

# MiCOM P30 Reihe

Q-U - Schutz

## Applikationshilfe



## Inhaltsverzeichnis

<b>1.</b>	<b>Referenzen</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>Einleitung</b>	<b>4</b>
<b>3.</b>	<b>Umsetzung Q-U-Schutz mit MiCOM Px3x</b>	<b>6</b>
3.1.	Blindleistungs-Überwachung mittels P<>	7
3.2.	Unterspannungs-Überwachung mittels U<>	9
3.3.	Mindeststrom-Freigabe	9
3.4.	Verknüpfungslogik mittels LOGIK	10
3.5.	Freigabelogik für die (Wieder-)Zuschaltung von Windkraftanlagen	12
3.6.	Richtungsprüfung	15
<b>4.</b>	<b>Unterschiede zwischen MiCOM P13x und P43x</b>	<b>16</b>
4.1.	2-stufige Q(P)-Kennlinie bei P43x mit maximalem Dynamikbereich	17
4.2.	Kriterien für die Wahl des Dynamikbereichs bei P43x	18
<b>5.</b>	<b>Technische Daten</b>	<b>20</b>
<b>6.</b>	<b>Geräteversionsübersicht</b>	<b>22</b>
<b>7.</b>	<b>Dokumentenhistorie</b>	<b>23</b>

## 1. Referenzen

- [1] Lastenheft Blindleistungsrichtungs-Unterspannungsschutz (Q-U-Schutz)  
Ausgabe Februar 2010, FNN - Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE
- [2] TransmissionCode 2007, Netz- und Systemregeln der deutschen Übertragungsnetzbetreiber, Version 1.1, August 2007, Verband der Netzbetreiber – VDN – e.V. beim VDEW  
insbes. Kap. 3.3.13.5 (6)
- [3] Technische Richtlinie „Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz“, Richtlinie für Anschluss und Parallelbetrieb von Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz, Ausgabe Juni 2008, BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., insbes. Kap. 3.2.3.2 – Blindleistungs-Unterspannungsschutz Q→&U<
- [4] Netzanschlussregeln Höchstspannung, transpower stromübertragungs gmbh, Bayreuth, Stand 1. April 2009, [www.transpower.de](http://www.transpower.de)  
insbes. Kap. 3.2.6.2 – Spannungswächter 1

## 2. Einleitung

Schutzeinrichtungen der MiCOM 30 Reihe sind durch die entsprechende Betriebsanleitung in Bezug auf deren technische Eigenschaften, funktionale Ausprägung und Handhabung bei Montage, Anschluss, Inbetriebnahme und Betrieb detailliert beschrieben. Die Betriebsanleitung gibt dagegen keine Auskunft über die Philosophie der herstellereigenen Realisierung sowie über die Behandlung spezieller Applikationen mit den funktionalen Möglichkeiten der betrachteten Schutzeinrichtung. Die vorliegende Applikationshilfe möchte diese Lücke im Hinblick auf die Realisierung eines Blindleistungs-Unterspannungsschutzes schließen.

Für den Anschluss von Erzeugungsanlagen wird in diversen Netzanschlussregeln eine Systemautomatik zur Vermeidung eines Spannungskollapses im Elektroenergiesystem gefordert. Am Netzanschlusspunkt ist insbesondere ein Blindleistungsrichtungs-Unterspannungsschutz vorzusehen, der folgende Funktion erfüllt (siehe [2, 3]):

„Bei Absinken und Verbleib der Spannung am Netzanschlusspunkt auf und unter einen Wert von 85% der Bezugsspannung ( $U_n$  in Hoch- und Höchstspannungsnetzen (380/220/110kV) bzw.  $U_c$  in Mittelspannungsnetzen) und gleichzeitigem Blindleistungsbezug am Netzanschlusspunkt (untererregter Betrieb) muss die Erzeugungsanlage mit einer Zeitverzögerung von 0,5s vom Netz getrennt werden. Der Spannungswert bezieht sich auf den größten Wert der verketteten Netzspannungen, d.h. dass alle drei Spannungen den Wert von 85%  $U_c$  unterschreiten müssen. Die Trennung hat am Generatorleistungsschalter zu erfolgen. Diese Funktion erfüllt die Überwachung der Spannungsstützung.“

Für die Ausführung des Blindleistungsrichtungs-Unterspannungsschutzes werden im FNN-Lastenheft folgende funktionale Anforderungen gestellt (siehe [1]):

Der (Blind-)Leistungsbereich, in dem bei Vorliegen einer Unterspannung ausgelöst werden soll, ist in Bild 1 schraffiert dargestellt. Als Meßverfahren können entweder die Mitsystemgrößen ermittelt und beurteilt werden oder es wird eine Winkelmessung vorgenommen. In jedem Fall sollten die verketteten Spannungen für die Auswertung herangezogen werden, um in gelöscht betriebenen Netzen Meßverfälschungen durch Sternpunktverlagerungen zu vermeiden.

### Variante 1 - Blindleistungskennlinie:

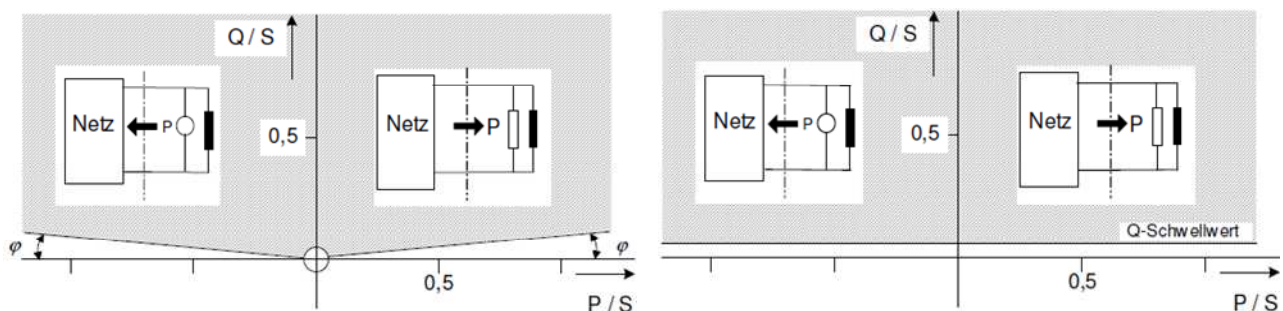
Die Einführung eines Mindeststromes  $I_1$  von 5% des Nennstroms der Erzeugungsanlage (Mitsystem) und die leichte Neigung  $\varphi$  der Kennlinie verhindert eine Überfunktion der Blindleistungserkennung.

### Variante 2 – konstante Blindleistungsüberwachung:

Realisierung der Überwachung mit einer reinen Blindleistungsschwelle mittels einer geraden Kennlinie, die parallel zur Wirkleistungsachse verläuft. Die Nutzung eines Freigabestromes ist optional.

Hinsichtlich des Systemschutzes ist dabei einzig entscheidend die sichere Feststellung des Blindleistungsbezugs. Ein Fehlansprechen der Blindleistungsrichtung (insbesondere bei großer Wirkleistungsabgabe) ist nicht zu akzeptieren.

Der Einfluss der Oberschwingungen ist besonders im Fehlerfall zu berücksichtigen. Da die Einstellwerte auf Grundschwingungswerten basieren, sollten als Überwachungsgrößen Grundschwingungssignale benutzt werden.



Variante 1 - Blindleistungskennlinie

Variante 2 - konstante Blindleistungsüberwachung

Bild 1: Blindleistungs-Auslösebereich (Basis: Verbraucherzählpeilsystem)

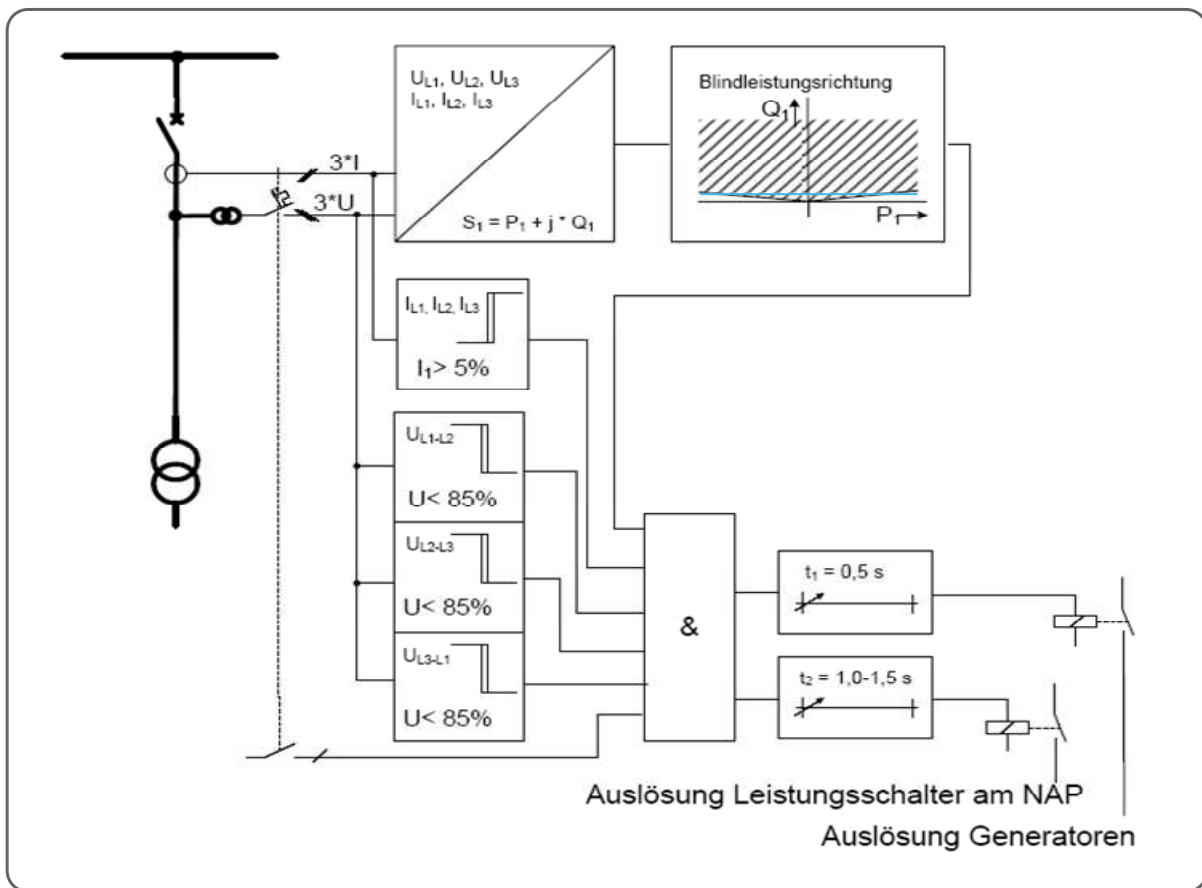


Bild 2: Prinzipskizze der Blindleistungsrichtungs-Unterspannungsfunktion

Die Einstellung eines Freigabestromes für die Q-U-Funktion ist bei Nutzung der Variante 1 immer vorzusehen. Bei Variante 2 ist die Nutzung des Freigabestromes hingegen optional.

