

Empfehlungen zur effizienten Prüfung des Q-U-Schutzes

Michael Albert, OMICRON

Kurzzusammenfassung

Durch die verstärkte Errichtung von dezentralen Energieerzeugungsanlagen wird die Prüfung der dazugehörigen Schutzgeräte bzw. Schutzfunktion immer wichtiger. Einen Teil dieses Schutzkonzeptes wird durch den Blindleistungsrichtungs-Unterspannungsschutz abgedeckt.

In diesem Beitrag wird die Schutzprüfung dieser Funktion genau untersucht. Unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Realisierungsformen in den Schutzgeräten der verschiedenen Hersteller wird ein Prüfablauf entwickelt, der anhand von Beispielen erläutert wird.

Neben der inhaltlichen Entwicklung des Prüfplanes werden auch die Potentiale, die aus einer konsequenten Umsetzung der vorgestellten Konzepte in der OMICRON Prüfumgebung hervorgehen, aufgezeigt. Hierzu zählen die Möglichkeiten zur Standardisierung der Prüfung durch Automatisierung oder die effektive Nutzung der automatischen Schutzprotokollerstellung.

Einleitung

Die Entwicklungen der letzten Jahre im Bereich der Energieerzeugung zeigen einen eindeutigen Trend zum verstärkten Einsatz von dezentralen Energieerzeugungsanlagen. Um diese Anlagen ans Netz

anschließen zu können müssen sie auch für den Fehlerfall durch geeignete Schutzkonzepte abgesichert werden.

In dem Bereich der dezentralen Einspeisungen müssen in den kommenden Jahren viele Investitionen getätigt werden, um die erzeugte elektrische Energie zum Endkunden zu bringen. Dazu gehören im Wesentlichen:

- Der Aufbau der Erzeugungsanlagen selbst,
- eine Umstrukturierung des elektrischen Versorgungsnetzes,
- und natürlich auch die Integration von Schutzkonzepten, die diesen neuen Anforderungen gerecht werden.

Diese Veränderungen führen dazu, dass Netzanschlussregeln formuliert werden müssen, die in Verbindung mit Erzeugungsanlagen zur Spannungshaltung und somit zur Stabilisierung des Netzes dienen. Ein Teil dieser Systemautomatik bildet der Blindleistungsrichtungs-Unterspannungsschutz, oder kurz Q-U-Schutz [1].

Dieser Beitrag beschreibt die wesentlichen Inhalte dieses Schutzkonzeptes und erörtert die Möglichkeiten dieses Konzept durch eine effiziente Schutzprüfung zu verifizieren.

