

# SIEMENS

*Ingenuity for life*



## Spannungsregelung im Parallelbetrieb von Transformatoren

# SIPROTEC 5 Applikation

Spannungsregelung im Parallelbetrieb von Transformatoren mit SIPROTEC 7UT8x und der Master-Follower Methode

---

## SIPROTEC 5 Applikation

# Spannungsregelung im Parallelbetrieb von Transformatoren mit SIPROTEC 7UT8x und der Master-Follower Methode

APN-034, Edition 1

## Inhalt

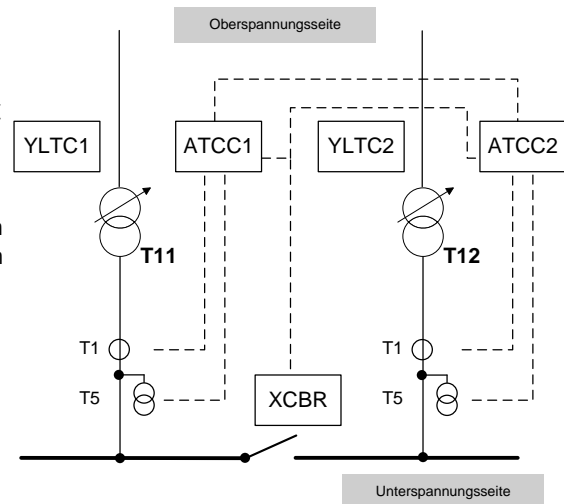
1	Spannungsregelung im Parallelbetrieb von Transformatoren mit SIPROTEC 7UT8x und der Master-Follower Methode.....	3
1.1	Einführung .....	3
1.2	Master-Follower Verfahren .....	3
1.3	Betriebsarten .....	3
1.4	Follower Gerät.....	5
1.5	Überwachung des Follower im Master Gerät .....	9
1.6	IEC 61850 GOOSE Kommunikation.....	11
1.7	Zusammenfassung .....	11

# 1 Spannungsregelung im Parallelbetrieb von Transformatoren mit SIPROTEC 7UT8x und der Master-Follower Methode

## 1.1 Einführung

Die Spannungsregelungsfunktionalität in SIPROTEC 5 ist zugeschnitten für die Regelung eines Zwei-, Dreiwicklungstransformator oder Netzkoppeltransformatoren. Mit der vorliegenden Applikation, kann diese Spannungsregelung für zwei oder mehrere parallele Transformatoren unter Anwendung von IEC 61850 GOOSE Kommunikation und CFC in dem Master-Follower Betrieb erweitert werden.

Anmerkung: Alternativ zur IEC 61850 GOOSE Kommunikation kann in einem Geräten mit mehreren 3-phasigen Spannungsanschlüssen und zusätzlicher Instanziierung der Funktionsgruppe Spannungsregler die Verknüpfung der Signale mit CFC zwischen den Funktionsgruppen direkt vorgenommen werden.



**Abbildung 1:** Übersicht der Anlagenkonfiguration und der IEC61850 Knoten für die Parallelregelung

## 1.2 Master-Follower Verfahren

Beim Master-Follower-Verfahren wird ein Spannungsregler zum Master bestimmt. Dieser Regler übernimmt bei diesem Verfahren die Führung, während die anderen Regler auf die gleiche Stufenstellungen des Masters regeln. Der Master regelt die Sammelschienenspannung automatisch nach den gleichen Prinzipien der verfügbaren Spannungsregelungsfunktionalität für einen Zweiwicklungstransformator.

Beim Master-Follower-Verfahren wird die Stufe des Masters mit der eigenen verglichen und der Follower befolgt selbstständig dessen Stellbefehle. Dieses Verfahren hat gegenüber den Master-Slave Betrieb den Vorteil, dass das Verlieren eines Höher-/Tieferkommandos (z.B. Kommunikationsverlust, Hilfsspannungsausfall des Follower) keine Unsynchronität der Stufenstellungen der Transformatoren zur Folge hat.

Das beschriebene Verfahren eignet sich besonders für baugleiche Transformatoren. Falls Transformatoren mit unterschiedlicher Leistung mit dem Master-Follower Verfahren geregelt werden, müssen gleiche Stufenstellungen zu gleichen Übersetzungsverhältnissen (= gleiche Leerlaufspannungen) führen und die relativen Kurzschlussspannungen der Transformatoren dürfen deshalb nicht allzu stark (max.10%) voneinander abweichen.

## 1.3 Betriebsarten

Folgende Betriebsarten sind aufgrund des Abbildes der beteiligten Schaltgeräte und Transformatoren sowie Anforderungen des Netzbetriebs möglich.

