Abschalten bei elektronischem Schutzgerät
Verzögertes Abschalten bei konventionellen Schutzgerät
- Berechnung der aktuellen Abschaltzeit
Addition von Wartezeit, aktueller Abschaltzeit und fiktiver Wartezeit
- Vergleich mit der aktuellen Freischaltzeit des Schutzgerätes aus den bisher behandelten Einstellbereichen und betrachteten Phasen
Setzen der kleinsten Zeit je Schutzgerät

Durch diesen Algorithmus kann sich bei **sofortigem Abschalten** und bei **verzögertem Abschalten** folgende Besonderheit ergeben:

Die aktuelle Freischaltzeit wird **kleiner** als die bisherige Freischaltzeit. Da dies jedoch nicht möglich ist, muss in diesem Fall dem Schutzgerät eine fiktive Wartezeit zugeordnet werden.

Sofortiges Abschalten

Die fiktive Wartezeit ergibt sich aus bisheriger Freischaltzeit minus aktueller Abschaltzeit des Schutzgerätes.

Verzögertes Abschalten

Die fiktive Wartezeit muss die thermischen Auswirkungen des neuen Stroms über das Schutzgerät berücksichtigen. Hierbei müssen folgende 2 Fälle unterschieden werden:

- **Aktuelle Abschaltzeit von 1000.0 auf 0.3 Sekunden:**
Die 0.3 Sekunden müssen praktisch zur Gänze ablaufen, bis das Schutzgerät auslöst.
- **Aktuelle Abschaltzeit von 0.7 auf 0.3 Sekunden:**
Die aktuelle Abschaltzeit liegt zwischen 0.3 und 0.7 Sekunden.

Wie aus diesen beiden Fällen ersichtlich ist, müssen im Algorithmus für verzögertes Abschalten sowohl die bisherige Zeit als auch der bisherige Strom berücksichtigt werden.

2.7.2 Ermittlung der Freischaltzeit des Fehlers

Die Freischaltzeit eines Fehlers wird nach folgendem Prinzip ermittelt:

- Gleichsetzen mit der kleinsten Abschaltzeit aller Schutzgeräte aus dem aktuellen Rechenumlauf

Die Schutzsimulation wird automatisch beendet, falls

- kein Schutzgerät mehr angeregt ist
- der Strom an der Fehlerstelle gleich Null ist

2.7.3 Schutzgeräteauslösung für Einstellung Phasenfehler

Für die Phasenfehlerauslösung werden alle Ströme aller Phasen für die Erfüllung der Auslösebedingungen herangezogen. Die Ströme in den drei Phasen müssen dabei nicht gleich groß sein.

Für die Erfüllung der Phasenauslösebedingungen wird der Strom jeder Phase getrennt betrachtet.

Die Auslösebedingungen für den Phasenfehler werden unabhängig vom tatsächlichen Fehler im Netz immer überprüft.

2.7.4 Schutzgeräteauslösung für Einstellung Erdfehler

Die Erdauslösung spricht nur an, wenn sich ein Erdstrom ungleich Null direkt am Schutzgerät ergibt. Der Erdstrom ermittelt sich aus

$$I_e = I_1 + I_2 + I_3$$

Der Strom über das Schutzgerät ist dabei in allen drei Phasen unterschiedlich. Für die Erfüllung der Erdauslösebedingungen wird der Strom jeder Phase getrennt betrachtet.

Da die Ströme bei einem Erdfehler jedoch auch durch die Phasenfehlererkennung fließen, kann das Schutzgerät durch die Phasen- oder Erdauslösekennlinie angeregt werden.

Für das Anregungsverhalten wird daher der Minimalwert aus folgenden Anregemöglichkeiten genommen:

- Strom/Spannung Phase 1 und Einstellwerte Erdfehler
- Strom/Spannung Phase 2 und Einstellwerte Erdfehler
- Strom/Spannung Phase 3 und Einstellwerte Erdfehler
- Strom/Spannung Phase 1 – Phase 2 und Einstellwerte Phasenfehler
- Strom/Spannung Phase 2 – Phase 3 und Einstellwerte Phasenfehler
- Strom/Spannung Phase 3 – Phase 1 und Einstellwerte Phasenfehler

2.7.5 Schutzgeräteauslösung für Laststrom

Der Laststrom, der über das Schutzgerät fließt, darf das Schutzgerät für die Phasenfehlerauslösung nicht anregen.

In der Lastflussberechnung werden nur der Strom und die Spannung in Phase 1 ermittelt. Die Ströme und Spannungen in den Phasen 2 und 3 ergeben sich durch Drehung um 120 bzw. – 120 Grad.

2.8 Hinweise und Warnungen

Durch die Art und Weise der Ermittlung der Ströme, Zeiten und des Schaltzustandes ist folgendes zu beachten:

- Ein Schutzgerät schaltet immer alle 3 Phasen gleichzeitig ab.
- Der Kurzschlussstrom (1- oder 3-polig) wird immer als maximaler Kurzschlussstrom ermittelt. Wenn der Kurzschluss nicht im Nulldurchgang erfolgt, ist der tatsächliche Strom kleiner. Die Abschaltzeit wird dadurch größer. Wenn die Zerstörungskennlinie des Netzelementes die Auslösekennlinie schneidet, kann dies zu einer thermischen Zerstörung führen. Die Auslösereihenfolge kann sich dadurch ebenfalls ändern.
- Durch das Neusetzen der Abschaltzeit, falls sie größer als die bisherige Freischaltzeit ist, wird bei bereits angeregten Schutzgeräten nicht das komplette thermische Äquivalent bis zur Abschaltung erreicht. Dies kann zur thermischen Zerstörung des Netzelementes führen. Die Auslösereihenfolge kann sich dadurch ebenfalls ändern.
- Wenn das Sicherheitszeitintervall größer als die Schaltereigenzeit eingegeben wird, ergibt sich für den Zeitraum von Schaltereigenzeit bis Sicherheitszeitintervall im Netz bereits eine andere Stromverteilung. Die Auslösereihenfolge kann sich dadurch ändern.

3. Schutzstrecken

Mit diesem Simulationsverfahren werden anhand des Netzes und der eingebauten Schutzgeräte verschiedenste Diagramme generiert, welche zur Überprüfung der Korrektheit der Schutzeinstellung verwendet werden können.

Sollen nur bestimmte Strecken im Netz als Diagramm erzeugt werden, so sind die Elemente dieser Strecke als Netzelementgruppe mit Gruppenart Schutzstrecke zu hinterlegen.

Bei den Diagrammen ist generell zu beachten, dass diese nur für jene Schutzgeräte generiert werden, bei denen die Ausgabe im Staffeldiagramm aktiviert ist (siehe Handbuch Eingabedaten, Kapitel Datenbeschreibung, Abschnitt Einbauort des Schutzgerätes).

Folgende Diagramme sind verfügbar:

- [Auslöseverhalten](#)
- [Impedanzverhältnis \(Z\)](#)
- [Reaktanzverhältnis \(X\)](#)
- [Impedanz und Auslöseflächen](#)

Auslöseverhalten

Dieses Diagramm stellt das zeitliche Auslöseverhalten der Schutzgeräte in Abhängigkeit von der registrierten Impedanz dar.

Für jedes zur Schutzgerät wird pro Schutzstrecke ein Diagramm generiert. Dieses Diagramm enthält auch jene Schutzgeräte, die sich auf der dargestellten Schutzstrecke befinden. Somit kann relativ einfach die korrekte Einstellung der Staffelung (Selektivität) und der Auslösezeiten überprüft werden.

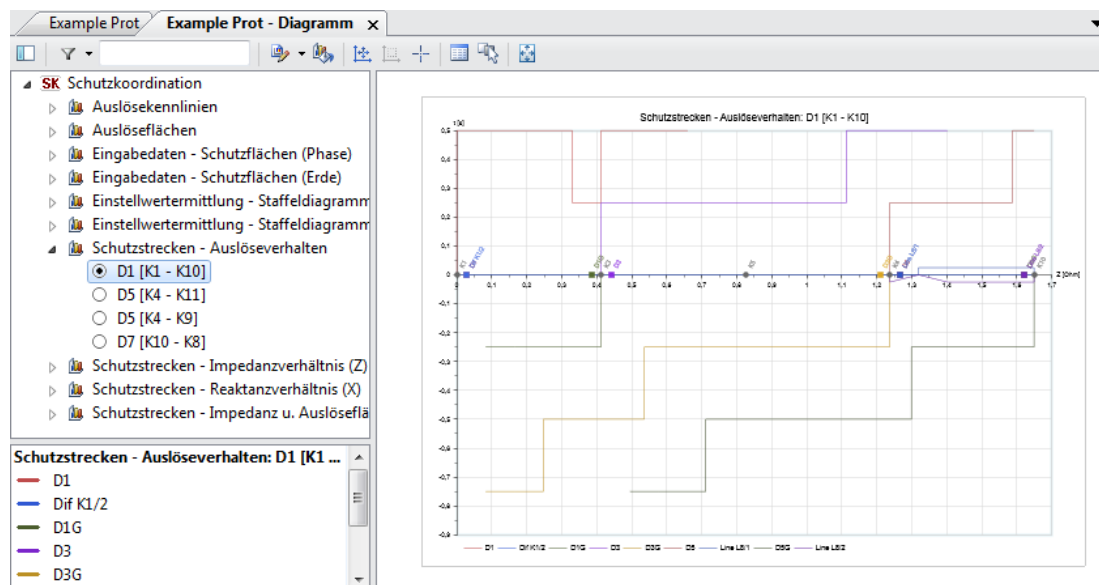


Bild: Diagramm Schutzstrecken – Auslöseverhalten

Impedanzverhältnis (Z)

In diesem Diagramm wird die vom Schutzgerät registrierte Impedanz über dem Impedanzbelag der Schutzstrecke dargestellt. Die Auslösestufen des Schutzgerätes werden in Form von horizontalen Linien ins Diagramm eingezeichnet.

Für jedes Schutzgerät wird pro Schutzstrecke ein Diagramm generiert.

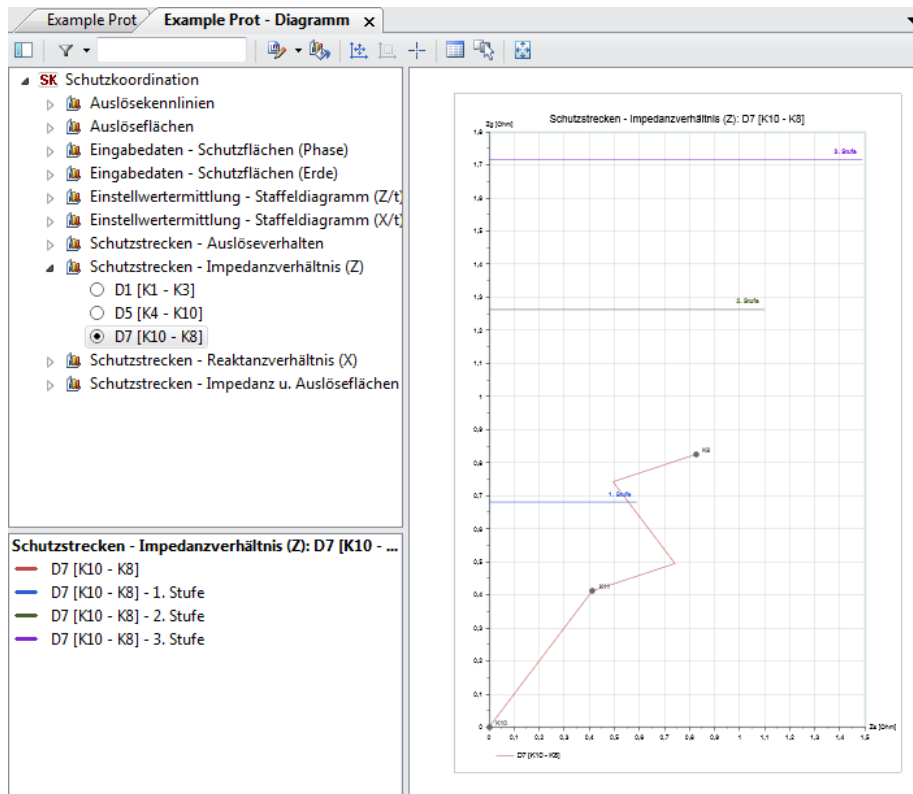


Bild: Diagramm Schutzstrecken – Impedanzverhältnis

Reaktanzverhältnis (X)

In diesem Diagramm wird die vom Schutzgerät registrierte Reaktanz über der Reaktanz der Schutzstrecke dargestellt. Die Auslösestufen des Schutzgerätes werden in Form von horizontalen Linien ins Diagramm eingezeichnet.

Für jedes Schutzgerät wird pro Schutzstrecke ein Diagramm generiert.

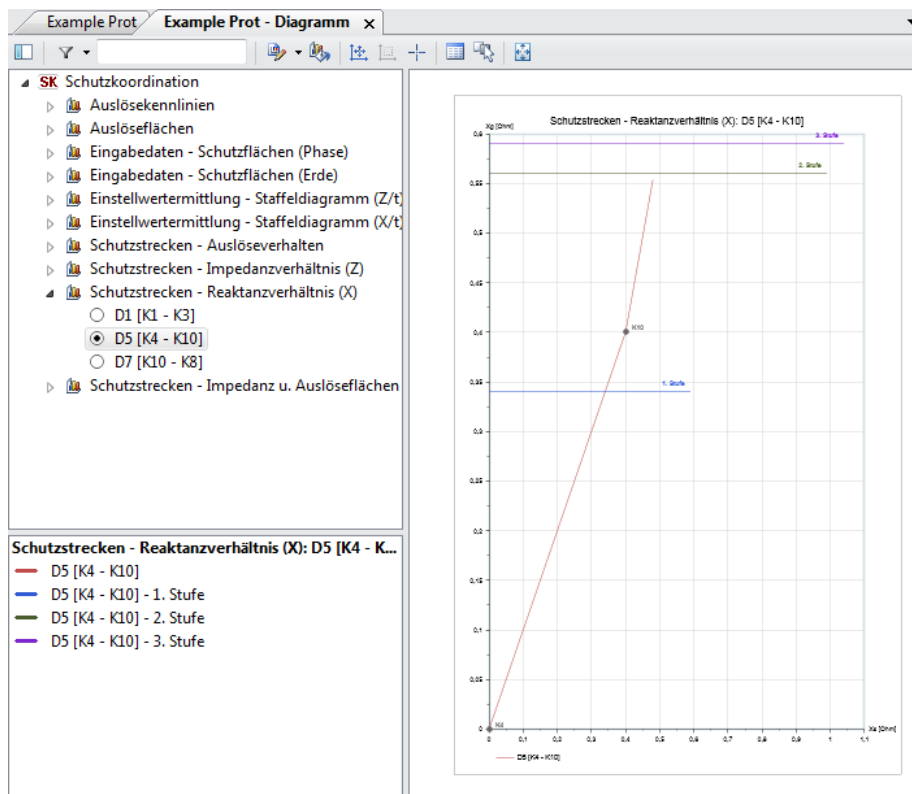


Bild: Diagramm Schutzstrecken – Reaktanzverhältnis

Impedanz und Auslöseflächen

In diesem Diagramm werden die Impedanzflächen des Schutzgerätes dargestellt. Weiters wird die Schutzstrecke anhand der vom Schutzgerät registrierten Impedanzen (in den jeweiligen Knoten) visualisiert.

Für jedes Schutzgerät wird pro Schutzstrecke ein Diagramm generiert.

Schutzstrecken

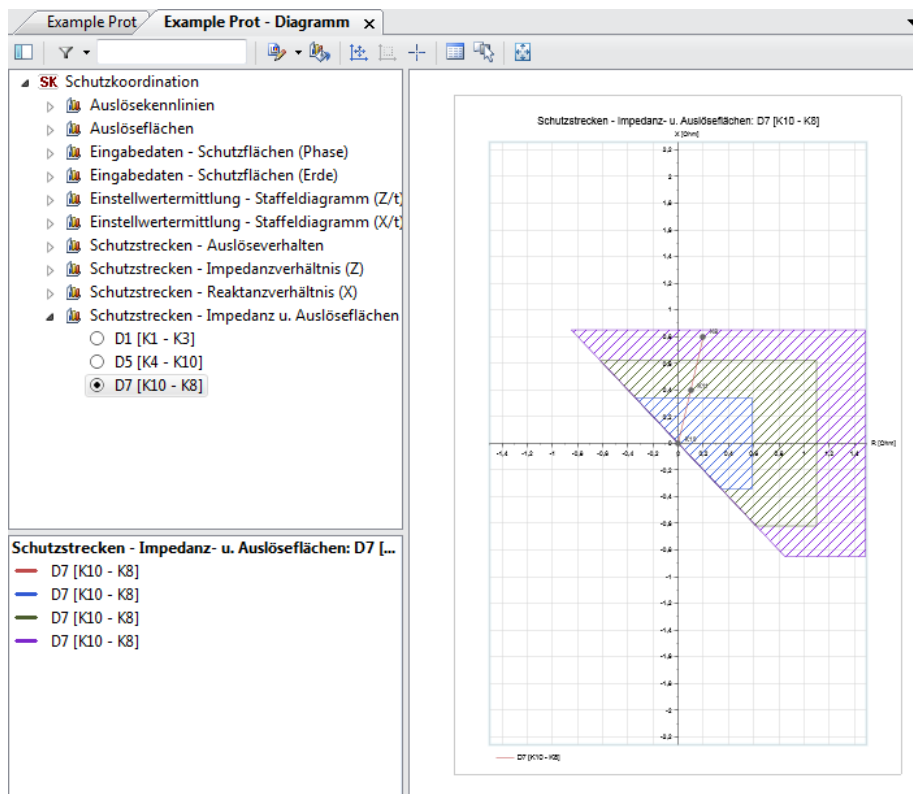


Bild: Diagramm Schutzstrecken – Impedanz u. Auslöseflächen

4. Schutzgeräteeinstellwerte

Mit diesem Simulationsverfahren können die Einstellwerte für Distanzschutzgeräte bestimmt werden. Anhand der im Netz eingebauten Schutzgerätetypen und deren Staffelfaktoren werden die tatsächlich am Schutzgerät einzustellenden Werte berechnet.

Zusätzlich zu den Einstellwerten werden von diesem Simulationsverfahren auch Diagramme in Form von Staffelplänen generiert. Die laufende Erweiterung großer Hoch- und Mittelspannungsnetze erfordert einen hohen Aufwand, um die Staffelpläne auf dem aktuellen Stand zu halten. Die Berechnung der 2. und 3. Staffelstufen in vermaschten Netzen ist mit Handrechnung sehr aufwendig und nur annähernd möglich, kann aber mit dem PSS SINCAL Simulationsverfahren exakt berechnet werden.

Prinzipieller Rechnungsablauf Schutzgeräteeinstellwerte

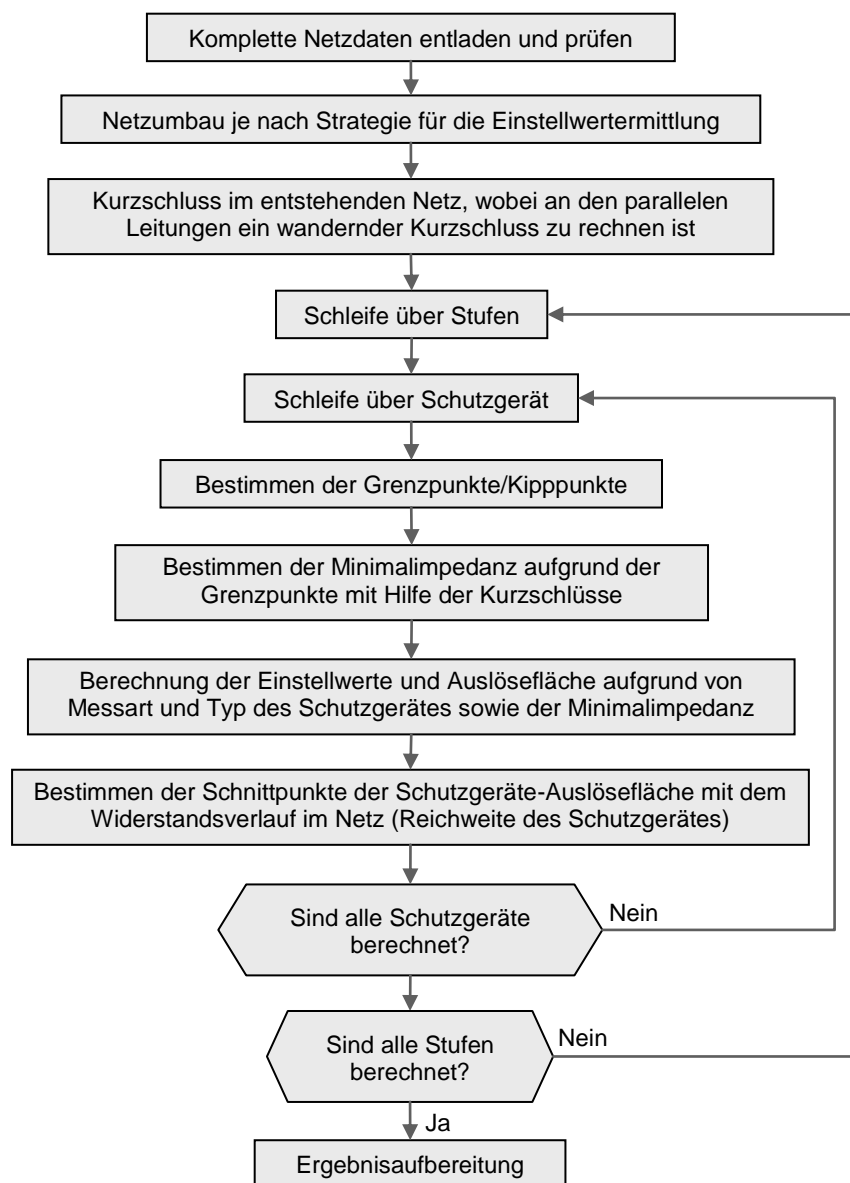


Bild: Ablaufdiagramm

4.1 Unterstützte Schutzgerätetypen

Moderne Distanzschutzgeräte sind eigentlich vollständige "Rechner", die anhand von internen Programmen, gemessenen Strom- und Spannungswerten und entsprechenden Einstellwerten im Fehlerfall zu einer Abschaltung führen.

Die Funktionen der Schutzgeräte sind so komplex, dass eine weitgehend korrekte Beschreibung nur durch programmtechnische Nachbildung möglich ist.

In der PSS SINCAL Schutzkoordination ist ein spezielles Modul integriert, welches unterschiedlichste Distanzschutzgeräte verschiedener Hersteller nachbildet. Das Modul ist so gestaltet, dass ohne großen Aufwand weitere Distanzschutzgeräte hinzugefügt werden können.

Derzeit werden folgende Schutzgerätetypen unterstützt:

Typ	Funktionsgruppe	Hersteller
Allgemein	Allgemein	
7SA500	7SA	SIEMENS
7SA501	7SA	SIEMENS
7SA502	7SA	SIEMENS
7SA510	7SA	SIEMENS
7SA511	7SA	SIEMENS
7SA513	7SA	SIEMENS
7SA522	7SA	SIEMENS
7SA610	7SA	SIEMENS
7SA611	7SA	SIEMENS
7SA612	7SA	SIEMENS
7SA631	7SA	SIEMENS
7SA632	7SA	SIEMENS
7SA64	7SA	SIEMENS
7SA84	7SA	SIEMENS
7SA86	7SA	SIEMENS
7SA87	7SA	SIEMENS
7SL13	7SL	SIEMENS
7SL17	7SL	SIEMENS
7SL24	7SL	SIEMENS
7SL70	7SL	SIEMENS
7SL73	7SL	SIEMENS
EPAC3100	PD5	ALSTOM
EPAC3400	PD5	ALSTOM
EPAC3500	PD5	ALSTOM
EPAC3600	PD5	ALSTOM
EPAC3700	PD5	ALSTOM
LZ91	LZ9	ABB
LZ92	LZ9	ABB
PD531	PD5	ALSTOM
PD532	PD5	ALSTOM
PD551	PD5	ALSTOM
PD552	PD5	ALSTOM
R1KZ4	R1KZ	SIEMENS
R1KZ4A	R1KZ	SIEMENS
R1KZ7	R1KZ7	SIEMENS

Schutzgeräteeinstellwerte

R1KZ7G	R1KZ7	SIEMENS
R1Z23B	R1Z25	SIEMENS
R1Z25	R1Z25	SIEMENS
R1Z25A	R1Z25	SIEMENS
R1Z27	R1Z27	SIEMENS
RD10	SD1	EAW Relaistechnik GmbH
REL316	PD5	ABB
REL521	PD5	ABB
REL561	PD5	ABB
RK4	R1KZ	SIEMENS
RK4A	R1KZ	SIEMENS
SD124	SD1	AEG
SD135	SD3	AEG
SD135A	SD3	AEG
SD14	SD1	AEG
SD14A	SD1	AEG
SD14B	SD1	AEG
SD34A	SD34	AEG
SD35	SD3	AEG
SD35A	SD3	AEG
SD35C	SD3	AEG
SD36	SD36	AEG
SEL311A	SEL	Schweitzer Laboratories
SEL311B	SEL	Schweitzer Laboratories
SEL311C1	SEL	Schweitzer Laboratories
SEL311C2	SEL	Schweitzer Laboratories
SEL311C3	SEL	Schweitzer Laboratories
SEL321	SEL	Schweitzer Laboratories

Die ca. 50 verschiedenen Schutzgerätetypen können aufgrund ähnlicher Funktionsweise in 10 verschiedene Gruppen gegliedert werden. Die Nachbildung aller Schutzgeräte in einer Gruppe ist – bis auf Implementierungsdetails – weitgehend identisch.

4.1.1 Funktionsweise von Distanzschutzgeräten

Alle Distanzschutzgeräte arbeiten nach der gleichen Funktionsweise. Sie ermitteln aus Strom und Spannung die Impedanzen aller Impedanzschleifen (Leiter – Leiter und Leiter – Erde) im Drehstromnetz.

Danach wird überprüft, ob die registrierte Schleifenimpedanz innerhalb einer oder mehrerer vorgegebener Impedanzflächen liegt. Jeder Impedanzfläche ist eine konstante Auslösezeit zugeordnet. Durch die konstante Zeit je Stufe kommt es zu einer sprunghaftigen Änderung der Auslösezeit (Stufen), wenn die registrierten Schleifenimpedanzen in unterschiedlichen Flächen liegen.

Mit Hilfe der Einstellwerte am Schutzgerät kann diese Impedanzfläche parametrisiert und somit auf das aktuelle Netz eingestellt werden. Die Grundlage für die Impedanzfläche ist je nach Schutzgerätetyp ein Kreis oder ein Impedanzpolygon.

Alle Einstellwerte sind sekundäre Werte am Schutzgerät. Die primären Werte werden aus dem Faktor des Stromwandlers

$$\ddot{u}_{\text{str}} = \frac{I_{\text{pri}}}{I_{\text{sec}}},$$

dem Faktor des Spannungswandlers

$$\ddot{u}_{\text{spg}} = \frac{U_{\text{pri}}}{U_{\text{sec}}}$$

und aus den Einstellwerten berechnet.

Nachfolgend sind alle in PSS SINCAL vordefinierten Schutzgerätetypen mit den für PSS SINCAL relevanten Parametern beschrieben. Wenn Schutzgerätetypen zusammengefasst sind, so unterscheiden sie sich hinsichtlich der in PSS SINCAL verwendeten Parameter nicht.

4.1.2 Kreisförmige Auslöseflächen

Für die Definition eines Kreises mit dem Mittelpunkt im Koordinatenursprung genügt die Angabe des Radius. Weitere Angaben können den Mittelpunkt des Kreises entlang der positiven Widerstandsachse verschieben. Je nach Position des Mittelpunktes erhält der Kreis folgende Bezeichnungen:

- **Impedanzkreis:**
Der Mittelpunkt liegt im Koordinatenursprung.
- **Mischimpedanzkreis:**
Der Mittelpunkt liegt zwischen Koordinatenursprung und positiver Radiusangabe. Der Kreis schneidet die Reaktanzachse der Impedanzfläche.
- **Konduktanzkreis:**
Der Kreismittelpunkt liegt genau auf der positiven Radiusangabe. Die Reaktanzachse ist daher nur mehr eine Tangente des Kreises.

Diese Art der Schutzgeräte wird technisch unter dem Begriff analoger Schutz geführt. Die Schutzgeräte sind komplizierte mechanisch aufgebaute Messwerke.

4.1.3 Polygonförmige Auslöseflächen

Die einfachste Form des Impedanzpolygons ist ein Rechteck. Für die Definition genügt die Angabe eines Wertes für Widerstand und Reaktanz im ersten Quadranten. Die Fläche wird danach symmetrisch zur Widerstands- und symmetrisch zur Reaktanzachse aufgebaut. Durch Angabe eines Winkels kann aus dem Rechteck eine Raute entstehen.

Im Unterschied zu der kreisförmigen Fläche gibt es keine speziellen Bezeichnungen für die beiden unterschiedlichen Flächenformen:

- Rechteckiges **Impedanzpolygon**
- Rauteförmiges **Impedanzpolygon**

Diese Art der Schutzgeräte wird technisch unter dem Begriff digitaler Schutz geführt. Die Schutzgeräte sind ähnlich modernen PCs.

Digitale Schutzgeräte sind in Anschaffung und Wartung mittlerweile deutlich billiger als analoge Schutzgeräte. Es wird somit ein Austausch der analogen durch die digitalen Schutzgeräte erfolgen. Damit die Schutzfunktion im Netz beim Austausch eines Gerätes gewährleistet bleibt, muss am neuen Gerät die gleiche Auslösefläche wie am alten Gerät eingestellt werden. Neuere digitale Schutzgeräte könne daher auch kreisförmige Auslöseflächen nachbilden (digital analoger Schutz).

4.1.4 Allgemein

Funktionsweise:

- Digitales Schutzgerät mit Einstellwerten R, X, Z und Winkel phi

Unterstützte Messarten:

- [Impedanzkreis](#)
- [Mischimpedanzkreis](#)
- [Konduktanzkreis](#)
- [Impedanzpolygon](#)
- [Reaktanzrechteck](#)
- [MHO Kreis](#)
- [MHO polarisiert](#)

Unterstützte Nennströme:

- Es erfolgt keine Prüfung auf einen bestimmten Nennstrom.

