

Differentialschutz mit dem Feldsteuer- und Schutzgerät REF 542plus

Einstellanleitung



kansikuva_bw

ABB

Inhalt:

- 1. Inhalt5**
- 2. Einleitung6**
- 3. Technische Umsetzung8**
 - 3.1. Anschlussschema8
 - 3.2. Einstelbeispiel: Transformator-differentialschutz8
 - 3.2.1. Berechnung9
 - 3.2.2. Anpassung der Analogeingänge des REF542plus9
 - 3.2.3. Einstellung der Auslösekennlinie16
 - 3.2.4. Einschaltstrom-Stabilisierung17
 - 3.2.5. Stromwandler-Anforderung18
 - 3.3. Beispiel: Motorschutzeinstellung19
 - 3.3.1. Konfiguration der Analogeingänge20
 - 3.3.2. Einstellung der Auslösekennlinie21
 - 3.3.3. Einschaltstromstabilisierung22
 - 3.3.4. Stromwandler-Anforderung 222
- 4. Zusammenfassung23**

Urheberrechte

Alle in diesen Unterlagen enthaltenen Informationen können jederzeit ohne Vorankündigung geändert werden und sind nicht als Verbindlichkeit von ABB Oy auszulegen. ABB Oy übernimmt keinerlei Verantwortung für etwaige in diesen Unterlagen enthaltene Fehler.

ABB Oy haftet unter keinerlei Umständen für direkte, indirekte, bestimmte, zufällige oder Folgeschäden jedweder Art infolge der Benutzung dieser Unterlagen, noch kann ABB Oy für Zufalls- oder Folgeschäden infolge der Nutzung jedweder, in diesen Unterlagen beschriebener Software oder Hardware haftbar gemacht werden.

Jedwede Wiedergabe oder Vervielfältigung dieser Unterlagen sowie von deren Bestandteilen ohne schriftliche Genehmigung von ABB Oy ist strengstens untersagt. Die Inhalte derselben dürfen nicht an Dritte weitergegeben noch für jedwede unerlaubte Zwecke genutzt werden.

Die in diesem Dokument beschriebene Soft- oder Hardware ist an Lizenzvereinbarungen gebunden und darf ausschließlich im Einklang mit den entsprechenden Lizenzvereinbarungen benutzt, vervielfältigt oder weitergegeben werden.

Copyright © 2007 ABB Oy

Alle Rechte vorbehalten.

1. Inhalt

In diesem Dokument wird die Anwendung des dreiphasigen Differentialschutzes des REF542*plus* beschrieben. Der Differentialschutz ist zum Schutz von Transformatoren oder Hochspannungsmotoren ausgelegt. Die Funktion beruht auf dem Prinzip des stabilisierten Differentialschutzes mit einer vierfachen Auslösekennlinie. Des Weiteren wird zur Stabilisierung des Einschaltstroms das Verfahren der Oberwellenerkennung angewendet. Geeignete Relaiseinstellungen und die Auswahl von Stromwandlern werden anhand von Beispielen beschrieben. Es wird ebenfalls eine Empfehlung für die Auslegung der Stromwandler gegeben.

SCHLÜSSELWÖRTER: Differentialschutz, Transformatorschutz, Motorschutz.

2. Einleitung

Der in das REF542plus integrierte dreiphasige Differentialschutz ist hauptsächlich für den Schutz von Zweiwicklungs-Leistungstransformatoren und Hochspannungsmotoren ausgelegt. Die Funktion des Schutzes beruht auf dem Prinzip des stabilisierten Differentialstroms, wie in Abb. 2.-1 dargestellt.

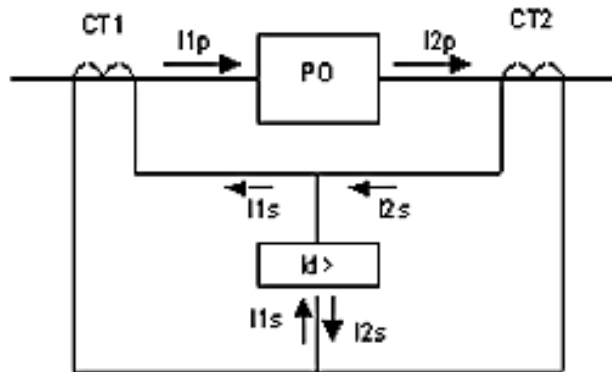


Abb. 2.-1 Funktionsprinzip des stabilisierten Differentialschutzes

PO ist das zu schützende Objekt, CT1 und CT2 sind die Stromwandler in den Schutzbereichen, I_{1p} und I_{2p} sind der Strom auf der Primärseite der betreffenden Stromwandler und I_{1s} und I_{2s} sind der Strom auf der Sekundärseite der betreffenden Stromwandler. Die Sekundärströme der Stromwandler werden durch den Differentialschutz $I_{d>}$ geleitet, wie in Abb. 2.-1. dargestellt. Angenommen, die Stromwandler sind fehlerfrei, so ist ersichtlich, dass unter normalen Lastbedingungen oder unter Durchgangsfehlerbedingung kein Strom durch den Differentialschutz $I_{d>}$ fließt. Es kann jedoch bei Auftreten eines internen Fehlers zwischen den beiden Stromwandlern zu einer Auslösung kommen, weil dann der Differentialstrom I_d nicht mehr gleich Null ist.

$$I_d = I_{1s} - I_{2s}$$

Im Prinzip wird dieser grundlegende Ansatz eines Differentialschutzschemas durch die Schaltung eines Überstromrelais in den durch die Sekundärkreise der beiden Stromwandler gebildeten Differentialpfad erreicht.

Da Stromwandler immer mit einem gewissen Grundfehler (Klassengenauigkeit) behaftet sind, ist der Differentialstrom im normalen Betriebsfall nie gleich Null. Besonders unter Durchgangsfehlerbedingung mit einem hohen Kurzschlussstrom kann der Differentialstrom aufgrund der Stromwandlerfehler ebenfalls sehr hoch sein. Außerdem verursacht der Stufenschalter des Transformators einen zusätzlichen Fehler aufgrund der Änderung des Umwandlungsverhältnisses der Wicklung. Je nach Empfindlichkeit der Einstellung des zugrundeliegenden Differentialschutzansatzes, d. h. des Überstromschutzrelais, kann ein unbeabsichtigtes Auslösen auftreten.

Aus diesem Grund muss der Differentialstromschutz mittels des so genannten Stabilisierungsstroms stabilisiert werden. Für den stabilisierten Differentialschutz werden folgende Messgrößen verwendet:

Differentialschutz mit dem Feldsteuer- und Schutzgerät REF 542plus

- Auslöse- oder Differentialstrom: $I_d = |I_{1s} - I_{2s}|$
- Stabilisierungsstrom: $I_b = (|I_{1s} + I_{2s}|) / 2$.