### 1.3.1 Betriebsart Automatik

- Leistungsschalter des Sammelschienenabschnittes offen  
Die Transformatoren arbeiten unabhängig. Die beiden Geräte T11 und T12 arbeiten unabhängig im automatischen Betrieb.

# SIPROTEC 5 Applikation

## Spannungsregelung im Parallelbetrieb von Transformatoren mit SIPROTEC 7UT8x und der Master-Follower Methode

---

- Leistungsschalter geschlossen  
Die Transformatoren arbeiten parallel: T11=Master, T12=Follower  
Das Follower Gerät T12 setzt mit der CFC Follower Logik solange Höher/Tiefer Befehle ab, bis die Positionen beider Stufensteller gleich sind. Der Master führt eine Kontrolle der maximalen Stufenschalterdifferenz (>2) durch.  
Eine manuelle Steuerung im Follower Gerät von „Vor-Ort“ oder „Fern“ wird blockiert.  
Außerdem wird das Umschalten in den Automatischen Betrieb beim Follower von „Vor-Ort“ oder „Fern“ verhindert.
- Kommunikationsstörung zwischen den Geräten bzw. Ausfall eines Gerätes  
Der Parallelbetrieb kann aufgrund einer Kommunikationsstörung in beiden Geräten nicht erkannt werden. Es wird auf manuelle Steuerung im Follower und im Master Gerät umgeschaltet.  
Die Verriegelung zum manuellen Schalten des Stufenschalters von „Vor-Ort“ oder „Fern“ wird aufgehoben.  
Der Follower Modus im Gerät T12 wird aufgehoben bzw. von der Follower Logik werden Höher Tiefer Befehle unterdrückt. Das heißt in diesem Zustand muss der Bediener manuell darauf achten, dass zwischen den Stufenstellern keine Stufenschalterdifferenz besteht.

### 1.3.2 Betriebsart Handbetrieb

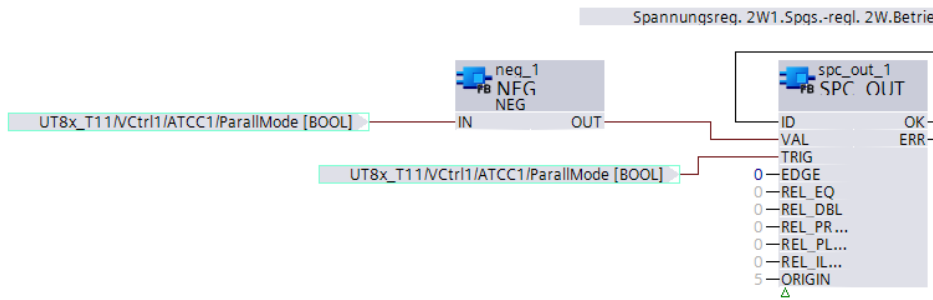
Das Control Objekt *TapChg* („Befehl mir Rückmeldung“) im LN ATCC der Geräte T11 und T12 wird über das Bedienfeld bzw. Funktionstasten (Lokal) oder über Leittechnik (Fern) verstellt.

- Leistungsschalter des Sammelschienenabschnittes ist offen  
Die manuelle Nachführung des Stufenschalters ist bei T11 und T12 separat möglich.
- Leistungsschalter geschlossen  
Dadurch ist nur im Mastergerät T11 ein manuelles Schalten der Stufenschalter möglich.  
Das Follower Gerät T12 setzt mit der CFC Follower Logik solange Höher Tiefer Befehle ab, bis die Positionen beider Geräte gleich sind, auch über mehrere Stufen.  
Die Stufenschalterdifferenz wird nicht im Master überprüft. Der Bediener muss überprüfen, ob nach der Stufenstellzeit des Followers ein Stufenschalterdifferenz besteht.  
Die manuelle Steuerung im Follower Gerät ist verriegelt.
- Kommunikationsstörung zwischen den Geräten bzw. Ausfall des Master Gerätes  
Die manuelle Steuerung im Follower Gerät und im Master Gerät muss im Fehlerfall möglich sein. Ein Umschalten in den Automatikbetrieb wird blockiert, siehe 1.3.1 Betriebsart Automatik.

