

# SIEMENS

*Ingenuity for life*



## Spartransformator Bank mit 2 Wandlersätzen

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

# SIPROTEC 5 Applikation

Spartransformator Bank mit 2 Wandlersätzen in der Dreieckverschaltung der Ausgleichswicklung

---

## SIPROTEC 5 Applikation

# Spartransformator Bank mit 2 Wandlersätzen in der Dreieckverschaltung der Ausgleichswicklung

APN-025, Edition 1

## Inhalt

1	Spartransformator Bank mit 2 Wandlersätzen in der Dreieckverschaltung der Ausgleichswicklung .....	3
1.1	Einführung .....	3
1.2	Differentialschutz für den Spartransformator 87-T1 .....	4
1.3	Differentialschutz für die Ausgleichswicklung 87-T2 .....	5
1.4	Vollständiges Stromwandler Anschlussbild .....	6
1.5	Funktionsgruppenverbindungen .....	7
1.6	Einstellungen (Auszug).....	7
1.7	Fehlerfälle (ohne Laststrom).....	10

# 1 Spartransformator Bank mit 2 Wandlersätzen in der Dreieckverschaltung der Ausgleichswicklung

## 1.1 Einführung

Spartransformatoren (kurz Spartrafo, auch Autotransformatoren) werden weltweit häufig in Hochspannungs-Übertragungsnetzen eingesetzt.

Diese Transformatoren werden fast immer mit einer sogenannten Ausgleichswicklung versehen. Diese soll auch bei ungünstigen Betriebsbedingungen eine symmetrische Magnetisierung der drei Schenkel des Transformators ermöglichen. Sie kann außerdem zur Stromversorgung des Umspannwerkes eingesetzt werden.

Die Leistung dieser Ausgleichswicklung ist in der Regel wesentlich geringer als die Leistung des eigentlichen Spartransformators. Basis für einen Differentialschutz über den gesamten Spartransformator ist die hohe Leistung der eigentlichen Sparwicklungen.

Fehler im Bereich der Ausgleichswicklung können von einem solchen Schutz je nach Anlagendaten, herkömmlicher Wandleranzahl und Anordnung nicht mehr festgestellt werden!

Diese Situation kann wesentlich verbessert werden indem 2 Stromwandlersätze innerhalb der Dreieckverschaltung der Ausgleichswicklung installiert werden.

Es werden 2 Differentialschutz Funktionen im 7UT87 aktiviert:

- Differentialschutz für den Spartransformator 87-T1 (Figur 1)
- Differentialschutz für die Ausgleichswicklung 87T-2 (Figur 2)

**87-T1** (Bezug: MVA der Sparwicklungen) Schützt die Sparwicklungen und die 3 Wicklungen der Ausgleichsseite, nicht jedoch oder nur teilweise die Dreieckverschaltung der Ausgleichswicklung der Spartransformator **Bank**. Die Fehlererfassung erfolgt phasenselektiv! Dies wird häufiger gefordert, es erleichtert die Fehlersuche innerhalb der 3 Einzeltransformatoren der Bank.

**87-T2** (Bezug: MVA der Ausgleichswicklung): Schützt die Ausgleichswicklung einschließlich der Schaltverbindungen bis zum Stromwandler Wdl.5.

Auf der 34,5 kV Dreieck-Ausgleichsseite ist bei dieser Applikation ein Sternpunktbildner (Erdungstransformator) installiert. Damit fließt auch beim 1-poligen Fehler im Bereich der Ausgleichswicklung ein entsprechender Strom → selektiver Auslösung möglich.

(Bei Bedarf kann ein Erdfehler Differentialschutz (EDS) eingesetzt werden, wird aber hier nicht weiter betrachtet)

Die Fehlererfassung bei der Ausgleichsseite ist hier nicht phasenselektiv!.

Ein 1-poliger Fehler wird von 2 Strängen gespeist und ein 2-poliger Fehler wird von 3 Strängen gespeist.

