

# SIEMENS

*Ingenuity for life*



## Leitungsdifferentialschutz mit Transformator im Schutzbereich

# SIPROTEC 5 Applikation

Dreienden-Leitungsdifferentialschutz mit Transformator im Schutzbereich

---

## SIPROTEC 5 Applikation

# Dreienden-Leitungsdifferentialschutz mit Transformator im Schutzbereich

APN-048, Edition 1

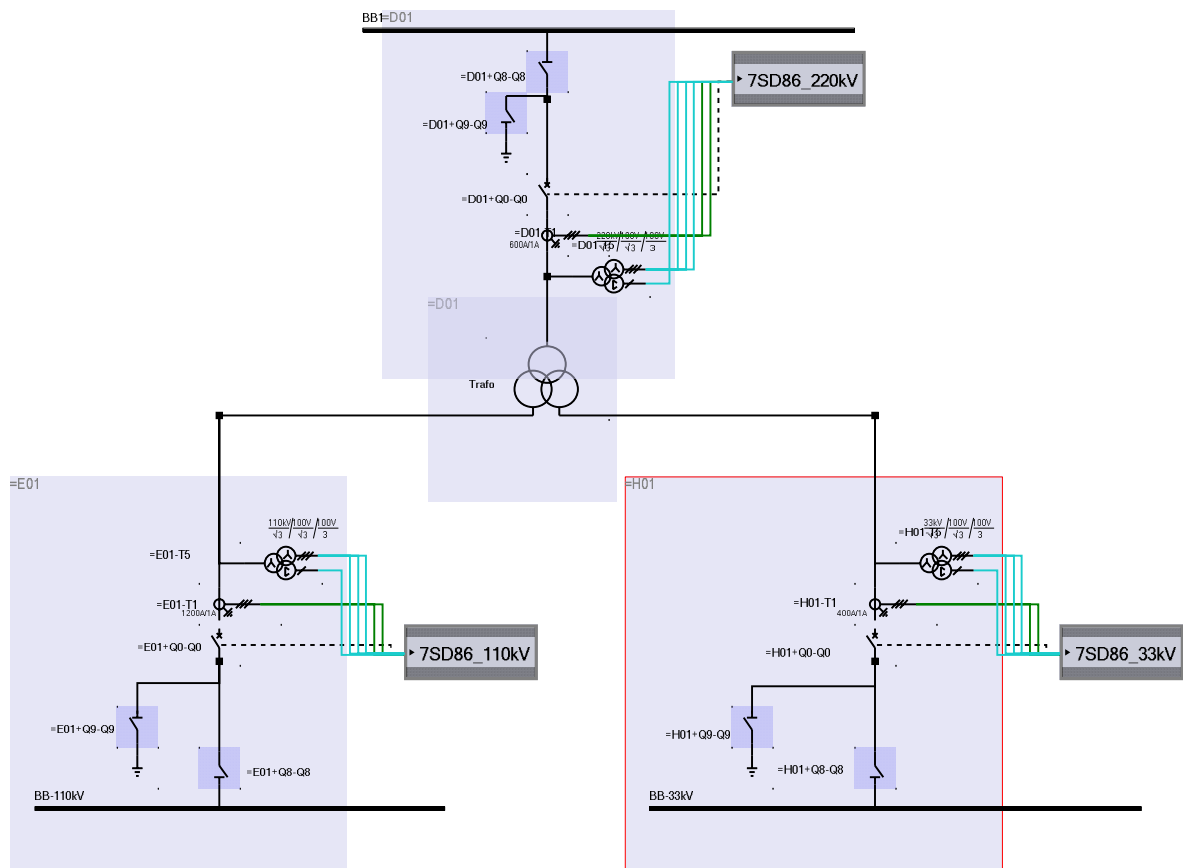
## Inhalt

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1   | Dreienden-Leitungsdifferentialschutz mit Transformator im Schutzbereich ..... | 3  |
| 1.1 | Einführung.....   | 3  |
| 1.2 | Auswahl geeigneter Differentialschutztypen .....                              | 3  |
| 1.3 | Anwendungsbeispiel: Dreiwicklungstransformator .....                          | 4  |
| 1.4 | Zusammenfassung .....   | 15 |
| 1.5 | Abkürzungen .....   | 15 |
| 1.6 | Dokumente .....   | 15 |

# 1 Dreien-Leitungsdifferentialschutz mit Transformator im Schutzbereich

## 1.1 Einführung

Leistungstransformatoren sind in Übertragungs- und Verteilnetzen die größten Einzelkomponenten der elektrischen Anlagen. Daher stellt deren Integration, besonders bei Erweiterungsprojekten die Planungsingenieure vor große Herausforderungen. Es kommen verstärkt Anlagenkonfigurationen zum Einsatz, bei denen Kabel- oder Freileitungstrecken Transformatoren anbinden, welche einige hundert Meter von den Schaltfeldern entfernt sind.



Die Auswahl des Leitungsdifferentialschutzes aufgrund der großen Entfernungen und die abgeleiteten Einstellungen exemplarisch am Beispiel eines Dreiwicklungstransformers werden in dieser Applikation beschrieben.

## 1.2 Auswahl geeigneter Differentialschutztypen

Die Platzierung des Transformators und die damit verbundenen zu schützenden Elemente wie Kabel oder Freileitungen führen zu mehreren Problemen:

Begrenzte Länge der Stromwandler-Sekundärverkabelung

§ Die Länge der Sekundärverkabelung von Strom- und Spannungswandlern ist durch die damit verbundene Bürde an den Wandlern begrenzt.