Die Blindleistungs-Unterspannungsfunktion soll mit zwei Zeitgliedern ausgeführt werden.

Bei Ansprechen des ersten Zeitgliedes  $t_1$  wird ein Auslösebefehl an die Erzeugungseinheiten erteilt. Falls diese nicht reagieren, wird nach einer zweiten Zeitstufe  $t_2$  die Erzeugungsanlage vom Netz getrennt. Die in Bild 2 angegebenen Werte sind als typisch anzusehen, sind aber naturgemäß in (relativ engen Bereichen) als veränderliche Einstellparameter zu realisieren.

### 3. Umsetzung Q-U-Schutz mit MiCOM Px3x

Zur Realisierung des Q-U-Schutzes sind Signale der in MiCOM Px3x standardmäßig vorhandenen Funktionen „Leistungsrichtungsschutz“ (P<>) und „Spannungszeitschutz“ (U<>) mittels der programmierbaren LOGIK in einfacher Weise zu verknüpfen.

Die Nutzung ohnehin vorhandener Funktionen zur Realisierung des Q-U-Schutzes bietet als wesentlichen Vorteil, dass bereits vorhandene, typgeprüfte und anwendungserprobte Schutzfunktionen verwendet werden. Die Parametrierung ist sehr einfach und gleichzeitig sehr flexibel im Hinblick auf mögliche zukünftig weitergehende Funktionsanforderungen. Die allgemeinen Systemanforderungen (z.B. Einbindung in das Schutz-Auskommando des Leistungsschalters, Signalisierung über LED/Kontakt, Einbindung in Stationsleittechnik, Störschreibung,...) wie auch die Erfüllung der einschlägigen Geräte-Anforderungsnormen (EMV, Anforderungen an die Meßeingänge, Schaltleistung des Kommandoausganges, Überbrückungszeit der Hilfsspannungsversorgung, ...) werden unmittelbar durch das Schutzgerät erfüllt.

Die für den Q-U-Schutz benötigten Funktionen stehen prinzipiell in allen MiCOM P13x und P43x Geräten zur Verfügung. Dennoch bestehen bei Geräten mit Firmwareversionen vor -650 Detailunterschiede beispielsweise bezüglich der Empfindlichkeit der Leistungsmessung (Q>-Einstellbereiche) und der Möglichkeit die optionale Stromüberwachung zu realisieren, auf die in Kapitel 4 eingegangen wird.

Mit den Versionen -650 beginnend sind alle benötigten Teilfunktionen der MiCOM P13x und P43x Geräte harmonisiert, so daß diese Unterschiede entfallen. Weiterhin sind durch Funktionserweiterungen (dritte Spannungsstufe, Langzeit-Zeitstufen in der zweiten Logikfunktion) Vereinfachungen ermöglicht worden.

### 3.1. Blindleistungs-Überwachung mittels P<>

**Anforderung:**

Die Kernanforderung ist die Feststellung „...**Blindleistungsbezug am Netzanschlusspunkt** ...“, d.h. die Sicherstellung, dass die Blindleistungsrichtung in jedem Fall korrekt erkannt wird.

Die Kennlinien-Stabilisierung über eine Mindest-Blindleistungsschwelle bzw. einen einstellbaren Winkel  $\phi$  (inkl. Vorgabe eines Mindeststroms  $I_{1>}$ ) dienen lediglich der Absicherung gegen eine Überfunktion:

- scheinbarer Blindleistungsbezug bei großer Wirkleistungsabgabe bereits aufgrund kleiner Winkelfehler
- zunehmende Winkelmeßfehler bei sehr kleinen Strömen (daher  $I > 5\% I_{nom}$ )

Bei sehr kleinen Spannungen sind zwar auch zunehmende Winkelmeßfehler zu erwarten, im Hinblick auf die Systemschutz-Anwendung (Blindleistungsinstabilität) ist aber nur der Spannungsbereich größer ca. 50%  $U_{nom}$  relevant.

**Lösung:**

Die konstante Blindleistungsüberwachung (FNN Variante 2) ist mit den Geräten direkt umsetzbar. Hierfür wird eine gerichtet eingestellte Blindleistungsschwelle  $Q^>$  verwendet.

Bezüglich der **Richtungsfestlegung** ist im Einzelfall zu entscheiden, ob „vorwärts“ oder „rückwärts“ einzustellen ist, da dies mit dem Anschlusssinn der Anlagen- und Gerätewandler und der globalen Anschluß-Parametrierung festgelegt wird. Der Anschluß der Stromwandler kann „standardmäßig“ oder „umgekehrt“ erfolgen, wobei es nur auf den Anschlusssinn bzw. die Stromflußrichtung ankommt; die Lage des Schutzerdungspunktes im Wandlersekundärkreis hat hierauf keinerlei Einfluß. Durch die Einstellung des Meßkreisanschlusses (010.004) wird dann festgelegt, in welcher Richtung der Schutz auf „vorwärts“ entscheiden soll. Dies kommt einer Festlegung gleich, ob das Gerät mit einem Erzeuger- (EVS) oder Verbraucherzählpeilsystem (VZS) arbeiten soll, wobei diese Überlegung aber in der Praxis von untergeordneter Bedeutung ist. Letztlich ist es die Entscheidung des Anwenders/Betreibers, welcher Leistungsfluß mit positivem Vorzeichen angezeigt werden soll. Die 4 Kombinationsmöglichkeiten sind in der untenstehenden Tabelle zusammengestellt.

Entscheidend im Sinne der geforderten Funktion ist, dass die Blindleistungsüberwachung nur anspricht, wenn die Windkraftanlage induktive Blindleistung vom Netz bezieht. Diese Anforderung gilt auf Basis eines Verbraucherzählpeilsystems, und in diesem Fall ist die Blindleistungsrichtung auf „vorwärts“ einzustellen, ansonsten auf „rückwärts“.

Wandleranschluß:	standardmäßig		umgekehrt	
<b>Leistungsrichtungsdefinition:</b> Vorwärts =  entspricht Zählpeildefinition =	Abgangsseite (Leitung bzw. WEA)  VZS	Sammel- schienenseite (bzw. NAP)  EVS	Abgangsseite (Leitung bzw. WEA)  VZS	Sammel- schienenseite (bzw. NAP)  EVS
⇒ <b>Schutzparametrierung:</b> 010.004 GRUND Anschl. Meßkreise IL =	standardmäßig	umgekehrt	umgekehrt	standardmäßig
017.176 P<> Richtung Q>      PS1 =	vorwärts gerichtet	rückwärts gerichtet	vorwärts gerichtet	rückwärts gerichtet

Der Ansprechwert der Leistungsrichtungsfunktion ist auf die Nennscheinleistung  $S_{nom} = \sqrt{3} U_{nom} I_{nom}$  bezogen, die sich aus den eingestellten Nennspannungs- und Nennstromwerten der Anlagenwandler und des Gerätes berechnet:

- auf das Gerät bezogen:

$$S_{nom} = \sqrt{3} (010.009 \text{ GRUND } U_{nom} \text{ Wandler sek.}) \cdot (010.003 \text{ GRUND } I_{nom} \text{ Gerät})$$

- auf die Hochspannungsseite bezogen:

$$S_{nom} = \sqrt{3} (010.002 \text{ GRUND } U_{nom} \text{ Wandler prim.}) \cdot (010.001 \text{ GRUND } I_{nom} \text{ Wandler prim.})$$

Als Standard-**Ansprechwert** für die Q-U-Schutzfunktion wird im FNN-Lastenheft 5% der vereinbarten Netzanschlussleistung  $S_{an}$  empfohlen. Dieser Wert ist entsprechend den Wandlernennwerten umzurechnen.

$$Q^> = 5\% \cdot \frac{S_{an}}{S_{nom}} = 5\% \cdot \frac{\sqrt{3} \cdot U_{an} \cdot I_{an}}{\sqrt{3} \cdot U_{nom} \cdot I_{nom}}$$

mit  $U_{an}, I_{an}$  = Anlagen-Nennspannung, -Nennstrom  
 $U_{nom}, I_{nom}$  = Wandler-Nennspannung, -Nennstrom

Beispiel:  $S_{an} = 0,5 S_{nom} \Rightarrow Q^> = 2,5\%$

Wie dieses Beispiel zeigt, wird bei kleinerer Anlagennennleistung zwar der Ansprechwert abgesenkt, gleichzeitig ist die Richtungsgenauigkeit aber auch nur für einen entsprechend reduzierten Wirkleistungsbereich (bis  $P = S_{an} = 0.5 S_{nom}$ ) erforderlich. Diese konstante Blindleistungsüberwachung wird daher mit Blick auf den Winkelfehler des MiCOM Gerätes stets im Bereich korrekter Richtungsmessung arbeiten.

Schwierigkeiten ergeben sich lediglich aufgrund der (Strom-)Wandler:

- bei relativ kleiner Anlagennennleistung ( $S_{an} < 0,2 S_{nom}$ ), also relativ groß bemessenen Stromwandlern, da der Ansprechwert  $Q^>$  nicht kleiner als 1% eingestellt werden kann;
- bei großen Winkelfehlern der Wandler, sofern der Gesamt-Winkelfehler dann bei  $P < S_{an}$  bereits zu einer scheinbaren Blindleistung größer als  $Q^>$  führt.