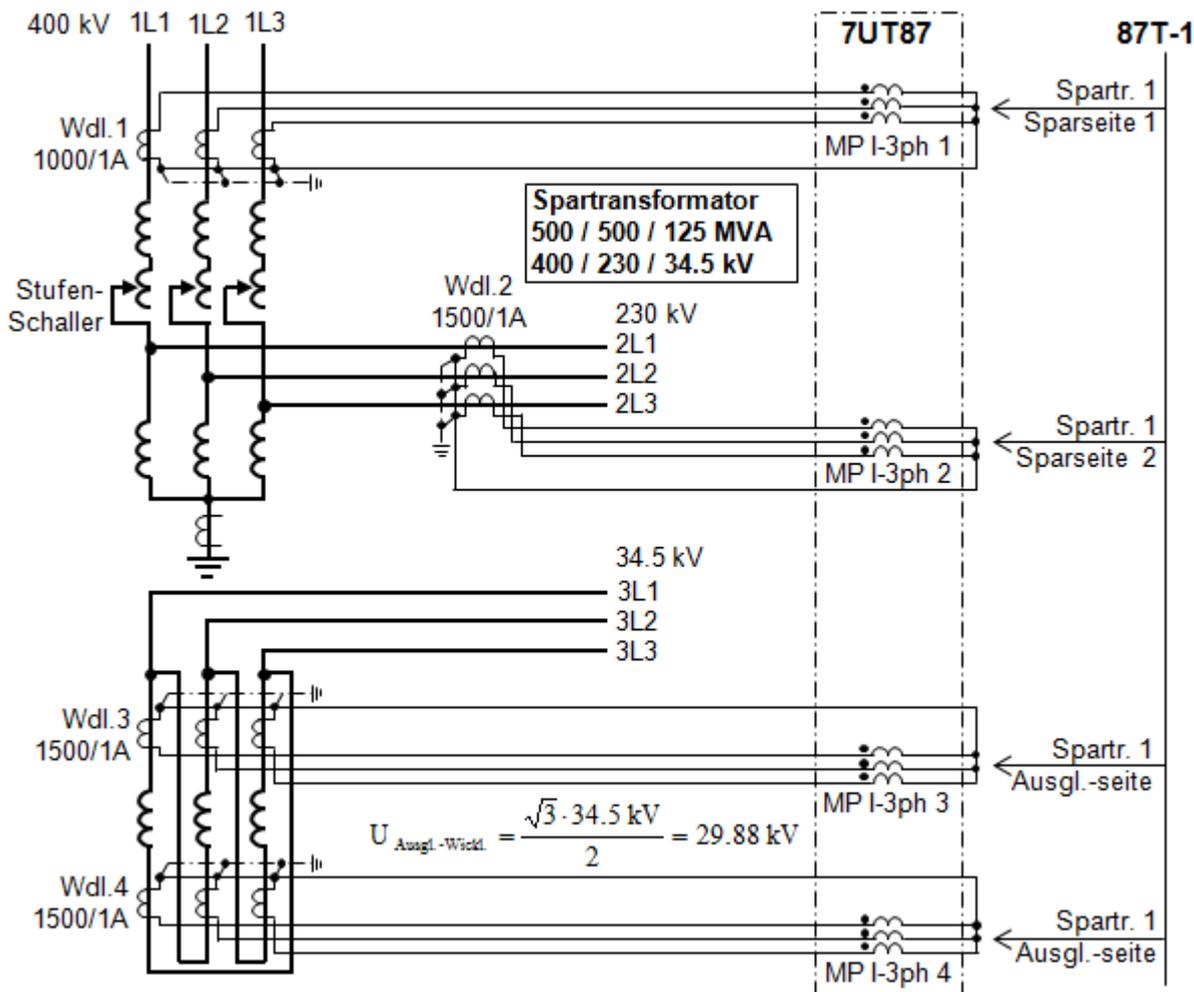
# SIPROTEC 5 Applikation

## Spartransformator Bank mit 2 Wandlersätzen in der Dreieckverschaltung der Ausgleichswicklung

### 1.2 Differentialschutz für den Spartransformator 87-T1

Bei dieser Applikation werden die Nullströme aller 3 Seiten der Spartransformator Bank einschließlich des Kreisstromes der Ausgleichswicklung (Dreieckswicklung) gemessen.

Eine Eliminierung des Nullstromes ist deshalb nicht notwendig!



Figur 1: Differentialschutz für Spartransformator (87T-1)

Die Stromwandler Wdl.3 und Wdl.4 sind innerhalb der Dreieckverschaltung der Ausgleichswicklung installiert. Der gemessene Strom beträgt deshalb nur  $I/\sqrt{3}$ . Dies kann durch den Einstellwert für die Spannung ausgeglichen werden  $\rightarrow \sqrt{3} \cdot 34,5 \text{ kV}$ . Im fehlerfreien Betrieb sind die Ströme durch Wdl.3 und Wdl.4 identisch und werden addiert.

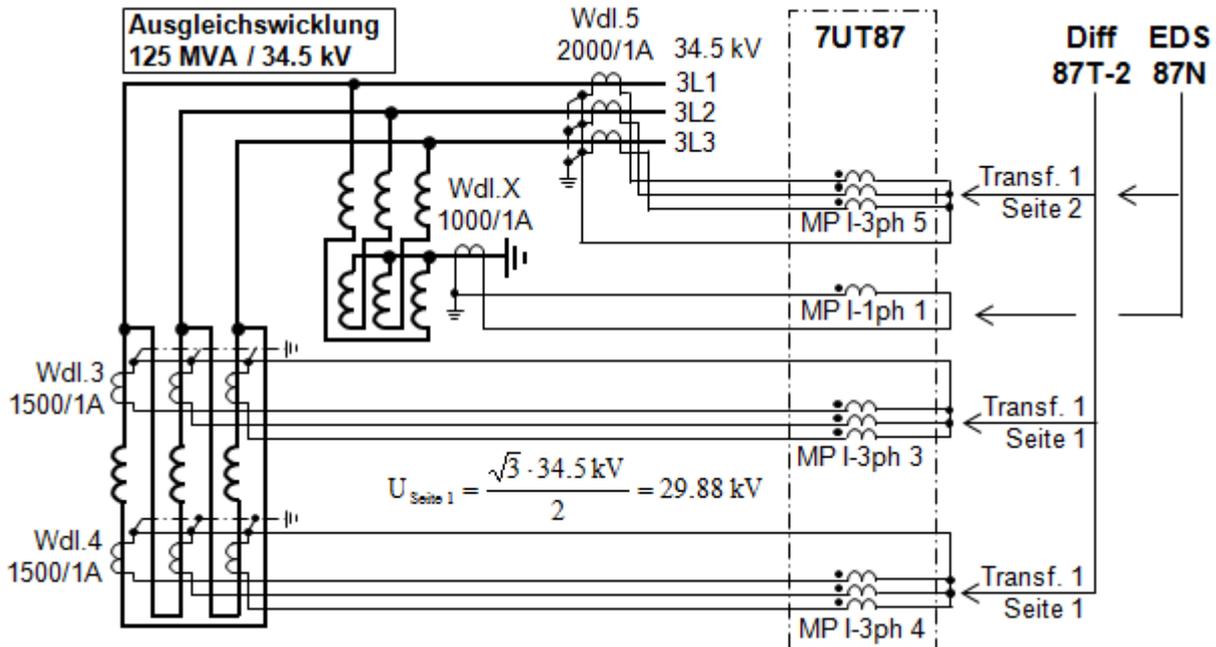
Dadurch wird der endgültige Einstellwert für die Spannung Seite 3 =  $(\sqrt{3} \cdot 34,5 \text{ kV})/2 = 29,88 \text{ kV}$ .

#### Vorteile dieser Lösung:

- Erhöhte Empfindlichkeit wegen nicht erforderlicher Nullstrombehandlung
- Erhöhte Empfindlichkeit für Fehler innerhalb der (Dreieck-) Ausgleichwicklung
- **Klares Fehlerbild, nur Differentialstrom in dem fehlerbehafteten Leiter.**

### 1.3 Differentialschutz für die Ausgleichswicklung 87-T2

Basis für den Differentialschutz sind die 125 MVA der Ausgleichswicklung (und nicht 500 MVA). Dies führt zu einer (wesentlich) höheren Empfindlichkeit bei inneren Fehlern.