Hilfsspannungsversorgung und geeignete Relaisräume

# SIPROTEC 5 Applikation

## Dreien-Leitungsdifferentialschutz mit Transformator im Schutzbereich

§ Häufig ist in der unmittelbaren Nähe des Transformators keine Hilfsspannung, aber auch keine geeignete Räumlichkeit zur Installation von Schutzgeräten verfügbar. Hierdurch wird die Verwendung eines reinen Transformator-differentialschutzes erschwert oder nicht anwendbar.

Kommunikation mit Abgangsfeldern bzw. Leistungsschalteransteuerung

§ Die betroffenen Abgangsfelder und damit verbunden die Leistungsschalter sind bei diesen Konfigurationen häufig weit vom Transformator entfernt, wodurch der Einsatz von Fernsteuerbefehlen notwendig wird.

### 1.2.1 Transformator-differentialschutz

Werden die Stromwandler der ober- und unterspannungsseitigen Schaltfelder zum Aufspannen des Differentialschutzbereiches verwendet, und liegen diese und ihre Schutzschranke (-Geräte) nicht zu weit entfernt, so kann ein Transformator-differentialschutz (Trafo-Diff) wie der SIPROTEC 7UT8x eingesetzt werden. Die maximal mögliche Entfernung zwischen beiden Wandler-sätzen und dem Trafo-Diff ist abhängig von der Wandlernennbürde und der Sekundärverkabelung. Hier muss die resultierende Bürde im Einzelfall überprüft werden.

Werden die Durchführungswandler des Transformators für den Trafo-Diff verwendet, so muss ebenfalls die Länge der Sekundärverkabelung zwischen Transformator und Schutzgerät beachtet werden. Diese ist wie zuvor abhängig von der Wandlernennbürde. Des Weiteren muss beachtet werden, dass die Zuleitungen zum Transformator dann nicht im Schutzbereich des Trafo-Diffs liegen und einen eigenen Schutz besitzen sollten!

### 1.2.2 Leitungsdifferentialschutz

Für Entfernungen zwischen den ober- und unterspannungsseitigen Schaltfeldern bzw. bei Sekundärverkabelungslängen, welche zu einer unzulässig hohen Wandlerbürde führen würden, ist der Leitungsdifferentialschutz mit Transformator im Schutzbereich einzusetzen. Die benötigte Wandlernennbürde ist hier im Regelfall deutlich geringer auf Grund der kürzeren Sekundärverkabelung. Eine Überprüfung sollte dennoch im Rahmen der Projektierungsphase erfolgen. Zusätzlich muss hier eine Kommunikationsverbindung für den Leitungsdifferentialschutz vorhanden sein.

Die Wandlerdimensionierung muss nach den im jeweiligen Handbuch festgelegten Vorschriften erfolgen.

## 1.3 Anwendungsbeispiel: Dreiwicklungstransformator

### 1.3.1 Anlagen- und Leitungsdaten

Im Folgenden werden die Einstellungen exemplarisch am Beispiel eines Dreiwicklungstransformators abgeleitet. Die Leitungen zu den einzelnen Schaltanlagen werden mit jeweils 2km angenommen. Für dieses Beispiel ist ein klassischer Transformator-differentialschutz auf Grund der großen Entfernung zwischen den Wandler-sätzen und dem (-n) Schutzgerät(-geräten) nicht mehr einsetzbar. Die folgende Tabelle enthält die für dieses Beispiel verwendeten Transformator-daten, sowie die Daten der Stromwandler-sätze auf den verschiedenen Spannungsebenen.

|                                       | Primärwicklung | Sekundärwicklung | Tertiärwicklung |
|---------------------------------------|----------------|------------------|-----------------|
| Transformator                         |                |                  |                 |
| Schaltgruppe                          | YN0            | yn6              | d5              |
| Bemessungsscheinleistung              | 220 MVA        | 200 MVA          | 40MVA           |
| Bemessungsspannung                    | 220kV          | 110kV            | 33kV            |
| Bemessungsstrom                       | 577 A          | 1050 A           | 700 A           |
| Relative Kurzschlussspannung $u_{kr}$ | Prim-Sek: 17%  | Sek-Tert: 15%    | Tert-Prim: 15%  |

| Stromwandler                  |           |           |           |
|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Wandlertyp                    | 10P10 5VA | 10P10 5VA | 10P10 5VA |
| Wandlerübersetzungsverhältnis | 600A/1A   | 1200A/1A  | 800A/1A   |

Tabelle 1 – Transformator- und Stromwandlerdaten

Um einen Leitungsdifferentialschutz für einen Dreiwicklungstransformator aufzubauen ist an jedem Ende ein SIPROTEC 5 Leitungsschutzgerät (7SD8X oder 7SL8X) einzusetzen. In jedem dieser Geräte muss die *Funktion Leitungsdifferentialschutz* instanziiert sein. Um die Übersetzungsverhältnisse sowie die Schaltgruppen der drei Wicklungen berücksichtigen zu können, muss zusätzlich in allen Geräten an den drei Enden der *Funktionsblock Transformator* in der *Funktion Leitungsdifferentialschutz* instanziiert werden. Desweiteren kann an jedem Gerät auch die *Funktion Einschaltstromerkennung* in der *Funktionsgruppe Leitung* instanziiert werden.

In allen drei Geräten muss unter der *Funktionsgruppe Leitung* à *Allgemein* à *Nennwerte* die gleiche *Nennscheinleistung* eingetragen werden. In diesem Beispiel wird als Einstellwert für die Nennscheinleistung die *Bemessungsscheinleistung der Primärwicklung von 220MVA* eingestellt.

