

Entkuppelungseinrichtung mit flexibler Schutzfunktion

■ 1. Einleitung

Mit den flexiblen Schutzfunktionen lässt sich ein einstufiger oder mehrstufiger Leistungsrichtungsschutz realisieren. Jede Leistungsrichtungsstufe kann einphasig oder dreiphasig betrieben werden. Die Stufen können wahlweise Wirkleistung vorwärts, Wirkleistung rückwärts, Blindleistung vorwärts oder Blindleistung rückwärts als Messgröße heranziehen. Die Anregung der Schutzstufen kann bei Schwellwertüberschreitung oder -unterschreitung erfolgen. Mögliche Anwendungen für einen Leistungsrichtungsschutz werden in Tabelle 1 aufgeführt.

Nachfolgend wird ein praktisches Applikationsbeispiel für den Rückleistungsschutz mit Hilfe der flexiblen Schutzfunktion angegeben.

■ 2. Anlagenbeispiel

2.1 Funktionen für die Entkuppelungseinrichtung

Bild 2 zeigt das Beispiel einer industriellen Schaltanlage mit Eigenversorgung durch den dargestellten Generator. Alle dargestellten Leitungen und die Sammelschiene sind dreiphasig ausgeführt (mit Ausnahme der Erdverbindungen und der Verbindung zur Spannungsmessung am Generator). Die beiden Abzweige 1 und 2 versorgen die kundenseitigen Verbraucher. Im Normalfall erhält der Industriekunde seinen Strom vom Energieversorger. Der Generator läuft nur synchron mit, ohne Leistung einzuspeisen. Kann das EVU die benötigte Versorgungsqualität nicht mehr gewährleisten, soll die Schaltanlage vom EVU-Netz getrennt werden und der Generator die Eigenversorgung übernehmen. Im vorliegenden Beispiel soll die Schaltanlage vom EVU-Netz entkuppelt werden, wenn die Frequenz den Nennbereich verlässt (z.B. 1 - 2 % der Nennfrequenz), die Spannung einen vorgegebenen Wert unter- oder überschreitet oder der Generator Wirkleistung in das EVU-Netz zurückspeist. Je nach Anwenderphilosophie werden einige dieser Kriterien noch verknüpft. Dies würde über CFC realisiert werden.

Hier wird die Realisierung eines Rückleistungsschutzes mit den flexiblen Schutzfunktionen erläutert. Für den Frequenz- und Spannungsschutz werden im Abschnitt „Einstellhinweise“ Empfehlungen gegeben.



Bild 1

	Richtung	Bewertungsart	
		Überschreitung	Unterschreitung
P	Vorwärts	Überwachung der Vorwärtsleistungsgrenzen von Betriebsmitteln (Transformatoren, Leitungen)	Erfassung von leerlaufenden Motoren
P	Rückwärts	<ul style="list-style-type: none"> – Schutz eines lokalen Industrienetzes vor Rückspeisung in das Energieversorgungsnetz – Erfassung der Rückspeisung von Motoren 	