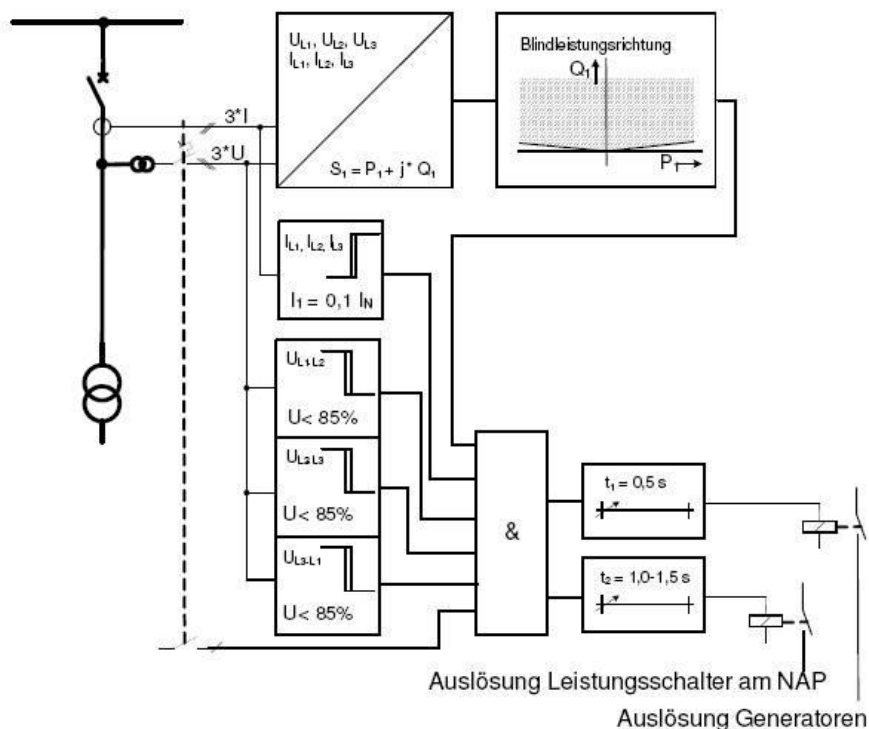


Bild 1 Prinzipskizze der Q-U-Schutzfunktion [1]

Q-U-Schutz

Der Blindleistungsrichtungs-Unterspannungsschutz soll hauptsächlich die Spannungshaltung im Falle eines elektrischen Fehlers unterstützen. Er sorgt dafür, dass bei Absinken der Spannung am Netzübergabepunkt und gleichzeitigem Blindleistungsbezug der Erzeugungsanlage eine Netztrennung erfolgt.

In Bild 1 ist diese Funktionsweise als Logikdiagramm dargestellt [1]. Hierbei werden die Messwerte der verketteten Spannungen auf ein Unterschreiten eines Schwellwertes überwacht (Unterspannungsfreigabe). Ist dieser Fall gegeben und fließt gleichzeitig auch ein Mindeststrom – oder einer Mindestblindleistung – werden nach Prüfung der Flussrichtung der Blindleistung zwei Timer gestartet. Diese Timer besitzen unterschiedliche Laufzeiten (Standardwerte 0,5s und 1,5s). Über die kürzere Laufzeit sollen die Generatoren vom Netz getrennt werden. Kann diese Netztrennung aus irgendeinem Grund im Fehlerfall nicht erfolgen, wird über den zweiten Timer eine Auslösung am Netzanschlusspunkt (NAP) initiiert.

Die Feststellung der Blindleistungsrichtung kann unter Verwendung zweier Varianten ermittelt werden.

Bei Variante 1 (Bild 2) wird eine konstante Blindleistungsschwelle im Bereich der Blindleistungsaufnahme durch die Erzeugereinheit überwacht.

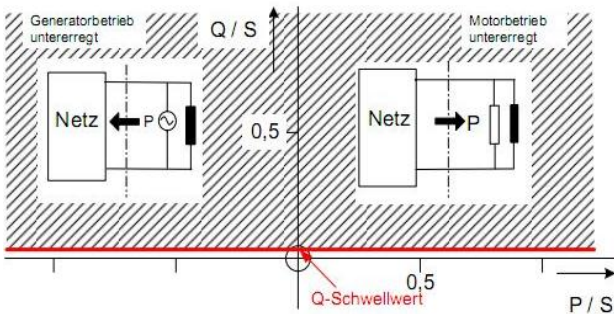


Bild 2 Auslöseverhalten: Konstante Blindleistungsschwelle

Um evtl. Überfunktionen vorzubeugen wird bei Variante 2 (siehe Bild 3) die Kennlinie mit dem Lastwinkel φ geknickt. In diesem Falle muss ein Mindeststrom I_{\min} als zusätzliches Freigabekriterium überschritten werden.

Das oben beschriebene Verhalten wird in den Schutzgeräten verschiedenster Hersteller mit Hilfe der programmierbaren Logikbausteine oder auch als integrierte Schutzfunktion realisiert.

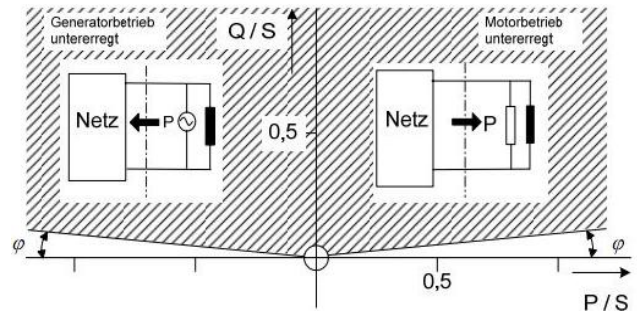


Bild 3 Auslöseverhalten in Abhängigkeit des Lastwinkels

Die Funktionsweise des Q-U-Schutzes ist durch das Pflichtenheft des FNN sehr genau beschrieben und bietet aus diesem Grund in der Realisierung im Schutzgerät wenig Spielraum für gerätespezifische Abweichungen.