Stufe	R [Ohm]	X [Ohm]	Z [Ohm]	Winkel phi [°]
1	0,001 bis 9999,000 (Stufung 0,001)	0,001 bis 9999,000 (Stufung 0,001)	0,001 bis 9999,000 (Stufung 0,001)	30 bis 90 (Stufung 1)
2	- " -	- " -	- " -	wie phi1
3	- " -	- " -	- " -	- " -
4	- " -	- " -	- " -	- " -
5	- " -	- " -	- " -	- " -
6	- " -	- " -	- " -	- " -
KU	- " -	- " -	- " -	- " -
VG	- " -	- " -	- " -	- " -

Verfahrenstechnische Nachbildung

Der jeweilige primäre Wert für R, X und Z ergibt sich somit aus

$$R_{\text{pri}} = R_{\text{sec}} * \frac{\ddot{u}_{\text{spg}}}{\ddot{u}_{\text{str}}}$$

bzw.

$$X_{\text{pri}} = X_{\text{sec}} * \frac{\ddot{u}_{\text{spg}}}{\ddot{u}_{\text{str}}}$$

bzw.

$$Z_{\text{pri}} = Z_{\text{sec}} * \frac{\ddot{u}_{\text{spg}}}{\ddot{u}_{\text{str}}}$$

4.1.5 7SA500, 7SA501 und 7SA502

Funktionsweise:

- Digitale Schutzgeräte mit Einstellwerten R und X

Unterstützte Messarten:

- [Impedanzpolygon](#)

Unterstützte Nennströme:

- 1 Ampere
- 5 Ampere

Stufe	R [Ohm]	X [Ohm]
1	0,05 bis 65,32 (Stufung 0,01)	0,05 bis 65,32 (Stufung 0,01)
2	- " -	- " -
3	- " -	- " -
4	- " -	- " -
5	- " -	- " -
6	- " -	- " -
KU	- " -	- " -
VG	- " -	- " -

Der Einstellbereich gilt für Geräte mit 1A Nennstrom und für Geräte mit 5A Nennstrom. Die Auslösefläche ist ein rechteckiges Impedanzpolygon.

Verfahrenstechnische Nachbildung

Mit Hilfe des Nennstroms wird ein interner Wandlerfaktor mit

$$\ddot{u}_{\text{int}} = \frac{I_n}{1,0}$$

ermittelt. Der jeweilige primäre Wert für R und X ergibt sich somit aus

$$R_{\text{pri}} = R_{\text{sec}} * \frac{\ddot{u}_{\text{spg}}}{\ddot{u}_{\text{str}} * \ddot{u}_{\text{int}}}$$

bzw.

$$X_{\text{pri}} = X_{\text{sec}} * \frac{\ddot{u}_{\text{spg}}}{\ddot{u}_{\text{str}} * \ddot{u}_{\text{int}}}$$

4.1.6 7SA510, 7SA511 und 7SA513

Funktionsweise:

- Digitale Schutzgeräte mit Einstellwerten R und X

Unterstützte Messarten:

- [Impedanzpolygon](#)

Unterstützte Nennströme:

- 1 Ampere
- 5 Ampere

Stufe	R [Ohm]	X [Ohm]
1	0,05 bis 130,00 (Stufung 0,01)	0,05 bis 65,00 (Stufung 0,01)
2	- " -	- " -
3	- " -	- " -
4	- " -	- " -
5	- " -	- " -
6	- " -	- " -
KU	- " -	- " -
VG	- " -	- " -

Der Einstellbereich gilt für Geräte mit 1A Nennstrom und für Geräte mit 5A Nennstrom. Die Auslösefläche ist ein rechteckiges Impedanzpolygon.

Verfahrenstechnische Nachbildung

Mit Hilfe des Nennstroms wird ein interner Wandlerfaktor mit

$$\ddot{u}_{\text{int}} = \frac{I_n}{1,0}$$

ermittelt. Der jeweilige primäre Wert für R und X ergibt sich somit aus

$$R_{\text{pri}} = R_{\text{sec}} * \frac{\ddot{u}_{\text{spg}}}{\ddot{u}_{\text{str}} * \ddot{u}_{\text{int}}}$$

bzw.

$$X_{\text{pri}} = X_{\text{sec}} * \frac{\ddot{u}_{\text{spg}}}{\ddot{u}_{\text{str}} * \ddot{u}_{\text{int}}}$$

4.1.7 7SA522

Funktionsweise:

- Digitales Schutzgerät mit Einstellwerten R, X, Z und Winkel phi

Unterstützte Messarten:

- Impedanzpolygon
- MHO Kreis
- MHO Kreis polarisiert

Unterstützte Nennströme:

- 1 Ampere
- 5 Ampere

Stufe	R [Ohm]	X [Ohm]	Z [Ohm]	Winkel phi [°]
1	0,005 bis 250,000 (Stufung 0,001)	0,005 bis 250,000 (Stufung 0,001)	0,005 bis 200,000 (Stufung 0,001)	30 bis 90 (Stufung 1)
2	- " -	- " -	- " -	wie phi1
3	- " -	- " -	- " -	- " -
4	- " -	- " -	- " -	- " -
5	- " -	- " -	- " -	- " -
6	- " -	- " -	- " -	- " -
KU	- " -	- " -	- " -	- " -
VG	- " -	- " -	- " -	- " -

Der Einstellbereich gilt für Geräte mit 1A Nennstrom und für Geräte mit 5A Nennstrom. Die Auslösefläche ist ein rauteförmiges Impedanzpolygon.

Verfahrenstechnische Nachbildung

Mit Hilfe des Nennstroms wird ein interner Wandlerfaktor mit

$$\ddot{u}_{\text{int}} = \frac{I_n}{1,0}$$

ermittelt. Der jeweilige primäre Wert für R, X und Z ergibt sich somit aus

$$R_{\text{pri}} = R_{\text{sec}} * \frac{\ddot{u}_{\text{spg}}}{\ddot{u}_{\text{str}} * \ddot{u}_{\text{int}}}$$

bzw.

$$X_{\text{pri}} = X_{\text{sec}} * \frac{\ddot{u}_{\text{spg}}}{\ddot{u}_{\text{str}} * \ddot{u}_{\text{int}}}$$

bzw.

$$Z_{\text{pri}} = Z_{\text{sec}} * \frac{\ddot{u}_{\text{spg}}}{\ddot{u}_{\text{str}} * \ddot{u}_{\text{int}}}$$

4.1.8 7SA610, 7SA611, 7SA612, 7SA631 und 7SA632

Funktionsweise:

- Digitale Schutzgeräte mit Einstellwerten R, X und Winkel phi

Unterstützte Messarten:

- [Impedanzpolygon](#)

Unterstützte Nennströme:

- 1 Ampere
- 5 Ampere

1 Ampere Nennstrom			
Stufe	R [Ohm]	X [Ohm]	Winkel phi [°]
1	0,05 bis 250,00 (Stufung 0,01)	0,05 bis 250,00 (Stufung 0,01)	30 bis 90 (Stufung 1)
2	- " -	- " -	wie phi1
3	- " -	- " -	- " -
4	- " -	- " -	- " -
5	- " -	- " -	- " -
6	- " -	- " -	- " -
KU	- " -	- " -	- " -
VG	- " -	- " -	- " -

5 Ampere Nennstrom			
Stufe	R [Ohm]	X [Ohm]	Winkel phi [°]
1	0,01 bis 50,00 (Stufung 0,01)	0,01 bis 50,00 (Stufung 0,01)	30 bis 90 (Stufung 1)
2	- " -	- " -	wie phi1
3	- " -	- " -	- " -
4	- " -	- " -	- " -
5	- " -	- " -	- " -
6	- " -	- " -	- " -
KU	- " -	- " -	- " -
VG	- " -	- " -	- " -

Die Auslösefläche ist ein rauteförmiges Impedanzpolygon.

Verfahrenstechnische Nachbildung

Der jeweilige primäre Wert für R und X ergibt sich somit aus

$$R_{\text{pri}} = R_{\text{sec}} * \frac{\ddot{u}_{\text{spg}}}{\ddot{u}_{\text{str}}}$$

bzw.

$$X_{\text{pri}} = X_{\text{sec}} * \frac{\ddot{u}_{\text{spg}}}{\ddot{u}_{\text{str}}}$$

4.1.9 7SA64

Funktionsweise:

- Digitale Schutzgeräte mit Einstellwerten R, X, Z und Winkel phi

Unterstützte Messarten:

- [Impedanzpolygon](#)
- [Impedanzkreis](#)

Unterstützte Nennströme:

- 1 Ampere
- 5 Ampere

1 Ampere Nennstrom			
Stufe	R [Ohm]	X [Ohm] und Z [Ohm]	Winkel phi [°]
1	0,05 bis 600,00 (Stufung 0,01)	0,05 bis 600,00 (Stufung 0,01)	30 bis 90 (Stufung 1)
2	- " -	- " -	wie phi1
3	- " -	- " -	- " -
4	- " -	- " -	- " -
5	- " -	- " -	- " -
6	- " -	- " -	- " -
KU	- " -	- " -	- " -
VG	- " -	- " -	- " -

5 Ampere Nennstrom			
Stufe	R [Ohm]	X [Ohm] und Z [Ohm]	Winkel phi [°]
1	0,01 bis 120,00 (Stufung 0,01)	0,01 bis 120,00 (Stufung 0,01)	30 bis 90 (Stufung 1)
2	- " -	- " -	wie phi1
3	- " -	- " -	- " -
4	- " -	- " -	- " -
5	- " -	- " -	- " -
6	- " -	- " -	- " -
KU	- " -	- " -	- " -
VG	- " -	- " -	- " -

Die Auslösefläche ist ein rauteförmiges Impedanzpolygon oder ein Impedanzkreis.

Verfahrenstechnische Nachbildung

Der jeweilige primäre Wert für R, X und Z ergibt sich somit aus

$$R_{\text{pri}} = R_{\text{sec}} * \frac{\ddot{u}_{\text{spg}}}{\ddot{u}_{\text{str}}}$$

bzw.

$$X_{\text{pri}} = X_{\text{sec}} * \frac{\ddot{u}_{\text{spg}}}{\ddot{u}_{\text{str}}}$$

bzw.

$$Z_{\text{pri}} = Z_{\text{sec}} * \frac{\ddot{u}_{\text{spg}}}{\ddot{u}_{\text{str}}}$$

4.1.10 7SA84, 7SA86 und 7SA87

Funktionsweise:

- Digitale Schutzgeräte mit Einstellwerten R, X, Z und Winkel phi

Unterstützte Messarten:

- [Impedanzpolygon](#)
- [MHO Kreis](#)

Unterstützte Nennströme:

- 1 Ampere
- 5 Ampere

1 Ampere Nennstrom			
Stufe	R [Ohm]	X [Ohm] und Z [Ohm]	Winkel phi [°]
1	0,05 bis 600,00 (Stufung 0,01)	0,05 bis 600,00 (Stufung 0,01)	30 bis 90 (Stufung 1)
2	- " -	- " -	wie phi1
3	- " -	- " -	- " -
4	- " -	- " -	- " -
5	- " -	- " -	- " -
6	- " -	- " -	- " -
KU	- " -	- " -	- " -
VG	- " -	- " -	- " -

5 Ampere Nennstrom			
Stufe	R [Ohm]	X [Ohm] und Z [Ohm]	Winkel phi [°]
1	0,01 bis 120,00 (Stufung 0,01)	0,01 bis 120,00 (Stufung 0,01)	30 bis 90 (Stufung 1)
2	- " -	- " -	wie phi1
3	- " -	- " -	- " -
4	- " -	- " -	- " -

5	- " -	- " -	- " -
6	- " -	- " -	- " -
KU	- " -	- " -	- " -
VG	- " -	- " -	- " -

Die Auslösefläche ist ein rauteförmiges Impedanzpolygon oder ein MHO Kreis.

Verfahrenstechnische Nachbildung

Der jeweilige primäre Wert für R, X und Z ergibt sich somit aus

$$R_{\text{pri}} = R_{\text{sec}} * \frac{\ddot{U}_{\text{spg}}}{\ddot{U}_{\text{str}}}$$

bzw.

$$X_{\text{pri}} = X_{\text{sec}} * \frac{\ddot{U}_{\text{spg}}}{\ddot{U}_{\text{str}}}$$

bzw.

$$Z_{\text{pri}} = Z_{\text{sec}} * \frac{\ddot{U}_{\text{spg}}}{\ddot{U}_{\text{str}}}$$

4.1.11 7SL13

Funktionsweise:

- Digitales Schutzgerät mit Einstellwerten X und R/X

Unterstützte Messarten:

- [Impedanzpolygon](#)

Unterstützte Nennströme:

- 1 Ampere
- 5 Ampere

Stufe	X [Ohm]	R/X [1]	Winkel phi [°]
1	Widerstandskette: 0,02, 0,04, 0,08, 0,15, 0,30, 0,50, 1,00, 2,00, 4,00, 8,00, 16,00 und 32,00	2,00	88
2	Widerstandskette: 0,02, 0,04, 0,08, 0,15, 0,30, 0,50, 1,00, 2,00, 2,00, 5,00, 10,00, 10,00 und 10,00	- " -	wie phi1
3	- " -	- " -	- " -
KU	- " -	- " -	- " -
VG	- " -	- " -	- " -

Der Einstellbereich gilt für Geräte mit 1A Nennstrom und für Geräte mit 5A Nennstrom. Die Auslösefläche ist ein rauteförmiges Impedanzpolygon, dessen Seiten immer um 2 Grad geneigt sind.

Verfahrenstechnische Nachbildung

Es ist zu beachten, dass sekundärseitig mit Widerständen der X-Wert eingestellt wird.

Mit Hilfe des Nennstroms wird ein interner Wandlerfaktor mit

$$\ddot{u}_{\text{int}} = \frac{I_n}{1,0}$$

ermittelt. Die Widerstandsketten der einzelnen Stufen sind mit einem Basiswiderstand von 0,1 Ohm seriell verschaltet. In PSS SINCAL wird zu den angegebenen Einstellwerten der Basiswiderstand automatisch addiert. Bei Weitergabe der Einstellwerte ist darauf zu achten, dass bei Konfiguration des Schutzgerätes die Werte nicht nochmals um den Basiswiderstand reduziert werden. Der jeweilige primäre Wert für R und X ergibt sich somit aus

$$X_{1\text{pri}} = (0,1 + X_{1\text{sec}}) * \left(1,0 + \frac{\tan(2,0)}{R/X}\right) * \frac{\ddot{u}_{\text{spg}}}{\ddot{u}_{\text{str}} * \ddot{u}_{\text{int}}}$$

$$X_{2\text{pri}} = (0,1 + X_{1\text{sec}} + X_{2\text{sec}}) * \left(1,0 + \frac{\tan(2,0)}{R/X}\right) * \frac{\ddot{u}_{\text{spg}}}{\ddot{u}_{\text{str}} * \ddot{u}_{\text{int}}}$$

$$X_{3\text{pri}} = (0,1 + X_{1\text{sec}} + X_{2\text{sec}} + X_{3\text{sec}}) * \left(1,0 + \frac{\tan(2,0)}{R/X}\right) * \frac{\ddot{u}_{\text{spg}}}{\ddot{u}_{\text{str}} * \ddot{u}_{\text{int}}}$$

bzw.

$$R_{1\text{pri}} = X_{1\text{pri}} * R / X$$

$$R_{2\text{pri}} = X_{2\text{pri}} * R / X$$

$$R_{3\text{pri}} = X_{3\text{pri}} * R / X$$

4.1.12 7SL17, 7SL24, 7SL70 und 7SL73

Funktionsweise:

- Digitale Schutzgeräte mit Einstellwerten X und R/X

Unterstützte Messarten:

- [Impedanzpolygon](#)

Unterstützte Nennströme:

- 1 Ampere
- 5 Ampere

Stufe	X [Ohm]	R/X [1]	Winkel phi [°]
1	Widerstandskette: 0,02, 0,04, 0,08, 0,15, 0,30, 0,50, 1,00, 2,00, 4,00, 8,00, 16,00 und 32,00	1,00 bis 4,00 (Stufung 1)	88
2	- " -	- " -	wie phi1
3	- " -	- " -	- " -
KU	- " -	- " -	- " -
VG	- " -	- " -	- " -

Der Einstellbereich gilt für Geräte mit 1A Nennstrom und für Geräte mit 5A Nennstrom. Die Auslösefläche ist ein rauteförmiges Impedanzpolygon, dessen Seiten immer um 2 Grad geneigt sind.

Verfahrenstechnische Nachbildung

Es ist zu beachten, dass sekundärseitig mit Widerständen der X-Wert eingestellt wird.

Mit Hilfe des Nennstroms wird ein interner Wandlerfaktor mit

$$\ddot{u}_{\text{int}} = \frac{I_n}{1,0}$$

ermittelt. Die Widerstandsketten der einzelnen Stufen sind mit einem Basiswiderstand von 0,1 Ohm seriell verschaltet. In PSS SINICAL wird zu den angegebenen Einstellwerten der Basiswiderstand automatisch addiert. Bei Weitergabe der Einstellwerte ist darauf zu achten, dass bei Konfiguration des Schutzgerätes die Werte nicht nochmals um den Basiswiderstand reduziert werden. Der jeweilige primäre Wert für R und X ergibt sich somit aus

$$X_{\text{pri}} = (0,1 + X_{\text{sec}}) * \left(1,0 + \frac{\tan(2,0)}{R/X} \right) * \frac{\ddot{u}_{\text{spg}}}{\ddot{u}_{\text{str}} * \ddot{u}_{\text{int}}}$$

bzw.

$$R_{\text{pri}} = X_{\text{pri}} * R/X$$

4.1.13 EPAC3100, EPAC3400, EPAC3500, EPAC3600 und EPAC3700

Funktionsweise:

- Digitale Schutzgeräte mit Einstellwerten R und X

Unterstützte Messarten:

- [Impedanzpolygon](#)

Unterstützte Nennströme:

- 1 Ampere
- 5 Ampere

1 Ampere Nennstrom		
Stufe	R [Ohm]	X [Ohm]
1	0,01 bis 200,00 (Stufung 0,01)	0,01 bis 200,00 (Stufung 0,01)
2	- " -	- " -
3	- " -	- " -
4	- " -	- " -
5	- " -	- " -
6	- " -	- " -
KU	- " -	- " -
VG	- " -	- " -

5 Ampere Nennstrom		
Stufe	R [Ohm]	X [Ohm]
1	0,02 bis 40,00 (Stufung 0,01)	0,02 bis 40,00 (Stufung 0,01)
2	- " -	- " -
3	- " -	- " -
4	- " -	- " -
5	- " -	- " -
6	- " -	- " -
KU	- " -	- " -
VG	- " -	- " -

Die Auslösefläche ist ein rechteckiges Impedanzpolygon.

Verfahrenstechnische Nachbildung

Der jeweilige primäre Wert für R und X ergibt sich somit aus

$$R_{\text{pri}} = R_{\text{sec}} * \frac{\ddot{u}_{\text{spg}}}{\ddot{u}_{\text{str}}}$$

bzw.

$$X_{\text{pri}} = X_{\text{sec}} * \frac{\ddot{u}_{\text{spg}}}{\ddot{u}_{\text{str}}}$$

4.1.14 LZ91 und LZ92

Funktionsweise:

- Digitale Schutzgeräte mit Einstellwerten M, N und R/X

Unterstützte Messarten:

- [Impedanzpolygon](#)

Unterstützte Nennströme:

- 1 Ampere

- 5 Ampere

Stufe	M [1]	N [1]	R/X [1]	Winkel phi [°]
1	0,1, 0,5 oder 5,0	1,0 bis 99,0 (Stufung 1,0)	1,0 bis 5,0 (Stufung 1,0)	85
2	0,1, 1,0 oder 10,0	- " -	- " -	wie phi1
3	- " -	- " -	- " -	- " -
KU	- " -	- " -	- " -	- " -
VG	- " -	- " -	- " -	- " -

Der Einstellbereich gilt für Geräte mit 1A Nennstrom und für Geräte mit 5A Nennstrom. Die Auslösefläche ist ein rauteförmiges Impedanzpolygon, dessen Seiten immer um 5 Grad geneigt sind.

Verfahrenstechnische Nachbildung

Es ist zu beachten, dass sekundärseitig mit Widerständen der X-Wert eingestellt wird.

Mit Hilfe des Nennstroms wird ein interner Wandlerfaktor mit

$$\ddot{u}_{\text{int}} = \frac{I_n}{1,0}$$

ermittelt. Der jeweilige primäre Wert für R und X ergibt sich somit aus

$$X_{\text{pri}} = \frac{M * 100 * (1,0 + \tan(5,0)) * \ddot{u}_{\text{spg}}}{N * R / X * \ddot{u}_{\text{str}} * \ddot{u}_{\text{int}}}$$

bzw.

$$R_{\text{pri}} = X_{\text{pri}} * R / X$$

4.1.15 PD531 und PD551

Funktionsweise:

- Digitale Schutzgeräte mit Einstellwerten R und X

Unterstützte Messarten:

- [Impedanzpolygon](#)

Unterstützte Nennströme:

- 1 Ampere
- 5 Ampere

1 Ampere Nennstrom		
Stufe	R [Ohm]	X [Ohm]
1	0,10 bis 10,00 (Stufung 0,01) und 10,0 bis 200,0 (Stufung 0,1)	0,10 bis 10,00 (Stufung 0,01) und 10,0 bis 200,0 (Stufung 0,1)
2	- " -	- " -

Schutzgeräteeinstellwerte

3	- " -	- " -
4	- " -	- " -
KU	- " -	- " -
VG	- " -	- " -

5 Ampere Nennstrom		
Stufe	R [Ohm]	X [Ohm]
1	0,02 bis 10,00 (Stufung 0,002) und 10,0 bis 40,0 (Stufung 0,02)	0,02 bis 10,00 (Stufung 0,002) und 10,0 bis 40,0 (Stufung 0,02)
2	- " -	- " -
3	- " -	- " -
4	- " -	- " -
KU	- " -	- " -
VG	- " -	- " -

Die Auslösefläche ist ein rechteckiges Impedanzpolygon.

Verfahrenstechnische Nachbildung

Der jeweilige primäre Wert für R und X ergibt sich somit aus

$$R_{\text{pri}} = R_{\text{sec}} * \frac{\ddot{u}_{\text{spg}}}{\ddot{u}_{\text{str}}}$$

bzw.

$$X_{\text{pri}} = X_{\text{sec}} * \frac{\ddot{u}_{\text{spg}}}{\ddot{u}_{\text{str}}}$$

4.1.16 PD532 und PD552

Funktionsweise:

- Digitale Schutzgeräte mit Einstellwerten R, X, Z und Winkel phi

Unterstützte Messarten:

- [Impedanzpolygon](#)
- [Impedanzkreis](#)

Unterstützte Nennströme:

- 1 Ampere
- 5 Ampere

1 Ampere Nennstrom				
Stufe	R [Ohm]	X [Ohm]	Z [Ohm]	Winkel phi [°]
1	0,10 bis 200,00 (Stufung 0,01)	0,10 bis 200,00 (Stufung 0,01)	0,05 bis 200,00 (Stufung 0,01)	40,0 bis 90,00 (Stufung 1,0)
2	- " -	- " -	- " -	wie phi1

3	- " -	- " -	- " -	- " -
4	- " -	- " -	- " -	- " -
5	- " -	- " -	- " -	- " -
6	- " -	- " -	- " -	- " -
KU	- " -	- " -	- " -	- " -
VG	- " -	- " -	- " -	- " -

5 Ampere Nennstrom				
Stufe	R [Ohm]	X [Ohm]	Z [Ohm]	Winkel phi [°]
1	0,02 bis 40,00 (Stufung 0,01)	0,02 bis 40,00 (Stufung 0,01)	0,01 bis 40,00 (Stufung 0,01)	40,0 bis 90,00 (Stufung 1,0)
2	- " -	- " -	- " -	wie phi1
3	- " -	- " -	- " -	- " -
4	- " -	- " -	- " -	- " -
5	- " -	- " -	- " -	- " -
6	- " -	- " -	- " -	- " -
KU	- " -	- " -	- " -	- " -
VG	- " -	- " -	- " -	- " -

Die Auslösefläche ist ein rauteförmiges Impedanzpolygon (Einstellwerte R, X und Winkel phi) oder ein Impedanzkreis (Einstellwert Z).

Verfahrenstechnische Nachbildung

Der jeweilige primäre Wert für R, X und Z ergibt sich somit aus

$$R_{\text{pri}} = R_{\text{sec}} * \frac{\ddot{U}_{\text{spg}}}{\ddot{U}_{\text{str}}}$$

bzw.

$$X_{\text{pri}} = X_{\text{sec}} * \frac{\ddot{U}_{\text{spg}}}{\ddot{U}_{\text{str}}}$$

bzw.

$$Z_{\text{pri}} = Z_{\text{sec}} * \frac{\ddot{U}_{\text{spg}}}{\ddot{U}_{\text{str}}}$$

4.1.17 R1KZ4, R1KZ4A, RK4 und RK4A

Funktionsweise:

- Analoge Schutzgeräte mit Einstellwert R und Messbereich c

Unterstützte Messarten:

- [Impedanzkreis](#)
- [Mischimpedanzkreis](#)

- **Konduktanzkreis**

Unterstützte Nennströme:

- 1 Ampere
- 5 Ampere

Stufe	R [Ohm]	c [1]
1	Widerstandskette: 0,1, 0,2, 0,4, 0,8, 1,6 und 3,2	0,1, 0,2, 0,5, 1,0, 2,0, 5,0 oder 10,0
2	Widerstandskette: 0,2, 0,4, 0,8, 1,6 und 3,2	wie c1
3	Widerstandskette: 0,4, 0,8, 1,6 und 3,2	- " -
KU	Widerstandskette: 0,1, 0,2, 0,4, 0,8, 1,6, 3,2 , 10,0, 20,0 und 962.7	- " -
VG	- " -	- " -

Der Einstellbereich gilt für Geräte mit 1A Nennstrom und für Geräte mit 5A Nennstrom. Die Auslösefläche ist ein Impedanzkreis, ein Mischimpedanzkreis oder ein Konduktanzkreis.

Verfahrenstechnische Nachbildung

Mit Hilfe des Nennstroms wird ein interner Wandlerfaktor mit

$$\ddot{u}_{\text{int}} = \frac{I_n}{5,0}$$

ermittelt. Die Widerstandsketten der einzelnen Stufen sind mit einem Basiswiderstand von 1 Ohm seriell verschaltet. In PSS SINCAL wird zu den angegebenen Einstellwerten der Basiswiderstand automatisch addiert. Bei Weitergabe der Einstellwerte ist darauf zu achten, dass bei Konfiguration des Schutzgerätes die Werte nicht nochmals um den Basiswiderstand reduziert werden. Es wird der Durchmesser des Kreises der jeweiligen Messart eingestellt. Der jeweilige primäre Wert für R ergibt sich somit aus

$$R1_{\text{pri}} = c * (1 + R1_{\text{sec}}) * \frac{\ddot{u}_{\text{spg}}}{\ddot{u}_{\text{str}} * \ddot{u}_{\text{int}}}$$

bzw.

$$R2_{\text{pri}} = c * (1 + R1_{\text{sec}} + R2_{\text{sec}}) * \frac{\ddot{u}_{\text{spg}}}{\ddot{u}_{\text{str}} * \ddot{u}_{\text{int}}}$$

bzw.

$$R3_{\text{pri}} = c * (1 + R1_{\text{sec}} + R2_{\text{sec}} + R3_{\text{sec}}) * \frac{\ddot{u}_{\text{spg}}}{\ddot{u}_{\text{str}} * \ddot{u}_{\text{int}}}$$

4.1.18 R1KZ7 und R1KZ7G

Funktionsweise:

- Analoge Schutzgeräte mit Einstellwert R, Messbereich c und Winkel phi

Unterstützte Messarten:

- Impedanzkreis
- Mischimpedanzkreis
- Konduktanzkreis

Unterstützte Nennströme:

- 1 Ampere
- 5 Ampere

Stufe	R [Ohm]	c [1]	Winkel phi [°]
1	Widerstandskette: 0,1, 0,2, 0,3, 0,3, 1,0, 2,0, 3,0 und 3,0	0,1, 0,2, 0,5, 1,0 oder 2,0	0,0, 20,0, 30,0, 40,0, 50,0 oder 55,0
2	Widerstandskette: 0,2, 0,4, 0,4, 1,0, 2,0, 3,0 und 3,0	wie c1	wie phi1
3	- " -	- " -	- " -

Der Einstellbereich gilt für Geräte mit 1A Nennstrom und für Geräte mit 5A Nennstrom. Die Auslösefläche ist ein Impedanzkreis, ein Mischimpedanzkreis oder ein Konduktanzkreis.

Verfahrenstechnische Nachbildung

Mit Hilfe des Nennstroms wird ein interner Wandlerfaktor mit

$$\ddot{u}_{\text{int}} = \frac{I_n}{5,0}$$

ermittelt. Die Widerstandsketten der einzelnen Stufen sind mit einem Basiswiderstand von 1 Ohm seriell verschaltet. In PSS SINCAL wird zu den angegebenen Einstellwerten der Basiswiderstand automatisch addiert. Bei Weitergabe der Einstellwerte ist darauf zu achten, dass bei Konfiguration des Schutzgerätes die Werte nicht nochmals um den Basiswiderstand reduziert werden. Es wird der Durchmesser des Kreises der jeweiligen Messart eingestellt. Der jeweilige primäre Wert für R ergibt sich somit aus

$$R1_{\text{pri}} = c * (1 + R1_{\text{sec}}) * \frac{\ddot{u}_{\text{spg}}}{\ddot{u}_{\text{str}} * \ddot{u}_{\text{int}}}$$

bzw.

$$R2_{\text{pri}} = c * (1 + R1_{\text{sec}} + R2_{\text{sec}}) * \frac{\ddot{u}_{\text{spg}}}{\ddot{u}_{\text{str}} * \ddot{u}_{\text{int}}}$$

bzw.

$$R3_{pri} = c * (1 + R1_{sec} + R2_{sec} + R3_{sec}) * \frac{\ddot{u}_{spg}}{\ddot{u}_{str} * \ddot{u}_{int}}$$

4.1.19 R1Z25, R1Z25A und R1Z23B

Funktionsweise:

- Analoge Schutzgeräte mit Einstellwert R, Messbereich c, Korrekturfaktor C3 und Winkel phi

Unterstützte Messarten:

- [Impedanzkreis](#)
- [Mischimpedanzkreis](#)

Unterstützte Nennströme:

- 1 Ampere
- 5 Ampere

Stufe	R [Ohm]	c [1]	Winkel phi [°]
1	Widerstandskette: 0,1, 0,2, 0,4, 0,8, 1,6 und 3,2	0,1, 0,2, 0,5, 1,0, 2,0, 5,0 oder 10,0	60,0, 64,0, 68,0, 71,0, 74,0, 76,0, 78,0 oder 80,0
2	Widerstandskette: 0,4, 0,8, 1,6 und 3,2	wie c1	wie phi1
3	- " -	- " -	- " -
KU	- " -	- " -	- " -
VG	- " -	- " -	- " -

Der Einstellbereich gilt für Geräte mit 1A Nennstrom und für Geräte mit 5A Nennstrom. Die Auslösefläche ist ein Impedanzkreis oder ein Mischimpedanzkreis.