### 1.4 Follower Gerät

#### 1.4.1 Umschaltung in den Parallelbetrieb

In der vorliegenden CFC Erweiterung des vorhandenen Spannungsreglers wird ein benutzerdefiniertes Signal vom Typ SPS „ParallelMode“ im Master Gerät angelegt und über eine CFC Logik aus der Leistungsschalterposition (Binäreingabe) gebildet. Dieses Signal wird mit IEC61850 GOOSE zum Follower Gerät übertragen:



**Abbildung 2:** Follower CFC Plan für die Umschaltung in den Follower Mode

Im Follower Gerät UT8x\_12 werden die Zustände aus Kapitel 1 wie folgt gebildet:

	1 Automatische Steuerung			2 Handbetrieb (von Fern/ vor Ort)		
	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3
	Trans- formatoren arbeiten unabhängig	Parallel- betrieb	GOOSE Störung	Trans- formatoren arbeiten unabhängig	Parallel- betrieb	GOOSE Störung
		Follower Mode - manuell	Auto blockieren		Follower Mode -Manuell	Auto blockieren
<b>Eingänge CFC</b>						
UT8x_T11/CTRL/ATCC1/ParallelMode Benutzerdef. Signal SPS	Aus	Ein	-	Aus	Ein	-
UT8x_T11/CTRL/ATCC1/ParallelMode Quality Benutzerdef. Signal SPS	GÜLTIG	GÜLTIG	GÜLTIG	GÜLTIG	GÜLTIG	UNGÜLTIG
<b>Eingangsmeldungen Stufenschalter (YLTC) Ausgang CFC</b>						
UT8x_T11/CTRL/STON_YLTC1/Enable 13981.501 "<Freigabe" SPS	Ein	Aus	Ein	Ein	Aus	Ein
<b>Eingangsmeldungen Spgs.-regl. 2W (ATCC) Ausgang CFC</b>						
UT8x_T11/CTRL/ATCC1/Auto 14011.311 "Betriebsart" SPC	Auto	Manuell	Auto	Manuell	Manuell	Manuell
14011.81 "<Blockierung" SPS	Aus	Aus	Ein	-	-	Ein

# SIPROTEC 5 Applikation

## Spannungsregelung im Parallelbetrieb von Transformatoren mit SIPROTEC 7UT8x und der Master-Follower Methode

Ausgangsmeldungen Spgs.-regl. 2W (ATCC)						
UT8x_T12/VCtrl1/ATCC1/AutoBlk	Aus	Aus	Ein	Aus	Aus	Ein
14011.317 „Automatic blockiert“ SPS						

Befinden sich die Transformatoren im Parallelbetrieb, wird die Betriebsart des Spannungsreglers im Follower Gerät T12 über eine CFC Plan „Master/Follower Betrieb“ mit dem IEC 61850 Control Objekt „Betriebsart“ umgestellt.

### 1.4.2 Verriegelung manueller Betrieb „Vor-Ort“ / „Fern“ im Follower Betrieb

Im Follower Betrieb muss die manuelle Steuerung („Vor-Ort“), sowie von der Leittechnik („Fern“) blockiert werden. Die Funktionalität der Blockierung wird über die Möglichkeit der Prüfung der Verriegelungsbedingungen am Stufenschalter ermöglicht. Falls eine Kommunikationsstörung vorliegt, sollte auch im Follower Modus (Manuelle Steuerung) eine Nachführung des Stufenschalters von Vor-Ort bzw. Fern möglich sein. Die Verriegelung muss dann im Follower Betrieb aufgehoben werden.

Falls die Eingangsmeldung am Stufenschalter .13981.501 „>Freigabe“ rangiert ist, muss dort eine „1“ anliegen, damit der Stufenschalter betätigt werden kann. Dies kann nur der CFC Plan umgehen, indem man den Eingang des BSC\_EXE „REL\_ILOC“ in der Follower CFC Logik (siehe Abbildung 5) auf 1 setzt (Verriegelung freigeben).

Die Meldung „>Freigabe“ wird gesetzt, wenn kein Parallelmodus aktiviert ist bzw. wenn dieser bei Kommunikationsstörung nicht bestimmt werden kann. Mit der „>Freigabe“ kann der Stufenschalter manuell geschaltet werden.

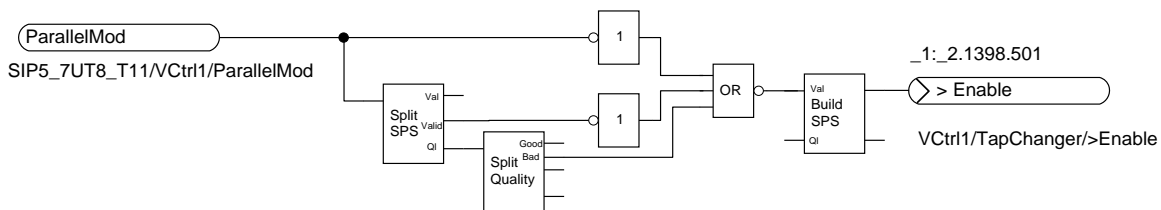


Abbildung 3: Prinzip der CFC Logik: Verriegelung manueller Betrieb „Vor-Ort“/„Fern“ Gerät SIP5\_7UT8\_T12