**Figur 2:** Differentialschutz für die Ausgleichswicklung (87T-2)

Einstellung wie 2 Seiten Transformator YNd11

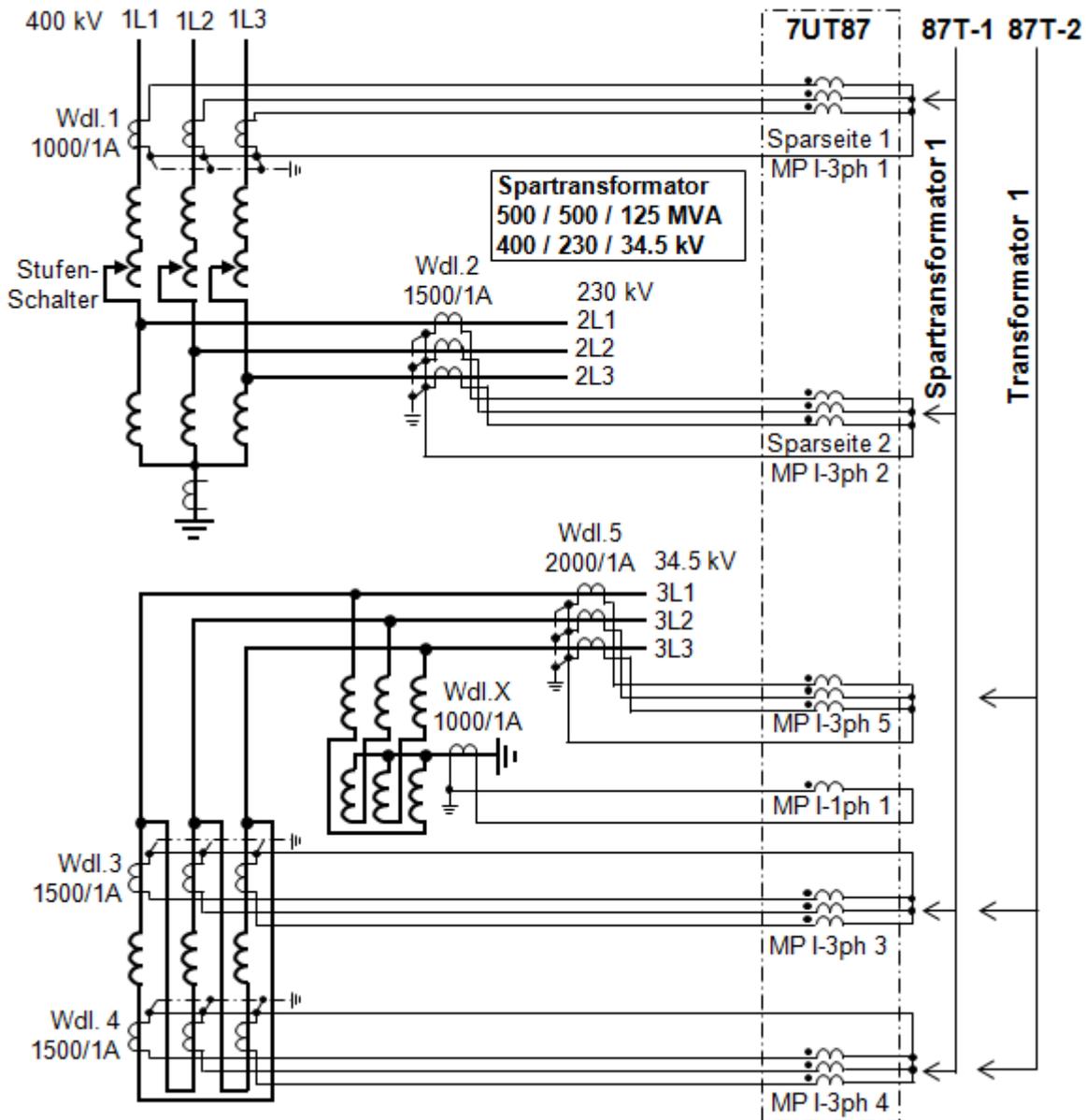
Im Falle eines Erdschlusses auf der 230 kV oder 400 kV Seite wird ein Nullstrom über die Stromwandler Wdl.3 und Wdl. 4 kreisen.

Mit der Einstellung Transformator Seite 1 Sternpunkt = geerdet wird dieser Nullstrom aus der Differentialstrom Komponente eliminiert, für die Stabilisierungs-Komponente hingegen wird der Nullstrom verwendet (neu im 7UT8).

# SIPROTEC 5 Applikation

Spartransformator Bank mit 2 Wandlersätzen in der Dreieckverschaltung der Ausgleichswicklung

## 1.4 Vollständiges Stromwandler Anschlussbild



Figur 3: Vollständiges Stromwandler Anschlussbild

Wdl.3 und Wdl.4 werden sowohl für den Spartransformator Differentialschutz 87T-1 als auch für den Differentialschutz der Ausgleichswicklung 87T-2 (Transformator 1 Seite 1) verwendet.

In Figur 3 liegt der Sternpunkt von Wdl.3 für 87-T1 **nicht** in Richtung zum Objekt, für 87-T2 hingegen liegt er in Richtung zum Objekt! Da es für die Richtung des Wandlersternpunktes nur eine Einstelladresse gibt, muss in den "Funktionsgruppenverbindungen" bei den Messstellen.

I-3ph 3 und I-3ph 4 für die Transformator Seite 1 auf „I“ eingestellt werden (Polarität invertiert).

## 1.5 Funktionsgruppenverbindungen

	Spartransf. Spars. 1	Spartransf. Spars. 2	Spartransf. Ausgl. seite	Leistungsschalter 1	Leistungsschalter 2	Leistungsschalter 3	Transform. seite 1	Transform. seite 2	Transform. Sternpkt. 1
Messstelle I-3ph 1	X			X					
Messstelle I-3ph 2		X			X				
Messstelle I-3ph 3			X			X	I*)		
Messstelle I-3ph 4			X				I*)		
Messstelle I-3ph 5								X	
Messstelle I-1ph 1									X

\*) → Polarität invertiert

## 1.6 Einstellungen (Auszug)

### 1.6.1 Anlagendaten

<b>Messstelle I-3ph 1</b>				
<b>I-Wandler 3-ph</b>				
11.931.8881.101	Nennstrom, primär:	1000.0	A	
11.931.8881.102	Nennstrom, sekundär	1 A		
11.931.8881.116	Sternpkt. in Richt.Ref.Obj:	ja		
<b>Messstelle I-3ph 2</b>				
<b>I-Wandler 3-ph</b>				
11.932.8881.101	Nennstrom, primär:	1500.0	A	
11.932.8881.102	Nennstrom, sekundär	1 A		
11.932.8881.116	Sternpkt. in Richt.Ref.Obj:	ja		
<b>Messstelle I-3ph 3</b>				
<b>I-Wandler 3-ph</b>				
11.933.8881.101	Nennstrom, primär:	1500.0	A	
11.933.8881.102	Nennstrom, sekundär	1 A		
11.933.8881.116	Sternpkt. in Richt.Ref.Obj:	nein		
<b>Messstelle I-3ph 4</b>				
<b>I-Wandler 3-ph</b>				
11.934.8881.101	Nennstrom, primär:	1500.0	A	
11.934.8881.102	Nennstrom, sekundär	1 A		
11.934.8881.116	Sternpkt. in Richt.Ref.Obj:	nein		

<b>Messstelle I-3ph 5</b>				
<b>I-Wandler 3-ph</b>				
11.935.8881.101	Nennstrom, primär:	2000.0	A	
11.935.8881.102	Nennstrom, sekundär	1 A		
11.935.8881.116	Sternpkt. in Richt.Ref.Obj:	ja		
<b>Messstelle I-1ph 1</b>				

# SIPROTEC 5 Applikation

Spartransformator Bank mit 2 Wandlersätzen in der Dreieckverschaltung der Ausgleichswicklung

Allgemein				
11.951.2311.101	Nennstrom, primär:	1000.0	A	
11.951.2311.102	Nennstrom, sekundär	1 A		
11.951.2311.116	Klemme 1,3,5,7 in Rtg.Obj:	ja		

