



Q-U-Schutz

Blindleistung-Unterspannungsschutz

Blindleistung-Unterspannungsschutz

Die steigende Zahl an dezentralen Einspeisern durch erneuerbare Energien mit Photovoltaik (PV), Windenergie (WEA), Biogas oder auch Blockheizkraftwerken (BHKW) führt zu einer Verlagerung der Aufgaben im Stromnetz. Mit wachsender Leistungsgröße der Erzeugungsanlagen erfolgt der Anschluss immer öfter direkt an das Mittel- oder Hochspannungsnetz. Neben den großen Kraftwerken sind nun auch kleine Erzeugungsanlagen aufgefordert, ihren Beitrag zur Stabilisierung der Stromnetze im Fehlerfall zu erbringen. Das Schutzgerät SG-50 KOMBISAVE erlaubt eine elegante Lösung zur Überwachung der statischen Spannungshaltung und dynamischen Netzstützung unter Berücksichtigung der aktuellen Normen.

Was ist Q-U?

Der vereinfacht als Q-U-Schutz bezeichnete Blindleistungs-Unterspannungsschutz sorgt für eine verzögerte Trennung vom Netz und erlaubt somit eine kurzzeitige Stützung durch längere Einspeisung auf ein fehlerbehaftetes Netz: Er stellt einen Entkopplungsschutz dar, welcher nicht nur Spannung und Strom berücksichtigt, sondern auch die Blindleistungsrichtung der dezentralen Energieerzeugungsanlage (DEA) bewertet. Die technischen Richtlinien des BDEW [4], der Transmission Code 2007 [3] und die daraus resultierenden Anschlussbedingungen an Mittelspannungsnetze der Verteilnetzbetreiber setzen die Rahmenbedingungen.

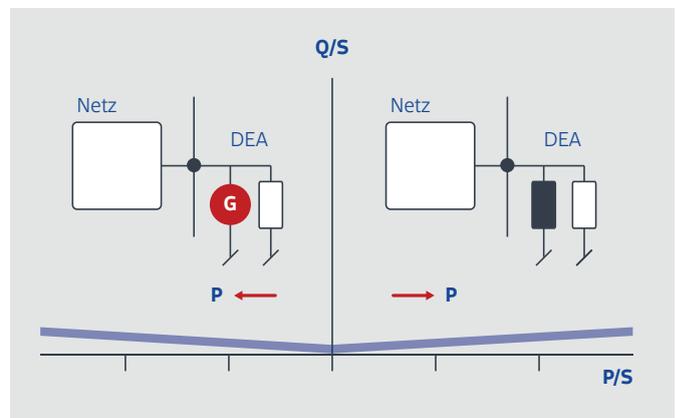
Schutzfunktionen an einer DEA

Die Schutzfunktionen sind mehrstufig ausgelegt und wirken sich im Anlagenschutz am Netzanschlusspunkt (NAP) und dem Generatorschutz der einzelnen Erzeugungseinrichtung (EZE) aus. Folgende Schutzfunktionen am NAP und der EZE können mit dem SG-50 KOMBISAVE realisiert werden:

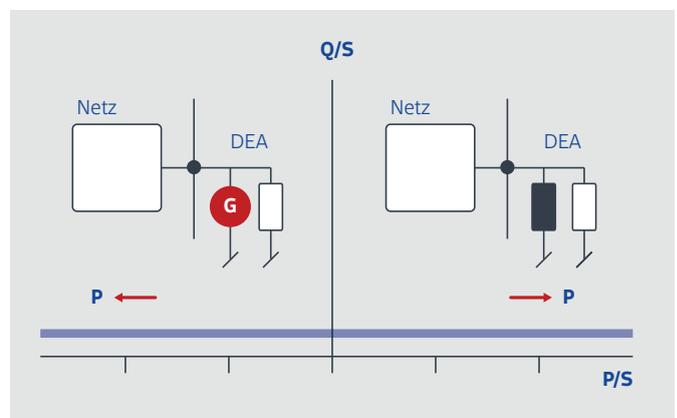
- Blindleistungs-Unterspannungsschutz Q-U
- Spannungssteigerungsschutz $U \gg$ und $U >$
- Spannungsrückgangsschutz $U <$ und $U \ll$
- Frequenzsteigerungsschutz $f >$, $f \gg$
- Frequenzrückgangsschutz $f <$, $f \ll$
- Doppelt gerichteter UMZ, Erdschluss, thermischer Überlast-Schutz
- 6-systemiger 7-stufiger polygonaler Distanzschutz
- Erdschlussortung (EF) für unterschiedliche Erdungsarten
- Automatische Wiedereinschaltung (AWE)
- Synchrocheck