Tabelle 1 Anwendungsübersicht, Leistungsrichtungsschutz

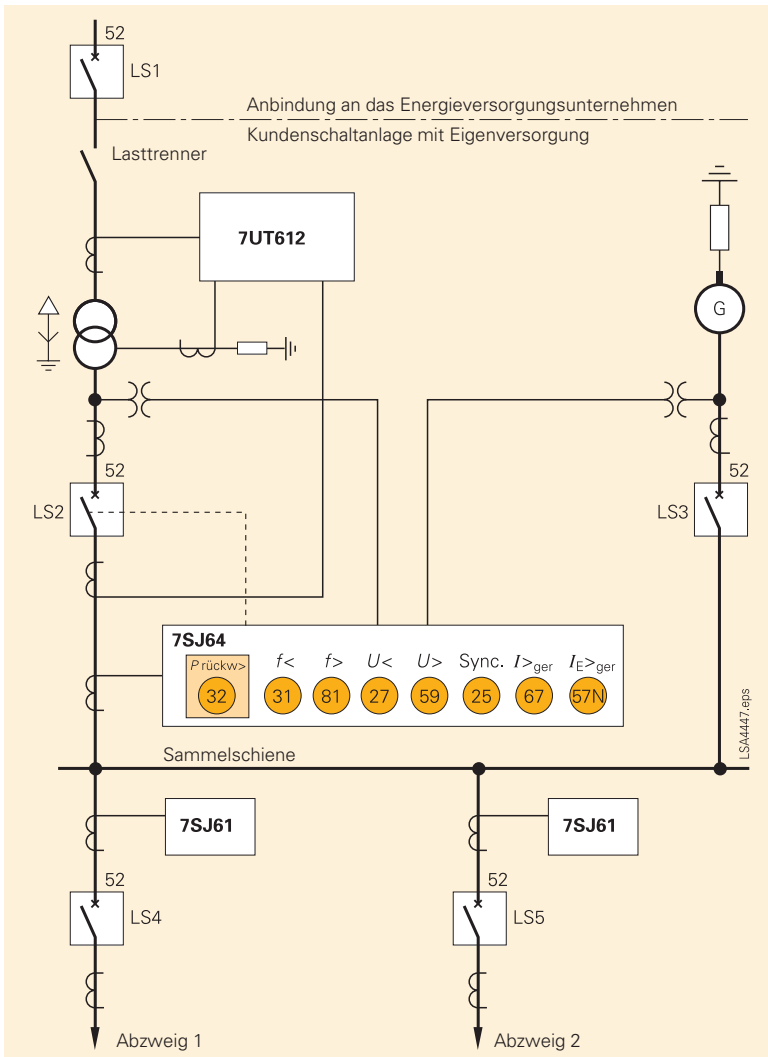


Bild 2 Beispiel einer Schaltanlage mit Generator-Eigenversorgung

2.2 Anlagendaten

Die Schaltanlage ist oberspannungsseitig über eine 110-kV-Leitung mit dem EVU-Netz verbunden. Der Leistungsschalter LS1 ist Teil des EVU-Netzes. Mit dem Lasttrenner erfolgt ggf. die Entkopplung der Schaltanlage vom EVU-Netz. Der Transformator mit einem Übersetzungsverhältnis von 10:1 überträgt die Spannungsebene auf 11 kV. Unterspannungsseitig sind der Transformator, der Generator und die beiden Abzweige über eine Sammelschiene verbunden. Die Leistungsschalter LS2 bis LS5 trennen Verbraucher und Betriebsmittel von der Sammelschiene.

Anlagendaten

Nennleistung des Generators	$S_{N, Gen} = 38,1 \text{ MVA}$
Nennleistung des Transformators	$S_{N, Trafo} = 40 \text{ MVA}$
Nennspannung der Oberspannungsseite	$U_N = 110 \text{ kV}$
Nennspannung der Sammelschienseite	$U_N = 11 \text{ kV}$
Primärer Nennstrom der Stromwandler auf der Sammelschienseite	$I_{N, prim} = 2000 \text{ A}$
Sekundärer Nennstrom der Stromwandler auf der Sammelschienseite	$I_{N, sek} = 1 \text{ A}$
Primäre Nennspannung der Spannungswandler auf der Sammelschienseite	$U_{N, prim} = 11 \text{ kV}$
Sekundäre Nennspannung der Spannungswandler auf der Sammelschienseite	$U_{N, sek} = 100 \text{ kV}$

Tabelle 2 Anlagendaten für das Applikationsbeispiel

3. Schutzfunktionalität

Mit dem Schutzgerät SIPROTEC 7SJ64 wird die Schaltanlage bei Rückspeisung des Generators in das EVU-Netz von diesem entkoppelt (Schutzfunktion P rückw>). Diese Funktionalität wird mit einer flexiblen Schutzfunktion realisiert. Zusätzlich erfolgt die Entkopplung bei Frequenz- oder Spannungsschwankungen im EVU-Netz (Schutzfunktionen $f<$, $f>$, $U<$, $U>$, $I>_{ger}$, $I_{E>ger}$). Der Schutz erhält die Messwerte jeweils über einen dreiphasigen Strom- und Spannungswandlersatz und einer einphasigen Verbindung zum Generator-Spannungswandler (zur Synchronisierung). Bei einer Entkopplung wird der Leistungsschalter LS2 angesteuert.