## 1.6.2 (87-T1) Spartransformator Ausgleichsseite

Nennwerte	
951.91.103	Nennscheinleistung: 125,00 MVA
951.91.102	Nennspannung: 29,88 kV
951.91.101	Nennstrom: 2415 A

Seitendaten	
951.91.149	Sternpunkt: isoliert
951.91.104	Schaltungsart: Y
951.91.100	Schaltgruppenzahl: 0
951.91.130	Seitennummer: Seite 3
951.91.210	M3ph 1 nutzt Messst. ID: 3
951.91.211	M3ph 2 nutzt Messst. ID: 4
951.91.215	Anpassfaktor MI-3ph 1: 0,621
951.91.217	Anpassfaktor MI-3ph 2: 0,621

## 1.6.3 (87-T1) Spartransformator Diff. 1

Allgemein	
931.91.149	Sternpunkt: isoliert

Mit der Einstellung "Spartransformator Sternpunkt = isoliert" wird **keine** Nullstrom Eliminierung für die Sparsseiten 1 und 2 durchgeführt.

### 1.6.4 (87-T2) Transformatorseite 1

Nennwerte		
911.91.103	Nennscheinleistung:	<input type="text" value="125,00"/> MVA
911.91.102	Nennspannung:	<input type="text" value="29,88"/> kV
911.91.101	Nennstrom:	<input type="text" value="2415"/> A

Seitendaten		
911.91.149	Sternpunkt:	<input type="text" value="geerdet"/>
911.91.104	Schaltungsart:	<input type="text" value="Y"/>
911.91.100	Schaltgruppenzahl:	<input type="text" value="0"/>
911.91.130	Seitennummer:	<input type="text" value="Seite 1"/>
911.91.210	M3ph 1 nutzt Messst. ID:	<input type="text" value="3"/>
911.91.211	M3ph 2 nutzt Messst. ID:	<input type="text" value="4"/>
911.91.215	Anpassfaktor MI-3ph 1:	<input type="text" value="0,621"/>
911.91.217	Anpassfaktor MI-3ph 2:	<input type="text" value="0,621"/>

Sternpunkt geerdet → Nullstrom wird bei der Differentialstrom-Komponente eliminiert.

### 1.6.5 (87-T2) Transformatorseite 2

Nennwerte		
912.91.103	Nennscheinleistung:	<input type="text" value="125,00"/> MVA
912.91.102	Nennspannung:	<input type="text" value="34,50"/> kV
912.91.101	Nennstrom:	<input type="text" value="2092"/> A

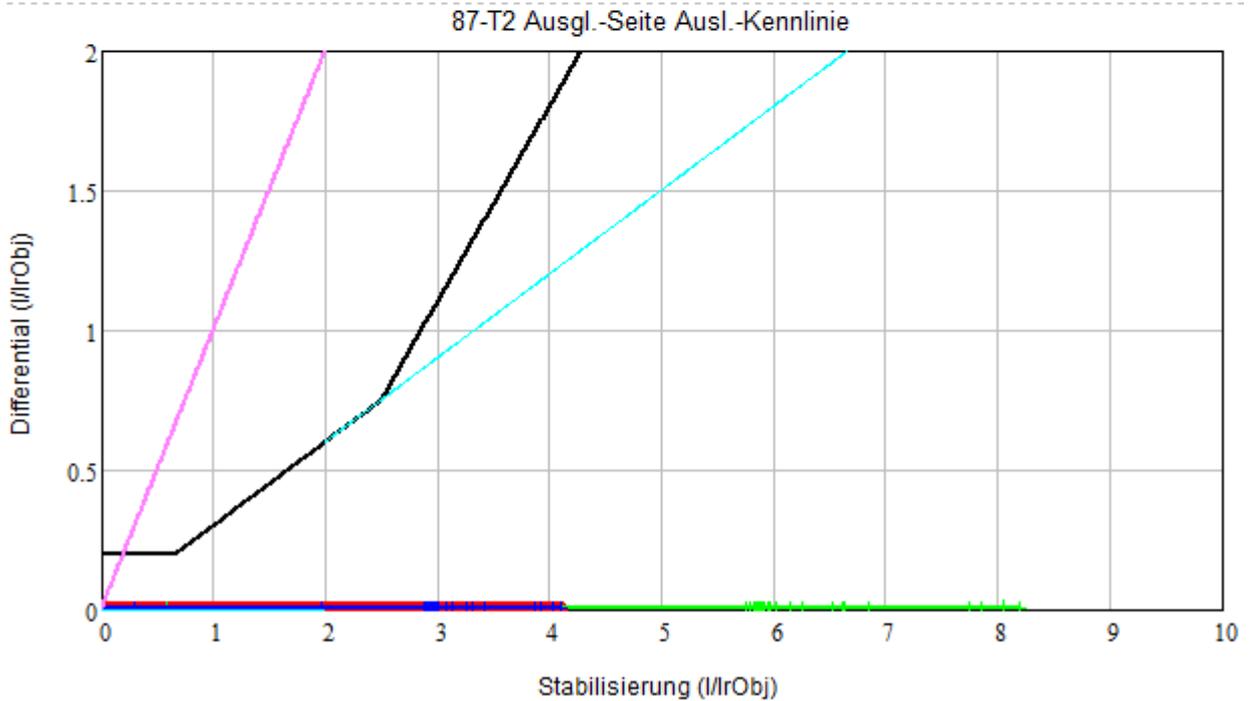
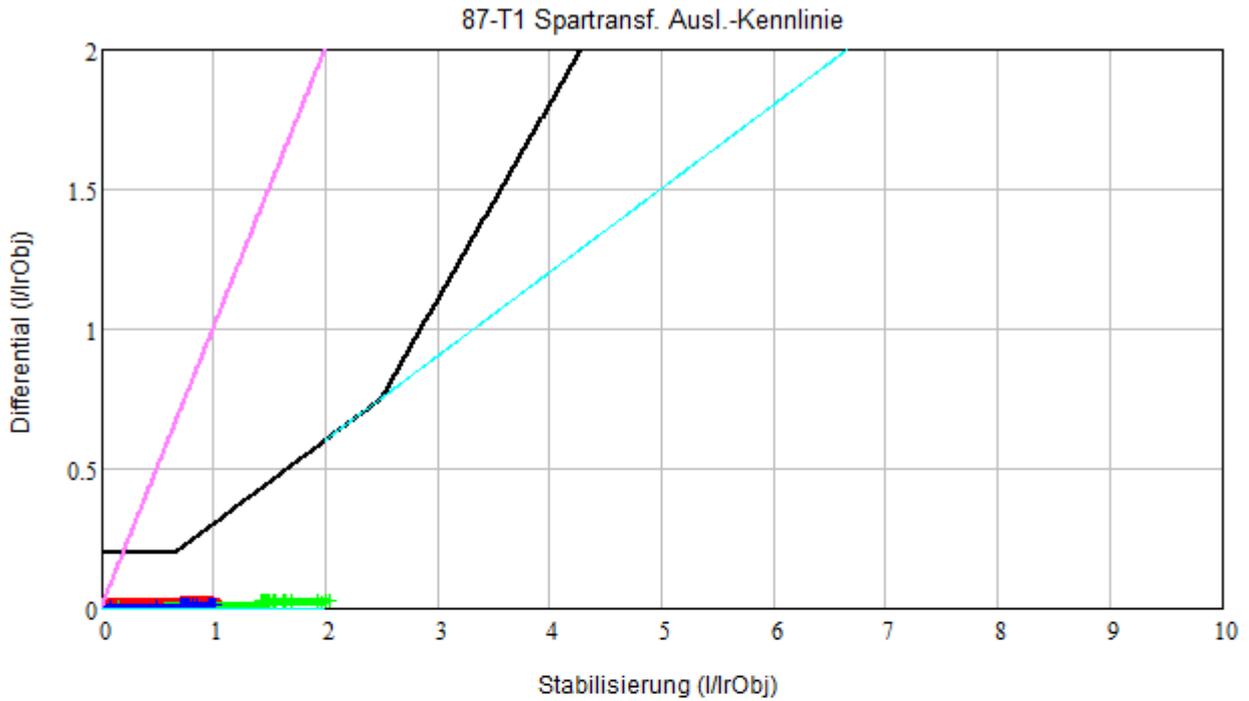
Seitendaten		
912.91.149	Sternpunkt:	<input type="text" value="geerdet"/>
912.91.104	Schaltungsart:	<input type="text" value="D"/>
912.91.100	Schaltgruppenzahl:	<input type="text" value="11"/>
912.91.130	Seitennummer:	<input type="text" value="Seite 2"/>
912.91.210	M3ph 1 nutzt Messst. ID:	<input type="text" value="5"/>
912.91.214	MI-1ph nutzt Messst. ID:	<input type="text" value="6"/>
912.91.215	Anpassfaktor MI-3ph 1:	<input type="text" value="0,956"/>
912.91.223	Anpassfaktor MI-1ph:	<input type="text" value="0,478"/>