Somit kann die Prüfung dieser Funktion weitestgehend unabhängig von dem zu prüfenden Schutzgerät erfolgen. Es können somit Prüfungen oder ein ganzer Prüfablauf erstellt werden, der bei der Prüfung aller Schutzgeräte eingesetzt werden kann.

Elemente der Schutzprüfung

Bei der QU-Schutzfunktion handelt es sich um eine sogenannte Systemschutzfunktion, die nicht feldbezogen arbeitet. Sie kann in bestehende Schutzgeräte integriert werden, mittels programmierbarer Logik oder auch als integrierte Schutzfunktion. An dieser Stelle muss aber darauf geachtet werden die Auslösungen der Q-U-Funktion von der Generalauslösung des Schutzgerätes zu trennen. In den weiteren Betrachtungen werden die beiden Auskommandos zum NAP und zum Generator ebenfalls getrennt erfasst und ausgewertet.

Dieser Beitrag beleuchtet im Wesentlichen die Prüfung der Schutzfunktion des Q-U-Schutzes und zeigt nicht eine Prüfung der Schutzgeräte, die die Q-U-Schutzfunktion enthalten. Er stellt deshalb keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Die wesentlichen Teile der Schutzprüfung für den Q-U-Schutz ergeben sich aus der Analyse von Bild 1. Die Reihenfolge bei der Prüfung einer Schutzfunktion ergibt sich naturgemäß aus dem Aufbau der logischen Bausteine. Hier werden zuerst die Freigabefunktionen – Unterspannungsfreigabe und Mindeststromschwelle – geprüft. Nach dem Nachweis der korrekten Funktionsweise können die Funktionen und Elemente der Logik geprüft werden, die schlussendlich das Auslösekommando bewirken. Konkret handelt sich hier um die Kennlinie zur Blindleistungsflussrichtung und die beiden Timer mit den einstellbaren Auslösezeiten.

Freigabefunktionen

Unterspannungsfreigabe

Der Q-U-Schutz soll nur aktiv werden, wenn die größte der drei gemessenen verketteten Spannungen einen Schwellwert unterschreitet. Bei der Prüfung wird dabei die Spannung kontinuierlich verringert bis der Schwellwert unterschritten wird. Die Wirksamkeit der Unterspannungsfreigabe wird dabei mit einem der beiden Auslösekommando sichergestellt.

Neben der Funktion der Unterspannungsfreigabe sollte in diesem Zusammenhang die korrekte Funktion des UND-Gatters durch zyklische Gegenproben geprüft werden.

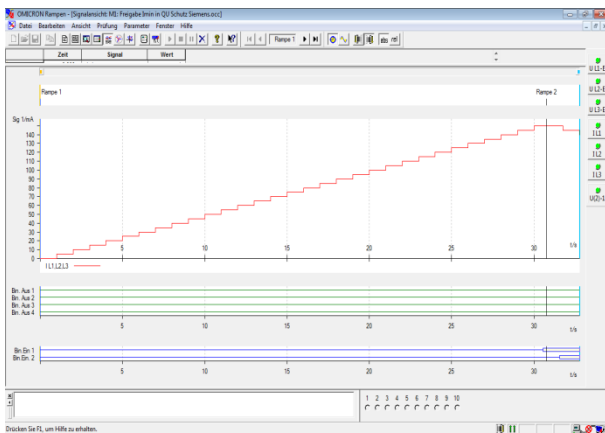


Bild 4 Prüfung der Mindeststromschwelle.

Ist das Auslöseverhalten der Q-U-Schutzfunktion in Abhängigkeit des Lastwinkels realisiert muss eine Mindeststromfreigabe vorgesehen werden. Diese kann ebenfalls mittels einer einfachen Schwellwertprüfung wie in Bild 4 dargestellt verifiziert werden. Die Triggerung der Messung erfolgt auch hier mittels eines der beiden Auskommandos.