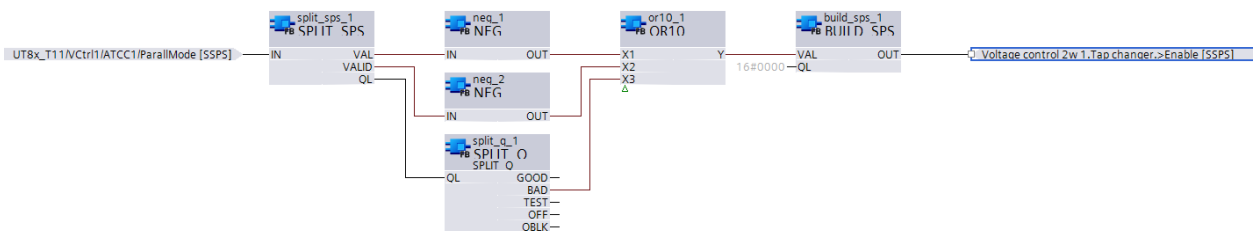


Abbildung 4: CFC Logik: Verriegelung manueller Betrieb „Vor-Ort“/„Fern“ Gerät SIP5\_7UT8\_T12

### 1.4.3 Blockierungen im Follower Gerät

1. Falls eine Kommunikationsstörung vorliegt, kann der Parallel Modus im Follower Gerät nicht bestimmt werden. Aus Sicherheitsgründen muss dann, auch wenn die Transformatoren unabhängig arbeiten, der automatische Betrieb im Follower blockiert werden.

2. Das Controllable „Auto“ für das Umschalten der Betriebsart des Spannungsreglers, sollte im Follower Modus bei einem Parallelbetrieb nicht von „Vor-Ort“ oder „Fern“ auf „Automatic Mode“ umgeschaltet werden können. Durch den folgenden CFC Plan wird der „Automatic Mode“ im Follower Gerät beim Parallelbetrieb blockiert.



Abbildung 5: CFC Logik: Blockierung „Automatic Mode“ Gerät SIP5\_7UT8\_T12

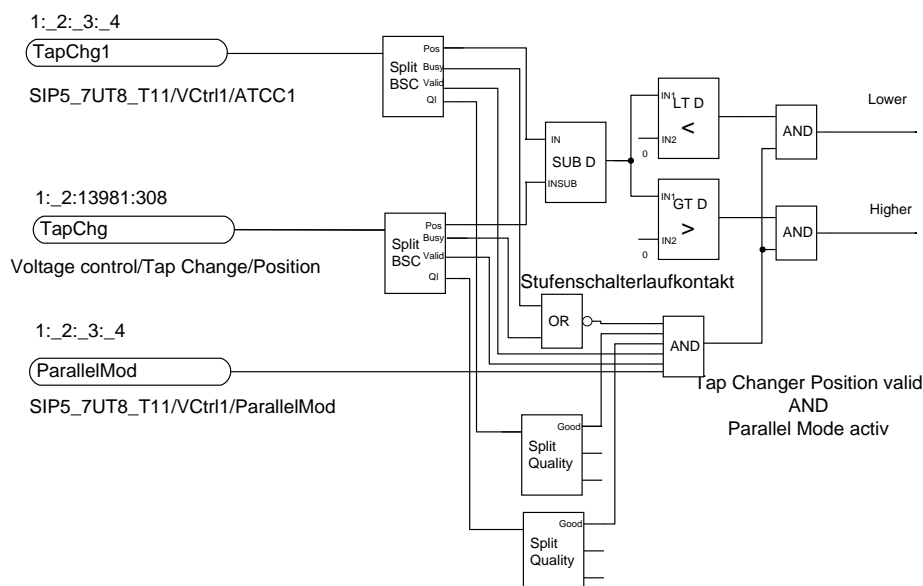
3. Der Follower Modus ist blockiert, wenn

- die Stufenschalterposition im Master oder im Follower Gerät ungültig ist,
- die Kommunikationsverbindung unterbrochen ist,
- der Motorlaufkontakt aktiv ist.

Um diese Zustände rechtzeitig zu melden wird eine benutzerdefinierte Meldung „Follower blockiert“ angelegt.

#### Follower Logik

In der weiteren Konfiguration wird die Stufenschalterinformation des Gerätes SIP5\_7UT8\_T11 (Master) angeschlossen und über IEC 61850 GOOSE an das Gerät SIP5\_7UT8\_T12 (Follower) übertragen. Das Gerät SIP5\_7UT8\_T12 empfängt die Stufenschalterinformation und vergleicht mit Hilfe eines CFC Plans die empfangene Stufenschalterposition mit der eigenen Stufenstellung. Bei einer Abweichung werden entsprechende Höher-/Tieferbefehle an den Stufenschalter des Transformators T12 ausgegeben. Die folgende CFC Logik des Follower Gerätes vergleicht die Positionen der Stufenschalter.