Verfahrenstechnische Nachbildung

Mit Hilfe des Nennstroms wird ein interner Wandlerfaktor mit

$$\ddot{u}_{int} = \frac{I_n}{C3}$$

ermittelt. Die Widerstandsketten der einzelnen Stufen sind mit einem Basiswiderstand von 1 Ohm seriell verschaltet. In PSS SINCAL wird zu den angegebenen Einstellwerten der Basiswiderstand automatisch addiert. Bei Weitergabe der Einstellwerte ist darauf zu achten, dass bei Konfiguration des Schutzgerätes die Werte nicht nochmals um den Basiswiderstand reduziert werden. Es wird der Durchmesser des Kreises der jeweiligen Messart eingestellt. Der jeweilige primäre Wert für R ergibt sich somit aus

$$R1_{pri} = c * (1 + R1_{sec}) * \frac{\ddot{u}_{spg}}{\ddot{u}_{str} * \ddot{u}_{int}}$$

bzw.

$$R2_{pri} = c * (1 + R1_{sec} + R2_{sec}) * \frac{\ddot{u}_{spg}}{\ddot{u}_{str} * \ddot{u}_{int}}$$

bzw.

$$R3_{pri} = c * (1 + R1_{sec} + R2_{sec} + R3_{sec}) * \frac{\ddot{u}_{spg}}{\ddot{u}_{str} * \ddot{u}_{int}}$$

4.1.20 R1Z27

Funktionsweise:

- Analoges Schutzgerät mit Einstellwert R, Messbereich c und Winkel phi

Unterstützte Messarten:

- [Impedanzkreis](#)
- [Mischimpedanzkreis](#)

Unterstützte Nennströme:

- 1 Ampere
- 5 Ampere

Stufe	R [Ohm]	c [1]	Winkel phi [°]
1	1,0000 bis 2,50000 (Stufung 0,0001)	0,5, 1,0, 2,0, 5,0, 20,0 oder 50,0	60,0, 65,0, 70,0, 75,0 oder 80,0
2	- " -	- " -	wie phi1
3	- " -	- " -	- " -
KU	- " -	- " -	- " -
VG	- " -	- " -	- " -

Der Einstellbereich gilt für Geräte mit 1A Nennstrom und für Geräte mit 5A Nennstrom. Die Auslösefläche ist ein Impedanzkreis oder ein Mischimpedanzkreis.

Verfahrenstechnische Nachbildung

Mit Hilfe des Nennstroms wird ein interner Wandlerfaktor mit

$$\ddot{u}_{int} = \frac{I_n}{1,0}$$

ermittelt. Je Stufe kann auf einen Widerstandspotenziometer der Wert kontinuierlich eingestellt werden. Der Messbereich kann für jede Stufe getrennt angegeben werden. Es wird der Durchmesser des Kreises der jeweiligen Messart eingestellt. Der jeweilige primäre Wert für R ergibt sich somit aus

$$R_{pri} = c * R_{sec} * \frac{\ddot{u}_{spg}}{\ddot{u}_{str} * \ddot{u}_{int}}$$

4.1.21 RD10

Funktionsweise:

- Analoges Schutzgerät mit Einstellwert R und Messbereich c

Unterstützte Messarten:

- [Impedanzkreis](#)

Unterstützte Nennströme:

- 1 Ampere
- 5 Ampere

1 Ampere Nennstrom		
Stufe	R [Ohm]	c [1]
1	0,25000 bis 6,25000 (Stufung 0,00001)	1,0, 4,0 oder 8,0
2	- " -	wie c1
3	- " -	- " -
KU	- " -	- " -
VG	- " -	- " -

5 Ampere Nennstrom		
Stufe	R [Ohm]	c [1]
1	0,05000 bis 1,25000 (Stufung 0,00001)	1,0, 4,0 oder 8,0
2	- " -	wie c1
3	- " -	- " -
KU	- " -	- " -
VG	- " -	- " -

Die Auslösefläche ist ein Impedanzkreis.

Verfahrenstechnische Nachbildung

Je Stufe kann auf einen Widerstandspotenziometer der Wert kontinuierlich angegeben werden. Es wird der Radius des Kreises der jeweiligen Messart eingestellt. Der jeweilige primäre Wert für R ergibt sich somit aus

$$R_{pri} = c * R_{sec} * \frac{\ddot{u}_{spg}}{\ddot{u}_{str}}$$

4.1.22 REL316

Funktionsweise:

- Digitales Schutzgerät mit Einstellwerten R und X

Unterstützte Messarten:

- [Impedanzpolygon](#)

Unterstützte Nennströme:

- 1 Ampere
- 2 Ampere
- 5 Ampere

1 oder 2 Ampere Nennstrom		
Stufe	R [Ohm]	X [Ohm]
1	0,01 bis 300,00 (Stufung 0,01)	0,01 bis 300,00 (Stufung 0,01)
2	- " -	- " -
3	- " -	- " -
KU	- " -	- " -
VG	- " -	- " -

5 Ampere Nennstrom		
Stufe	R [Ohm]	X [Ohm]
1	0,001 bis 30,000 (Stufung 0,001)	0,001 bis 30,000 (Stufung 0,001)
2	- " -	- " -
3	- " -	- " -
KU	- " -	- " -
VG	- " -	- " -

Die Auslösefläche ist ein rechteckiges Impedanzpolygon.

Verfahrenstechnische Nachbildung

Der jeweilige primäre Wert für R und X ergibt sich somit aus

$$R_{\text{pri}} = R_{\text{sec}} * \frac{\ddot{u}_{\text{spg}}}{\ddot{u}_{\text{str}}}$$

bzw.

$$X_{\text{pri}} = X_{\text{sec}} * \frac{\ddot{u}_{\text{spg}}}{\ddot{u}_{\text{str}}}$$

4.1.23 REL521 und REL561

Funktionsweise:

- Digitale Schutzgeräte mit Einstellwerten R und X

Unterstützte Messarten:

- [Impedanzpolygon](#)

Unterstützte Nennströme:

- 1 Ampere
- 5 Ampere

1 Ampere Nennstrom		
Stufe	R [Ohm]	X [Ohm]
1	0,10 bis 400,00 (Stufung 0,01)	0,10 bis 400,00 (Stufung 0,01)
2	- " -	- " -
3	- " -	- " -
4	- " -	- " -
5	- " -	- " -
KU	- " -	- " -
VG	- " -	- " -

5 Ampere Nennstrom		
Stufe	R [Ohm]	X [Ohm]
1	0,02 bis 80,00 (Stufung 0,01)	0,02 bis 80,00 (Stufung 0,01)
2	- " -	- " -
3	- " -	- " -
4	- " -	- " -
5	- " -	- " -
KU	- " -	- " -
VG	- " -	- " -

Die Auslösefläche ist ein rechteckiges Impedanzpolygon.

Verfahrenstechnische Nachbildung

Der jeweilige primäre Wert für R und X ergibt sich somit aus

$$R_{\text{pri}} = R_{\text{sec}} * \frac{\ddot{u}_{\text{spg}}}{\ddot{u}_{\text{str}}}$$

bzw.

$$X_{\text{pri}} = X_{\text{sec}} * \frac{\ddot{u}_{\text{spg}}}{\ddot{u}_{\text{str}}}$$

4.1.24 SD124

Funktionsweise:

- Analoges Schutzgerät mit Einstellwert R, Messbereich c und Winkel phi

Unterstützte Messarten:

- Impedanzkreis
- Mischimpedanzkreis

Unterstützte Nennströme:

- 1 Ampere
- 5 Ampere

1 Ampere Nennstrom			
Stufe	R [Ohm]	c [1]	Winkel phi [°]
1	1,00000 bis 28,00000 (Stufung 0,00001)	0,25, 1,00 oder 2,00	10,00 bis 90,00 (Stufung 0,01)
2	- " -	wie c1	wie phi1
3	- " -	- " -	- " -
KU	- " -	- " -	- " -
VG	- " -	- " -	- " -

5 Ampere Nennstrom			
Stufe	R [Ohm]	c [1]	Winkel phi [°]
1	0,20000 bis 5,60000 (Stufung 0,00001)	0,25, 1,00 oder 2,00	10,00 bis 90,00 (Stufung 0,01)
2	- " -	wie c1	wie phi1
3	- " -	- " -	- " -
KU	- " -	- " -	- " -
VG	- " -	- " -	- " -

Die Auslösefläche ist ein Impedanzkreis oder ein Mischimpedanzkreis.

Verfahrenstechnische Nachbildung

Je Stufe kann auf einen Widerstandspotenziometer der Wert kontinuierlich angegeben werden. Es wird der Radius des Kreises der jeweiligen Messart eingestellt. Der jeweilige primäre Wert für R ergibt sich somit aus

$$R_{\text{pri}} = c * R_{\text{sec}} * \frac{\ddot{u}_{\text{spg}}}{\ddot{u}_{\text{str}}}$$

4.1.25 SD135

Funktionsweise:

- Digitales Schutzgerät mit Einstellwert Z, Messbereich c und Winkel phi

Unterstützte Messarten:

- [Impedanzpolygon](#)

Unterstützte Nennströme:

- 1 Ampere
- 5 Ampere

1 Ampere Nennstrom			
Stufe	R [Ohm]	c [1]	Winkel phi [°]
1	1,00000 bis 10,00000 (Stufung 0,00001)	0,1, 1,0 und 6,0	72
2	- " -	- " -	wie phi1
3	- " -	- " -	- " -
KU	1,20, 1,35 oder 1,50	wie c1	- " -
VG	- " -	- " -	- " -

5 Ampere Nennstrom			
Stufe	R [Ohm]	c [1]	Winkel phi [°]
1	1,00000 bis 10,00000 (Stufung 0,00001)	0,02, 0,20 und 1,20	72
2	- " -	- " -	wie phi1
3	- " -	- " -	- " -
KU	1,20, 1,35 oder 1,50	wie c1	- " -
VG	- " -	- " -	- " -

Der Einstellbereich gilt für Geräte mit 1A Nennstrom und für Geräte mit 5A Nennstrom. Die Auslösefläche ist ein rauteförmiges Impedanzpolygon.

Verfahrenstechnische Nachbildung

Mit Hilfe des Nennstroms wird ein interner Wandlerfaktor mit

$$\ddot{u}_{\text{int}} = \frac{I_n}{1,0}$$

ermittelt. Der jeweilige primäre Wert für R und X ergibt sich über den Einstellwert Z und dem Winkel phi/2.

$$X_{\text{pri}} = c * Z_{\text{sec}} * \frac{\ddot{u}_{\text{spg}}}{\ddot{u}_{\text{str}} * \ddot{u}_{\text{int}}} * \sin\left(\frac{\varphi}{2}\right)$$

bzw.

$$R_{\text{pri}} = c * Z_{\text{sec}} * \frac{\ddot{u}_{\text{spg}}}{\ddot{u}_{\text{str}} * \ddot{u}_{\text{int}}} * \cos\left(\frac{\varphi}{2}\right) - X_{\text{pri}} * \tan(\varphi)$$

4.1.26 SD135A

Funktionsweise:

- Digitales Schutzgerät mit Einstellwert Z, Messbereich c und Winkel phi

Unterstützte Messarten:

- [Impedanzpolygon](#)

Unterstützte Nennströme:

- 1 Ampere
- 5 Ampere

Stufe	Z [Ohm]	c [1]	Winkel phi [°]
1	1,00000 bis 10,00000 (Stufung 0,00001)	0,1, 1,0 und 10,0	72
2	- " -	- " -	wie phi1
3	- " -	- " -	- " -
KU	1,20, 1,35, 1,50, 2,00 oder 3,00	wie c1	- " -
VG	- " -	- " -	- " -

Der Einstellbereich gilt für Geräte mit 1A Nennstrom und für Geräte mit 5A Nennstrom. Die Auslösefläche ist ein rauteförmiges Impedanzpolygon.

Verfahrenstechnische Nachbildung

Mit Hilfe des Nennstroms wird ein interner Wandlerfaktor mit

$$\ddot{u}_{\text{int}} = \frac{I_n}{1,0}$$

ermittelt. Der jeweilige primäre Wert für R und X ergibt sich über den Einstellwert Z und dem Winkel phi/2.

$$X_{\text{pri}} = c * Z_{\text{sec}} * \frac{\ddot{u}_{\text{spg}}}{\ddot{u}_{\text{str}} * \ddot{u}_{\text{int}}} * \sin\left(\frac{\varphi}{2}\right)$$

bzw.

$$R_{\text{pri}} = c * Z_{\text{sec}} * \frac{\ddot{u}_{\text{spg}}}{\ddot{u}_{\text{str}} * \ddot{u}_{\text{int}}} * \cos\left(\frac{\varphi}{2}\right) - X_{\text{pri}} * \tan(\varphi)$$

4.1.27 SD14, SD14A und SD14B

Funktionsweise:

- Analoge Schutzgeräte mit Einstellwert R und Messbereich c

Unterstützte Messarten:

- [Impedanzkreis](#)

Unterstützte Nennströme:

- 1 Ampere
- 5 Ampere

1 Ampere Nennstrom		
Stufe	R [Ohm]	c [1]
1	0,50000 bis 12,50000 (Stufung 0,00001)	0,5, 1,0 oder 4,0
2	- " -	wie c1
3	- " -	- " -
KU	- " -	- " -
VG	- " -	- " -

5 Ampere Nennstrom		
Stufe	R [Ohm]	c [1]
1	0,10000 bis 2,50000 (Stufung 0,00001)	0,5, 1,0 oder 4,0
2	- " -	wie c1
3	- " -	- " -
KU	- " -	- " -
VG	- " -	- " -

Die Auslösefläche ist ein Impedanzkreis.

Verfahrenstechnische Nachbildung

Je Stufe kann auf einen Widerstandspotenziometer der Wert kontinuierlich angegeben werden. Es wird der Radius des Kreises der jeweiligen Messart eingestellt. Der jeweilige primäre Wert für R ergibt sich somit aus

$$R_{\text{pri}} = c * R_{\text{sec}} * \frac{\ddot{u}_{\text{spg}}}{\ddot{u}_{\text{str}}}$$

4.1.28 SD34A

Funktionsweise:

- Analoges Schutzgerät mit Einstellwert R, Messbereich c und Winkel phi

Unterstützte Messarten:

- [Impedanzkreis](#)

Unterstützte Nennströme:

- 1 Ampere
- 5 Ampere

1 Ampere Nennstrom			
Stufe	R [Ohm]	c [1]	Winkel phi [°]
1	0,50000 bis 13,0000 (Stufung 0,00001)	0,5, 1,0 oder 4,0	10,0000 bis 87,0000 (Stufung 0,0001)
2	- " -	wie c1	wie phi1
3	- " -	- " -	- " -
KU	- " -	- " -	- " -
VG	- " -	- " -	- " -

5 Ampere Nennstrom			
Stufe	R [Ohm]	c [1]	Winkel phi [°]
1	0,10000 bis 2,6000 (Stufung 0,00001)	0,5, 1,0 oder 4,0	10,0000 bis 87,0000 (Stufung 0,0001)
2	- " -	wie c1	wie phi1
3	- " -	- " -	- " -
KU	- " -	- " -	- " -
VG	- " -	- " -	- " -

Die Auslösefläche ist ein Impedanzkreis.

Verfahrenstechnische Nachbildung

Je Stufe kann auf einen Widerstandspotenziometer der Wert kontinuierlich angegeben werden. Es wird der Radius des Kreises der jeweiligen Messart eingestellt. Der jeweilige primäre Wert für R ergibt sich somit aus

$$R_{\text{pri}} = c * R_{\text{sec}} * \frac{\ddot{u}_{\text{spg}}}{\ddot{u}_{\text{str}}}$$

4.1.29 SD35

Funktionsweise:

- Digitale Schutzgeräte mit Einstellwert Z, Messbereich c und Winkel phi

Unterstützte Messarten:

- [Impedanzpolygon](#)

Unterstützte Nennströme:

- 1 Ampere
- 5 Ampere

Stufe	Z [Ohm]	c [1]	Winkel phi [°]
1	1,00000 bis 10,00000 (Stufung 0,00001)	0,1, 1,0 und 6,0	90
2	- " -	- " -	wie phi1
3	- " -	- " -	- " -
KU	1,20, 1,35 oder 1,50	wie c1	- " -
VG	- " -	- " -	- " -

Der Einstellbereich gilt für Geräte mit 1A Nennstrom und für Geräte mit 5A Nennstrom. Die Auslösefläche ist ein rauteförmiges Impedanzpolygon.

Verfahrenstechnische Nachbildung

Mit Hilfe des Nennstroms wird ein interner Wandlerfaktor mit

$$\ddot{u}_{\text{int}} = \frac{I_n}{1,0}$$

ermittelt. Der jeweilige primäre Wert für R und X ergibt sich über den Einstellwert Z und dem Winkel phi/2.

$$X_{\text{pri}} = c * Z_{\text{sec}} * \frac{\ddot{u}_{\text{spg}}}{\ddot{u}_{\text{str}} * \ddot{u}_{\text{int}}} * \sin\left(\frac{\varphi}{2}\right)$$

bzw.

$$R_{\text{pri}} = c * Z_{\text{sec}} * \frac{\ddot{u}_{\text{spg}}}{\ddot{u}_{\text{str}} * \ddot{u}_{\text{int}}} * \cos\left(\frac{\varphi}{2}\right)$$

4.1.30 SD35A und SD35C

Funktionsweise:

- Digitale Schutzgeräte mit Einstellwert Z, Messbereich c und Winkel phi

Unterstützte Messarten:

- [Impedanzpolygon](#)

Unterstützte Nennströme:

- 1 Ampere
- 5 Ampere

Stufe	Z [Ohm]	c [1]	Winkel phi [°]
1	1,00000 bis 10,00000 (Stufung 0,00001)	0,1, 1,0 und 10,0	90
2	- " -	- " -	wie phi1
3	- " -	- " -	- " -
KU	1,20, 1,35 oder 1,50	wie c1	- " -
VG	- " -	- " -	- " -

Der Einstellbereich gilt für Geräte mit 1A Nennstrom und für Geräte mit 5A Nennstrom. Die Auslösefläche ist ein rauteförmiges Impedanzpolygon.

Verfahrenstechnische Nachbildung

Mit Hilfe des Nennstroms wird ein interner Wandlerfaktor mit

$$\ddot{u}_{\text{int}} = \frac{I_n}{1,0}$$

ermittelt. Der jeweilige primäre Wert für R und X ergibt sich über den Einstellwert Z und dem Winkel phi/2.

$$X_{\text{pri}} = c * Z_{\text{sec}} * \frac{\ddot{u}_{\text{spg}}}{\ddot{u}_{\text{str}} * \ddot{u}_{\text{int}}} * \sin\left(\frac{\varphi}{2}\right)$$

bzw.

$$R_{\text{pri}} = c * Z_{\text{sec}} * \frac{\ddot{u}_{\text{spg}}}{\ddot{u}_{\text{str}} * \ddot{u}_{\text{int}}} * \cos\left(\frac{\varphi}{2}\right)$$

4.1.31 SD36

Funktionsweise:

- Analoges Schutzgerät mit Einstellwert R und Winkel phi

Unterstützte Messarten:

- [Impedanzkreis](#)

Unterstützte Nennströme:

- 1 Ampere
- 5 Ampere

Stufe	R [Ohm]	Winkel phi [°]
1	0,10000 bis 99,99000 (Stufung 0,00001)	10,00 bis 87,00 (Stufung 0,01)
2	- " -	wie phi1
3	- " -	- " -
KU	- " -	- " -
VG	- " -	- " -

Der Einstellbereich gilt für Geräte mit 1A Nennstrom und für Geräte mit 5A Nennstrom. Die Auslösefläche ist ein Impedanzkreis.

Verfahrenstechnische Nachbildung

Mit Hilfe des Nennstroms wird ein interner Wandlerfaktor mit

$$\ddot{u}_{\text{int}} = \frac{I_n}{1,0}$$

ermittelt. Je Stufe kann auf einen Widerstandspotenziometer der Wert kontinuierlich angegeben werden. Es wird der Radius des Kreises der jeweiligen Messart eingestellt. Der jeweilige primäre Wert für R ergibt sich somit aus

$$R_{\text{pri}} = R_{\text{sec}} * \frac{\ddot{u}_{\text{spg}}}{\ddot{u}_{\text{str}} * \ddot{u}_{\text{int}}}$$

4.1.32 SEL311A

Funktionsweise:

- Digitales Schutzgerät mit Einstellwerten Z und Winkel phi

Unterstützte Messarten:

- [MHO Kreis](#)
- [MHO Kreis polarisiert](#)

Unterstützte Nennströme:

- 1 Ampere
- 5 Ampere

1 Ampere Nennstrom		
Stufe	Z [Ohm]	Winkel phi [°]
1	0,25 bis 320,00 (Stufung 0,01)	40 bis 90 (Stufung 1)
2	- " -	wie phi1
KU	- " -	- " -
VG	- " -	- " -

5 Ampere Nennstrom		
Stufe	Z [Ohm]	Winkel phi [°]
1	0,05 bis 64,00 (Stufung 0,01)	40 bis 90 (Stufung 1)
2	- " -	wie phi1
KU	- " -	- " -
VG	- " -	- " -

Die Auslösefläche ist ein MHO Kreis oder ein polarisierter MHO Kreis.

Verfahrenstechnische Nachbildung

Der jeweilige primäre Wert für Z ergibt sich somit aus

$$Z_{\text{pri}} = Z_{\text{sec}} * \frac{\ddot{u}_{\text{spg}}}{\ddot{u}_{\text{str}}}$$

4.1.33 SEL311B**Funktionsweise:**

- Digitales Schutzgerät mit Einstellwerten Z und Winkel phi

Unterstützte Messarten:

- MHO Kreis
- MHO Kreis polarisiert

Unterstützte Nennströme:

- 1 Ampere
- 5 Ampere

1 Ampere Nennstrom		
Stufe	Z [Ohm]	Winkel phi [°]
1	0,25 bis 320,00 (Stufung 0,01)	40 bis 90 (Stufung 1)
2	- " -	wie phi1
3	- " -	- " -
KU	- " -	- " -
VG	- " -	- " -

5 Ampere Nennstrom		
Stufe	Z [Ohm]	Winkel phi [°]
1	0,05 bis 64,00 (Stufung 0,01)	40 bis 90 (Stufung 1)
2	- " -	wie phi1
3	- " -	- " -
KU	- " -	- " -
VG	- " -	- " -

Die Auslösefläche ist ein MHO Kreis oder ein polarisierter MHO Kreis.

Verfahrenstechnische Nachbildung

Der jeweilige primäre Wert für Z ergibt sich somit aus

$$Z_{\text{pri}} = Z_{\text{sec}} * \frac{\ddot{U}_{\text{spg}}}{\ddot{U}_{\text{str}}}$$

4.1.34 SEL311C1, SEL311C2 und SEL311C3

Funktionsweise:

- Digitale Schutzgeräte mit Einstellwerten R, X, Z und Winkel phi

Unterstützte Messarten:

- [Impedanzpolygon \(nur Erdauslösung\)](#)
- [MHO Kreis \(Phasen- und Erdauslösung\)](#)
- [MHO Kreis polarisiert \(Phasen- und Erdauslösung\)](#)

Unterstützte Nennströme:

- 1 Ampere
- 5 Ampere

1 Ampere Nennstrom			
Stufe	R [Ohm]	X [Ohm] und Z [Ohm]	Winkel phi [°]
1	0,25 bis 250,00 (Stufung 0,01)	0,25 bis 320,00 (Stufung 0,01)	40 bis 90 (Stufung 1)
2	- " -	- " -	wie phi1
3	- " -	- " -	- " -
4	- " -	- " -	- " -
KU	- " -	- " -	- " -
VG	- " -	- " -	- " -

5 Ampere Nennstrom			
Stufe	R [Ohm]	X [Ohm] und Z [Ohm]	Winkel phi [°]
1	0,05 bis 50,00 (Stufung 0,01)	0,05 bis 64,00 (Stufung 0,01)	40 bis 90 (Stufung 1)
2	- " -	- " -	wie phi1
3	- " -	- " -	- " -
4	- " -	- " -	- " -

KU	- " -	- " -	- " -
VG	- " -	- " -	- " -

Die Auslösefläche ist ein rauteförmiges Impedanzpolygon, ein MHO Kreis oder ein polarisierter MHO Kreis.

Verfahrenstechnische Nachbildung

Der jeweilige primäre Wert für R, X und Z ergibt sich somit aus

$$R_{\text{pri}} = R_{\text{sec}} * \frac{\ddot{U}_{\text{spg}}}{\ddot{U}_{\text{str}}}$$

bzw.

$$X_{\text{pri}} = X_{\text{sec}} * \frac{\ddot{U}_{\text{spg}}}{\ddot{U}_{\text{str}}}$$

bzw.

$$Z_{\text{pri}} = Z_{\text{sec}} * \frac{\ddot{U}_{\text{spg}}}{\ddot{U}_{\text{str}}}$$

4.1.35 SEL321

Funktionsweise:

- Digitales Schutzgerät mit Einstellwerten R, X, Z und Winkel phi

Unterstützte Messarten:

- [Impedanzpolygon \(nur Erdauslösung\)](#)
- [MHO Kreis \(Phasen- und Erdauslösung\)](#)
- [MHO Kreis polarisiert \(Phasen- und Erdauslösung\)](#)

Unterstützte Nennströme:

- 1 Ampere
- 5 Ampere

1 Ampere Nennstrom			
Stufe	R [Ohm]	X [Ohm] und Z [Ohm]	Winkel phi [°]
1	0,25 bis 250,00 (Stufung 0,01)	0,25 bis 320,00 (Stufung 0,01)	40 bis 90 (Stufung 1)
2	- " -	- " -	wie phi1
3	- " -	- " -	- " -
4	- " -	- " -	- " -
KU	- " -	- " -	- " -
VG	- " -	- " -	- " -

5 Ampere Nennstrom			
Stufe	R [Ohm]	X [Ohm] und Z [Ohm]	Winkel phi [°]
1	0,05 bis 50,00 (Stufung 0,01)	0,05 bis 64,00 (Stufung 0,01)	40 bis 90 (Stufung 1)
2	- " -	- " -	wie phi1
3	- " -	- " -	- " -
4	- " -	- " -	- " -
KU	- " -	- " -	- " -
VG	- " -	- " -	- " -

Die Auslösefläche ist ein rauteförmiges Impedanzpolygon, ein MHO Kreis oder ein polarisierter MHO Kreis.

Verfahrenstechnische Nachbildung

Der jeweilige primäre Wert für R, X und Z ergibt sich somit aus

$$R_{\text{pri}} = R_{\text{sec}} * \frac{\ddot{u}_{\text{spg}}}{\ddot{u}_{\text{str}}}$$

bzw.

$$X_{\text{pri}} = X_{\text{sec}} * \frac{\ddot{u}_{\text{spg}}}{\ddot{u}_{\text{str}}}$$

bzw.

$$Z_{\text{pri}} = Z_{\text{sec}} * \frac{\ddot{u}_{\text{spg}}}{\ddot{u}_{\text{str}}}$$

4.2 Verfahrensbeschreibung

Die Aufgabe dieses Simulationsverfahrens ist es, die Einstellwerte für Distanzschutzgeräte zu ermitteln. Anhand der im Netz eingebauten Schutzgeräte und Schutzgerätetypen wird zuerst die minimale primäre Netzimpedanz über eine Lösungsstrategie bestimmt.

Da es verschiedene Konzepte bzw. Philosophien zur Ermittlung der primären Netzimpedanz der Schutzgeräte gibt, sind diese als **Lösungs-Strategien** im Simulationsverfahren implementiert.

Zurzeit sind folgende Lösungs-Strategien für die Ermittlung der primären Netzimpedanz für vorwärts und ungerichtete Auslösestufen verfügbar:

- **DISTAL-Strategie:**
Diese Strategie basiert auf dem Programm DISTAL. Die Distanzschutzgeräte werden nach dem Kriterium der absoluten Selektivität eingestellt.
- **Leitungsimpedanz-Strategie:**
Diese Strategie ermittelt die Impedanzflächen der Schutzgeräte und somit deren Einstellwerte aufgrund der Summe der Leitungsimpedanzen der Schutzbereiche.
- **Leitungsimpedanz-Strategie zugeschaltet:**
Diese Strategie ermittelt die Einstellwerte der Schutzgeräte aufgrund der Leitungsimpedanzen im Netz.
- **Mittelspannungsnetz-Strategie:**
Diese Strategie ermittelt die Impedanzflächen der Schutzgeräte und somit deren Einstellwerte aufgrund der Schleifenimpedanzen der Schutzbereiche.

Zurzeit gibt es keine Lösungs-Strategien für die Ermittlung der primären Netzimpedanz für rückwärts gerichtete Auslösestufen.

Die Ermittlung der Einstellwerte für die Auslösestufen erfolgt getrennt für die Richtung vorwärts und rückwärts. Bei der Ermittlung der Einstellwerte für die Richtung vorwärts werden alle vorwärts und ungerichteten Auslösestufen sowie die Kurzunterbrechung und der Vergleichsschutz herangezogen. Bei der Ermittlung der Einstellwerte für die Richtung rückwärts werden alle rückwärts gerichteten Auslösestufen herangezogen.

Die Stufenbezeichnung in der Einstellwertermittlung kann daher von der Stufenbezeichnung laut Eingabemaske abweichen. Die erste Stufe in der Einstellwertermittlung ist je nach aktueller Richtung (vorwärts oder rückwärts) die erste vorwärts gerichtete bzw. ungerichtete aktive Auslösestufe oder die erste rückwärts gerichtete aktive Auslösestufe. Für die zweite, dritte, vierte, fünfte und sechste Stufe in der Einstellwertermittlung gilt das Gleiche. In der aktuellen Richtung der Einstellwertermittlung können je nach Angabe in der Eingabemaske keine oder bis zu sechs Auslösestufen herangezogen werden.

Mit Hilfe der Staffelfaktoren wird aus der primären Netzimpedanz die primäre Kippunktimpedanz bestimmt. Die primäre Kippunktimpedanz kann auch direkt vom Anwender vorgegeben werden.

Anhand der im Netz eingebauten Wandler, Schutzgerätetypen und der primären Kippunktimpedanz werden die tatsächlich an den Schutzgeräten einzustellenden sekundären Werte berechnet. Die Einstellwerte werden dabei immer auf den nächst kleineren möglichen Einstellwert abgerundet.

Ob mit den ermittelten Einstellwerten das gewünschte Auslöseverhalten auch tatsächlich erzielt wird, kann mit Hilfe einer Schutzstreckensimulation geprüft werden.

Die Ermittlung der Auslösezeiten ist für alle Strategien zur Impedanzermittlung identisch. Die Auslösezeit wird über die bevorzugten Auslösezeiten, den Staffelabstand und die Auslösezeiten der unterlagerten Schutzgeräte bestimmt.