Für die Erkennung der Blindleistungsschwelle stehen nach Normvorgabe [5] zwei Arbeitsweisen zur Verfügung:

- 1 Mindeststromfreigabe und Neigungswinkel $\cos \phi$
- 2 Konstante Blindleistungsschwelle



Mindeststromfreigabe und Neigungswinkel



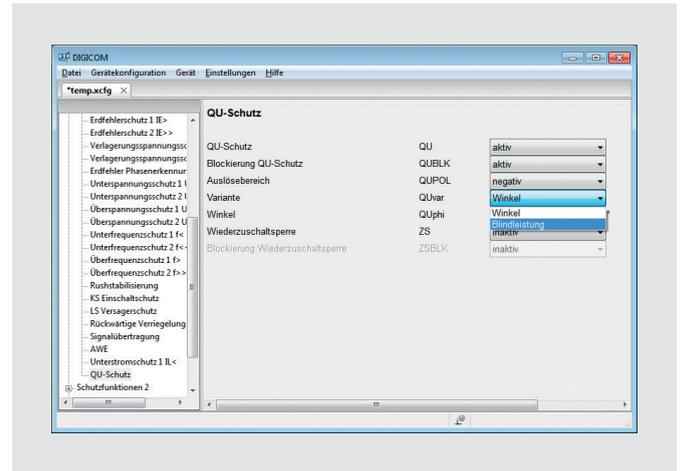
Konstante Blindleistungsschwelle

Wie funktioniert's?

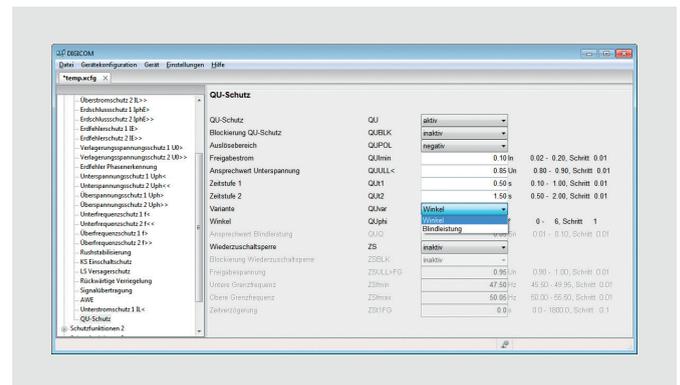
Das Verfahren des Q-U-Schutzes sieht auf den ersten Blick kompliziert aus – es lässt sich jedoch recht plausibel in fünf einzelne Prüfungen zerlegen, die alle vorliegen müssen, um den Bedingungen des Q-U-Schutzes zu genügen. Die ebenfalls geläufige Schreibweise $Q \rightarrow \& U <$ symbolisiert die Kernfunktion.

Als erste Bedingung muss ein Fehlerfall erkannt werden, der hier durch Abfall der Außenleiterspannungen U_{LE} um jeweils mindestens 15% definiert ist. Es müssen demnach alle drei verketteten Spannungen U_{12} , U_{23} , U_{31} kleiner als 85% der vereinbarten Versorgungsspannung sein. Nimmt die Erzeugungsanlage in diesem Fall induktive Blindleistung von mehr als 5% der vereinbarten Nennlast aus dem Netz auf, dann ist die 4. Bedingung erfüllt. Gleichzeitig muss ein entsprechender Lastfluss vorhanden sein, um eine Überfunktion der Blindleistungserkennung zu verhindern. Der eingespeiste Strom muss mindestens 10% I_n betragen, um die 5. Bedingung zu erfüllen. Es wird dabei eine Mitsystem-Stromschwelle herangezogen.