#### Einstellwerte:

/Parameter/Funktionsparameter/Parametersatz 1/P<>

014.252	P<>	Freigabe	PS1	ja
017.160	P<>	Q>	PS1	Wert entsprechend 0.05 Sa
017.168	P<>	Ansprechverz. Q>	PS1	0.00 s
017.172	P<>	Rückf.verz. Q>	PS1	0.00 s
017.176	P<>	Richtung Q>	PS1	gem. Tabelle
017.164	P<>	Rückf.verh. Q>	PS1	0.95

#### Benötigte Meldung:

/Betrieb/Zyklische Werte/Log.Zust.meldungen/P<>

035.094	P<>	Aus Meldung Q>
---------	-----	----------------

Bei der Berechnung des Ansprechwertes und der Festlegung der Richtung sind folgende globale Parameter wie oben beschrieben zu berücksichtigen:

/Parameter/Funktionsparameter/Global/GRUND

010.001	GRUND	Inom Wandler prim.
010.002	GRUND	Unom Wandler prim.
010.003	GRUND	Inom Gerät
010.009	GRUND	Unom Wandler sek.
010.004	GRUND	Anschl. Meßkreise IL



### 3.2. Unterspannungs-Überwachung mittels U<>

#### Anforderung:

„Der Spannungswert bezieht sich auf den größten Wert der verketteten Netzspannungen, d.h. dass alle drei Spannungen den Wert von 85% U<sub>c</sub> unterschreiten müssen.“

#### Lösung:

Einstellung der Spannungsmessung auf „Dreieck“, so dass die verketteten Spannungen ausgewertet werden. Verwendung der ersten Unterspannungsstufe U<, da für diese in der fest programmierten Funktionslogik ein Anreagesignal bereitsteht, das erst bei Ansprechen aller drei Meßsysteme ausgegeben wird. Einstellung der Stufe U< auf den erforderlichen Ansprechwert, z.B. auf 85% Nennspannung.

Die (je nach Geräteversion) vorhandene Stromfreigabe kann (muss aber nicht – siehe Kap. 3.3) zusätzlich genutzt werden, um sicherzustellen, dass die Unterspannungsmessung nur bei erkanntem Stromfluss freigegeben wird. Allerdings genügt für diese Freigabe, dass ein Leiterstrom die Ansprechschwelle überschreitet (keine UND-Verknüpfung aller 3 Leiterströme).

#### Einstellwerte:

/Parameter/Funktionsparameter/Parametersatz 1/U<>

076.246	U<>	Freigabe	PS1	ja
076.001	U<>	Betriebsart	PS1	Dreieck
001.155	U<>	I-Freigabe U<	PS1	0.05 Inom (optional)
001.162	U<>	Btr.art U< Überw	PS1	mit (optional)
076.007	U<>	U<	PS1	0.85 Unom(/√3)
076.009	U<>	tU<	PS1	1.00 s
076.028	U<>	tU< 3p	PS1	1.00 s
076.010	U<>	tU<<	PS1	1.00 s
076.048	U<>	Hyst.U<> gemessen	PS1	2 %
076.049	U<>	Hyst. U<> abgel.	PS1	2 %

#### Anmerkung:

Die einstellbaren Ansprechzeiten werden nicht benötigt, da nur die Anregemeldungen weiterverarbeitet werden.

Das Rückfallverhältnis von 98% (Hysterese von 2%) bezieht sich auf den Ansprechwert.

#### Benötigte Meldung:

/Betrieb/Zyklische Werte/Log.Zust.meldungen/U<>

042.005	U<>	Anregung U< 3p
---------	-----	----------------

### 3.3. Mindeststrom-Freigabe

#### Anforderung:

„Die Einstellung eines Freigabestromes für die Q-U-Funktion ist bei Nutzung der Variante 1 immer vorzusehen. Bei Variante 2 ist die Nutzung des Freigabestromes hingegen optional.“

#### Lösung:

Diese Anforderung beruht auf der physikalischen Problematik, dass bei zu kleinem Strom keine verlässliche Winkel- bzw. (Blind-)Leistungsmessung möglich ist. Gleiches trifft grundsätzlich auch für zu kleine Spannungen zu, was jedoch technisch weniger relevant ist.

Diese Anforderung bezüglich der „Meßbarkeit“ der Blindleistung wird bei MiCOM Schutzgeräten grundsätzlich bereits in der Leistungsrichtungs-Schutzfunktion berücksichtigt und muss somit nicht separat erfasst werden. Diese Freigabeschwelle liegt dabei entsprechend der Gerätegenauigkeit bei 1% S<sub>nom</sub>.

Da zudem mit MiCOM Px3x die Lösungsvariante 2 des FNN-Lastenheftes (konstante Blindleistungsüberwachung) realisiert wird, wird diese Mindeststromüberwachung nicht benötigt.

### 3.4. Verknüpfungslogik mittels LOGIK

#### Anforderung:

Logische UND-Verknüpfung der Unterspannungs- und Blindleistungsrichtungsbedingung sowie einstellbare Verzögerungszeiten des verknüpften Signals.

- 0.5 s für die Auslösung der Generatoren
- 1 ... 1.5 s für die Auslösung des LS am NAP

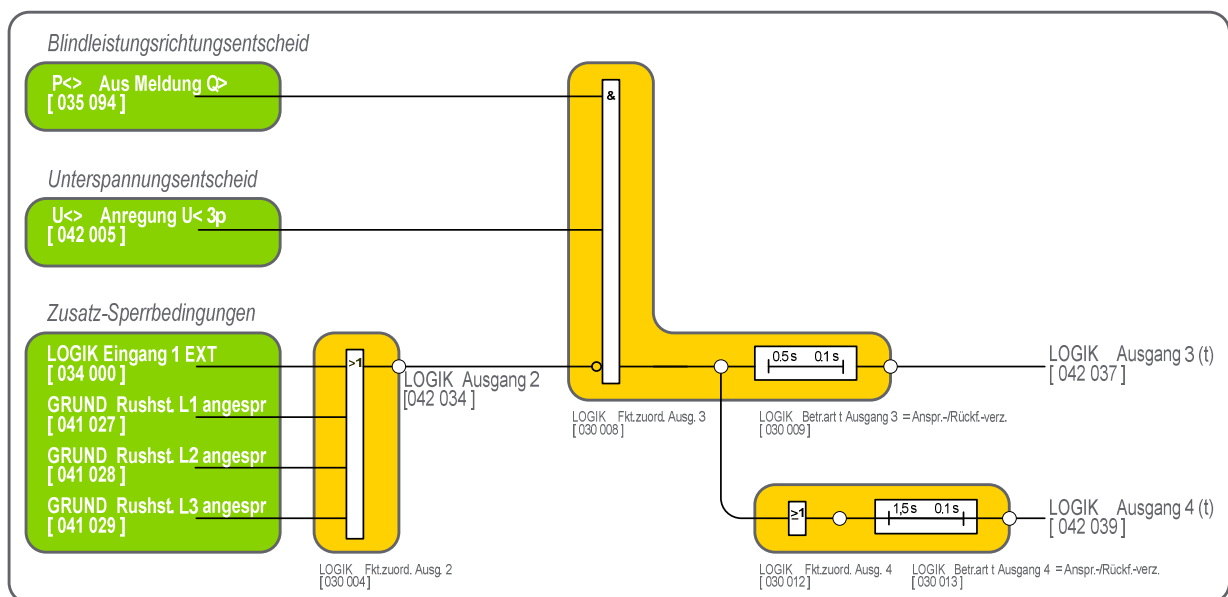
Funktionsblockaden (z.B. bei Ansprechen des Sicherungsautomaten im Spannungsmeßkreis) sind vorzusehen.

#### Lösung:

Die Verknüpfung der Unterspannungs- und Leistungsbedingungen erfolgt mittels einer einzigen LOGIK-Gleichung. Beispielhaft wird hier „LOGIK Ausgang 3“ verwendet, prinzipiell kann aber jede der 32 Gleichungen in gleicher Weise verwendet werden (Bild 3). Mit dem zeitverzögerten Ausgang dieser Gleichung wird das erste Auskommando („Auslösung Generatoren“) gebildet. Der Ausgang dieser Gleichung 3 ist die einzige Eingangsgröße in einer zweiten Gleichung, da für die Realisierung des zweiten Auskommando („Auslösung Leistungsschalter am NAP“) eine längere Verzögerungszeit benötigt wird.

Der zeitbehandelten Signale (Ausgang 3(t) und 4(t) können direkt per Auswahlmeneü in die Auskommandos des Schutzgerätes einbezogen werden (z.B. 021.001 GRUND Fkt.zuordn. Aus K. 1 = LOGIK Ausgang 3 (t)). Falls dies nicht möglich ist (Auskommandos bereits für Kurzschlussschutz verwendet), sind entsprechend der geforderten Trennung der Auslösungen die zeitbehandelten LOGIK Ausgänge auch direkt auf Ausgangsrelais konfigurierbar. In diesem Fall ist die benötigte Mindestzeit des Auskommandos als Rückfallzeit zu parametrieren.

Ebenso einfach können diese LOGIK-Meldung per LED- oder Ausgangsrelais signalisiert werden, oder über genormte Schaltanlagenprotokolle gemeldet werden.



**Bild 3:** Verknüpfungslogik

Die Funktionsblockade bei Fehler im Spannungsmeßkreis (entweder signalisiert mittels Hilfskontakt des Sicherungsautomaten oder erkannt von der integrierten Meßkreisüberwachung) muss nicht explizit in der LOGIK berücksichtigt werden. Dies ist fester Bestandteil der Freigabelogiken von Spannungszeitschutz (U<>) und Leistungsrichtungsschutz. Bezüglich des Automatenfall-Hilfskontaktes genügt es, dieses Signal per Signaleingangszuordnung über einen Binäreingang zu erfassen (xxx.yyy EING Fkt.zuordnung U nnn = 004.061 GRUND Autom.fall U EXT). Damit wird durch die Grundfunktionalität sichergestellt, dass die Spannungsverarbeitenden Funktionen blockiert werden. Alternativ kann auch die interne Spannungsmeßkreisüberwachung aktiviert werden (Funktionsgruppe MKÜ).

### Berücksichtigung sonstiger Festlegungen:

Für Schutz-Prüfungen kann die Q-U-Schutzfunktion blockiert werden. Dies kann über einen freien Binäreingang der LOGIK erfolgen (im Beispiel: LOGIK Eingang 1 EXT), der wahlweise von einem Prüfschalter über eine Optokoppler-Eingang oder über eine der integrierten Funktionstasten der Vor-Ort-Bedienung angesteuert wird. Natürlich kann auch eine für die Dauer der Schutzprüfung bereits anstehende Zustandsmeldung (z.B. 037.071 GRUND Prüf-Modus) verwendet werden.