4.2.1 Vorgaben für Impedanzermittlung

Die Ermittlung der primären Netzimpedanz wird über Vorgaben bei Berechnungsparametern, Netzebenen und Schutzgerätedaten festgelegt.

Festlegung durch Schutzgerätedaten

Staffelfaktor für vorwärts und ungerichtete Auslösestufen

Ist der **Staffelfaktor für die zweite Stufe** größer als 100 Prozent, so wird die primäre Netzimpedanz der ersten Stufe verwendet.

Ist der **Staffelfaktor für die dritte Stufe** größer als 100 Prozent, so wird die maximale primäre Netzimpedanz der zweiten Stufe verwendet.

Ist die **gerichtete Endzeit** des Schutzgerätes kleiner gleich der Auslösezeit einer Stufe, so wird die primäre Netzimpedanz der vorherigen Stufe verwendet. Diese Vorgabe hat eine höhere Priorität als die Vorgabe über die Staffelfaktoren.

Einstellung gleich zur vorhergehenden Auslösestufe

Es wird die primäre Netzimpedanz der vorherigen Stufe verwendet. Diese Einstellmöglichkeit gibt es daher erst ab der zweiten Stufe.

Kipppunktsimpedanz der Auslösestufe

Die vorgegebene Kipppunktsimpedanz wird für die Ermittlung der Einstellwerte verwendet.

Allgemeine Festlegungen

Als primäre Netzimpedanz der ersten Stufe wird die kleinste Impedanz bis zum Einbauort des nächsten Schutzgerätes verwendet. Ist die Zeitdifferenz zwischen der Auslösestufe des aktuellen Schutzgerätes und der des nachfolgenden Schutzgerätes größer als der minimale Staffelabstand, so wird der Staffelfaktor dieser Stufe berechnet. Dadurch reicht diese Stufe über das nächste Schutzgerät hinaus.

Ein UMZ Schutzgerät auf einem Transformator begrenzt den Schutzbereich. Die Impedanz bis zu diesem Netzknoten wird jedoch nicht zur Ermittlung der kleinsten Impedanz der ersten Stufe herangezogen.

Als primäre Netzimpedanz der zweiten bzw. dritten Stufe wird die kleinste Impedanz bis zum Kipppunkt der ersten bzw. zweiten Stufe eines nachfolgenden Schutzgerätes herangezogen, wenn sich der Kipppunkt auch topologisch in der zweiten bzw. dritten Stufe befindet.

Als primäre Netzimpedanz der vierten Stufe wird die kleinste primäre Netzimpedanz der dritten Stufe verwendet.

Als primäre Netzimpedanz der fünften und sechsten Stufe wird die größte primäre Netzimpedanz der dritten Stufe verwendet.

Ist die Kippunktimpedanz der zweiten, dritten, vierten, fünften oder sechsten Stufe kleiner als jene der vorhergehenden Stufe, so wird die Impedanz der vorhergehenden Stufe für die Ermittlung der Einstellwerte herangezogen.

Ist die Auslösezeit einer Stufe kleiner gleich der Auslösezeit einer gerichteten Stromanregung, so wird die Stufe identisch zur vorherigen Stufe gesetzt.

Festlegung durch Berechnungsparameter

Über die Schutzeinstellwerte Berechnungsparameter werden

- die Strategie für die Ermittlung der primären Netzimpedanz,
- die Mindestreichweite der zweiten Schutzzone,
- der Ablauf der Berechnung der Auslösestufen,
- die Zusatzinformationen für die Ermittlung der primären Netzimpedanz und
- die Verzögerungszeiten

festgelegt.

Behandlung der Transformatoren

Über das Attribut **Behandlung der Transformatoren** in den Schutzeinstellwerte Berechnungsparametern kann der Schutzbereich für die Ermittlung der primären Netzimpedanz beeinflusst werden. Hierbei sind folgende Optionen verfügbar:

- Mit Transformatoren
- Ohne Transformatoren am Stichende
- Ohne Transformatoren

Anhand der folgenden Netztopologie ergibt sich der Schutzbereich der ersten Zone je nach Behandlung der Transformatoren.

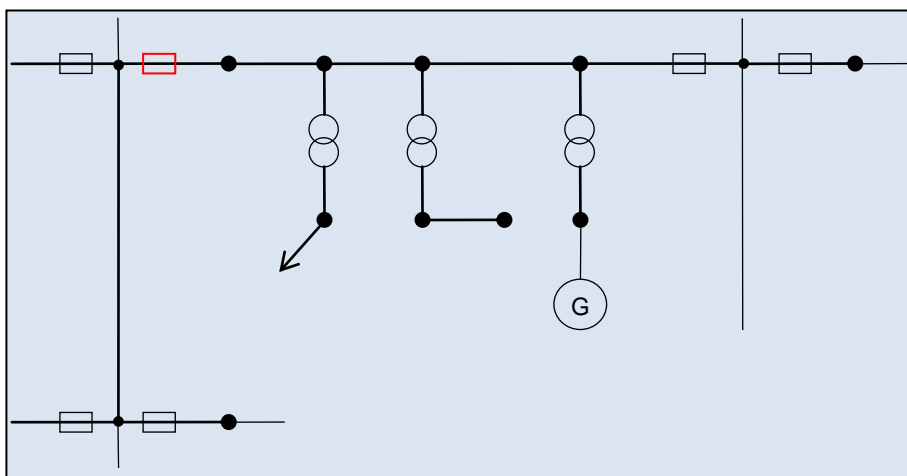


Bild: Netztopologie laut Benutzereingabe

Bei **Berücksichtigung von Transformatoren** verbleiben alle Netzelemente im Schutzbereich.

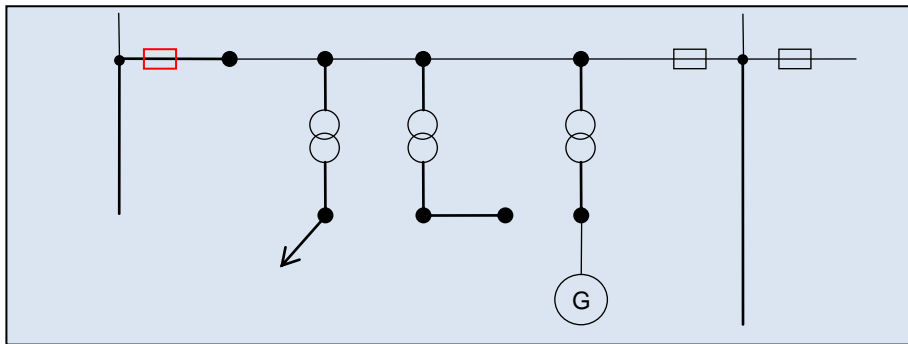


Bild: Schutzbereich bei Berücksichtigung von Transformatoren

Bei **Ohne Transformatoren am Stichende** werden alle Transformatoren ignoriert, die als Stichenden und an denen keine Einspeisung angeschlossen ist.

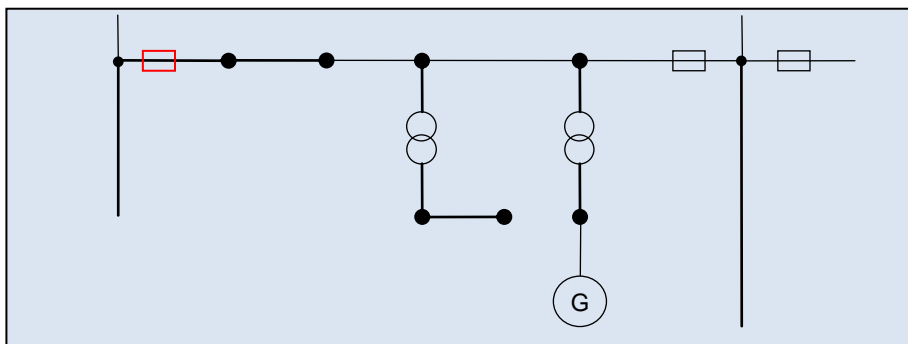


Bild: Schutzbereich ohne Transformatoren am Stichende

Bei **Ohne Transformatoren** werden alle Transformatoren ignoriert.

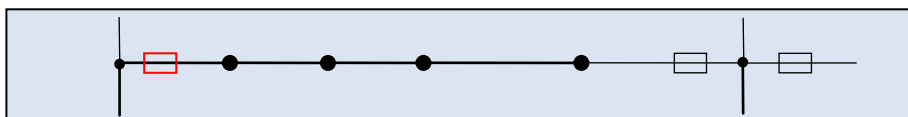


Bild: Schutzbereich ohne Transformatoren

Behandlung der Einspeiseknoten

Über das Attribut **Behandlung der Einspeiseknoten** in den Schutzeinstellwerte Berechnungsparametern kann der Schutzbereich für die Ermittlung der primären Netzimpedanz beeinflusst werden. Hierbei sind folgende Optionen verfügbar:

- Keiner
- Slackknoten
- Slackknoten und Transformator
- Slackknoten und Transformatorgegenknoten

Anhand der folgenden Netztopologie ergibt sich der Schutzbereich der ersten Zone je nach Behandlung der Einspeiseknoten.

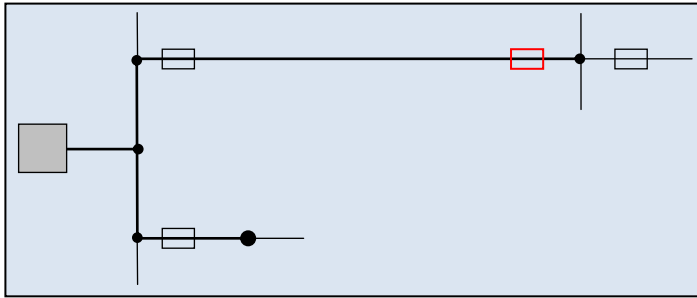


Bild: Netztopologie mit direkter Einspeisung laut Benutzereingabe

Ohne spezielle Behandlung verbleiben alle Netzelemente im Schutzbereich. Die Begrenzung des Schutzbereiches ergibt sich über das Schutzgerät im parallelen Abgang. Das Schutzgerät staffelt laut Vorgabe für die einzelnen Zonen.

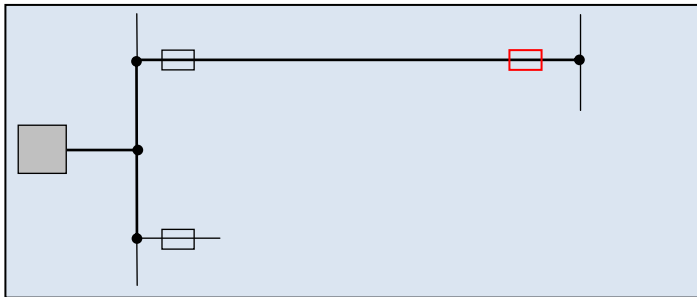


Bild: Schutzbereich ohne spezielle Behandlung von Einspeiseknoten

Bei Begrenzung des Schutzbereiches durch einen **Slackknoten** endet der Schutzbereich an diesem Knoten. Der verbleibende Netzbereich ist ein Stich. Das Schutzgerät staffelt laut Vorgabe für Sticleitungen.



Bild: Schutzbereich mit Begrenzung an Slackknoten

Da die Einspeisung direkt an das Netz angeschlossen ist, ergeben die weiteren Einstellmöglichkeiten den gleichen Schutzbereich wie bei Begrenzung durch den **Slackknoten**. Erst bei Einspeisung über einen Transformator ergeben sich weitere Möglichkeiten.

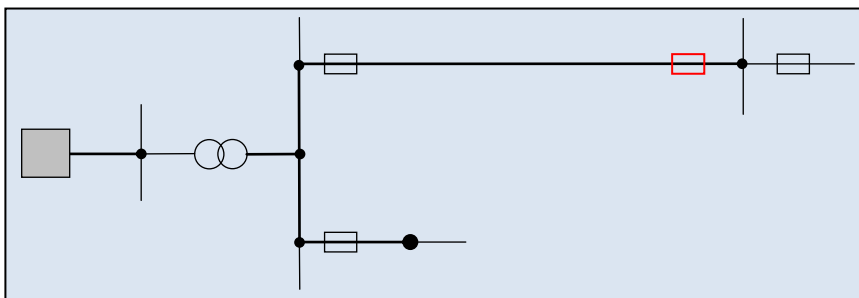


Bild: Netztopologie mit Einspeisung über Transformator laut Benutzereingabe

Bei Begrenzung des Schutzbereiches durch den **Slackknoten und Transformator** endet der Schutzbereich an diesen Knoten/Elementen. Der Schutzbereich endet daher hinter dem Transformator bzw. bei dem Schutzgerät am parallelen Abgang. Das Schutzgerät staffelt laut Vorgabe für die einzelnen Zonen.

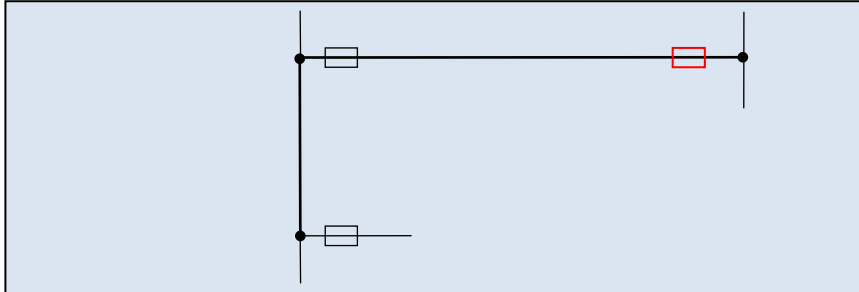


Bild: Schutzbereich mit Begrenzung an Slackknoten und Transformator

Bei Begrenzung des Schutzbereiches durch den **Slackknoten und Transformatorgegenknoten** endet der Schutzbereich an diesen Knoten/Elementen. Der verbleibende Netzbereich ist ein Stich. Das Schutzgerät staffelt laut Vorgabe für Stichleitungen.

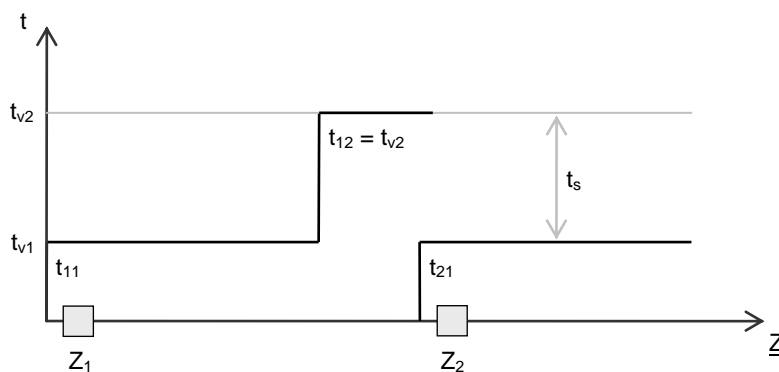


Bild: Schutzbereich mit Begrenzung an Slackknoten und Transformatorgegenknoten

Verzögerungszeiten

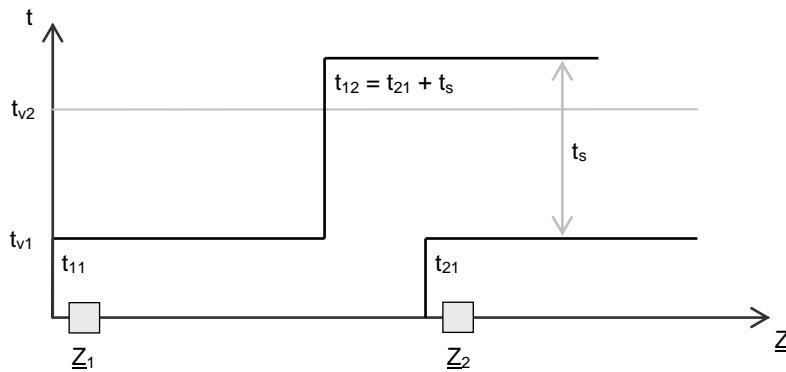
Die Verzögerungszeiten werden als bevorzugte Auslösezeiten herangezogen, wenn die Auslösezeit der jeweiligen Stufe mit 0.0 Sekunden angegeben ist und wenn der Staffelabstand eingehalten wird.

Ist der Staffelabstand größer als die bei den Verzögerungszeiten vorgegebene minimale Staffelzeit, so wird die Auslösezeit der zweiten Stufe auf die bevorzugte Auslösezeit gesetzt.



Beispiel: Zeitermittlung bei Unterschreitung der minimalen Staffelzeit

Ist der Staffeld Abstand kleiner als die bei den Verzögerungszeiten vorgegebene minimale Staffelzeit, so wird die Zeit der zweiten Stufe auf die Auslösezeit der ersten Stufe des nachfolgenden Schutzgerätes plus der minimalen Staffelzeit gesetzt. Die Auslösezeit der zweiten Stufe muss höher als die bevorzugte Auslösezeit gesetzt werden.



Beispiel: Zeitermittlung bei Überschreitung der minimalen Staffelzeit

Festlegung durch Netzebenenendaten

Über die Netzebene wird die Lichtbogenreserve für jede Spannungsebene und für jede Messart festgelegt. Die Lichtbogenreserve wird vor der Ermittlung der Einstellwerte zur Kippunktimpedanz je nach Vorgabe addiert.

Faktor R aus X

$$\underline{Z}_{kSet} = R_k + f_R \cdot \text{abs}(X_k) + jX_k$$

R Lichtbogen (primär)

$$\underline{Z}_{kSet} = R_k + R_{LB} + jX_k$$

Minimum R/X

für $R_k/jX_k < \text{Minimum R/X}$:

$$\underline{Z}_{kSet} = X_k \cdot R/X + jX_k$$

für $R_k/jX_k \geq \text{Minimum R/X}$:

$$\underline{Z}_{kSet} = R_k + jX_k$$

- \underline{Z}_{kSet} ... Kippunktimpedanz für Einstellwertermittlung
- R_k ... Kippunktswiderstand laut Strategie
- X_k ... Kippunktsreaktanz laut Strategie
- R_{LB} ... Lichtbogenwiderstand
- R/X ... Minimalwert für Verhältnis R/X
- f_R ... Faktor für Widerstand

4.2.2 Messart

Der Begriff Messart kennzeichnet die Art der Impedanzfläche (R/X), die am Schutzgerät eingestellt werden kann. Je nach Distanzschutzgerät werden eine oder mehrere Messarten – und somit Impedanzflächen – unterstützt.

Ältere Schutzgeräte arbeiten analog und haben eine kreisförmige Auslösefläche. Neuere Schutzgeräte arbeiten digital und können eine kreisförmige Auslösefläche sowie eine polygonförmige Auslösefläche nachbilden.

Es stehen die folgenden Messarten und somit auch Impedanzflächen zur Verfügung.

- [Analog Impedanzmessung – Impedanzkreis](#)
- [Analog Mischimpedanzmessung – Mischimpedanzkreis](#)
- [Analog Konduktanzmessung – Konduktanzkreis](#)
- [Digital Polygon – Impedanzpolygon \(mit/ohne Vorgabe von \$R/X > 1\$ \)](#)
- [Digital Reaktanzmessung – Reaktanzrechteck](#)
- [Digital MHO – MHO Kreis](#)
- [Digital MHO polarisiert – MHO Kreis polarisiert](#)

Die Flächen werden bei der Ermittlung der Einstellwerte für die Distanzschutzgeräte vereinfacht aus der Kippunktimpedanz aufgebaut. Am Schutzgeräte selbst muss danach über die verfügbaren Einstellwerte eine möglichst äquivalente Fläche aufgebaut werden.

Zusammenfassung aller zum Berechnen der Einstellwerte wichtigen Formeln:

Formelzeichen	Beschreibung
R	Resistanz
X	Reaktanz
$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$	Impedanz
$\frac{1}{G} = Z_k = R + \frac{X^2}{R}$	Konduktanz (reziproker Leitwert als Widerstand gerechnet)
c	Messbereich

Impedanzkreis

Der Impedanzkreis ist ein Kreis, dessen Mittelpunkt im Koordinatenursprung der R/X Ebene liegt.

Als die kleinste primäre Netzimpedanz wird jene herangezogen, die den kleinsten Absolutwert liefert.

$$r = \frac{2}{c} * \frac{\ddot{u}_{str}}{\ddot{u}_{spg}} \sqrt{R^2 + X^2}$$

oder

$$r = \frac{2Z_{\text{sec}}}{c}$$

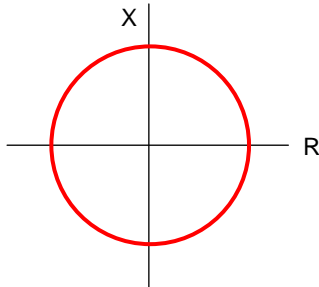


Bild: Impedanz-Fläche

Mischimpedanzkreis

Der Mischimpedanzkreis ist ein Kreis, dessen Durchmesser auf der R-Achse in der R/X Ebene liegt und die X-Achse bei der Kippungsreaktanz schneidet.

Als die kleinste primäre Netzimpedanz wird jene herangezogen, die den kleinsten Absolutwert liefert.

$$r = \frac{2}{c} * \frac{\ddot{u}_{\text{str}}}{\ddot{u}_{\text{spg}}} * 1,05X$$

oder

$$r = \frac{2,1X_{\text{sec}}}{c}$$

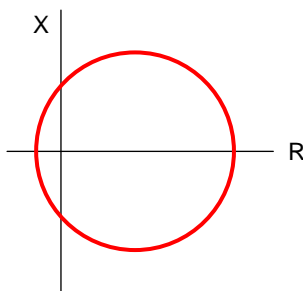


Bild: Mischimpedanz-Fläche

Konduktanzkreis

Der Konduktanzkreis ist ein Kreis, dessen Durchmesser auf der R-Achse in der R/X Ebene liegt und die X-Achse berührt.

Als die kleinste primäre Netzimpedanz wird jene herangezogen, die den kleinsten Konduktanzkreis liefert.

Der Radius des Konduktanzkreises wird wie folgt ermittelt.

$$r = \frac{1}{c} * \frac{\ddot{u}_{str}}{\ddot{u}_{spg}} \left(R + \frac{X^2}{R} \right)$$

oder

$$r = \frac{Z_k \sec}{c}$$

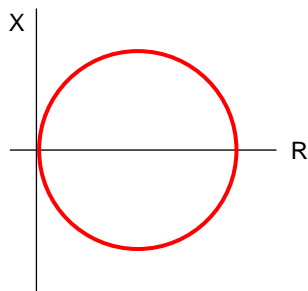


Bild: Konduktanz-Fläche

Impedanzpolygon

Bei dieser Messart wird die Impedanzfläche durch ein Polygon beschrieben. Durch Angabe des Winkels phi kann eine Neigung der R/X Fläche definiert werden.

In der Einstellwertermittlung wird das Impedanzpolygon vereinfacht als Rechteck gesehen. Wenn eine Neigung möglich ist, so wird der Winkel der Kippunktsimpedanz der ersten Stufe als Einstellwert für den Winkel phi vorgesehen.

Als die kleinste primäre Netzimpedanz wird jene herangezogen, die den kleinsten Reaktanzwert liefert.

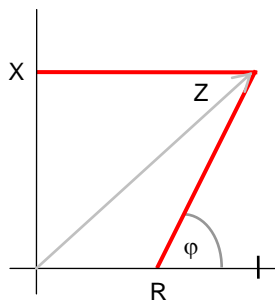


Bild: Impedanzpolygon

Speziell für die erste Zone kann durch Vorgabe eines Winkels alpha eine Abschrägung des Polygons vorgenommen werden.

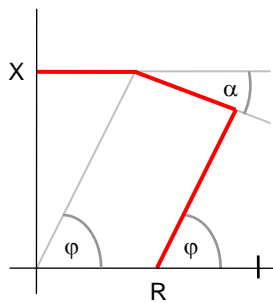


Bild: Impedanzpolygon für die erste Zone

Reaktanzrechteck

Das Reaktanzrechteck ist ein Rechteck in der R/X Ebene, wo der X-Wert vorgegeben ist. In R-Richtung gibt es keine Begrenzung. Als R-Wert wird der größte auftretende Wert herangezogen. Das Reaktanzrechteck wird während der Schutzsimulation automatisch angepasst.

Als die kleinste primäre Netzimpedanz wird jene herangezogen, die den kleinsten Reaktanzwert aufweist.

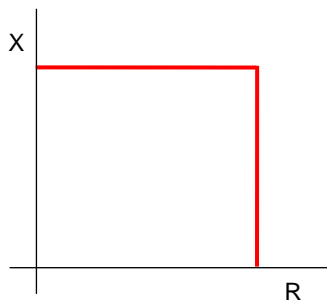


Bild: Reaktanzrechteck

MHO Kreis

Der MHO Kreis ist ein Kreis, der durch den Koordinatenursprung geht und dessen Durchmesser auf der Leitungsgeraden liegt. Der Winkel der Kippunktimpedanz der ersten Stufe wird als Winkel der Leitungsgeraden angenommen.

Als die kleinste primäre Netzimpedanz wird jene herangezogen, die den kleinsten MHO Kreis mit der Leitungsgeraden liefert.

Um aus einer Impedanz mit R und X den MHO Kreis zu bestimmen, muss durch den Punkt R/X in der R/X Ebene eine Gerade, die normal zum Impedanzzeiger liegt, mit der Leitungsgeraden geschnitten werden. Der Schnittpunkt ergibt dann den Durchmesser des MHO Kreises.

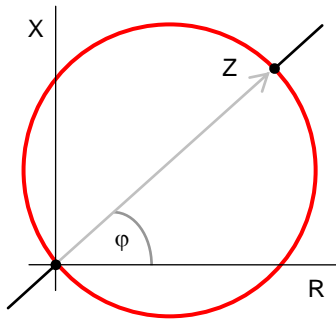


Bild: MHO Kreis – vorwärts

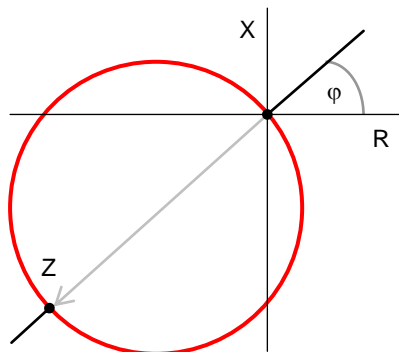


Bild: MHO Kreis – rückwärts

MHO Kreis polarisiert

Der polarisierte MHO Kreis ist ein Kreis, der auf den MHO Kreis basiert. Durch die Polarisation wird der Kreis entgegen der Fehlerrichtung vergrößert oder verkleinert.

Die Polarisationsspannung wird in PSS SINCAL immer über die Vorfehlerspannung nach folgender Formel ermittelt:

$$\underline{U}_p = (1,0 - k_{Vor}) * \underline{U}_{Act} + k_{Vor} * \underline{U}_{Vor}$$

- \underline{U}_p ... Polarisationsspannung
- k_{Vor} ... Einstellung Bewertungsfaktor Vorfehlerpolarisation
- \underline{U}_{Act} ... Aktuelle Spannung der Impedanzschleife
- \underline{U}_{Vor} ... Vorfehlerspannung der Impedanzschleife

Der Einstellwert für den Bewertungsfaktor für Vorfehlerpolarisation wird einmal für alle Stufen vorgesehen. Die Impedanzverschiebung wird danach mit Hilfe der Polarisationsspannung und dem Strom wie folgt ermittelt:

$$\underline{Z}_{Vor} = \frac{\underline{U}_p}{\underline{I}_{Act}}$$

- \underline{U}_p ... Polarisationsspannung

- I_{Act} ... Aktueller Strom der Impedanzschleife
 Z_{Vor} ... Impedanzverschiebung bei Polarisierung mittels Vorfehlerspannung

Als die kleinste primäre Netzimpedanz wird jene herangezogen, die den kleinsten unpolarisierten MHO Kreis mit der Leitungsgeraden liefert.

Um aus einer Impedanz mit R und X den unpolarisierten MHO Kreis zu bestimmen, muss durch den Punkt R/X in der R/X Ebene eine Gerade, die normal zum Impedanzzeiger liegt, mit der Leitungsgeraden geschnitten werden. Der Schnittpunkt ergibt dann den Durchmesser des MHO Kreises.

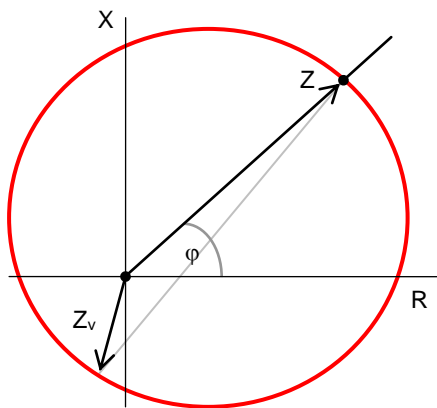


Bild: MHO Kreis – vorwärts – Fehler in Vorwärtsrichtung

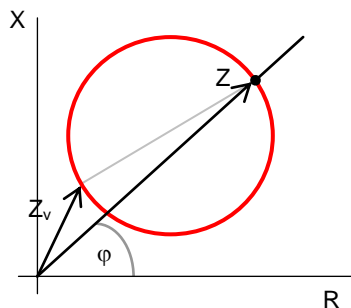


Bild: MHO Kreis – vorwärts – Fehler in Rückwärtsrichtung

4.2.3 Staffelfaktoren

Im Schutzgerät werden Auslöseflächen eingestellt, welche sich aus den im Netz vorhandenen Schaltorten und ihnen zugeordneten Selektivschutzzonen ergeben. Die Auslösung erfolgt entsprechend dem gemessenen Impedanzwert nach Ablauf der dazu eingestellten Kommandozeit (Auslösezeit).

Zur Visualisierung der Schutzgeräteeinstellung haben sich aber Staffelfläche mit Impedanz-Zeit-Kennlinien bewährt.

Die Staffelfaktoren bestimmen die Größe der Schutzzonen anhand eines Prozentwertes der Leitungsimpedanz.

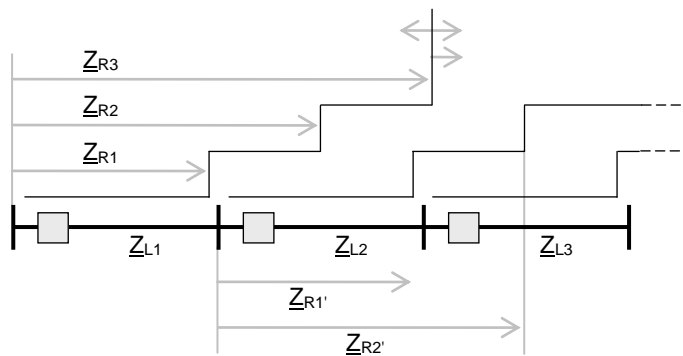


Bild: Staffelfaktoren

Wenn es kein unterlagertes Schutzgerät in der ersten, zweiten und dritten Zone mehr gibt, so wird der Staffelfaktor der jeweiligen Zone (st_1 , st_2 , st_3) durch den Staffelfaktor für Stichleitungen (st_{Stich}) ersetzt.