Der Transformator wird über einen Differentialschutz und abhängige bzw. unabhängige Überstromzeitschutzfunktionen für die Leiterströme geschützt. Im Fehlerfall wird – über eine Remote-Verbindung – der EVU-seitige Leistungsschalter LS1 angesteuert. Zusätzlich wird der Leistungsschalter LS2 angesteuert.

Die Abzweige 1 und 2 werden mit Überstromzeitschutzfunktionen vor Kurzschlüssen und Überlastung durch die angeschlossenen Verbraucher geschützt. Sowohl die Leiterströme als auch die Nullströme der Abzweige können über abhängige und unabhängige Überstromzeitschutzstufen geschützt werden. Im Fehlerfall werden die Leistungsschalter LS4 bzw. LS5 angesteuert.

Die Sammelschiene könnte zusätzlich mit dem Mehrenden-Differentialschutz 7UT635 versehen werden. Die hierzu nötigen Stromwandler sind in Bild 2 bereits mit dargestellt.

3.1 Synchronisierung bei Zuschaltung des Generators

In den meisten Fällen ist der Stromkunde nach einer Abschaltung verantwortlich für die Rückkehr des Anlagensystems zum Normalbetrieb. Der Test auf synchrone Bedingungen erfolgt durch das SIPROTEC 7SJ64. Nach erfolgreicher Synchronisierung wird der Generator mit der Sammelschiene verbunden. Die für die Synchronisierung notwendigen Spannungen werden am Transformator und am Generator gemessen. Am Transformator erfolgt die Spannungsmessung dreiphasig, da diese auch für die Richtungsbestimmung benötigt wird. Vom Generator wird über einen Spannungswandler in Stern-Dreiecksschaltung die Leiter-Leiter-Spannung U31 dem Geräteeingang U4 zugeführt (siehe Bild 3).

3.2 Anschlussplan

Bild 3 zeigt den Anschluss des Gerätes für den Rückleistungsschutz und die Synchronisierung. Der Leistungsfluss in positiver bzw. Vorwärtsrichtung erfolgt von der überspannungsseitigen Sammelschiene (nicht dargestellt) über den Transformator auf die unterspannungsseitige Sammelschiene.

3.3 Realisierung des Rückleistungsschutzes mit flexiblen Schutzfunktionen

Der Rückleistungsschutz bewertet die Wirkleistung aus den symmetrischen Komponenten der Grundschwingungen der Spannungen und Ströme. Die Bewertung der Mitsysteme macht die Rückleistungsbestimmung unabhängig von Unsymmetrien in den Strömen und Spannungen und spiegelt die reale Beanspruchung der Antriebsseite wieder. Der berechnete Wirkleistungswert entspricht der Gesamtwirkleistung. Bei dem im Beispiel gezeigten Anschluss wird die Leistung in Richtung der Sammelschiene vom Gerät als positiv gemessen.

3.4 Funktionslogik

Das Logikdiagramm im Bild 4 stellt die Funktionslogik des Rückleistungsschutzes dar.