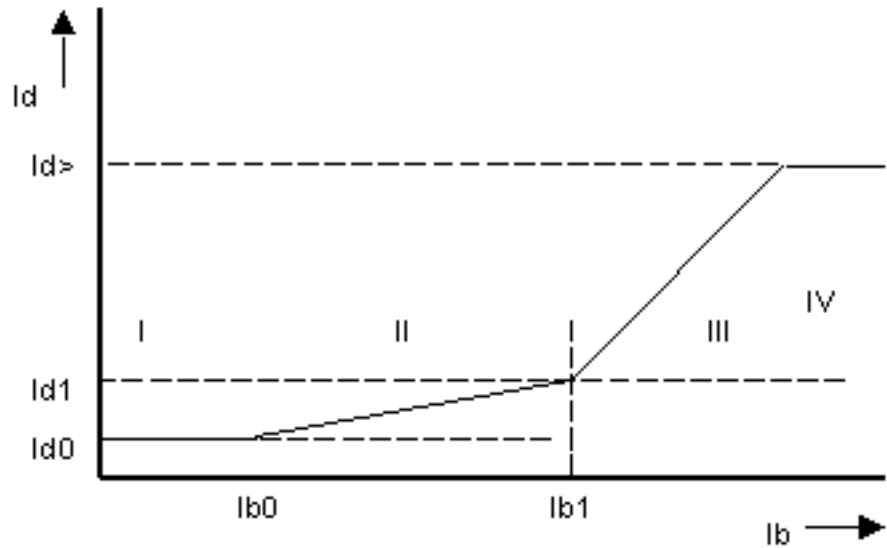


Abb. 2.-2 Auslösekennlinie eines stabilisierten Differentialschutzes

Die oben stehende Gleichung zeigt, dass der stabilisierte Strom unter normalen Belastungs- oder unter Durchgangsfehlerbedingung fast dem Laststrom entspricht. Durch die Verwendung der Stabilisierungsstrom ist es möglich, das Abhängigkeitsverhältnis zwischen dem Auslösen des Differentialschutzes und dem Durchgangsfehlerstrom festzulegen. Je höher der Last- oder der Durchgangsfehlerstrom ist, desto höher ist das für das Auslösen erforderliche Höhe des Differentialstroms.

Die Auslösekennlinie besteht aus vier verschiedenen Bereichen. Der erste Bereich bezieht sich auf eine Schwachlastbedingung, der zweite auf Normal- bzw. Volllastbedingung, der dritte Bereich auf eine Durchgangsfehlerbedingung und der vierte Bereich ($I_d>$) auf eine Auslösung aufgrund eines Fehlers im Schutzbereich.

3. Technische Umsetzung

3.1. Anschlussschema

Anschlussschema

Aufgrund seiner Flexibilität bietet das REF542plus vielfältige Stromwandleranschlussmöglichkeiten. In Abb. 3.1.-1 wird eine der Anschlussmöglichkeiten an einen Stromwandlersatz gezeigt.

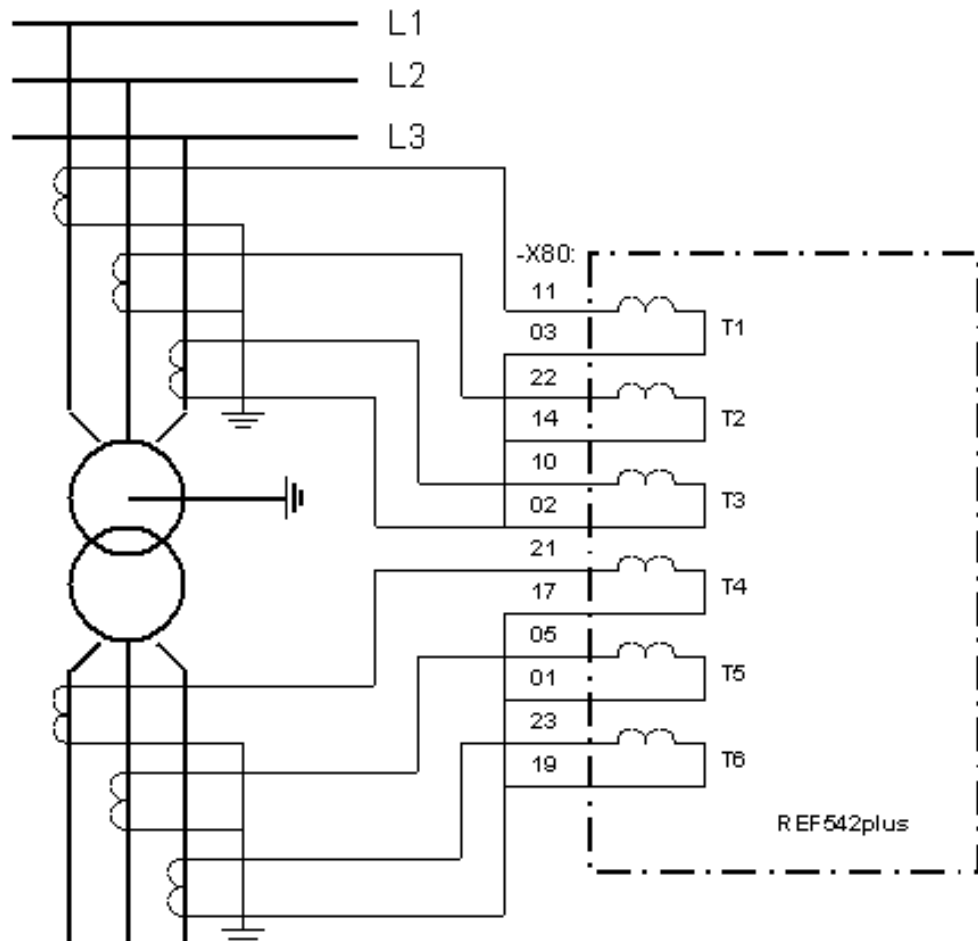


Abb. 3.1.-1 Anschlussschema für das REF542plus mit 6 Eingangsstromwandlern

Bei Differentialschutzanwendungen muss das REF542plus mindestens sechs Stromwandleringänge haben. Die erste Gruppe mit T1, T2 und T3 ist an den dreiphasigen Stromwandlersatz auf der Oberspannungsseite angeschlossen und die zweite Gruppe mit T4, T5 und T6 ist an den entsprechenden Stromwandlersatz auf der Unterspannungsseite des Transformators angeschlossen.

3.2. Einstelbeispiel: Transformator-differentialschutz

Im folgenden Abschnitt wird ein Beispiel für die Einstellung des REF542plus für den Transformatorschutz beschrieben. Der Transformator soll über folgende technische Daten verfügen:

- Transformatorspannung: 30 kV/6 kV
 - Nennleistung: 10 MVA, Verlustleistung ca. 10 % der Nennleistung
 - Vektorgruppe: Yd11
 - Transformatorimpedanz: 12,5 %
 - der Transformator ist auf der Oberspannungsseite geerdet
 - Stromwandler-Übersetzungsverhältnis auf der 30 kV-Seite: 150 A/1 A
 - Stromwandler-Übersetzungsverhältnis auf der 6 kV-Seite: 600 A/1 A
- Die Stromwandler werden gemäß Abb. 3.1.-1 angeschlossen und geerdet.

3.2.1.

Berechnung

Der Nennstrom des Leistungstransformators ist:

- 30 kV-Seite: $I_{1r} = 10 \text{ MVA} / (30 \text{ kV} \times \sqrt{3}) = 192,4 \text{ A}$
- 6 kV-Seite: $I_{2r} = 10 \text{ MVA} / (6 \text{ kV} \times \sqrt{3}) = 962,3 \text{ A}$

In diesem Beispiel wird davon ausgegangen, dass der Transformator auf der 30 kV-Seite gespeist wird und dass in der Nähe der Transformator клемmen auf der 6 kV-Seite ein Fehler aufgetreten ist. Außerdem wird angenommen, dass die Kurzschlussleistung der Einspeisung oder des speisenden Netzes unendlich hoch ist. Wenn man den Stufenschalter außer Acht lässt, ist der Kurzschlussstrom für die Nennbedingung also:

- 30 kV-Seite: $I_{1sc} = 192,4 \text{ A} (100 \% / 12,5 \%) = 1539,2 \text{ A}$
- 6 kV-Seite: $I_{2sc} = 962,3 \text{ A} (100 \% / 12,5 \%) = 7698,4 \text{ A}$

Im Gegensatz zum Lastfall kann von der folgenden Festlegung des Bereichs ausgegangen werden:

- Schwachlastbedingung: Laststrombereich: 0 to 0,6 x I_n
- Normale Lastbedingung: Laststrombereich: 0,4 bis 2,0 x I_n
- Vollastbedingung: Laststrombereich: 2,0 x I_n und höher
(kurzfristige Überlast)

3.2.2.