Für Transformatoren mit Regelung muss die Nennspannung der geregelten Seite auf den Mittelwert der regelbaren Spannung eingestellt werden. Die 220kV Seite des 220 MVA Transformators hat einen Spannungsregelbereich von ± 10%. Der Mittelwert der regelbaren Spannung wird nach Formel (1) berechnet (weitere Details siehe Handbuch zum Leitungsdifferentialschutz, Kapitel 6.2).

$$U_{nT220} = \frac{2}{\frac{1}{U_{max}} + \frac{1}{U_{min}}} = \frac{2}{\frac{1}{1,1 \times 220kV} + \frac{1}{0,9 \times 220kV}} = 217,8kV \quad (1)$$

Durch die einheitlich eingestellten Bemessungsscheinleistungen auf allen drei Wicklungen ergeben sich folgende Objekt-nennströme (bzw. Seitennennströme):

$$I_{no,220} = \frac{S_{nT}}{\sqrt{3} \times U_{nT}} = \frac{220MVA}{\sqrt{3} \times 217,8 kV} = 583A \quad (2)$$

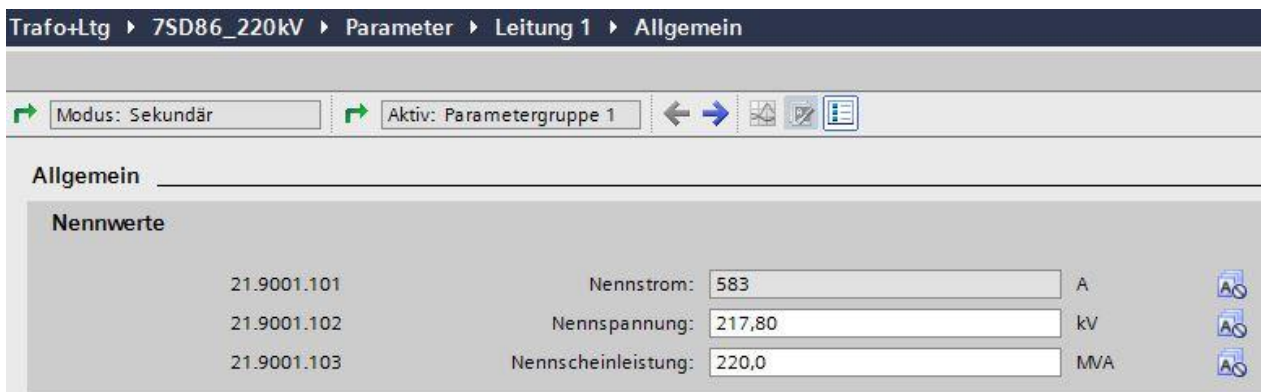


Abbildung 1 – Primärwicklung: Parameter à Leitung à Allgemein à Nennwerte

$$I_{no,110} = \frac{S_{nT}}{\sqrt{3} \times U_{nT}} = \frac{220MVA}{\sqrt{3} \times 110 kV} = 1155A \quad (3)$$

# SIPROTEC 5 Applikation

## Dreien-Leitungsdifferentialschutz mit Transformator im Schutzbereich

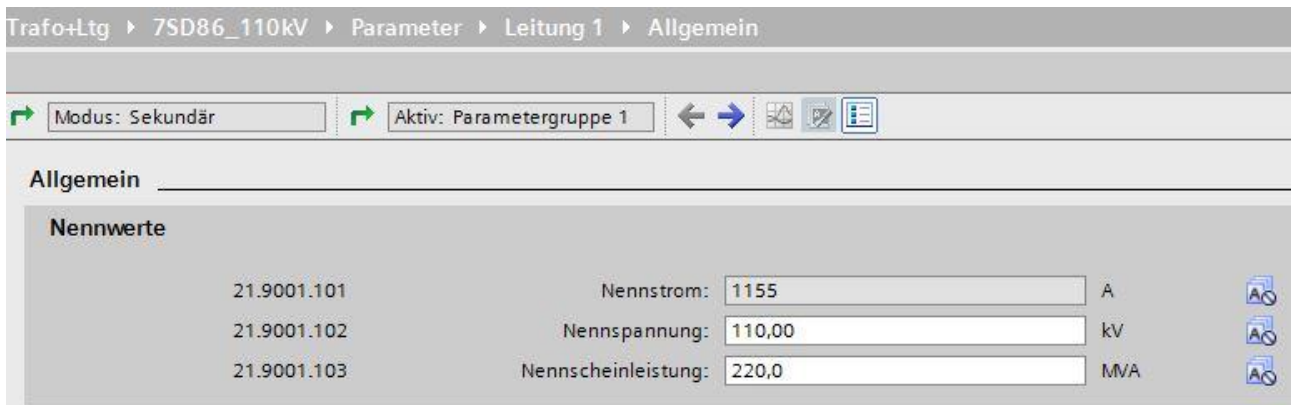


Abbildung 2 - Sekundärwicklung: Parameter à Leitung à Allgemein à Nennwerte

$$I_{n0,33} = \frac{S_{nT}}{\sqrt{3} \times U_{nT}} = \frac{220MVA}{\sqrt{3} \times 33kV} = 3849A \quad (4)$$



Abbildung 3 - Tertiärwicklung: Parameter à Leitung à Allgemein à Nennwerte

Für die weitere Berechnung und Parametrierung gilt zu beachten, dass sich die Einstellungen des Leitungsdifferentialschutzes immer auf den Seitennennstrom beziehen. Dieser wird bei Verwendung des Funktionsblockes Transformator aus der Nennspannung und der Nennscheinleistung berechnet. Zur Kontrolle wird dieser Wert unter \_9001.101 Nennstrom in den Abbildungen 1 als ausgegrauter Wert angezeigt.