Der Rückleistungsschutz spricht an, wenn die parametrierbare Anregeschwelle überschritten wird. Bleibt die Anregung während der ebenfalls parametrierbaren Anregerverzögerung bestehen, wird die Anagemeldung „P. rückw. Anr“ abgesetzt. Damit wird die Auskommandoverzögerung gestartet. Tritt während der laufenden Auskommandoverzögerung kein Anregerückfall auf, werden die Auslösemeldung „P. rückw. AUS“ und die Zeitablaufmeldung „P. rückw. Abl.“ abgesetzt (letztere nicht dargestellt). Der Anregerückfall erfolgt, wenn die Rückfallschwelle unterschritten wird. Der Blockiereingang „>P. rückw. block“ blockiert die ganze Funktion, d.h. Anregung, Aus-

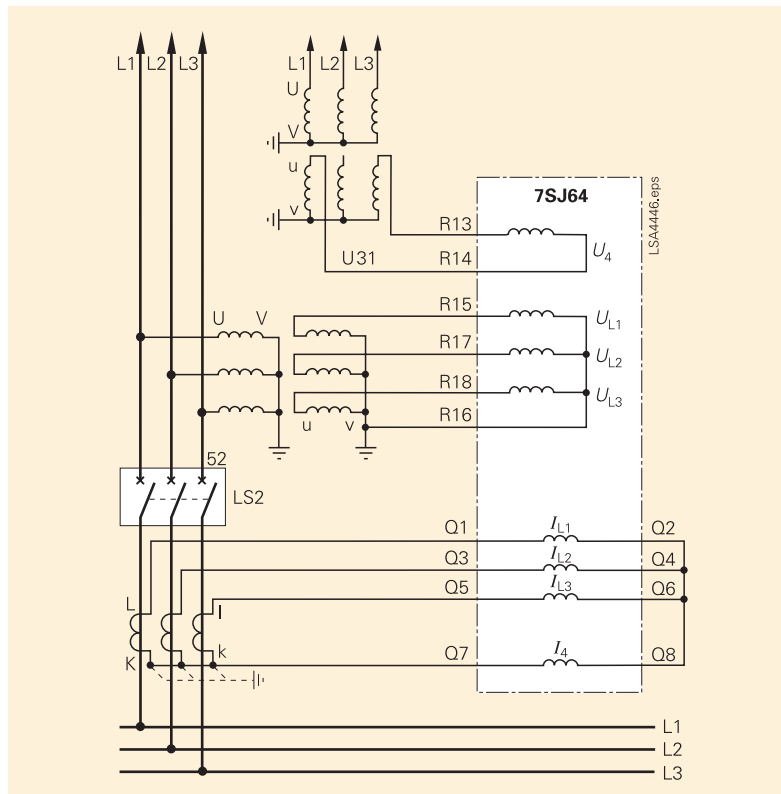


Bild 3 Anschlussplan für einen 7SJ642 als Rückleistungsschutz (Einbaugehäuse)

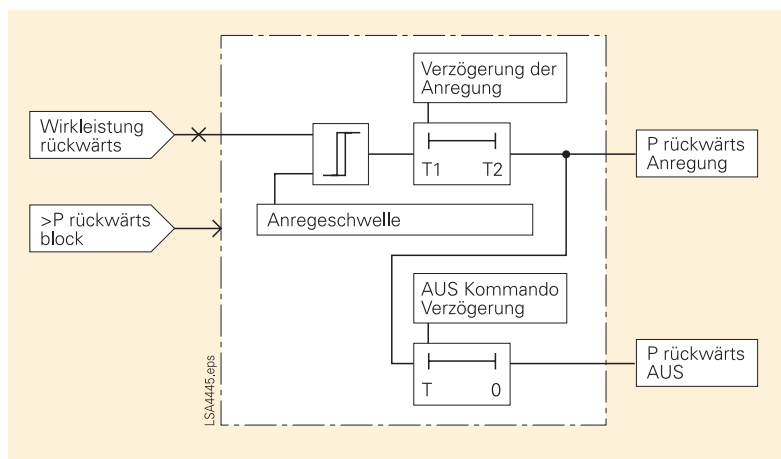


Bild 4 Logikdiagramm der Rückleistungsbestimmung mit flexibler Schutzfunktion

kommando und laufende Zeiten werden zurückgesetzt. Nach Rücknahme der Blockierung muss die Rückwärtsleistung die Anregeschwelle überschreiten und beide Zeiten müssen ablaufen, bevor der Schutz auslöst.