Anpassung der Analogeingänge des REF542plus

Auf Grundlage des Anschlussschemas aus Abb. 3.1.-1 werden die Analogeingänge des REF542plus gemäß Abb. 3.2.2.-1 eingestellt:

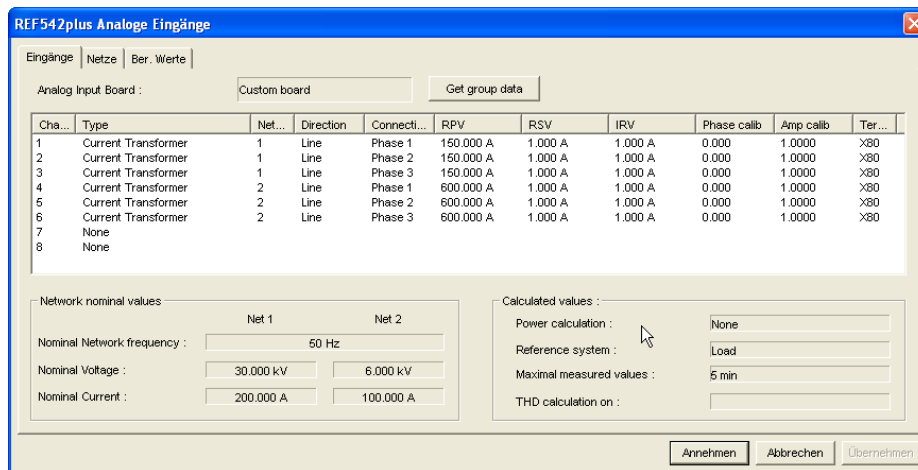


Abb. 3.2.2.-1 Einstellung der Analogeingänge

Die Stromwandler auf der Oberspannungsseite sind 150 A/1 A und werden mit AI 01, AI 02 und AI 03, als NET 1 festgelegt. Wegen der Erdungsverbinding der Sekundärseite der Stromwandler (s. Abb. 3.1.-1), muss als Richtung „LINE“ gewählt werden. Der Nennwert der verwendeten Eingangswandler ist 1 A. Die Stromwandler auf der Unterspannungsseite müssen entsprechend eingestellt werden. Falls nötig kann für jeden Eingangstransformator eine zusätzliche Phasen- und Amplitudenkalibrierung durchgeführt werden.

Ob die Einstellung richtig ist, kann auf der Meßwertseite des HMI überprüft werden. Die Höhe des Stroms auf der 30 kV- und auf der 6 kV-Seite und der daraus resultierende Differentialstrom werden auf dem Display angezeigt.

Abb. 3.2.2.-2 zeigt die Einstellung der Analogeingänge für das gewählte Beispiel.

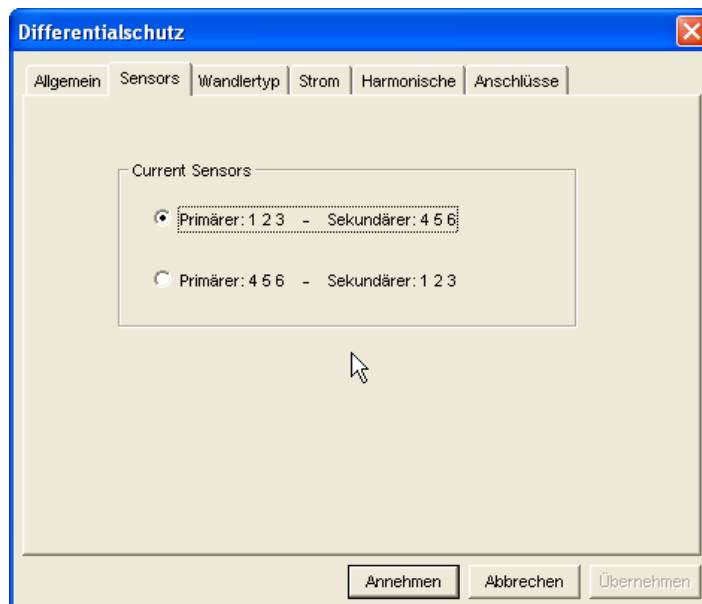


Abb. 3.2.2.-2 Einstellung der Analogeingänge

Differentialschutz mit dem Feldsteuer- und Schutzgerät REF 542plus

Aus Abb. 3.2.2.-3 geht die Einstellung der Vektorgruppe und die Art der Erdung des Transformators hervor.

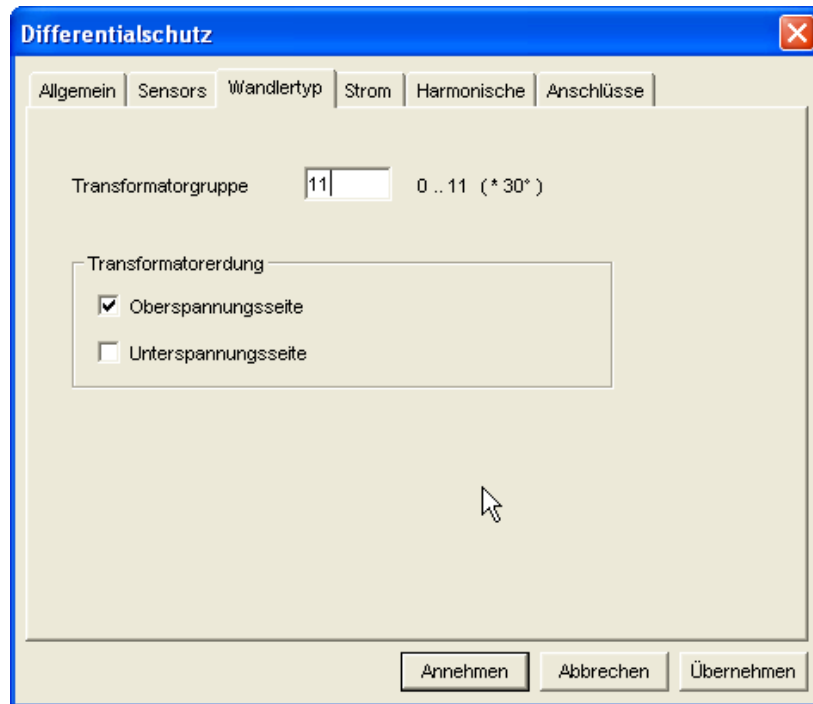


Abb. 3.2.2.-3 Konfiguration der Vektorgruppe und Erdung des Leistungswandlers

Die Berechnung des Vektorgruppenausgleichs wird in Tabelle 3.2.2.-1 dargestellt. HV steht für Oberspannungs- oder Primärseite, LV für Unterspannungs- oder Sekundärseite des Transformators, I_{L1} bis I_{L3} für Strom der Phasen L1 bis L3 und die Indizes 1 und 2 stellen die HV- oder Primärseite bzw. die LV- oder Sekundärseite des Transformators dar. Ist der Transformator entweder auf der HV- bzw. Primärseite oder auf der LV- bzw. Sekundärseite geerdet, so muss dies auch berücksichtigt werden.