# SIPROTEC 5 Applikation

Spartransformator Bank mit 2 Wandlersätzen in der Dreieckverschaltung der Ausgleichswicklung

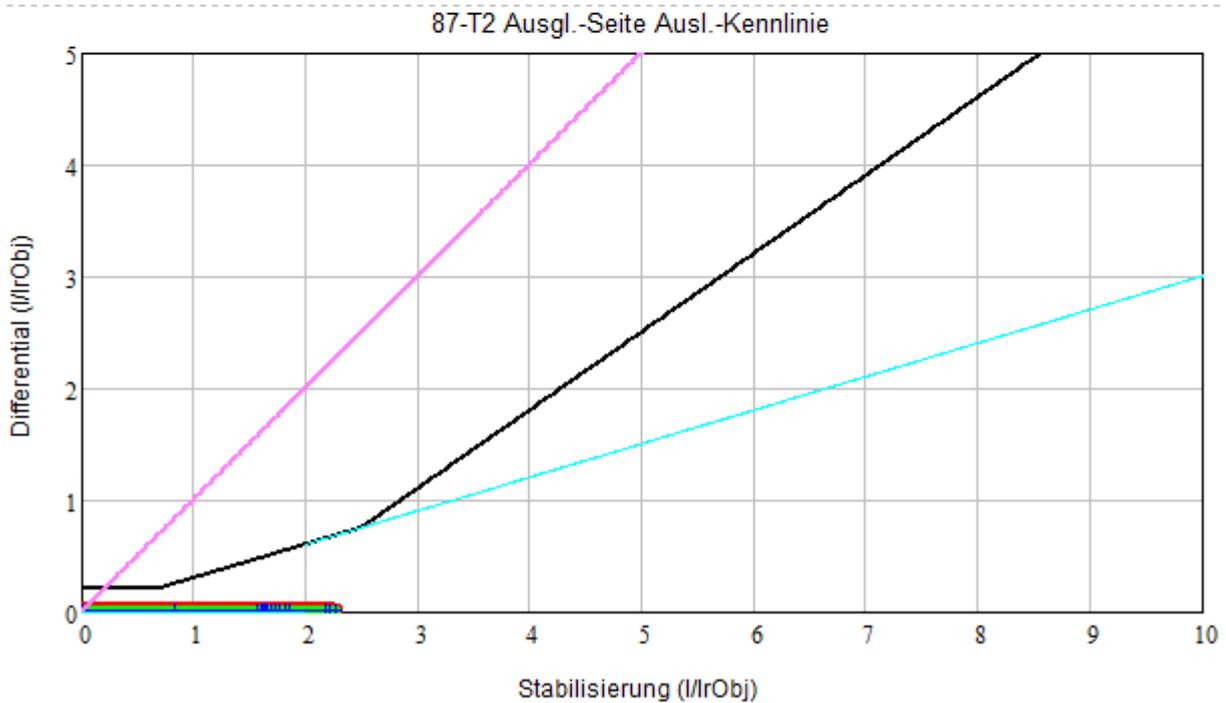
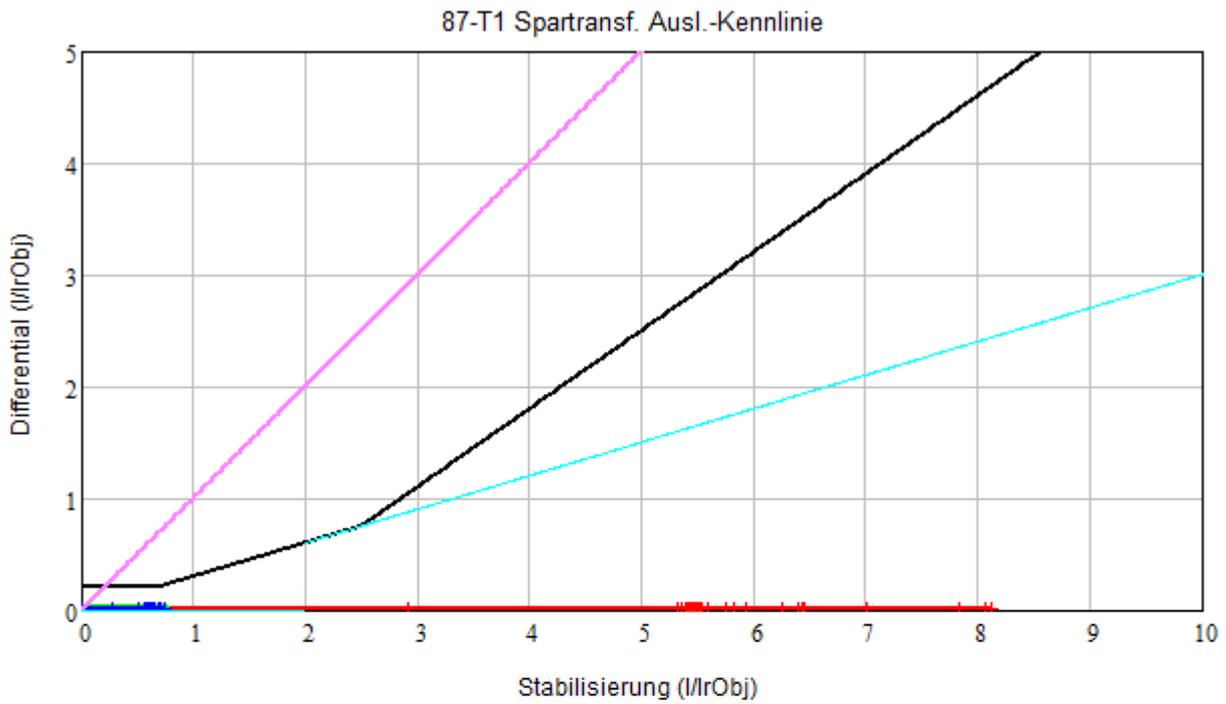
## 1.7 Fehlerfälle (ohne Laststrom)