Schutzfunktionen in der P-Q Ebene

Aus Bild 2 und Bild 3 ist erkennbar, dass zwei verschiedene Ausführungen der Blindleistungsrichtungserkennung möglich sind. Diese können aber auf ähnliche Weise geprüft werden. Wichtig dafür ist, dass die zur Prüfung notwendigen Punkte in der P-Q Ebene, also direkt über die Leistung, definiert werden können. Dies erleichtert die Positionierung der Prüfpunkte und erhöht die Effizienz bei der Durchführung der eigentlichen Prüfung.

Prüfung der Auslösekennlinie

Die Prüfung wird exemplarisch am Beispiel der in Bild 3 dargestellten Auslösekennlinie in Abhängigkeit des Lastwinkels gezeigt. Bei den Betrachtungen in der PQ-Ebene lassen sich die notwendigen Prüfpunkte sehr leicht angeben. Um die dargestellte Kennlinie vollständig prüfen zu können, sind mindestens 4 Prüfpunktepaare notwendig (siehe Bild 5). Ein Prüfpunktepaar besteht dabei aus ei-

nem Prüfschuss innerhalb des Auslösebereiches und einem Prüfschuss, der nicht zur Auslösung führt.

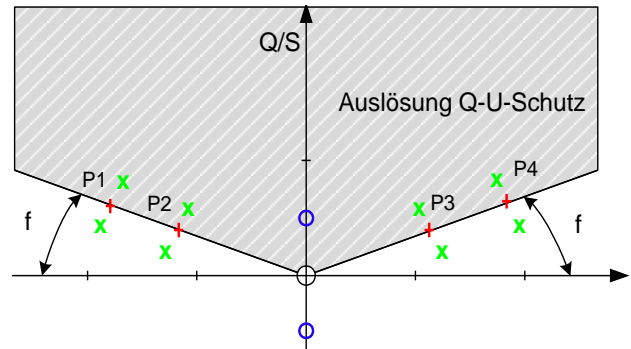


Bild 5 Schussprüfung in der P-Q-Ebene.

Trotz der einfachen Eingabe der Prüfpunkte muss darauf geachtet werden, dass die Freigabebedingungen des Q-U-Schutzes erfüllt sind. Bei jedem Prüfschuss müssen also die Bedingungen der Unterspannungsfreigabe und die Überschreitung des Mindeststromes gegeben sein.

Die Prüfung des Auslöseverhaltens bei konstanter Blindleistungsschwelle kann analog zu dieser Prüfung durchgeführt werden.

Prüfung der Blindleistungsflussrichtung

In der P-Q-Ebene wird auch deutlich wie die Blindleistungsflussrichtung recht einfach geprüft werden kann. Hierzu wird ein einfaches Prüfpunktepaar verwendet, das zum einen den Blindleistungsbezug und zum anderen die Blindleistungsabgabe der Erzeugungsanlage simuliert (o).

Die Bewertung der Prüfschüsse erfolgt über eine Auswertung der gemessenen Auslösezeiten. Im Verlaufe der beiden Prüfungen können die Zeiten t_1 und t_2 gemessen und verifiziert werden.

Alternative Möglichkeit

Eine alternative Möglichkeit zu den bereits erwähnten Prüfschusspaaren, ist die Verifikation des Prüfpunktes mit Hilfe einer Messung.

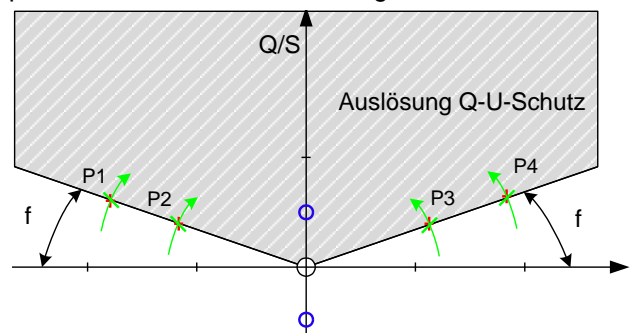


Bild 6 Kennlinien Prüfung durch Messung.