Tabelle 3.2.2-1 Berechnung des vektorgruppenabhängigen Differentials

Vektorgruppe	Erdung		Berechnung des Stromes	
	HV	LV	HV	LV
0	Nein	Nein	I_{L11} I_{L21} I_{L31}	I_{L12} I_{L22} I_{L32}
	Nein	Ja	$(I_{L11} - I_{L21})/\sqrt{3}$ $(I_{L21} - I_{L31})/\sqrt{3}$ $(I_{L31} - I_{L11})/\sqrt{3}$	$(I_{L12} - I_{L22})/\sqrt{3}$ $(I_{L22} - I_{L32})/\sqrt{3}$ $(I_{L32} - I_{L12})/\sqrt{3}$
	Ja	Nein	$(I_{L11} - I_{L21})/\sqrt{3}$ $(I_{L21} - I_{L31})/\sqrt{3}$ $(I_{L31} - I_{L11})/\sqrt{3}$	$(I_{L12} - I_{L22})/\sqrt{3}$ $(I_{L22} - I_{L32})/\sqrt{3}$ $(I_{L32} - I_{L12})/\sqrt{3}$
	Ja	Ja	$(I_{L11} - I_{L21})/\sqrt{3}$ $(I_{L21} - I_{L31})/\sqrt{3}$ $(I_{L31} - I_{L11})/\sqrt{3}$	$(I_{L12} - I_{L22})/\sqrt{3}$ $(I_{L22} - I_{L32})/\sqrt{3}$ $(I_{L32} - I_{L12})/\sqrt{3}$
1	Nein	Nein	$(I_{L11} - I_{L31})/\sqrt{3}$ $(I_{L21} - I_{L11})/\sqrt{3}$ $(I_{L31} - I_{L21})/\sqrt{3}$	I_{L12} I_{L22} I_{L32}
	Nein	Ja	I_{L11} I_{L21} I_{L31}	$(I_{L12} - I_{L22})/\sqrt{3}$ $(I_{L22} - I_{L32})/\sqrt{3}$ $(I_{L32} - I_{L12})/\sqrt{3}$
	Ja	Nein	$(I_{L11} - I_{L31})/\sqrt{3}$ $(I_{L21} - I_{L11})/\sqrt{3}$ $(I_{L31} - I_{L21})/\sqrt{3}$	I_{L12} I_{L22} I_{L32}
	Ja	Ja	$(I_{L11} - I_{L31})/\sqrt{3}$ $(I_{L21} - I_{L11})/\sqrt{3}$ $(I_{L31} - I_{L21})/\sqrt{3}$	$I_{L12} - I_{L02}$ $I_{L22} - I_{L02}$ $I_{L32} - I_{L02}$
2	Nein	Nein	I_{L11} I_{L21} I_{L31}	$- I_{L22}$ $- I_{L32}$ $- I_{L12}$
	Nein	Ja	$(I_{L11} - I_{L31})/\sqrt{3}$ $(I_{L21} - I_{L11})/\sqrt{3}$ $(I_{L31} - I_{L21})/\sqrt{3}$	$(I_{L12} - I_{L22})/\sqrt{3}$ $(I_{L22} - I_{L32})/\sqrt{3}$ $(I_{L32} - I_{L12})/\sqrt{3}$
	Ja	Nein	$(I_{L11} - I_{L31})/\sqrt{3}$ $(I_{L21} - I_{L11})/\sqrt{3}$ $(I_{L31} - I_{L21})/\sqrt{3}$	$(I_{L12} - I_{L22})/\sqrt{3}$ $(I_{L22} - I_{L32})/\sqrt{3}$ $(I_{L32} - I_{L12})/\sqrt{3}$
	Ja	Ja	$(I_{L11} - I_{L31})/\sqrt{3}$ $(I_{L21} - I_{L11})/\sqrt{3}$ $(I_{L31} - I_{L21})/\sqrt{3}$	$(I_{L12} - I_{L22})/\sqrt{3}$ $(I_{L22} - I_{L32})/\sqrt{3}$ $(I_{L32} - I_{L12})/\sqrt{3}$

Differentialschutz mit dem Feldsteuer- und Schutzgerät REF 542plus

Tabelle 3.2.2-1 Berechnung des vektorgruppenabhängigen Differentials

Vektorgruppe	Erdung		Berechnung des Stromes	
	HV	LV	HV	LV
3	Nein	Nein	$(I_{L21} - I_{L31})/\sqrt{3}$ $(I_{L31} - I_{L11})/\sqrt{3}$ $(I_{L11} - I_{L21})/\sqrt{3}$	I_{L12} I_{L22} I_{L32}
	Nein	Ja	I_{L11} I_{L21} I_{L31}	$(I_{L32} - I_{L22})/\sqrt{3}$ $(I_{L12} - I_{L32})/\sqrt{3}$ $(I_{L22} - I_{L12})/\sqrt{3}$
	Ja	Ja	$(I_{L21} - I_{L31})/\sqrt{3}$ $(I_{L31} - I_{L11})/\sqrt{3}$ $(I_{L11} - I_{L21})/\sqrt{3}$	I_{L12} I_{L22} I_{L32}
	Ja	Ja	$(I_{L21} - I_{L31})/\sqrt{3}$ $(I_{L31} - I_{L11})/\sqrt{3}$ $(I_{L11} - I_{L21})/\sqrt{3}$	$I_{L12} - I_{L02}$ $I_{L22} - I_{L02}$ $I_{L32} - I_{L02}$
4	Nein	Nein	I_{L11} I_{L21} I_{L31}	I_{L32} I_{L12} I_{L22}
	Nein	Ja	$(I_{L11} - I_{L21})/\sqrt{3}$ $(I_{L21} - I_{L31})/\sqrt{3}$ $(I_{L31} - I_{L11})/\sqrt{3}$	$(I_{L32} - I_{L12})/\sqrt{3}$ $(I_{L12} - I_{L22})/\sqrt{3}$ $(I_{L22} - I_{L32})/\sqrt{3}$
	Ja	Nein	$(I_{L11} - I_{L21})/\sqrt{3}$ $(I_{L21} - I_{L31})/\sqrt{3}$ $(I_{L31} - I_{L11})/\sqrt{3}$	$(I_{L32} - I_{L12})/\sqrt{3}$ $(I_{L12} - I_{L22})/\sqrt{3}$ $(I_{L22} - I_{L32})/\sqrt{3}$
	Ja	Ja	$(I_{L11} - I_{L21})/\sqrt{3}$ $(I_{L21} - I_{L31})/\sqrt{3}$ $(I_{L31} - I_{L11})/\sqrt{3}$	$(I_{L32} - I_{L12})/\sqrt{3}$ $(I_{L12} - I_{L22})/\sqrt{3}$ $(I_{L22} - I_{L32})/\sqrt{3}$
5	Nein	Nein	$(I_{L21} - I_{L11})/\sqrt{3}$ $(I_{L31} - I_{L21})/\sqrt{3}$ $(I_{L11} - I_{L31})/\sqrt{3}$	I_{L12} I_{L22} I_{L32}
	Nein	Ja	I_{L11} I_{L21} I_{L31}	$(I_{L32} - I_{L12})/\sqrt{3}$ $(I_{L12} - I_{L22})/\sqrt{3}$ $(I_{L22} - I_{L32})/\sqrt{3}$
	Ja	Nein	$(I_{L21} - I_{L11})/\sqrt{3}$ $(I_{L31} - I_{L21})/\sqrt{3}$ $(I_{L11} - I_{L31})/\sqrt{3}$	I_{L12} I_{L22} I_{L32}
	Ja	Ja	$(I_{L21} - I_{L11})/\sqrt{3}$ $(I_{L31} - I_{L21})/\sqrt{3}$ $(I_{L11} - I_{L31})/\sqrt{3}$	$I_{L12} - I_{L02}$ $I_{L22} - I_{L02}$ $I_{L32} - I_{L02}$