# SIPROTEC 5 Applikation

## Spannungsregelung im Parallelbetrieb von Transformatoren mit SIPROTEC 7UT8x und der Master-Follower Methode

Abbildung 3: Prinzip der CFC Logik im Follower Gerät SIP5\_7UT8\_T12

Um einen Wert vom Typ Integer zu erhalten, gibt es den CFC Baustein „Split BSC“. Zusätzlich sind die Signale „Busy“ (Laufkontakt) und die Qualität auszuwerten. Für die Auswertung der Qualität ist zusätzlich der Baustein „Split Quality“ notwendig. Nur bei gültiger Stufenschalterposition bzw. wenn die Stufung abgeschlossen ist („Busy“ = false) und die Ausführung des Kommandos nicht active (Active = false) ansteht, wird ein Tiefer-/ Höherbefehl ausgegeben.

Wenn die Transformatoren im Parallelbetrieb sind („ParMod“ = Ein) ist die Logik aktiv. Um die Ausführung des Stufenschalters zu aktivieren, ist trotz gesperrter Verriegelungsbedingung („>Freigabe“ = Aus) der Eingang „Rel\_ILoc“ von BSC\_EXE auf 1 zu setzen.

Der Eingang „Select“ vom Baustein BSC\_DEF ist entsprechend des Parameters „Steuerungsmodell“ = SBO mit Rückmeldeüberwachung auf den Wert 2 zu setzen.

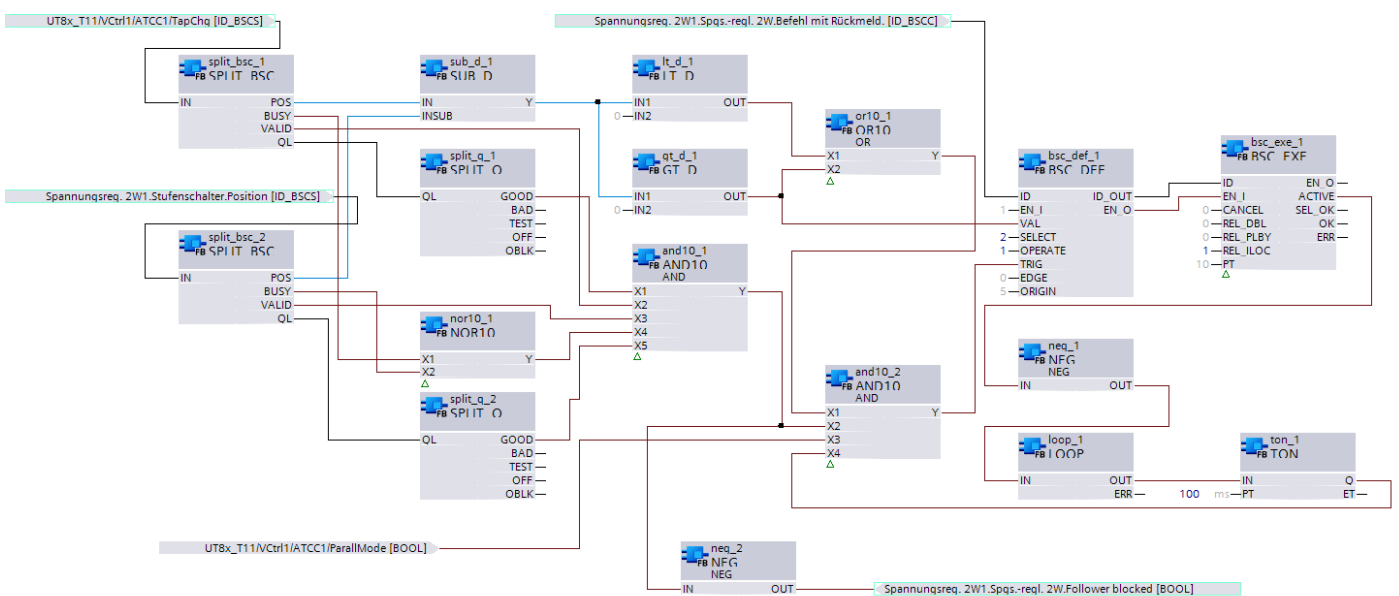
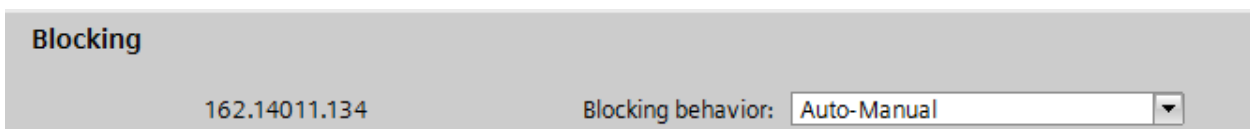


Abbildung 4: CFC Follower Logik SIP5\_7UT8\_T12

### 1.4.4 Blockierung des Stufenstellers im Störfall im Follower Modus

Damit die Überwachungsfunktionen ( $I >$ ,  $V <$ ,  $I <$ ) bzw. Transformator-differentialschutzanregung bei Verwendung mit Transformator-differentialschutz auch im Follower Modus aktiviert wird, muss der Parameter „Blockierung“ 162.14011.134 im Spannungsregler auf „Auto-Handbetrieb“ eingestellt werden.