### 1.7.1 Externer Fehler L1-L2 auf 34.5 kV Seite



Der Stabilisierungsstrom ist beim 87-T2 (125 MVA) 4-mal grösser als beim 87-T1 (500 MVA).

### 1.7.2 Externer Fehler L1-E auf 230 kV Seite



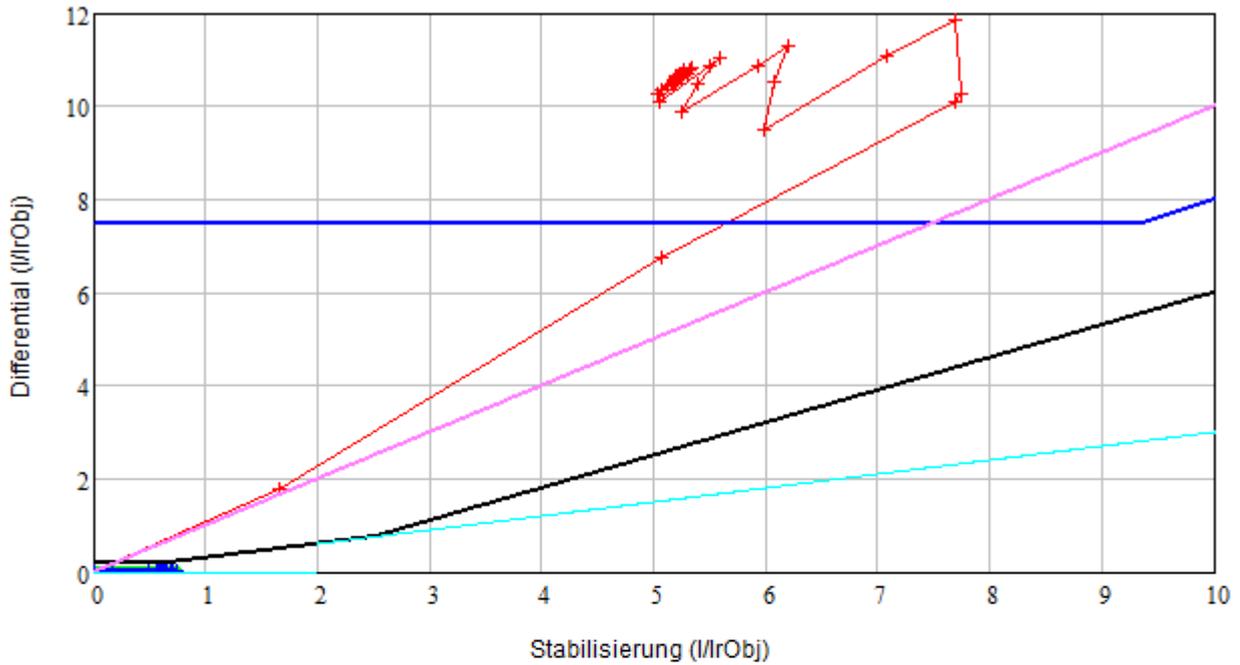
In der Ausgleichswicklung kreist ein Nullstrom. Dieser wirkt beim 87-T2 stabilisierend.

# SIPROTEC 5 Applikation

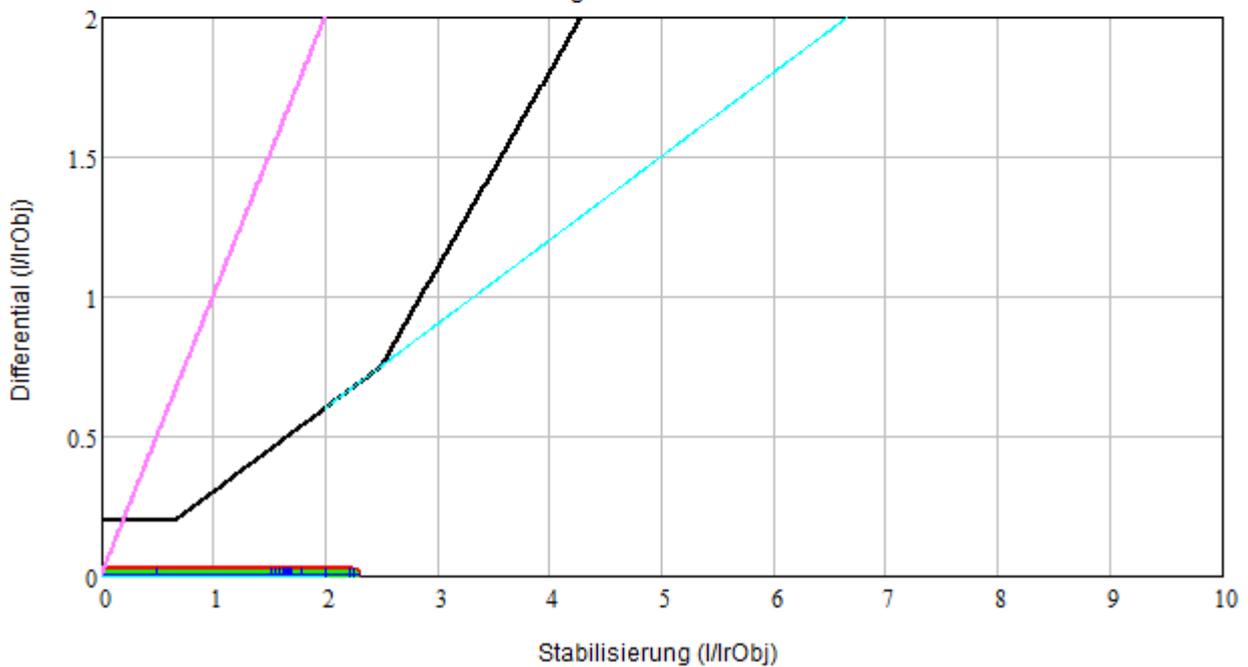
Spartransformator Bank mit 2 Wandlersätzen in der Dreieckverschaltung der Ausgleichswicklung