Tabelle 3.2.2-1 Berechnung des vektorgruppenabhängigen Differentials

Vektorgruppe	Erdung		Berechnung des Stromes	
	HV	LV	HV	LV
6	Nein	Nein	I_{L11} I_{L21} I_{L31}	$- I_{L12}$ $- I_{L22}$ $- I_{L32}$
	Nein	Ja	$(I_{L11} - I_{L21})/\sqrt{3}$ $(I_{L21} - I_{L31})/\sqrt{3}$ $(I_{L31} - I_{L11})/\sqrt{3}$	$(I_{L22} - I_{L12})/\sqrt{3}$ $(I_{L32} - I_{L22})/\sqrt{3}$ $(I_{L12} - I_{L32})/\sqrt{3}$
	Ja	Nein	$(I_{L11} - I_{L21})/\sqrt{3}$ $(I_{L21} - I_{L31})/\sqrt{3}$ $(I_{L31} - I_{L11})/\sqrt{3}$	$(I_{L22} - I_{L12})/\sqrt{3}$ $(I_{L32} - I_{L22})/\sqrt{3}$ $(I_{L12} - I_{L32})/\sqrt{3}$
	Ja	Ja	$(I_{L11} - I_{L21})/\sqrt{3}$ $(I_{L21} - I_{L31})/\sqrt{3}$ $(I_{L31} - I_{L11})/\sqrt{3}$	$(I_{L22} - I_{L12})/\sqrt{3}$ $(I_{L32} - I_{L22})/\sqrt{3}$ $(I_{L12} - I_{L32})/\sqrt{3}$
7	Nein	Nein	$(I_{L11} - I_{L31})/\sqrt{3}$ $(I_{L21} - I_{L11})/\sqrt{3}$ $(I_{L31} - I_{L21})/\sqrt{3}$	$- I_{L12}$ $- I_{L22}$ $- I_{L32}$
	Nein	Ja	$- I_{L11}$ $- I_{L21}$ $- I_{L31}$	$(I_{L12} - I_{L22})/\sqrt{3}$ $(I_{L22} - I_{L32})/\sqrt{3}$ $(I_{L32} - I_{L12})/\sqrt{3}$
	Ja	Nein	$(I_{L11} - I_{L31})/\sqrt{3}$ $(I_{L21} - I_{L11})/\sqrt{3}$ $(I_{L31} - I_{L21})/\sqrt{3}$	$- I_{L12}$ $- I_{L22}$ $- I_{L32}$
	Ja	Ja	$(I_{L11} - I_{L31})/\sqrt{3}$ $(I_{L21} - I_{L11})/\sqrt{3}$ $(I_{L31} - I_{L21})/\sqrt{3}$	$- I_{L12} + I_{L02}$ $- I_{L22} + I_{L02}$ $- I_{L32} + I_{L02}$
8	Nein	Nein	I_{L11} I_{L21} I_{L31}	I_{L22} I_{L32} I_{L12}
	Nein	Ja	$(I_{L11} - I_{L31})/\sqrt{3}$ $(I_{L21} - I_{L11})/\sqrt{3}$ $(I_{L31} - I_{L21})/\sqrt{3}$	$(I_{L22} - I_{L12})/\sqrt{3}$ $(I_{L32} - I_{L22})/\sqrt{3}$ $(I_{L12} - I_{L32})/\sqrt{3}$
	Ja	Nein	$(I_{L11} - I_{L31})/\sqrt{3}$ $(I_{L21} - I_{L11})/\sqrt{3}$ $(I_{L31} - I_{L21})/\sqrt{3}$	$(I_{L22} - I_{L12})/\sqrt{3}$ $(I_{L32} - I_{L22})/\sqrt{3}$ $(I_{L12} - I_{L32})/\sqrt{3}$
	Ja	Ja	$(I_{L11} - I_{L31})/\sqrt{3}$ $(I_{L21} - I_{L11})/\sqrt{3}$ $(I_{L31} - I_{L21})/\sqrt{3}$	$(I_{L22} - I_{L12})/\sqrt{3}$ $(I_{L32} - I_{L22})/\sqrt{3}$ $(I_{L12} - I_{L32})/\sqrt{3}$

Differentialschutz mit dem Feldsteuer- und Schutzgerät REF 542plus

Tabelle 3.2.2-1 Berechnung des vektorgruppenabhängigen Differentials

Vektorgruppe	Erdung		Berechnung des Stromes	
	HV	LV	HV	LV
9	Nein	Nein	$(I_{L21} - I_{L31})/\sqrt{3}$ $(I_{L31} - I_{L11})/\sqrt{3}$ $(I_{L11} - I_{L21})/\sqrt{3}$	$-I_{L12}$ $-I_{L22}$ $-I_{L32}$
	Nein	Ja	$-I_{L11}$ $-I_{L21}$ $-I_{L31}$	$(I_{L32} - I_{L22})/\sqrt{3}$ $(I_{L12} - I_{L32})/\sqrt{3}$ $(I_{L22} - I_{L12})/\sqrt{3}$
	Ja	Ja	$(I_{L21} - I_{L31})/\sqrt{3}$ $(I_{L31} - I_{L11})/\sqrt{3}$ $(I_{L11} - I_{L21})/\sqrt{3}$	$-I_{L12}$ $-I_{L22}$ $-I_{L32}$
	Ja	Ja	$(I_{L21} - I_{L31})/\sqrt{3}$ $(I_{L31} - I_{L11})/\sqrt{3}$ $(I_{L11} - I_{L21})/\sqrt{3}$	$-I_{L12} + I_{L02}$ $-I_{L22} + I_{L02}$ $-I_{L32} + I_{L02}$
10	Nein	Nein	I_{L11} I_{L21} I_{L31}	$-I_{L32}$ $-I_{L12}$ $-I_{L22}$
	Nein	Ja	$(I_{L11} - I_{L21})/\sqrt{3}$ $(I_{L21} - I_{L31})/\sqrt{3}$ $(I_{L31} - I_{L11})/\sqrt{3}$	$(I_{L12} - I_{L32})/\sqrt{3}$ $(I_{L22} - I_{L12})/\sqrt{3}$ $(I_{L32} - I_{L22})/\sqrt{3}$
	Ja	Nein	$(I_{L11} - I_{L21})/\sqrt{3}$ $(I_{L21} - I_{L31})/\sqrt{3}$ $(I_{L31} - I_{L11})/\sqrt{3}$	$(I_{L12} - I_{L32})/\sqrt{3}$ $(I_{L22} - I_{L12})/\sqrt{3}$ $(I_{L32} - I_{L22})/\sqrt{3}$
	Ja	Ja	$(I_{L11} - I_{L21})/\sqrt{3}$ $(I_{L21} - I_{L31})/\sqrt{3}$ $(I_{L31} - I_{L11})/\sqrt{3}$	$(I_{L12} - I_{L32})/\sqrt{3}$ $(I_{L22} - I_{L12})/\sqrt{3}$ $(I_{L32} - I_{L22})/\sqrt{3}$
11	Nein	Nein	$(I_{L21} - I_{L11})/\sqrt{3}$ $(I_{L31} - I_{L21})/\sqrt{3}$ $(I_{L11} - I_{L31})/\sqrt{3}$	$-I_{L12}$ $-I_{L22}$ $-I_{L32}$
	Nein	Ja	$-I_{L11}$ $-I_{L21}$ $-I_{L31}$	$(I_{L32} - I_{L12})/\sqrt{3}$ $(I_{L12} - I_{L22})/\sqrt{3}$ $(I_{L22} - I_{L32})/\sqrt{3}$
	Ja	Nein	$(I_{L21} - I_{L11})/\sqrt{3}$ $(I_{L31} - I_{L21})/\sqrt{3}$ $(I_{L11} - I_{L31})/\sqrt{3}$	$-I_{L12}$ $-I_{L22}$ $-I_{L32}$
	Ja	Ja	$(I_{L21} - I_{L11})/\sqrt{3}$ $(I_{L31} - I_{L21})/\sqrt{3}$ $(I_{L11} - I_{L31})/\sqrt{3}$	$-I_{L12} + I_{L02}$ $-I_{L22} + I_{L02}$ $-I_{L32} + I_{L02}$

3.2.3.**Einstellung der Auslösekennlinie**

Zur Festlegung der Auslösekennlinie soll das Ergebnis der vorherigen Berechnung verwendet werden. Die Nennwerte des Stroms auf der HV- oder Primärseite und der LV- oder Sekundärseite des Transformators sind wie folgt:

- 30 kV-Seite: $I_{1r} = 10 \text{ MVA} / (30 \text{ kV} \times \sqrt{3}) = 192,4 \text{ A}$

- 6 kV-Seite: $I_{2r} = 10 \text{ MVA} / (6 \text{ kV} \times \sqrt{3}) = 962,3 \text{ A}$

Da die Transformatorimpedanz bei 12,5 % liegt, ist der Fehlerstrom im Falle einer Durchgangsfehlerbedingung nahe der Transformator клемме:

$$I(\text{Durchgangsfehler}) = 100 \% / 12,5 \% = 8 \times I_r$$

Um sicherzustellen, dass der Fehler immer erkannt wird, wird der Anfangswert auf 80 % des berechneten Wertes eingestellt. Deshalb ist die Einstellung für Auslösung bei I_d :

- Auslösung bei $I_d > 0,8 \times 8 I_n = 6,4 \times I_r$.