Hier wird mit Hilfe einer kontinuierlichen Änderung der Prüfgrößen der Prüfpunkt schrittweise in den Auslösebereiche gebracht. Der Vorteil dieser Methode liegt darin, dass in diesem Falle der Winkel

als Messgröße verwendet werden kann. Dieser ist ein Einstellwert und seine Korrektheit kann somit direkt und nicht wie in dem ersten Fall implizit nachgewiesen werden.

Zusätzliche Funktionen

Unter den zusätzlichen Funktionen werden alle Funktionen zusammengefasst, die im Zusammenhang mit dem Q-U-Schutz noch wichtig sind. Hierzu gehören die Möglichkeiten zur Blockierung der Funktion durch Inrush Erkennung oder durch einen Binärkontakt des Schutzgerätes. Letzteres wird zum Beispiel dazu benutzt den Q-U-Schutz zu Prüfzwecken zu blockieren.

Eine weitere Funktionalität, die aber meist nur in den Hoch- und Höchstspannungs-Ebenen verwendet wird, ist die Wiederschaltfunktion. Die Freigabe der Wiederschaltung kann ebenfalls mittels einer Schwellwertprüfung realisiert werden.

Ablauf einer Prüfung der Q-U-Schutzfunktion

Wichtig für eine erfolgreiche und vor allem vollständige Schutzprüfung sind natürlich die Inhalte und Ergebnisse der einzelnen Prüfungen. Hintergrund der Schutzprüfung ist aber natürlich das Auffinden von Fehlern im Schutzsystem, und im Nachgang deren Analyse. Diese Analyse beginnt natürlich vor Ort bei der Schutzgeräteprüfung. Um die Fehlerquellen zu minimieren und die Fehlersuche zu vereinfachen und zu optimieren ist die Reihenfolge der Einzelprüfungen im Rahmen einer Schutzprüfung von großer Bedeutung.

In der Praxis bewährt hat sich folgende Vorgehensweise, die in diesem Beitrag an das Beispiel des Q-U-Schutzes angepasst, sich aber auf beliebige Schutzfunktionen und auch Schutzsysteme anpassen und erweitern lässt.

- Verdrahtungsprüfung: Festlegen der Richtung (Zählpfeilsystem).
- Prüfung der Freigabefunktion
- Prüfung der Auslösekennlinie
- Prüfung der Bindleistungsflussrichtung
- Zusätzliche Funktionen (Wenn vorhanden)
 - Inrushblockierung
 - Blockierung über Binärkontakt (zu Prüfzwecken und somit nur interessant, bei der Erstinbetriebnahme der Q-U-Schutzfunktion)
 - Wiederschaltung
- Auslöseprüfung (im Idealfall mit Leistungsschalter um den gesamten Kommandoweg des AUS-Signals verifizieren zu können).

Q-U-Schutzprüfung in der Praxis

Dieser Ablauf von Einzelprüfungen kann in der OMICRON Prüfumgebung in ein OCC-File (OMICRON Control Center) eingebettet werden (siehe Bild 7). Durch die Verwendung des Control Centers kann auf einfache Art eine vorgegebene Reihenfolge eingehalten werden. Dies führt dazu, dass die Prüfung an zentraler Stelle vorbereitet und dezentral ausgeführt werden kann. Die Prüfung selbst ist aber immer die gleiche und auch von verschiedenen Prüfern durchführbar.

Der Prüfplan, der in diesem Beitrag beschrieben wird, ist so ausgeführt, dass er, nahezu unabhängig von den Schutzgeräten, die Q-U-Schutzfunktion prüfen kann. Somit ist dieser Prüfplan universell anwendbar.

Änderungen in den Einstellwerten müssen aber natürlich berücksichtigt werden. Diese können in der OMICRON Prüfumgebung in einer XRIO Datei angelegt werden (siehe Bild 8).