## 1.7.3 Interner Fehler L1-E auf 230 kV Seite

87-T1 Spartransf. Ausl.-Kennlinie



87-T2 Ausgl.-Seite Ausl.-Kennlinie

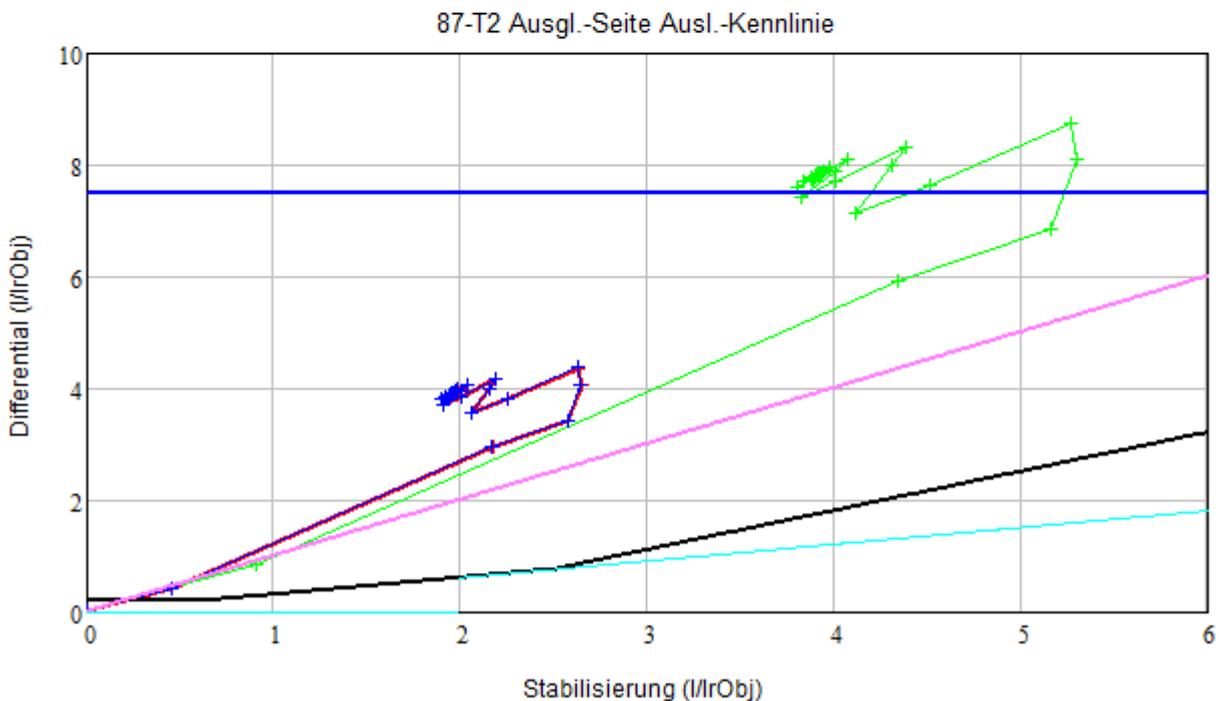
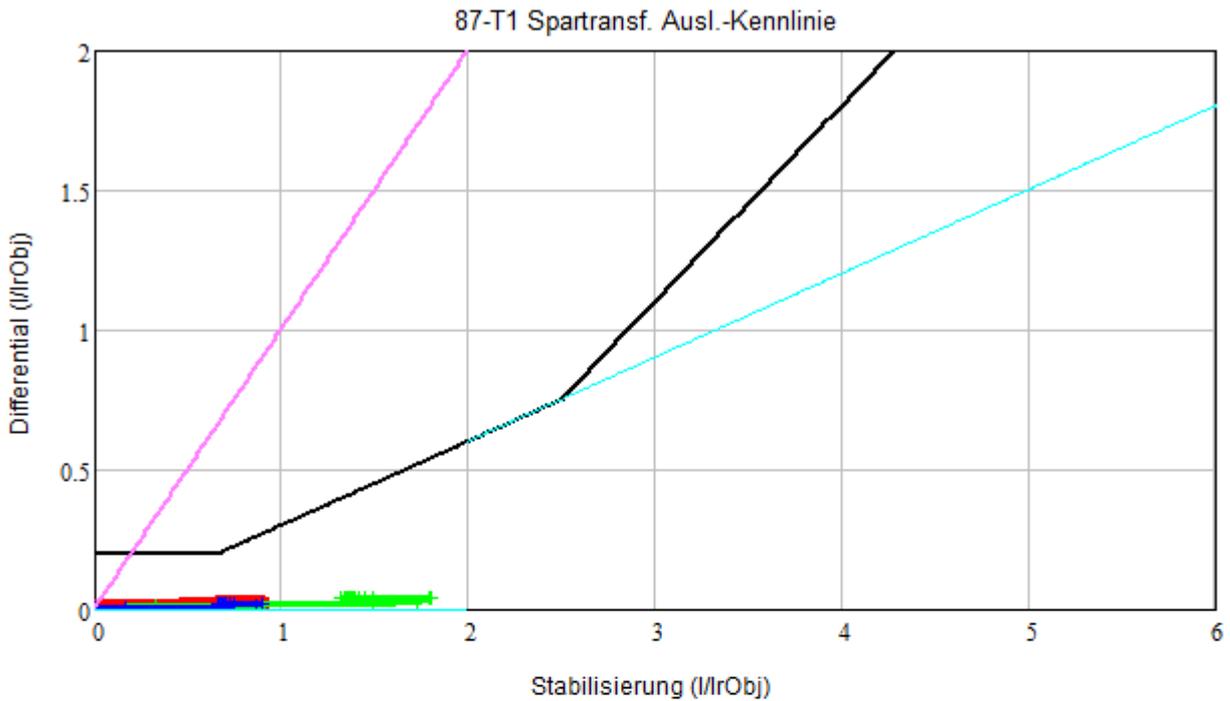


87-T1 löst nur im fehlerbehafteten Leiter L1 aus → klares Fehlerbild!

In der Ausgleichswicklung kreist ähnlich wie beim externen Fehler wieder ein Nullstrom.

Auch hier wirkt dieser Nullstrom beim 87-T2 stabilisierend.