Stufe 1

$$Z_{R1} = \frac{st_1}{100} * Z_{L1}$$

Stufe 2

$$Z_{R2} = \left(Z_{L1} + Z_{L2} * \frac{st_1}{100} \right) * \frac{st_2}{100}$$

Stufe 3

$$Z_{R3} = \left(Z_{L1} + \left(Z_{L2} + Z_{L3} * \frac{st_1}{100} \right) * \frac{st_2}{100} \right) * \frac{st_3}{100}$$

Stufe 4

$$Z_{R4} = Z_{R3\min} * \frac{st_4}{100}$$

Stufe 5

$$Z_{R5} = Z_{R3\max} * \frac{st_5}{100}$$

Stufe 6

$$Z_{R6} = Z_{R3\max} * \frac{st_6}{100}$$

Kurzunterbrechung

$$Z_{KU} = Z_{L1} * \frac{st_{KU}}{100}$$

Vergleichsschutz

$$Z_{VGL} = Z_{L1} * \frac{st_{VGL}}{100}$$

Empfohlene Staffelfaktoren

$$st_1 = st_2 = st_3 = 90\%$$

$$st_{KU} = st_{VGL} = 120\%$$

Stufen des nächsten Schutzgerätes

$$Z_{R1'} = Z_{L2} * \frac{st_1}{100}$$

$$Z_{R2'} = \left(Z_{L2} + Z_{L3} * \frac{st_1}{100} \right) * \frac{st_2}{100}$$

4.2.4 DISTAL-Strategie

Die DISTAL-Strategie ermittelt die Einstellwerte der Schutzgeräte nach dem Kriterium der absoluten Selektivität.

Hierbei gilt folgendes:

- Es werden alle Schutzgeräte in Richtung Leitung betrachtet.
- Es werden alle am Schutzgeräte-Einbauort abgehenden Zweige abgetrennt außer jenem Zweig, in dem das Schutzgerät eingebaut ist.
- Es wird ein Generator am Schutzgeräte-Einbauort generiert, um die Netzimpedanz des Schutzgerätes zu ermitteln.
- Dabei können wahlweise die tatsächlichen Generatoren im Netz deaktiviert bzw. berücksichtigt werden.
- Für Impedanzpolygone können durch Vorgabe eines minimalen Wertes von R/X ungünstige Impedanzflächen (schmal und hoch) vermieden werden.

Arten der Schutzbereiche

Ein Distanzschutzgerät ermittelt die Fehlerimpedanz aus Leitungsspannung und Strom am Einbauort.

Das Schutzgerät misst die Fehlerentfernung deshalb nur richtig, wenn die Verbindung von Schutzgerät zu Fehlerstelle ein unverzweigter Stich ist, oder wenn ein Baum mit nur einer Einspeisestelle am Einbauort vorliegt.

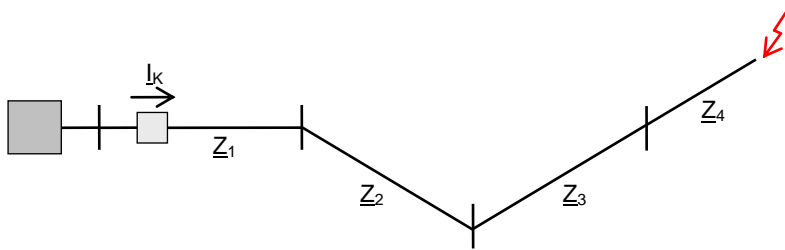


Bild: Schutzbereich als Stich

$$Z_R = \frac{U}{I_K} = Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4$$

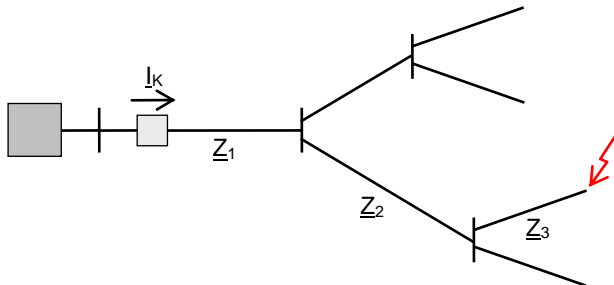


Bild: Schutzbereich als Baum

$$Z_R = \frac{U}{I_K} = Z_1 + Z_2 + Z_3$$

Jeder Parallelweg vergrößert die Reichweite des Schutzgerätes, bzw. das Schutzgerät "sieht" den Fehler in kleinerer Entfernung.

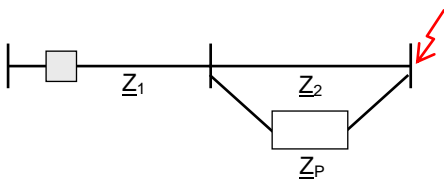


Bild: Schutzbereich mit Parallelweg

$$Z_R = Z_1 + \frac{Z_2 * Z_P}{Z_2 + Z_P} = Z_1 + Z_2 \left(\frac{Z_P}{Z_2 + Z_P} \right)$$

Jede Zwischeneinspeisung (zwischen Einbauort des Schutzgerätes und Fehlerstelle) verkürzt die Reichweite des Schutzgerätes, bzw. das Schutzgerät "sieht" den Fehler in größerer Entfernung.

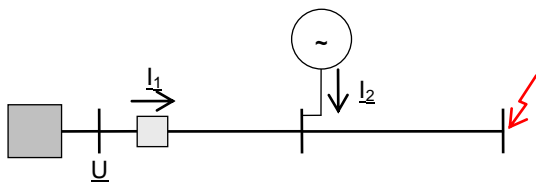


Bild: Schutzbereich mit Zwischeneinspeisung

$$\underline{U} = I_1 * \underline{Z}_1 + (I_1 + I_2) * \underline{Z}_2$$

$$\underline{Z}_R = \frac{\underline{U}}{I_1} = \underline{Z}_1 + \frac{I_1 + I_2}{I_1} * \underline{Z}_2$$

Im allgemeinen Fall liegt ein vermaschtes Netz mit mehreren Einspeisungen vor. Folgendes Bild zeigt einen Weg in einem vermaschten Netz, auf dem die Reichweite des Schutzgerätes (das am Anfang des Weges liegt) untersucht werden soll:

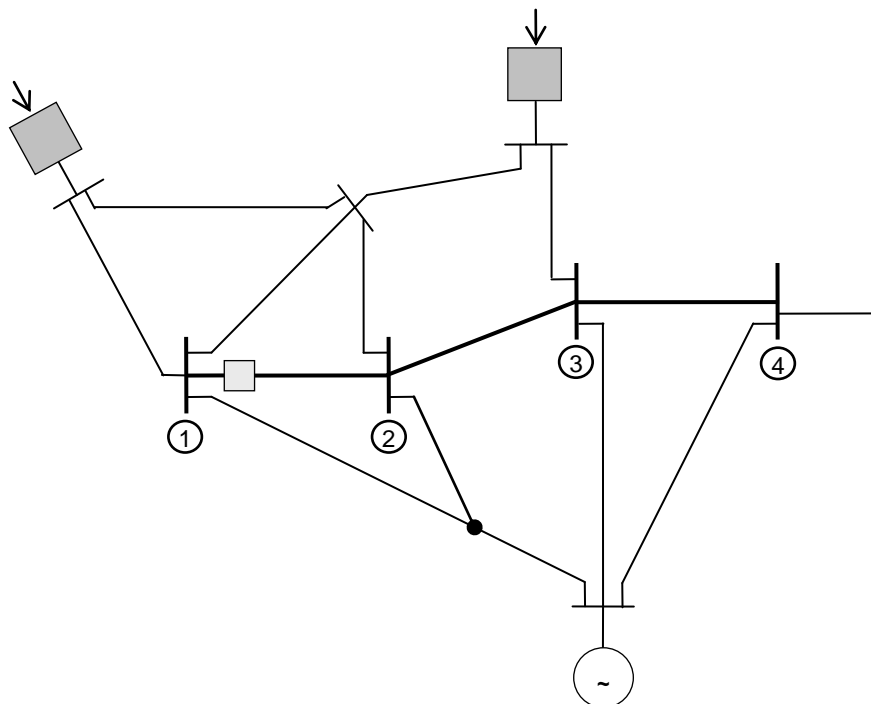


Bild: Schutzbereich in vermaschtem Netz

Jedes Netz kann durch Umformen auf folgende Form gebracht werden:

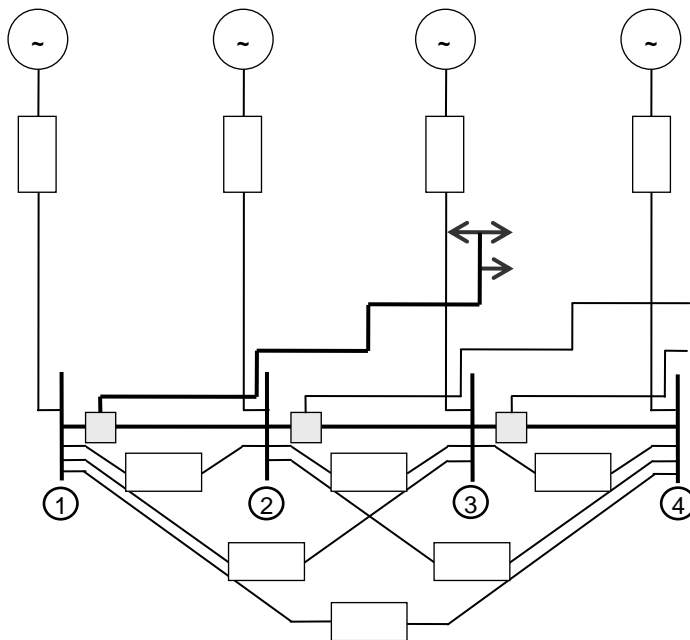


Bild: Umgeformtes vermaschtes Netz

Der allgemeine Fall enthält:

- Einspeisung mit Vorreaktanz an jeder Station
- Parallelverbindungen zwischen allen Stationen

Zur exakten Einstellung des Schutzgerätes müssen alle Einspeisungen und alle Parallelverbindungen berücksichtigt werden.

Die so ermittelte Einstellung ist nur für den zugrunde gelegten Netzzustand richtig.

Die Änderung der Einspeiseverhältnisse oder das Ab- bzw. Zuschalten von Leitungen verändert jedoch die vom Schutzgerät gemessene Impedanz. Insbesondere bei Abschaltung von Zwischeneinspeisungen misst das Schutzgerät zu weit. Damit wäre die Staffelsicherheit, d.h. die selektive Abschaltung nicht mehr gegeben.

Damit für alle möglichen Einspeise- und Schaltzustände des Netzes die Staffelsicherheit gewahrt bleibt, muss zur Ermittlung der Staffelwiderstände jener Netzzustand gewählt werden, bei dem das Schutzgerät am weitesten misst. Bei allen anderen Netzzuständen kann das Schutzgerät dann nur noch kürzer messen, d.h. es wird nie über die zulässige Staffलगrenze übergreifen.

Der Fall, dass das Schutzgerät die größte Reichweite hat, ist dann gegeben, wenn:

- alle Zwischeneinspeisungen (die die Reichweite verkürzen, wie oben erläutert) entfernt werden
- eine Einspeisung an der Station des Schutzgerätes vorhanden ist
- alle Parallelwege berücksichtigt werden (die von der Station 1 ausgehenden Parallelwege sind dabei nicht zu berücksichtigen, da sie keinen Parallelweg für den durch das Schutzgerät fließenden Kurzschlussstrom darstellen, sondern als Zwischeneinspeisung wirken)

Der zur Ermittlung der Einstellwerte des Schutzgerätes 1 umgeformte Netzgraph sieht dann wie folgt aus:

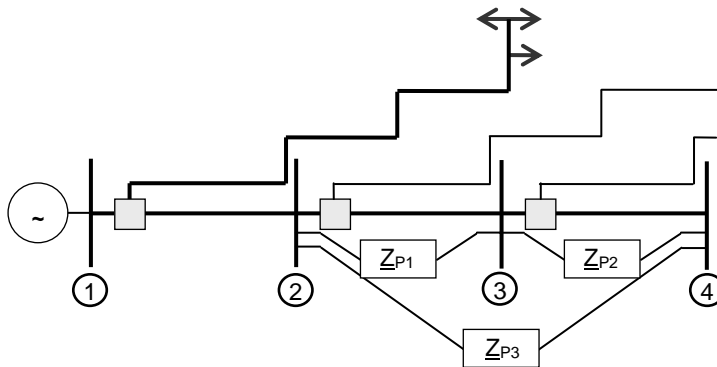


Bild: Umgeformter Netzgraph

Z_{P1} , Z_{P2} und Z_{P3} sind die Ersatzimpedanzen für den gesamten parallel liegenden Netzteil. (Parallele Widerstände der untergeordneten Netzebene werden nicht berücksichtigt, da diese über die relativ hochohmigen Abspanntransformatoren abgeblockt sind).

Die so ermittelten Staffelnwiderstände ergeben eine Staffelung, die ein höchstes Maß an Selektivität garantiert. Selbst im ungünstigsten Schalt- und Einspeisezustand des Netzes kommt es zu keiner unselektiven Auslösung (worst case-Staffelung).

Für die zweite Stufe besteht die Forderung, dass sie ein Mindestmaß über die Gegenstation hinausreichen soll, damit auch dort Sammelschienenfehler mit Lichtbogen sicher erfasst werden. Das gilt insbesondere für Sammelschienen ohne eigenen Sammelschienenenschutz.

Ablauf der Berechnung der Auslösestufen

Berechnung der Stufe 1

Diese Stufe kann exakt berechnet werden. Da Rechenungenauigkeiten entfallen, wird ein Staffelfaktor von 90 % empfohlen.

Berechnung der Stufe 2

Die 2. Stufe wird zunächst unter Berücksichtigung aller Parallelwiderstände berechnet. Danach wird geprüft, ob die Stufe um einen Mindestprozentsatz über die nächste Station reicht. Dieser Wert kann in den Berechnungsparametern vorgegeben werden. Reicht die 2. Stufe nicht um diesen Prozentsatz über die nächste Station, dann wird dies durch Warnungsmeldung ausgewiesen.

Damit wird ein guter Kompromiss zwischen Selektivität und Auslösesicherheit erzielt. Die tatsächliche Reichweite der zweiten Stufe in % – bezogen auf die Leitung, in die das Schutzgerät eingebaut ist, wird im Schutzgeräteprotokoll ausgedruckt und kann dort aufgrund der Meldung kontrolliert werden.

Berechnung der Stufe 3 (Normal mit Staffelfaktor < 100 %)

Die 3. Stufe wird gemäß der Selektivität unter Berücksichtigung aller Parallelwiderstände gerechnet. Für die Leitungsbereiche, die von der 3. Stufe nicht mehr erreicht werden, wird durch die Endzeitstaffelung eine selektive Abschaltung bewirkt. Mit dieser Staffelung wird Nachdruck auf Selektivität gelegt, wobei für den seltenen Fall, dass Schutzgerät oder Schalter versagen, im vermaschten Netz etwas längere Auslösezeiten auftreten können.

Berechnung der Stufe 3 (Normal mit Staffelfaktor ≥ 100 %)

In diesem Fall muss die 3. Stufe über die übernächste Station reichen, um größere Netzausenschaltungen zu vermeiden.

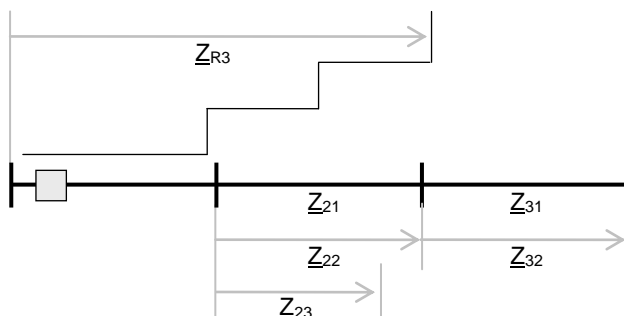


Bild: Berechnung der 3. Stufe

$$Z_{R3} = (Z_1 + Z_{2\max}) * s_3$$

In diesem Fall wird die unselektive Abschaltung von einigen zusätzlichen Leitungen in Kauf genommen, um eine größere Netzabschaltung zu vermeiden.

Berechnung der Stufe 3 wie die Stufe 2

In diesem Fall wird der gleiche Impedanzwert für die Einstellung der 2. und 3. Stufe verwendet.

4.2.5 Leitungsimpedanz-Strategie

Die Leitungsimpedanz-Strategie ermittelt die Einstellwerte der Schutzgeräte aufgrund der Leitungsimpedanzen im Netz.

Hierbei gilt folgendes:

- Es werden alle Schutzgeräte in Richtung Leitung betrachtet.
- Parallelwege werden getrennt betrachtet.
- Jedes Ende eines Schutzbereiches wird getrennt betrachtet.
- Für die Ermittlung der Einstellwerte wird jene Impedanzsumme herangezogen, die den kleinsten Konduktanzkreis bildet.

Arten der Schutzbereiche

Für die Ermittlung der Einstellwerte werden die Leitungsimpedanzen einfach summiert. Diese Vorgehensweise entspricht der Praxis bei vielen Energieversorgern.

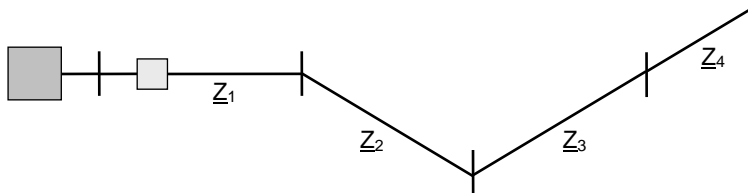


Bild: Schutzbereich als Stich

$$Z_R = Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4$$

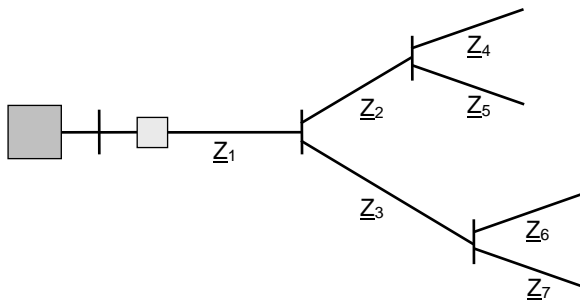


Bild: Schutzbereich als Baum

$$Z_{R1} = Z_1 + Z_2 + Z_4$$

$$Z_{R2} = Z_1 + Z_2 + Z_5$$

$$Z_{R3} = Z_1 + Z_3 + Z_6$$

$$Z_{R4} = Z_1 + Z_3 + Z_7$$

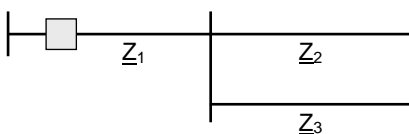


Bild: Schutzbereich mit Parallelweg

$$Z_{R1} = Z_1 + Z_2$$

$$Z_{R2} = Z_1 + Z_3$$

Ermittlung des Konduktanzkreises

Der Konduktanzkreis ist ein Kreis, dessen Durchmesser auf der R-Achse in der R/X Ebene liegt und die X-Achse berührt. Um aus einer Impedanz mit R und X den Konduktanzkreis zu bestimmen, muss durch den Punkt R/X in der R/X Ebene eine Gerade, die normal zum Impedanzzeiger liegt, mit der R-Achse geschnitten werden. Der Schnittpunkt ergibt dann den Durchmesser des Konduktanzkreises.

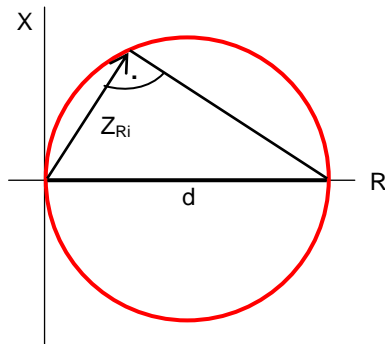


Bild: Ermittlung Durchmesser Konduktanzkreis

4.2.6 Leitungsimpedanz-Strategie zugeschaltet

Die Leitungsimpedanz-Strategie zugeschaltet ermittelt die Einstellwerte der Schutzgeräte aufgrund der Leitungsimpedanzen im Netz.

Hierbei gilt folgendes:

- Es werden alle Schalter geschlossen
- Es werden alle Schutzgeräte in Richtung Leitung betrachtet
- Parallelwege werden getrennt betrachtet
- Jedes Ende eines Schutzbereiches wird getrennt betrachtet
- Für die Ermittlung der Einstellwerte wird jene Impedanzsumme herangezogen, die den kleinsten Konduktanzkreis bildet.

Diese Strategie unterscheidet sich von der [Leitungsimpedanz-Strategie](#) nur durch das Schließen der Schalter.

4.2.7 Mittelspannungsnetz-Strategie

Die Mittelspannungsnetz-Strategie ermittelt die Einstellwerte der Schutzgeräte anhand der minimal am Schutzgeräteeinbauort auftretenden Schleifenimpedanz.

Hierbei gilt folgendes:

- Es werden alle Schutzgeräte in Richtung Leitung betrachtet.
- Es werden keine Modifikationen am Netz vorgenommen.
- Am Schutzgeräteeinbauort müssen bei Kurzschluss im Schutzbereich ein Strom und eine Spannung vorhanden sein.
- Für die Ermittlung der minimalen Schleifenimpedanzen der einzelnen Stufen wird jeweils ein Kurzschluss kurz hinter den Schutzgeräten gerechnet, welche den Schutzbereich begrenzen.

- Für Impedanzpolygone können durch Vorgabe eines minimalen Wertes von R/X ungünstige Impedanzflächen (schmal und hoch) vermieden werden.

Arten der Schutzbereiche

Ein Distanzschutzgerät ermittelt die Fehlerimpedanz aus Leitungsspannung und Strom am Einbauort.

Das Schutzgerät misst die Impedanz bis zur Fehlerstelle nur dann richtig, wenn sich die Restspannung am Schutzgerät nur über den Strom durch das Schutzgerät aufbaut. Sobald dies nicht mehr der Fall ist (Parallelwege), wird die Schleifenimpedanz größer.

Schutzbereich Stufe 1 (ohne Parallelwege für Aufbau der Restspannung)

Im folgenden Beispiel ist zu beachten, dass das betrachtete Netz vom Schutzgerät aus gesehen ein Stichnetz ist. Dies gilt für alle Fehler im Schutzbereich der ersten Zeitstufe.

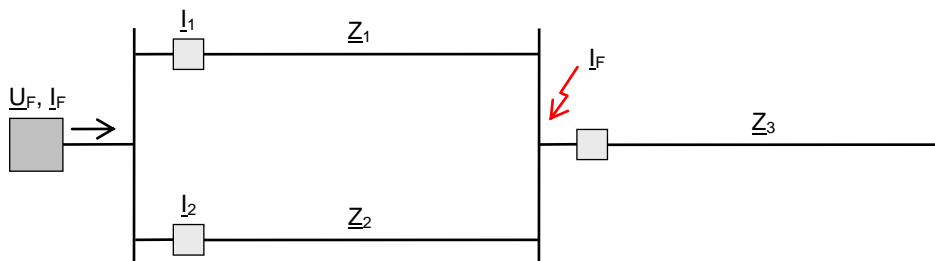


Bild: Fehler im Grenzknoten

$$\underline{U}_F = \underline{Z}_1 * \underline{I}_1 = \underline{Z}_2 * \underline{I}_2$$

$$\underline{Z}_{\text{Loop1}} = \frac{\underline{U}_F}{\underline{I}_1} = \frac{\underline{Z}_1 * \underline{I}_1}{\underline{I}_1} = \underline{Z}_1$$

$$\underline{Z}_{\text{Loop2}} = \frac{\underline{U}_F}{\underline{I}_2} = \frac{\underline{Z}_2 * \underline{I}_2}{\underline{I}_2} = \underline{Z}_2$$

Da sich über beide Weg hin zur Einspeisung die gleiche Spannung aufbauen muss, registriert das Schutzgerät die richtige Impedanz bis zur Fehlerstelle.

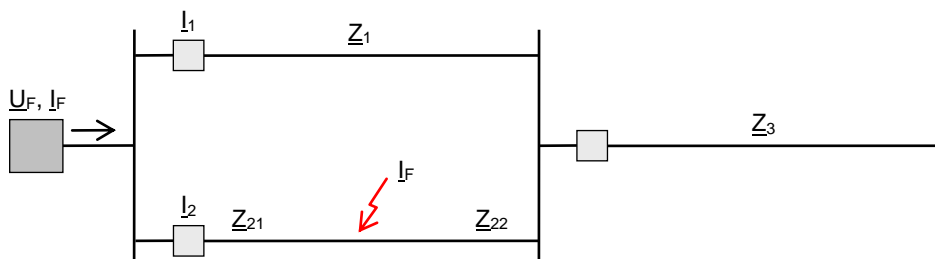


Bild: Fehler auf der Mitte der Parallelleitung

$$\underline{U}_F = \underline{I}_1 * (\underline{Z}_1 + \underline{Z}_{22}) = \underline{I}_2 * \underline{Z}_{21}$$

$$Z_{\text{Loop1}} = \frac{U_F}{I_1} = \frac{I_1 * (Z_1 + Z_{22})}{I_1} = Z_1 + Z_{22}$$

$$Z_{\text{Loop2}} = \frac{U_F}{I_2} = \frac{I_2 * Z_{21}}{I_2} = Z_{21}$$

Schutzbereich Stufe 2 (mit Parallelwege für Aufbau der Restspannung)

Im folgenden Beispiel ist zu beachten, dass erst in der zweiten Zeitstufe die Schleifenimpedanz eine größere Impedanz vortäuscht.

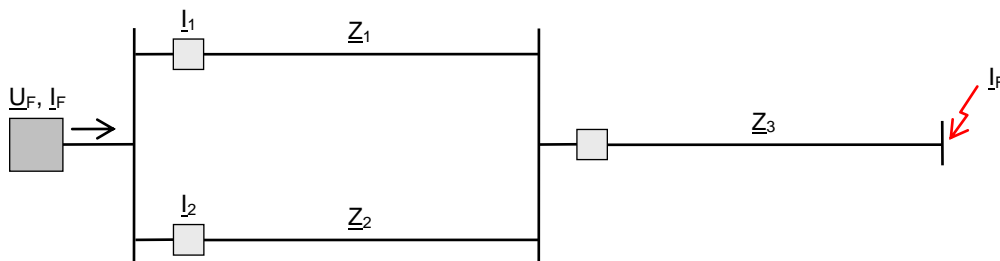


Bild: Fehler am Ende des Schutzbereiches

$$U_F = I_1 * Z_1 + I_F * Z_3 = I_2 * Z_2 + I_F * Z_3$$

$$Z_{\text{Loop1}} = \frac{U_F}{I_1} = \frac{I_1 * Z_1 + I_F * Z_3}{I_1} = Z_1 + \frac{I_F}{I_1} * Z_3$$

$$Z_{\text{Loop2}} = \frac{U_F}{I_2} = \frac{I_2 * Z_2 + I_F * Z_3}{I_2} = Z_2 + \frac{I_F}{I_2} * Z_3$$

$$I_F = I_1 + I_2$$

$$Z_{\text{Loop1}} = Z_1 + \frac{I_1 + I_2}{I_1} * Z_3 = Z_1 + \left(1 + \frac{I_2}{I_1}\right) * Z_3$$

$$Z_{\text{Loop2}} = Z_2 + \frac{I_1 + I_2}{I_2} * Z_3 = Z_2 + \left(1 + \frac{I_1}{I_2}\right) * Z_3$$

Die Schleifenimpedanz bis zum Fehlerort ist daher nicht mehr ident mit der Summe der Leitungsimpedanzen. Da sich der Fehlerstrom auf die beiden Leitungen 1 und 2 aufteilt, ist die registrierte Schleifenimpedanz größer als die Summe der Leitungsimpedanzen.

4.3 Ergebnisse der Einstellwertermittlung

Dieses Simulationsverfahren generiert Ergebnisse in Form von berechneten Einstellwerten für Distanzschutzgeräte und als Diagramme (Staffelpläne).

Berechnete Einstellwerte

Schutzgerät: D4

Basisdaten | **Schutzstrecken**

7SA500
 Impedanzpolygon
 Sekundär

Staffelung Stickleitung: 120,000 %

Einstellwerte: Stufen 1-4 (* ... primäre Werte)

	1. Stufe	2. Stufe	3. Stufe	4. Stufe	
St	85,000	85,000	85,000	0,000	%
t	0,250	0,500	0,750	0,000	s
R	0,590	1,100	1,780	0,000	Ohm
X	0,340	0,620	1,020	0,000	Ohm
Ste	84,687	155,052	254,641	0,000	%
Ze	0,349	0,639	1,050	0,000	Ohm
Rk*	0,085	0,157	0,255	0,000	Ohm
Xk*	0,340	0,629	1,020	0,000	Ohm
Zk*	0,351	0,648	1,051	0,000	Ohm
phik*	75,967	75,966	75,965	0,000	°

OK Abbrechen

Bild: Berechnete Einstellwerte für Distanzschutzgeräte

Die von der Berechnung bestimmten Einstellwerte werden in der dargestellten Ergebnismaske aufgelistet und können bei Bedarf auch direkt als Eingabeparameter in die Einstellwerte übernommen werden. Eine detaillierte Beschreibung hierzu ist im Anwendungsbeispiel unter [Ermittlung der Einstellwerte](#) zu finden.

Diagramme

Für jedes Schutzgerät werden zwei Staffeldiagramme generiert, die über die Diagramme **Einstellwertermittlung – Staffeldiagramm (Z/t oder X/t)** abgerufen werden können. Die Diagramme enthalten auch die unterlagerten Schutzgeräte, die sich im Schutzbereich befinden. Die Diagramme stellen das zeitliche Auslöseverhalten der Schutzgeräte in Abhängigkeit von der ermittelten Kippunktimpedanz dar.

Die im Diagramm dargestellten Kippunkte sind die Schnittpunkte (Z oder X) der jeweiligen Impedanzfläche mit der jeweiligen Geraden durch Koordinatenursprung und berechnetem Kippunkt. Wenn eine gerichtete Stromanregung eingegeben ist, so wird diese nach der letzten verfügbaren Stufe ebenfalls angezeigt.

Da die Kippunktimpedanz nicht mit der registrierten Schleifenimpedanz übereinstimmen muss, ist dieses Auslöseverhalten ein rein prognostiziertes Verhalten. Mit Hilfe der Schutzstreckensimulation kann überprüft werden, ob das prognostizierte Auslöseverhalten auch tatsächlich eintritt. Weicht die registrierte Schleifenimpedanz des Schutzgerätes von der ermittelten Kippunktimpedanz ab, so ergibt sich ein anderes Auslöseverhalten in der Schutzstreckensimulation. Die Einstellwerte des Schutzgerätes müssen dann mit einer anderen Strategie neu ermittelt oder händisch verändert werden, bis das gewünschte Auslöseverhalten erzielt wird.