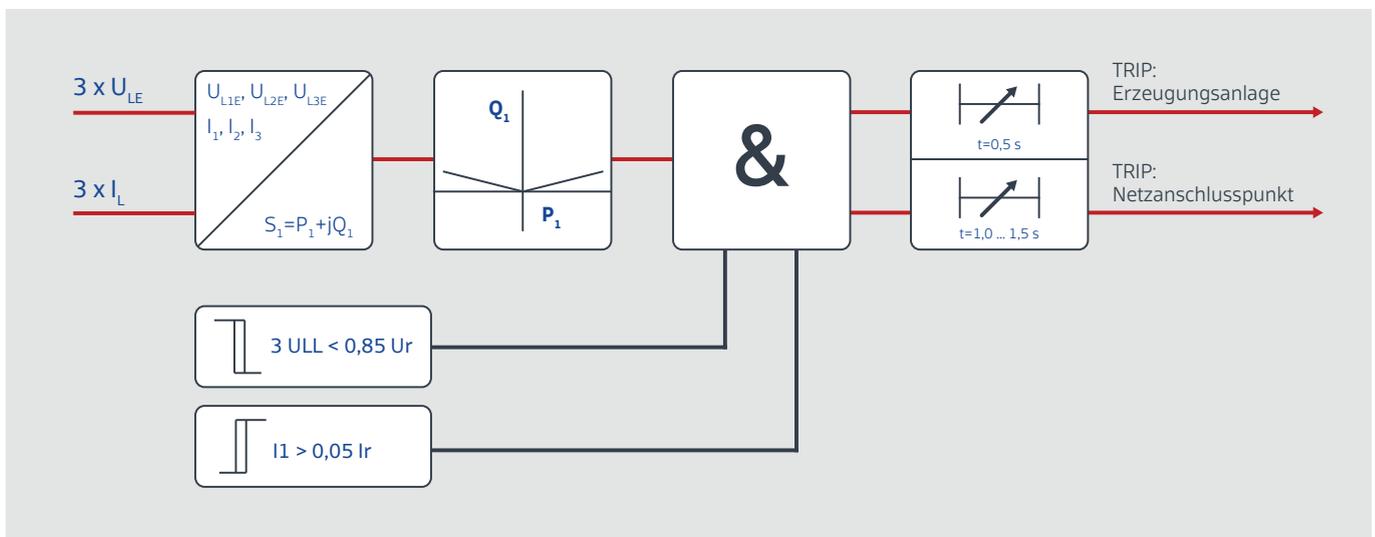
Treffen alle fünf Bedingungen zu, dann liegt eine Anregung des Q-U-Schutzes vor und die Auslösung des Kuppelschalters am Generator muss nach 0,5 s (Q_{t1}) erfolgen. Eine weitere Zeitstufe ist für die Abschaltung der gesamten Erzeugungsanlage am Netzanschlusspunkt nach 1,5 s (Q_{t2}) vorgesehen.



Auswahl der Arbeitsweise nach Winkel oder Blindleistungsschwelle



Integrierte Zeitstufe Q_{t1} (Erzeugungsanlage EZE) und Q_{t2} (Netzanschlusspunkt NAP)



Blockdiagramm des Q-U-Schutzes

Q-U-Relais voll integriert im SG-50 KOMBISAVE

Der Kombischutz des SG-50 sichert seine präzise Funktion durch seine klar strukturierte, immer wieder von Kunden gelobte Parametrierung. Der Q-U-Schutz ist durch ein komfortables Funktionsmodul realisiert und ist nicht wie bei anderen Anbietern umständlich durch Verknüpfung einzelner Funktionen händisch zusammen zu setzen. Nach der Aktivierung des Q-U-Schutzes sind lediglich der Auslösbereich und das nach Norm vorgeschlagene Prinzip Blindleistung oder Winkel-Variante auszuwählen – fertig.

Durch die Modulbauweise ist eine komfortable Anlagensteuerung integriert, durch die sich eine Mittelspannungsan- kopplung umfassend managen lässt: MS-Kabel auf- trennen, Ring-Main-Unit mit zwei Trennern und einem Leistungsschalter (LS) mit Schutz einschleifen. Dabei kön- nen am SG-50 Trenner und LS visualisiert und gesteuert/ verriegelt werden. Der mit LS ausgerüstete Einspeiseknoten wird dann mit QU-, Frequenz- und Spannungsschutz wie auch Anlagenkurzschlusschutz plus EF-Ortung umfassend überwacht.

Sämtliche Normparameter sind mit den entsprechenden Einstellvorschlägen der FNN hinterlegt und können kunden- spezifisch angepasst werden. Selbstverständlich sind die Schutzfunktionen einzeln blockierbar ausgeführt.