### 1.7.4 Interner Fehler L1-L2 auf 34,5 kV Seite (außerhalb Dreieck-Verschaltung)



Für den 87-T1 ist dies ein externer Fehler, 87-T2 hingegen löst aus.

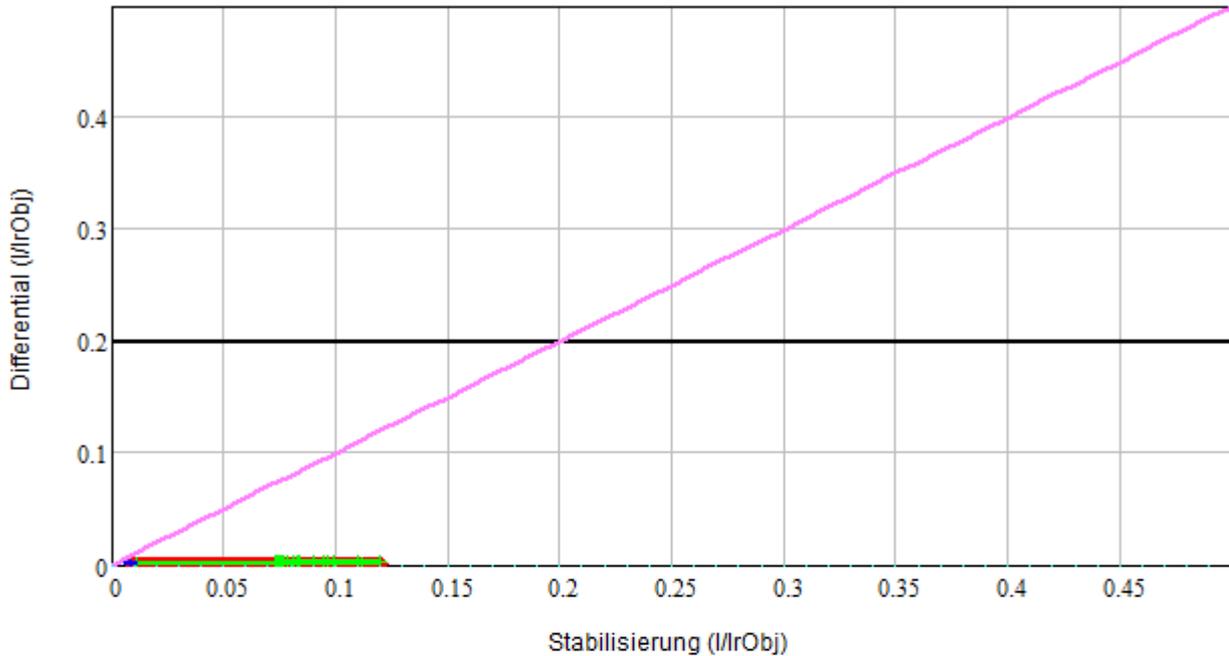
Die Auslösung erfolgt in allen 3 Leitern. Es gibt zwar keinen Nullstrom, der Fehler L1-L2 wird aber von allen 3 Strangwicklungen gespeist.

# SIPROTEC 5 Applikation

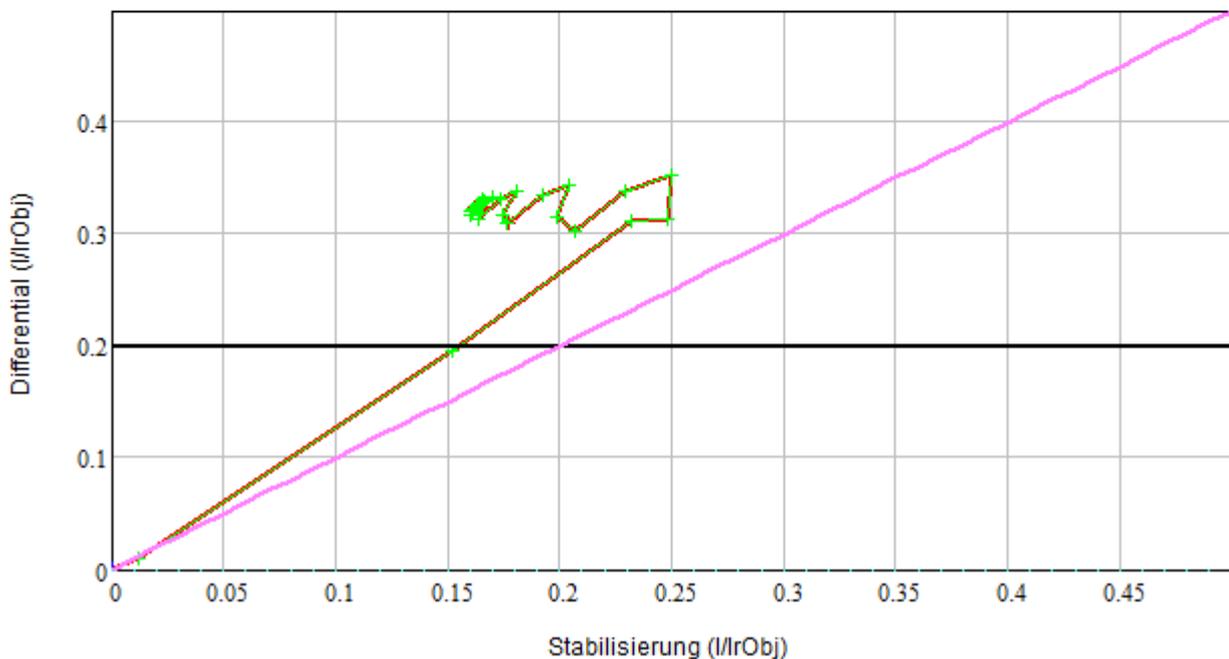
Spartransformator Bank mit 2 Wandlersätzen in der Dreieckverschaltung der Ausgleichswicklung

## 1.7.5 Interner Fehler L1-LE auf 34,5 kV Seite (außerhalb Dreieck-Verschaltung)

87-T1 Spartransf. Ausl.-Kennlinie



87-T2 Ausgl.-Seite Ausl.-Kennlinie



Für den 87-T1 ist dies ein externer Fehler, 87-T2 hingegen löst aus.

Bedingt durch den Erdungstransformator kommt auch beim einpoligen Fehler ein Strom zustande der in diesem Falle zur Auslösung führt. Dieser Fehlerstrom wird von 2 Strangwicklungen gespeist (kein Nullstrom).

# SIPROTEC 5 Applikation

Spartransformator Bank mit 2 Wandlersätzen in der Dreieckverschaltung der  
Ausgleichswicklung

---

Herausgeber

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

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

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

Tel.: +49 180 524 70 00

Fax: +49 180 524 24 71

(Gebühren in Abhängigkeit vom Provider)

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

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

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