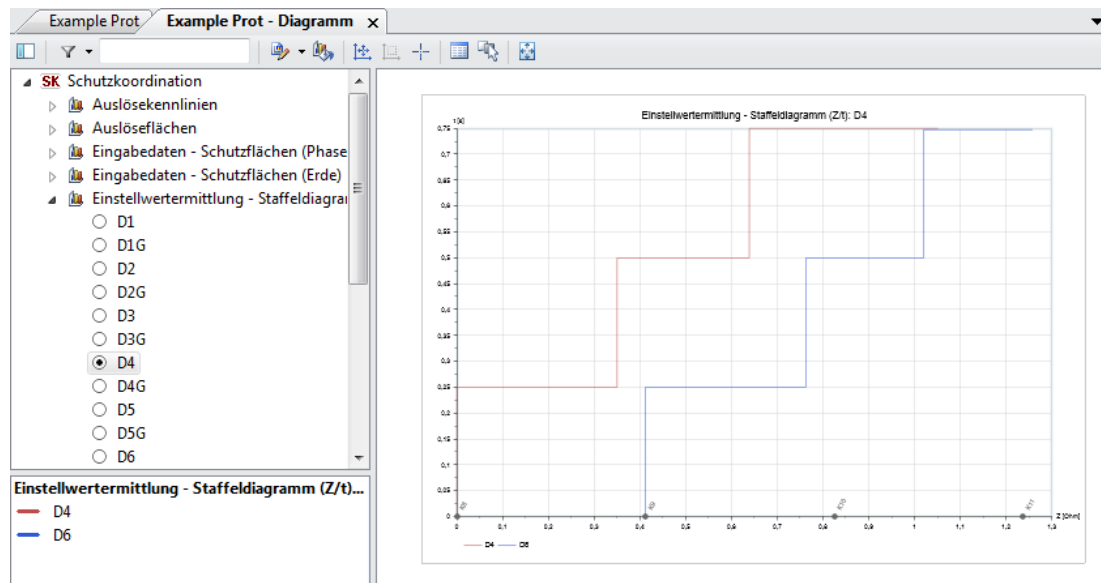


Bild: Diagramm Einstellwertermittlung Staffeldiagramm

Manchmal ist es sinnvoll, die Staffelpläne zur Dokumentation auch ohne Bestimmung der Einstellwerte zu generieren. Diese Funktion wird über den Menüpunkt **Berechnen – Schutzkoordination – Einstellwertdiagramme Distanzschutz** gestartet.

4.4 Hinweise und Warnungen

Die folgenden Punkte sollten beachten werden:

- Das Verfahren unterstützt **nicht** die automatische Umschaltung der Messart. D.h. wenn eine Einstellung des Distanzschutzgerätes mit vorgegebener Messart nicht möglich ist, dann wird die Berechnung mit einer Fehlermeldung abgebrochen. Dies trifft auch dann zu, wenn ein Distanzschutzgerät verschiedene Messarten unterstützt und die erforderliche Einstellung mit einer anderen Messart möglich wäre.
- Wenn die 2. Stufe kleiner berechnet wird als die 1. Stufe, dann wird die 2. Stufe gleich der 1. Stufe gesetzt.
- Wenn die 3. Stufe kleiner berechnet wird als die 2. Stufe, dann wird die 3. Stufe gleich der 2. Stufe gesetzt.

5. Fehlerortung

Die Zielsetzung dieses Verfahrens ist es, einen durch ein Schutzgerät registrierten Fehler zu lokalisieren. D.h. es wird die genaue Position des Fehlers im Versorgungsnetz ermittelt.

Moderne Schutzgeräte speichern beim Auftreten eines Fehlers die registrierte Impedanz, die zur Auslösung führt. Anhand dieser Werte kann die Position des Fehlers im Netz errechnet werden.

Verfahrensbeschreibung

Im Einbauort des Schutzgerätes (siehe Handbuch Eingabedaten, Kapitel Datenbeschreibung, Abschnitt Einbauort des Schutzgerätes) werden die im Fehlerfall vom Schutzgerät registrierten Impedanzen eingegeben.

Von jedem Schutzgerät, bei dem registrierte Daten angegeben wurden, wird eine Netzverfolgung in Richtung Leitung gestartet. Die Netzverfolgung endet beim nächsten oder übernächsten Schutzgerät in der gleichen Richtung.

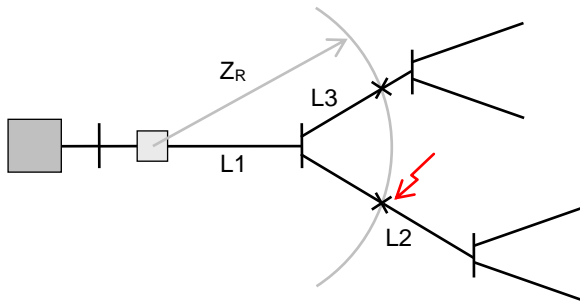


Bild: Prinzip der Fehlerortung

Entlang den betroffenen Leitungen werden Kurzschlüsse gerechnet. Die Unterteilung der Leitungen erfolgt dabei aufgrund der Ortungsgenauigkeit. Liegt die vorgegebene gemessene Impedanz zwischen der registrierten Impedanz von zwei folgenden Kurzschlussrechnungen, so wird auf dieser Leitung ein Treffer mit der dazugehörigen Entfernung vermerkt.

Im obigen Beispiel liegt der tatsächliche Fehler an der Leitung L2. Die beim Auftreten des Fehlers registrierte Impedanz (Z_R) wurde beim Schutzgerät eingetragen. Das Simulationsverfahren liefert nun zwei mögliche Positionen des Fehlers – an den Leitungen L2 und L3 – für die registrierte Impedanz.

Die Genauigkeit der Fehlerortung kann über die Berechnungsparameter eingestellt werden. Hierbei ist zu beachten, dass die Rechenzeit des Simulationsverfahrens mit zunehmender Ortungsgenauigkeit ansteigt.

Ergebnisse der Fehlerortung

Die Fehlerortung stellt alle Ergebnisse im Meldungsfenster in Form von Informationsmeldungen zur Verfügung. Dies ermöglicht eine bequeme Identifikation der betroffenen Netzelemente (siehe Handbuch Bedienung, Kapitel Meldungen).

Beispiel für Informationsmeldung:

- Fehlerortung durch 1 Schutzgerät(e) zwischen 350.0 und 400.0 Meter Entfernung vom Anfangsknoten. (Leitung: L16, Schutzgerät: Dist in S9)

Diese Informationsmeldung zeigt an, von wie vielen Schutzgeräten der Fehler registriert wurde. Sie zeigt außerdem die Leitung an, auf der sich der Fehler voraussichtlich befindet sowie die Entfernung des Fehlers vom Anfangsknoten. Jene Schutzgeräte, die den Fehler registriert haben, werden ebenfalls aufgelistet.

6. Sicherungsüberprüfung

Das Programm berechnet die minimalen 1-poligen Kurzschlussströme in Niederspannungsnetzen nach VDE 0102 Teil 2/11.75 und bestimmt daraus die maximal zulässige Sicherungsnennstromstärke der zugehörigen Sicherungen.

Es ist zu unterscheiden zwischen der reinen Ausschaltüberprüfung und der Ausschaltüberprüfung nach einer Lastflussberechnung. Aus der Lastflussrechnung ergeben sich durch die Lastströme die minimalen Sicherungsnennströme, aus der Überprüfung der Ausschaltbedingungen ergeben sich die maximalen Sicherungsnennstromstärken. Ist der Laststrom, den die Lastflussrechnung ermittelt, größer als der nach der Ausschaltbedingung zulässige Sicherungsnennstrom, so wird dies im Ergebnisprotokoll vermerkt.

Es werden nur Sicherungen in Netzbereichen mit einer Nennspannung kleiner 1 kV akzeptiert. Zweige mit Kurzschlussströmen kleiner 6 A werden nicht überprüft. Vom Programm werden maximal Sicherungsbereiche mit 3 begrenzten Sicherungen akzeptiert.

Prinzipieller Rechnungsablauf Sicherungsüberprüfung

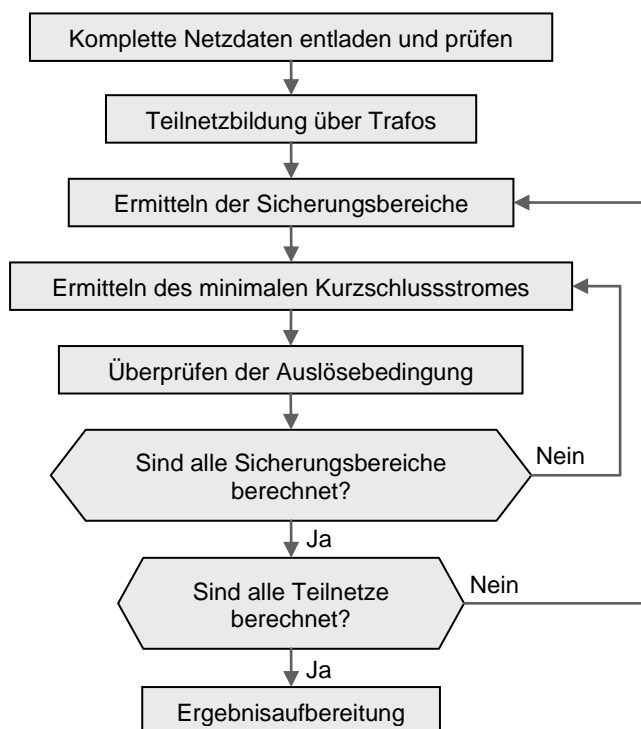


Bild: Ablaufdiagramm

6.1 Berechnungsverfahren

Die Sicherungsüberprüfung berücksichtigt die Struktur des Netzes. Das Verfahren analysiert zuerst das Netz, um die Sicherungsbereiche zu ermitteln. Je nach Anzahl der Sicherungen in einem Sicherungsbereich werden danach Zeitstufen für die Bestimmung des kleinsten 1-poligen Kurzschlussstromes gerechnet.

Teilnetzbildung

Die eingegebenen Netze bestehen in der Regel aus dem Mittel- und Niederspannungsnetz, wobei das Niederspannungsnetz meist wieder aus mehreren Teilnetzen besteht.

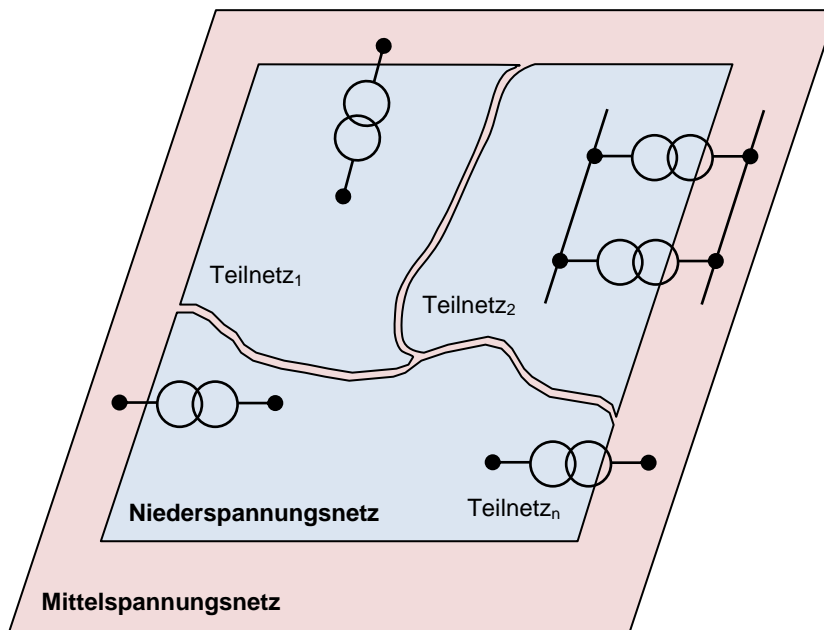


Bild: Netz mit verschiedenen Teilnetzen

Für die Berechnung kann das Mittelspannungsnetz vernachlässigt werden. Es wird durch die anstehende Kurzschlussleistung, die an den Trafos überspannungsseitig ansteht, nachgebildet. Die anstehende Kurzschlussleistung wird im Feld **Kurzschlusswechselstromleistung** der Berechnungsparameter angegeben.

Mit Hilfe der Netzanalyse werden im Niederspannungsnetz die Teilnetze gefunden. Jedes Teilnetz kann für sich allein betrachtet und berechnet werden, da die Nulleiterkopplung unter den Teilnetzen vernachlässigt wird.

Für jede Sicherung im Niederspannungsnetz ist der maximal zulässige Sicherungsnennstrom zu ermitteln. Hierzu ist der minimale 1-polige Kurzschlussstrom für jeden Sicherungsbereich zu bestimmen. Unter Sicherungsbereich ist das Netz bis zu den nächsten Sicherungen zu verstehen. Ein Sicherungsbereich wird also immer durch Sicherungen oder Sticleitungsenden begrenzt.

In jedem Sicherungsbereich wird der Ort mit dem minimalen 1-poligen Summenkurzschlussstrom I''_{kmin} gesucht. Der minimale 1-polige Summenkurzschlussstrom bildet die Basis für die [Bestimmung des Sicherungsnennstromes](#).

Strahlennetz

Beim Strahlennetz ergibt sich der ungünstigste Fehlerort durch die nächstgelegene Sicherung bzw. durch das Leitungsende.

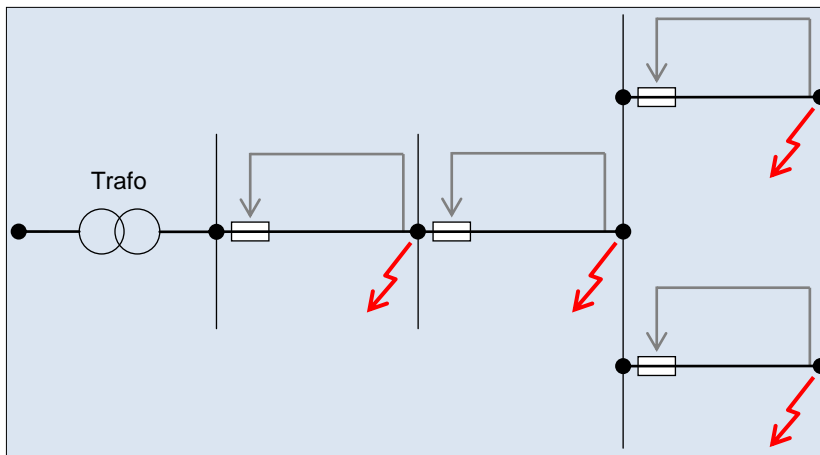


Bild: Strahlennetz

Vermaschte Netze

Hier sind mehrere Zeitbereiche nachgebildet. Im ersten Zeitbereich wird keine Topologieänderung gerechnet, da noch alle Sicherungen im Netz vorhanden sind. In den weiteren Zeitbereichen wird das Abschmelzen der Sicherungen berücksichtigt.

Da vom Programm maximal Sicherungsbereiche mit drei begrenzenden Sicherungen berechnet werden können, sind maximal drei Zeitstufen möglich, z.B. von drei Sicherungen begrenzter Bereich:

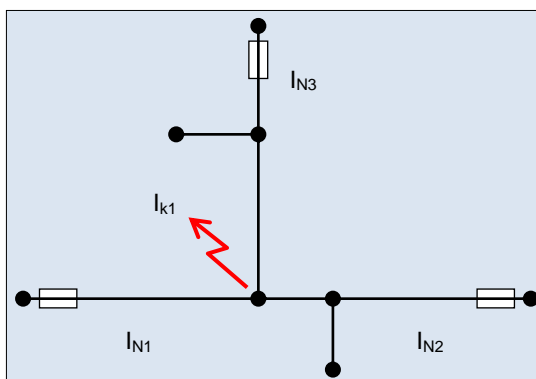


Bild: 1. Zeitstufe

Es wird der Ort mit dem kleinsten 1-poligen Summenkurzschlussstrom I_{k1} bestimmt und gerechnet.

$$I_{k1} > k(I_{N1} + I_{N2} + I_{N3})$$

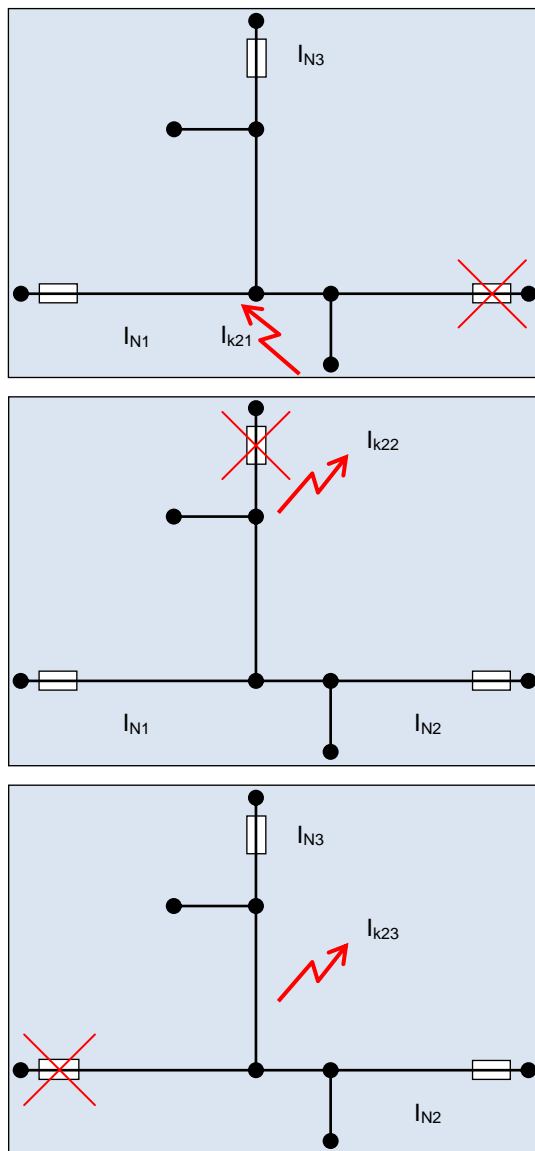


Bild: 2. Zeitstufe

Es wird in der 2. Zeitstufe wieder jeweils der Ort mit dem kleinsten I_k bestimmt und gerechnet.

$$I_{k21} > k(I_{N1} + I_{N3})$$

$$I_{k22} > k(I_{N1} + I_{N2})$$

$$I_{k23} > k(I_{N2} + I_{N3})$$

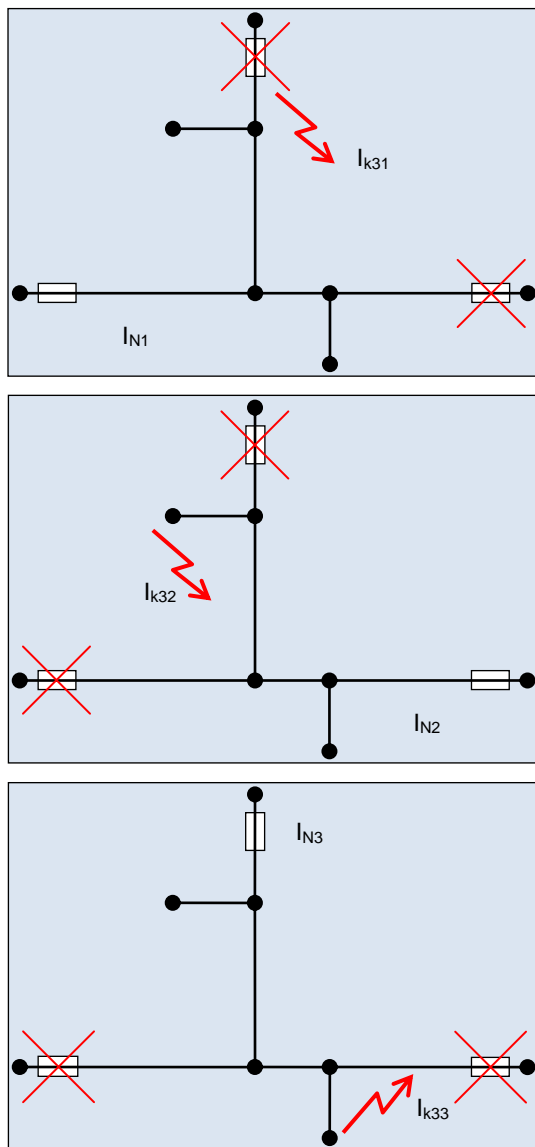


Bild: 3. Zeitstufe

In dieser Zeitstufe müssen nur mehr die Stichenden und die Einbauorte der Sicherungen überprüft werden.

$$I_{k31} > k \times I_{N1}$$

$$I_{k32} > k \times I_{N2}$$

$$I_{k33} > k \times I_{N3}$$

Ort des minimalen Summenkurzschlussstromes

Der Ort, der den minimalen Summenkurzschlussstrom liefert, ist bei Strahlennetzen und für die letzte Zeitstufe bei vermaschten Netzen leicht zu finden. Er liegt am Ende des Sicherungsbereichs (Stichleitungsende oder Anfang des neuen Sicherungsbereiches).

Bei vermaschten Netzen außer der letzten Zeitstufe werden Kurzschlüsse am Knoten längs der Leitungen des Sicherungsbereiches simuliert. Die Leitungen werden fiktiv in mehrere Teilleitungen unterteilt. Die Anzahl der Kurzschlussorte/Leitungen ist im Feld **Unterteilungen** in den Berechnungsparametern anzugeben.

Minimaler Summenkurzschlussstrom

Nach VDE 0102 Teil 2 ist der minimale Anfangs-Kurzschlusswechselstrom I''_{k1p} folgendermaßen zu bestimmen:

$$I''_{k1p} = \frac{\sqrt{3} * 0,95 * U_{NT}}{2Z_1 + Z_0}$$

I''_{k1p}	...	minimaler 1-poliger Summenkurzschlussstrom
U_{NT}	...	Nennspannung der Unterspannungsseite des Trafos
Z_1	...	Mitimpedanz
Z_0	...	Nullimpedanz

Der Wert $0,95 * U_{NT}$ ist die **treibende Spannung** für die Ermittlung des minimalen 1-poligen Summenkurzschlussstromes. Dieser Wert ist in den Berechnungsparametern anzugeben.

Bestimmung des Sicherungsnennstromes

Die Basis zur Bestimmung des Sicherungsnennstromes sind der minimale 1-polige Summenkurzschlussstrom und die Anzahl der angeregten Schutzgeräte. Für die Ermittlung stehen folgende Kriterien zur Verfügung:

- Sicherheitsfaktor (Faktor Nennstrom)
- Leiterquerschnitt
- Thermische Zerstörung Kurzschluss
- Thermische Belastung Dauerstrom und großer Prüfstrom
- Maximale Abschaltzeit

Sobald ein Kriterium verletzt wird, ist der nächst kleinere Sicherungsnennstrom aufgrund der über die Typdaten möglichen Nennströme heranzuziehen.

Sicherheitsfaktor (Faktor Nennstrom)

Der Sicherheitsfaktor (Faktor Nennstrom) wird für jede Sicherung bei den Eingabedaten der Sicherung angegeben. Die folgende Bedingung muss erfüllt sein:

$$k < \frac{I_{k1p}}{I_{NS} \cdot n_{Anreg}}$$

I_{k1p} ... minimaler 1-poliger Summenkurzschlussstrom

k ... Sicherheitsfaktor (Faktor Nennstrom)

I_{NS} ... Nennstrom Sicherung

n_{Anreg} ... Anzahl angeregter Schutzgeräte

Leiterquerschnitt

Abhängig vom Leiterquerschnitt dürfen nach VDE 0636 bei Kupferkabel folgende Nennstromstärken von Sicherungen nicht überschritten werden.

Nennstrom I_{NArea} [A]	Leiterquerschnitt [mm ²]
6	1
12	1,5
20	2,5
25	4
32	6
50	10
63	16
80	25
100	35
125	50
160	70
200	95
250	120
315	185
400	240
500	300
630	400
800	500
1000	600
1250	800

In der Berechnung werden über alle Leitungen eines Schutzbereiches der minimale Kurzschlussstrom sowie der kleinste Querschnitt aller Leitungen ermittelt. Die folgende Bedingung muss erfüllt sein:

$$I_{NS} < I_{NArea}$$

Thermische Zerstörung Kurzschluss

Mit Hilfe der über die Typdaten verfügbaren Kennlinien und dem minimalen Kurzschlussstrom kann durch Interpolation die Auslösezeit für jede Sicherungsnennstromstärke ermittelt werden. Aus Strom und Zeit kann die thermische Energie I^2t ermittelt werden. Ist die maximale thermische Energie der zu schützenden Netzelemente kleiner, ist die nächst kleinere Sicherungsnennstromstärke zu wählen. Die folgende Bedingung muss erfüllt sein:

$$I^2t_{\text{Sicherung}} < I^2t_{\text{Element}}$$

Thermische Belastung Dauerstrom und großer Prüfstrom

Der Auslösestrom der Schutzeinrichtung, der mit Sicherheit zur Auslösung führt, darf nach internationaler Festlegung höchsten das 1,45-fache der Strombelastbarkeit der Leitungen betragen. Als Auslösestrom ist der große Prüfstrom der Schutzeinrichtung heranzuziehen. Die Strombelastbarkeit ist bei den Eingabedaten der Leitung mit dem thermischen Grenzstrom I_{th} angegeben. Der große Prüfstrom kann nach VDE 0636 anhand nachfolgender Tabelle aus dem Nennstrom ermittelt werden:

Nennstrom I_{NS} [A]	Faktor großer Prüfstrom fl_2 [pu]
bis 4	2,1
über 4 bis 10	1,9
über 10 bis 25	1,75
über 25	1,6

In der Berechnung werden über alle Leitungen eines Schutzbereiches der minimale Kurzschlussstrom sowie der kleinste thermische Grenzstrom aller Leitungen ermittelt. Die folgende Bedingung muss erfüllt sein:

$$1,45 \cdot I_{th} \geq I_{NS} \cdot fl_2$$

Maximale Abschaltzeit nach VDE 0100

In Installationsnetzen ist laut VDE 0100 eine maximale Abschaltzeit von 5 Sekunden gefordert. Mit Hilfe der über die Typdaten verfügbaren Kennlinien und dem minimalen Kurzschlussstrom kann durch Interpolation die Auslösezeit für jede Sicherungsnennstromstärke ermittelt werden. Ist die ermittelte Zeit größer als 5 Sekunden, ist der nächst kleinere Sicherungsnennstrom zu wählen. Die folgende Bedingung muss erfüllt sein:

$$t_{\text{Auslösung}} < 5$$

7. Anwendungsbeispiele

In diesem Kapitel stehen Anwendungsbeispiele für die [PSS SINCAL Schutzkoordination](#) und die [Erstellung einer Schutzdokumentation](#) zur Verfügung.

7.1 Anwendungsbeispiel für die Schutzkoordination

Im Folgenden soll das Verfahren **Schutzkoordination** anhand einfacher Anwendungsbeispiele dargestellt werden. In den Beschreibungen werden

- das [Voreinstellen der Berechnungsparameter](#),
- das [Erfassen von Schutzgeräten](#),
- das [Erfassen von Fehleruntersuchungen](#),
- das [Definieren von Fehlerpaketen](#),
- das [Ermitteln der Einstellwerte für DI-Schutzgeräte](#),
- das [Überprüfen des Auslöseverhaltens der Schutzgeräte](#),
- das [Starten der Schutzsimulation](#),
- das [Darstellen und Auswerten der Ergebnisse](#) sowie
- das [Generieren von Schutzstrecken](#)

dargestellt.

Grundlagen

Alle Beschreibungen basieren auf folgendem Netz.

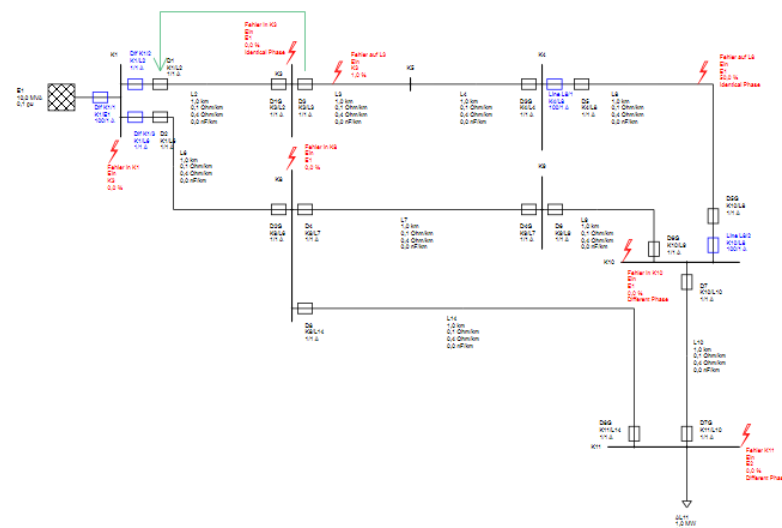


Bild: Schutznetz mit Eingabedaten

Dieses Netz ("Example Prot") wird bei der Installation von PSS SINCAL automatisch bereitgestellt und kann zum Testen des Simulationsverfahrens eingesetzt werden.

Die Bezeichnungen der Schutzgeräte sind in dem Netz so gewählt, dass Geräte am Anfang und Ende einer Schutzstrecke den gleichen Namen besitzen, wobei das Gerät am Ende den Namenszusatz "G" hat. So befinden sich im obigen Beispiel auf der Schutzstrecke von "K1" nach "K3" die Geräte "D1" und "D1G".

Voraussetzung für die Berechnung der Schutzkoordination ist, dass der Punkt **Schutzkoordination** im Menü **Berechnen – Methoden** (siehe Handbuch Bedienung, Kapitel Benutzeroberfläche, Abschnitt Voreinstellen der Berechnungsmethoden) aktiviert ist.

7.1.1 Voreinstellen der Berechnungsparameter

Das Berechnungsverfahren kann über die **Berechnungsparameter**, Register **Schutzeinstellwerte** parametrisiert werden. Die Maske zum Einstellen der Berechnungsparameter wird über den Menüpunkt **Berechnen – Parameter** aufgerufen.