Es wird empfohlen, dass der Wandlernennstrom nicht mehr als Faktor 8 (1/8) vom Seitennennstrom abweicht. Ein Überschreiten dieses Faktors kann dazu führen, dass die angegebenen Toleranzen auf Grund von Umrechnungsfaktoren nicht eingehalten werden können.

$$f_{220} = \frac{600A}{583A} = 1,03 < 8 \quad (5)$$

$$f_{110} = \frac{1200A}{1155A} = 1,04 < 8 \quad (6)$$

$$f_{33} = \frac{800A}{3849A} = 0,21 > \frac{1}{8} \quad (7)$$

### Einschaltstromerkennung

Für Transformatoren mit einem relativ hohen Anteil an Harmonischen beim Zuschalten, bzw. Magnetisieren ist die adaptive Stabilisierung der I-DIFF Stufe bereits ausreichend um gegen Inrush-Effekte zu stabilisieren. Da es aber auch Transformatoren gibt, die bedingt durch ihren Aufbau und ihr Kernmaterial einen geringeren Anteil an Harmonischen während des Inrush besitzen, ist für diese Fälle die Einschaltstromerkennung zu aktivieren. Im Umfeld großer Umrichter, welche im Fehlerfall einen großen Anteil 2. Harmonische im Strom hervorrufen, wird empfohlen die Einschaltstromerkennung zu deaktivieren, da diese zu einer Blockierung der I-DIFF stufe führen können. In diesem Beispiel wird davon ausgegangen, dass keine großen Umrichter im Umfeld vorhanden sind. Ebenso wird hier davon ausgegangen, dass der Anteil der 2. Harmonischen bei Inrush nicht für eine ausreichende Stabilisierung sorgt, Daher wird hier die Einschaltstromerkennung aktiviert.

Da es aus betrieblicher Sicht nicht auszuschließen ist, dass der Transformator auch über die Tertiärwicklung magnetisiert wird, kann auch an diesem Ende die Einschaltstromerkennung instanziiert werden. Über den Parameter \_4141.106 Betriebsgrenze I<sub>max</sub> wird für jede Wicklung der maximal auftretende Inrush-Strom eingestellt.

| Einschaltstr.erk. |   |
|-------------------|---|
| 21.4141.1         | Modus: ein                                |
| 21.4141.106       | Betriebsgrenze I <sub>max</sub> : 5,660 A |
| 21.4141.111       | Blockierung mit CWA: ja                   |
| 21.4141.110       | Blockierung mit 2. Harm.: ja              |
| 21.4141.102       | Anteil 2. Harmonische: 15 %               |
| 21.4141.112       | Crossblockierung: nein                    |
| 21.4141.109       | Dauer der Crossblock.: 0,06 s             |
| 21.4141.114       | Störschreibung starten: ja                |

Abbildung 4 - Primärwicklung: Parameter à Leitung à Einschaltstr.erk.

| Einschaltstr.erk. |   |
|-------------------|---|
| 21.4141.1         | Modus: ein                                |
| 21.4141.106       | Betriebsgrenze I <sub>max</sub> : 5,830 A |
| 21.4141.111       | Blockierung mit CWA: ja                   |
| 21.4141.110       | Blockierung mit 2. Harm.: ja              |
| 21.4141.102       | Anteil 2. Harmonische: 15 %               |
| 21.4141.112       | Crossblockierung: nein                    |
| 21.4141.109       | Dauer der Crossblock.: 0,06 s             |
| 21.4141.114       | Störschreibung starten: ja                |

Abbildung 5 - Sekundärwicklung: Parameter à Leitung à Einschaltstr.erk.

# SIPROTEC 5 Applikation

## Dreien-Leitungsdifferentialschutz mit Transformator im Schutzbereich

Einschaltstr.erk.

|             |                                   |       |   |
|-------------|-----------------------------------|-------|---|
| 21.4141.1   | Modus:                            | ein   |   |
| 21.4141.106 | Betriebsgrenze I <sub>max</sub> : | 5,830 | A |
| 21.4141.111 | Blockierung mit CWA:              | ja    |   |
| 21.4141.110 | Blockierung mit 2. Harm.:         | ja    |   |
| 21.4141.102 | Anteil 2. Harmonische:            | 15    | % |
| 21.4141.112 | Crossblockierung:                 | nein  |   |
| 21.4141.109 | Dauer der Crossblock.:            | 0,06  | s |
| 21.4141.114 | Störschreibung starten:           | ja    |   |

Abbildung 6 - Tertiärwicklung: Parameter à Leitung à Einschaltstr.erk.

### 1.3.2 Strommessstellen

#### Stromwandlerfehler

Entsprechend des Beispiels werden Wandler der Klasse 10P10 eingesetzt. Die sich ergebenden Stromwandlerfehler können der Tabelle 2 entnommen werden.

| Transformer Class | Standard                   | Rated-Current Error |                     | Rated-Overcurrent Factor Error | Setting Recommendations for Settings |       |        |
|-------------------|----------------------------|---------------------|---------------------|--------------------------------|--------------------------------------|-------|--------|
|                   |                            |                     |                     |                                |                                      |       |        |
| 5P                | IEC 60044-1                | 1.0 %               | ± 60 min            | ≤ 5 %                          | 1.50                                 | 3.0 % | 10.0 % |
| 10P               |                            | 3.0 %               | –                   | ≤ 10 %                         | 1.50                                 | 5.0 % | 15.0 % |
| TPX               |                            | 0.5 %               | ± 30 min            | ε ≤ 10 %                       | 1.50                                 | 1.0 % | 15.0 % |
| TPY               |                            | 1.0 %               | ± 30 min            | ε ≤ 10 %                       | 1.50                                 | 3.0 % | 15.0 % |
| TPZ               |                            | 1.0 %               | 180 min<br>± 18 min | ε ≤ 10 %<br>(only I ≈)         | 1.50                                 | 6.0 % | 20.0 % |
| PX                | IEC 60044-1<br>BS: Class X |                     |                     |                                | 1.50                                 | 3.0 % | 10.0 % |
| C100 to C800      | ANSI                       |                     |                     |                                | 1.50                                 | 5.0 % | 15.0 % |