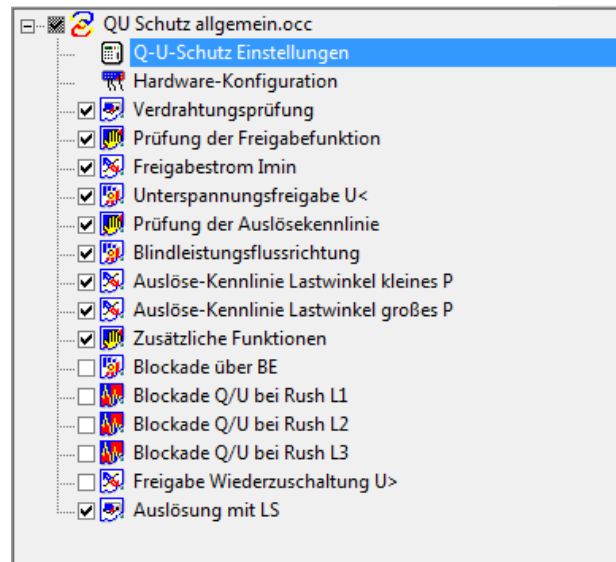


Bild 7 Prüfplan für eine Q-U-Schutzprüfung.

Dies ermöglicht die zentrale Eingabe der zu überprüfenden Größen. Zusätzlich ist es möglich die Einstellwerte wiederum im Protokoll der Schutzprüfung sichtbar zu machen.

Ein weiterer sehr großer Vorteil bei der Verwendung von XRIO liegt darin, dass eine Weiterverarbeitung der Eingabegrößen in einem sogenannten XRIO Konverter erfolgen kann [3].

Stat	Name	Fremd-ID	Beschreibung	Wert	Einheit
✓	US		Unterspannungsfreigabe	85.00	%
✓	TNAP		Auslösezeit zum Netzanschlusspunkt	1.50	s
✓	TGEN		Auslösezeit zum Generator	0.50	s
✓	IMIN		Mindeststrom	0.10	A
✓	UTOL		Relais toleranz (Spannungsmessung)	5.00	%
✓	ITOL		Relais toleranz (Strommessung)	5.00	%
✓	TTOL		Relais toleranz (Zeitmessung)	5.00	%
✓	RELTIME		Relais eigenzeit	0.10	s
✓	Lastwinkel		Lastwinkel der Kennlinie in der P-Q-Ebene	3.0000	°
✓	Pg		P> [%]	80.00	
✓	Ps		P< [%]	40.00	
✓	Gg		Q> [%]	-3.00	
✓	Ggg		Q>> [%]	-5.00	

Bild 8 Eingabe der Schutzeinstellungen.

Mit Hilfe eines solchen Konverters können die Einstellwerte in Prüfdaten umgewandelt werden, die automatisch (unter Verwendung der *Link2XRIO*-Funtionalität) in die Prüfmodule transferiert werden können. Somit entsteht ein nahezu automatischer Datenfluss, bei dem die Fehler bei der Voreinstellung der Prüfmodule minimiert werden [4].

Protokollierung der Schutzprüfung

Gerade bei der Schutzprüfung dezentraler Erzeugungseinheiten spielt das Protokoll der Schutzprüfung eine wichtigere Rolle als es das bei anderen Schutzprüfungen der Fall ist. Diese Prüfprotokolle werden meist für interne Zwecke verwendet, dementsprechend ist ein standardisierter Inhalt und oder einheitliche Form eher zweitrangig.

Die Prüfprotokolle der dezentralen Erzeugungseinheiten werden den Zertifizierern vorgelegt und haben in diesem Falle einen anderen Stellenwert. Sie sollten nach Möglichkeit den Wünschen und Bedürfnissen aller Beteiligten entsprechen.

Prüfbericht Blindleistungsunterspannungsschutz OMICRON AWT 2011

Prüfbjekt - Allgemein

Anlage/Feld:
 Anlage: Darmstadt Anlagenadresse:
 Feld: OMICRON Feldadresse:

Gerät:
 Name/Beschreibung: Q-U-Schutz Einstellungen Hersteller:
 Gerätetyp: Geräteadresse:
 Serien-/Modellnummer:
 Zusätzl. Information 1:
 Zusätzl. Information 2:

Hardware-Konfiguration

Prüfgeräte

Typ	Seriennummer
CMC256-6	??????