The screenshot shows the 'Berechnungsparameter' dialog box with the 'Schutzeinstellwerte' tab selected. The settings are as follows:

Parameter	Value
Strategie	DISTAL
Staffelfaktor 2. Stufe	90,0 %
Staffelung 3. Stufe	Normal
Ermittlung prim. Netzimpedanz	Ohne Zwischeneinspeisungen
Behandlung Transformatoren	Ohne Transformatoren am Stichende
Behandlung Einspeiseknoten	Keine

Verzögerungszeiten			
Zeit erste Stufe	t1	0,1	s
Zeit zweite Stufe	t2	0,5	s
Zeit dritte Stufe	t3	0,9	s
Zeit vierte Stufe	t4	1,0	s
Zeit fünfte Stufe	t5	1,0	s
Zeit sechste Stufe	t6	1,0	s
Min. Staffelzeit	st min	0,4	s

Buttons: OK, Abbrechen

Bild: Datenmaske Berechnungsparameter – Schutzeinstellwerte

Wichtig für die Ermittlung der Einstellwerte ist der erste Abschnitt im dargestellten Register. Über das Feld **Strategie** kann bestimmt werden, nach welcher Methode die Ermittlung der Einstellwerte erfolgt. Im Feld **Staffelfaktor 2. Stufe** wird der gewünschte Staffelfaktor für die 2. Stufe vorgegeben. Sollte dieser unterschritten werden, dann wird dies durch eine Warnungsmeldung protokolliert.

Eine genaue Beschreibung aller verfügbaren Berechnungsparameter ist im Handbuch Eingabedaten, Kapitel Berechnungsparameter, Abschnitt Schutzeinstellwerte Berechnungsparameter zu finden.

7.1.2 Erfassen von Schutzgeräten

In den folgenden Beispielen wird nur das Erfassen und Bearbeiten von Schutzgeräten gezeigt. Das Erfassen des eigentlichen Netzes ist in der Bedienungsanleitung beschrieben (siehe Handbuch Bedienung, Kapitel Netzbearbeitung anhand eines Beispiels).

Am einfachsten kann das Erfassen der Schutzgeräte über das Kontextmenü durchgeführt werden. Hierbei wird das Kontextmenü durch Drücken der rechten Maustaste über dem Anschluss jenes Netzelementes aufgeklappt, auf dem ein Schutzgerät erfasst werden soll.

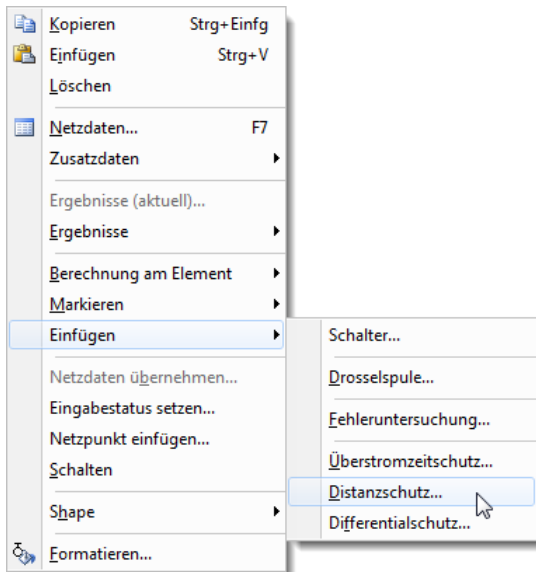


Bild: Erfassen von Schutzgeräten über das Kontextmenü

Dann erscheint eine Eingabemaske, in der der Name des neuen Schutzgerätes eingegeben werden kann.

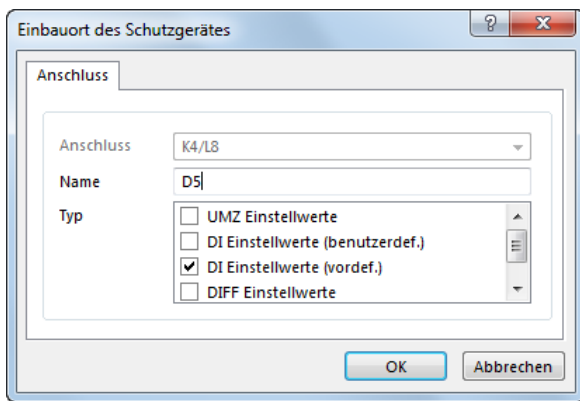


Bild: Eingabe des Schutzgerätenamens und Typauswahl

In der Typauswahlliste kann gewählt werden, welches Schutzgerät erzeugt werden soll. Es besteht auch die Möglichkeit, mehrere verschiedene Schutzgerätetypen auf einem Einbauort zu erzeugen.

Bei Distanzschutzgeräten wird zwischen "vordefinierten" Distanzschutzgeräten und "benutzerdefinierten" Distanzschutzgeräten unterschieden. Bei "vordefinierten" Distanzschutzgeräten werden die Einstellwerte sowie die daraus resultierenden Impedanzflächen programmtechnisch über ein spezielles Modul nachgebildet. Hingegen werden "benutzerdefinierte" Schutzgeräte über allgemeine Impedanzflächen beschrieben.

In unserem Beispiel wird ein vordefiniertes Distanzschutzgerät mit dem Namen D5 erzeugt. Nach dem Bestätigen des Dialoges mit **OK** wird die Schutzgerätemaske geöffnet.

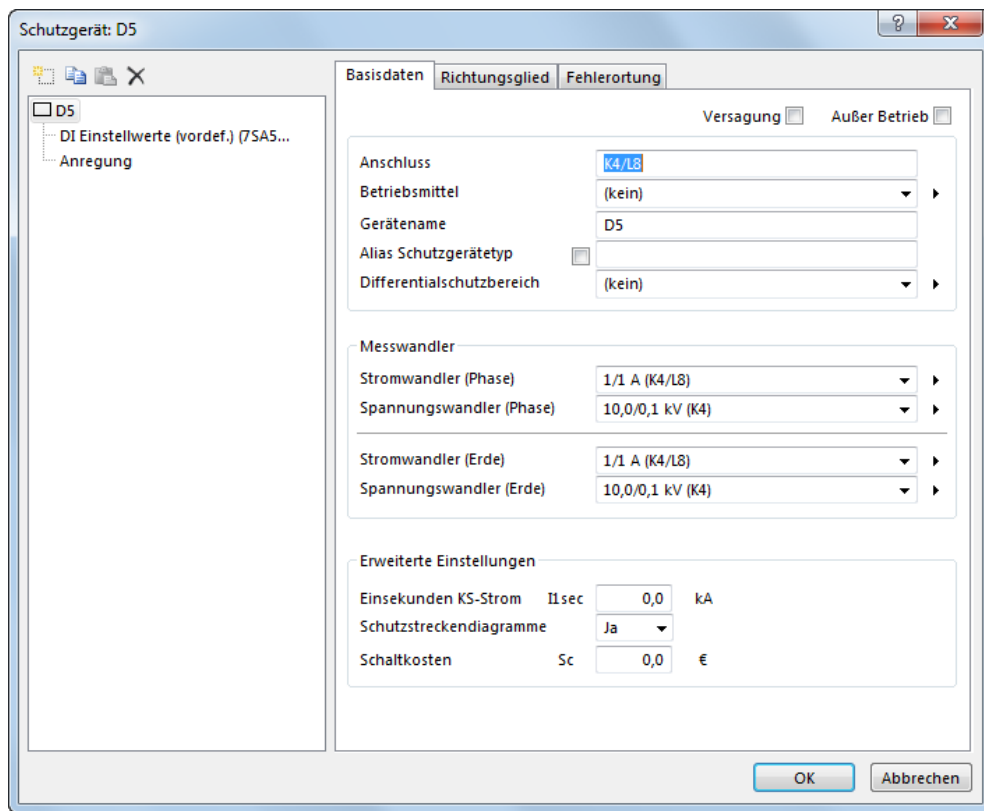


Bild: Einbauort des Schutzgerätes

Im linken Teil des Dialogs befindet sich ein Browser mit dem neuen Distanzschutzgerät. Das neu erfasste Gerät ist markiert und dessen allgemeine Daten werden im rechten Teil des Dialoges angezeigt.

Zu den allgemeinen Daten zählen unter anderem der Einbauort des Schutzgerätes, dessen vorgeschaltete Strom- und Spannungswandler und das Richtungsglied. Eine ausführliche Beschreibung aller Felder ist unter Einbauort des Schutzgerätes zu finden.

Das generelle Deaktivieren des Schutzgerätes (ohne dieses zu löschen) erfolgt ebenfalls über die allgemeinen Daten. Hierbei wird die Option **Außer Betrieb** aktiviert. Dieses Schutzgerät wird dann von der Berechnung nicht mehr berücksichtigt. Diese Deaktivierung wird im Browser durch ein spezielles Schutzgerätesymbol gekennzeichnet.

Die eigentlichen Einstellwerte der Schutzgeräte sind geräte- und typspezifisch. Diese können durch Anwählen des Punktes **Einstellwerte** im Browser angezeigt und bearbeitet werden.

Schutzgerät: D5

Basisdaten

7SA500

Impedanz

Sekundär

Phase + Erde

Staffelung Stichelung st 120,0 %

Einstellwerte: Keine Werte Stufen 1-4 (* ... primäre Werte)

	1. Stufe	2. Stufe	3. Stufe	4. Stufe	
Richt.	Vorw.	Vorw.	Vorw.	Aus	s
t	0,0	0,0	0,0	0,0	
R	0,0	0,0	0,0	0,0	Ohm
X	0,0	0,0	0,0	0,0	Ohm
Set.	St	St	St	St	
St	85,0	85,0	85,0	85,0	%
Rk*	0,0	0,0	0,0	0,0	Ohm
Xk*	0,0	0,0	0,0	0,0	Ohm

OK Abbrechen

Bild: Einstellwerte für Distanzschutzgerät

In dieser Maske können die individuellen Einstellwerte für das neu erfasste Distanzschutzgerät definiert werden.

Bei vordefinierten Distanzschutzgeräten müssen Gerätetyp und Messart ausgewählt werden. Darüber hinaus sind die Staffelfaktoren und die Auslösezeiten einzutragen.

Bei benutzerdefinierten Distanzschutzgeräten muss die Impedanzfläche definiert werden.

Bei UMZ Schutzgeräten muss der Gerätetyp aus der Schutzgerätedatenbank ausgewählt und die entsprechenden Einstellwerte im Dialog eingetragen werden.

7.1.3 Erfassen von Fehleruntersuchungen

Mit der Fehleruntersuchung können an Knoten und an den Anschlüssen von Netzelementen "Fehler" im Netz platziert werden.

Die Fehleruntersuchung wird von den folgenden Simulationsverfahren verwendet:

- Schutzsimulation
- Mehrfachfehler
- Dynamik

Am einfachsten kann das Erfassen der Fehleruntersuchungen über das Kontextmenü durchgeführt werden. Hierbei wird das Kontextmenü durch Drücken der rechten Maustaste über dem Anschluss jenes Netzelementes aufgeklappt, auf dem eine Fehleruntersuchung erfasst werden soll.

Anwendungsbeispiele

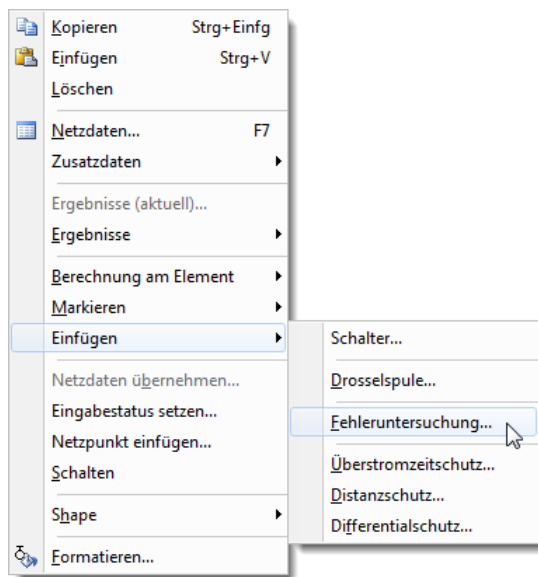


Bild: Erfassen einer Fehleruntersuchung über das Kontextmenü

Danach erscheint die Eingabemaske für die Fehleruntersuchung.

Bild: Datenmaske Fehleruntersuchung

Eine genaue Beschreibung der Eingabedaten für Fehleruntersuchungen ist im Handbuch Eingabedaten, Kapitel Allgemeine Steuer- und Eingabedaten, Abschnitt Fehleruntersuchung zu finden.

7.1.4 Definieren von Fehlerpaketen

Mit Hilfe von Fehlerpaketen können verschiedene Fehleruntersuchungen zusammengefasst werden. Die so zusammengefassten Fehleruntersuchungen werden von der Schutzkoordination als ein gleichzeitig auftretender Fehlerfall betrachtet.

Fehlerpakete werden über den Menüpunkt **Daten – Erweiterte Daten – Fehlerpaket** definiert.

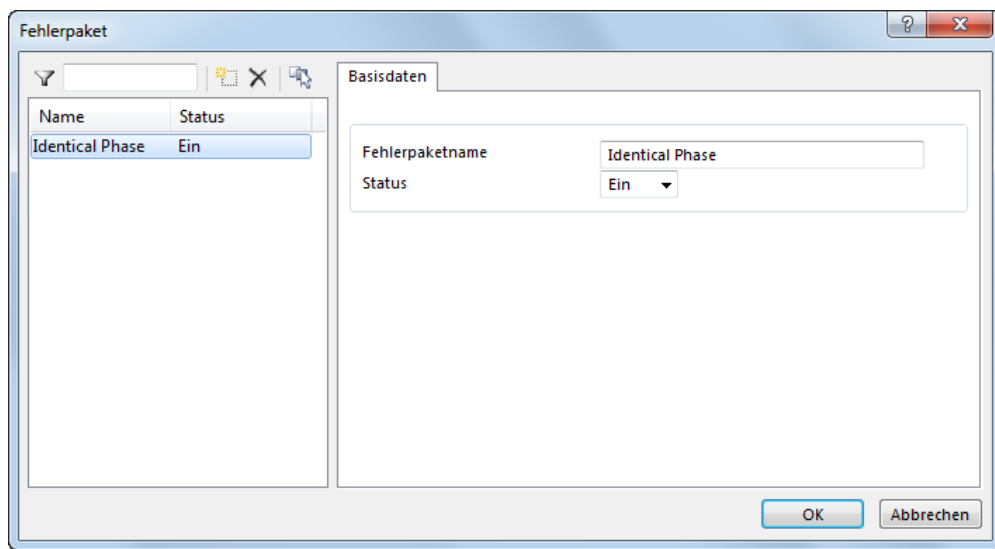


Bild: Datenmaske Fehlerpaket

Beim Fehlerpaket werden lediglich ein **Fehlerpaketname** und ein **Status** vorgegeben. Der Status kennzeichnet, ob das Paket in der Berechnung berücksichtigt werden soll oder nicht.

Die Zuordnung der einzelnen Fehleruntersuchungen zu den Fehlerpaketen erfolgt direkt in den Basisdaten der Fehleruntersuchung. Hierzu wird im Feld **Fehlerpaket** das gewünschte Paket ausgewählt.

7.1.5 Ermitteln der Einstellwerte für DI-Schutzgeräte

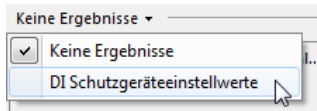
Mit dem Verfahren [Ermittlung von Schutzgeräteeinstellwerten](#) werden die Einstellwerte der Distanzschutzgeräte für die einzelnen Schutzbereiche anhand der vorgegebenen Staffelfaktoren und Verzögerungszeiten errechnet. Dabei ist zu beachten, dass die Zeiteinstellungen der Distanzstufen nur dann berechnet werden, wenn als Auslösezeit der jeweiligen Stufe 0.0 Sekunden angegeben ist.

Start der Einstellwertermittlung

Die Einstellwertermittlung wird über den Menüpunkt **Berechnen – Schutzkoordination – Ermittlung Einstellwerte Distanzschutz** gestartet.

Sofern die Berechnung ohne Fehler durchgeführt werden kann, dann wird danach automatisch das Ergebnisfenster für **DI Schutzgeräteeinstellwerte** angezeigt.

Das Ergebnisfenster kann auch später über den Menüpunkt **Ansicht – Ergebnisbrowser** oder **Berechnen – Ergebnisse – Einstellwerte DI-Schutzgerät** geöffnet werden. Mit Hilfe des Auswahlfeldes wird die Ergebnisdarstellung für die **DI Schutzgeräteeinstellwerte** aktiviert.



Durch diese Auswahl werden die letzten Ergebnisse geladen und im Ergebnisfenster bereitgestellt.

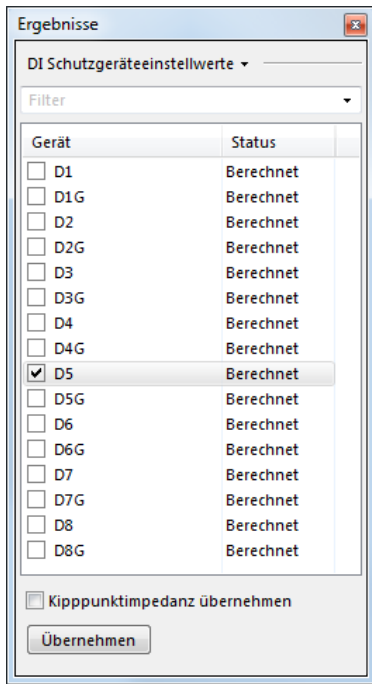


Bild: Ergebnisfenster für die DI Schutzgeräteeinstellwerte

Im oberen Teil des Ergebnisfensters befindet sich ein **Filterfeld**. Damit kann der Darstellungsumfang in der Liste reduziert werden. Eine Besonderheit bietet der Knopf im Filterfeld. Durch Drücken dieses Knopfes erscheint ein Menü.

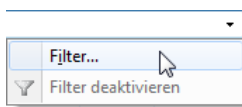


Bild: Menü zur Auswahl der Darstellung

Das Menü bietet folgende Funktionen, mit dessen Hilfe die Darstellung der Auswahlliste angepasst werden kann.

- **Filter:**
Ein weiterer Dialog wird geöffnet, in dem die im Dialog dargestellten Daten anhand von unterschiedlichsten Kriterien gefiltert und sortiert werden können. Eine genaue Beschreibung ist im Handbuch Bedienung, Kapitel Tabelle, Abschnitt Filterfunktionen in der Tabelle zu finden.
- **Filter deaktivieren:**
Ein definierter Filter wird temporär deaktiviert. Die Daten werden wieder in vollem Umfang dargestellt.

In der Liste werden alle im Netz vorhandenen Distanzschutzgeräte und deren Status dargestellt. Alle Geräte, die noch keine Einstellwerte zugeordnet haben, werden automatisch angewählt. Falls dies gewünscht ist, können noch weitere Geräte aus der Liste ausgewählt werden.

Über das Kontextmenü sind erweiterte Bearbeitungsfunktionen verfügbar.

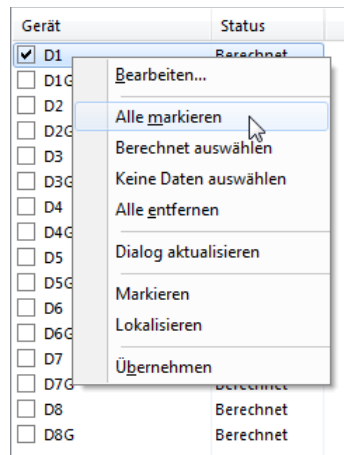


Bild: Kontextmenü der Distanzschutzgeräte

- **Bearbeiten:**
Die Attribute des ausgewählten Distanzschutzgerätes werden in einer Datenmaske dargestellt.
- **Alle markieren:**
Alle Distanzschutzgeräte werden in der Liste markiert.
- **Berechnet auswählen:**
Alle Distanzschutzgeräte mit dem Status **Berechnet** werden in der Liste markiert.
- **Keine Daten auswählen:**
Alle Distanzschutzgeräte mit dem Status **Keine Werte** werden in der Liste markiert.
- **Alle entfernen:**
Alle Markierungen werden in der Liste entfernt.
- **Dialog aktualisieren:**
Die Liste wird neu befüllt.
- **Markieren:**
Das selektierte Distanzschutzgerät wird in der Netzgrafik markiert.
- **Lokalisieren:**
Diese Funktion entspricht dem **Markieren**, allerdings wird hier der Bildausschnitt im Grafikeditor so angepasst, dass das markierte Element sichtbar ist.
- **Übernehmen:**
Die Ergebnisse aller markierten Distanzschutzgeräte werden in die Eingabedaten des jeweiligen Schutzgerätes übernommen.

Durch Drücken des Knopfes **Übernehmen** werden die berechneten Einstellwerte den ausgewählten Schutzgeräten zugeordnet. Hierbei werden die Berechnungsergebnisse in die Eingabedaten (Einstellwerte) der entsprechenden Schutzgeräte übernommen.

Ist die Option **Kippunktimpedanz übernehmen** aktiviert, so wird zusätzlich zu den anderen Werten die Kippunktimpedanz übernommen. Dies bedeutet, dass die berechneten Einstellwerte **R_k** und **X_k** für die Stufen 1 bis 3 in die Eingabedaten des entsprechenden Schutzgerätes eingetragen werden.

Ergebnisse der Einstellwertermittlung

Werden nach dem Durchführen der Einstellwertermittlung die Daten des Schutzgerätes betrachtet, so ergibt sich das folgende Bild.

	1. Stufe	2. Stufe	3. Stufe	4. Stufe	
Richt.	Vorw.	Vorw.	Vorw.	Aus	s
t	0,25	0,5	0,75	0,0	
R	0,59	0,99	1,04	0,0	Ohm
X	0,34	0,56	0,59	0,0	Ohm
Set.	St	St	St	St	%
St	85,0	85,0	85,0	85,0	
Rk*	0,0	0,0	0,0	0,0	Ohm
Xk*	0,0	0,0	0,0	0,0	Ohm

Bild: Datenmaske Distanzschutzgeräte

Die errechneten Einstellwerte für das Schutzgerät **D5** wurden übernommen und der Status im Feld **Art der Einstellwerte** wurde auf **Berechnet** gesetzt.

Das Feld **Art der Einstellwerte** kann folgende Stati annehmen:

- **Keine Werte** – dieses Schutzgerät hat noch keine Einstellwerte und somit auch keine Impedanzflächen, die bei der Schutzsimulation berücksichtigt werden könnten.
- **Berechnet** – die Einstellwerte für dieses Schutzgerät wurden mit dem Verfahren zur Ermittlung der Einstellwerte berechnet. Bei einer erneuten Ermittlung der Einstellwerte können diese überschrieben werden.
- **Manuell** – die Einstellwerte wurden manuell eingegeben. Die Werte werden durch das Verfahren zur Ermittlung der Einstellwerte nicht geändert.

Nach der Einstellwertberechnung wird im Browser unter dem Gerät **D5** der Punkt **Berechnet** angezeigt. Durch Auswahl dieses Punktes können die Berechnungsergebnisse der Einstellwertermittlung abgerufen werden. Diese Ergebnisse sind immer verfügbar, unabhängig davon, ob die Einstellwerte für das betreffende Schutzgerät übernommen wurden.

Zusätzlich zu den Einstellwerten werden von diesen Berechnungsverfahren auch Diagramme in Form von Staffelpänen generiert. Diese sind im Diagramm unter **Schutzkoordination – Einstellwertermittlung** verfügbar.

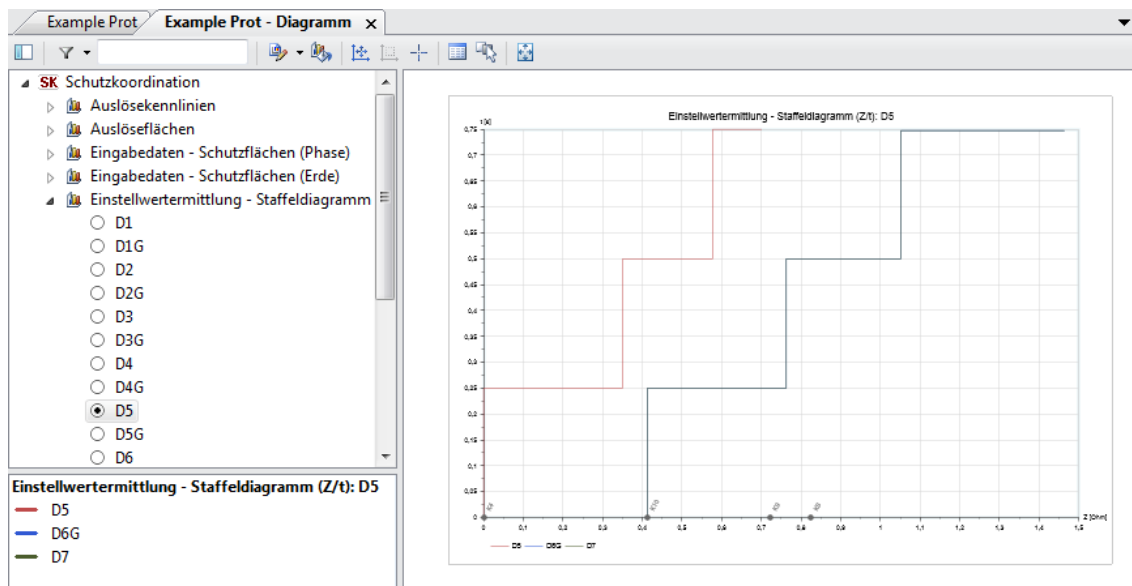


Bild: Einstellwertermittlung – Staffeldiagramm

Eine Beschreibung des Berechnungsverfahrens ist im Kapitel [Verfahrensbeschreibung](#) zu finden.

7.1.6 Überprüfen des Auslöseverhaltens der Schutzgeräte

Mit diesem Simulationsverfahren kann das Anrege- und Auslöseverhalten aller im Netz eingebauten Schutzgeräte überprüft werden. Hierbei werden sowohl Distanzschutz- als auch Überstromzeitschutzgeräte berücksichtigt. Eine genaue Beschreibung dieses Verfahrens ist im Kapitel [Schutzsimulation](#) enthalten.

Voraussetzungen

Für dieses Simulationsverfahren ist es erforderlich, dass Fehleruntersuchungen im Netz enthalten sind. Die Fehleruntersuchungen symbolisieren Fehler im Netz, für die die Korrektheit der Schutzeinstellung überprüft werden soll. Diese können beliebigen Netzelementen zugeordnet werden (siehe Abschnitt [Erfassen von Fehleruntersuchungen](#)).

7.1.7 Starten der Schutzsimulation

Diese Berechnung kann auf zwei verschiedene Arten durchgeführt werden:

- Berechnung aller Fehleruntersuchungen im Netz
- Berechnung einer Fehleruntersuchung über das Kontextmenü

Schutzkoordination

Der Start der Berechnung erfolgt wahlweise über das Menü **Berechnen – Schutzkoordination – Schutzkoordination** oder direkt über das Kontextmenü einer markierten Fehleruntersuchung. Hierbei wird der folgende Dialog geöffnet.

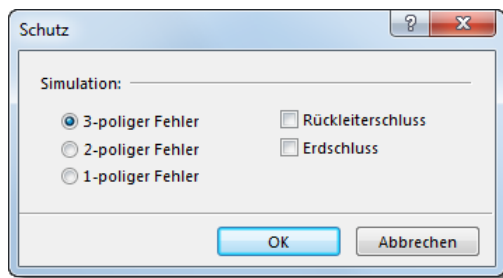


Bild: Dialog zum Starten der Schutzkoordination

Im Dialog kann gewählt werden, welche Fehlerart bei der Schutzkoordination verwendet werden soll:

- 3-poliger Fehler
- 2-poliger Fehler
- 1-poliger Fehler

Mit den Optionen **Rückleiterschluss** und **Erdschluss** kann eine Verbindung von Fehler zum Rückleiter bzw. zur Erde aktiviert werden.

Fehlerpakete

Bei dieser Berechnungsmethode wird analog zur Mehrfachfehlerberechnung die gleichzeitige Simulation unterschiedlicher Fehler im Netz ermöglicht. Dazu werden manuell definierte Fehlerpakete verwendet, welche beliebige Fehleruntersuchungen zu einem Paket kombinieren. Die Fehlerart wird hier ebenfalls durch die Fehleruntersuchung vorgegeben.

Der Start der Berechnung erfolgt wahlweise über das Menü **Berechnen – Schutzkoordination – Fehlerpakete** oder direkt über das Kontextmenü einer markierten Fehleruntersuchung.

7.1.8 Darstellen und Auswerten der Ergebnisse

Wenn die Berechnung ohne Fehler beendet wird, dann werden die Ergebnisse im Grafikeditor wie folgt dargestellt.

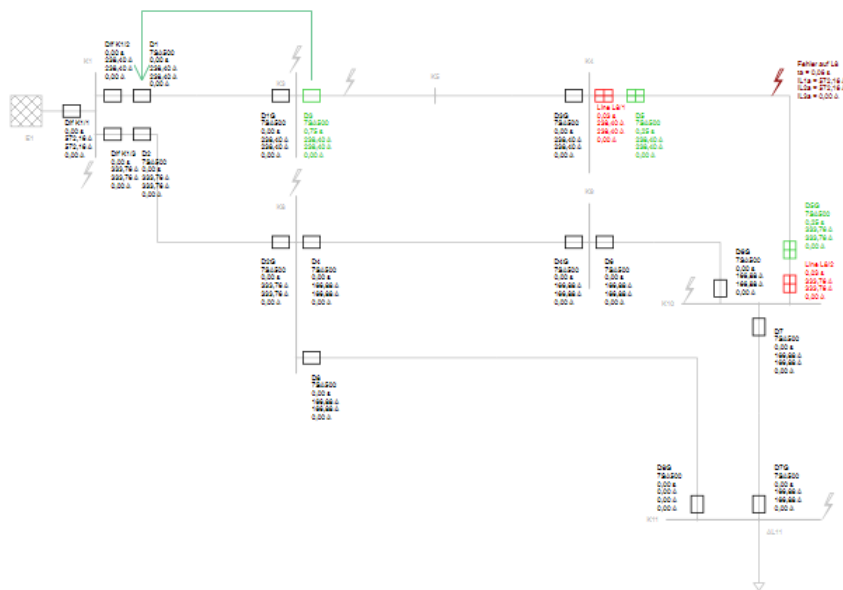


Bild: Schutznetz mit Ergebnissen

Im aktuellen Beispiel werden die Ergebnisse der Fehleruntersuchung auf der Leitung **L8** für den 1. Umlauf dargestellt.

Das Schutzgeräte am Anfang und am Ende der Leitung **L8** sind mit einem "+" gekennzeichnet. Dies soll visualisieren, dass diese Geräte entsprechend der vorgegeben Einstellwerte auslösen dürfen. Zusätzlich werden die in der Simulation tatsächlich ausgelösten Geräte in roter Farbe dargestellt.

Bei aktivierter Filterauswertung werden die folgenden Farben zur Kennzeichnung von Auslösung und Anregung verwendet:

- Rot – das Schutzgerät hat ausgelöst
- Gelb – das Schutzgerät ist innerhalb der Staffelzeit angeregt
- Grün – das Schutzgerät ist angeregt

Für jede Fehleruntersuchung werden jene Schutzgeräte ermittelt, welche auslösen dürfen. Es sind dies alle jene Schutzgeräte, die den Fehler in Vorwärtsrichtung topologisch begrenzen.