■ 4. Einstellhinweise

4.1 Rückleistungsschutz

Der Ansprechwert des Rückleistungsschutzes wird mit 10 % der Generator-Nennleistung gewählt. In diesem Beispiel wird der Einstellwert als sekundäre Leistung in Watt parametrisiert. Zwischen der primären und der sekundären Leistung gilt der Zusammenhang:

$$P_{\text{sek}} = P_{\text{prim}} \cdot \frac{U_{\text{N, sek}}}{U_{\text{N, prim}}} \cdot \frac{I_{\text{N, sek}}}{I_{\text{N, prim}}}$$

Mit den angegebenen Daten berechnen sich die Ansprechwerte unter Berücksichtigung von $P_{\text{prim}} = 3,81 \text{ MW}$ (10 % von 38,1 MW) auf der Primärebene zu

$$P_{\text{sek}} = 3,81 \text{ MW} \cdot \frac{100 \text{ V}}{11000 \text{ V}} \cdot \frac{1 \text{ A}}{2000 \text{ A}} = 17,3 \text{ W}$$

auf der Sekundärebene. Das Rückfallverhältnis wird mit 0,9 parametrisiert. Damit ergibt sich eine sekundäre Rückfallschwelle von $P_{\text{sek, Rückfall}} = 15,6 \text{ W}$. Wird die Anregeschwelle auf einen Wert nahe der unteren Einstellgrenze von 0,5 W verringert, sollte das Rückfallverhältnis ebenfalls auf ca. 0,7 reduziert werden.

Der Rückleistungsschutz benötigt als Schutz vor unerwünschter Rückspeisung keine kurzen Auslösezeiten. Im vorliegenden Beispielfall ist es sinnvoll, Anregung und Anregerückfall um etwa 0,5 s und die Auslösung um etwa 1 s zu verzögern. Die Verzögerung der Anregung minimiert die Anzahl der eröffneten Störfallprotokolle, wenn die Rückleistung um den Schwellwert schwankt. Für den Fall, dass der Rückleistungsschutz eingesetzt wird, um bei Fehlern im EVU-Netz die Schaltanlage schnell vom Netz trennen zu können, ist es sinnvoll, einen größeren Ansprechwert (z.B. 50 % der Nennleistung) und geringere Verzögerungszeiten zu verwenden.

4.2 Frequenzschutz $f<, f>$

Das Gerät 7SJ64 enthält 4 Frequenzstufen. Eine Stufe wird als $f>$ parametrisiert und auf 50,5 Hz eingestellt, sie arbeitet ohne Zeitverzögerung. Damit wird die Frequenzerhöhung erkannt, die aufgrund eines Kurzschlusses im EVU herührt. Die 3 weiteren Frequenzstufen sollten als $f<$ Stufen parametrisiert werden, um als Lastabwurfkriterien für den Inselbetrieb des Industrienetzes zu dienen.

Vorgeschlagene Einstellwerte:

$$\begin{aligned} f_1 < &= 49,5 \text{ Hz} & t_1 &= 0,2 \text{ s} \\ f_2 < &= 49 \text{ Hz} & t_2 &= 0,1 \text{ s} \\ f_3 < &= 48 \text{ Hz} & t_3 &= 0,2 \text{ s} \end{aligned}$$

Bei Erreichen der Stufe $f_3 <$ sollte der Generator in den Inselbetrieb gefahren werden, um den Eigenbedarf zu retten.

4.3 Unterspannungsschutz $U<$

Mit dem $U<$ Kriterium wird der Spannungseinbruch bei einem Kurzschluss im Netz erfasst. Das $U<$ Kriterium sollte stets mit der Fehlerstromrichtung verknüpft werden, um nur bei einem Fehler im EVU-Netz den Kuppelschalter zu öffnen. Der Spannungswert sollte auf $0,5 \times U_N$ eingestellt werden.

4.4 Parametrierung des Rückleistungsschutzes mit DIGSI

Im DIGSI-Manager wird zunächst ein Gerät 7SJ64x (z.B. 7SJ642) angelegt und geöffnet. Im Funktionsumfang wird für das vorliegende Beispiel eine flexible Schutzfunktion (Flexible Funktion 01) projiziert (Bild 5).