Die Q-U-Schutzfunktion ist eine System- bzw. Netzstabilitätsschutzfunktion. Dennoch darf sie (entgegen der Aussage in früheren Ausgaben dieser Applikationshilfe) bei einem Kurzschluß nicht blockiert werden. Dies ist insbesondere bei den Distanzschutzgeräten zu beachten. Diese können aufgrund einer längerfristigen Spannungsabsenkung nach Abschaltung eines (schweren) Kurzschlusses angeregt bleiben (mit Unterspannungs- oder Unterimpedanzanregung) und dann mit Endzeit auslösen, was im Hinblick auf die Netzstabilität schädlich wäre. Überstromzeitschutzgeräte sind diesbezüglich unkritisch, da deren Generalanregung nur aufgrund der (Kurzschluß-) Stromanregung erfolgt.

Die Q-U-Funktion soll bei Auftreten eines Rush-Stromes nicht fehlauslösen. Hierzu kann die integrierte Rush-Erkennung als weiteres Sperrkriterium berücksichtigt werden.

Diese Zusatzfunktionen sind zur besseren Lesbarkeit mit LOGIK Ausgang 2 realisiert.

### Einstellwerte:

/Parameter/Funktionsparameter/Hauptfunktionen/LOGIK

031.099 | LOGIK | eingeschaltet BED | ja

### Mit Leistungsmessung – Lösung 1:

030.004	LOGIK	Fkt.zuord. Ausg. 2	OR	034.000 LOGIK	Eingang 1 EXT
			OR	041.027 GRUND	Rushst. L1 angespr.
			OR	041.028 GRUND	Rushst. L2 angespr.
			OR	041.029 GRUND	Rushst. L3 angespr.
030.005	LOGIK	Betr.art t Ausgang 2			ohne Zeitstufe
030.008	LOGIK	Fkt.zuord. Ausg. 3	AND	035.094 P<>	Aus Meldung Q>
			AND NOT	042.005 U<>	Anregung U< 3p
				042.034 LOGIK	Ausgang 2
030.009	LOGIK	Betr.art t Ausgang 3			Anspr.-/Rückf.-verz.
030.010	LOGIK	Zeit t1 Ausgang 3			0.50 s
030.011	LOGIK	Zeit t2 Ausgang 3			0.10 s
030.012	LOGIK	Fkt.zuord. Ausg. 4		042.036 LOGIK	Ausgang 3
030.013	LOGIK	Betr.art t Ausgang 4			Anspr.-/Rückf.-verz.
030.014	LOGIK	Zeit t1 Ausgang 4			1.50 s
030.015	LOGIK	Zeit t2 Ausgang 4			0.10 s

### Benötigte Meldungen:

/Betrieb/Zyklische Werte/Log.Zust.meldungen/LOGIK

042.037	LOGIK	Ausgang 3 (t)	⇒	Auskommando 1 / Aus Generatoren
042.039	LOGIK	Ausgang 4 (t)	⇒	Auskommando 1 / Aus LS am NAP

### 3.5. Freigabelogik für die (Wieder-)Zuschaltung von Windkraftanlagen

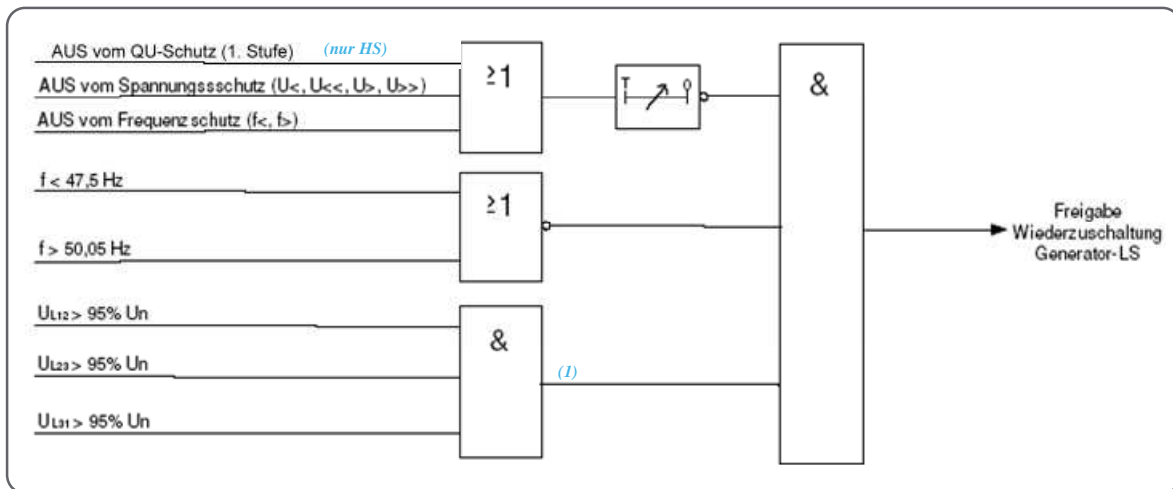
**Anforderung:**

Bild 4 zeigt die Anforderung, wie vom Systemschutz ein Freigabesignal für die (Wieder-)Zuschaltung eines Generators bei Anschluss am Hochspannungsnetz bereitzustellen ist (gem. [2]).

Bei Anschluss am Mittelspannungsnetz entfällt die Anstoßbedingung „Auslösung durch den Q-U-Schutz“ (gem. [3]).

„Bei Auslösung der Entkopplungsschutzeinrichtungen infolge von Netzfehlern empfiehlt es sich, zum Schutz der Erzeugungsanlage einen Zeitverzug im Minutenbereich zwischen Spannungswiederkehr und Zuschaltung vorzusehen, bis evtl. Schalthandlungen im Netz abgeschlossen sind. Ein Großteil dieser Schalthandlungen im Netz ist üblicherweise nach 10 Minuten beendet.“...

„Eine Zuschaltung bzw. Wiederzuschaltung der Erzeugungsanlage ist nur dann zulässig, wenn die Netzspannung mindestens 95 %  $U_c$  beträgt und die Frequenz zwischen 47,5 Hz und 50,05 Hz liegt.“



**Bild 4:** Freigabelogik für die Zuschaltung der Erzeugungsanlage am Netz (Bilder 4...6 in [1])

Anmerkung (1): Es sind die Spannungen am Netzanschlusspunkt (NAP) auszuwerten. Hierzu ist ggf. ein entsprechendes binäres Freigabesignal zu verwenden, das mittels Wirkverbindung vom NAP zu den Erzeugungseinheiten übertragen wird.

**Lösung:**

Für die Realisierung dieser Funktion wird wiederum eine LOGIK angewendet.

Die Prüfung der drei verketteten Spannungen auf überschreiten einer eingestellten Schwelle kann durch die erste Überspannungsstufe realisiert werden, die ein entsprechend UND-verknüpftes Signal bereitstellt.

Die Prüfung des Frequenzbereiches erfolgt mit zwei Frequenzstufen, z.B.

- 018.148  $f <> f_3$  PS1 = 47.50 Hz
- 018.172  $f <> f_4$  PS1 = 50.05 Hz

Bei der logischen Verknüpfung dieser beiden Signale wird vom De Morgansche Gesetz der Boole'schen Logik Gebrauch gemacht:

$$\text{NICHT} ( f_3 \text{ ODER } f_4 ) = \text{NICHT} ( f_3 ) \text{ UND } \text{NICHT} ( f_4 )$$

bzw. in graphischer Darstellung:

Die Auslösesignale vom Spannungs- und Frequenzschutz (und optional von der ersten Stufe des Q/U-Schutzes = LOGIK Ausgang 3(t)) werden in einer LOGIK-Gleichung verodert. Mit einem der Auslösesignale wird eine Impulszeitstufe gestartet, während der die Einschaltfreigabe (= LOGIK Ausgang 7) den logischen Wert ‚false‘ annimmt.

Die Umsetzung dieser Freigabelogik kann mit MiCOM P30 Geräten ab Version -650 effektiver erfolgen. Die Lösung für ältere Geräte wird in dieser Applikationshilfe mit Rücksicht auf Bestandsanlagen aber zusätzlich beibehalten.

Lösung für Geräteversionen < -650

Hier stehen je LOGIK Gleichung Zeitstufen bis 600 s = 10 Minuten zur Verfügung. Wie im Beispiel skizziert können längere Zeitstufen durch Kaskadierung von Gleichungen realisiert werden. Dabei ist die Reihenfolge der Ordnungszahlen der Gleichungen zu beachten. Bezüglich des Spannungsschutzes werden die erste Leiter-Über- und Unterspannungsstufe bereits im Rahmen dieser Applikation verwendet. Es stehen nur insgesamt je zwei Leiter-Über- und Unterspannungsstufen zur Verfügung, so dass die verbleibenden Stufen mittels der Mitsystem-Spannungsstufen zu realisieren sind, so wie im Folgenden skizziert.