Die Auslösekennlinie, wie in Abb. 2.-2 dargestellt, kann nun entsprechend festgelegt werden. Bei Schwachlastbedingungen muss der Differentialschutz sehr empfindlich sein. Es muss jedoch der Magnetisierungsstrom in unbelastetem Zustand berücksichtigt werden. Außerdem soll auch der Bereich der Spannungsregelung beachtet werden. Gestützt auf Betriebserfahrung kann die Unterlastbedingung normalerweise auf bis zu $0,5 \times I_r$ beschränkt werden. Dementsprechend wird der Einstellungswert für die Schwelle I_{b0} für das unbiased region limit gewählt.

Angenommen, der Spannungsregelbereich ist $\pm 10 \%$ und der Magnetisierungsstrom 5 % des Nennstroms, so kann der Schwellenstrom I_{d0} wie folgt berechnet werden:

- Magnetisierungsstrom $I_{d0} = 5 \% \times I_r$

Der Fehler aufgrund der Stufenschalterstellung im unbiased region limit ist $10 \% \times 0,5 \times I_r = 5 \% \times I_r$.

Stromwandlerfehler im unteren Strombereich beträgt 3% auf jeder Seite.

Eine Sicherheitstoleranz von 120 % soll berücksichtigt werden.

$$\begin{aligned} \text{Schwellenstrom } I_{d0} &= 2 \times (0,05 + 0,03) \times 1,2 \times I_r \\ &= 0,192 \times I_r \text{ (gewählter Wert } = 0,2 \times I_r) \end{aligned}$$

$$\text{Unbiased region limit } I_{b0} = 0,5 \times I_r$$

Der Laststrom unter Vollastbedingungen soll nicht mehr als $2 \times I_r$ betragen.

Angenommen, der Stromwandler hat bis zu diesem Laststrom einen maximalen Fehler von $\pm 1 \%$, so kann davon ausgegangen werden, dass der Gesamtfehler des Differentialstroms unter ungünstigsten Bedingungen bei ca. 2 % liegt. Wie bereits oben erwähnt, muss außerdem die Stufenschalterstellung des Spannungsreglers beachtet werden. Also ist der Gesamtfehler:

- Gesamtfehler = 2 % + 10 % = 12 %.

Innerhalb des Laststrombereichs von $0,5 \times I_r - 2 \times I_r$ soll die Auslösekennlinie eine leichte Neigung aufweisen. Eine Sicherheitstoleranz von 120 % muss ebenfalls berücksichtigt werden.

Der Schwellenwert I_{d1} kann wie folgt berechnet werden:

- slightly biased region threshold $I_{d1} = (2 \times I_r - 0,5 \times I_r) \times 0,2 \times 1,2 + 0,12 \times I_r$
 $= 0,336 I_r \approx 0,34 \times I_r$

- slightly biased region limit $I_{b1} = 2 \times I_r$.

Differentialschutz mit dem Feldsteuer- und Schutzgerät REF 542plus

Um ein unbeabsichtigtes Auslösen im Falle eines Durchgangsfehlers aufgrund einer möglichen Sättigung eines Stromwandlers zu vermeiden, wird die heavily biased slope so hoch wie möglich eingestellt.

- heavily biased slope = 1,0

In Abb. 3.2.2.-1 wird die Einstellung der Auslösekennlinie für das oben genannte Beispiel dargestellt.

Parametersatz	Satz 1	Satz 2	
Nennstrom Oberspannungsseite	192	100.00	10.00 .. 100000.00 A
Nennstrom Unterspannungsseite	962	100.00	10.00 .. 100000.00 A
Ansprechstrom Id1	0.20	0.20	0.10 .. 0.50 Ir (p.u.)
Durchgangsstrom ID1	0.50	0.50	0.50 .. 5.00 Ir (p.u.)
Ansprechstrom Id2	0.34	0.60	0.20 .. 2.00 Ir (p.u.)
Durchgangsstrom ID2	2.00	1.00	1.00 .. 10.00 Ir (p.u.)
Steigung der Kennlinie m	1.00	1.00	0.40 .. 1.00
Auslösung durch Id>	6.40	8.00	5.00 .. 40.00 Ir (p.u.)

Buttons: Annehmen, Abbrechen, Übernehmen

Abb. 3.2.3.-1 Einstellung der Auslösekennlinie

3.2.4.

Einschaltstrom-Stabilisierung

Bei Einschalten eines unbelasteten, bzw. Leerlaufenden Transformators, kann ein starker Einschaltstrom auftreten. Auf der Unterspannungsseite fließt dagegen kein Strom. Deshalb verursacht der Transformator-differentialschutz eine unbeabsichtigte Auslösung. Aus diesem Grund ist eine Einschaltstromstabilisierung für den Differentialschutz notwendig.

Um den Einschaltstrom zu erkennen, wird das Verhältnis der zweiten Oberwelle im Differentialstrom Id verwendet. Die richtige Einstellung muss während der Inbetriebsetzungsphase geprüft werden. Die Einstellungsempfehlung beruht auf empirischem Wissen. Die Einstellung des Verhältnisses der zweiten Oberwelle darf nicht zu empfindlich sein. Im Falle einer Sättigung des Stromwandlers könnte diese Einstellung die Auslösung verzögern oder gar blockieren. Ein Einstellwert zwischen $0,15 \times Id$ und $0,20 \times Id$ könnte die erforderliche Stabilisierung bewirken.

Ist die Systemspannung des Transformators im Betriebszustand höher als die Nennspannung, kann es zu einer Überspannung kommen. Um dem Schutz ein stabileres Verhalten zu verleihen, kann die fünfte Oberwelle verwendet werden. Der Einstellwert sollte im Bereich zwischen $0,20 \times Id$ und $0,30 \times Id$ gewählt werden.



Abb. 3.2.4.-1 Einstellung der Einschaltstromstabilisierung

In Abb. 3.2.4.-1 oben wird ein Beispiel für die Einstellung der Parameter für die Stabilisierung gegenüber Einschaltstrom und Überspannung gegeben.

Das Blockieren der zweiten und fünften Oberwelle ist nur gültig, wenn der Differentialstrom unterhalb der Einstellung für Auslösung bei $I_d >$ ist. Sobald der Einstellungswert $I_d >$ überschritten wird, kommt es zur Auslösung. Es sei darauf hingewiesen, dass der Differentialstrom unter Verwendung der Grundschwingung der Phasenströme berechnet wird. In diesem Fall werden die Oberwellen unterdrückt.

3.2.5.

Stromwandler-Anforderung

Der Stromwandler hat einen starken Einfluss auf das richtige Verhalten des Differentialschutzes des Transformators. Um Selektivität und eine schnelle Auslösezeit sicherzustellen, muss der Stromwandler die folgenden Anforderungen erfüllen:

- der Durchgangsfehler-Strom muss ohne Stromwandlersättigung gemessen werden,
- die ersten 25ms des mit einem Gleichstromglied behafteten Durchgangsfehlerstroms müssen korrekt übertragen werden.