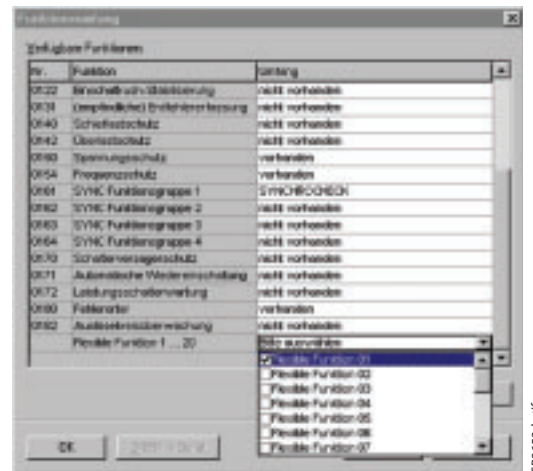


Bild 5 Projektierung einer flexiblen Schutzfunktion

Unter „Parameter“ wird nach Anwahl von „Weitere Funktionen“ die flexible Funktion sichtbar (Bild 6).

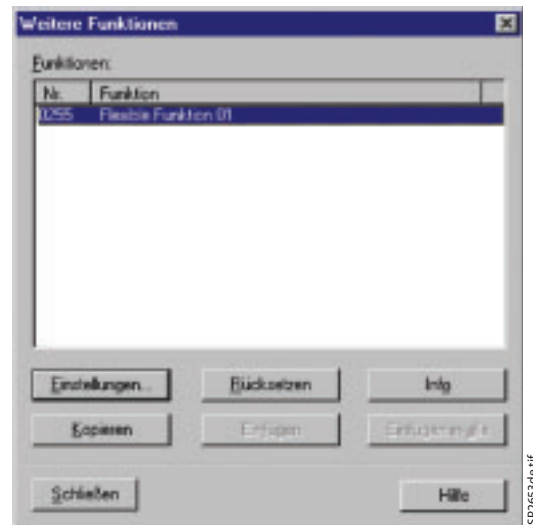


Bild 6 In der Funktionsauswahl wird die flexible Funktion sichtbar

Unter „Einstellungen --> Allgemein“ muss die Funktion zunächst eingeschaltet sowie die Arbeitsweise „3-phasig“ angewählt werden (Bild 7).

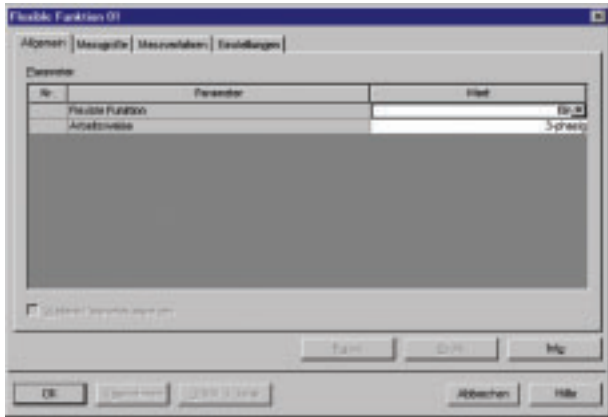


Bild 7 Anwahl der dreiphasigen Arbeitsweise

In den Menüpunkten „Messgröße“ und „Messverfahren“ müssen „Wirkleistung rückwärts“ bzw. „Überschreitung“ eingestellt werden. Aktiviert man im Menüpunkt „Einstellungen“ die Box „Weitere Parameter anzeigen“, können Schwellwert, Anregeverzögerung und AUS-Kommando-Verzögerung parametrierbar werden (Bild 8). Da die Leistungsrichtung bei Messspannungsausfall nicht bestimmt werden kann, ist in diesem Fall eine Schutzblockierung sinnvoll.