Bild 9 Automatisch generiertes Prüfprotokoll.

Dies kann nur dadurch gewährleistet werden, dass eine individuelle Anpassung der Prüfprotokolle erfolgen kann (siehe Bild 9).

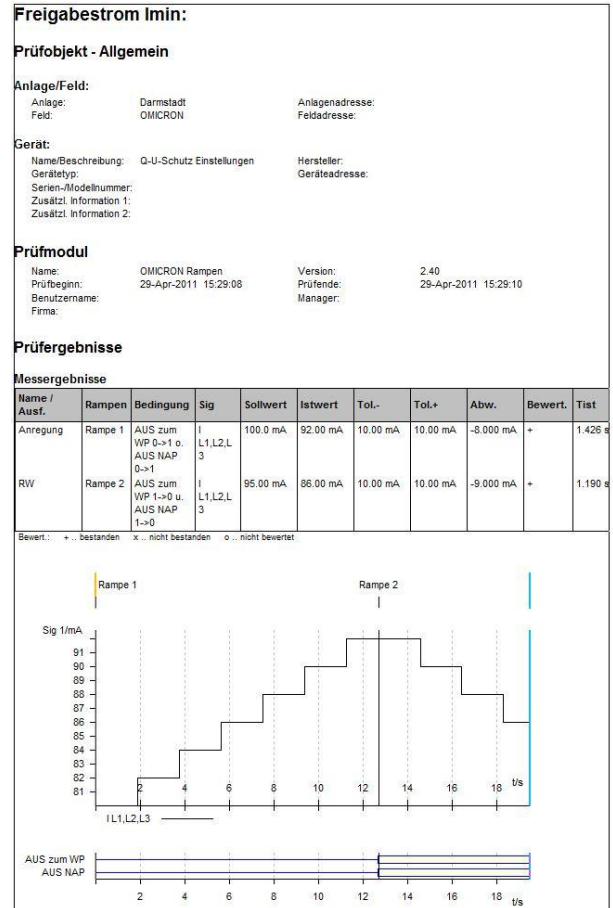


Bild 10 Automatisch generiertes Prüfprotokoll (Teilprüfung Imin).

Wie in Bild 10 erkennbar kann ein solches automatisch generiertes Protokoll sehr umfangreich sein. Dies ist oftmals eine gewünschte Darstellungsform, die aber auf Kosten der Übersichtlichkeit erkaufte wird. Für die gleiche Prüfung (in diesem Falle die Prüfung der Mindeststromfreigabe) kann auch das Protokoll aus Bild 11 als ausreichend akzeptiert werden.

Freigabestrom Imin:										
Measurement Results										
Name/ Exec.	Ramp	Condition	Sig	Nom.	Act.	Tol.-	Tol.+	Dev.	Assess	Tact
Anregung	State 1	AUS zum WP 0->1 o. AUS NAP 0->1	I L1,L2,L3	100.0 mA	92.00 mA	10.00 mA	10.00 mA	-8.000 mA	+	1.426 s
RW	State 2	AUS zum WP 1->0 u. AUS NAP 1->0	I L1,L2,L3	95.00 mA	86.00 mA	10.00 mA	10.00 mA	-9.000 mA	+	1.190 s

Assess: +... Passed x... Failed o... Not assessed

Test State:
Test passed

Bild 11 Automatisch generiertes Prüfprotokoll (Teilprüfung Imin angepasst).

Die Größe des Protokolls kann individuell verändert werden und somit auf die Bedürfnisse angepasst werden.

Zusammenfassung

Der in diesem Beitrag beschriebene Prüfplan zeigt eine Möglichkeit die Blindleistungsunterspannungsfunktion zu prüfen. Gerade im Hinblick auf die Inbetriebnahme von Schutzgeräten oder die Erweiterung bereits bestehender Schutzkonzepte um die Q-U-Schutz-Funktion können die hier diskutierten Fakten und Ideen sehr nützliche umgesetzt werden.