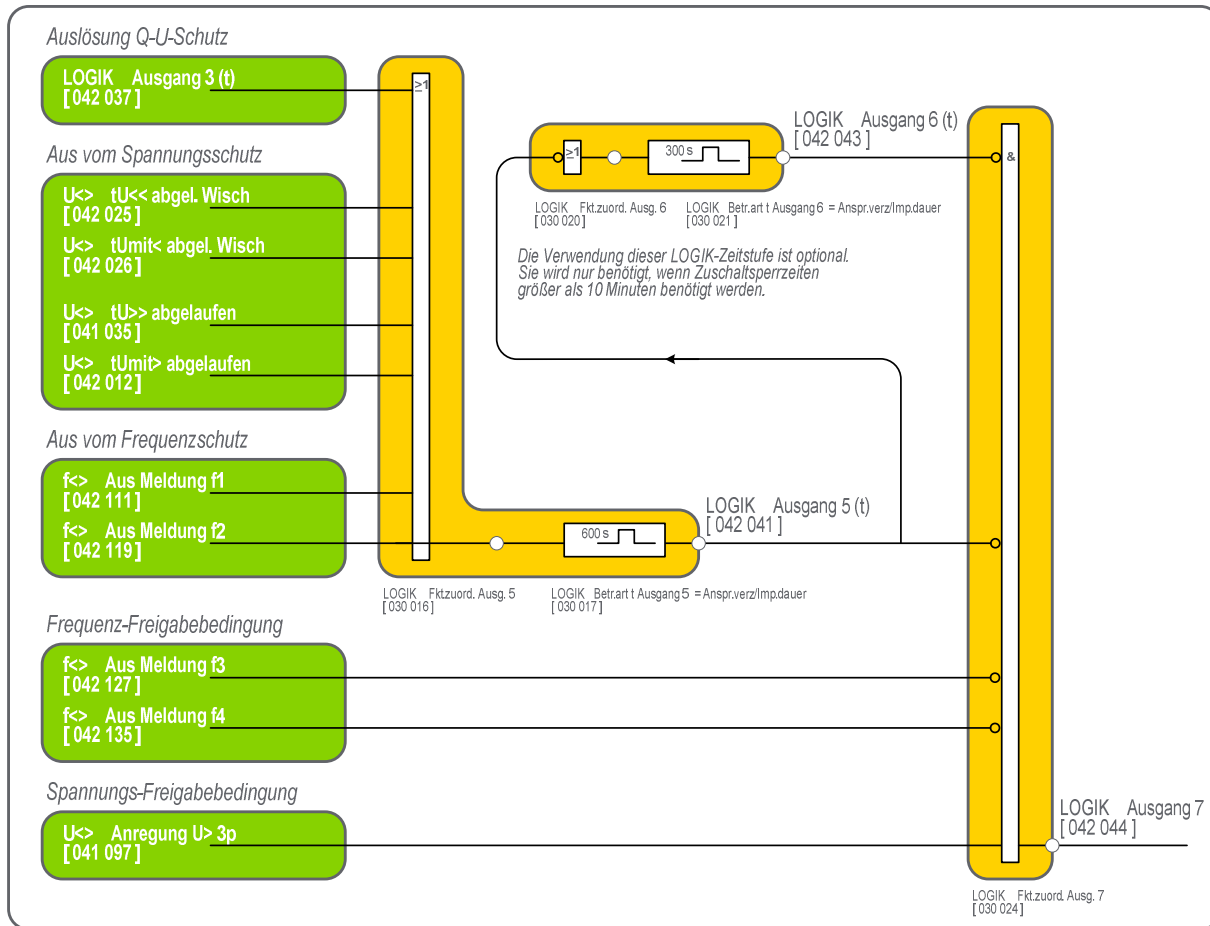


Bild 5a: Freigabelogik (für Geräteversionen vor -650)

Einstellwerte:

/Parameter/Funktionsparameter/Hauptfunktionen/LOGIK

030.016	LOGIK	Fkt.zuord. Ausg. 5	OR	042.037 LOGIK	Ausgang 3(t) (optional)
			OR	042.025 U<>	tU<< abgel. Wisch
			OR	042.026 U<>	tUmit< abgel. Wisch
			OR	041.035 U<>	tU>> abgelaufen
			OR	042.012 U<>	tUmit> abgelaufen
			OR	042.111 f<>	Aus Meldung f1
			OR	042.119 f<>	Aus Meldung f2
030.017	LOGIK	Betr.art t Ausgang 5			Anspr.verz/Imp.dauer
030.018	LOGIK	Zeit t1 Ausgang 5			0.00 s
030.019	LOGIK	Zeit t2 Ausgang 5			600.00 s
030.020	LOGIK	Fkt.zuord. Ausg. 6	NOT	042.040 LOGIK	Ausgang 5
030.021	LOGIK	Betr.art t Ausgang 6			Anspr.verz/Imp.dauer
030.022	LOGIK	Zeit t1 Ausgang 6			0.00 s
030.023	LOGIK	Zeit t2 Ausgang 6			300.00 s
030.024	LOGIK	Fkt.zuord. Ausg. 7	AND NOT	041.097 U<>	Anregung U> 3p
			AND NOT	042.127 f<>	Aus Meldung f3
			AND NOT	042.135 f<>	Aus Meldung f4
			AND NOT	042.041 LOGIK	Ausgang 5 (t)
			AND NOT	042.043 LOGIK	Ausgang 6 (t) (optional)

Benötigte Meldung:

/Betrieb/Zyklische Werte/Log.Zust.meldungen/...

042.044	LOGIK	Ausgang 7	⇒	Ausgangsrelais (Schließerkontakt)
---------	-------	-----------	---	-----------------------------------

Lösung für Geräteversionen > -650

Mit den neuen Geräteversionen ab -650 steht eine zweite LOGIK Funktion (LOG\_2) mit entsprechend lang einstellbaren Zeitstufen zur Verfügung, so daß der Zeitverzug ohne Kaskadierung direkt parametrierbar werden kann.

Ferner stehen mit den neuen Geräteversionen auch eine dritte Leiter-Leiter-Spannungen bewertende Über- und Unterspannungsstufe zur Verfügung, mit ODER- bzw. UND-verknüpften Meldesignalen. Damit ist die Umsetzung der Spannungsabfrage unmittelbar entsprechend dem Wortlaut der Anschlußrichtlinie möglich.

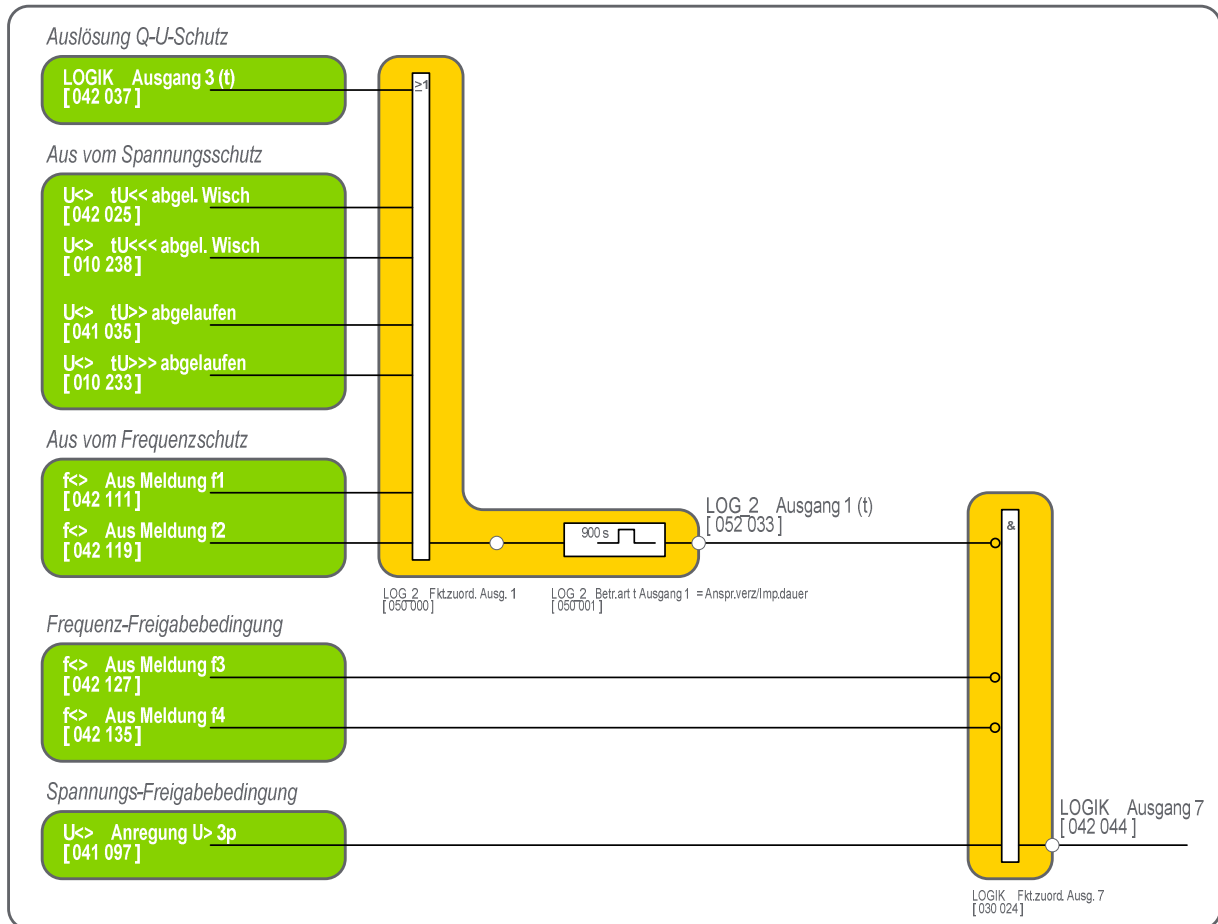


Bild 5b: Freigabelogik (für Geräteversionen ab -650)

Einstellwerte:

/Parameter/Funktionsparameter/Hauptfunktionen/LOGIK

050.000	LOG_2	Fkt.zuord. Ausg. 1	OR	042.037 LOGIK	Ausgang 03(t) (optional)
			OR	042.025 U<>	tU<<< abgel. Wisch
			OR	010.238 U<>	tU<<<< abgel. Wisch
			OR	041.035 U<>	tU>>> abgelaufen
			OR	010.233 U<>	tU>>>> abgelaufen
			OR	042.111 f<>	Aus Meldung f1
			OR	042.119 f<>	Aus Meldung f2
050.001	LOG_2	Betr.art t Ausgang 1		Anspr.verz/Imp.dauer	
050.002	LOG_2	Zeit t1 Ausgang 1		0.00 s	
050.003	LOG_2	Zeit t2 Ausgang 1		900.00 s	
030.024	LOGIK	Fkt.zuord. Ausg. 7	AND NOT	041.097 U<>	Anregung U> 3p
			AND NOT	042.127 f<>	Aus Meldung f3
			AND NOT	042.135 f<>	Aus Meldung f4
			AND NOT	052.033 LOG_2	Ausgang 1 (t)

Benötigte Meldung:

/Betrieb/Zyklische Werte/Log.Zust.meldungen/...

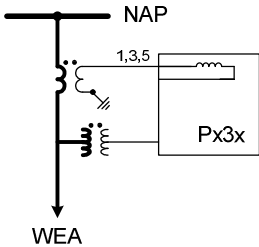
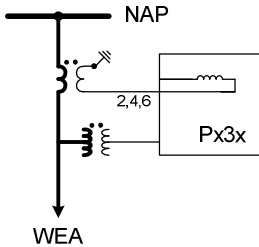
042.044	LOGIK	Ausgang 7	⇒	Ausgangsrelais (Schließerkontakt)
---------	-------	-----------	---	-----------------------------------

### 3.6. Richtungsprüfung

Im Rahmen der Inbetriebnahmeprüfung ist die korrekte Einstellung und Funktion des Q/U-Schutzes zu kontrollieren. Neben der Genauigkeitsprüfung der Ansprechwerte, die standardmäßig durch Einspeisen von sekundären Spannungs- und Stromgrößen mit variablen Amplituden und Phasenlagen erfolgt, ist dabei ein besonderes Augenmerk auf die korrekte Wirkungsrichtung der Schutzfunktion (also der Q-Richtungseinstellung) zu legen. Wie in Kapitel 3.1 ausgeführt, wird durch Wahl des Anschlussschemas der Stromwandler („standardmäßig“ oder „umgekehrt“) und der Einstellung des Anschlusssinns festgelegt, in welcher Richtung der Schutz auf „vorwärts“ entscheidet. Diese Anschluß-Ausführung und Einstellung muß für die Richtungskontrolle bekannt sein. Sie ist gegebenenfalls zu kontrollieren, sofern dies nicht bereits als einer der ersten Inbetriebnahmeschritte erfolgte, da dies grundlegende Bedeutung für alle gerichteten Meß- und Schutzfunktionen des Gerätes hat. Die Tabelle der Kombinationsmöglichkeiten ist unten wiederholt, nun ergänzt um die bei der Richtungskontrolle erwarteten Betriebsmeßwerte.