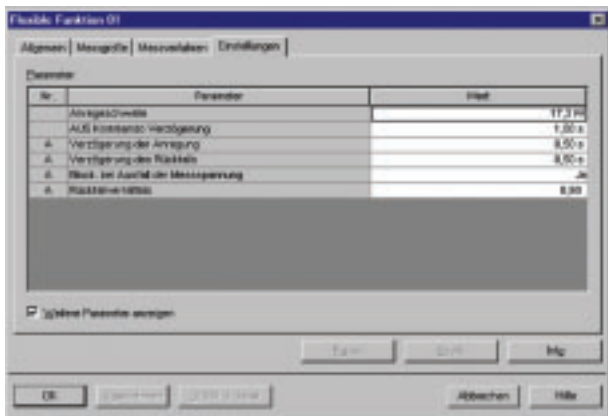


Bild 8 Einstellmöglichkeiten der flexiblen Funktion

4.5 Rangierungen in DIGSI

Die Bezeichnungen der Meldungen sind in DIGSI editierbar und für dieses Beispiel entsprechend angepasst. Die Bezeichnungen der Parameter liegen fest.

In der DIGSI-Rangierungsmatrix sind (nach Anwahl von „nur Meldungen und Befehle“ und „kein Filter“) zunächst die folgenden Meldungen sichtbar (Bild 9).

Fk 01	235.2110.01	:Fk01 block	:Funktion Fk01 blockieren	EM
	235.2111.01	:Fk01 unverz.	:Funktion Fk01 AUS unverzögert	EM
	235.2113.01	:Fk01 BK-Zeit	:Funktion Fk01 Zeit blockieren	EM
	235.2114.01	:Fk01 BK-AUS	:Funktion Fk01 AUS blockieren	EM
	235.2116.01	Fk01 block	Funktion Fk01 ist blockiert	AM
	235.2116.01	Fk01 aus	Funktion Fk01 ist ausgeschaltet	AM
	235.2120.01	Fk01 sekular	Funktion Fk01 ist sekular	AM
	235.2121.01	Fk01 Anr.	Funktion Fk01 Anregeverz.	AM
	235.2125.01	Fk01 AB	Funktion Fk01 Zeitablauf	AM
	235.2126.01	Fk01 AUS	Funktion Fk01 Auslösung	AM

Bild 9 Meldungen vor dem Editieren

Durch Anklicken der Texte besteht die Möglichkeit, Kurztext und Langtexte passend zur Applikation zu editieren (Bild 10).

Fk 01	235.2110.01	:Fk01 block	:Fk01 blockieren	EM
	235.2111.01	:Fk01 unverz.	:Fk01 AUS unverzögert	EM
	235.2113.01	:Fk01 BK-Zeit	:Fk01 Zeit blockieren	EM
	235.2114.01	:Fk01 BK-AUS	:Fk01 AUS blockieren	EM
	235.2116.01	Fk01 block	Fk01 ist blockiert	AM
	235.2116.01	Fk01 aus	Fk01 ist ausgeschaltet	AM
	235.2120.01	Fk01 sek.	Fk01 ist sekular	AM
	235.2121.01	Fk01 Anr.	Fk01 Anregeverz.	AM
	235.2125.01	Fk01 AB	Fk01 Zeitablauf	AM
	235.2126.01	Fk01 AUS	Fk01 Auslösung	AM

Bild 10 Meldungen nach dem Editieren

Die Rangierung der Meldungen erfolgt analog zur Rangierung der Meldungen anderer Schutzfunktionen.

5. Zusammenfassung

Mit Hilfe der flexiblen Schutzfunktionen ist es möglich, nicht standardmäßig vorhandene Messkriterien wie z.B. Leistungsrichtung problemlos zu realisieren. Dieses Messkriterium ist eine vollwertige Schutzfunktion und kann somit als gleichwertiges Kriterium in einer Entkopplungseinrichtung integriert werden. Die Synchronisierungsfunktion des SIPROTEC 7SJ64 kann hier vorteilhaft zur Synchronisierung des Industrienetzes bei der Zuschaltung nach Entkopplung eingesetzt werden.