Tabelle 2 – Einstellempfehlungen für Stromwandlerfehler (Handbuch 7SL87)

#### Einfluss von Stufenstellern, bzw. Spannungsregelungen

Verfügt der Transformator über eine Spannungsregelung, so kann die durch die Stellung des Stufenschalters verursachte Abweichung im Übersetzungsverhältnis wie ein zusätzlicher „Wandlerfehler“ berücksichtigt werden, da der Fehler stromproportional ist. Diese Kompensation erfolgt nur auf der geregelten Seite des Transformators. Die hier betrachtete Abweichung durch die Spannungsregelung bezieht sich auf den mittleren Strom bei Nennscheinleistung.

Die 220kV Seite des 220 MVA Transformators hat einen Spannungsregelbereich von ± 10%.

Damit gilt folgender Zusammenhang für die Ströme bei Nennscheinleistung:

$$I_{nT} = \frac{S_{nT}}{\sqrt{3} \times U_{nT}} = \frac{220MVA}{\sqrt{3} \times 220kV} = 577A \quad (8)$$

Der minimale Strom fließt bei der höchsten Stufenschalterstellung:

$$I_{min} = \frac{S_{nT}}{\sqrt{3} \times U_{nT} \times 1,1} = \frac{220MVA}{\sqrt{3} \times 242kV} = 525A \quad (9)$$



Der maximale Strom fließt bei der kleinsten Stufenschalterstellung:

$$I_{max} = \frac{S_{nT}}{\sqrt{3} \times U_{nT} \times 0,9} = \frac{220MVA}{\sqrt{3} \times 198kV} = 642A \quad (10)$$

Der Strommittelwert der geregelten Transformatorseite ergibt sich damit zu:

$$I_{mitt} = \frac{I_{min} + I_{max}}{2} = \frac{525A + 642A}{2} = 583,5A \quad (11)$$

Die maximale Abweichung von diesem mittleren Strom beträgt:

$$\delta_{max} = \frac{I_{max} - I_{mitt}}{I_{mitt}} = \frac{642A - 583,5A}{583,5A} = 0,10 = 10\% \quad (12)$$

Die maximale Abweichung wird dann zu den Wandlerfehlern A und B addiert.

Damit ergibt sich theoretisch für die 220-kV Seite ein Wandlerfehler A von 15% und ein Wandlerfehler B von 25%.

Die Wandlereinstellungen werden unter der Funktionsgruppe Anlagendaten → Messstelle I-3ph → Wandler eingestellt.

| Wandler Leiter  |                             |                     |
|-----------------|-----------------------------|---------------------|
| 11.931.8881.101 | Nennstrom, primär:          | 600,0 A             |
| 11.931.8881.102 | Nennstrom, sekundär:        | 1 A                 |
| 11.931.8881.117 | Strombereich:               | 100 x Inenn         |
| 11.931.8881.118 | Interner Stromwandlertyp:   | Stromwandler Schutz |
| 11.931.8881.116 | Sternpkt. in Richt.Ref.Obj: | ja                  |
| 11.931.8881.114 | Getauschte Phasen:          | kein                |
| 11.931.8881.107 | Fehlerübergang:             | 1,50                |
| 11.931.8881.108 | Wandlerfehler A:            | 15,0 %              |
| 11.931.8881.109 | Wandlerfehler B:            | 25,0 %              |

Abbildung 7 – Primärwicklung: Parameter → Anlagendaten → Messstelle I-3ph → Wandler Leiter

| Wandler Leiter  |                             |                     |
|-----------------|-----------------------------|---------------------|
| 11.931.8881.101 | Nennstrom, primär:          | 1200,0 A            |
| 11.931.8881.102 | Nennstrom, sekundär:        | 1 A                 |
| 11.931.8881.117 | Strombereich:               | 100 x Inenn         |
| 11.931.8881.118 | Interner Stromwandlertyp:   | Stromwandler Schutz |
| 11.931.8881.116 | Sternpkt. in Richt.Ref.Obj: | ja                  |
| 11.931.8881.114 | Getauschte Phasen:          | kein                |
| 11.931.8881.107 | Fehlerübergang:             | 1,50                |
| 11.931.8881.108 | Wandlerfehler A:            | 5,0 %               |
| 11.931.8881.109 | Wandlerfehler B:            | 15,0 %              |

Abbildung 8 – Sekundärwicklung: Parameter → Anlagendaten → Messstelle I-3ph → Wandler Leiter

# SIPROTEC 5 Applikation

## Dreien-Leitungsdifferentialschutz mit Transformator im Schutzbereich

| Messstelle      | Parameter                   | Wert                | Einheit |
|-----------------|-----------------------------|---------------------|---------|
| 11.931.8881.101 | Nennstrom, primär:          | 800,0               | A       |
| 11.931.8881.102 | Nennstrom, sekundär:        | 1 A                 |         |
| 11.931.8881.117 | Strombereich:               | 100 x Inenn         |         |
| 11.931.8881.118 | Interner Stromwandlertyp:   | Stromwandler Schutz |         |
| 11.931.8881.116 | Sternpkt. in Richt.Ref.Obj: | ja                  |         |
| 11.931.8881.114 | Getauschte Phasen:          | kein                |         |
| 11.931.8881.107 | Fehlerübergang:             | 1,50                |         |
| 11.931.8881.108 | Wandlerfehler A:            | 5,0                 | %       |
| 11.931.8881.109 | Wandlerfehler B:            | 15,0                | %       |

Abbildung 9 – Tertiärwicklung: Parameter à Anlagendaten à Messstelle I-3ph à Wandler Leiter

### Prozessmonitor

Einige Funktionen in SIPROTEC 5 bieten die Möglichkeit das Verhalten bei Zuschaltung gezielt anzupassen, ohne das auf eine Parametersatzumschaltung zurückgegriffen werden muss. In diesem Beispiel wird davon ausgegangen das nur der Leitungsdifferentialschutz diese Funktionalität tatsächlich verwendet.