Es wird empfohlen, die Richtungskontrolle mit den Lastwinkeln durchzuführen. Die Betrachtung der Leistungs-Betriebsmeßwerte kann zu Fehlinterpretationen führen, da die Geräte zusätzlich die Einstelloption bieten, deren Vorzeichen nur für die Meßwertanzeige umzukehren (,006.096 GRUND Betr.Meßrichtung P,Q').

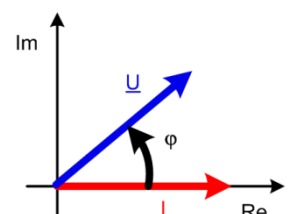
Die Lastwinkelanzeige erfolgt ab Strömen größer als 0.1 Inom des Gerätes. Für die Richtungskontrolle genügt dabei auch die Betrachtung der Lastwinkel bei überwiegenden Wirkleistungsflüssen, was vorteilhaft ist, da in der Praxis nur relativ kleine Blindleistungsflüsse zur Verfügung stehen. Die erwarteten Lastwinkel liegen dann bei etwa  $\pm 0^\circ$  (also  $-10^\circ \dots -0^\circ$  und  $+0^\circ \dots +10^\circ$ ) oder  $\pm 180^\circ$  (also  $-170^\circ \dots -180^\circ$  und  $+170^\circ \dots +180^\circ$ ). Sofern eine symmetrischer Betrieb vorliegt, müssen die drei Lastwinkel auch gleiche Werte annehmen (Differenzen kleiner  $\pm 2^\circ$ ). Bei abweichenden Werten ist eine Ursachenklärung und gegebenenfalls Korrektur erforderlich.

Wandleranschluß:	standardmäßig		umgekehrt	
				
<b>Richtungsdefinition:</b> Vorwärts =  <i>entspricht</i>	Abgangsseite (Leitung bzw. WEA)  VZS	Sammel- schienseite (bzw. NAP)  EZS	Abgangsseite (Leitung bzw. WEA)  VZS	Sammel- schienseite (bzw. NAP)  EZS
<b>⇒ Schutzparametrierung:</b> 010.004 GRUND Anschl. Meßkreise IL =	standardmäßig	umgekehrt	umgekehrt	standardmäßig
017.176 P<> Richtung Q>      PSl =	vorwärts gerichtet	rückwärts gerichtet	vorwärts gerichtet	rückwärts gerichtet
<b>Richtungskontrolle:</b> ⇒ WEA liefert Wirkleistung Lastwinkel $\phi^1$ =	$\pm 180^\circ$	$\pm 0^\circ$	$\pm 180^\circ$	$\pm 0^\circ$
⇒ WEA bezieht Wirkleistung Lastwinkel $\phi^1$ =	$\pm 0^\circ$	$\pm 180^\circ$	$\pm 0^\circ$	$\pm 180^\circ$

<sup>1)</sup> Es sind die Lastwinkel aller drei Leiter zu prüfen:

- 004.055 GRUND Lastwinkel phi1
- 004.056 GRUND Lastwinkel phi2
- 004.057 GRUND Lastwinkel phi3

MiCOM P30 Geräte verwenden den Stromzeiger als Referenzgröße für die Winkelberechnung. Bei positiver induktiver Blindleistung ist der Lastwinkel  $\phi$  auch positiv. Dies bitte berücksichtigen, wenn diese Lastwinkel mit Winkelinformationen anderer Geräte verglichen werden.



## 4. Unterschiede zwischen MiCOM P13x und P43x

Bei der Auswahl des am besten geeigneten Gerätes aus der Produktreihe MiCOM Px3x sind folgende Aspekte zu bewerten:

### 1) Schutzfunktionen

Grundsätzlich entscheidet die geforderte Hauptschutzfunktion, ob eine Überstromzeitschutzeinrichtung (P13x) oder Distanzschutzeinrichtung (P43x) erforderlich ist.

### 2) (Spannungs-)Meßeingänge

Die „kompakten“ Schutzeinrichtungen P130C und P430C verfügen lediglich über die drei Leiter-Erde-Spannungsmeßeingänge. Dies genügt für den Q-U-Schutz und die in [1] geforderten Freigabelogiken für die (Wieder-)Zuschaltung von Generatoren.

Allerdings steht keine Synchronkontroll-Automatik zur Verfügung, die ggf. für die (Wieder-)Zuschaltung erforderlich ist.

### 3) Strom-Dynamikbereiche

Die Schutzeinrichtungen P13x und P43x verfügen standardmäßig über zwei Strom-Meßbereiche, einen „empfindlichen“ (= 25 Inom) und einem „maximalen“ (= 100 Inom) Dynamikbereich.

In den Überstromzeitschutzeinrichtungen P13x arbeitet die Leistungsmessung stets mit dem „empfindlichen“ Meßeingang.

In den modularen Distanzschutzeinrichtungen P43x bis Firmwarestand -650 arbeitet die Leistungsmessung einstellungsabhängig entweder mit dem „empfindlichen“ oder dem „maximalen“ Meßeingang (Parameter „031.082 GRUND Dynamikbereich I“). Ab Version P43x-650 entfällt diese Einstellung, da die damit verbundene neue Prozessorplattform ausreichend Leistung zur Verfügung stellt, beide Eingangskanäle parallel zu verarbeiten und stets den optimalen Bereich zu verwenden.

Die kompakte Distanzschutzeinrichtung P430C arbeitet stets nur mit dem maximalen Strombereich (keine Einstellmöglichkeit).

Die in dieser Applikationshilfe beispielhaft verwendeten empfindlichen Blindleistungsmeßwerte stehen in allen Geräten P13x uneingeschränkt zur Verfügung. Bei den modularen Distanzschutzgeräten P43x war dies vor der Version -650 nur bei Verwendung (Einstellung) des empfindlichen Dynamikbereichs der Fall. Abhängig vom verwendeten Dynamikbereich waren in den modularen Distanzschutzgeräten P433/ P435/ P439 unterschiedliche Einstellbereiche realisiert. Dies wurde im Rahmen der Weiterentwicklung bereits aufgehoben. D.h. auch bei maximalem Dynamikbereich sind ab folgenden Geräteversionen die für den Q/U-Schutz erforderlichen kleinen Blindleistungs-Ansprechwerte einstellbar:

P433/P435 -614 (erfordert mindestens HW -305)

P439 -617 (erfordert mindestens HW -302)

Sofern der Q/U-Schutz mit älteren Geräteversionen (oder Vorgänger-Geräten PDxx2) realisiert werden soll und der maximale Dynamikbereich gewählt werden muss, kann nur eine minimale Q-Ansprechwelle von 10% Snom realisiert werden. Allerdings ist eine zweistufige Q(P)-Kennlinie realisierbar, wie im folgenden Abschnitt dargestellt.

Weitere Hinweise zur Wahl des Dynamikbereiches werden in Abschnitt 4.2 gegeben.



### 4.1. 2-stufige Q(P)-Kennlinie bei P43x mit maximalem Dynamikbereich

Sofern bei den Distanzschutzeinrichtungen P43x der maximale Dynamikbereich gewählt werden muss, kann versionsabhängig eventuell nur eine minimale Blindleistungs-Ansprechschwelle  $Q^>$  von 10%  $S_{nom}$  realisiert werden. In diesen Fällen kann eine zweistufige Kennlinie (Bild 6) verwendet werden. Dabei wird bei kleiner Wirkleistung ( $P$  kleiner als  $P^<$ ) die empfindlichere Blindleistungsrichtungs-Meldung verwendet.

Diese wird unabhängig vom Strom-Dynamikbereich bei einer Blindleistung von 1%  $S_{nom}$  freigegeben. Unter Berücksichtigung eines Winkelfehlers des Gerätes von maximal  $1^\circ$  ist dieser Richtungsentscheid bis zu einer Wirkleistung von 70%  $S_{nom}$  korrekt. Erst bei größerer Wirkleistung (oder bei Annahme von Wandler-Winkelfehlern) kann der Blindleistungsrichtungsentscheid falsch werden. Im Beispiel wird solchen Überlegungen Rechnung getragen und die Wirkleistungsschwelle bei 40%  $S_{nom}$  angesetzt.

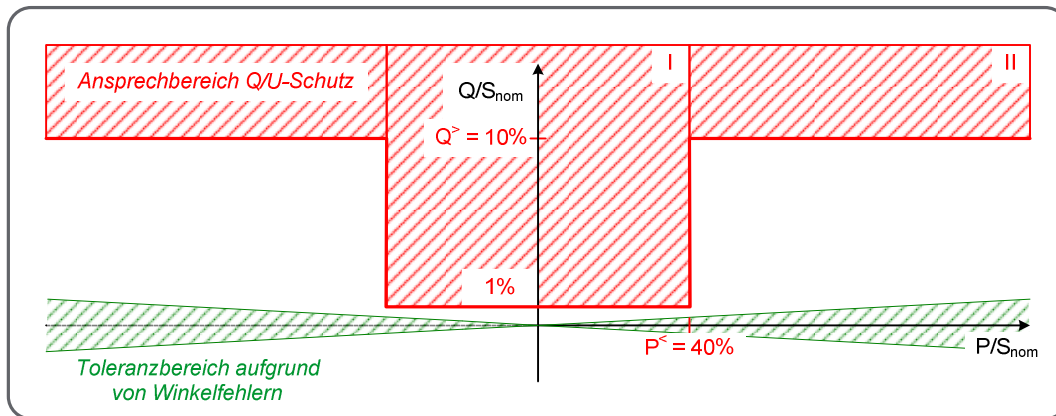


Bild 6: 2-stufige Q(P)-Kennlinie – Einstellbeispiel für max. Dynamikbereich

Den Entscheid „Messpunkt im schraffierten Bereich“ erhält man mit folgenden Bedingungen:

(Richtung Q rückwärts) UND (P kleiner als  $P^<$ ) {Bereich I}  
 ODER (AusMeldung  $Q^>$  rückwärts) {Bereich II}