### 1.5 Überwachung des Follower im Master Gerät

Die CFC Logik im Master dient zur Überwachung der gültigen Stufenposition des Follower Gerätes und zur Blockierung der automatischen Spannungsregelung.

Falls der Follower Spannungsregler in Störung ist und der Master weiter automatisch regeln würde, könnte die Stufenschalterdifferenz zu groß werden und es entstehen ungewünschte Kreisblindströme. Zur Sicherheit wird die maximale Stufenschalterdifferenz auf 2 festgelegt. Dieser Plan darf nur im Parallelbetrieb aktiv sein und das Signal „ParallelMod“ gibt diese Blockierung frei.

Da die Bildung der benutzerdefinierten Meldung „ParallMod“ im Mastergerät auch von GOOSE Meldungen abhängig ist (z.B. Trennerstellungen von anderen Geräten), ist der „Automatic Mode“ auch bei Störung der Kommunikation zu blockieren.

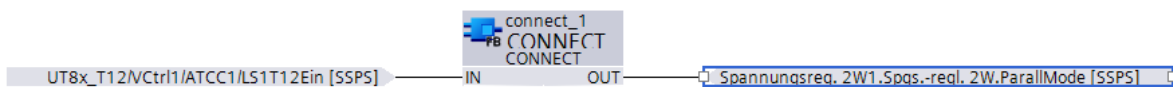


Abbildung 5: Master CFC Plan Logik Beispiel Bildung ParallelMod

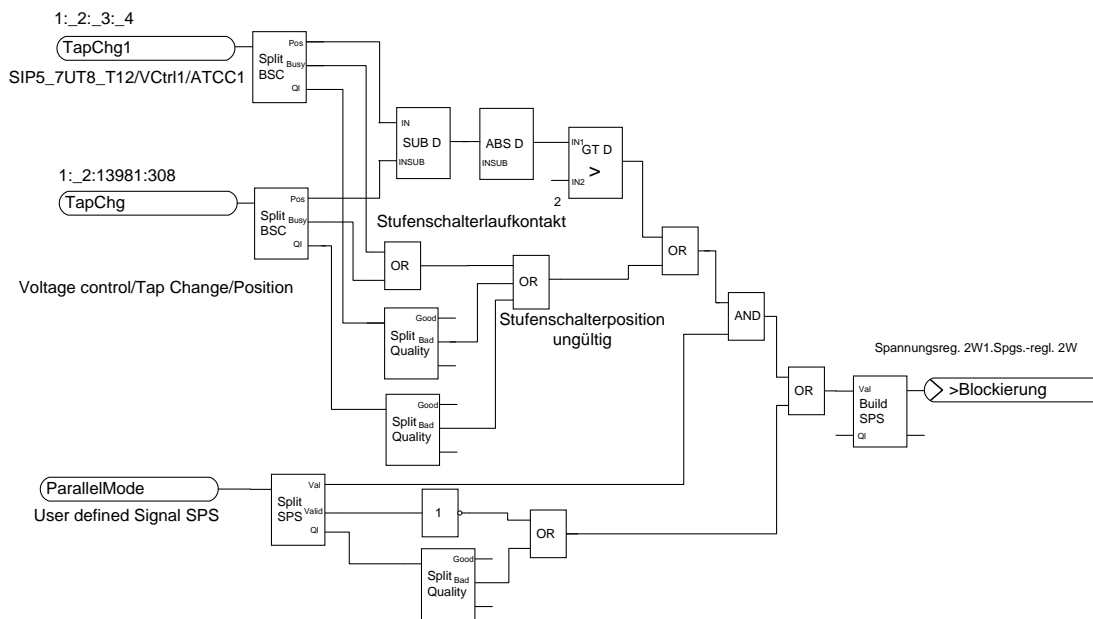


Abbildung 6: Prinzip der CFC Logik im Master Gerät SIP5\_7UT8\_T11

# SIPROTEC 5 Applikation

## Spannungsregelung im Parallelbetrieb von Transformatoren mit SIPROTEC 7UT8x und der Master-Follower Methode

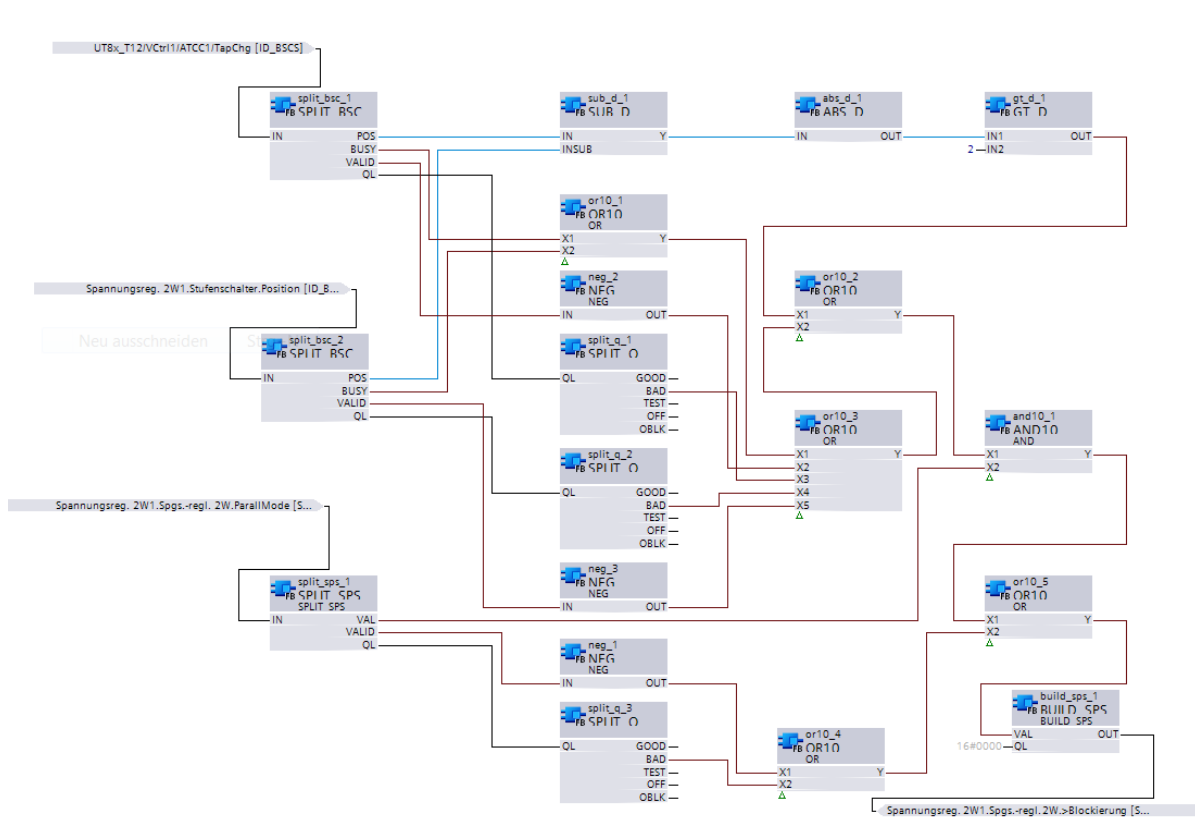
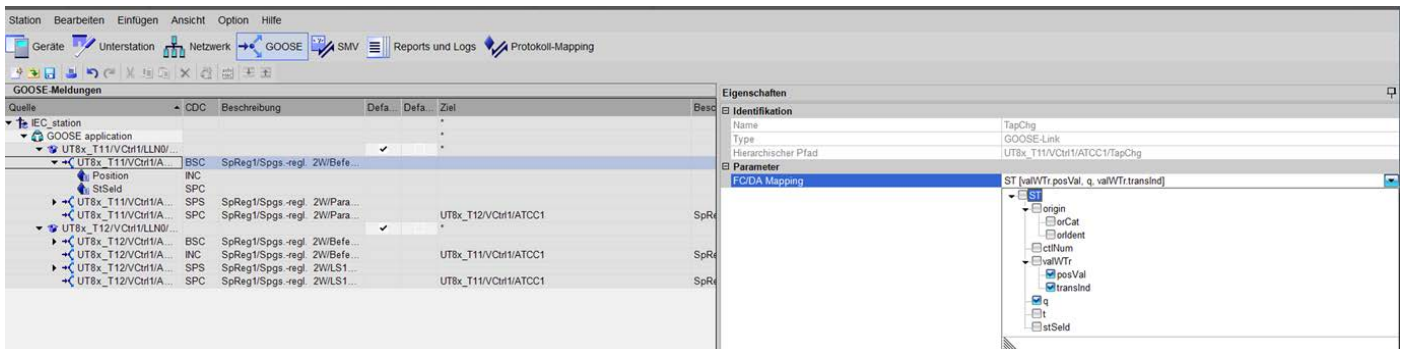


Abbildung 7: CFC Logik im Master Gerät SIP5\_7UT8\_T12

Das IEC 61850 Objekt „ParOp“ im ATCC wird durch den Masterbetrieb bei dem oberen CFC Beispiel nicht gesetzt. Stattdessen ist die benutzerdefinierte Meldung „ParallMod“ zu verwenden, bzw. zur Leittechnik zu übertragen.