Bei großen Transformatoren können Einschaltström, bzw. Inrush-Ströme über einen längeren Zeitraum fließen bis das Kernmaterial magnetisiert ist. Die exakte Dauer zu messen dürfte sich meist als schwierig erweisen. Diese Werte könne näherungsweise bei der Inbetriebsetzung ermittelt werden.

Hierzu wird der Funktionsblock *Einschalterkennung* in der Funktion *Prozessmonitor* verwendet. Die Betriebsart (:4681:101) muss abhängig von der Betriebsweise und den verfügbaren Signalen bestimmt werden. In diesem Beispiel wird davon ausgegangen das die Leistungsschalterrückmeldungen, sowie die Rückmeldung des „Hand-Ein“ Schalters verfügbar sind. Es wird desweiteren angenommen, dass Inrush-Ströme nach 5s deutlich unterhalb des Transformatorbemessungsstroms liegen. Diese Einstellung wird für alle drei Seiten einheitlich gewählt.

| Messstelle       | Parameter                 | Wert            | Einheit |
|------------------|---------------------------|-----------------|---------|
| 21.1131.4681.101 | Betriebsart:              | LS, I offen, HE |         |
| 21.1131.4681.102 | Wirkzeit nach Einschalt.: | 5,00            | s       |
| 21.1131.4681.103 | Min. Zeit Abweig offen:   | 0,25            | s       |

Abbildung 10 – Parameter à Leitung à Prozessmonitor à Einschalterkn.

### 1.3.3 Parameter Leitungsdifferentialschutz

#### Funktionsblock Transformator

Durch die Instanziierung des Funktionsblockes *Transformator* in die Funktion *Leitungsdifferentialschutz* wird die Einstellung des Transformators möglich. Durch die Transformation der Ströme erfolgt eine Winkeldrehung der Ströme und Spannungen. Diese wird vom Transformator-Hersteller durch die Schaltgruppe gekennzeichnet. Die Schaltgruppe ist für Strom und Spannung gleich einzustellen, solange die Stroms Schaltgruppe nicht durch externe Maßnahmen angepasst wird. Für diesen Fall kann die Stroms Schaltgruppe auf 0 gestellt werden. Die Spannungsschaltgruppe muss dennoch wie die auf dem Typenschild angegebene Schaltgruppe eingestellt werden, um eine korrekte Darstellung der Spannungen und Leistungen zu ermöglichen. In dem hier betrachteten Beispiel erfolgt keine externe Anpassung der Schaltgruppe.

## Dreien-Leitungsdifferentialschutz mit Transformator im Schutzbereich

Da in dem hier gezeigten Beispiel mindestens ein Sternpunkt des Transformators geerdet ist (sowohl auf der 220kV-Seite als auf der 110kV-Seite), wird empfohlen *auf diesen Seiten* die Nullstromeliminierung (┌.3541.105) zu aktivieren.

**Transformator**

|                 |                        |                                    |     |
|-----------------|------------------------|------------------------------------|-----|
| 21.821.3541.101 | Nennscheinleistung:    | <input type="text" value="220,0"/> | MVA |
| 21.821.3541.103 | Schaltgruppe U:        | <input type="text" value="0"/>     |     |
| 21.821.3541.104 | Schaltgruppe I:        | <input type="text" value="0"/>     |     |
| 21.821.3541.105 | Nullstromeliminierung: | <input type="text" value="ja"/>    | ▼   |

Abbildung 11 - Primärwicklung: Parameter à Leitung à Leitungsdifferentialschutz à Transformator

**Transformator**

|                 |                        |                                    |     |
|-----------------|------------------------|------------------------------------|-----|
| 21.821.3541.101 | Nennscheinleistung:    | <input type="text" value="220,0"/> | MVA |
| 21.821.3541.103 | Schaltgruppe U:        | <input type="text" value="6"/>     |     |
| 21.821.3541.104 | Schaltgruppe I:        | <input type="text" value="6"/>     |     |
| 21.821.3541.105 | Nullstromeliminierung: | <input type="text" value="ja"/>    | ▼   |

Abbildung 12 - Sekundärwicklung: Parameter à Leitung à Leitungsdifferentialschutz à Transformator

**Transformator**

|                 |                        |                                    |     |
|-----------------|------------------------|------------------------------------|-----|
| 21.821.3541.101 | Nennscheinleistung:    | <input type="text" value="220,0"/> | MVA |
| 21.821.3541.103 | Schaltgruppe U:        | <input type="text" value="5"/>     |     |
| 21.821.3541.104 | Schaltgruppe I:        | <input type="text" value="5"/>     |     |
| 21.821.3541.105 | Nullstromeliminierung: | <input type="text" value="nein"/>  | ▼   |

Abbildung 13 - Tertiärwicklung: Parameter à Leitung à Leitungsdifferentialschutz à Transformator

### Funktionsblock I-DIFF

Der Schwellwert (┌:3451:3) der empfindlichen Stufe I-DIFF des Leitungsdifferentialschutzes sollte mindestens auf das 2,5-fache der Summe aus Ladeströmen und den Verlusten des Transformators eingestellt werden.