Die Erfüllung der ersten Anforderung ist nicht schwierig. Wird die im obigen Beispiel angegebene Einstellung verwendet, ist der Stromwandler mit einem Nennstrom von 150 A in der Lage, einen Kurzschlussstrom von 1539,2 A durchzuleiten, d. h. ungefähr 10 Mal den Nennstrom auf der HV-Seite. Der Stromwandler auf der Unterspannungsseite mit einem Nennstrom von 600 A muss 7698 A führen, d. h. ungefähr 13 x I_r . Aber in den meisten Fällen enthält der Fehlerstrom ein Gleichstromglied, das zur Sättigung des Stromwandlers führen kann. Um eine Sättigung in den ersten 25 ms zu vermeiden, kann das in Abb. 3.2.5.1 dargestellte Diagramm verwendet werden. In der Abbildung wird der Faktor $K(ct)$ zur Überdimensionierung in Abhängigkeit von der DC-Zeitkonstante dargestellt.

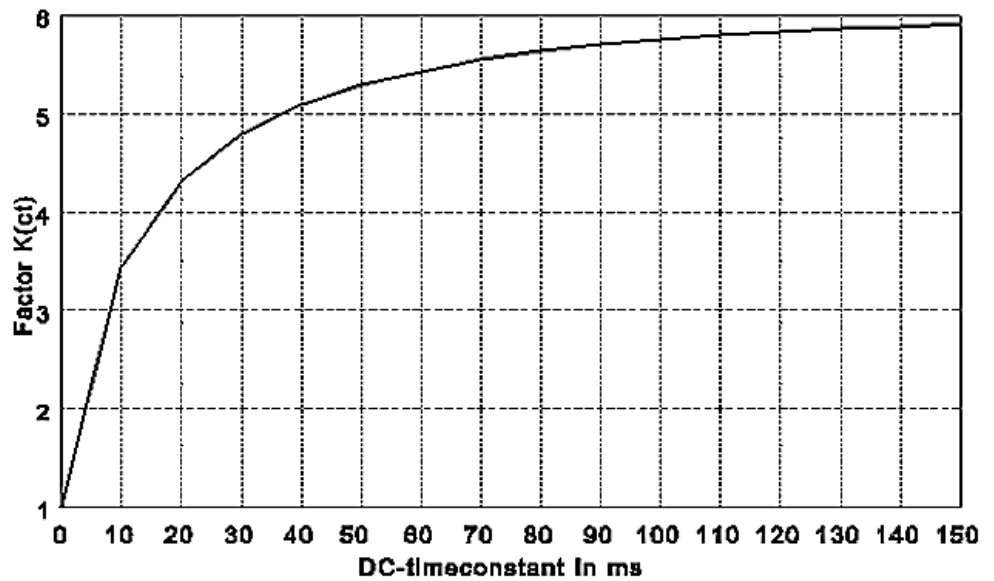


Abb. 3.2.5.-1 Faktor $K(ct)$ zur Vermeidung von Sättigung des Stromwandlers in den ersten 25 ms.

Aus dem Diagramm in Abb. 3.2.5.-1 ist ersichtlich, dass ein zusätzlicher Faktor 6 notwendig ist. Das bedeutet, dass der Stromwandler in der Lage sein muss, einen gleichförmigen Durchlassstrom von $60 \times I_r$ auf der Oberspannungsseite und von ungefähr $80 \times I_r$ auf der Unterspannungsseite zu führen.

Kann die zweite Anforderung nicht erfüllt werden, kann die Auslösung verzögert werden.

Es sei darauf hingewiesen, dass der ausgewählte Primärnennstrom des Stromwandlers ungefähr genauso hoch sein sollte wie der Nennstrom des Transformators, d. h. im Bereich von 0,7 bis 2,0. Die Wahl eines Stromwandlers mit einem höheren Nennstrom als der des Transformators wird empfohlen. Ansonsten muss der Stromwandler, wie im Beispiel oben gezeigt, in der Lage sein, einen gleichförmigen Fehlerstrom, der höher als $80 \times I_r$ auf der LV-Seite ist, zu führen. Wird anstatt $600 \text{ A}/1 \text{ A}$ ein Nennstrom von $1.000 \text{ A}/1 \text{ A}$ verwendet, wird der ohne Sättigung zu übertragende gleichförmige Durchlassfehlerstrom auf $(600 \text{ A}/1.000 \text{ A}) \times 80 I_r = 48 \times I_r$ verringert.

3.3.

Beispiel: Motorschutzeinstellung

Im folgenden Abschnitt wird ein Beispiel im REF542plus für den Motorschutz beschrieben. Der Motor soll über folgende technische Daten verfügen:

- Nennspannung 3,3 kV
- Nennfrequenz 50 Hz
- Nennleistung 2.500 kW
- Nennstrom 492 A
- Rotorblockierstrom 4,8 p.u.

Die Stromwandler befinden sich an beiden Enden der Statorwicklungen. Alle Stromwandler haben denselben Nennstrom von $600 \text{ A}/1 \text{ A}$.

3.3.1.

Konfiguration der Analogeingänge

Die Konfiguration der Analogeingänge wird in Abb. 3.3.1.-1 dargestellt.

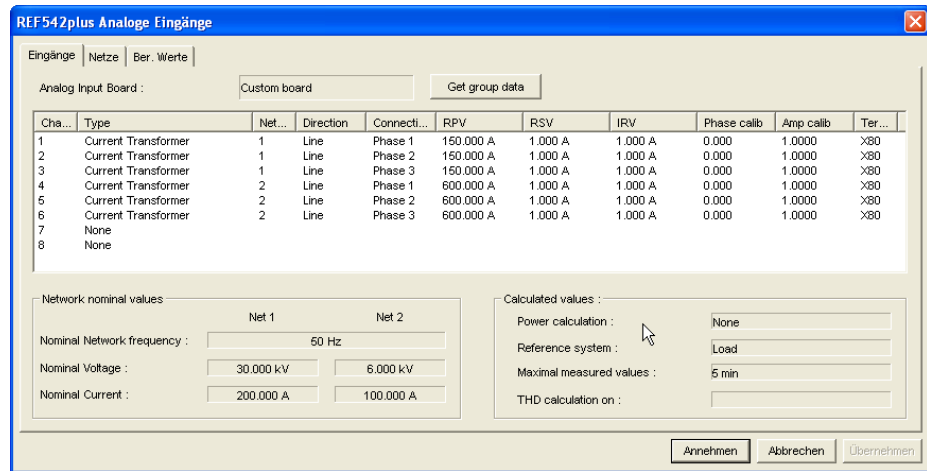


Abb. 3.3.1.-1 Einstellung der Analogeingänge für den Motorschutz

Die Stromwandler an einem Statorende sind an AI 01, AI 02 und AI 03 anzuschließen, was als NET 1 festgelegt ist, während die Stromwandler an dem anderen Statorende entsprechend an AI 04, AI 05 und AI 06 angeschlossen sind. Für alle Stromwandler wird die Richtung „LINE“ gewählt.

Abb. 3.3.1.-2 zeigt die Anpassung des Anschlusses für das gewählte Beispiel.

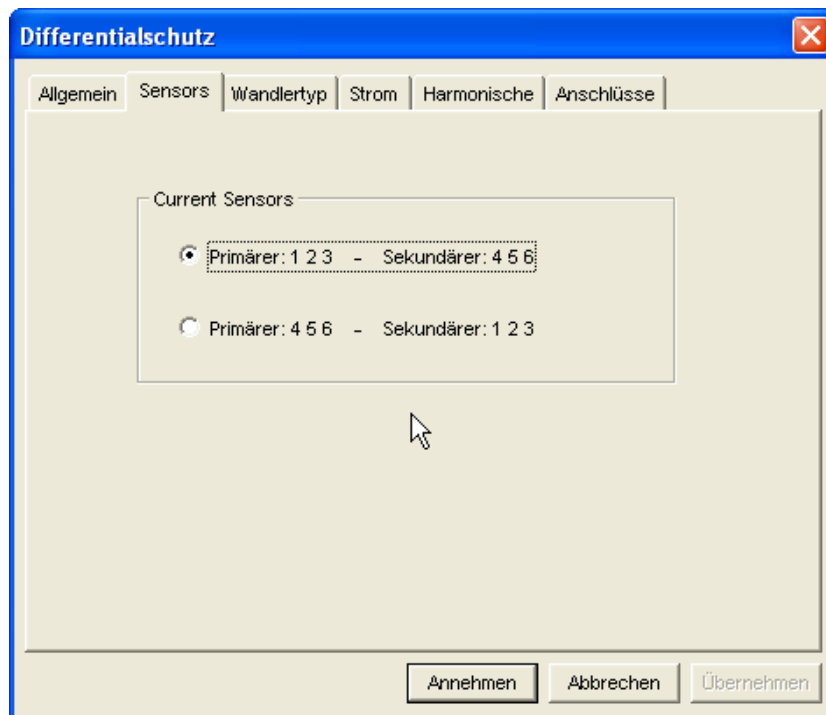


Abb. 3.3.1.-2 Einstellung der Analogeingänge

In Abb. 3.3.1.-3 wird die Einstellung der Vektorgruppe dargestellt. Da die zu vergleichenden Ströme im Motor nicht gegeneinander verschoben sein können werden, muß die Vektorgruppe 0 ausgewählt werden.