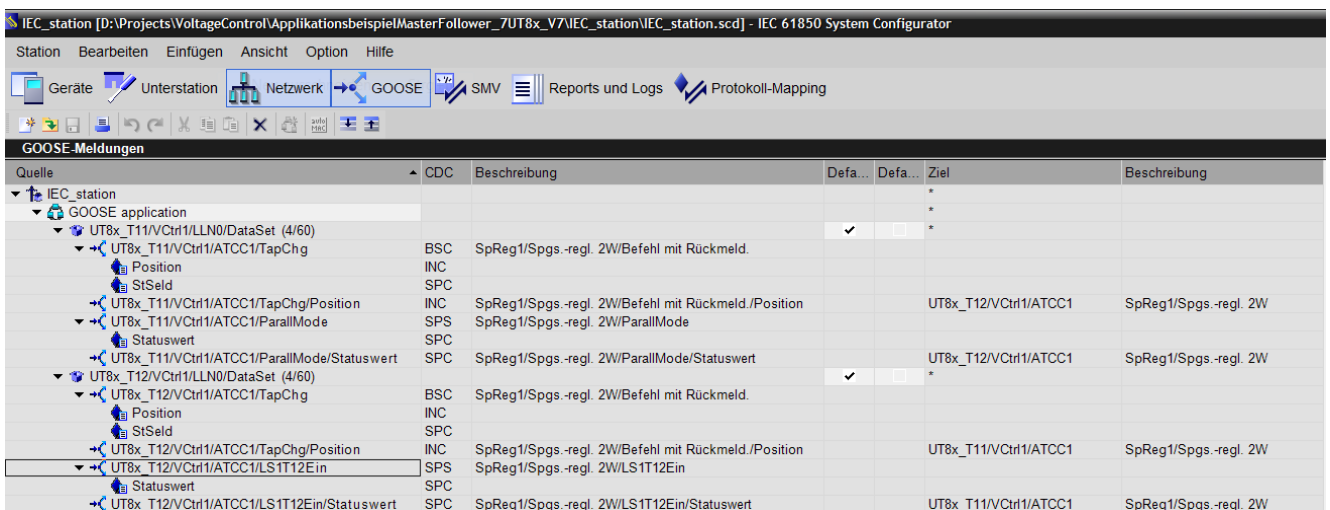
### 1.6 IEC 61850 GOOSE Kommunikation

Die GOOSE Meldungen zwischen den beiden Geräten wird im IEC 61850 Systemkonfigurator vorgenommen:



Zunächst sind für die BSC Controlobjekte „TapChg“ in den Quellobjekten das FC/DA Mapping anzupassen und die valWTr.transInd hinzuzufügen.

Eigenschaften -> Parameter -> Drop Down Box öffnen.



Im Beispiel werden als Ziel Logical Node (LN) jeweils die ATCC des Zielgerätes verwendet. Alternativ kann ein benutzerdefinierter Funktionsbaustein (FB) angelegt werden. Der benutzerdefinierte FB repräsentiert ein IEC 61850 LN (LN = Logical Node).

Im Logical Node ATCC des Follower Gerätes SIP5\_7UT8\_T12 wird die Stufenschalterposition des CDC Typs BSC unter dem Pfad, SIP5\_7UT8\_T12/VCtrl1/ATCC1/TapChg1' erzeugt. Die Stufenschalterposition des Follower Gerätes SIP5\_7UT8\_T12 wird an den Master übertragen. Diese Stufenschalterposition bzw. deren Qualitätsattribute dienen zur Erkennung von Fehlern und der automatische Betrieb im Master wird blockiert. (siehe CFC Logik im Master Gerät)

### 1.7 Zusammenfassung

Die Spannungsreglerfunktion ANSI 90 V in SIPROTEC 5 ist zugeschnitten für Zweiwicklungs-, Dreiwicklungs- und Netzkupplungstransformer. Durch die Anwendung der IEC 61850 GOOSE für den sicheren Querkommunikation der Geräte und den Einsatz der arithmetischen, getesteten CFC Bausteine (+ 40 Funktionspunkte) lässt sich die Anwendung flexibel für zwei oder mehrere parallele Transformatoren im Master-Follower Betrieb erweitern.

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.