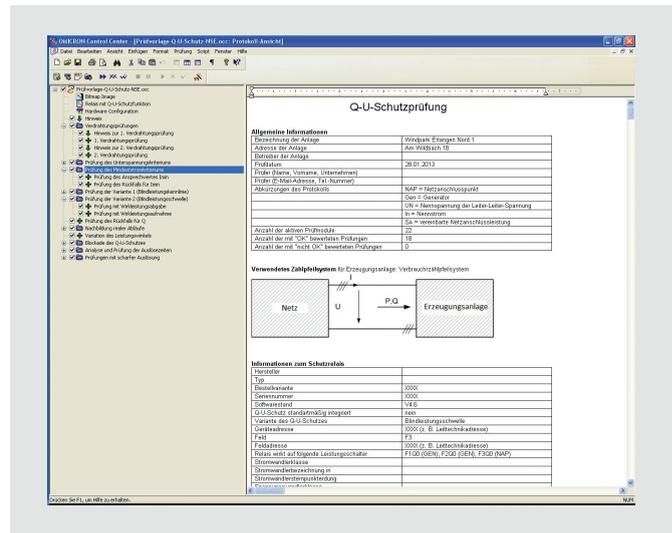
Einrichten und Montieren leicht gemacht

Seiner 13 cm Höhe und 23 cm Breite zum Trotz ist das SG-50 KOMBISAVE mit einem großem Farbdisplay, Funk- tionstasten, Ort-/Fernschalter, Schlüsselschalter und frei belegbaren, mehrfarbigen Status-LED komfortabel ausge- stattet. Es wird als Einbauvariante im Steuerschrank oder für den Aufbau mit Wandmontagewinkeln eingesetzt.

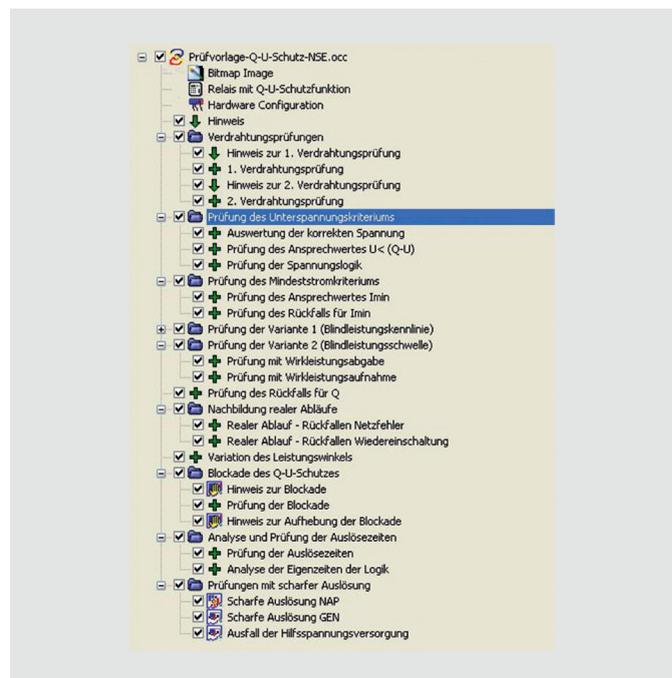
Zur bequemen Verdrahtung an den abziehbaren Klemmen kann das Gerät an den Montagewinkeln abgeklappt werden. Die Parametersätze des Schutzes können über USB-Kabel oder Memory-Stick passwortgeschützt eingespielt und auch am Display vor Ort angepasst werden. Der Schlüsselschalter erlaubt die sichere Verriegelung bei Wartungsarbeiten. Die fernwirktechnische Anbindung erfolgt über IEC 870- 5-103-Protokoll oder IEC 61850-Netzwerk. Sämtliche Schutzdaten und Messwerte des SG-50 KOMBISAVE können ausgelesen und über die selektive Schutzgerätekopplung der Fernwirkserie series5 in die Leitstelle eingebunden werden. Durch die Integration des SG-50 KOMBISAVE in das Parametriertool setIT ist eine Parameterliste bereits vorbe- legt. Störschriebe aus dem SG-50 können ebenfalls ausge- lesen und im Comtrade-Format archiviert werden.

OMICRON-Typprüfung erfolgreich

Die ausgefeilten Funktionen und Algorithmen des Q-U- Schutzmoduls wurden praxisiert und in mehreren Anwendungsszenarien erprobt. Der Q-U-Schutz hat die OMICRON-Typprüfung bestanden. Die technischen Rahmenbedingungen des Q-U-Schutzes im SG-50 KOMBISAVE liegen bei OMICRON als Prüfvorgabe vor und werden in den Prüfprotokollen berücksichtigt. Diese er- leichtern erheblich die Schutzprüfung zur Inbetriebnahme und regelmäßigen Prüfung der Schutzkomponente in der installierten Anlage.