Alle Schutzgeräte, **die auslösen dürfen**, werden in der Grafik mit dem **Zeichen +** gekennzeichnet. Diese Kennzeichnung erfolgt unabhängig vom aktuellen Zustand (nicht angeregt, angeregt, ...) des Schutzgerätes.

Alle Schutzgeräte, **die nicht auslösen dürfen** und trotzdem auslösen, werden in der Netzgrafik mit dem **Zeichen x** gekennzeichnet.

Ergebnisauswahl mit Symbolleiste

In PSS SINICAL gibt es eine spezielle Symbolleiste, die es besonders einfach ermöglicht, die gewünschten Ergebnisse auszuwählen. Bei einer Schutzsimulation kann in dieser Symbolleiste die gewünschte Fehleruntersuchung und der entsprechende Umlauf ausgewählt werden. Die so gewählten Ergebnisse werden in der Netzgrafik und im Schutzgeräte-Dialog angezeigt.

Diese Symbolleiste kann über das Menü **Ansicht – Symbolleisten – Ergebnisse** aktiviert werden.



Bild: Symbolleiste Ergebnisse

Informationen im Meldungsfenster

Zusätzlich zu den im Grafikeditor dargestellten Ergebnissen können über das Meldungsfenster weitere Informationen abgerufen werden.

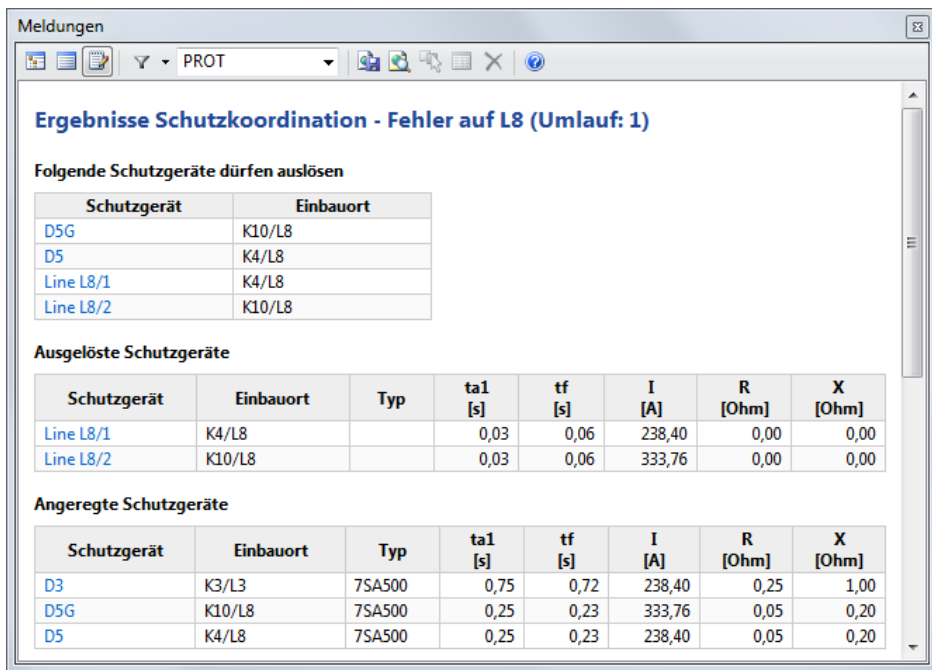


Bild: Schutzergebnisse im Meldungsfenster

Über den Knopf **HTML Protokoll** wird in Form eines HTML Protokolls dargestellt, welche Schutzgeräte bei der aktuellen Fehleruntersuchung und dem gewählten Umlauf

- auslösen dürfen,
- ausgelöst haben,
- angeregt bzw. nicht angeregt sind.

Ergebnisse in Form von Diagrammen

Zusätzlich zu den Ergebnissen im Grafikeditor und im Meldungsfenster werden auch Ergebnisse in Diagrammform generiert. Diese können über den Menüpunkt **Ansicht – Diagramm** betrachtet werden.

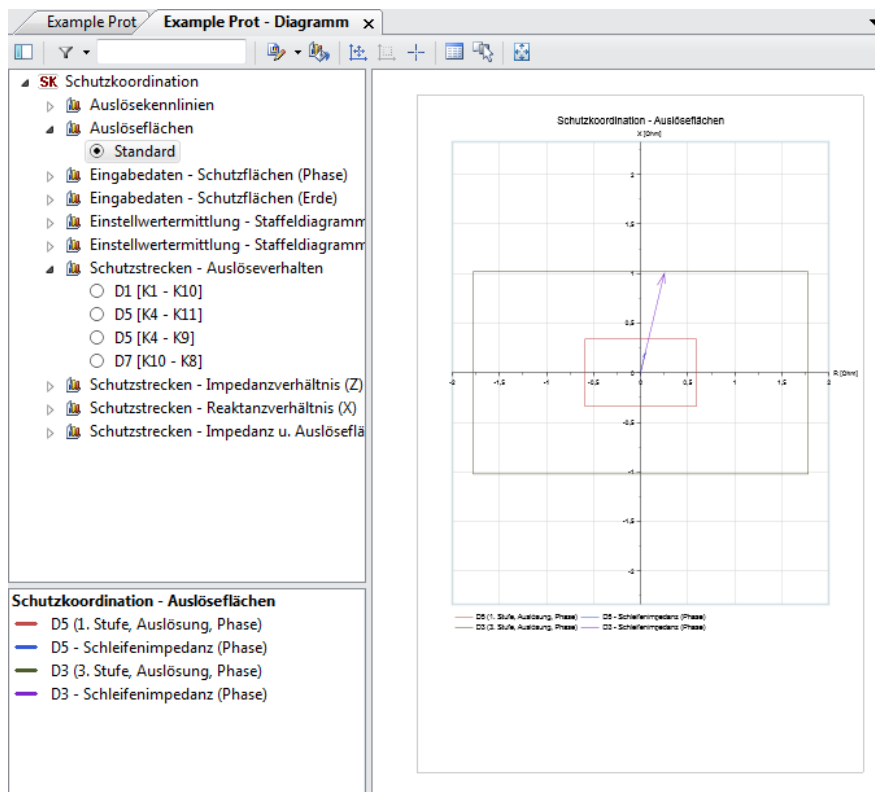


Bild: Schutzergebnisse in Diagrammform

Im Browser können die Auslöseflächen-Diagramme und die Auslösekennlinien-Diagramme individuell zusammengestellt werden. Die im Diagramm darzustellenden Schutzgeräte können beliebig gewählt werden. Eine genaue Beschreibung hierzu ist im Handbuch Bedienung, Kapitel Diagramm, Abschnitt Auslösekennlinien überlagern zu finden.

7.1.9 Generieren von Schutzstrecken

Anhand von Schutzstrecken kann die korrekte Einstellung der Schutzgeräte überprüft werden. Schutzstrecken können auf zwei Arten visualisiert werden:

- in Form von Diagrammen
- in der Netzgrafik

Die Generierung der Schutzstrecken wird über den Menüpunkt **Berechnen – Schutzkoordination – Schutzstrecken** gestartet. Die Berechnung kann für 3- und 2-poligem Kurzschluss sowie 2- und 1-poligem Erdschluss gestartet werden.

Schutzstreckendiagramme

Nach dem Starten der Berechnung werden Diagramme erzeugt, welche zur Überprüfung der Korrektheit der Schutzeinstellung verwendet werden können.

Diese können über den Menüpunkt **Ansicht – Diagramm** betrachtet werden.

Von dem Simulationsverfahren werden folgende Schutzstreckendiagramme generiert:

- [Auslöseverhalten](#)
- [Impedanzverhältnis \(Z\)](#)
- [Reaktanzverhältnis \(X\)](#)
- [Impedanz und Auslöseflächen](#)

Bei den Diagrammen ist generell zu beachten, dass diese nur für jene Schutzgeräte generiert werden, bei denen die Ausgabe im Staffeldiagramm aktiviert ist (siehe Handbuch Eingabedaten, Kapitel Datenbeschreibung, Abschnitt Einbauort des Schutzgerätes).

Die Darstellung der Schutzstreckendiagramme kann über die Berechnungsparameter gesteuert werden. Hierbei kann z.B. die dargestellte Schutzstrecke über das Feld **Stufen für Staffeldiagramme** festgelegt werden. Eine genaue Beschreibung ist im Handbuch Eingabedaten, Kapitel Berechnungsparameter, Abschnitt Schutzkoordination Berechnungsparameter enthalten.

Im folgenden Diagramm wird das Auslöseverhalten des Schutzgerätes **D1** dargestellt.

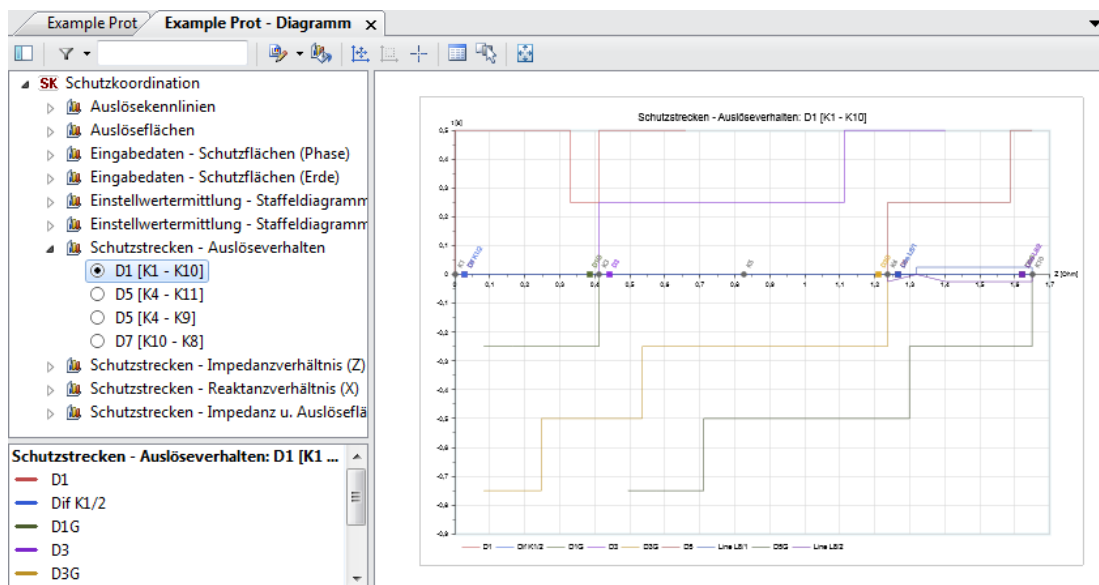


Bild: Diagramm Auslöseverhalten

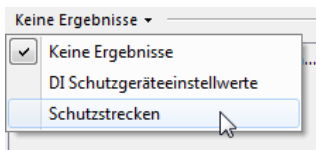
In diesem Diagramm wird an der X-Achse die Impedanz der Schutzstrecke dargestellt, wobei die Knoten und weitere eingebauten Schutzgeräte ebenfalls angezeigt werden. An der Y-Achse wird die Auslösezeit der jeweiligen Stufe eingetragen.

Schutzgeräte in "Rückwärtsrichtung" werden im Diagramm mit negativer Zeit (also unterhalb der X-Achse) dargestellt. Im dargestellten Beispiel sind dies die Geräte **D1G** und **D3G**.

Visualisierung in der Netzgrafik

Wenn die Ermittlung der Schutzstrecken fehlerfrei durchgeführt werden kann, wird danach automatisch das Ergebnisfenster für **Schutzstrecken** angezeigt.

Das Ergebnisfenster kann auch später über den Menüpunkt **Ansicht – Ergebnisbrowser** oder **Berechnen – Ergebnisse – Schutzstrecken** geöffnet werden. Mit Hilfe des Auswahlfeldes wird die Ergebnisdarstellung für die **Schutzstrecken** aktiviert.



Durch diese Auswahl werden die letzten Ergebnisse geladen und im Ergebnisfenster bereitgestellt.

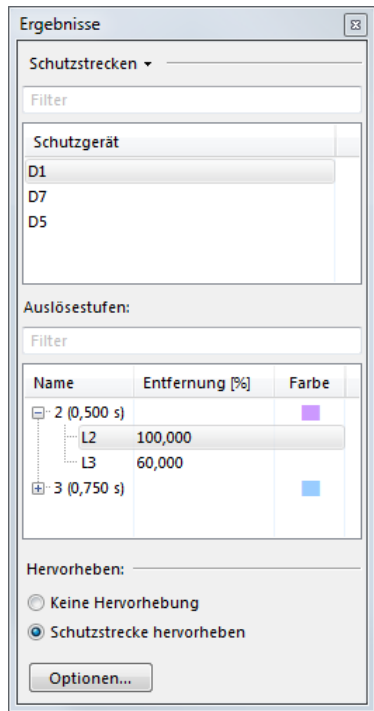


Bild: Ergebnisfenster für die Schutzstrecken

Im oberen Teil des Ergebnisfensters befindet sich ein **Filterfeld**. Damit kann der Darstellungsumfang in der Liste reduziert werden.

In der oberen Auswahlliste sind alle Schutzgeräte, für welche Schutzstrecken berechnet wurden, aufgelistet. Nach Auswahl eines Schutzgerätes werden alle berechneten Auslösestufen mit den dazugehörigen Elementen dieses Schutzgerätes in der Liste **Auslösestufen** dargestellt. Sind mehrere Schutzgeräte ausgewählt, so werden nur die Auslösestufen angezeigt. Die Schutzstrecke für das ausgewählte Schutzgerät wird sofort in der Netzgrafik visualisiert. Hierfür werden die Einstellungen im Abschnitt **Hervorheben** verwendet.

Über das Kontextmenü sind erweiterte Bearbeitungsfunktionen verfügbar.

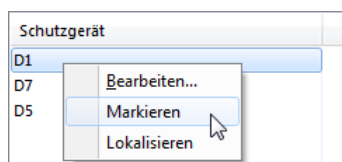


Bild: Kontextmenü der Schutzgeräte

- **Bearbeiten:**
Die Attribute des ausgewählten Schutzgerätes werden in einer Datenmaske dargestellt.

- **Markieren:**
Das selektierte Schutzgerät wird in der Netzgrafik markiert.
- **Lokalisieren:**
Diese Funktion entspricht dem **Markieren**, allerdings wird hier der Bildausschnitt im Grafikeditor so angepasst, dass das markierte Element sichtbar ist.

Im Abschnitt **Auslösestufen** befindet sich ein **Filterfeld**, mit dem der Darstellungsumfang in der Liste reduziert wird.

In der Auswahlliste **Auslösestufen** werden alle ermittelten Auslösestufen der ausgewählten Schutzgeräte mit der jeweiligen Farbe für die Hervorhebung dargestellt. Durch einfaches Klicken auf die Farbe kann die Hervorhebung der Auslösestufe aktiviert bzw. deaktiviert werden. Voraussetzung dafür ist, dass die Option **Schutzstrecke hervorheben** im Bereich **Hervorheben** ausgewählt ist. Ist in der oberen Auswahlliste nur ein Schutzgerät ausgewählt, so werden zusätzlich zu jeder Auslösestufe die verwendeten Netzelemente angezeigt.

Über das Kontextmenü der Auslösestufen sind erweiterte Bearbeitungsfunktionen verfügbar.

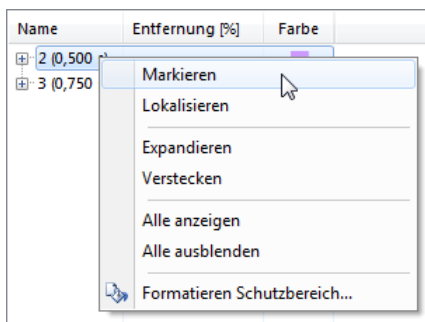


Bild: Kontextmenü der berechneten Auslösestufe

- **Markieren:**
Die Elemente der selektierten Auslösestufen werden in der Netzgrafik markiert.
- **Lokalisieren:**
Diese Funktion entspricht dem **Markieren**, allerdings wird hier der Bildausschnitt im Grafikeditor so angepasst, dass das markierte Element sichtbar ist.
- **Expandieren:**
Die Auslösestufe wird in der Auswahlliste geöffnet.
- **Verstecken:**
Die Auslösestufe wird in der Auswahlliste geschlossen.
- **Alle anzeigen:**
Alle Auslösestufen dieses Schutzgerätes werden hervorgehoben.
- **Alle ausblenden:**
Die Hervorhebungen der Auslösestufen dieses Schutzgerätes werden entfernt.
- **Formatieren Schutzbereich:**
Es erscheint ein Dialog, in dem die Farbe für die Auslösestufe festgelegt werden kann.

Über das Kontextmenü der Elemente der Auslösestufen sind erweiterte Bearbeitungsfunktionen verfügbar.

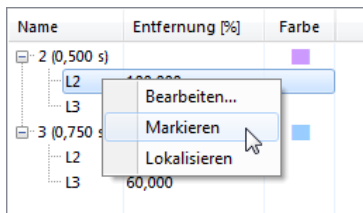


Bild: Kontextmenü der Elemente

- **Bearbeiten:**
Die Eingabemaske des jeweilig selektierten Elementes wird zur Bearbeitung geöffnet.
- **Markieren:**
Das selektierte Element wird in der Netzgrafik markiert.
- **Lokalisieren:**
Diese Funktion entspricht dem **Markieren**, allerdings wird hier der Bildausschnitt im Grafikeditor so angepasst, dass das markierte Element sichtbar ist.

Im Bereich **Hervorheben** kann gewählt werden, ob die Schutzstrecke der ausgewählten Schutzgeräte hervorgehoben wird. Um die aktuelle Hervorhebung in der Netzgrafik zu löschen, wird **Keine Hervorhebung** geklickt.

Durch Klicken des Knopfes **Optionen** erscheint ein Dialog, in dem erweiterte Einstellungen für die Hervorhebung durchgeführt werden können.

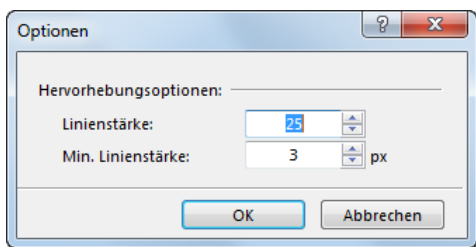


Bild: Dialog Optionen

Im Abschnitt **Hervorhebungsoptionen** können die **Linienstärke** und die **Min. Linienstärke** für die Hervorhebung der Schutzstrecken eingegeben werden.

Die Hervorhebung erfolgt durch Erzeugung einer temporären PIC Datei mit der eingegebenen Linienstärke. Die minimale Linienstärke ermöglicht es, die untere Grenze für die Darstellung der PIC Datei festzulegen. Wird bei der Darstellung der PIC Datei in einem kleinen Zoombereich eine Linienstärke unterhalb dieses Wertes ermittelt, so wird die PIC Datei mit dem Grenzwert dargestellt. Dies ermöglicht es, dass die Hervorhebung auch im kleinen Zoombereich sichtbar ist.

7.2 Anwendungsbeispiel für die Erstellung einer Schutzdokumentation

Im Folgenden soll die Funktionalität für die **Erstellung einer Schutzdokumentation** anhand eines einfachen Anwendungsbeispiels dargestellt werden. In den Beschreibungen werden

- das Markieren eines Staffelpfades,
- das Erstellen der Schutzdokumentation
- und das Zusammenstellen eines Diagrammes

dargestellt.

Grundlagen

Alle Beschreibungen basieren auf folgendem Netz. Grundsätzlich kann die Schutzdokumentation aber in jedem beliebigen Netz durchgeführt werden.

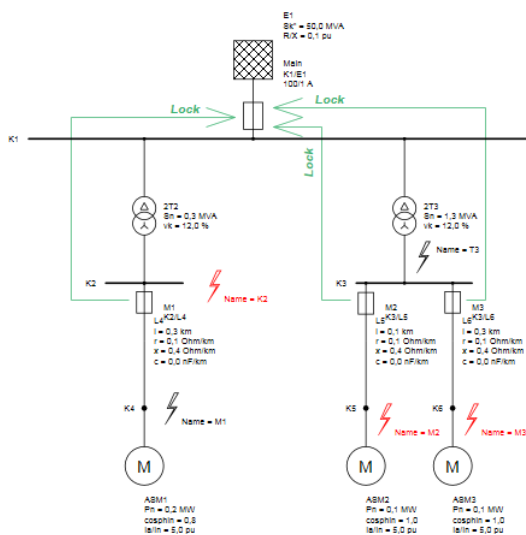


Bild: Schutznetz mit UMZ-Schutzgeräten

Dieses Netz ("Example OC") wird bei der Installation von PSS SINCAL automatisch bereitgestellt und kann zum Testen des Simulationsverfahrens eingesetzt werden.

Die Schutzdokumentation ist für alle Elemente verfügbar. Um jedoch Zusatzinformationen wie beispielsweise Eingabedaten und Grenzwerte zu erhalten, ist es notwendig, dass das Netz UMZ-Schutzgeräte enthält. Aus diesem Grund sind diese im Beispielnetz verfügbar.

7.2.1 Markieren eines Staffelweges

Für die Schutzdokumentation muss zuerst ein Staffelweg in einer beliebigen Ansicht markiert werden. Die Markierung kann auf verschiedenste Arten erfolgen, wie beispielsweise manuell, mit Hilfe der Streckenselektion, etc.

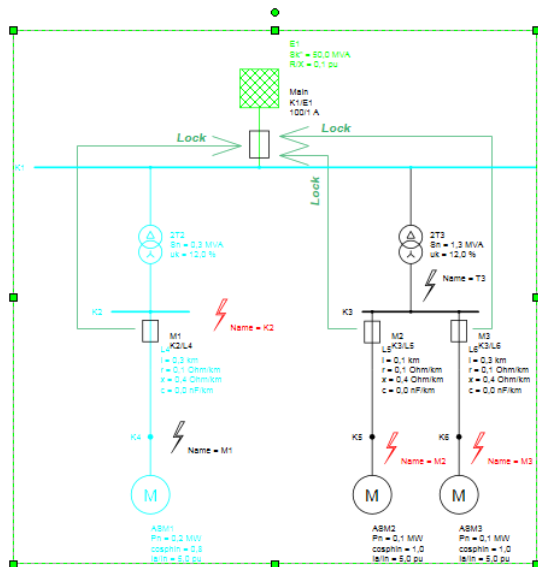


Bild: Selektierter Staffelweg im Netz

7.2.2 Erstellen der Schutzdokumentation

Sobald der Staffelweg markiert ist, kann die Erstellung der Schutzdokumentation erfolgen. Hierzu wird der Menüpunkt **Tools – Schutzdokumentation erstellen** geöffnet.

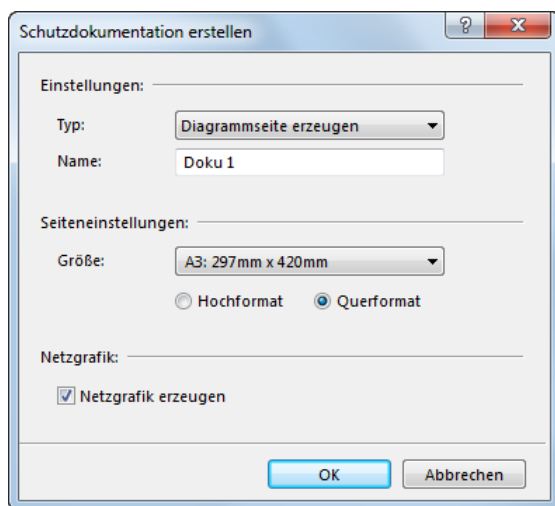


Bild: Dialog Schutzdokumentation erstellen

Im Auswahlfeld **Typ** wird gewählt, ob eine Diagrammseite oder eine Ansicht erzeugt wird. In diesem Beispiel wird eine Diagrammseite erstellt.

Im Eingabefeld **Name** kann eine Bezeichnung für die Diagrammseite der Schutzdokumentation (in diesem Fall "PD 1") vorgegeben werden.

Im Bereich **Seiteneinstellungen** kann das gewünschte Papierformat ausgewählt werden.

Mit der Option **Netzgrafik erzeugen** kann festgelegt werden, ob auf der Diagrammseite der Staffelpfad erstellt werden soll.

Nach dem Schließen des Dialoges mit dem OK Knopf wird die Schutzdokumentation erstellt. Hierbei wird die Diagrammansicht aktiviert und das Diagramm der Schutzdokumentation ausgewählt. In der Diagrammseite wird neben dem Diagramm auch die Netzgrafik des ausgewählten Staffelpans dargestellt.

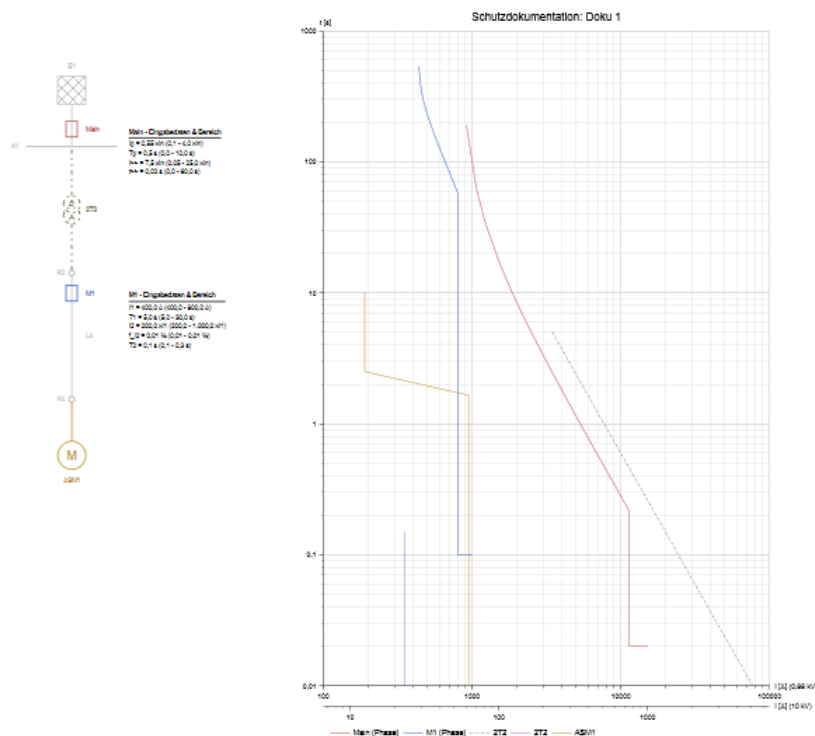


Bild: Schutzdokumentation

Im Diagramm werden automatisch die folgenden Kennlinien des Staffelpweges angezeigt:

- UMG Kennlinien
- Zerstörungskennlinien
- Inrushkennlinien
- Motor-Anlaufstromkennlinien

7.2.3 Zusammenstellen eines Diagrammes

Nach Erstellung der Schutzdokumentation besteht nun die Möglichkeit, den Darstellungsumfang der Kennlinien zu ändern. Diese Funktion wird über den Menüpunkt **Diagramm – Diagrammseite zusammenstellen** aktiviert.

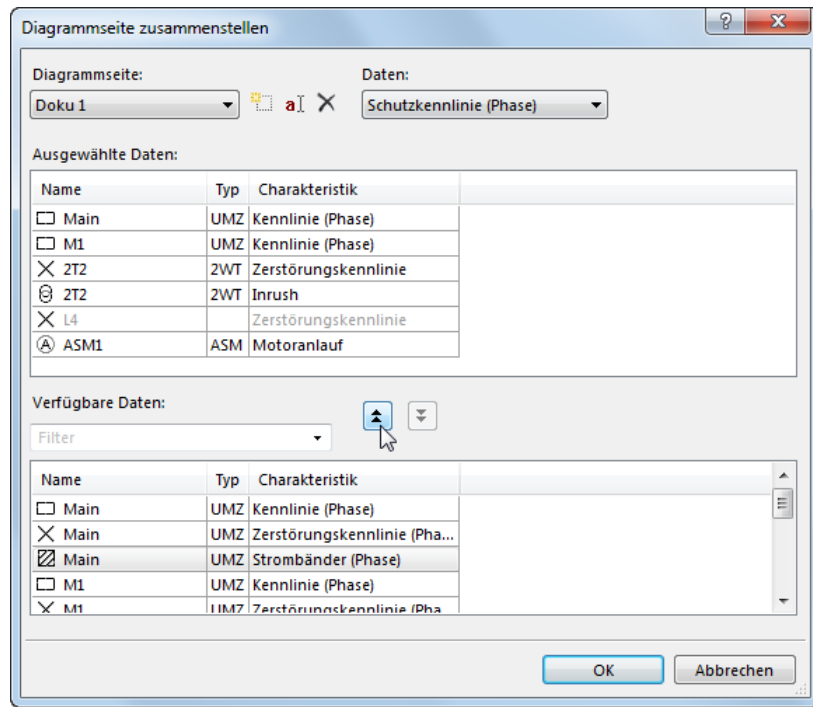


Bild: Dialog zur Bearbeitung der Schutzdokumentation

In diesem Beispiel werden die Strombänder des UMZ Schutzgerätes **Main** dem Diagramm hinzugefügt. Hierzu wird die Kennlinie **Strombänder (Phase)** aus der Liste der verfügbaren Daten in die Liste der ausgewählten Daten hinzugefügt. Nach dem Schließen des Dialoges mit **OK** werden die ausgewählten Kennlinien im Diagramm dargestellt.

Anwendungsbeispiele

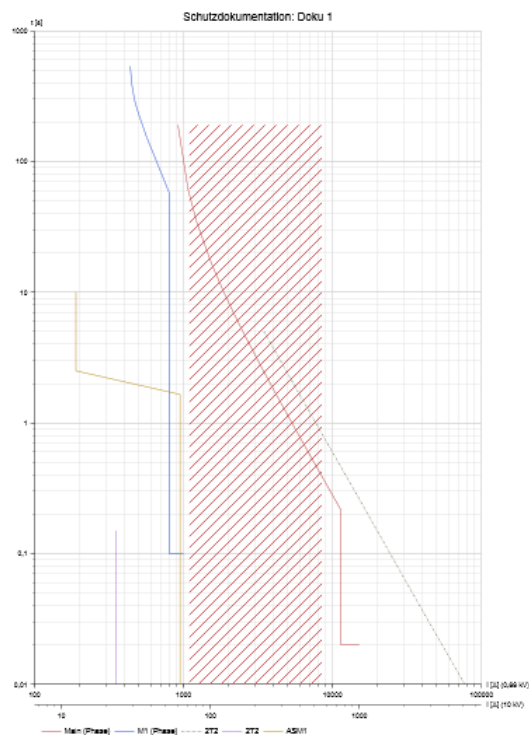


Bild: Erweitertes Diagramm

Eine detaillierte Beschreibung des Dialoges finden Sie im Handbuch Bedienung, Kapitel Zusammenstellen von Schutzdokumentationen.