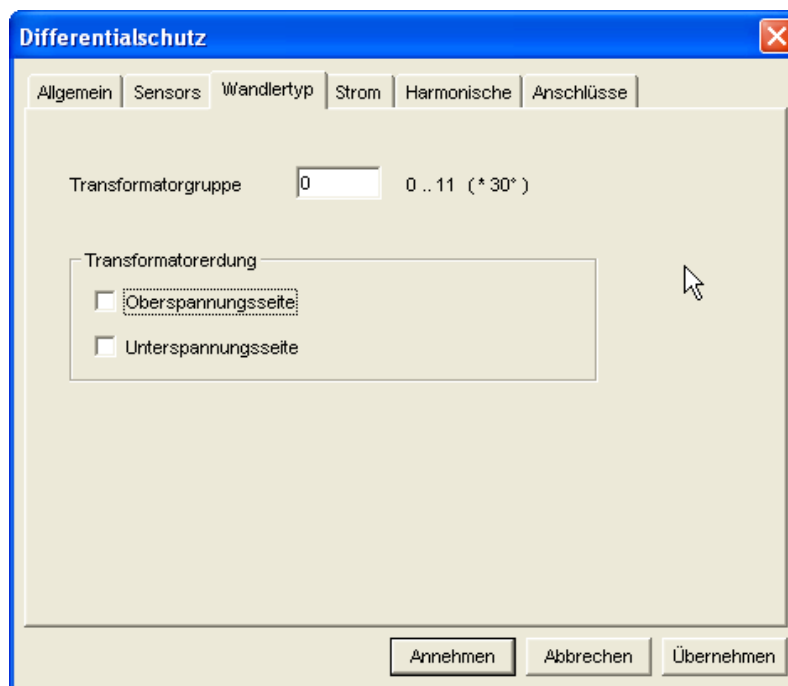


Abb. 3.3.1.-3 Konfiguration der Vektorgruppe und Erdung des Transformators

3.3.2.

Einstellung der Auslösekennlinie

Im Falle eines blockierten Rotors ist der Strom $4,8 \times I_r$. Ein blockierter Rotor ist identisch mit der Bedingung eines dreiphasigen Kurzschlusses am Ende einer Statorwicklung eines Motors. Um diese Fehlersituation entdecken zu können, wird der höchstmögliche Differentialstrom $I_{d>}$ wie folgt eingestellt:

Auslösen bei $I_{d>} = 0,8 \times 4,8 \times I_n = 3,8 \times I_r$.

Die Auslösekennlinie, wie in Abb. 2.-2 dargestellt, wird nun entsprechend festgelegt. Während der Unterlastbedingung im Bereich bis zu $0,5 \times I_r$ wird dem Differentialschutz eine sehr empfindliche Einstellung vorgegeben. Der Differentialstrom des Motorschutzsystems hängt nur von der Genauigkeit des Stromwandlers ab. Also kann der niedrigste Schwellenwert verwendet werden.

- Schwellenstrom $I_{d0} = 0,10 \times I_r$
- Unverzerrtes Regionslimit $I_{b0} = 0,5 \times I_r$

Der höchste Laststrom für normale Lastbedingungen soll zwischen $1,2$ und $1,5 \times I_r$ liegen. Angenommen, der Stromwandler hat bis zu diesem Laststrom einen maximalen Fehler von $\pm 1 \%$, so kann davon ausgegangen werden, dass der Gesamtfehler des Differentialstroms unter ungünstigsten Bedingungen bei ca. 2% liegt. Also ist der Gesamtfehler:

- Gesamtfehler = 2% .

Von $0,5 \times I_r$ bis $1,5 \times I_r$ soll die Auslösekennlinie eine leichte Neigung aufweisen. Eine Sicherheitstoleranz von 120% muss ebenfalls berücksichtigt werden. Der Schwellenwert I_{d1} kann wie folgt berechnet werden:

Slightly biased region threshold $I_{d1} = (1,5 \times I_r - 0,5 \times I_r) \times 0,02 \times 1,2 + 0,10 \times I_r = 0,125 \times I_r$.

Die kleinstmögliche Einstellung ist $0,2 \times I_r$.

Slightly biased region limit $I_{b1} = 1,5 \times I_r$.

Heavily biased slope kann auch durch den geringsten Wert 0,4 festgelegt werden.

Abb. 3.3.2.-1 zeigt die Einstellung für die Auslösekennlinie für das oben angegebene Beispiel.

Parametersatz	Satz 1	Satz 2	
Nennstrom Oberspannungsseite	492.00	100.00	10.00 .. 100000.00 A
Nennstrom Unterspannungsseite	492.00	100.00	10.00 .. 100000.00 A
Ansprechstrom I_{d1}	0.10	0.20	0.10 .. 0.50 I_r (p.u.)
Durchgangsstrom I_{D1}	0.50	0.50	0.50 .. 5.00 I_r (p.u.)
Ansprechstrom I_{d2}	0.20	0.60	0.20 .. 2.00 I_r (p.u.)
Durchgangsstrom I_{D2}	1.50	1.00	1.00 .. 10.00 I_r (p.u.)
Steigung der Kennlinie m	0.40	1.00	0.40 .. 1.00
Auslösung durch $I_{d>}$	5.00	8.00	5.00 .. 40.00 I_r (p.u.)

Abb. 3.3.2.-1 Einstellung der Auslösekennlinie

3.3.3. Einschaltstromstabilisierung

Für den Motorschutz ist eine Einschaltstromstabilisierung nicht notwendig, da während des normalen Betriebs die durch die zwei Stromwandler laufenden Ströme immer gleich sind. Deshalb ist die Aktivierung der Oberwellenblockierfunktion nicht notwendig.

3.3.4. Stromwandler-Anforderung 2

Für den Motorschutz muss seitens der Stromwandler lediglich die Anforderung erfüllt sein, den Rotorblockierstrom ohne Sättigung zu übertragen. Dabei soll die Zeitkonstante des DC-Glieds berücksichtigt werden. Es wird empfohlen, dass die an beiden Enden der Motorwicklung befindlichen Stromwandlersätze dieselbe Kennlinie haben, damit im Falle eines Durchgangsfehler kein Differentialstrom auftritt.

4. Zusammenfassung

In diesem Nutzerhinweis wird die Anwendung des dreiphasigen Differentialschutzes als Teil des REF542*plus*-Terminals für den Transformator- und Motorschutz beschrieben. Die Einstellungen des Schutzes werden mittels geeigneter Berechnungen und Einstellungsbeispielen erläutert.



ABB AG

Calor Emag Mittelspannungsprodukte

Oberhausener Strasse 33

Petzower Strasse 8

40472 Ratingen

14542 Werder (Havel) OT Glindow

DEUTSCHLAND

DEUTSCHLAND

Tel.: +49 (0) 21 02/12-0, Fax: +49 (0) 21 01/12-17 77

E-mail: powertech@de.abb.com

Internet: <http://www.abb.de/mittelspannung>