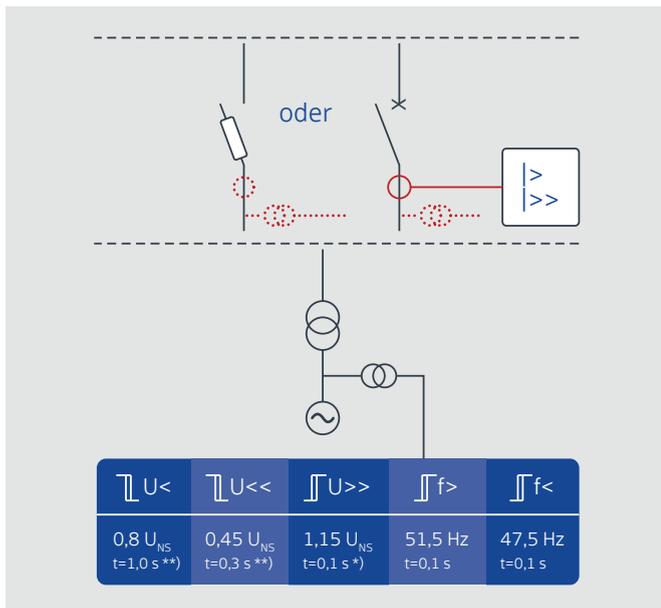
Serienprüfung mit einer Omicron



Typprüfung mit einer Omicron: grüne Kreuze zeigen die bestandenen Prüfungen

Integration in einer Erzeugungsanlage

Je nach Art des Netzanschlusspunktes (NAP) direkt im UW oder im MS-Netz werden vom Netzbetreiber unterschiedliche Vorgaben in den technischen Anschlussbedingungen festgelegt. Bevor eine Erzeugungsanlage in Betrieb genommen werden darf, muss ein entsprechendes Zertifizierungsverfahren die Eignung nachweisen [2]. Unter anderem ist die bestimmungsgemäße Funktion des Schutzkonzeptes darzulegen. Aufwändige einzelne Prüfungen pro Anwendung verteuerten in der Vergangenheit den Nachweis und wurden teilweise unterlassen.



Schutzkonzept bei Anschluss von Erzeugungsanlagen am MS-Netz [4]

Mit dem SG-50-QU ist ein typgeprüftes System am Markt, welches den hohen Ansprüchen an die geforderte Schutzfunktionalität erfüllt. Neben der Q-U-Schutzfunktionalität sind auch ein vierstufiger Frequenzschutz und ein vierstufiger Spannungsschutz integriert. Der Q-U-Schutz wirkt mit seiner Auslösung in zwei Punkten, am Netzanschlusspunkt (NAP) und an der Erzeugungsanlage (EZE) mit unterschiedlichen Zeiten (QUt1 und QUt2) direkt auf die Kuppelschalter. Als Messeingänge sind die Phasenströme sowie die Leiter-Erde-Spannungen oder Leiter-Leiter Spannungen zu verwenden. Um bei einpoligen Fehlern (Erdschluss) keine Überreaktion des Schutzes zu provozieren, werden unabhängig vom Spannungswandler-Anschluss die Leiter-Leiterspannungen im Schutz berechnet.