Im Regelfall ist hierfür die voreingestellte Schwelle von 30% des Seitennennstromes ausreichend. Für die Parametrierung in Sekundärwerten ergeben sich daraus die Einstellungen des I-DIFF schwellwertes zu:

$$IDIFF_{220} = 0,3 \times \frac{220MVA}{\sqrt{3} \times 217,8kV} \times \frac{1A}{600A} = 0,29A \text{ sek} \quad (13)$$

# SIPROTEC 5 Applikation

## Dreien-Leitungsdifferentialschutz mit Transformator im Schutzbereich

$$IDIFF_{110} = 0,3 \times \frac{220MVA}{\sqrt{3} \times 110kV} \times \frac{1A}{1200A} = 0,29A \text{ sek} \quad (14)$$

$$IDIFF_{33} = 0,3 \times \frac{220MVA}{\sqrt{3} \times 33kV} \times \frac{1A}{800A} = 1,44A \text{ sek} \quad (15)$$

Der Schwellwert bei Zuschaltung (.:3451:101) kann im Regelfall auf den gleichen Wert eingestellt werden.

| ID              | Parameter                   | Value | Unit |
|-----------------|-----------------------------|-------|------|
| 21.821.3451.1   | Modus:                      | ein   |      |
| 21.821.3451.2   | Blk. Ausl. & Fehleraufz.:   | nein  |      |
| 21.821.3451.27  | Blk. b. Einschaltstromerk.: | ja    |      |
| 21.821.3451.3   | Schwellwert:                | 0,290 | A    |
| 21.821.3451.101 | Schwellwert bei Zuschalt.:  | 0,290 | A    |
| 21.821.3451.6   | Auslöseverzögerung:         | 0,00  | s    |

Buttons: Neue Stufe hinzufügen, Stufe löschen

Abbildung 14 - Primärwicklung: Parameter à Leitung à Leitungsdifferentialschutz à I-DIFF

| ID              | Parameter                   | Value | Unit |
|-----------------|-----------------------------|-------|------|
| 21.821.3451.1   | Modus:                      | ein   |      |
| 21.821.3451.2   | Blk. Ausl. & Fehleraufz.:   | nein  |      |
| 21.821.3451.27  | Blk. b. Einschaltstromerk.: | ja    |      |
| 21.821.3451.3   | Schwellwert:                | 0,290 | A    |
| 21.821.3451.101 | Schwellwert bei Zuschalt.:  | 0,290 | A    |
| 21.821.3451.6   | Auslöseverzögerung:         | 0,00  | s    |

Buttons: Neue Stufe hinzufügen, Stufe löschen

Abbildung 15 - Sekundärwicklung: Parameter à Leitung à Leitungsdifferentialschutz à I-DIFF

| I-DIFF          |                             |         |
|-----------------|-----------------------------|---------|
| 21.821.3451.1   | Modus:                      | ein     |
| 21.821.3451.2   | Blk. Ausl. & Fehleraufz.:   | nein    |
| 21.821.3451.27  | Blk. b. Einschaltstromerk.: | ja      |
| 21.821.3451.3   | Schwellwert:                | 1,440 A |
| 21.821.3451.101 | Schwellwert bei Zuschalt.:  | 1,440 A |
| 21.821.3451.102 | Anregeverzöger. 1-pol.:     | 0,04 s  |
| 21.821.3451.6   | Auslöseverzögerung:         | 0,00 s  |

Abbildung 16 - Tertiärwicklung: Parameter à Leitung à Leitungsdifferentialschutz à I-DIFF

### Funktionsblock I-DIFF schnell 2

Die schnelle Stufe I-DIFF schnell 2 des Leitungsdifferentialschutzes klärt stromstarke Fehler in sehr kurzer Zeit. Die Schwellwerte sollten so eingestellt werden, dass Inrush-Ströme nicht zu einer ungewollten Auslösung führen. Hierbei ist es hilfreich die beiden Schwellwerte für normalbetrieb ( \_:18211:3) und Zuschaltung( \_:18211:101) unterschiedlich einzustellen. Der Schwellwert bei Zuschaltung ( \_:18211:101) wird auf einen Wert oberhalb des maximal auftretenden Inrush-Stromes eingestellt. Der maximal auftretende Inrush-Strom kann mit folgender Formel nach oben abgeschätzt werden.

$$I_{Inrush,max} = \frac{I_{nT}}{u_{kr}[\%]} \quad (16)$$

Für die drei Seiten ergeben sich daraus folgende Obergrenzen der Inrush-Ströme:

$$I_{Inrush,max,220} = \frac{220MVA}{\sqrt{3} \times 220kV} \times \frac{1}{0,17} = 3394A \text{ prim} \quad (17)$$

$$I_{Inrush,max,110} = \frac{200MVA}{\sqrt{3} \times 110kV} \times \frac{1}{0,15} = 7000A \text{ prim} \quad (18)$$

$$I_{Inrush,max,220} = \frac{40MVA}{\sqrt{3} \times 33kV} \times \frac{1}{0,15} = 4667A \text{ prim} \quad (19)$$

Für den Schwellwerte bei Zuschaltung ( \_:18211:101) ergeben sich dadurch folgende sekundär Werte:

$$IDIFF\_schn. 2_{220} = 3394A \times \frac{1A}{600A} = 5,66A \text{ sek} \quad (20)$$

$$IDIFF\_schn. 2_{110} = 7000A \times \frac{1A}{1200A} = 5,83A \text{ sek} \quad (21)$$

$$IDIFF\_schn. 2_{33} = 4667A \times \frac{1A}{800A} = 5,83A \text{ sek} \quad (22)$$

# SIPROTEC 5 Applikation

## Dreien-Leitungsdifferentialschutz mit Transformator im Schutzbereich

Durch die oben gewählte Dauer der Einschalterkennung wird der Schwellwert bei Zuschaltung (\_:18211:101) solange gehalten bis die Inrush-Ströme weitgehend abgeklungen sind. Dadurch kann für Schwellwert (\_:18211:3) für normalen Betrieb ein empfindlicherer Wert eingestellt werden. Wichtig ist aber hierbei darauf zu achten, dass keine Funktionen welche ebenfalls auf die *Einschalterkennung* zurückgreifen negativ beeinflusst werden!