#### Einstellwerte:

/Parameter/Funktionsparameter/Parametersatz 1/P<>

017.160	P<>	Q> (max. Bereich)PS1	0.100 $S_{nom}$
017.168	P<>	Ansprechverz. Q> PS1	0.00 s
017.172	P<>	Rückfallverz. Q> PS1	0.00 s
017.176	P<>	Richtung Q> PS1	rückwärts gerichtet
017.164	P<>	Rückfallverh. Q> PS1	0.95
017.030	P<>	P< (max. Bereich)PS1	0.400 $S_{nom}$
017.060	P<>	Ansprechverz. P< PS1	0.00 s
017.226	P<>	Rückf.verz. P< PS1	0.00 s
017.230	P<>	Richtung P< PS1	ungerichtet
017.034	P<>	Rückf.verh. P< PS1	1.05
018.035	P<>	Q< (max. Bereich)PS1	2.000 $S_{nom}$
018.052	P<>	Ansprechverz. Q< PS1	0.00 s
018.056	P<>	Rückf.verz. Q< PS1	0.00 s
018.081	P<>	Richtung Q< PS1	ungerichtet
018.044	P<>	Rückf.verh. Q< PS1	1.05

#### Benötigte Meldungen:

/Betrieb/Zyklische Werte/Log.Zust.meldungen/P<>

035.194	P<>	Richt. Q rückwärts
035.094	P<>	Aus Meldung Q>
035.058	P<>	Aus Meldung P<

#### Verknüpfungslogik:

Die Q(P)-Kennlinie wird mittels Logik Ausgang 1 realisiert und in die Verknüpfungslogik des Ausgangs 3 anstelle der Q> Aus-Meldung eingeht. Ansonsten bleibt die Logik gemäß Abschnitt 3.4 gültig.

030.000	LOGIK	Fkt.zuord. Ausg. 1	AND	035.194 P<>	Richt. Q rückwärts
			OR	035.054 P<>	Anregung P<
				035.094 P<>	Aus Meldung Q>
030.001	LOGIK	Betr.art t Ausgang 1	ohne Zeitstufe		
030.008	LOGIK	Fkt.zuord. Ausg. 3	AND	042.032 LOGIK	Ausgang 1
			AND	042.005 U<>	Anregung U< 3p
			AND NOT	042.034 LOGIK	Ausgang 2

## 4.2. Kriterien für die Wahl des Dynamikbereichs bei P43x

Die Wahl des Dynamikbereiches betrifft nur Distanzschutzgeräte MICOM P43x mit Firmwarestand vor -650! Bei diesen Geräten erfolgt die Wahl des Dynamikbereiches primär entsprechend dem erwarteten maximalen Kurzschluss-Strom oder es wird grundsätzlich nur mit dem maximalen Bereich gearbeitet.

Allerdings ist zu betonen, dass die thermische und dynamische Belastbarkeit der Stromeingänge der Geräte unabhängig von der Wahl des Dynamikbereichs ist! Damit sind Kompromisse möglich, wenn bei großen Kurzschluss-Strömen auch ein geringfügig größerer Impedanzmeßfehler zulässig ist, wie im folgenden Beispiel (Bild 7).

In diesem Beispiel wird eine Erzeugungsanlage (EZA) an das 110kV Netz angeschlossen. An der Übergabestelle wird eine Distanzschutzeinrichtung vorgesehen. Der Stromwandler hat einen Nennstrom von 200A.

### Für die Bewertung des Distanzschutzes sind folgende Fälle relevant:

Der kritische Fehlerfall ist ein Kurzschluss auf der Oberspannungsseite des Transformators. Nur in diesem Fall fließt der maximale Kurzschluss-Strom des Mittelspannungsnetzes über den Stromwandler. Dabei entsprechen  $7,15 \text{ kA} = 36 I_{\text{nom}}$ . Sofern der empfindliche Dynamikbereich eingestellt ist, wird dieser Strom von der Distanzschutzeinrichtung nur unvollständig erfasst. Dies führt zwar zu einem Impedanzmeßfehler, der aber unkritisch ist, da der Meßpunkt „tief“ in der Auslösezona liegt. Eine detaillierte Beschreibung und Bewertung des Meßfehlers ist weiter unten zusammengestellt.

Sobald der Fehler im Transformator liegt, steigt die Impedanz der Kurzschlussbahn, der maximale Fehlerstrom wird kleiner. Ist z.B. die halbe Kurzschlussreaktanz des Transformators wirksam, so beträgt der maximale Kurzschlussstrom nur noch  $4,7 \text{ kA} (= 23 I_{\text{nom}})$ . Damit ist eine korrekte Distanzschutzfunktion, die mit einer Zone bis zur Mitte des Transformators eingestellt ist, auch bei empfindlichem Strombereich sichergestellt.

Fehler auf der Netz-Seite sind generell bezüglich des zu erwartenden Kurzschlussstroms unkritisch. Der bei Nennbetrieb der EZA abgegebene Strom beträgt bezogen auf die 110 kV Seite  $255 \text{ A} = 1.3 I_{\text{nom}}$ . Schwieriger dürfte hier die Sicherstellung der Schutzanregung bei weiter entfernten Fehlern im Hochspannungsnetz sein. Auch hierfür ist der empfindliche Strom-Meßbereich günstig, da damit eine kleinere Fußpunktstromfreigabe möglich ist.

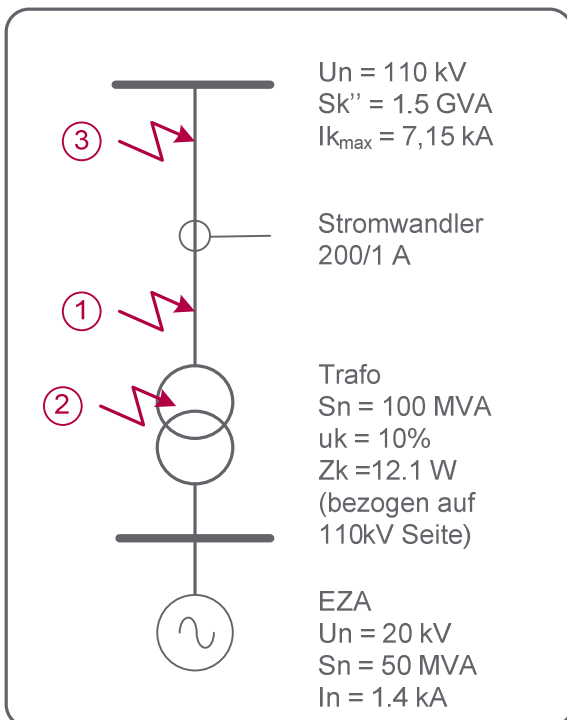


Bild 7: Anwendungsbeispiel

### Verhalten des Distanzschutzes bei Strombegrenzung

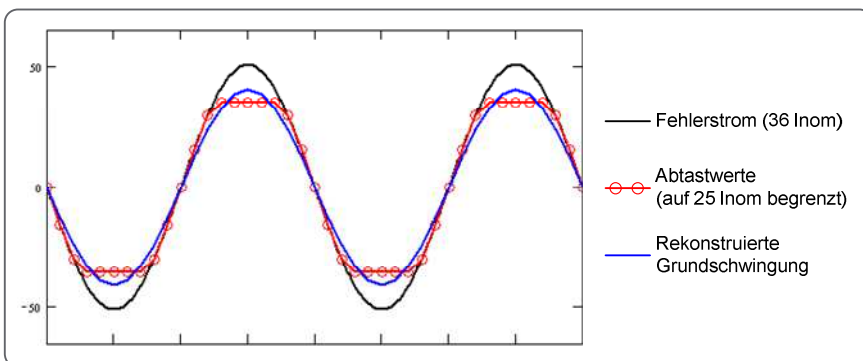
Der Dynamikbereich des Strom-Meßeinganges legt fest, bis zu welchem (betragsmäßig) größten Wert linear abgetastet wird. Momentanwerte der Ströme, die größer als der eingestellte Dynamikbereich sind, werden auf den Größtwert begrenzt („geclippt“ – siehe Bild 8a, b).

Hieraus ergibt sich ein näherungsweise linear zunehmender Betragsfehler des gefilterten Grundschwingungsstroms (Bild 8c).

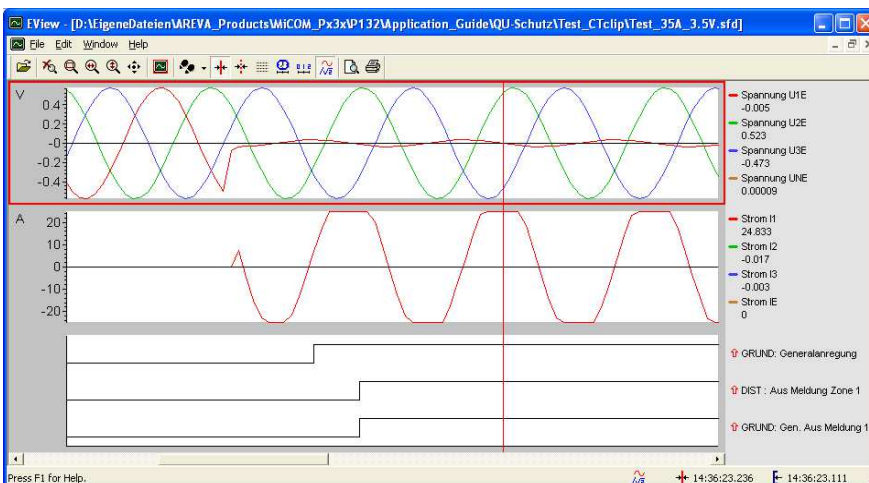
Beispiel: Ein Fehlerstrom von 36 Inom führt zu einem Grundschwingungsmeßwert von 29.2 Inom = 0,81 \* 36 Inom, d.h. der Grundschwingungsstrom wird um ca. 20% zu klein gemessen.

Da ein zu kleiner Strom ermittelt wird, wird die Meßimpedanz größer, d.h. der Distanzschutz tendiert zur Unterfunktion. Im oben genannten Beispiel wird der Impedanzbetrag um ca. 25% größer.