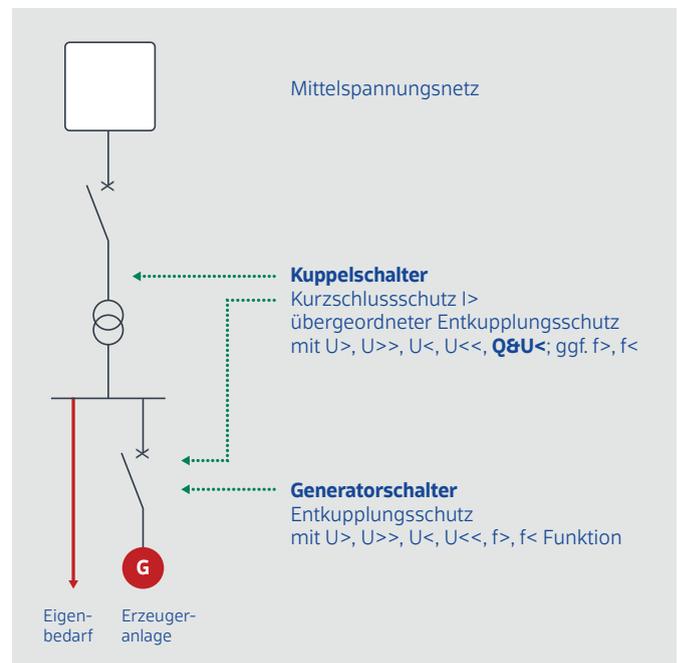
Im Mittel- oder Hochspannungsverbund kann ein Richtungsschutz und sogar ein 6-systemiger polygonaler 7-stufiger Distanzschutz mit Fehlerort am Netzeinspeisepunkt umfassende Schutzfunktionalität übernehmen ohne weitere Geräte einsetzen zu müssen. Der Synchrocheck prüft nach einer Abschaltung die Einschaltkriterien und verhindert so die asynchrone Netzzuschaltung, dabei sind Kriterien der zulässigen

Spannungsdifferenz, Winkeldifferenz und Frequenzdifferenz frei parametrierbar. Neben umfassender Schutzzeigenschaften lässt sich die Anlage mittels integrierter Logikfunktion automatisieren und über bis zu 26 binären Eingänge und 14 Ausgänge steuern. Dabei sind umfangreiche Visualisierungen von Netzzuständen, Messwerten usw. auf dem selbst-anschaltenden, hochwertigen Farbdisplay darstellbar.

Anwendungsbeispiel Kleinkraftwerk

Als Beispiel wird eine dezentrale Erzeugungsanlage in Form einer Photovoltaikanlage, Kleinwasserkraft, Blockheizkraftanlage oder ein Windrad angenommen. Die Anlage wird gemäß der folgenden Abbildung an das Mittelspannungsnetz angeschlossen. Neben den typischen Entkopplungsfunktionen für Unter-/Überspannung und Unter-/Überfrequenz sowie einem Kurzschlusschutz wird zusätzlich der Q-U-Schutz eingesetzt.

Die Schutzeinrichtung wirkt mit der Zeitstufe QUt1 direkt auf den Generatorschalter und mit QUt2 verzögert auf den Kuppelschalter am Netzanschlusspunkt.



Bezeichner	Kürzel	Default
Q-U-Schutz	QU	aktiv
Q-U-Schutz-Blockierung	QUBLK	inaktiv
Q-U-Auslösebereich	QUPOL	positiv
Q-U-Freigabestrom	QUlmin	$0,10 \cdot I_n$
Q-U-Ansprechwert-Unterspannung	QUULL<	$0,85 \cdot U_n$
Q-U-Zeitstufe 1	QUt1	0,50 s
Q-U-Zeitstufe 2	QUt2	1,50 s
Q-U-Variante	QUvar	Winkel
Q-U-Winkel	QUphi	3°

Einstellbeispiel SG-50 KOMBISAVE nach Arbeitsweise 1

- [1] C.Ender: Windenergienutzung in Deutschland Stand 31.12.2014, DEWI GmbH, www.dewi.de
- [2] H. Hartenbach, H. Rijanto, J. Möller:
Automatic certification testing of the system automatics of wind power plants, paper 0418, CIRED 2011
- [3] VDN: Transmission Code 2007, Netz- und Systemregeln der deutschen Übertragungsnetzbetreiber, Version 1.1,
August 2007
- [4] BDEW: Technische Richtlinie „Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz“, Richtlinie für Anschluss und Parallel-
betrieb von Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz, Ausgabe Juni 2008
- [5] VDE/FNN: Lastenheft Blindleistungsrichtungs-Unterspannungsschutz (Q-U-Schutz), Ausgabe Februar 2010
- [6] BMU: Verordnung zu Systemdienstleistungen (Systemdienstleistungsverordnung – SDLWindV)m, Stand 12.02.2015
- [7] VDN/FNN: Anforderungen an digitale Schutzeinrichtungen, Ausgabe Januar 2015



Member of LACROIX Group

SAE IT-systems GmbH & Co. KG
Im Gewerbegebiet Pesch 14
50767 Köln (Cologne, Germany)
Tel.: +49(0)221/59 808-0
Fax: +49(0)221/59 808-60
info@sae-it.de
www.sae-it.com