Der Schwellwertes (\_:18211:3) kann auf den Seitennennstrom eingestellt werden.

$$IDIFF_{220} = 1,0 \times \frac{220MVA}{\sqrt{3} \times 217,8kV} \times \frac{1A}{600A} = 0,97A \text{ sek} \quad (23)$$

$$IDIFF_{110} = 1,0 \times \frac{220MVA}{\sqrt{3} \times 110kV} \times \frac{1A}{1200A} = 0,96A \text{ sek} \quad (24)$$

$$IDIFF_{33} = 1,0 \times \frac{220MVA}{\sqrt{3} \times 33kV} \times \frac{1A}{800A} = 4,81A \text{ sek} \quad (25)$$

| I-DIFF schn. 2   |                            |       |   |
|------------------|----------------------------|-------|---|
| 21.821.18211.1   | Modus:                     | ein   |   |
| 21.821.18211.2   | Blk. Ausl. & Fehleraufz.:  | nein  |   |
| 21.821.18211.3   | Schwellwert:               | 0,970 | A |
| 21.821.18211.101 | Schwellwert bei Zuschalt.: | 5,660 | A |

Buttons: Neue Stufe hinzufügen, Stufe löschen

Abbildung 17 - Primärwicklung: Parameter à Leitung à Leitungsdifferentialschutz à I-DIFFschn.2

| I-DIFF schn. 2   |                            |       |   |
|------------------|----------------------------|-------|---|
| 21.821.18211.1   | Modus:                     | ein   |   |
| 21.821.18211.2   | Blk. Ausl. & Fehleraufz.:  | nein  |   |
| 21.821.18211.3   | Schwellwert:               | 0,960 | A |
| 21.821.18211.101 | Schwellwert bei Zuschalt.: | 5,830 | A |

Buttons: Neue Stufe hinzufügen, Stufe löschen

Abbildung 18 - Sekundärwicklung: Parameter à Leitung à Leitungsdifferentialschutz à I-DIFFschn.2

**I-DIFF schn. 2**

|                  |                            |       |   |
|------------------|----------------------------|-------|---|
| 21.821.18211.1   | Modus:                     | ein   |   |
| 21.821.18211.2   | Blk. Ausl. & Fehleraufz.:  | nein  |   |
| 21.821.18211.3   | Schwellwert:               | 4,810 | A |
| 21.821.18211.101 | Schwellwert bei Zuschalt.: | 5,830 | A |
| 21.821.18211.106 | Anregeverzöger. 1-pol.:    | 0,04  | s |

Abbildung 19 - Tertiärwicklung: Parameter à Leitung à Leitungsdifferentialschutz à I-DIFFschn.2

### 1.3.4 Weitere Schutzfunktionen

Weitere Schutzfunktionen wie Frequenzschutz, Spannungsschutz, etc. können für die einzelnen Spannungsebenen eingestellt werden. Auf diese wird hier nicht näher eingegangen.

## 1.4 Zusammenfassung

Der Leitungsdifferentialschutz ist ein selektiver Kurzschlusschutz für ein- und mehrseitig gespeiste Freileitungen, Kabel und Sammelschienen in radialen, ringförmigen oder beliebig vermaschten Netzen. Durch die Instanziierung des optionalen *Funktionsblock Transformer* wird der Schutz eines Transformators im Schutzbereich ermöglicht. Dieser gewährleistet mittels wenigen zusätzlichen Transformatorparametern wie Nennscheinleistung, Primärspannung, Schaltgruppen und gegebenenfalls vorhandenen Sternpunktterdungen die richtige Auswertung von Amplituden und Phasenlage der gemessenen Ströme an den jeweiligen Leitungsenden. Eine für diese Anwendung entsprechende Applikationsvorlage „DIFF Freileitung mit Transformator“ kann in DIGSI 5 ausgewählt und entsprechend den Anforderungen einfach angepasst werden.

## 1.5 Abkürzungen

|                  |  |
|------------------|--|
| $\delta_{max}$   | Maximale Abweichung vom mittleren Strom                                    |
| LWL              | Lichtwellenleiter  |
| $I$              | Strom  |
| $I_{nT}$         | Transformator-Bemessungsstrom  |
| $I_{no}$         | Seiten- bzw. Objektnennstrom   |
| $I_{min}$        | Minimaler Bemessungsstrom verursacht durch den Transformatorstufenschalter |
| $I_{max}$        | Maximaler Bemessungsstrom verursacht durch den Transformatorstufenschalter |
| $I_{mitt}$       | Strommittelwert, zwischen minimalem und maximalem Bemessungsstrom          |
| $I_{Inrush,max}$ | Max. Magnetisierungsstrom beim Zuschalten eines Transformators             |
| $U_{kr}$         | Relative Kurzschlussspannung bei Nennstrom                                 |
| $U_{nT}$         | Bemessungsspannung des Transformators                                      |

## 1.6 Dokumente

Internet: <http://w3.siemens.com/smartgrid/global/en/products-systems-solutions/Protection/Pages/overview.aspx>

Schutzgeräte à SIPROTEC 5

Kommunikation und Zeitsynchronisation: à Accessories

Herausgeber

Siemens AG 2017  
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.