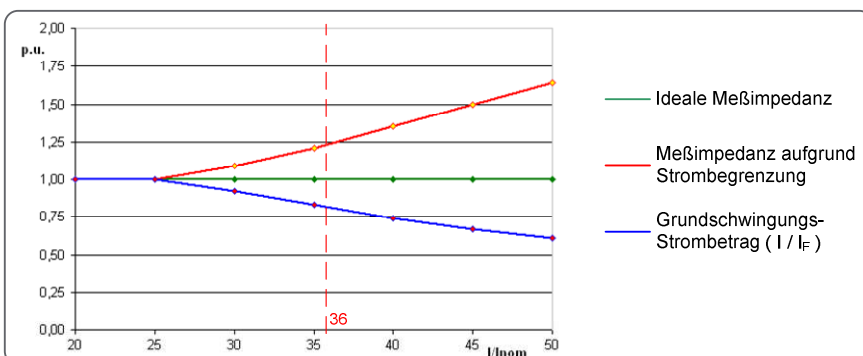
Es ergibt sich kein Winkelfehler, da die Lage der natürlichen Strom-Nulldurchgänge fehlerfrei erfasst wird.



Beispielhafter Stromverlauf mit Überschreitung der Meßbereichsgrenze  
a) theoretische Werte



b) aufgezeichnete Störfalldaten eines P439



c) Fehler-Abschätzung für Strom- und Impedanzbetrag

Bild 8: Abtastung und Meßfehler bei Strombegrenzung

## 5. Technische Daten

Auszug aus den technischen Daten der MiCOM P13x/P43x Geräte.

### Abweichungen der Ansprechwerte

Spannungszeitschutz  $U_{<}$ ,  $U_{mit<}$ ,  $U_{ref<}$ :  $\pm 1\%$  (im Bereich 0,6 ... 1,4  $U_{nom}$ )

Leistungsrichtungsschutz  $Q_{>}$ ,  $P_{<}$

Ansprechwert:  $\pm 20\%$  (für  $U > 0,3 U_{nom}$  und  $I > 0,1 I_{nom}$ ) bzw.  $\pm 1^\circ$  <sup>1)</sup>

Richtungsmessung:  $\pm 1^\circ$  (im Bereich 0,01 ... 1  $S_{nom}$ )

Das Rückfallverhältnis ist für beide Funktionen separat einstellbar.

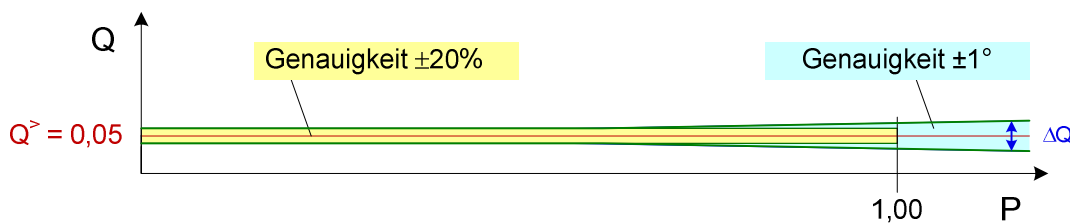
Die Anforderungen an die Meßgenauigkeit der Leistung gem. FNN Lastenheft („ $\pm 5\%$  bei  $S_n$  und  $\pm 20\%$  im angegebenen Einstellbereich“) werden eingehalten.

<sup>1)</sup> Anmerkung:

Aufgrund der Winkelungenauigkeit von maximal  $\pm 1^\circ$  (wie in Bild 6 skizziert) steigt bei konstanter  $Q_{>}$  Schwelle der absolute Fehler der Blindleistungsmessung proportional zur Wirkleistung an. Das sich daraus ergebende Toleranzband  $\Delta Q$  ist abhängig von der aktuellen Wirkleistung und dem eingestellten Ansprechwert und ergibt sich zu

$$\Delta Q = P [\tan(\varphi + 1^\circ) - \tan(\varphi - 1^\circ)] \quad \text{mit } \varphi = \arctan \frac{Q_{>}}{P}$$

Zur besseren Veranschaulichung hier noch eine graphische Darstellung des Geräte-Toleranzbereichs für einen beispielhaften Einstellwert  $Q_{>} = 5\% S_{nom}$ .



Die Darstellung ist maßstäblich und zwecks größerer Skalierung auf einen Quadranten beschränkt. Kennlinie und Toleranzband sind spiegelsymmetrisch zur Q-Achse.

### Abweichungen der Zeitstufen

Unabhängige Verzögerungszeiten:  $\pm 1\% + 20 \dots 40 \text{ ms}$

### Meßeingänge

#### Strom

Nennstrom  $I_{nom}$ : 1 und 5 A~ (einstellbar)

Nennverbrauch je Leiter:  $< 0,1 \text{ VA}$  bei  $I_{nom}$  (ca. 20 mΩ Bürdenwiderstand)

Belastbarkeit:  
dauernd: 4  $I_{nom}$  (20 A)  
für 10 s: 30  $I_{nom}$  (150 A)  
für 1 s: 100  $I_{nom}$  (500 A)  
Nennstoßstrom: 250  $I_{nom}$  (1250 A)

Die Stromwandlerbelastbarkeit ist unabhängig von Einstellungen des Nennstroms und Dynamikbereichs.

#### Spannung

Nennspannung  $U_{nom}$ : 50 ... 130 V~ (einstellbar)

Nennverbrauch je Leiter:  $< 0,3 \text{ VA}$  bei  $U_{nom} = 130 \text{ V~}$

Belastbarkeit: dauernd 150 V~

**Frequenz**

Nennfrequenz  $f_{nom}$ : 50 Hz und 60 Hz (einstellbar)  
Arbeitsbereich: 0,95 ... 1,05  $f_{nom}$

**Ausgangsrelais (Standardvariante)**

Bemessungsspannung: 250 V–, 250 V~  
Dauerstrom: 5 A  
Kurzzeitstrom: 30 A für 0,5 s  
Einschaltvermögen: 1000 W (VA) bei L/R = 40 ms  
Ausschaltvermögen: 0,2 A bei 220 V– und L/R = 40 ms,  
4 A bei 230 V~ und  $\cos \varphi = 0,4$

Weitere Ausgangsrelais-Varianten als Bestelloption.

**Binäre Signaleingänge (Standardvariante)**

Schaltswelle im Bereich 14 V ... 19 V–  
Maximal zulässige Spannung 300 V –  
Leistungsaufnahme je Eingang:  $U_E = 19 \dots 110 \text{ V–}: 0,5 \text{ W} \pm 30 \%$   
 $U_E > 110 \text{ V–}: U_E \cdot 5 \text{ mA} \pm 30 \%$

Sondervarianten mit Schaltschwellen von 58 ... 72 % der Nenneingangsspannung als Bestelloption.

**Klimatische Bedingungen**

Umgebung: Empfohlener Temperaturbereich: -5°C bis +55°C  
Grenztemperaturbereich: -25°C bis +70°C  
Feuchtebeanspruchung:  $\leq 75\%$  relativer Feuchte (Jahresmittel)  
56 Tage mit  $\leq 95\%$  relativer Feuchte und 40°C, Betauung nicht zulässig  
Sonneneinstrahlung: Direkte Sonneneinstrahlung auf die Gerätefront ist zu vermeiden

## 6. Geräteversionsübersicht

Die folgende Tabelle zeigt, ab welchen Geräteversionen die in dieser Applikationsschrift beschriebene Umsetzung der Q/U-Schutzfunktion möglich ist, ggf. mit den in Kapitel 4 genannten Einschränkungen.

Voraussetzung für die Anwendbarkeit sind die Verfügbarkeit und der Umfang der Leistungsrichtungs-Schutzfunktion P<>. Insoweit ist die Software-Version bestimmend. Die angegebene Hardware-Kennziffer dient nur zur Orientierung, um gegebenenfalls entscheiden zu können, ob ein Software-Update ohne weitere Maßnahmen möglich ist.

	Lösung gemäß FNN Variante 2 [gerade Q> Kennlinie]	
	ab HW	ab SW
<b>Überstromzeitschutz</b>		
P130C	-301	-601
P132	-301	-601
P139	-301	-601
<i>PS482</i>	-303	-610
<i>PS982</i>	-	-
<b>Distanzschutz</b>		
P430C	-301	-603
P433/ P435	-301	-601
P439	-301	-601
<i>PD532/PD552</i>	-301	-604
<i>PD932</i>	-301	-602

## 7. Dokumentenhistorie

Version	Datum	Info
A	13.11.2009	Erstausgabe auf Basis des Arbeitsstands 2009-08-03 des FNN Diskussionspapiers zum Blindleistungsrichtungs-Unterspannungsrelais
B	18.12.2009	Überarbeitung auf Basis des Arbeitsstands 2009-11-27 des FNN Diskussionspapiers zum Blindleistungsrichtungs-Unterspannungsrelais. Im Wesentlichen wurden geändert: Kap. 2 und 3.1: Ergänzung der Variante 2 – konstante Blindleistungsüberwachung Kap. 3.4: Freigabelogik für die (Wieder-) Zuschaltung von Windkraftanlagen
C	29.04.2010	Ergänzung bzgl. Stromfreigabekriteriums (neues Kap. 3.3). Ergänzung der Geräteversionsübersicht (Kap. 6) mit denen die hier beschriebene Q/U-Funktion realisiert werden kann. Kleinere redaktionelle Änderungen und Korrektur von Schreibfehlern.
C2	26.05.2010	Ergänzende Anmerkungen zum Mindeststrom (Kap. 3.1).
C3	28.07.2010	Anmerkung zu Bild 4 bzgl. Spannungskriterium ergänzt. Korrektur der Angabe zu PD932 in der Geräteversionsübersicht (Kap. 6).
D	03.09.2010	Lösungsvariante mit gestufter Q(P)-Kennlinie entfernt (Kap. 3.1).
E	29.10.2010	Blockade bei Generalanregung entfernt (Kap. 3.4).
F	15.12.2010	Layoutänderung
G	03.05.2014	Korrektur Formatfehler
H	03.06.2014	Klarstellung bzgl. Leistungsmeßgenauigkeit
I	11.07.2014	Ergänzende Hinweise zur Festlegung und Kontrolle der Blindleistungsrichtung (Kap. 3.1 und 3.6) Vereinfachungen durch die neue Geräteversionen Px3x-650 ff

Schneider Electric  
35, rue Joseph Monier – CS30323  
F - 92500 Rueil-Malmaison cedex (France)  
Tel: +33 (0)1 41 29 85 00  
Fax: +33 (0)1 41 29 71 00

RCS Nanterre 954 503w  
Capital social 896 313 776 €  
ww.schneider-electric.com

*As standards, specifications and designs change from time to time, please ask for contribution of the information given in this publication.*

Design: Schneider Electric  
Photos: Schneider Electric