Das beschriebene Schutzkonzept orientiert sich nicht an schutzgerätespezifischen Funktionalitäten, sondern zeigt einen Weg auf, mit dem die Prüfung der Schutzfunktion gemäß den Forderungen aus den FNN Lastenheft geprüft werden können.

Gerade dieser übergreifende Ansatz ermöglicht es wichtige Schritte zur Vereinheitlichung und Optimierung der Schutzprüfung zu gehen. Durch eine effektive Verwendung der OMICRON Prüfumgebung und der Ausnutzung der dort gebotenen Möglichkeiten -

- Reproduzierbarkeit der Schutzprüfung,
- Automatisierung des Prüfablaufs,
- Automatische Schutzprotokollierung,
- uvm.

- lassen sich die Hürden bei der Schutzprüfung minimieren und die Aufgaben der Zukunft effizient bewältigen.

Weitere Informationen zum Q-U-Schutz und den beschriebenen Prüfplan:

www.omicron.at/de/products/pro/secondary-testing-calibration/sw/protection-testing-library/q-u-protection/

Literatur

- [1] VDE: Lastenheft Blindleistungsrichtungs-Unterspannungsschutz (Q-U-Schutz); Ausgabe Februar 2010
- [2] VDN: TransmissionCode 2007, Netz- und Systemregeln der deutschen Übertragungsnetzbetreiber, Version 1.1, August 2007, Verband der Netzbetreiber – VDN – e.V. beim VDEW
- [3] Michael Albert: XRIO – Mehr als nur ein Datenformat, OMICRON AWT 2010
- [4] Michael Albert: Optimierung der Schutzprüfung moderner digitaler Schutzgeräte durch standardisierte Prüfabläufe, VDN Fachtagung 2010

Über den Autor



Michael Albert studierte allgemeine Elektrotechnik an der Universität des Saarlandes. Nach Abschluss des Studiums 1998 arbeitete er am Lehrstuhl für Energieversorgung der Universität des Saarlandes mit dem Hauptaufgabengebiet Leitungsdifferentialschutz.

Seit 2005 arbeitet er im Bereich der Prüfautomatisierung für die Firma OMICRON. Er ist als Produktmanager für die Prüfbibliothek von OMICRON (PTL) verantwortlich. Zu seinen weiteren Aufgabengebieten zählt die Erstellung von Prüfplänen in enger Absprache mit den Kunden.

OMICRON ist ein weltweit tätiges Unternehmen, das innovative Prüf- und Diagnoselösungen für die elektrische Energieversorgung entwickelt und vertreibt. Der Einsatz von OMICRON-Produkten bietet höchste Zuverlässigkeit bei der Zustandsbeurteilung von primär- und sekundärtechnischen Betriebsmitteln. Umfassende Dienstleistungen in den Bereichen Beratung, Inbetriebnahme, Prüfung, Diagnose und Schulung runden das Leistungsangebot ab.

Kunden in mehr als 140 Ländern profitieren von der Fähigkeit des Unternehmens, neueste Technologien in Produkte mit überragender Qualität umzusetzen. Niederlassungen in Europa, Nordamerika, Südostasien, Australien und im Nahen Osten, ein weltumspannendes Netz von Vertriebspartnern sowie etablierte Plattformen für den internationalen Erfahrungsaustausch stellen sicher, dass das breite und tiefe Anwendungswissen und der erstklassige Kundenservice allen Anwendern zur Verfügung steht.

Europa, Naher Osten, Afrika
OMICRON electronics GmbH
Oberes Ried 1
6833 Klaus, Austria
Tel.: +43 5523 507-0
Fax: +43 5523 507-999
info@omicron.at

Nord- und Lateinamerika
OMICRON electronics Corp. USA
12 Greenway Plaza, Suite 1510
Houston, TX 77046, USA
Tel.: +1 713 830-4660
+1 800-OMICRON
Fax: +1 713 830-4661
info@omicronusa.com

Asien, Pazifischer Raum
OMICRON electronics Asia Limited
Suite 2006, 20/F, Tower 2
The Gateway, Harbour City
Kowloon, Hong Kong S.A.R.
Tel.: +852 3767 5500
Fax: +852 3767 5400
info@asia.omicron.at